

Zbirka Izobraževanje za zeleni prehod in trajnostni razvoj

Razvijanje veščin 21. stoletja

Transformativno izobraževanje
učiteljev v dobi digitalne preobrazbe
šolstva in umetne inteligence za
trajnostno družbo



Stanislav Avsec in Vesna Ferk Savec
urednika

Zbirka Izobraževanje za zeleni prehod in trajnostni razvoj

Razvijanje veščin 21. stoletja

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

Urednika

Stanislav Avsec in Vesna Ferk Savec

Ljubljana, 2025

Razvijanje veščin 21. stoletja
Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi
digitalne preobrazbe šolstva in umetne
inteligence za trajnostno družbo

<i>Zbirka</i>	Izobraževanje za zeleni prehod in trajnostni razvoj
<i>Urednika</i>	prof. dr. Stanislav Avsec in prof. dr. Vesna Ferk Savec
<i>Recenzenta</i>	prof. ddr. Boris Aberšek in izr. prof. dr. Andrej Flogie
<i>Slovenski jezikovni pregled</i>	Klemen Jelinčič
<i>Tehnična urednica</i>	Brina Kurent
<i>Izdala in založila</i>	Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani
<i>Za izdajatelja</i>	prof. dr. Karmen Pižorn, dekanja
<i>Oblikovanje naslovnice</i>	Brina Kurent s pomočjo umetne inteligence
<i>Dosegljivo na (URL)</i>	https://repozitorij.uni-lj.si/

© Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani 2025

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 259511043

ISBN 978-961-253-354-0 (PDF)

Vse pravice pridržane, reproduciranje in razmnoževanje dela po zakonu o avtorskih pravicah ni dovoljeno.

Znanstvena monografija, pripravljena v okviru raziskovalnega projekta »Razvijanje veščin 21. stoletja za trajnostni razvoj in kvalitetno izobraževanje v času hitrih tehnološko pogojenih sprememb gospodarskega, socialnega in naravnega okolja« z evidenčno številko J5-4573 in raziskovalnega programa »Strategije vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj ob uporabi inovativnih na učečega osredinjenih izobraževalnih pristopov« z evidenčno številko P5-0451 je rezultat znanstvenoraziskovalne dejavnosti projektne in programske skupine, ki ju (so)financira ARIS – Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

Avtorji prispevkov po abecednem redu

Avsec Stanislav	Lunder Lana
Bezeljak Červ Petra	Malenšek Sara
Čepič Mojca	Manfreda Kolar Vida
Devetak Iztok	Mastnak Adrijana
Erjavšek Martina	Mejač Anja
Ferk Savec Vesna	Nančovska Šerbec Irena
Gabrovšek Rok	Pavlin Jerneja
Gregorčič Tanja	Podlogar Neža
Gorta Nika	Rihtaršič David
Guna Tajda	Rode Žan
Hršak Katarina Kaja	Rugelj Jože
Ivič Lara	Rupnik Denis
Juriševič Mojca	Štrukelj Nika
Kostanjevec Stojan	Torkar Gregor
Košak Babuder Milena	Urankar Bernarda
Kurent Brina	Vogrinc Janez
Kuzman Boštjan	Založnik Klavdija

Predgovor

Monografija *Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo* je nastala kot skupni intelektualni napor projektne in programske skupine, ki v šestnajstih prispevkih izriše zemljevid, kako z raziskovalno utemeljenimi didaktičnimi pristopi, odgovorno rabo digitalnih tehnologij in umetne inteligence (UI) ter z mislijo na trajnost razvijamo kompetence prihodnosti. Zbornik je plod dela v okviru projekta *Razvijanje veščin 21. stoletja za trajnostni razvoj in kvalitetno izobraževanje v času hitrih tehnološko pogojenih sprememb gospodarskega, socialnega in naravnega okolja* in nosi njegov raziskovalni pečat ter poslanstvo. Projekt je zasnovan v treh prepletenih sklopih, ki skupaj tvorijo lok od teorije k merjenju in prenosa v prakso: (I) določitev dejavnikov kakovostnega izobraževanja bodočih učiteljev za trajnostni razvoj ter opredelitev ciljev po vsebinskih, okoljskih, tehnoloških in psiholoških dimenzijah; (II) razvoj in validacija instrumentov za merjenje veščin 21. stoletja pri bodočih učiteljih (in učencih) ter uporaba večkriterijskega odločanja (AHP/ANP) za podporo pedagoški spremembi in ciljni rabi informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT); (III) izdelava, implementacija in evalvacija transfernih učnih modelov v šolski praksi, vključno s TPACK/SAMR okvirji in etično utemeljenim vključevanjem UI.

Znanstveni prispevki, nastali kot rezultat dela članov projektne skupine in povezanih strokovnjakov s celotnega področja STEM, vsak s svojo specifikom, soustvarjajo cilje projekta. Za lažjo orientacijo pri umeščanju posameznih prispevkov uporabljamo okvir treh sklopov: (I) določitev dejavnikov in ciljev, (II) merjenje in modeliranje ter (III) prenos v pouk.

Uvodni prispevek *Integrativni pregled in analiza dejavnikov kakovostnega izobraževanja bodočih učiteljev za trajnostni razvoj* sintetizira bibliometrijo, delfsko soglasje in konceptualne okvire (TPACK, SAMR) ter tako vzpostavi evidenčno podlago za razumevanje didaktičnih, tehnoloških, psiholoških in okoljskih dejavnikov pedagoške spremembe. S tem neposredno uresničuje cilje sklopa (I), hkrati pa pripravi teren za (II), ko gre za izbor indikatorjev, in za (III), kjer ponudi scenarije in predloge učnih modelov. Na to se vsebinsko navezuje prispevek *Spodbujanje ustvarjalnega mišljenja za kakovostno izobraževanje v luči trajnostnega razvoja*, ki eno temeljnih veščin 21. stoletja – ustvarjalnost – postavi v trajnostni kontekst ter s tem krepi psihološko dimenzijo dejavnikov iz sklopa (I) in nudi konceptualne ter merske iztočnice za (II). Tehnološki vidik sodobnega izobraževanja pa razpre prispevek *Delovanje modelov generativne umetne inteligence*, ki pojasni zgradbo in omejitve generativnih modelov ter pedagoške priložnosti in etične dileme njihove rabe. S tem prispeva k ciljni rabi IKT in UI v okviru (I), informira razvoj instrumentov za UI pismenost v sklopu (II) ter usmerja premišljeno vključevanje UI v konkretne učne zasnove na ravni (III). V podobnem duhu povezovanja psiholoških in didaktičnih vidikov deluje prispevek *Snovalsko razmišljanje za spodbujanje samoregulacijskega učenja pri pouku tehnike in tehnologije*, ki snovalsko razmišljanje poveže s samoregulacijo učenja, krepi motivacijsko in samoregulacijsko dimenzijo sklopa (I), ponuja merske pristope za (II) ter predstavlja prototip učnega modela za (III).

Središče pozornosti se nato premakne k razvoju digitalnih kompetenc in zgodnjemu srečanju otrok ter mladih z IKT in STEM. Prispevek *Razvoj digitalnih kompetenc mladih skozi izkustveno učenje robotike in elektronike z UI* je prototipna raziskava prenosa v prakso, saj izkustveno učenje robotike in elektronike, podprto z UI, pokaže ciljno rabo tehnologije ter z njo povezano motivacijo, sodelovanje in reševanje problemov, obenem pa potrjuje smiselnost laboratorijske

infrastrukture, načrtovane v projektu, kar je ključni vidik sklopa (III). V prispevku *Otrok in IKT v predšolskem obdobju* se analiza zgodnjega srečanja predšolskih otrok z IKT osredotoči na meje, priložnosti in načela varne ter smiselne rabe, kar pomembno dopolnjuje okoljsko in razvojno dimenzijo sklopa (I) in podpira oblikovanje vsebin ter opozoril v merskih instrumentih sklopa (II) za bodoče učitelje in vzgojitelje. K razumevanju dejanskih praks v vrtcih pa prispeva prispevek *Mnenja, stališča in izkušnje vzgojiteljev s STEAM izobraževanjem*, ki s prikazom realnih izkušenj in stališč vzgojiteljev nasloni sklop (I) na empirično podlago ter omogoči validacijo anketnega orodja v sklopu (II), namenjenega merjenju pripravljenosti, ovir in podpor za STEAM. Prečno trajnostno kompetenco systemskega razmišljanja razvija prispevek *Sistemskega razmišljanja vzgojiteljev in strokovnih delavcev v vrtcu*, ki pojasni teoretska izhodišča in merske vidike systemskega mišljenja, s čimer prispeva h kompetenčnim ciljem sklopa (I) ter indikatorjem in nalogam za (II). Ta segment zaokroža prispevek *Razvijanje grafomotorike predšolskih otrok z didaktičnimi igrami in pripomočki*, ki predstavi merljiv in prenosljiv učni model, s katerim na mikro ravni ilustrira načela projektnega prenosa: jasno opredeljeni cilji, skrbno načrtovane dejavnosti in sistematična evalvacija napredka – logiko, ki jo projekt predvideva tudi za druge kompetenčne sklope v okviru (III).

V nadaljevanju monografija poglobi razumevanje vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj skozi stik z naravnim okoljem, občansko znanost in analize znanja učencev. Prispevek *Aplikacija iNaturalist kot orodje za občansko znanost in vzgojo in izobraževanje za trajnostni razvoj (VITR)* predstavi primer učenja z resničnimi podatki in v povezavi s skupnostjo, kar krepi naravoslovno in digitalno pismenost ter odgovorno državljanstvo, hkrati pa se umešča v sklop (III) kot primer avtentičnih nalog in interdisciplinarnega pristopa ter bogati tehnološko dimenzijo sklopa (I) z vidika izbora orodij in etike podatkov. Podobno izkustveni pristop razvija prispevek *Učni programi s čebelami kot orodje vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj*, ki empirično pokaže učinke naravoslovno-okoljskih vsebin na znanje in interes učencev in s tem predstavlja vzorčen primer terenskega, izkustvenega učenja znotraj sklopa (III) ter hkrati prispeva merske kazalnike interesa, stališč in razumevanja trajnosti za sklop (II). Prispevek *Znanje in odnos četrtošolcev do ohranjanja okolja: izsledki TIMSS in implikacije* dopolni sliko s podatki mednarodne raziskave, ki osvetljujejo stanje in vrzeli v okoljskih znanjih ter stališčih učencev; tako prispeva k razumevanju zunanjih in notranjih dejavnikov kakovosti pouka v sklopu (I) in usmerja razvoj instrumentov in baznih točk za primerjave v sklopu (II). Strukturni, kurikularni okvir tega dela monografije vzpostavi prispevek *Vključenost ciljev trajnostnega razvoja v učne načrte osnovnošolskih predmetov*, ki s kurikularno analizo pokaže, kje učni načrti dejansko omogočajo redefinicijo učnih dejavnosti v duhu SAMR in kje se pojavljajo omejitve; s tem neposredno podpira cilje in kriterije sklopa (I) ter usmerja prenose v prakso v okviru (III).

Zaključni sklop prispevkov je usmerjen v institucionalne, socialno-afektivne in reflektivne dimenzije kakovostnega izobraževanja. Prispevek *Odnos zaposlenih in študentov na ekofakultetah do izvajanja programskih dejavnosti* se posveti institucionalni kulturi in praksam ter s tem dopolni razumevanje notranjega okolja, voditeljstva in osebnega razvoja v sklopu (I), hkrati pa zagotavlja podatkovno oporo za večkriterijsko uteževanje dejavnikov v modelih odločanja, predvidenih v sklopu (II). Na ravni osnovnošolskega prostora prispevek *Vpliv timskega poučevanja predmetnih učiteljev in izvajalcev DSP na socialno vključenost učencev s primanjkljaji na posameznih področjih učenja* prinese socialno-afektivno dimenzijo kakovosti pouka, ki jo projekt posebej poudarja kot pogosto spregledano; s tem pomembno razširi nabor dejavnikov v sklopu (I) in prispeva kazalnike za sklop (II), povezane z vključenostjo in pravičnostjo. Monografski lok dosedanjih analiz in empiričnih študij zaokroža prispevek *Analiza*

ravni samorefleksije poučevanja pri študentih matematike, ki samorefleksijo opredeli kot jedro profesionalne rasti in samoregulacije bodočih učiteljev ter zagotovi merske in didaktične izhodiščne točke za sklop (II) v obliki lestvic in refleksivnih protokolov, obenem pa usmerja oblikovanje intervencij v sklopu (III), kot so mentorirana refleksija in raba analitike učenja. Sedemnajsti, zaključni prispevek *Od fizike tekočih kristalov do zaščitnih optičnih filtrov: primer integracije v STEM pouk* na zelo konkreten način poveže vrhunsko raziskovanje na področju sodobne optike, materialov in varnosti pri delu z didaktično zasnovo, ki je neposredno uporabna v razredu. Z razvojem didaktičnega modela tekočerkristalne celice, ki učencem/dijakom omogoča eksperimentalno raziskovanje anizotropije, dvolomnosti in polarizacije svetlobe ter razumevanje delovanja zaščitnih filtrov pri varjenju, prispevek uresničuje cilje projekta Razvijanje veščin 21. stoletja: spodbuja sistemsko razmišljanje, premosti vrzel med fizikalnim modeliranjem in inženirskim načrtovanjem, krepi problemsko reševanje, eksperimentalno pismenost in varnostno kulturo ter pri mladih odpira interes za nadaljnje študije na področju naravoslovja, tehnike in tehnologije. Na ravni sklopa (I) prispevek prispeva k opredelitvi dejavnikov kakovostnega STEM pouka, ki povezuje vrhunsko raziskovanje, varnost pri delu in trajnostni vidik uporabe materialov; v okviru sklopa (II) ponuja izhodišče za oblikovanje kazalnikov eksperimentalne pismenosti, sistema razmišljanja in problemskega reševanja ter za modeliranje učinkov takšnih dejavnosti na interes učencev in dijakov za STEM področja; z vidika sklopa (III) pa deluje kot jasno artikuliran transferni učni model, ki ga je mogoče neposredno vključiti v pouk fizike in tehniških predmetov ter ga nadgrajevati v skladu s cilji projekta. S tem prispevek simbolno in vsebinsko zaokroži monografijo – od makropregleda dejavnikov kakovostnega izobraževanja učiteljev za trajnostni razvoj do konkretnega primera, kako lahko interdisciplinarno, z IKT podprto in na avtentične probleme vezano učenje oblikuje kompetence, ki jih družba 21. stoletja nujno potrebuje.

Skupaj prispevki oblikujejo koherenten lok od razumevanja dejavnikov in ciljev prek njihovega zanesljivega merjenja do premišljenega prenosa v izobraževalno prakso. Skupni imenovalec vseh prispevkov je odgovorna, na dokazih utemeljena pedagoška sprememba: prepoznavanje in uteževanje dejavnikov (I), zanesljivo merjenje napredka in odločanje z večkriterijskimi modeli (II) ter preizkušanje, prilagajanje in širjenje učnih modelov v šolskem okolju (III). Pri tem monografija zavestno presega zgolj instrumentalno rabo tehnologije ter vključuje socialno afektivne vidike, etiko uporabe UI in kurikularno skladnost (TPACK/SAMR), kar so tudi osrednje smernice projekta.

Zahvaljujemo se avtorjem in recenzentom za njihovo strokovno delo ter Agenciji za raziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije – ARIS za (so)financiranje raziskav, ki so omogočile nastanek te publikacije. Bralcu želimo, da v nadaljevanju monografije prepozna jasen lok: od razumevanja, *kaj* je treba razvijati, do zanesljivega merjenja, *koliko* napredujemo, in nazadnje do navdihujočih primerov, *kako* prenesti transformativne pristope v učilnice – za kakovostno izobraževanje in trajnostno družbo.

Stanislav Avsec in Vesna Ferk Savec, urednika

VSEBINA

INTEGRATIVNI PREGLED IN ANALIZA DEJAVNIKOV KAKOVOSTNEGA IZOBRAŽEVANJA BODOČIH UČITELJEV ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ V LUČI HITRIH TEHNOLOŠKO POGOJENIH SPREMEMB GOSPODARSKEGA, SOCIALNEGA IN NARAVNEGA OKOLJA

INTEGRATIVE REVIEW AND ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF EDUCATION
OF FUTURE TEACHERS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN LIGHT OF RAPID
TECHNOLOGY-DRIVEN CHANGES IN THE ECONOMIC, SOCIAL AND NATURAL ENVIRONMENT

*Stanislav Avsec, Iztok Devetak, Vesna Ferk Savec, Mojca Juriševič, Milena Košak Babuder, Boštjan
Kuzman, Brina Kurent, Vida Manfreda Kolar, Jerneja Pavlin, David Rihtaršič, Jože Rugelj, Denis
Rupnik, Gregor Torkar, Janez Vogrinc*

11

SPODBUJANJE USTVARJALNEGA MIŠLJENJA ZA KAKOVOSTNO IZOBRAŽEVANJE V LUČI TRAJNOSTNEGA RAZVOJA

FOSTERING CREATIVE THINKING FOR QUALITY EDUCATION IN THE CONTEXT OF
SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Mojca Juriševič in Neža Podlogar

103

DELOVANJE MODELOV GENERATIVNE UMETNE INTELIGENCE UNDERSTANDING GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODELS

Anja Mejač in Irena Nančovska Šerbec

119

SNOVALSKO RAZMIŠLJANJE ZA SPODBUJANJE SAMOREGULACIJSKEGA UČENJA PRI POUKU TEHNIKE IN TEHNOLOGIJE

DESIGN THINKING TO PROMOTE SELF-REGULATED LEARNING AT ENGINEERING AND
TECHNOLOGY LESSONS

Tajda Guna in Stanislav Avsec

139

RAZVOJ DIGITALNIH KOMPETENC MLADIH SKOZI IZKUSTVENO UČENJE ROBOTIKE IN ELEKTRONIKE Z UMETNO INTELIGENCO

DEVELOPMENT OF YOUNG PEOPLE'S DIGITAL SKILLS THROUGH EXPERIMENTAL LEARNING
OF ROBOTICS AND ELECTRONICS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Rok Gabrovšek in David Rihtaršič

178

OTROK IN INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKA TEHNOLOGIJA V PREDŠOLSKEM OBDOBJU PRESCHOOL CHILDREN'S ENGAGEMENT WITH INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

Lara Ivič, Brina Kurent in Stanislav Avsec

195

MNENJA, STALIŠČA IN IZKUŠNJE VZGOJITELJEV PREDŠOLSKIH OTROK S STEAM IZOBRAŽEVANJEM

PRESCHOOL TEACHERS' VIEWS, OPINIONS AND EXPERIENCES WITH STEAM EDUCATION

Nika Gorta, Brina Kurent in Stanislav Avsec

210

SISTEMSKO RAZMIŠLJANJE VZGOJITELJEV IN STOKOVNIH DELAVCEV V VRTCU
SYSTEMS THINKING OF PRESCHOOL TEACHERS AND PROFESSIONAL STAFF IN
KINDERGARTENS

Lana Lunder, Brina Kurent in Stanislav Avsec

227

**RAZVIJANJE GRAFOMOTORIKE PREDŠOLSKIH OTROK S POMOČJO DIDAKTIČNIH IGER IN
PRIPOMOČKOV**
DEVELOPING GRAPHOMOTOR SKILLS IN PRESCHOOL CHILDREN THROUGH DIDACTIC
GAMES AND TOOLS

Klavdija Založnik, Brina Kurent in Stanislav Avsec

250

**APLIKACIJA INATURALIST KOT ORODJE ZA SPODBUJANJE OBČANSKE ZNANOSTI IN
VZGOJE IN IZOBRAŽEVANJA ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ**
INATURALIST APPLICATION AS A TOOL TO PROMOTE CITIZEN SCIENCE AND EDUCATION FOR
SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Žan Rode in Tanja Gregorčič

264

**UČNI PROGRAMI S ČEBELAMI KOT ORODJE VZGOJE IN IZOBRAŽEVANJA ZA TRAJNOSTNI
RAZVOJ: UČINKI NA ZNANJE IN INTERES UČENCEV**
BEES IN EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: IMPACTS ON STUDENTS'
KNOWLEDGE AND INTEREST IN NATURE

Petra Bezeljak Červ

280

**ZNANJE IN ODNOS ČETRTOŠOLCEV DO OHRANJANJA OKOLJA: IZSLEDKI TIMSS IN
IMPLIKACIJE ZA PEDAGOŠKO PRAKSO**
KNOWLEDGE AND ATTITUDES OF FOURTH-GRADERS TOWARDS ENVIRONMENTAL
CONSERVATION: TIMSS RESULTS AND IMPLICATIONS FOR EDUCATIONAL PRACTICE

Gregor Torkar in Tanja Gregorčič

295

**VKLJUČENOST CILJEV TRAJNOSTNEGA RAZVOJA V UČNE NAČRTE OSNOVNOŠOLSKIH
PREDMETOV**
INTEGRATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS INTO PRIMARY SCHOOL SUBJECT
CURRICULA

Stojan Kostanjevec, Nika Štrukelj in Martina Erjavšek

309

**ODNOS ZAPOSLENIH IN ŠTUDENTOV NA EKOFAKULTETAH DO IZVAJANJA DEJAVNOSTI
PROGRAMA**
ATTITUDES OF EMPLOYEES AND STUDENTS AT ECO-FACULTIES TOWARDS THE
IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM ACTIVITIES

Martina Erjavšek, Sara Malenšek in Stojan Kostanjevec

326

**VPLIV TIMSKEGA POUČEVANJA UČITELJEV PREDMETNEGA POUKA IN IZVAJALCEV
DODATNE STROKOVNE POMOČI NA SOCIALNO VKLJUČENOST UČENCEV S PRIMANJKLJAJI
NA POSAMEZNIH PODROČJIH UČENJA**

THE IMPACT OF TEAM TEACHING OF SUBJECT TEACHERS AND ADDITIONAL PROFESSIONAL
SUPPORT PROVIDERS ON SOCIAL INCLUSION OF STUDENTS WITH SEVERE SPECIFIC
LEARNING DIFFICULTIE

Katarina Kaja Hršak in Milena Košak Babuder

352

**ANALIZA RAVNI SAMOREFLEKSIJE POUČEVANJA PRI ŠTUDENTIH MATEMATIKE: POMEN IN
IZZIVI**

ANALYSIS OF THE LEVEL OF SELF-REFLECTION IN THE TEACHING OF PROSPECTIVE
MATHEMATICS TEACHERS: SIGNIFICANCE AND CHALLENGES

Adrijana Mastnak in Vida Manfreda Kolar

374

**OD FIZIKE TEKOČIH KRISTALOV DO ZAŠČITNIH OPTIČNIH FILTROV: PRIMER INTEGRACIJE V
STEM POUK**

FROM LIQUID CRYSTAL PHYSICS TO PROTECTIVE OPTICAL FILTERS: A CASE OF
INTEGRATION INTO STEM EDUCATION

Bernarda Urankar in Mojca Čepič

400

**INTEGRATIVNI PREGLED IN ANALIZA DEJAVNIKOV KAKOVOSTNEGA
IZOBRAŽEVANJA BODOČIH UČITELJEV ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ V LUČI
HITRIH TEHNOLOŠKO POGOJENIH SPREMENB GOSPODARSKEGA,
SOCIALNEGA IN NARAVNEGA OKOLJA**

**INTEGRATIVE REVIEW AND ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE
QUALITY OF EDUCATION OF FUTURE TEACHERS FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT IN LIGHT OF RAPID TECHNOLOGY-DRIVEN CHANGES IN THE
ECONOMIC, SOCIAL AND NATURAL ENVIRONMENT**

Stanislav Avsec, Iztok Devetak, Vesna Ferk Savec, Mojca Juriševič, Milena Košak Babuder,
Brina Kurent, Boštjan Kuzman, Vida Manfreda Kolar, Jerneja Pavlin, David Rihtaršič, Jože
Rugelj, Denis Rupnik, Gregor Torkar, Janez Vogrinc

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Študija obravnava kakovost izobraževanja bodočih učiteljev za trajnostni razvoj v kontekstu hitrih tehnološko pogojenih sprememb ter opredeljuje ključne dejavnike pedagoške spremembe. Namen je bil sistematično sintetizirati spoznanja o pedagoških, tehnoloških, psiholoških ter notranjih in zunanjih okoljskih dejavnikih, povezati jih s kompetencami 21. stoletja in vlogo informacijsko komunikacijskih tehnologij in digitalnih orodij ter ponuditi osnovo za nadaljnje večkriterijsko modeliranje. Uporabljena je bila kombinacija integrativnega pregledno-analitičnega pristopa, bibliometrije (WoS CC) in delfske metode. V delfski študiji je 12 strokovnjakov v treh krogih doseglo visoko soglasje (Kendall W = 0,78) in potrdilo pet sklopov dejavnikov. Rangiranje je izpostavilo: (1) didaktične vidike (cilji, metode aktivnega učenja, diferenciacija, povezovanje teorije in prakse), (2) tehnološko okolje (smiselna integracija tehnologije in orodij v okvirih TPACK, SAMR; personalizacija; etika in varnost), (3) psihološke spretnosti (samoregulacija, motivacija, ustvarjalnost, kritično mišljenje), (4) notranje okolje (kurikulum, vodenje, profesionalni razvoj) in (5) zunanje okolje (tehnološki napredek, okoljska politika). Bibliometrična analiza potrdi vzpon tem umetne inteligence (UI)/generativne UI in trajnostnosti ter premik poudarka od sprejemanja tehnologije k učinkom na učenje (uspešnost, vključenost). Sklepno delo utemelji, da je za trajnostno usmerjeno in odpornejše izobraževanje učiteljev odločilna sinergija pedagoško preiščenih pristopov in odgovorne tehnološke integracije, podprta z razvojem psiholoških spretnosti in sistemsko podporo; predlagano je nadaljnje MCDA-modeliranje za prioritizacijo ukrepov.

Ključne besede: izobraževanje učiteljev, veščine 21. stoletja, pedagoška sprememba, bibliometrija.

Abstract

This integrative review examines the quality of pre-service teacher education for sustainable development amid rapid, technology-driven shifts in economic, social, and natural environments. It

synthesizes evidence across pedagogical, technological, psychological, and contextual (internal and external) factors to inform program redesign. The study couples a bibliometric analysis of the Web of Science Core Collection with qualitative synthesis and a Delphi process to identify and prioritize factors and competency targets. Science-mapping (keyword co-occurrence and co-citation) delineates dominant themes and frameworks—most notably TPACK and SAMR—used to align technology with pedagogy and content in teacher education for sustainable development. The Delphi panel consolidates a structured consensus around five clusters: didactic design, technological environment (including responsible AI use), psychological skills (e.g., self-regulation), and the internal and external educational contexts. Together, these establish a coherent architecture in which bibliometric insights set priorities and Delphi operationalizes them for curricula, didactics, and support policies. Findings indicate a clear rise of AI/GenAI, learning analytics, and engagement-oriented research, alongside persistent variability in meaningful tech–pedagogy integration and gaps in social-affective dimensions. Programs should therefore combine evidence-based didactic strategies with ethically grounded, human-centered technology, supported by multi-dimensional measurement to close the loop between design and evaluation. The review provides a data-driven foundation for subsequent multi-criteria decision analysis (MCDA) to prioritize interventions that advance teacher education for sustainable development in fast-changing contexts.

Key words: teacher education, 21st century skills, pedagogical change, bibliometrics.

Uvod

Številni trendi v svetovnem merilu, kot so globalizacija, demografske in tehnološke spremembe, kot tudi spremembe v naravnem okolju, zdravstvena problematika in problematika življenjskih ter energijskih virov, nenehno spreminjajo način delovanja in interakcije v družbi ter podjetjih (WEF, 2016). Hitre spremembe v našem družbenem, gospodarskem, političnem, naravnem in digitalnem okolju zahtevajo preoblikovanje strategij, metod, pristopov poučevanja in učenja, da bi zadostili trajnostnim potrebam sodobne družbe (WEF, 2020a). Hiter tehnološki napredek še naprej spreminja družbeni prostor in trg dela, kjer opazamo razkorak med produkti izobraževalnega sistema in potrebami nacionalnih gospodarstev in družbe (OECD, 2019; WEF, 2016; WEF, 2020b). Za izravnavo potreb na trgu dela in zmanjševanje polarizacije ima sistem izobraževanja na celi vertikali ključno vlogo pri usposabljanju globalnih državljanov in delovne sile za prihodnost (WEF, 2016). Izobraževalni modeli se morajo prilagoditi, da bodo učence/dijake/študente opremili s spretnostmi za ustvarjanje bolj vključujočega, kohezivnega in produktivnega sveta. Medtem je Organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj (OECD) tudi poročala, da lahko tehnološki napredek še bolj poveča neenakosti na trgu dela, kjer je najbolj iskana delovna sila z bolj razvitimi veščinami višjega miselnega reda kot pomembno komponento posameznikove funkcionalne pismenosti (OECD, 2019). Znano je tudi, da je raven naravoslovne, matematične, tehnološke, digitalne in bralne pismenosti, ki temeljijo le na znanju, veščinah nižjega miselnega reda in odnosu do stroke, nezadostna za informirano odločanje o znanstvenih in tehnoloških vprašanjih v socialno-ekonomskem kontekstu za trajnostni razvoj družbe (Pleasant idr., 2019). Dinamična narava teh sprememb zahteva hiter in odločen ukrep v smislu izobraževalne politike, usmerjene v vključujočo in trajnostno rast, pri čemer je učinkovitost delovne sile ključnega pomena za doseganje konkurenčnih ciljev nacionalnega gospodarstva (OECD, 2019, Tomlinson idr., 2020). Organizacija združenih narodov (UN) (UN, 2015) je izdala akcijski načrt vzdržnega sveta do leta 2030 in v ta namen predstavila sedemnajst ciljev za doseganje trajnostnega razvoja, med katerimi je izpostavljena tudi kakovost dela v vzgojno-izobraževalnem sistemu s šestimi kazalniki, ki spremljajo in merijo napredek v osnovnem,

sekundarnem, terciarnem izobraženju in izobraževanju odraslih. Nepredvidljiva narava in hitrost sprememb v družbenem, naravnem, gospodarskem in političnem okolju presega te kazalnike, kar narekuje specifično in večstransko obravnavo (Avsec in Ferk Savec, 2021a).

Za obdobje četrte industrijske revolucije je Svetovni gospodarski forum (WEF) izpostavil izrazito potrebo po novih spretnostih in izkušnjah, da bi opredelili kakovostno izobraževanje (WEF, 2020a), tudi za dvig ravni pismenosti kot del veščin 21. stoletja (WEF, 2016). Te nove značilnosti so oblikovane v okviru izobraževanja 4.0 za družbo 5.0 in so opredeljene: (1) vsebinsko kot veščine za delovanje v globalni družbi, ustvarjalnost in inovativnost, tehnološke veščine in spretnosti, medosebne veščine ter (2) izvedbeno kot samo-regulativno učenje, učenje prenosljivih znanj, veščin in spretnosti, problemsko in sodelovalno učenje ter vseživljenjsko in na študenta osredotočeno učenje (WEF, 2020a). Te veščine so pomembne za celotno vertikalno izobraževanja in nujne za naslavljanje nastajajočih potreb, zato morajo izobraževalni sistemi zagotoviti agilne mehanizme za prilagajanje šolskega sistema za podporo razvoju smiselnih veščin in spretnosti, ki bodo usmerjeni v doseganje ciljev trajnostnega razvoja. Tako je glavni cilj izobraževanja 4.0 priprava modelov, kako razviti te veščine in spretnosti družbe 5.0 pri učencih/dijakih/študentih, da bi ustvarili bolj produktiven, konkurenčen, vključujoč in povezan svet ter družbo (WEF, 2020a). Izobraževalni sistem mora zagotavljati ustrezno podporo za izobraževanje in usposabljanje učencev/dijakov/študentov v celotni izobraževalni vertikali in kasneje nuditi podporo tudi pri vseživljenjskem učenju za uravnavanje potreb dinamičnega trga dela in funkcioniranja v sodobni družbi (WEF, 2020c). Spremembe v izobraževalnem sistemu in izboljšave bi bilo zato treba postopoma in smiselno prilagoditi, pri čemer mora biti bistveni poudarek na učenju za trajnostni razvoj (WEF, 2020a, 2020b). Učeči v družbi 5.0 bo moral imeti višje ravni samoregulacije in proaktivnosti, učitelj pa bo deloval bolj kot pospeševalec učenja (kjer bo potrebno), saj učenje lahko nastopa tudi zunaj običajnih šolskih nastavitev in okvirov, npr. kot odprto učenje, z informacijsko-komunikacijsko tehnologijo (IKT) in umetno inteligenco (UI, angl. *artificial intelligence* – AI) podprto učenje ter transdisciplinarno (WEF, 2020a), kjer je zelo pomembna transakcijska distanca med učečim in učiteljem, odnosom bodočih učiteljev do predmetnega področja ter njihovim specialno-didaktičnim znanjem in vsebinskim pedagoškim znanjem IKT (Larkin in Jamieson-Proctor, 2015).

Različni avtorji (Avsec in Ferk Savec, 2021a; Avsec in Sajdera, 2019; Hero idr., 2017; Keinänen idr., 2018; Kim in Bolger, 2017; Klaijsen idr., 2018; Konst in Kairisto-Mertanen, 2020) dokazujejo, da je kvaliteta dela v vzgoji in izobraževanju povezana s številnimi dejavniki na nivoju različnih okolij, izobraževalnega sistema, na nivoju institucije, na nivoju učitelja in na nivoju učečega. Panigua in Instance (2018) sta namenila posebni poudarek učiteljem in bodočim učiteljem, saj bodo aktivno oblikovali nove in inovativne pristope k poučevanju in učenju v razredu (Messmann, 2012; Richmond in Tatto, 2016), zato pa morajo posedovati: (1) znanja tudi s preostalih področjih izven svoje stroke, (2) kognitivne, meta-kognitivne in medosebne veščine ter spretnosti in (3) odnos, vrednote in subjektivne norme (OECD, 2018a). Sklepamo, da bi z ukrepi pri bodočih učiteljih lahko znatno pripomogli k razvoju različnih pismenosti, ki jih učenci potrebujejo za uspešno delovanje v sodobni družbi.

Tako si moramo v študijskih programih izobraževanja učiteljev prizadevati za vključevanje najprimernejših metod in vsebin (Keinänen idr., 2018). Pridobivanje znanja stroke in veščin nižjega miselnega reda ne zadostuje več za izpolnjevanje zapletenih zahtev poučevanja (Keinänen idr., 2018). Še več, dokazano je, da tako učitelji, kot tudi bodoči učitelji niso dovolj

usposobljeni za konkurenčno zasnovo, izdelavo in implementacijo pedagoške spremembe ne pri nas (Avsec in Ferk Savec, 2021a, Avsec in Ferk Savec, 2021b; Avsec in Sajdera, 2019; Cencelj idr., 2019), kot tudi ne v tujini (Klaeijssen idr., 2018; Konst in Kairisto-Mertanen, 2020; Zhu idr., 2013). Tako je potreba, kot tudi nujnost predlagane raziskave še toliko bolj upravičena. Študenti potrebujejo različna znanja in spretnosti ter niz vrednot in stališč, ki jim služijo za ukrepanje v neznanih in razvijajočih se okoliščinah, kjer je potrebno inovativno vedenje (Zhu idr., 2013). Pridobivanje interdisciplinarnih znanj in spretnosti je zapleten proces, pri katerem bi morali samoregulacijo študentov izkoristiti za razvoj njihovih temeljnih pismenosti, ki delujejo kot katalizator za uporabo miselnih veščin višjega reda, ki jim omogočajo informiranje odločitve in sposobnost ustreznega odzvanja v situacijah iz resničnega življenja (Cencelj idr., 2019). Sposobnost kritičnega mišljenja in reševanja problemov, ustvarjalnost, sposobnost komunikacije in sodelovanja skupaj z značajskimi lastnostmi, npr. radovednost, iniciativnost, vztrajnost, prilagodljivost, sposobnost vodenja in družbena odgovornost, so potrebne za inovativno poučevanje ter se lahko razvijajo med usposabljanjem in pozneje (Konst in Kairisto-Mertanen, 2020). To nakazuje, da bi morale ustanove za usposabljanje bodočih učiteljev uravnotežiti študijske programe, tako da bodo omogočili pridobivanje znanja z različnih področij, pomembnih za bodoče učitelje (stroke, didaktike, specialne didaktike, vsebinsko pedagoško znanje IKT), vključno z novimi znanji, ki izhajajo iz različnih disciplin in izobraževalnih ved (OECD, 2019). Za bodoče učitelje je pomembno, da v času študija pridobijo tudi ambiciozne transverzalne kompetence, s katerimi bodo lahko razvijali sposobnost za prenos, modifikacijo, redefinicijo, kot tudi razvoj novi učnih pristopov in metod (Avsec in Ferk Savec, 2021a; Konst in Kairisto-Mertanen, 2020). Na ta način lahko bodoči učitelji delujejo učinkoviteje in so bolj motivirani, bolj ustvarjalni ter razvijejo pozitiven odnos do naravoslovja, tehnike in tehnologije, matematike, računalništva še pred začetkom poučevanja v šolah, medtem ko aktivno sodelujejo v ustvarjalnem, družbenem in skupnem okolju, ki jim omogoča uporabo in nadaljnji razvoj njihovih metakognitivnih in medosebnih veščin ter sistemskega razmišljanja (Keinänen idr., 2018).

Sistemsko razmišljanje je pristop, ki omogoča prepoznavanje, razumevanje in obvladovanje kompleksnih sistemov. Sistemske razmišljanje ima številne opredelitve, saj se razvija znotraj različnih akademskih disciplin, kjer se tudi aplicira (Grohs idr., 2018). Pogosto se opisuje kot celostni pogled na sistem, vendar zahteva tako holistični kot redukcionistični pristop (Cabrera, 2006). Temelji na načelu, da je sistem kot celota večji od vsote svojih elementov, zato ga ni mogoče v celoti razumeti zgolj z analizo posameznih delov (Twomey Lamb idr., 2008). Arnold in Wade (2015) sistemsko razmišljanje opredeljujeta kot »niz sinergijskih analitičnih veščin, ki se uporabljajo za izboljšanje sposobnosti prepoznavanja in razumevanja sistemov, napovedovanja njihovega vedenja in oblikovanja njihovih sprememb, da bi dosegli želene učinke«. Ključne dimenzije sistemskega razmišljanja vključujejo razumevanje strukture in delov sistema (strukturiranje, identifikacija deležnikov, prepoznavanje omejitev), razumevanje odnosov in vzročnih povezav, prepoznavanje vzorcev ter povratnih zank, pa tudi zavedanje različnih perspektiv (Grohs idr., 2018; Moore idr., 2010).

Med uveljavljenimi modeli velja izpostaviti teorijo pravil DSRP (angl. *Distinctions, Systems, Relationships, Perspectives*), avtorja Cabrera (2006), ki temelji na štirih univerzalnih mentalnih operacijah: razlikovanju (postavljanje meja), prepoznavanju sistema in njegovih elementov, določanju medsebojnih odnosov ter razumevanju različnih perspektiv. Empirične raziskave potrjujejo, da uporaba pravil DSRP spodbuja višje miselne procese in omogoča aplikacijo sistemskega razmišljanja v katerikoli disciplino (Cabrera in Cabrera, 2019; Cabrera in

Cabrera, 2022). Sistemsko razmišljanje je tesno povezano s splošno sistemsko teorijo (Von Bertalanffy in Sutherland, 1974), ki preučuje celovitost sistemov, in s sistemsko dinamiko, ki jo je razvil Jay Forrester (1994) in ki podrobneje obravnava dinamiko povratnih informacij. Podpore razvoju sistemskega razmišljanja nudijo različni didaktični pristopi in orodja, kot so grafi, konceptni zemljevidi, diagrami vzročnih zank, modeli (tudi simulacijski) ter uporaba digitalnih orodij in računalniških programov (Brandstädter idr., 2012; Cabrera in Cabrera, 2019; Feriver idr., 2019; Monat idr., 2022). Ti pristopi omogočajo vizualizacijo kompleksnih povezav ter spodbujajo kognitivno angažiranost, kar povečuje učinkovitost učenja in razumevanja kompleksnih sistemov.

Opredelitev dejavnikov izobraževanja za trajnostni razvoj pri bodočih učiteljih je pomembno področje, ki mu trenutno posvečamo večjo pozornost zaradi zgodnje faze in redke uporabe v visokem šolstvu. Čeprav se IKT v izobraževanju hitro razvija in spreminja, je lahko uporaba UI zelo pomembna v dolgoročnem načrtovanju učenja za spodbujanje razvoja v skladu z različnimi merili in kazalniki izobraževanja za trajnostni razvoj. Še več, kot kažejo nedavne raziskave, je dosedanja raba IKT raje usmerjena k instrumentalnim vrednotam, medtem ko sta socialni in afektivni vidik obravnave IKT, ki ob poglobljenih izkušnjah zasnovanih na UI omogočajo razvijanje veščin višjih miselnega reda, raje izključena (De Backer idr., 2022; Zhang in Zeng, 2022). Ta raziskava bo pripomogla k prepoznavanju in analiziranju elementov za učinkovito izobraževanje bodočih učiteljev za trajnostni razvoj s pomočjo modelov za večkriterijsko odločanje z uporabo IKT in UI podprtega poučevanja in učenja za zvišanje sposobnosti kritičnega mišljenja, sposobnosti odločanja, presoje, pogajalskih sposobnosti, vodenja in timskega dela, reševanja problemov, kot tudi samoregulacije.

Nujnost reševanja kriz na področju podnebja, biotske raznovrstnosti in socialne pravičnosti zahteva, da izobraževanje ne prenaša le znanja, temveč tudi spodbuja transformativno delovanje. Osem kompetenc Redmana in Wieka (2021) za pospeševanje prehoda k trajnosti – sistemsko razmišljanje, miselnost, usmerjena v prihodnost, vrednotna miselnost, strateško delovanje, medoseben in intrapersonalen odnos, izvajanje in integracija – zagotavlja skladen, na dokazih temelječ okvir za pripravo bodočih učiteljev, da postanejo nosilci sprememb, ki jih šole in skupnosti zdaj potrebujejo.

Prvič, bodoči učitelji imajo ključno vlogo pri oblikovanju svetovnega nazora in vedenja mladih učencev. Z obvladovanjem sistemskega razmišljanja se naučijo kartirati medsebojne odvisnosti med ekološkimi, socialnimi in gospodarskimi podsistemi, namesto da trajnostna vprašanja obravnavajo kot ločene teme (Pacis in VanWynsberghe, 2020). Miselnost, usmerjena v prihodnost, jim omogoča, da učence vodijo v vajah za oblikovanje scenarijev, s čimer spodbujajo njihovo dejavnost in upanje namesto obupa ob soočanju s kompleksnimi problemi (Pacis in VanWynsberghe, 2020).

Drugič, vrednotno mišljenje goji etično refleksivnost in pomaga učiteljem in učencem odkriti in se pogajati o nasprotujočih si normah, kot sta enakost proti učinkovitosti ali lokalna avtonomija proti globalni solidarnosti, s čimer postavlja temelje za demokratični dialog v razredu (Sá idr., 2022). Brez takšne etične podlage obstaja nevarnost, da bo izobraževanje o trajnosti ostalo abstrakten »dodatek« in ne sredstvo za kritično državljanstvo (Nolet, 2009).

Tretjič, medosebne in intrapersonalne kompetence se nanašajo na socialne in čustvene razsežnosti poučevanja za trajnost. Medosebne veščine – sodelovanje, pogajanje, reševanje konfliktov – so bistvene za spodbujanje projektnih in storitvenih pristopov učenja, ki vključujejo

vrstnike, družine in zainteresirane strani iz skupnosti (Tejedor idr., 2019). Intrapersonalne kompetence – odpornost, skrb zase, miselnost rasti – pomagajo učiteljem oblikovati prilagodljive odzive na negotovost in preprečiti izgorelost, s čimer se zagotovi, da lahko dolgoročno ohranijo transformativno delo (Pacis in VanWynsberghe, 2020).

Četrtrič, kompetence za izvajanje in integracijo povezujejo teorijo in prakso. Kompetence za izvajanje – prenos znanja v oblikovanje, spodbujanje in ocenjevanje trajnostnih projektov – pripravijo bodoče učitelje na organizacijo avtentičnih učnih izkušenj, od raziskav biotske raznovrstnosti na šolskem dvorišču do pobud za recikliranje v skupnosti (Tejedor idr., 2019). Kompetence za integracijo zagotavljajo, da trajnostne teme nemoteno vključujejo v različne predmete (npr. povezovanje matematike z izračunom ogljičnega odtisa ali jezikovnih umetnosti z okoljskim pripovedovanjem zgodb), s čimer se izogibajo marginalizaciji vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj (VITR) v izobraževanju učiteljev (Moreno-Pino idr., 2021).

Petič, usklajenost z globalnimi agendami – zlasti cilj trajnostnega razvoja 4.7 o izobraževanju za trajnostni razvoj – zagotavlja legitimnost in koherentnost (UN, 2015). Okvir Redmana in Wieka (2021) je podoben pozivu Unesca h ključnim trajnostnim kompetencam, ki so podlaga za vseh sedemnajst ciljev trajnostnega razvoja, kar programom izobraževanja učiteljev omogoča, da jasno opredelijo učne izide, uporabijo ciljno usmerjene pedagoške metode (npr. problemsko učenje, sistemsko mapiranje, deliberativni dialogi) in primerjajo napredek z mednarodnimi standardi (Nolet, 2009).

S sprejetjem enotnega okvira, ki temelji na dokazih, institucije za izobraževanje učiteljev pridobijo praktična navodila za oblikovanje kurikulumov, ocenjevanje in evalvacijo programov. Raziskave so pokazale, da so brez takšnega načrta kompetence za trajnostno razvojno delovanje neenakomerno zastopane – pogosto omejene na en sam »izbirni« predmet ali potisnjene v teoretične razprave –, kar zmanjšuje njihov transformativni potencial (Imara in Altınay, 2021; Moreno-Pino idr., 2021). Kompetence Redmana in Wieka (2021) pa ponujajo stopnjeviti napredek od osnovnega zavedanja do avtonomnega vodstva na področju trajnosti, kar omogoča usklajeno programsko integracijo in strogo ocenjevanje napredka bodočih učiteljev.

Kljub pozivom k vključevanju kompetenc trajnosti v izobraževanje učiteljev, študije na področju matematike poročajo, da je pokritost splošnih kompetenc trajnosti le 25 %, etične dimenzije pa le 10 % (Moreno-Pino idr., 2021). Raziskave na področju inženirskega izobraževanja opredeljujejo osem kompetenc trajnosti, vendar nimajo vpogleda v njihovo širjenje v okviru priprav učiteljev (Quelhas idr., 2019). Nedavne pregledne študije kažejo na neenakomerno tematsko združevanje v raziskavah na področju okoljskega in trajnostnega izobraževanja (ESE) ter pozivajo k sistematičnemu kartiranju kompetenc v literaturi o predšolskem in nadaljnjem izobraževanju učiteljev (Blom in Karrow, 2024).

Vključitev transformacijskih kompetenc, kot jih definirata Redman in Wiek (2021), v izobraževanje bodočih učiteljev je bistvena za preseganje površinskih »zelenih« dodatkov. Prihodnjim izobraževalcem daje holistično mišljenje, etično občutljivost, sposobnosti za sodelovanje in praktično znanje, potrebno za soustvarjanje in vodenje globokih družbeno-ekoloških preoblikovanj, ki jih naš svet nujno potrebuje.

Učitelji so ključni deležniki v procesu razvijanja pismenosti in kompetenc učencev v osnovnih šolah (Avsec in Ferk Savec, 2021b; Hero idr., 2017; Zhu idr., 2013), zato nujno potrebujejo

tehnološko pogojen in disciplinarno prenosljiv model, osnovan na dejavniki izobraževanja za trajnostni razvoj, ki jim bo v veliko pomoč pri oblikovanju in implementaciji pedagoške spremembe s pomočjo tehnologije in UI (Bryant, 2018; Wengrowicz, 2014). Tako usposobljeni učitelji bodo ključni nosilci transformativnega učenja v kontekstu inovativne pedagogike v šoli, kot tudi razvijalci in izvajalci inovativnih pedagogik za kakovostno izobraževanje in dvig ravni pismenosti učencev.

Še posebno pozornost pri določitvi pedagoške spremembe zahteva uvedba UI (npr. GenUI) v izobraževanje na vseh nivojih, kjer pa programi izobraževanja prihodnjih učiteljev niso imuni na spremljajoče težave in izzive.

Prilagojeno in prilagodljivo učenje. Platforme, ki temeljijo na UI, omogočajo prilagojene učne izkušnje za bodoče učitelje, saj prilagajajo zahtevnost vsebine, tempo in povratne informacije individualnim potrebam, s čimer izboljšujejo obvladovanje pedagoških konceptov in predmetne snovi (Alexandrowicz, 2024; Meylani, 2024). Inteligentni tutorski sistemi in klepetalni roboti zagotavljajo podporo na zahtevo, kar povečuje vključenost in motivacijo s takojšnjim, kontekstualiziranim vodenjem (Berg in Plessis, 2023; Chiu idr., 2023).

Odločanje na podlagi podatkov in simulacija. Z analizo podatkov o interakcijah v razredu in rezultatov ocenjevanja UI orodja pomagajo bodočim učiteljem razviti na dokazih temelječe strategije poučevanja in izpopolniti svojo strokovno vizijo (Tammets in Ley, 2023). Virtualne simulacije poučevanja, pogosto dopolnjene z navidezno resničnostjo (VR, angl. *virtual reality*) ali avatarji, ponujajo varno, ponovljivo okolje za vadbo tehnik upravljanja razreda, komunikacije in diferenciacije pred dejansko uporabo v realnem razredu (Meylani, 2024).

Razvijanje kompetenc na področju UI in digitalne pismenosti. Strukturirani okviri, kot je lestvica samoučinkovitosti učiteljev na področju UI (TAICS), zagotavljajo sistematičen razvoj znanja o UI, pedagogike, etike, ocenjevanja in veščin za izobraževanje, usmerjeno v človeka, pri kandidatih za učitelje v osnovnih in srednjih šolah (Chiu idr., 2024). Kritični pristopi soodkrivanja dodatno spodbujajo reflektivno ukvarjanje s koncepti UI in omogočajo izobraževalcem, da odgovorno obvladujejo sociotehnične zapletenosti UI (Rütti-Joy idr., 2023; Dilek idr., 2025).

Okviri za pedagoško integracijo. Modeli, kot sta TPACK in SAMR, vodijo smiselno vključevanje orodij UI v oblikovanje poučevanja in učenja, pri čemer zagotavljajo usklajenost z vsebinskim znanjem, pedagogiko in transformativnimi učnimi izidi (Kohnke in Zou, 2025). Ti pristopi pomagajo izobraževalcem učiteljev kritično obravnavati družbenopolitične, etične in kulturne razsežnosti UI, hkrati pa optimizirati njene pedagoške možnosti.

Večja učinkovitost in strokovni razvoj. Avtomatizacija administrativnih nalog (npr. načrtovanje urnika, spremljanje kompetenc) omogoča profesorjem in kandidatom, da se osredotočijo na pedagoške dejavnosti višjega reda (Humble in Mozeliuss, 2022). Na UI podprto načrtovanje pouka – z uporabo generativnih modelov, kot je ChatGPT – lahko pospeši oblikovanje kurikulumov, spodbudi ustvarjalnost in demokratizira dostop do visokokakovostnih učnih gradiv v različnih kontekstih (Berg in Plessis, 2023; Tunjera in Chigona, 2023).

Podpora socialno-čustvenim in vključujočim praksam. Generativne aplikacije UI v socialno-čustvenem učenju (SEL) ponujajo čustveno povratno informacijo v realnem času in prilagodljive scenarije, ki gradijo samozavest, empatijo in socialne veščine med kandidati za

učitelje (Henriksen idr., 2025). Poleg tega pristopi UI v izobraževanju avtistov kažejo potencial za optimizacijo komunikacijskih strategij in prilagajanje interakcij profilom posameznih učencev (Lampous idr., 2021).

Morebitni problemi in izzivi

Etična vprašanja, zasebnost in pristranskost. Široko zbiranje in analiza osebnih podatkov s sistemi UI sproža kritična vprašanja v zvezi s privolitvijo, nadzorom in upravljanjem podatkov (Dignum, 2021). Algoritmična pristranskost v prilagodljivih ocenjevalnih ali povratnih mehanizmih lahko ohranja neenakosti, če se redno ne pregleduje in popravlja zaradi zagotavljanja pravičnosti (Henriksen idr., 2025).

Enakost in dostop. Razlike v tehnološki infrastrukturi in financiranju med institucijami in regijami lahko ustvarijo neenake možnosti za sodelovanje v izobraževanju učiteljev, ki je izboljšano z UI, kar je v neugodnem položaju za kandidate iz okolij z omejenimi viri (Aguilar-Cruz in Salas-Pilco, 2025).

Pripravljenost izobraževalcev učiteljev. Za uspešno integracijo UI so potrebni profesorji, ki so vešči ne le orodij UI, ampak tudi njihove pedagoške uporabe. Nezadostno strokovno izpopolnjevanje in institucionalna podpora lahko vodijo do površinskih ali neustreznih izvedb (Chiu idr., 2024; Wu idr., 2024).

Anksioznost, sprejemanje in prekomerna odvisnost. Bodoči učitelji lahko občutijo anksioznost v zvezi z UI – strah pred izgubo delovnega mesta ali zlorabo tehnologije –, kar lahko ovira sprejemanje in strokovno rast (Darancik idr., 2025). Nasprotno pa lahko prekomerna odvisnost od UI ogrozi razvoj kritičnega mišljenja, ustvarjalnosti in človeško usmerjenih pedagoških praks, kar vodi k tehnocentrični namesto k učencu usmerjeni orientaciji (Duran, 2024; Henriksen idr., 2025).

Vključevanje v kurikulum in odpor do sprememb. Vključevanje UI v obstoječe programe zahteva obsežno preoblikovanje kurikuluma, nova učna gradiva in uskladitev s strokovnimi standardi. Odpor zainteresiranih strani ali pomanjkanje soglasja o vlogi UI lahko zavira ali oslabi prizadevanja za izvajanje (Kohnke in Zou, 2025).

Stroški, trajnost in etični nadzor. Razvoj, licenciranje in vzdrževanje sofisticiranih sistemov UI je zelo zahtevno. Brez trajnostnih modelov financiranja in jasnih okvirov politike za etični nadzor obstaja tveganje, da bodo pobude UI postale zastarele ali povzročile nezaželene škode (Wu idr., 2024).

Vključevanje UI v programe izobraževanja učiteljev ponuja brezprecedensne možnosti za personalizirano usposabljanje, odločanje na podlagi dokazov in izboljšane pedagoške inovacije. Da bi te prednosti uresničili, morajo programi sprejeti trdne okvire (npr. TPACK, SAMR), vlagati v razvoj kompetenc UI in digitalne pismenosti ter zagotoviti enakopraven dostop. Hkrati so etična varovala, nenehno izpopolnjevanje profesorjev in zavestna prizadevanja za ohranitev vrednot poučevanja, usmerjenega v človeka, bistvenega pomena za zmanjšanje tveganj, povezanih s pristranskostjo, prekomerno odvisnostjo in neenakostjo. Uravnotežen, kritično utemeljen pristop bo prihodnjim izobraževalcem omogočil, da izkoristijo potencial UI, hkrati pa ohranijo strokovne in etične standarde.

UI lahko preko različnih mehanizmov spodbuja globoke konceptualne spremembe in razvoj veščin 21. stoletja (kritično mišljenje, ustvarjalnost, sodelovanje, komunikacija, digitalna pismenost itd.) pri učencih, kako se ti učinki lahko merijo v štirih dimenzijah: didaktični, tehnološki, okoljski in psihološki.

Vključitev UI-gnanih rešitev lahko vplivajo na pedagoško spremembo v izobraževanju učiteljev po naslednjih dimenzijah:

- Didaktična dimenzija: UI-gnani inteligentni tutorski sistemi (ITS) predstavljajo dinamične simulacije (npr. GeoGebra z vgrajenimi UI namigi), ki konkretizirajo abstraktne matematične koncepte, sprožajo kognitivni konflikt in revizijo modelov (Canonigo, 2024). Prilagodljive povratne zanke v realnem času diagnosticirajo napačna razumevanja in podpirajo metakognitivno refleksijo, proces, za katerega je znano, da podpira konceptualno spremembo (Canonigo, 2024; Duran, 2024). Merjenje: sprememba gostote konceptualnega zemljevida ali »ocen konceptualne usklajenosti« med predhodnim in naknadnim testiranjem, avtomatizirano z UI, ki združuje zemljevide, ki jih ustvarijo učenci (Canonigo, 2024).
- Tehnološka dimenzija: Algoritmi za obdelavo naravnega jezika (NLP) analizirajo odgovore v prostem besedilu, da identificirajo neobičajno rabo konceptov in označijo nastajajoča napačna razumevanja (Berg in Plessis, 2023; Duran, 2024). Nadzorne plošče za analizo učenja prikazujejo posamezne konceptualne poti, kar učiteljem omogoča, da zaznavajo nelinearne spremembe znanja, ki kažejo na spremembo paradigme (Wu idr., 2024). Merjenje: natančnost oznak napačnih pojmovanj, ki jih je identificirala UI, v primerjavi s kodiranjem strokovnjakov (npr. Cohenov κ) in izboljšanje odzivnih časov intervencij na podlagi nadzorne plošče.
- Okoljska dimenzija: Platforme za medsebojno razpravo, ki jih omogoča UI, organizirajo razprave v majhnih skupinah o nasprotujočih si modelih in spodbujajo skupno oblikovanje izpopolnjenih konceptualnih okvirov (Kim idr., 2022). Okolja razširjene/navidezne resničnosti z UI-tutorji potopijo učence v problematične scenarije, kar poveča ekološko veljavnost in podpira prenos prestrukturiranih konceptov (Kim idr., 2022). Merjenje: pogostost in globina izmenjav med vrstniki (npr. merila semantične podobnosti) in ocenjevanje nalog prenosa v UI-upravljanih VR-okoljih.
- Psihološka dimenzija: Afektivni računalniški agenti spremljajo obrazne in jezikovne kazalnike zmede in pravočasno dajejo namige, ki ohranjajo produktivno neravnovesje, ključno za konceptualno spremembo (Henriksen idr., 2025). Prilagojeni UI-trenerji vodijo postavljanje ciljev in spodbude za samopojasnjevanje, s čimer izboljšujejo metakognitivno regulacijo in samoučinkovitost pri osvojitvi konceptov (Darancik idr., 2025). Merjenje: lestvice samoocene kognitivne obremenitve in konceptualne samozavedi; beleženje stopnje sprejemanja UI-spodbud kot nadomestek za motivacijsko vključenost.

UI-gnane rešitve pa lahko neposredno vplivajo tudi na pridobivanje veščin 21. stoletja:

- Didaktična dimenzija: Projektni učni moduli vključujejo GenUI (npr. ChatGPT) kot »sodelujočega oblikovalca« za brainstorming in iterativno prototipiranje, kar spodbuja ustvarjalnost in reševanje problemov (Berg in Plessis, 2023). Platforme za medsebojno ocenjevanje s pomočjo UI uporabljajo rubrike za ocenjevanje sodelovalnih in komunikacijskih veščin ter ponujajo avtomatizirano, formativno medsebojno povratno informacijo, ki temelji na sociokonstruktivistični pedagogiki (Kim idr., 2022; Duran, 2024). Merjenje: ocene na podlagi rubrik za ustvarjalnost in sodelovanje, navzkrižno preverjene med ocenami UI in ocenami inštruktorjev.

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

- Tehnološka dimenzija: Večmodalna orodja UI analizirajo govor, besedilo in gestikulacijo, da količinsko opredelijo učinkovitost komunikacije in kohezijo skupine med sodelovalnimi nalogami (Msambwa idr., 2025). Analitika v realnem času spremlja posamezne vzorce sodelovanja (npr. menjavanje govora, zbliževanje idej) kot približek za timsko delo in prilagodljivo reševanje problemov (Msambwa idr., 2025). Merjenje: sistemsko zabeležene metrike (npr. dolžina sporočila, semantična novost) so korelirane s standardiziranimi inventarji veščin 21. stoletja.
- Okoljska dimenzija: Platforme UI v oblakih povezujejo učence na mednarodni ravni, kar omogoča medkulturno sodelovanje in prakse digitalnega državljanstva (Msambwa idr., 2025). Naprave IoT v pametnih učilnicah, ki jih usklajuje UI, prilagajajo fizične in digitalne vire (npr. osvetlitev, dodelitev prostorov za odmik) za optimizacijo sodelovalnih delovnih tokov (Kim idr., 2022). Merjenje: indeksi mrežne analize globalne interakcije (npr. centralnost medsebojne povezanosti) in lestvice udobja okolja, povezane s sodelovalno uspešnostjo.
- Psihološka dimenzija: Osebnostno prilagojene učne poti, ki jih ustvarja UI, povečujejo avtonomijo učencev, podpirajo razvoj rastočega mišljenja in notranjo motivacijo (Chiu idr., 2023; Canonigo, 2024). Vendar pa lahko visoko zaupanje v UI ob nizki računalniški pismenosti vodi do prevelikega zanašanja nanjo, kar slabi kritično mišljenje; nasprotno pa lahko strah pred UI ovira pridobivanje novih veščin (Darancik idr., 2025; Zhang idr., 2025). Merjenje: validirani instrumenti za samoocenjevanje, kot so lestvica strahu pred UI (Darancik idr., 2025), lestvica samoučinkovitosti TAICS za prihodnje učitelje (Chiu idr., 2024) in predhodne/naknadne ankete o zaznani kompetenci 21. stoletja.

Da bi zajeli večplastni vpliv UI-gnanih rešitev, združimo avtomatizirane sistemske dnevnike z oceno, usmerjeno v študenta oz. učečega:

- Didaktično: formativne ocene, omogočene z UI, analiza konceptnih zemljevidov in rubrike projektnih artefaktov.
- Tehnološko: uporabnost, rudarjenje dnevniških datotek (čas, porabljen za nalogo, prošnje za pomoč) in soglasje med UI in človeško oceno.
- Okoljsko: analiza socialnih omrežij med vrstniki, podatki senzorjev IoT o izkoriščenosti prostora.
- Psihološko: standardizirana samoučinkovitost, motivacija, lestvice kognitivne obremenitve, dopolnjene z dnevniki prepoznavanja čustev.

Takšen mešani okvir merjenja zagotavlja zanesljive in prilagodljive vpogled v to, kako UI preoblikuje vsebinske strukture, ki jih imajo študenti oz. prihodnji učitelji (konceptualna sprememba), in transverzalne veščine, ki jih pridobijo za 21. stoletje.

Namen in cilji

Osrednji namen te integrativne pregledno-analitične študije je sistematično zbrati, kategorizirati in kritično analizirati pedagoške, okoljske, tehnološke in psihološke dejavnike, ki vplivajo na kakovost izobraževanja bodočih učiteljev za trajnostni razvoj, ter to storiti v kontekstu hitrih, tehnološko pogojenih sprememb gospodarskega, socialnega in naravnega okolja. S tem želi študija:

1. izdelati celovit posnetek obstoječih znanstvenih spoznanj o teh dejavnikih;
2. prepoznati teoretične in empirične vrzeli ter prednostna raziskovalna področja;

3. ponuditi utemeljeno osnovo za nadaljnje, kvantitativno podprto modeliranje (npr. MCDA) in razvoj transformativnih, z IKT- in UI-podprtih pedagoških pristopov.

Tako bo pregled služil kot temelj za oblikovanje prihodnjih intervencij in politik, usmerjenih v trajnostno naravnano in tehnološko aktualno izobraževanje učiteljev.

Za potrebe dela smo si zastavili naslednja raziskovalna vprašanja (RV1–4):

- RV1: Kateri temeljni sklopi dejavnikov (pedagoški, okoljski, tehnološki, psihološki) se v obstoječi literaturi izkazujejo kot najpomembnejši za kakovost izobraževanja bodočih učiteljev za trajnostni razvoj v razmerah hitrih, tehnološko pogojenih sprememb?
- RV2: Kako pospešene digitalne, gospodarske in naravne spremembe preoblikujejo zahteve po kompetencah 21. stoletja, ki jih morajo bodoči učitelji razviti za uresničevanje ciljev trajnostnega razvoja?
- RV3: Kako literatura ocenjuje potencial naprednih IKT-orodij (npr. UI) za blaženje oziroma izrabo teh sprememb ter katere raziskovalne vrzeli se pri tem razkrivajo (zlasti socialni in afektivni vidik uporabe IKT)?
- RV4: Katere konceptualne okvire (TPACK, SAMR ipd.) avtorji najpogosteje uporabljajo za razlago prepleta med pedagoškimi pristopi, tehnologijo ter gospodarsko-socialnim in naravnim okoljem?
- RV5: Kako so kompetence za trajnostno preoblikovanje oz. trajnostni prehod predstavljene, medsebojno povezane in se časovno razvijajo v literaturi o izobraževanju učiteljev STEM od leta 2015 do 2025?

Raziskovalna vprašanja dodajajo ekspliciten fokus na (1) vpliv hitrih sprememb na tradicionalne kategorije dejavnikov in (2) vlogo IKT/UI kot odziva na te spremembe. Še več, z obravnavo teh elementov bo študija ustvarila celovit, na podatkih temelječ pregled tega, kako celoten niz kompetenc za prehod na trajnostno razvojno delovanje prežema raziskave na področju izobraževanja učiteljev STEM in kje še zaostaja. To odpira prostor za razpravo o raziskovalnih vrzelih in spodbuja prihodnje empirične študije, ki bodo (v fazah projekta) lahko uporabile večkriterijsko modeliranje za poglobljeno kvantifikacijo ugotovitev.

Metoda

V raziskavi smo uporabili kombinacijo pregledno-analitične metode in bibliometrične analize. Bibliometrična analiza je statistični pristop k kvantitativnemu ovrednotenju znanstvenih objav in njihovih citatov; raziskovalcem omogoča identificirati intelektualno strukturo področja, ključne raziskovalne trende ter možne prihodnje smeri razvoja (Ma in Ismail, 2025). Ta metoda je v zadnjih letih vse bolj uveljavljena, saj kombinacija bibliometrije in sistematičnega pregleda literature zagotavlja bolj celovito in natančno analizo obstoječe literature (Ma in Ismail, 2025).

Bibliometrično analizo bomo uporabili predvsem za odgovore na raziskovalna vprašanja RV1, RV2 in RV5. S pregledom velikega nabora bibliografskih podatkov (npr. so-pojavitve ključnih besed, citiranosti del) bomo ugotovili, kateri tematski sklopi dejavnikov – pedagoški, okoljski, tehnološki, psihološki – se v literaturi o izobraževanju bodočih učiteljev za trajnostni razvoj v obdobju hitrih tehnoloških sprememb pojavljajo najpogosteje in izkazujejo kot najpomembnejši (RV1). Na primer, nedavna bibliometrična študija področja vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj je identificirala pet osrednjih raziskovalnih tem, od temeljnih konceptov in okoljskega izobraževanja do inovacij izobraževalne tehnologije, kar kaže na

večdimenzionalnost dejavnikov kakovosti izobraževanja za trajnostni razvoj (Yang in Xiu, 2023). Prav tako nam bo bibliometrična analiza pomagala osvetliti, kako pospešene digitalne, gospodarske in naravne spremembe spreminjajo poudarke raziskav o kompetencah 21. stoletja, ki jih morajo bodoči učitelji razviti za uresničevanje ciljev trajnostnega razvoja (RV2). S pomočjo analize ključnih besed in tematskih trendov bomo zaznali, katere kompetence 21. stoletja literatura najpogosteje izpostavlja v tem kontekstu – pri čemer se med osrednjimi temami pogosto pojavljajo kritično mišljenje, digitalna pismenost in profesionalni razvoj učiteljev, kar kaže na poudarek na kognitivnih in tehnoloških veščinah (Rahim idr., 2025). Bibliometrični pristop nam bo torej kvantitativno prikazal, kateri dejavniki in kompetence so v znanstveni skupnosti prepoznani kot ključni.

Po drugi strani smo za RV3 in RV4 uporabili pregledno-analitično metodo, tj. temeljit pregled in kvalitativno analizo obstoječe literature. Ta pristop nam omogoča sintezo spoznanj dosedanjih raziskav ter kritično ovrednotenje ugotovitev z namenom oblikovanja smernic za izobraževalno prakso (aplikativni vidik prispevka). S sistematičnim pregledom literature bomo naslovili RV3, kjer preučujemo, kako literatura ocenjuje potencial naprednih IKT-orodij (npr. UI) za blaženje ali izrabo hitrih sprememb, ter pri tem izpostavili zaznane raziskovalne vrzeli, zlasti v povezavi s socialnimi in afektivnimi vidiki uporabe IKT. Prav tako bomo v okviru pregledne analize odgovorili na RV4 – identificirali bomo, katere konceptualne okvire (kot so TPACK, SAMR ipd.) avtorji najpogosteje uporabljajo za pojasnjevanje prepleta med pedagoškimi pristopi, tehnologijo ter družbeno-gospodarskim in naravnim okoljem. Takšen dvojen metodološki pristop (kvantitativna bibliometrija in kvalitativni pregled) zagotavlja širok vpogled v področje: bibliometrija ponudi makro pregled trendov in vplivnih virov, medtem ko pregledno-analitična metoda omogoča poglobljen uvid v vsebino in kontekst ugotovitev. Na ta način dobimo hitri pregled stanja raziskav skozi čas ter smernic za prihodnji razvoj področja (Ozturk idr., 2025), hkrati pa zagotavljamo podlago za celovite zaključke o kakovosti izobraževanja bodočih učiteljev za trajnostni razvoj v dobi hitrih in dinamičnih sprememb.

Za identifikacijo dejavnikov pedagoške spremembe smo uporabili delfsko metodo, tj. strukturiran postopek zbiranja in usklajevanja mnenj skupine strokovnjakov (Raghav idr., 2016). Metoda Delfi združuje kvalitativni in kvantitativni pristop ter je posebej uporabna pri preučevanju kompleksnih vprašanj, kjer ni dovolj empiričnih podatkov. Bistvo metode je več zaporednih krogov anketiranja izbranih ekspertov z anonimnim izmenjevanjem mnenj in kontroliranimi povratnimi informacijami, da se postopno izpostavijo razlike med mnenji in doseže konsenz oz. strinjanje skupine. Ta tehnika se že več desetletij uspešno uporablja na različnih področjih (tudi v izobraževanju) za oblikovanje strokovnih smernic in napovedovanje trendov (Raghav idr., 2016).

V naši raziskavi smo oblikovali ekspertni panel dvanajstih strokovnjakov z različnih področij, relevantnih za izobraževanje učiteljev za trajnostni razvoj (npr. didaktika, okoljska vzgoja, izobraževalna tehnologija, psihologija). Pri delfski metodi ni ključno število sodelujočih, temveč njihova strokovnost in raznolik profil, zato smo skrbno izbrali eksperte, ki skupaj pokrivajo širok spekter znanj. Postopek je potekal v več iterativnih krogih (v praksi običajno zadostujejo tri krogi), v katerih smo postopoma izoblikovali končni nabor dejavnikov pedagoške spremembe. V prvem krogu so strokovnjaki prek odprtih vprašanj podali kar največji možni nabor dejavnikov in področij, ki po njihovem mnenju pomembno vplivajo na uresničevanje pedagoških sprememb v izobraževanju učiteljev. Zbrane odgovore smo kvalitativno analizirali in združili sorodne ideje v preliminarne kategorije dejavnikov. V drugem krogu smo članom panela

posredovali anonimiziran povzetek rezultatov prvega kroga – konsolidiran seznam predlaganih dejavnikov s prikazom agregiranih odgovorov – ter jih zaprosili, da te dejavnike ovrednotijo, dopolnijo ali po potrebi preoblikujejo. S pomočjo nadzorovane povratne informacije je lahko vsak ekspert primerjal svoje stališče z mnenji ostalih in po potrebi prilagodil svoje odgovore, kar je pospešilo približevanje skupnemu mnenju. Izvedli smo tretji krog, v katerem so strokovnjaki pregledali posodobljen seznam in potrdili končni izbor dejavnikov oziroma razrešili morebitna preostala nesoglasja.

Rezultati

Rezultate podajamo večplastno v treh stopnjah. V prvi stopnji so rezultati pregleda in analize trenutnih raziskav s področja izobraževanja učiteljev s ciljem razvoja veščin 21. stoletja, potrebnih za trajnostni razvoj, odpornost družbe in spopadanje z bliskovitim razvojem vseh vrst tehnologij in UI tudi na področju izobraževanja. V drugi stopnji so rezultati Delfi študije z naborem dejavnikov pedagoške spremembe, medtem ko v tretji stopnji s pomočjo bibliometrike analiziramo te dejavnike potrebne pedagoške spremembe in razvojno dinamiko veščin 21. stoletja za izobraževanje prihodnjih učiteljev področij STEM.

Dejavniki kvalitetnega izobraževanja bodočih učiteljev za trajnostnost in odpornost

V zapletenem visokošolskem okolju je potrebe po pedagoških spremembah in tehnoloških inovacijah nemogoče prezreti (Avsec in Ferk Savec, 2021a; Bryant, 2018; Greenhow idr., 2016; Timmis idr., 2016). Študentje se po koncu študija soočajo z možnostjo zaposlitve v panogah ali delovnih vlogah, ki še ne obstajajo (Sousa in Pilecki, 2018). Institucije zagotavljajo izobraževanje za vse bolj razdrobljene in kompleksne trge, ki zahtevajo različne učne izide, načine izvajanja in prilagodljive pristope k učenju (Brown in Carasso, 2013), medtem ko naj bi vlade zagotavljale regulativo visokošolskega izobraževanja, postopke kakovosti in financiranje kot odraz socialno-gospodarske politike (Marginson, 2013).

Številni avtorji navajajo funkcije, dejavnosti in težnje sodobne univerze v digitalni dobi (Avsec in Ferk Savec, 2021a; Bryant, 2018; De Backer idr., 2022; Pearce idr., 2011; Siemens in Weller, 2011; Selwyn, 2012; Väljataga in Laanpere, 2019; Wengrowicz, 2014). Mnoge od teh študij navajajo tudi spremembe, od kritičnega ukvarjanja z učnim načrtom in snovanjem učnih modelov do tega, kako so prakse poučevanja in učenja odvisne od IKT in vpliva družbenih medijev ter ostalih socialnih omrežij. Te trditve o motnjah, ki jih pripisujejo IKT, in potreba po prilagoditvi in spremembi izobraževanja v zadnjem času niso nedavni pojav, ampak segajo že nekaj desetletij nazaj, od pojava informatike in prvih računalnikov. Izzivi glede učinkovitosti izvajanja strateških pedagoških sprememb s pomočjo IKT so ustvarili binarne položaje in opozicijsko politiko, kjer je bila IKT označena kot sovražnik dobrega poučevanja in na drugi strani kot močno sredstvo za dvig ravni usposobljenosti učečih (Bryant, 2018; Kirschner idr., 2006). Pedagoške spremembe in didaktično premišljena uporaba IKT so lahko ključna sredstva, ki zagotavljajo, kako lahko institucije nastopajo konkurenčno tudi v sodobnem visokošolskem okolju. Podpirajo tako izboljšanje prakse, kot tudi možnosti za inovacije. Napredna raba IKT, ki poleg instrumentalnega vidika vključuje še socialni in afektivni (Zhang in Zeng, 2022), lahko predstavlja pomembno sredstvo in vzvod sodobne visokošolske institucije za uspešno delovanje v digitalni družbi 5.0, ki jo sooblikujejo in spreminjajo IKT, UI ter interoperabilnosti deležnikov, procesov in sistemov. Še več, z inteligentno in tarčno

vključitvijo v proces poučevanja in učenja se lahko bistveno dvigne raven različnih pismenosti učencev/dijakov/študentov (Balacheff idr., 2009; Hu idr., 2018; Våljetaga in Laanpere, 2019).

Kako učinkovito kreirati in kasneje implementirati pedagoško spremembo, je ključno vprašanje predlagane raziskave. Izhajajoč iz ugotovitev Laurillardove (2012), ki predstavi gradnjo pedagoških vzorcev za učenje ob vključitvi tehnologij na postulatih poučevanja kot znanosti oblikovanja oz. snovanja, hkrati ponuja načrt, kako lahko učitelji postanejo sodelujoči in aktivni oblikovalci načinov za uporabo nastajajočih tehnologij, ki bi lahko močno izboljšale poučevanje in učenje (Laurillard, 2012). Procesnost poučevanja in učenja kaže na uporabo metod za določanje procesnih sprememb, ki so že preizkušene izven področja izobraževanja, kjer lahko najdemo nedavno razvito metodo večkriterijskega odločanja s kombinacijo mehkega in intervalnega analitičnega mrežnega in hierarhičnega procesa (Chen, 2015; Ocampo idr., 2019). Za vstop v metodo najprej potrebujemo natančno opredeljene cilje odločanja ter dobro identificirane kriterije, ki bi lahko vplivali na kočni izid pedagoške spremembe. Z uporabo večkriterijskega odločanja določimo medsebojne povezave, medtem ko z metodo analitičnega mrežnega procesa določimo utež vsakemu kriteriju, katerih razvrstitev določimo s pomočjo analitičnega hierarhičnega procesa. Sledi izdelava scenarijev in pilotno preizkušanje možnih rešitev (Chen, 2015). Metoda je bila učinkovita tudi na področju izobraževanja, in sicer na področju matematičnega in inženirskega izobraževanja (Si idr., 2018), kar kaže na uporabnost rezultatov tudi za druge discipline izobraževanja.

Pri določitvi vstopnih spremenljivk za modeliranje predpostavljamo, da so dejavniki, ki prispevajo h kvalitetnem izobraževanju in razvijanju veščin 21. stoletja, večplastni in kompleksni, kot to navajajo številni avtorji (Avsec in Ferk Savec, 2021a; Hero idr., 2017; Keinänen idr., 2018; OECD, 2018a; Paniagua in Istance, 2018; Tomlinson idr. 2020). Tomlinson idr. (2020) tudi navajajo, da pri izgradnji okvirja odličnosti kvalitetnega izobraževanja moramo upoštevati vsaj naslednje skupine: (1) področje izobraževanja (vsebina, načini ocenjevanja, usposobljenost kadra, pristopi, metode in strategije dela ...), (2) dejavniki okolja izobraževanja za trajnostni razvoj (naravno okolje, gospodarsko in socialno okolje ...), (3) izobraževalna tehnologija (vrste, razpoložljivost, sprejemanje, ciljna raba, delež vključitve ...) in (4) psihološke veščine (motivacija, samoučinkovitost, samoregulacija, ustvarjalnost, kritično mišljenje, medosebne veščine, sodelovanje, vodstvene veščine in spretnosti ...).

WEF (2016) je izpostavili šestnajst veščin, potrebnih za konkurenčnost učečih v družbi 21. stoletja. Te veščine se kažejo kot sposobnosti za učenje in inovativnost (kritično mišljenje in reševanje problemov, komunikacija in sodelovanje, ustvarjalnost in inovativnost), sposobnosti digitalne in umetnointeligenčne pismenosti (informacijska pismenost, medijska pismenost, informacijska in komunikacijska tehnologija, UI pismenost) ter karijerne in življenjske sposobnosti (prilagodljivost in prilagodljivost, pobuda in samoregulacija, socialna in medkulturna interakcija, produktivnost in odgovornost).

Kljub tej raznolikosti terminologije analiza številnih ključnih sinteznih študij (Chalkiadaki, 2018; Cynthia Luna, 2015; Voogt in Roblin, 2010, 2012) kaže na relativno jasen niz spretnosti, kompetenc in lastnosti, na katere se v večini literature, ki obravnava veščine 21. stoletja, sklicuje v kakršni koli obliki. Te je mogoče združiti v pet ključnih področij, povezanih predvsem s poklicnimi lastnostmi (Joynes idr., 2019):

1. Komunikacijske veščine, vključno z jezikom in predstavitvijo idej.
2. Sposobnosti za sodelovanje, vključno z upravljanjem skupinskih dejavnosti in socialno interakcijo.
3. Individualni pristopi k učenju, vključno s kritičnim mišljenjem, metakognicijo in pridobivanjem novih veščin.
4. Individualna avtonomija, vključno s prilagodljivostjo, prilagodljivostjo in podjetništvom.
5. IKT in digitalna pismenost, vključno z uporabo tehnologije kot orodja za učenje, komunikacijo in sodelovanje.

Poleg tega je predstavljenih tudi več ključnih področij znanja, vključno z:

- pismenostjo,
- računskim znanjem in
- področji znanja, povezanimi s STEM.

Nazadnje, dodatne osebne lastnosti, ki jih večina avtorjev šteje za potrebne za izpolnjeno življenje v 21. stoletju, vključujejo:

- fizično dobro počutje in osebno zdravje;
- socialne in čustvene spretnosti;
- socialno državljanstvo in
- kulturno in ustvarjalno izražanje.

Za izobraževalni prostor so še posebno pomembne različne pismenosti, kot so bralna, matematična, naravoslovna ter IKT in digitalna, ki zahtevajo še posebno pozornost, zlasti v okoljih osnovnošolskega izobraževanja, kjer so učitelji ključni deležniki za razvijanje in spodbujanje teh pismenosti pri učencih. Zaradi dinamične narave tehnološko pogojenih sprememb v različnih okoljih je nujno, da usposobimo bodoče učitelje kot učinkovite prenašalce in razvijalce inovativnih pedagogik v osnovnošolsko prakso, kjer jih bodo znali tudi učinkovito implementirati in evalvirati.

Kljub različnim možnostim uporabe IKT v študijskem procesu je ta s strani učiteljev pogosto uporabljena intuitivno, zato študijski dosežki povezani s takšno z uporabo IKT ne dosegajo pričakovanj (Avsec in Ferk Savec, 2021a; Ottesen, 2006; Jedrinović idr., 2019; Zhang in Zeng, 2022). Za uspešno uporabo IKT v študijskem procesu je po Koehler in Mishra (2009) ključno, da imajo učitelji poleg znanja svojega predmetnega področja tudi znanja s področja didaktike in IKT, ki so med sabo povezana v vsebinsko pedagoško znanje IKT-TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*). Wang, Schmidt-Crawford in Jin (2018) v preglednem članku, ki je temeljil na študiju več kot 500 raziskav, ugotavljajo, da je za uspešen razvoj TPACK učiteljev bistvena predvsem ustrezna priprava bodočih učiteljev za didaktično uporabo IKT na specifičnem predmetnem področju ter premišljena strategija povezovanja med različnimi predmetnimi področji pri vključevanju uporabe IKT v študijski proces na instituciji, kjer se bodoči učitelji izobražujejo.

Pri razmislekih glede didaktične uporabe IKT v študijskem procesu je pogosto uporabljen SAMR model (Kihoza idr., 2016; Utomo idr., 2017; Ferk Savec idr., 2018). Ob uporabi SAMR modela lahko učitelji ovrednotijo didaktično uporabo IKT v študijskem procesu glede na štiri stopnje, tj. zamenjava, nadgradnja, preoblikovanje in redefinicija (Puentedura, 2006). Pri stopnji zamenjava učitelji z uporabo IKT zgolj nadomestijo tradicionalna učila oz. učne pripomočke. Tudi pri stopnji nadgradnja IKT v študijskem procesu uporabijo kot nadomestilo za tradicionalna učila oz. učnih pripomočkov, poleg tega pa IKT omogoča tudi dodatne osnovne funkcionalnosti, ki olajšajo študij. Tretja stopnja je preoblikovanje, kjer uporaba IKT omogoča bistveno preoblikovanje študijskih aktivnosti, tako da le-te vključujejo višje taksonomske stopnje kognitivnih procesov študentov. Četrta stopnja uporabe IKT v študijskem procesu je redefinicija in se nanaša na izvajanje aktivnosti, ki temeljijo na višjih taksonomskih stopnjah kognitivnih procesov študentov in jih brez uporabe IKT ne bi mogli izvesti (Puentedura, 2014). Uporaba SAMR modela je tako namenjena predvsem premisleku učiteljev o kognitivnih procesih študentov pri obstoječi uporabi IKT in o možnostih nadgradnje uporabe IKT v študijskem procesu, da bi tako pri bodočih diplomantih ob uporabi IKT v čim večji meri spodbujali uporabo višjih taksonomskih stopenj kognitivnih procesov, povezanih z razvojem potrebnih spretnosti, veščin in znanj za 21. stoletje (Webb, 2014, Yen in Halili, 2015; Keane idr., 2016; Zhang in Zeng, 2022). Nedavne raziskave tudi kažejo, da je pri izdelavi IKT poglobljene izkušnje za doseganje višjih miselnih redov in ciljno vključenost nujna obravnava socialnega okolja (Zhang in Zeng, 2022), kar pa zahteva izostreno kontekstualizacijo vsebine in racionalizacijo/optimizacijo IKT (Avsec in Ferk Savec, 2021a). Za spopadanje z izzivi družbe 5.0 je bistveno tudi razvijanje različnih pismenosti, kot so naravoslovna, matematična, digitalna, okoljska, bralna in tehnološka.

Učenje in poučevanje naravoslovnih vsebin naj bo usmerjeno k razvijanju naravoslovne pismenosti učencev, dijakov in študentov (OECD, 2018b). Sjöström in Eilks (2018) poročata o dveh pogledih na naravoslovno pismenost, in sicer prvi izhaja in se osredinja na naravoslovne vsebine in procese z namenom poznejšega seznanjanja z ustreznimi aplikacijami, drugi pa na kontekstualizacijo naravoslovnih spoznanj zaradi njihove uporabe v življenju in družbi. Hazen in Trefil (1999) razumeta naravoslovno pismenost kot znanje, potrebno za razumevanje splošnih življenjskih problemov, in kot sposobnost razumevanja, povezovanja in kritičnega vrednotenja dnevnih novic z naravoslovno vsebino. Gräber s sodelavci (2002) meni, da je za razvito posameznikovo naravoslovno pismenost pomembno: (1) vedeti (znanje in sistemski pristop), (2) narediti (uporaba strategij učenja, razumevanje in uporaba jezika naravoslovja, sposobnost predstavitev informacij), (3) vrednotiti (poznavanje kriterijev in sposobnost razvrščanja, prepoznavanje pomena naravoslovja za življenje) in (4) razmišljati (sposobnost kritičnega mišljenja in logičnega sklepanja o naravoslovnih pojavih).

Govoriti o naravoslovni pismenosti je enako kot govoriti o naravoslovnem izobraževanju, ki ga je potrebno operacionalizirati v smislu uporabnosti usvojenega znanja (DeBoer, 2000). V kontekstu naravoslovne pismenosti je potrebno razvijati sposobnosti razumevanja vpliva znanosti in razvoja tehnologije na naš vsakdan, sposobnosti identificiranja problemov in uporabe strategij aktivnega vključevanja v reševanje problemov ter argumentiranja sprejetih odločitev (Nuhfer idr., 2016). V okviru projekta PISA (*Programme for International Student Assessment* – OECD) so bili izoblikovani osnovni kriteriji o tem, kaj naj bi o naravoslovnih vsebinah vedeli petnajstletniki. Naravoslovna pismenost je v okviru raziskav PISA opredeljena kot znanje, spretnosti in zamisli posameznika, ki omogočajo kritično vrednotenje naravoslovno-znanstvenih vprašanj. Naravoslovno pismeni posameznik se je pripravljen

vkjučevati v argumentirano razpravo o naravoslovju in tehnologiji. Za to je potrebno znanje in spretnosti naravoslovnega razlaganja pojavov, evalviranja in načrtovanja naravoslovnih raziskav ter interpretiranja naravoslovnih podatkov (OECD, 2018b; Šterman Ivančič, 2019). Na osnovnošolskem izobraževanju je potrebno že na razredni stopnji pri učencih razviti pozitiven odnos do naravoslovja, na kar pa vpliva predvsem učiteljev odnos do naravoslovja in tehnologije. Učitelji z negativnim odnosom uporabljajo pri pouku v manjši meri aktivne metode dela, kar vpliva tudi na razvijanje naravoslovne pismenosti (Sulun idr., 2009).

Naravoslovna pismenost se tesno prepleta z okoljsko pismenostjo. Običajno definicije okoljske pismenosti vključujejo razumevanje okoljskih pojmov in spretnosti za učinkovito odločanje o teh vprašanjih (Roth, 1992). Okoljsko pismen človek mora imeti ustrezne vrednote, stališča in spretnosti, ki omogočajo pretvorbo okoljskega znanja v akcijo. Iz tega sledi, da se raven posameznikove okoljske pismenosti odraža v njegovem vedenju do okolja. Zato je razvoj okoljske pismenosti osredotočen na razvoj odgovornega vedenja do okolja in narave (Carmi idr., 2015; Hsu, 2004; Sia idr., 1986; Torkar in Bogner, 2019), ki je temeljni steber trajnostnega razvoja. Pri vzpostavljanju družbene okoljske pismenosti imajo ključno vlogo prav učitelji (World Commission on the Environment and Development, 1987; Goldman idr., 2006; Bezeljak idr., 2020). Zagotavljanje trajnosti zahteva spremembo paradigme v konceptualizaciji, razmišljanju, raziskovanju in izobraževanju na področju naravoslovnih, tehnoloških in okoljskih znanosti (Zoller, 2013). Cilj izobraževanja za trajnostni razvoj je v naravoslovju, tehnologiji in okoljskem izobraževanju spodbujati razvoj ter krepitev kritičnega systemskega mišljenja, odločanja, reševanja problemov in transfer znanja (Ben-Zvi idr., 2005; Eilks, 2015).

Matematična pismenost je opredeljena kot zmožnost posameznika, da na osnovi matematičnega mišljenja in matematičnega znanja zmore uporabljati matematične pojme, postopke in orodja v različno strukturiranih okoljih; analizira, utemeljuje in učinkovito sporoča svoje zamisli in rezultate pri oblikovanju, reševanju in interpretaciji matematičnih problemov v različno strukturiranih okoljih; zaznava in se zaveda vloge matematike v vsakdanjem in poklicnem življenju, jo povezuje z drugimi področji in sprejema odgovorne odločitve na osnovi matematičnega znanja ter je pripravljen sprejemati in soustvarjati zanj nova matematična spoznanja (OECD, 2003). Opredeljena sta dva temeljna gradnika matematične pismenosti: 1. gradnik: matematično mišljenje – razumevanje in uporaba matematičnih pojmov, postopkov, strategij ter sporočanja kot osnovo matematične pismenosti in 2. gradnik: reševanje problemov v raznolikih kontekstih (osebni, družbeni, strokovni, znanstveni), ki omogočajo matematično obravnavo (Manfreda Kolar in Hodnik, 2021). Razvijanje matematične pismenosti torej lahko razumemo kot sposobnost prepoznavanja, povezovanja in reflektiranja kontekstualnih problemov, ki niso strukturirani na način tipičnih šolskih matematičnih problemov, z matematičnimi koncepti in vsebinami šolske matematike (Sáenz, 2009).

Računalniško pismenost lahko povezujemo s tremi področji, ki so jih v analizi razvoja računalniškega izobraževanja v Združenem kraljestvu identificirali strokovnjaki Royal Society (2017). Ta razvoj je spodbudila iniciativa *Shut down or Restart?*, ki jo je Royal Society začel leta 2012 (Royal Society, 2012) in ki je spodbudila pripravo učnih načrtov za poučevanje računalništva za učence med 5 in 16 letom (K-12) že v letu 2013 in umestila računalništvo med temeljne predmete skupaj z matematiko, angleščino in naravoslovjem. Omenjena tri področja, povezana z računalniško pismenostjo, so poznavanje IKT, digitalna pismenost in sposobnost računalniškega razmišljanja. IKT pismenost so definirali kot sposobnost za izbiro, konfiguracijo in uporabo digitalnih naprav za specifične potrebe uporabnikov. Digitalna pismenost je

sposobnost za samozavestno, učinkovito in varno uporabo digitalnih naprav, vključno s sposobnostjo uporabe t. i. pisarniške programske opreme, spletnih brskalnikov in internetnih iskalnikov, pa tudi razumevanje moralnih in etičnih vidikov uporabe digitalnih tehnologij. Sposobnost računalniškega razmišljanja je povezana z uporabo algoritmov, podatkovnih struktur, programiranjem, arhitekturo sistemov ter z analizo in reševanjem problemov.

Digitalno pismenost so na podoben, nekoliko širši način definirali tudi v Evropski komisiji, kjer so napisali dokument DIGCOMP 2.0 (Vuorikari, 2016), ki definira pet glavnih skupin kompetenc, nujnih za varno in učinkovito delo z digitalnimi tehnologijami na praktično vseh področjih človekovih aktivnosti v 21. stoletju. Te kompetence morajo torej pridobiti tudi učitelji in učenci. Za učitelje pa so ključne tudi specifične digitalne kompetence, ki so potrebne za učiteljev poklicni razvoj in za njegovo delo z učenci. Definirali so jih v dokumentu DIGCOMPEDU (Redecker, 2017), povezane pa so z bolj učinkovitimi didaktičnimi pristopi k poučevanju in učenju, ki stremijo k bolj aktivnim oblikam učenja in k doseganju učnih ciljev na višjih taksonomskih ravneh (Jedrinović idr., 2019). Od učitelja poleg znanja s strokovnega področja in didaktičnega znanja zahtevajo tudi znanje za uporabo sodobnih izobraževalnih tehnologij, ki so danes pretežno digitalne in so definirane v TPACK (Koehler in Mishra, 2009). Ustrezno razvite digitalne kompetence za učitelje le-tim tudi omogočajo doseganje višjih stopenj v SAMR modelu (Puentedura, 2006). Sposobnost računalniškega razmišljanja omogoča učencem ustvarjalnost, inovativnost in boljšo sposobnost za reševanje problemov (Wing, 2006; Denning in Tedre, 2019).

Tehnološka in inženirska pismenost je celovit konstrukt, ki opredeljuje zmožnost posameznika, da razume, uporablja, ustvarja in vrednoti tehnološke izdelke, sisteme in procese, namenjene izboljšanju kakovosti življenja (De Vries, 2016; Gu idr., 2019; ITEEA, 2020; Rossouw idr., 2011). Vključuje znanje, sposobnosti ter kritično mišljenje in odločanje (National Research Council, 2006), kar omogoča odgovorno in premišljeno uporabo tehnologije ter aktivno sodelovanje v tehnološko napredni družbi. Preplet teh dimenzij ustvarja sinergijo, ki omogoča celovito razumevanje in učinkovito delovanje na področju tehnike in tehnologije. Razvijanje tehnološke in inženirske pismenosti že od zgodnjega izobraževanja naprej je ključnega pomena za pripravo posameznika na izzive 21. stoletja, saj spodbuja inovativnost, ustvarjalnost, reševanje problemov, digitalno pismenost in zmožnost prilagajanja hitro spreminjajočemu se tehnološkemu okolju (ITEEA, 2020; UNESCO, 2017; Foster in Piacentini, 2023; Schneider, 2019).

Tehnološka in inženirska pismenost je dinamična in se razvija glede na družbeni kontekst, tehnološki napredek in potrebe okolja (Hoepfl, 2020). Pomemben sestavni del TIP je tudi odnos do tehnike, tehnologije in inženirstva, ki se oblikuje skozi neposredne izkušnje bodisi v interakciji s starši, vrstniki, učitelji, skozi formalno izobraževanje ali praktično delo (Ankiewicz, 2019; Xu idr., 2020). Raziskave kažejo, da med tehnološko in inženirsko pismenostjo in odnosom do tehnike in tehnologije obstaja pozitivna povezava (Ardies idr., 2013; Rupnik in Avsec, 2019). Prav tako nekateri avtorji (Gu idr., 2019) odnos do tehnike in tehnologije opredeljujejo kot dejansko dimenzijo znotraj TIP, saj opredelitve vključujejo čustva, motivacijo, vrednote in zavest.

Mednarodno združenje ITEEA (angl. *International Technology and Engineering Educators Association*) je tehnološko in inženirsko pismenost opredelilo kot »sposobnost razumevanja, uporabe, ustvarjanja in ocenjevanja okolja, ki ga je oblikoval človek, na vse bolj dovršene

načine skozi čas» (ITEEA, 2020, str. 161) in leta 2020 izdalo poudarjene standarde tehnološke in inženirske pismenosti. Temeljni disciplinski standardi vključujejo razumevanje narave in značilnosti tehnologije in tehnike, poznavanje temeljnih konceptov tega področja, povezovanje znanja, tehnologij in praks ter prepoznavanje vplivov tehnologije na družbo in obratno – vplivov družbe na tehnološki razvoj. Med standarde sodi tudi poznavanje zgodovine tehnologije, sposobnost snovanja v tehnološkem in inženirskem izobraževanju ter zmožnost uporabe, vzdrževanja in ocenjevanja tehnoloških izdelkov in sistemov (ITEEA, 2020). S tehnološkim napredkom se širi tudi nabor tehnoloških in inženirskih kontekstov, med katerimi ITEEA (2020) izpostavlja: računalništvo, avtomatizacijo, UI in robotiko; pretvorbo in obdelavo materialov; transport in logistiko; energijo in moč; informacije in komunikacije; zgrajeno okolje; medicinske in z zdravjem povezane tehnologije ter kmetijske in biološke tehnologije. Poleg tega so za tehnološko in inženirsko pismenost bistvene tehnološke in inženirske prakse, kot so ustvarjalnost, ustvarjanje in delovanje, kritično mišljenje, optimizem, sodelovanje, komunikacija, pozornost do etike in tudi sistemsko razmišljanje, kot pristop k celovitemu reševanju problemov (ITEEA, 2020). Te vsebine, povezane s standardi, konteksti in praksami, omogočajo, da se TP razvija celovito in v povezavi z realnimi potrebami sodobne družbe, kar je ključno za uspešno delovanje posameznika v 21. stoletju (UNESCO, 2017; Foster in Piacentini, 2023; Schneider, 2019).

Digitalna preobrazba šolstva se danes odvija v tesni povezavi z razvojem UI, ki spreminja načine poučevanja in učenja. Učitelji se ne soočajo več zgolj z izzivom posredovanja znanja, temveč tudi z vprašanjem, kako učence usposobiti za kritično, ustvarjalno in odgovorno uporabo novih tehnologij (Selwyn, 2024). V tem kontekstu se UI tutorji uveljavljajo kot eno izmed ključnih orodij, ki omogočajo prehod od tradicionalnih oblik poučevanja k transformativnim modelom izobraževanja (Rihtaršič in Gabrovšek, 2025). Čeprav so raziskovalci še pred nekaj leti opozarjali na potrebo po uravnoteženju med realnimi učinki in pretiranimi pričakovanji, t. i. »balance between reality and hype« (Holmes idr., 2019), se sodobni trendi vse bolj osredotočajo na iskanje trajnostnih in pedagoško učinkovitih načinov uporabe UI v izobraževanju. Ta razvoj je neposredno povezan z razvojem pismenosti 21. stoletja, zlasti digitalne, tehnološke in inženirske pismenosti, ki smo jih že izpostavili.

UI tutorji lahko že dlje časa pomembno prispevajo k spremembi vloge učitelja – od posredovalca znanja k mentorju, motivatorju in analitiku učnega procesa (Luckin, 2017). V zadnjih letih, s pojavom generativne UI, je teh možnosti še mnogo več. V raziskavah na področju robotike in elektronike (Gabrovšek in Rihtaršič, 2025a; Gabrovšek in Rihtaršič, 2025b) se je pokazalo, da lahko prilagojen UI tutor razbremeni učitelja rutinskih razlag, hkrati pa študente usmeri k samostojnemu reševanju problemov. Na primer, pri laboratorijskih vajah iz robotike so študenti razvili mobilne robote, ki so morali opraviti naloge, kot so sledenje črti, reševanje labirinta ali delovanje kot sumo-robot. UI tutor je študentom pomagal razčleniti kompleksne zahteve na manjše naloge in jim postavljati usmerjevalna vprašanja, s čimer se je povečala njihova sposobnost samostojnega učenja. Podobno je v sklopu elektronike tutor podpiral študente pri razvoju temperaturnega senzorja z umerjanjem in prikazom rezultatov na LCD zaslonu, kjer je spodbujal refleksijo o delovanju merilnega sistema. Tak pristop spodbuja razvoj ključnih kompetenc, kot so kritično mišljenje, sodelovalno delo, ustvarjalnost in samoregulacija (Voogt in Roblin, 2012).

Empirični primeri kažejo, da uporaba UI tutorjev študentom omogoča hitrejše premagovanje manjših, a kritičnih napak, ki pogosto zavirajo napredovanje pri projektih (Rihtaršič in

Gabrovšek, 2025). Tipičen primer je pozabljen simbol podpičja (;) na koncu programskega ukaza, ki prepreči delovanje celotne rešitve. UI tutor je v teh primerih nudil namige, ki so študente usmerili k samostojnemu iskanju napake, namesto da bi podal končno rešitev. Učitelji so ob tem pridobili več časa za spremljanje in usmerjanje učnega procesa, saj so bili razbremenjeni rutinskega odpravljanja napak. Kljub temu ostajajo izzivi, kot so nevarnost prekomernega zanašanja na »copy–paste« kulturo (Igo idr., 2005), dolžina in kompleksnost nekaterih odgovorov ter potreba po učiteljevem nadzoru med interakcijami študentov s tutorjem (Holmes idr., 2022).

Za učinkovito vključitev UI tutorjev v izobraževanje prihodnjih učiteljev priporočamo hibridne pristope, ki združujejo jedrnate odgovore, kratke refleksije in ciljno usmerjena vprašanja (Rihtaršič in Gabrovšek, 2025). Učiteljev nadzor nad interakcijami in refleksija študentov naj postaneta sestavni del procesa (Rupnik in Avsec, 2025), saj tako razvijamo ne le digitalne kompetence, temveč tudi kritično presojsko in odgovornost pri uporabi tehnologije (Holmes idr., 2022). UI tutor naj bo razumljen kot eno izmed digitalnih orodij, ki ga je treba obravnavati celostno – z vsemi njegovimi prednostmi in omejitvami. Učiteljem lahko služi kot učni partner, ki prispeva k razvoju trajnostnih kompetenc v dobi hitrih tehnoloških sprememb, hkrati pa zahteva kritično presojo glede njegove pedagoške ustreznosti. Prav zato je bistvenega pomena, da se bodoči učitelji že v času študija srečajo ne le z vprašanji o tem, kako UI spreminja vlogo učitelja, temveč tudi z možnostmi in tveganji, ki jih takšna orodja prinašajo, ter z didaktičnimi pristopi za njihovo odgovorno in reflektirano uporabo. UI tutorji predstavljajo most med digitalno pismenostjo in transformativnim izobraževanjem učiteljev. Omogočajo prehod od transmisivnega k problemsko usmerjenemu in refleksivnemu učenju, s čimer neposredno prispevajo k ciljem trajnostnega razvoja. Tako učitelji kot učenci postanejo bolj kompetentni, samostojni in kritični uporabniki UI – kar je nujen pogoj za kakovostno izobraževanje in trajnostno družbo.

Izobraževanje ima ključno vlogo pri razvijanju znanj, veščin, stališč in vrednot, ki ljudem omogočajo, da prispevajo k vključujoči in trajnostni prihodnosti in ji koristijo. Cilj izobraževanja vseh učencev/dijakov/študentov, tudi tistih s posebnimi potrebami, mora biti usmerjeno razvijanje spretnosti, ki jih potrebujejo, da postanejo aktivni, odgovorni in angažirani državljani. Učitelj mora zagotavljati prilagojeno učno okolje, ki podpira in motivira vsakega učečega, da neguje svoje strasti, vzpostavlja povezave med različnimi učnimi izkušnjami in priložnostmi ter oblikuje lastne učne projekte in procese v sodelovanju z drugimi (OECD, 2018a). Učitelji, ki so uspešni pri razvijanju pismenosti v inkluzivnem razredu, znajo postavljati primerne izobraževalne izzive (ki so usklajeni z učenčevimi kognitivnimi, emocionalnimi, socialnimi in drugimi potrebami), se znajo odzivati na raznolike učne potrebe učencev (z multisenzornim poučevanjem, prilagajanjem gradiv, različnimi načini ocenjevanja, posredovanja snovi ...) ter znajo premagovati potencialne ovire v vzgoji in izobraževanju (z organizacijo timskega poučevanja, s pomočjo strokovnih delavcev in asistentov, odstranjevanjem fizičnih ovir itd.) (National Curriculum, 2001). Več kot ima učeči posebnih vzgojno-izobraževalnih potreb, več prilagoditev, različnih oblik pomoči in strokovnih virov potrebuje. Prilagoditve kurikula se izvajajo s strategijami prilagajanja, zamenjave, izpuščanja in kompenzacije, pri tem pa je treba vedno upoštevati kontinuum močnih področij in primanjkljajev posameznega učenca (Mitchell, 2008). Učitelji so eden od najpomembnejših dejavnikov uspešnosti razvijanja različnih vrst pismenosti učečih s posebnimi potrebami, zato potrebujejo podporo šolskega tima (Eklund idr., 2020). Upoštevati je treba njihove razlike v znanju za inkluzivno poučevanje in na osnovi tega zanje oblikovati in organizirati usposabljanja. Posebne potrebe

učencev/dijakov/šolstov pa bodo lahko uresničevali le učitelj in strokovni delavci, ki so usposobljeni in imajo ustrezna znanja s področja poučevanja in nudenja pomoči in podpore (Kavkler idr., 2015).

O vseh zgoraj opisanih pismenostih je mogoče razmišljati le v širšem kontekstu učenja in poučevanja, zato je v tem projektu posebna pozornost namenjena osebnostnim, socialnim in učnim kompetencam v spodbudnem in vključujočem učnem okolju; kompetenca vključuje znanje, veščine in stališča, ki prispevajo k urejanju lastnega učenja, duševnega zdravja in komunikacije z drugimi (Ključne kompetence, 2019; Lucariello idr., 2016). Med učne kompetence, ki so ključne za učenje 21. stoletja, vključujemo veščine kritičnega mišljenja in reševanja problemov, ustvarjalnost in inovativnost ter komunikacijo in sodelovanje (Partnership, 2016; Smith Budhai in McLaughlin Taddei, 2015). Študenti, ki pridobijo te veščine, so bolj samoregulativni. Samoregulacija pomeni, da študent nadzoruje svoj učni proces od začetka do konca – učenje se načrtuje, izvaja, spremlja in na koncu razmisli in ovrednoti (Zimmerman, 2000). Samoregulacija je dolgoročen postopek, v katerem se pridobivajo, utrjujejo in avtomatizirajo različne veščine in strategije (English in Kitsantas, 2013; Stehle, 2019), zato je pomembno, da jo učitelji dobro razumejo in znajo razvijati pri učečih. Kar zadeva poučevanje, Peters (2010) opredeljuje štiri faze, skozi katere se spodbujajo te veščine: modeliranje s strani učitelja, posnemanje učenca kot odziv na učiteljeve povratne informacije, spodbujanje učenca k neodvisnosti pri izvajanju s strani učitelja in povratne informacije od učitelja študentu o predpisani uporabi; ko študent začne samostojno uporabljati določeno strategijo, je ta samoregulirana. Za zdrav osebnostni in poklicni razvoj ter v smislu trajnostnega razvoja je pomembno razmisliti o samoregulaciji na kognitivnem, metakognitivnem, motivacijskem in čustvenem področju (Pintrich, 2000).

Dejavniki pedagoške spremembe prihodnjih učiteljev

Z delfsko metodo smo dosegli konsenz in pridobili končni zbir ključnih dejavnikov pedagoške spremembe, organiziranih hierarhično na dveh ravneh. Končni usklajeni nabor zajema naslednja tematska področja (1–5, prva raven) s pripadajočimi specifičnimi dejavniki (a–l, druga raven):

1. Didaktični vidiki:
 - a) Cilji in vsebine
 - b) Pristopi, metode in strategije dela (projektno delo, izkustveno učenje, oblikovanje [design], praktično delo ipd.)
 - c) Oblike dela
 - d) Individualizacija in diferenciacija pouka
 - e) Povratna informacija
 - f) Metode ocenjevanja in vrednotenja
 - g) Didaktična komunikacija in interakcija
 - h) Interdisciplinarnost
 - i) Povezovanje teorije in prakse
 - j) Inkluzija pri pouku (upoštevanje kognitivnih, socialnih, čustvenih, vedenjskih ipd. razlik med učenci)
 - k) Etični vidiki poučevanja
2. Zunanje okolje (zunanji dejavniki izobraževanja za trajnostni razvoj):
 - a) Naravno okolje in trajnostni viri
 - b) Sociokulturno okolje (kulturna in družbena občutljivost)

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- c) Ekonomsko okolje in blaginja
 - d) Okoljska zakonodaja in politike
 - e) Tehnološki napredek
 - f) Mednarodno okolje
3. Notranje okolje (notranji sistemski dejavniki, npr. institucije in politike):
- a) Učni načrti in standardi
 - b) Skrb za osebni razvoj učiteljev
 - c) Kvalifikacije pedagoškega kadra (kompetence, izobrazba ipd.)
 - d) Institucionalno vodenje in upravljanje (strategije, podpora študentom itd.)
 - e) Finančni viri in infrastruktura (npr. oprema učilnic in laboratorijev/delavnic)
 - f) Nadzor kakovosti izobraževanja (študentske ankete, urniki, izvedba programa itd.)
 - g) Sodelovanje z drugimi študenti in institucijami (drugimi programi, fakultetami, mednarodno)
4. Tehnološko okolje (izobraževalna tehnologija, digitalna orodja, UI):
- a) Ustvarjanje digitalnih vsebin (digitalna produkcija, simulacije, modeliranje, skeniranje, animacije itd.)
 - b) Način vključevanja tehnologije v pouk (različni modeli, npr. SAMR, TPACK, pedagoško kolo itd.)
 - c) Obseg uporabe tehnologije pri pouku (kako pogosto in koliko časa med poukom)
 - d) Dostop do učnih virov (lažji dostop do večjega števila raznolikih virov)
 - e) Uporaba UI in rešitev na osnovi UI
 - f) Personalizacija učenja
 - g) Povratna informacija
 - h) Analiza in refleksija (s pomočjo IKT orodij in UI)
 - i) Sodelovanje, komunikacija in interakcija
 - j) Omogočanje različnih modalitet poučevanja (v živo, na daljavo, VR, AR, XR itd.)
 - k) Uporabniku prijazna tehnologija
 - l) Varna in etična uporaba tehnologije
5. Psihološke spretnosti:
- a) Motivacija
 - b) Samoučinkovitost
 - c) Samoregulacija
 - d) Kreativnost
 - e) Kritično mišljenje
 - f) Medosebne veščine (komunikacija, aktivno poslušanje, empatija, reševanje konfliktov, pogajalske veščine, asertivnost, prilagodljivost, čustvena inteligenca itd.)
 - g) Sodelovanje in timsko delo
 - h) Vodstvene veščine (vodenje skupin otrok, projektov, organizacija delavnic itd.)

Stopnja soglasja in robustnost nabora dejavnikov

V tretjem (končnem) krogu je 12-članski ekspertni panel dosegel visoko stopnjo soglasja: mediana interkvartilnega razpona (IQR) za ocene pomembnosti vseh dejavnikov je bila $\leq 1,0$, Kendallov koeficient $W = 0,78$ pa kaže na trdno usklajenost mnenj. Noben dejavnik ni bil izločen zaradi prenizke ocene ali prevelikega razpršenja, kar potrjuje robustnost končnega seznama.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Relativna pomembnost petih tematskih sklopov

Povprečne ocene rangov (1 = največja pomembnost, 5 = najmanjša) razkrivajo jasno hierarhijo (preglednica 1).

Preglednica 1: Dejavniki pedagoške spremembe s kratko interpretacijo

Sklop dejavnikov	Povp. rang ($\pm SD$)	Kratka interpretacija
Didaktični vidiki	1,67 $\pm$ 0,65	Eksperti postavljajo didaktične odločitve (cilji, metode, diferenciacija) v središče kakovostnih pedagoških sprememb.
Tehnološko okolje	2,08 $\pm$ 0,79	Raba IKT in UI je prepoznana kot ključni spodbujevalec inovacij, vendar pod pogojem pedagoško smiselne integracije.
Psihološke spretnosti	2,75 $\pm$ 0,81	Razvoj motivacije, samoregulacije in kritičnega mišljenja študentov-učiteljev je viden kot pogoj za trajnostno učenje.
Notranje okolje	3,58 $\pm$ 0,88	Sistemska podpora (kurikulum, vodenje, infrastruktura) je pomembna, a manj neposredno vpliva na učni proces.
Zunanje okolje	3,92 $\pm$ 0,97	Makro-kontekst (npr. zakonodaja, globalni trendi) deluje predvsem kot okvir, znotraj katerega se druge spremembe odvijajo.

Ključni poudarki znotraj posameznih sklopov in povezanost dejavnikov

Za vsako izmed petih področji smo izpostavili ključne poudarke, in sicer:

1. Didaktični vidiki – Najvišje so bili ocenjeni integracija teorije in prakse ($M = 4,8/5$) ter pristopi, ki spodbujajo aktivno učenje (projektno delo, izkustveno učenje). Strokovnjaki poudarjajo, da brez avtentičnih učnih situacij ne moremo razvijati kompetenc 21. stoletja.
2. Tehnološko okolje – Pričakovano izstopata varna in etična uporaba UI ter personalizacija učenja; eksperti opozarjajo na potrebo po didaktičnih modelih (npr. TPACK, SAMR) kot »prevodniku« med tehnologijo in pedagogiko.
3. Psihološke spretnosti – Samoregulacija in kreativnost sta prejeli višje ocene kot klasična »vodstvena« komponenta, kar kaže na premik od hierarhičnih k vodilno-partnerskim kompetencam.
4. Notranje okolje – Najvišje ocenjeni faktor je kakovostna podpora profesionalnemu razvoju učiteljev, medtem ko so finančni viri dobili nižjo, a še vedno pomembno oceno; panel meni, da »mehki« podporni mehanizmi pogosteje postanejo ozko grlo kot infrastruktura sama.
5. Zunanje okolje – Tehnološki napredek in okoljska zakonodaja sta bila ocenjena kot najrelevantnejša podfaktorja, saj neposredno narekujeta posodobitve kurikula in kompetenčnih profilov bodočih učiteljev.

Korelacijska matrika ocen nakazuje dve izraziti zvezi: (i) didaktični vidiki $\leftrightarrow$ psihološke spretnosti ($r = 0,71$), kar potrjuje, da aktivni pedagoški pristop zahteva razvoj metakognitivnih in socialno-čustvenih veščin; (ii) tehnološko okolje $\leftrightarrow$ didaktični vidiki ($r = 0,68$), kar odraža potrebo po integrirani obravnavi orodij in metod.

Kljub visoki prioritizaciji so eksperti izpostavili pomanjkanje empiričnih študij, ki bi kvantificirale učinke personalizirane uporabe UI na socialni in afektivni razvoj prihodnjih učiteljev. Prav tako opozarjajo na geografsko neenakomernost pri inkluzivni uporabi digitalnih orodij (npr. VR/AR v praktičnih pedagoških kontekstih).

Lahko zaključimo, da rezultati Delfi študije potrjujejo, da je za kakovostno pripravo bodočih učiteljev za trajnostni razvoj odločilna sinergija pedagoško premišljenih metod in smiselno

integrirane tehnologije, podprta s psihološkimi veščinami študentov ter sistemskimi in okoljskimi pogoji, ki omogočajo trajnostno inovacijo.

Bibliometrični pregled in analiza dejavnikov pedagoške spremembe in razvojne dinamike veščin 21. stoletja

Z namenom kvantitativne podpore dognanjem Delfi študije smo izvedli bibliometrično analizo publikacij, ki tematizirajo pet identificiranih sklopov dejavnikov pedagoške spremembe (didaktični, zunanji, notranji, tehnološki, psihološki). Analiza je temeljila izključno na podatkovni zbirki Web of Science Core Collection (WoS CC), ker zagotavlja visoko stopnjo bibliografske standardizacije, pregledno klasifikacijo kategorij in zanesljive citatne povezave, kar je ključnega pomena pri izračunu metrik vpliva (Donthu idr., 2021).

Iskalna in analitična strategija

Iskalni niz je bil konstruiran na podlagi končnega seznama dejavnikov in petih področji veščin 21. stoletja, pri čemer smo sintaktično upoštevali pravila baze Web of Science (WoS) (operaterji TS=, AND/OR, omejitve z zvezdicami in narekovaji). Iskalni niz za dejavnike pedagoške spremembe (v angleškem jeziku) se je glasil:

"(TS=(environment OR sustainable OR resources OR Socio-cultural OR soci OR cultural OR economic OR well-being OR legislation OR polic* OR Technological progress OR International) AND TS=(Curricula OR standards OR teachers OR staff OR personal development OR Qualifications OR Competency OR teaching staff OR leadership OR management OR Financial resources OR finance OR infrastructure OR Quality control OR quality OR Control OR Cooperation OR mobilitie) AND TS=(("primary education" OR "secondary education" OR "higher education" OR universit* OR college*)) AND TS=("learning objective*" OR "teaching goal*" OR "curriculum content" OR "learning content" OR "teaching method*" OR "method" OR "instructional strateg*" OR "pedagogical approach*" OR "project-based learning" OR "problem-based learning" OR "inquiry-based learning" OR "experiential learning" OR "design thinking" OR "systems thinking" OR "systems-thinking" OR "hands-on learning" OR "active learning" OR "group work" OR "peer learning" OR "cooperative learning" OR "personalized learning" OR "differentiated instruction" OR "adaptive teaching" OR "formative assessment" OR "summative assessment" OR "performance assessment" OR assessment OR rubric* OR feedback OR "teacher-student interaction" OR "didactic communication" OR "interdisciplinary teaching" OR "cross-curricular" OR "work-based learning" OR practicum OR "theory practice integration" OR "inclusive teaching" OR "inclusive education" OR "universal design for learning" OR flow OR "ethics in teaching" OR "educational ethics") AND TS=(("digital content creation" OR simulation* OR "digital production" OR "modeling" OR "3D model*" OR animation* OR "SAMR model" OR track OR "Pedagogical Wheel" OR "technology integration" OR "blended learning" OR "technology-mediated instruction" OR "online teaching" OR "open educational resource*" OR OER OR "artificial intelligence" OR "AI in education" OR "AI-driven solution*" OR "learning analytics" OR "personalized learning" OR "adaptive learning system*" OR "digital feedback" OR "data-driven feedback" OR "education analytics" OR "learning analytics dashboard*" OR "online collaboration" OR "virtual classroom" OR "distance learning" OR GPT OR LLM OR generative AI OR VR OR "virtual reality" OR AR OR "augmented reality" OR XR OR "extended reality" OR "user-friendly technology" OR "technology acceptance" OR "safe technology use" OR "digital ethics" OR cybersafe OR blended learning OR transactional distance OR interaction**

OR communication OR collaborat* OR Safety OR Ethic* OR "digicomp*" OR "digcomp") AND TS=((motivation OR "academic motivation" OR "student engagement" OR "self-efficacy" OR "academic self-efficacy" OR "self-regulation" OR metacognit* OR agency OR learning theory OR student agency OR creativity OR "creative thinking" OR ideation OR "critical thinking" OR reason* OR "interpersonal skill*" OR "communication skill*" OR "active listening" OR empathy OR "conflict resolution" OR "negotiation skill*" OR assertiveness OR adaptability OR "emotional intelligence" OR teamwork OR collaboration OR "cooperative skill*" OR leadership OR "leadership skill*" OR "project leadership" OR Teamwork OR "21st century skill*" OR "productivity" OR "accountability" OR "responsibility" OR "innovati" OR "digital literacy" OR "AI literacy" OR "problem solving")) AND TS=((preservice teacher* OR teacher education OR "pre-service teacher*" OR "STEM education" OR "science education" OR "mathematics education" OR technology education)))."*

Časovno okno za iskalni niz je bilo nastavljen od leta 2005 do 2024. S tem zajamemo zadnjih dvajset let, ki zaznamujejo najintenzivnejše tehnološke in družbene preobrate. Vrste dokumentov, ki smo jih vključili v analizo, so bile: »Article«, »Early Access« in »Review«; konferenčni prispevki so bili izključeni, ker pogosto nimajo stabilne citatne dinamike. Jezik virov je bila angleščina; drugi jeziki (vključno s slovenščino) so bili vključeni zgolj, kadar WoS nudi angleški povzetek in ključne besede. Po odstranitvi podvojenih zapisov in ročnem čiščenju podatkov (npr. konsolidacija različnih zapisov iste revije) smo pridobili $N = 4097$ relevantnih zapisov, ki tvorijo analizni korpus.

Analizo smo razdelili na dve komplementarni ravni (Aristovnik idr., 2023): (1) Analiza raziskovalne produktivnosti in vpliva (trend števila publikacij na leto, najbolj citirani avtorji, revije in institucije, (2) Zemljevid znanstvene strukture (*science mapping*) (so-pojav ključnih besed (*co-word analysis*) za detekcijo tematskih grozdov znotraj vsakega sklopa dejavnikov, Analiza citatnih omrežij avtorjev (*co-citation*) za prepoznavo vodilnih teoretskih tokov.

Vizualizacijo omrežij smo izvedli s pomočjo programskega orodja Biblioshiny 5.0 (Aria in Cuccurullo, 2017), pri čemer smo uporabili minimalni prag petih pojavitev, da izločimo šum.

Bibliometrična analiza se neposredno veže na raziskovalna vprašanja, in sicer:

- RV1 in RV2: Deskriptivni trendi in grozdi so-pojavitev nam bodo pokazali, kateri sklopi dejavnikov in katere kompetence 21. stoletja trenutno prevladujejo v znanstvenem diskurzu ter kako se je njihova frekvenca spreminjala skozi čas.
- RV3 in RV4: Citatna omrežja in analize ključnih besed omogočajo identifikacijo okvirjev (TPACK, SAMR idr.) in IKT-orodij (npr. UI), ki se najpogosteje povezujejo s trajnostno usmerjenim pedagoškim razvojem.

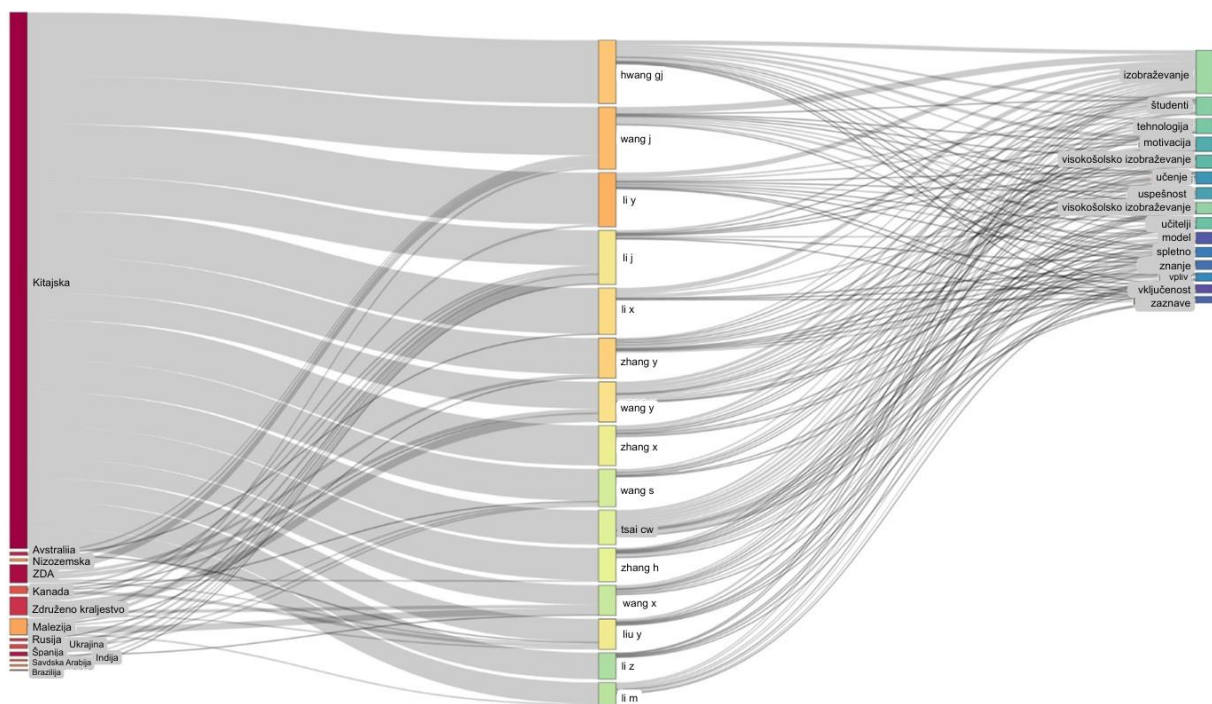
Čeprav WoS CC ponuja visoko kakovost metapodatkov, se zavedamo, da izključitev drugih baz (Scopus, ERIC) lahko privede do delne pod- oziroma nad-reprezentacije določenih geografskih regij in revij z nižjim faktorjem vpliva. Kljub temu nam enotna metodologija WoS omogoča zanesljivo primerljivost citatnih metrik, ki so ključne za našo primerjalno analizo (Zupic in Čater, 2015).

Pedagoška sprememba v izobraževanju prihodnjih učiteljev

Pregledna statistika zbranih podatkov nam razkrije, da je bilo v letih 2005–2025 na področju dejavnikov pedagoške sprememb najdenih 3567 dokumentov v 1208 virih. Letna rast objav je znašala 20,34 %. Najdemo tudi 11712 avtorjev, ki so večinsko pisali članke v povezavi s soavtorji (3,66), medtem ko je bilo samostojnih avtorjev le 521. Mednarodno avtorstvo predstavlja 20,86 % vseh možnih zadetkov. Vsak dokument je v povprečju zbral 11,66 citata, kar je dostojen podatek z ozirom na povprečno starost objave članka (3,92 leta).

Tematski razvoj dejavnikov pedagoške spremembe, naveden v znanstvenih delih, prikazuje Sankeyev diagram (slika 1). Diagram prikazuje tematski potek za vizualizacijo tokov in porazdelitve v znanstvenem raziskovanju (Lupton in Allwood, 2017). V tem primeru so dodani država, avtor in ključne besede, ki delujejo kot kazalniki za poudarjanje najvplivnejših avtorjev na področju. Te ključne besede označujejo pomembne koncepte in teme, ki izstopajo v akademskih razpravah o konceptualnih spremembah. Ključne besede v diagramu izhajajo iz prej objavljenih študij in so bile nato tematsko organizirane s strani posebnega raziskovalca. Ta prikaz razkriva obseg kvantitativnih tokov podatkov, povezanih z glavnimi temami.

Vizualizacija omrežja na sliki prikazuje povezave med različnimi državami in izobraževalnimi koncepti. Vplivne države, kot so Kitajska, ZDA, Združeno kraljestvo in Malezija, so navedene na levi strani, na desni strani pa so izobraževalni dejavniki, kot so tehnologija, motivacija, izvedba, zavzetost, študenti, učitelji in model. Prekrivajoče se črte med stolpci označujejo odnose in interakcije med državami in temi izobraževalnimi tematskimi področji. Ta vizualizacija pomaga identificirati vzorce in skupine ter razkriva, kako so različne države povezane s posebnimi izobraževalnimi koncepti, kar lahko pomaga razumeti globalne trende v izobraževanju. Ta vizualizacija je še posebej dragocena za raziskovalce in oblikovalce politik, saj poudarja področja, na katera različne države usmerjajo svoja izobraževalna prizadevanja (slika 1).



Slika 1: Tematski razvoj dejavnikov pedagoške spremembe z uporabo Sankeyjevega diagrama

Najbolj izrazita značilnost grafa je prevladujoča vloga Kitajske. Stolpec za »Kitajsko« je znatno večji od vseh drugih držav skupaj. To kaže, da je velika večina avtorjev, ki so prispevali k tej raziskovalni zbirki, povezana z institucijami na Kitajskem. Druge države, kot so Avstralija, Nizozemska, ZDA, Kanada, Združeno kraljestvo, Rusija, Malezija, Ukrajina, Indija, Savdska Arabija in Brazilija, so sicer prisotne, vendar je njihov prispevek sorazmerno majhen.

V osrednjem polju »avtorji« so navedeni številni avtorji, od katerih imajo mnogi skupne kitajske priimke (npr. Hwang, Wang, Li, Zhang, Tsai, Liu). To je v tesni povezavi s prevlado Kitajske v polju »AU_CO«. Med najbolj vidnimi avtorji so: »hwang gj«, »wang j«, »li y«, »li j«, »li x«, »zhang x«, »zhang y«, »wang y«, »wang s«, »tsai cw«, »zhang h«, »wang x«, »liu y«, »li z« in »li m«. To so verjetno najbolj plodni ali vplivni avtorji v tem specifičnem nizu podatkov.

Polje »ključne besede« izpostavlja glavna raziskovalna področja. Najpomembnejše ključne besede so: »izobraževanje«, »študenti«, »tehnologija«, »motivacija«, »visokošolsko izobraževanje«, »učenje«, »visokošolsko izobraževanje« (opazite skoraj popolno podvajanje, kar kaže na potrebo po standardizaciji ključnih besed), »učitelji«, »model«, »uspešnost«, »spletno«, »znanje«, »vključenost«, »vpliv« in »zaznave«. Ta tematski sklop močno nakazuje, da se podatkovna zbirka osredotoča na raziskave na področju izobraževalne tehnologije, pedagogike in učenja, usmerjenega v študente.

Odebeljene povezave, ki potekajo od »Kitajske« do skoraj vseh pomembnih avtorjev v polju »AU«, jasno potrjujejo, da ti najboljši avtorji prihajajo pretežno s Kitajske. Povezave iz drugih držav do avtorjev so minimalne, kar še dodatno poudarja geografsko osredotočenost.

Avtor »hwang gj« kaže močne povezave z vrsto ključnih besed, kot so »izobraževanje«, »študenti«, »tehnologija«, »motivacija«, »visokošolsko izobraževanje« in »učenje«. To kaže, da je Hwang GJ osrednja oseba na področju izobraževalne tehnologije in njenega vpliva na študente. Podobno so »wang j«, »li y« in drugi avtorji z visokim rangom v stolpcu »avtorji« močno povezani s temi ključnimi izobraževalnimi ključnimi besedami.

Trakovi teh avtorjev se pogosto razširijo na več povezanih ključnih besed, kar kaže, da posamezni raziskovalci prispevajo k širokemu spektru tem znotraj splošne teme izobraževanja in tehnologije, namesto da bi bili ozko specializirani. Skupna prizadevanja teh uglednih avtorjev iz Kitajske se zdijo združena okoli tem tehnološko podprtega izobraževanja, učenja študentov, motivacije in uspešnosti v visokošolskem izobraževanju.

Interpretacija na podlagi podatkov in kritična razprava

Geografska koncentracija in specializacija. Najbolj presenetljiva ugotovitev je prevladujoča vloga kitajskih avtorjev. To kaže, da analizirana zbirka predstavlja bodisi visoko specializirano nišo raziskav, v kateri je Kitajska svetovna vodilna sila, bodisi da je bilo iskanje v WOS posebej učinkovito pri zajemanju kitajskih prispevkov. Če je bil cilj razumeti globalno raziskovalno okolje, bi ta koncentracija lahko nakazovala potrebo po razširitvi strategije iskanja ali vključitvi drugih zbirk podatkov.

Osrednja raziskovalna skupnost. Grafikon jasno kaže na močno raziskovalno skupnost, ki ima sedež predvsem na Kitajskem in se osredotoča na presečišče izobraževanja in tehnologije. To kaže na pomemben nacionalni raziskovalni program ali močno institucionalno podporo za ta posebna področja na Kitajskem.

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

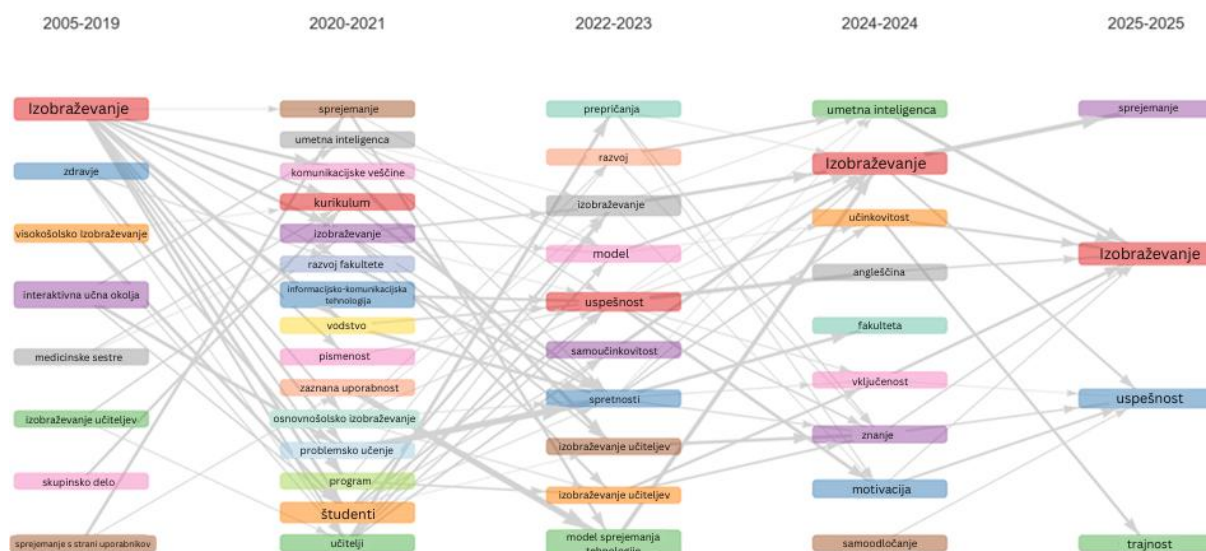
Ključni vplivni akterji. Avtorji, kot so Hwang GJ, Wang J in Li Y, se zdijo zelo produktivni in osrednji v razpravah na tem raziskovalnem področju. Nadaljnja analiza bi lahko proučila vpliv njihovih citatov, mreže soavtorstva in institucionalne povezave, da bi razumeli njihov specifičen vpliv.

Tematski poudarek. Ponavljajoče se ključne besede, kot so »izobraževanje«, »visokošolsko izobraževanje«, »tehnologija«, »učenje«, »študenti« in »motivacija«, jasno kažejo poudarek raziskav. Ta skupnost aktivno raziskuje, kako lahko tehnologija izboljša učne rezultate, zlasti v visokošolskem izobraževanju, ter psihološke dejavnike (kot je motivacija), ki vplivajo na vključenost in uspešnost študentov.

Navzočnost ključnih besed »higher-education« in »higher education« kot ločenih ključnih besed v polju »ključne besede« kaže na možnost nadaljnega čiščenja ali standardizacije podatkov. Združitev takšnih različic lahko zagotovi natančnejšo predstavitev tematskega osrednjega pomena.

Sklepno lahko rečemo, da ta tridimenzionalni diagram kaže na zelo koncentrirano, a aktivno raziskovalno okolje. Močno kaže na Kitajsko kot prevladujoče geografsko središče raziskav na področju tehnološko podprtega izobraževanja, kjer skupina uglednih avtorjev spodbuja raziskovanje ključnih tem, povezanih s študenti, učenjem in motivacijo na tem področju. Ta vizualizacija je odlično izhodišče za poglobljeno raziskovanje vpliva avtorjev, vzorcev sodelovanja in razvoja teh raziskovalnih tem.

Grafikon razvoja tem (slika 2) prikazuje tok in medsebojno povezanost tematskih področij v različnih časovnih obdobjih (2005–2019, 2020–2021, 2022–2023, 2024–2024, 2025–2025). Širina puščic označuje moč povezave ali kontinuiteto teme.



Slika 2: Razvoj tematike dejavnikov pedagoške spremembe

S slike 2 je razvidno splošno jedro in stabilnost tematik »izobraževanje«, »študenti« in »visokošolsko izobraževanje«. Ti pojavi se dosledno pojavljajo kot osnovne teme na vseh strateških zemljevidih (čeprav se »visokošolsko izobraževanje« v diagramu toka za kratek čas premakne, se ponovno vrne v ospredje). To kaže, da so absolutno jedro, temeljni koncepti in stalno središče raziskav na tem področju. So zelo osrednji, vendar njihova »nizka gostota«

kaže, da so široke kategorije, ki združujejo različne podteme, namesto da bi bile same po sebi zelo specializirane.

Pregled razvoja ključnih gonilnih sil (tematske usmeritve) nam razkrije:

- Zgodnje usmeritve (2005–2019): Tematske usmeritve: »izobraževanje učiteljev«, »strokovni razvoj«, »informacijska tehnologija«, »sprejemanje s strani uporabnikov«, »interaktivna učna okolja« in »problemsko učenje«. V tem obdobju je poudarjena zgodnja integracija tehnologije v učenje in pomen strokovnega razvoja za izobraževalce.
- Vpliv pandemije in sprejemanje tehnologije (2020–2021): Glavne teme: »zaznana uporabnost«, »modeliranje«, »vedenjska namera«. To so močni kazalniki raziskav, ki so močno osredotočene na modele sprejemanja tehnologije (kot je TAM) in so verjetno pospešene zaradi potrebe po učenju na daljavo med pandemijo COVID-19. Pojavi se osnovna tema »pandemija COVID-19«, kar kaže njen neposreden in pomemben vpliv na to področje.
- Rezultati in integracija tehnologije (2022–2023): Glavne teme: »uspešnost«, »učenje«, »spretnosti«, »motivacija«, »sodelovanje«, »pedagogika« ter »model sprejemanja tehnologije«, »sprejemanje s strani uporabnikov« in »uvajanje«. V tem obdobju se kaže premik k raziskovanju *rezultatov* učenja (uspešnost, spretnosti) in načinov *uvajanja* in *integracije* tehnologije za doseganje teh rezultatov. *Proces* sprejemanja tehnologije ostaja močan motor.
- Revolucija UI (2024–2024): Glavne teme: Dramatičen prehod na »umetno inteligenco« in »chatgpt«. To kaže na hiter pojav in eksplozijo zanimanja za uporabo UI v izobraževanju, ki postane takojšnja gonilna sila na tem področju. »Medicinsko izobraževanje« se tu pojavi tudi kot specializirana glavna tema.
- Osredotočenost v prihodnosti: Nazaj k osnovam (2025–2025): Glavne teme: »uspešnost«, »vključenost«, »učitelji«. Raziskave se zdi, da se vračajo k temeljnim izobraževalnim rezultatom in vlogi učiteljev, morda zato, ker se UI integrira in postaja manj novost in bolj orodje.

S slike 2 lahko razberemo tudi naslednje nastajajoče in upadajoče teme:

- UI/ChatGPT: Jasen nastajajoči trend, ki se je začel kot nišna tema v letih 2020–2021 (»umetna inteligenca«), nato pa je postal prevladujoča gonilna tema v letih 2024–2024 (»umetna inteligenca«, »chatgpt«). To pomeni hiter in pomemben premik v raziskovalnem fokusu.
- Trajnost/trajnostni razvoj: pojavi se kot nišna tema v letih 2025–2025, kar kaže, da je to rastoče področje specializacije in poglobljenega raziskovanja, čeprav še ni široko osrednje. To nakazuje prihodnjo smer izobraževalnih raziskav.
- Vključevanje/inkluzivno oz. vključujoče izobraževanje: V obdobju 2024–2024 se premakne v kvadrant osnovnih tem, kar kaže na njegovo vse večjo osrednjo vlogo in temeljni pomen v izobraževalnem diskurzu.
- Sposobnosti in uspešnost: Kot gonilne teme dosegajo vse večjo pomembnost, kar odraža vse večji poudarek na merljivih izobraževalnih rezultatih.
- Teme, povezane z zdravjem (»zdravje«, »medicinske sestre«, »izobraževanje medicinskih sester«): V obdobju 2005–2019 so bile pomembne kot nišne ali nastajajoče/upadajoče, vendar so se v glavnih zemljevidih v veliki meri umaknile, kar kaže na specializirano usmeritev, ki postaja manj osrednja v širšem izobraževalnem raziskovanju.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Pandemija COVID-19: V letih 2020–2021 se pojavi kot osnovna tema, v letih 2022–2023 pa se premakne v nastajajočo/upadajočo temo. To kaže na njeno prehodno, a vplivno naravo – bila je ključna med pandemijo, vendar je s prilagajanjem področja postala manj *aktualna* gonilna sila raziskav.
- Specifični modeli sprejemanja tehnologije (»sprejemanje s strani uporabnikov«, »model sprejemanja tehnologije«, »sprejemanje«): Čeprav so bile »sprejemanje«, »sprejemanje s strani uporabnikov« in »informacijska tehnologija« v prejšnjih obdobjih močne gonilne teme, se v obdobju 2025–2025 premaknejo v nastajajočo/upadajočo temo. To kaže, da *mehanizmi sprejemanja* morda postajajo manj pomembno jedro raziskav, morda zato, ker je tehnologija sama po sebi zdaj v veliki meri sprejeta in integrirana (»tehnologija« postane osnovna tema v obdobju 2025–2025). Poudarek se premakne s »kako ljudi spodbuditi k sprejemanju tehnologije?« na »kako tehnologijo učinkovito uporabljati?«.
- Izobraževanje učiteljev: prehod iz gonilne teme v obdobju 2005–2019 v nastajajočo/upadajočo temo v obdobju 2022–2023. Čeprav je še vedno prisotna v toku, se zdi, da se je njena strateška pomembnost v primerjavi z drugimi temami spremenila, morda se je bolj integrirala v širše teme »izobraževanje« ali »pedagogika«.

Strateški pomen in prihodnje obete lahko ocenimo večplastno:

- Trajno jedro: »Izobraževanje«, »študenti« in »visokošolsko izobraževanje« bodo ostali trdni stebri tega raziskovalnega področja.
- Tehnološka integracija: Pot od »informacijske tehnologije« do »umetne inteligence« in »chatgpt« kot glavnih gonilnih sil, ki bo dosegla vrhunec v »tehnologiji« kot osnovni temi do leta 2025–2025, poudarja globoko in vseprisotno integracijo tehnologije v izobraževanje. Raziskovalci se ne ukvarjajo več z vprašanjem, *ali* bo tehnologija sprejeta, ampak *kako* bo temeljito preoblikovala učno okolje in kakšna nova orodja bo omogočila UI.
- Poudarek na rezultatih: Dosledna prisotnost »uspešnosti«, »spretnosti«, »motivacije« in »vključenosti« kot gonilnih tem poudarja neprekinjen poudarek tega področja na učinkovitih učnih rezultatih in pristopih, usmerjenih v učenca.
- Nastajajoča niša za prihodnjo rast: »Trajnostnost« in »trajnostni razvoj« v zadnjem obdobju kažeta na nastajajočo, a potencialno pomembno področje za prihodnje raziskave, ki odraža širše družbene skrbi.
- Prilagodljivost: Hitro pojavljanje in nato premik »pandemije COVID-19« kažejo odzivnost področja na zunanje globalne dogodke.

Lahko povzamemo, da je področje izobraževalnih raziskav (kot ga zajemajo te ključne besede) pokazalo dosledno temeljitev v osnovnih izobraževalnih konceptih, prešlo pomembno tehnološko preobrazbo, zlasti z hitrim vzponom UI, in ohranilo močan poudarek na učnih rezultatih. Prihodnje raziskave se zdijo pripravljene na vključitev trajnosti in poglobitev razumevanja vpliva tehnologije, zlasti UI, na poučevanje, učenje in ocenjevanje. Raziskovalci bi morali kot dovolj zrele za nadaljnje raziskovanje obravnavati področja, kot so etične posledice UI, najboljše pedagoške prakse za vključevanje UI in vloga izobraževanja pri spodbujanju trajnostnega razvoja.

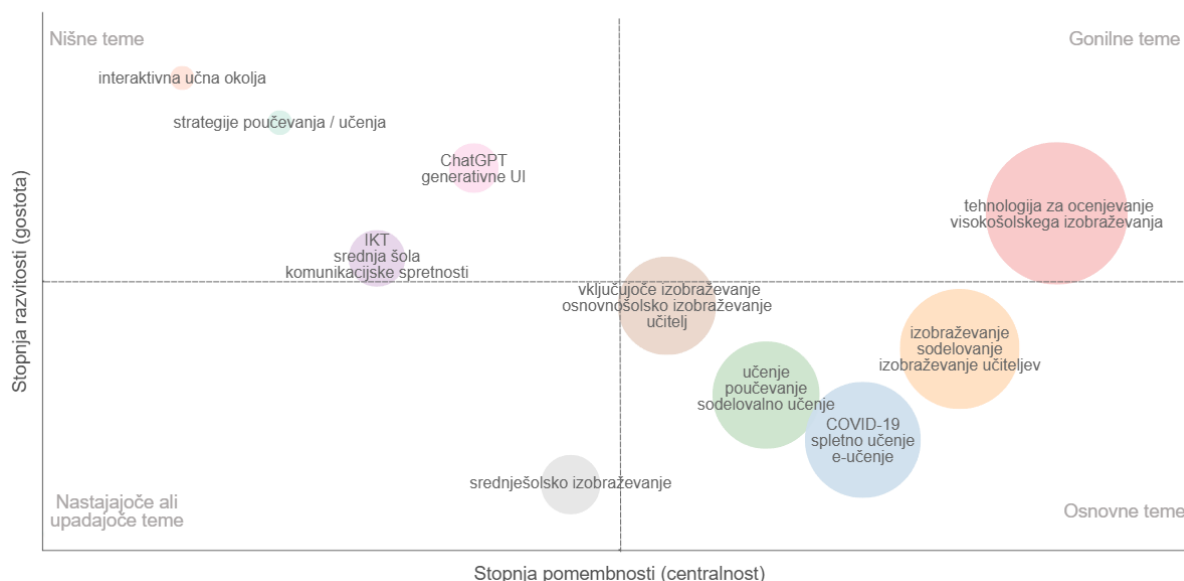
V nadaljevanju prikazujemo tudi tematski strateški zemljevid, ki ponuja celovit pregled intelektualnega prostora znotraj podatkovnega niza, ki je verjetno osredotočen na raziskave na področju izobraževanja (slika 3). Slika 3 je bila ustvarjena s pomočjo programske opreme Canva (Canva Pty Ltd, 2025).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Tematski zemljevid razkrije naslednja dejstva:

1. Prevladovanje izobraževanja in učenja: Ni presenetljivo, da so temeljni pojmi, kot so »izobraževanje«, »učenje« in »poučevanje«, temeljni in osrednji stebri raziskav.
2. Tehnologija kot ključni gonilni dejavnik: »Tehnologija za ocenjevanje visokošolskega izobraževanja« izstopa kot pomembna »gonilna tema«, kar kaže, da je tehnološka integracija v visokošolskem izobraževanju pomembno, dobro razvito in osrednje področje inovacij in raziskav.
3. Vzpon UI: Skupina »ChatGPT generative UI« je še posebej zanimiva. Kljub temu, da je trenutno »nišna tema« (zaradi svoje novosti in morda *še* manj razširjene integracije v vseh izobraževalnih področjih), jo zaradi izredno svežih člankov in visoke gostote označujemo kot zelo dinamično in hitro razvijajoče se raziskovalno področje. Raziskovalci morajo to področje pozorno spremljati, saj bo v bližnji prihodnosti pomembno vplivalo na »gonilne teme« in »osnovne teme«.
4. Trajni temeljni koncepti: Teme, kot so vključujoče izobraževanje, osnovnošolsko izobraževanje, učitelji, ostajajo stabilne in pomembne ter zagotavljajo dosledno osnovno strukturo na tem področju. Izraz »inkluzivno izobraževanje« v bližini središča grafa kaže na uravnoteženo pomembnost in razvoj, kar poudarja njegovo vse večjo pomembnost v izobraževanju.
5. Različne stopnje razvoja: Zemljevid učinkovito prikazuje različne stopnje razvoja in vpliva različnih raziskovalnih tem, od zrelih motornih tem do hitro nastajajočih niš in uveljavljenih osnovnih konceptov.

Ta vizualna kategorizacija ponuja dragocene informacije za izobraževalce, razvijalce učnih načrtov in raziskovalce, saj jim pomaga razumeti, katera področja pridobivajo na pomenu in katera bi morda potrebovala več pozornosti ali inovacij. Analiza zagotavlja trdno podlago za opredelitev ključnih raziskovalnih področij, nastajajočih trendov in področij, na katerih bi nadaljnje raziskave lahko imele največji vpliv na raziskavo pedagoške spremembe v času hitrih tehnoloških, družbenih in ekonomskih sprememb.

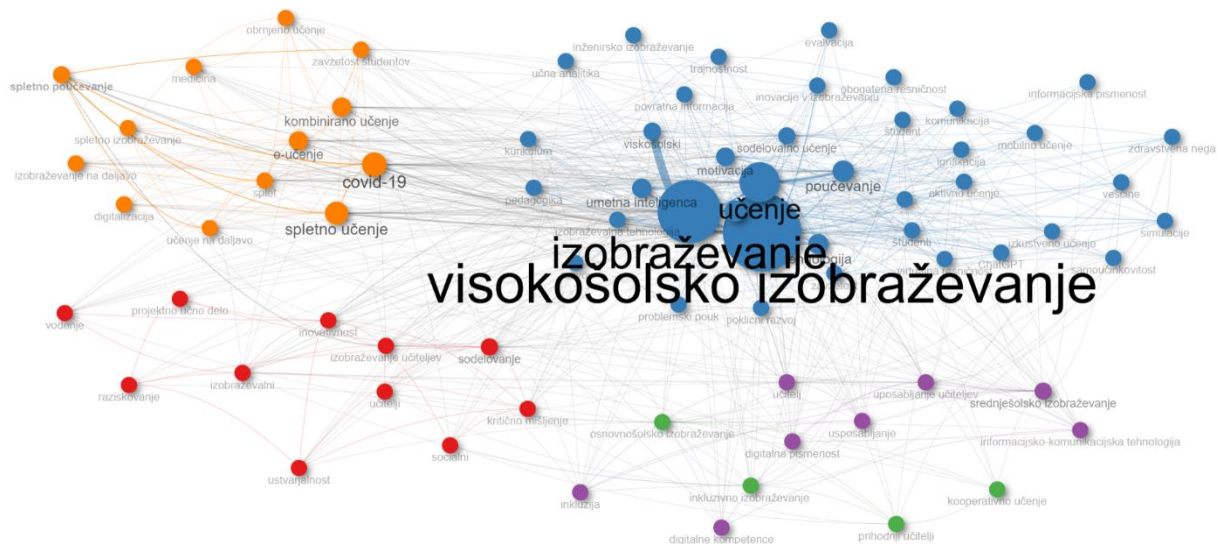


Slika 3: Tematski zemljevid nastopajočih dejavnikov pedagoške spremembe

Za boljše razumevanje je na sliki 4 prikazana mreža besed, ki temelji na sočasnem pojavljanju ključnih besed, da bi odkrili razumljive povezave in raziskovalne teme. Na tej sliki je vozlišče

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

označeno s ključno besedo, rob med dvema vozliščema pa predstavlja sočasno pojavljanje ključnih besed. Velikost vozlišča in oznaka označujeta pogostost ključne besede v podatkovnem nizu, debelina povezave pa pogostost sočasnega pojavljanja ključnih besed. Večja debelina povezave pomeni, da so ključne besede med seboj tesno povezane. Barva vozlišča označuje skupino, s katero je ključna beseda povezana. Vsaka skupina pripada raziskovalni temi, ki jo predstavljajo ključne besede in njihove povezave.



Slika 4: Mreže sočasne pojavnosti ključnih besed dejavnikov pedagoške spremembe

Omrežje je precej gosto in dobro povezano, kar kaže na kohezivno, a večplastno raziskovalno okolje. Velikost vozlišč je neposredno povezana s pogostostjo in centralnostjo ključnih besed. Ključni besedi »izobraževanje« in »visokošolsko izobraževanje« sta nedvomno največji in najbolj osrednji vozlišči. To je pričakovano, saj opredeljujeta splošno področje podatkovnega niza. Njihova ogromna velikost pomeni, da se pogosto pojavljata v številnih dokumentih in da imata vlogo osrednjih konceptualnih sidrišč, ki povezujejo različna podpodročja. Sekundarna vozlišča: »poučevanje« se prav tako pojavlja kot zelo pomembno vozlišče, tesno povezano z »izobraževanjem« in »visokim izobraževanjem«. To poudarja ključni pomen pedagoških praks in metod izobraževanja v znanstvenem diskurzu. Številne povezave, ki izhajajo iz teh osrednjih izrazov, kažejo, da razprave o »izobraževanju« in »visokem izobraževanju« vključujejo širok spekter povezanih pojmov (slika 4).

Algoritem »walktrap« je uspešno identificiral več različnih skupnosti oz. grozde, vsako z lastno barvo, ki predstavlja koherentne tematske skupine znotraj raziskave:

- Oranžna skupnost (zgornji levi kot): Skupina »Spletno in daljinsko učenje v času COVID-a«
 - Ključne besede: *covid-19, spletno učenje, e-učenje, kombinirano učenje, izobraževanje na daljavo, spletno izobraževanje, spletno poučevanje, medicinsko izobraževanje, obrnjena učilnica, vključenost študentov, digitalno.*
 - Ta skupnost jasno odraža pomemben vpliv pandemije COVID-19 na izobraževalne prakse. Zajema raziskave, ki se osredotočajo na hiter prehod na digitalne, spletne in mešane oblike učenja ter njihov razvoj. Vključitev »medicinskega izobraževanja« kaže na posebno pozornost, namenjeno vplivu teh sprememb na strokovno usposabljanje na tem področju, medtem ko »obrnjena učilnica« in »vključevanje študentov« kažejo na pedagoške prilagoditve v teh novih okoljih. Ta skupina verjetno predstavlja nedavni porast raziskav.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Modra skupnost (sredina/desno zgoraj): Skupina »Pedagogika, tehnologija in inovacije v visokem šolstvu«
 - Ključne besede: *izobraževanje, visokošolsko izobraževanje, poučevanje, UI, tehnologija, motivacija, kurikulum, analiza učenja, inženirsko izobraževanje, trajnost, izobraževalne inovacije, povratne informacije, sodelovalno učenje, študent, gamifikacija, mobilno učenje, informacijska pismenost, zdravstvena nega, spretnosti, simulacija, samoučinkovitost, chatgpt, razširjena realnost, izkustveno učenje.*
 - To je največja in verjetno najbolj raznolika skupnost, ki predstavlja jedro trenutnih raziskav na področju izobraževanja. Ukvarja se z različnimi vidiki visokega šolstva, metodologijami poučevanja in integracijo naprednih tehnologij. Navzočnost najnovejših izrazov, kot so »umetna inteligenca«, »chatgpt« in »povečana realnost«, skupaj z uveljavljenimi pojmi, kot so »sodelovalno učenje«, »motivacija« in »kurikulum«, kaže na dinamično medsebojno delovanje tradicionalne pedagogike in tehnološkega napredka. »Analitika učenja« poudarja pristope, ki temeljijo na podatkih, medtem ko »inženirsko izobraževanje« in »zdravstvena nega« kažejo na uporabo v posameznih disciplinah.
- Rdeča skupnost (spodaj levo): Skupina »Izobraževalne raziskave, inovacije in razvoj učiteljev«
 - Ključne besede: *raziskave, inovacije, izobraževanje učiteljev, sodelovanje, izobraževalno, projektno učenje, vodstvene sposobnosti, ustvarjalnost.*
 - Ta skupina se osredotoča na temeljne vidike izboljševanja izobraževanja. Vključuje študije o metodologijah izobraževalnih »raziskav«, spodbujanju »inovacij« v izobraževalnih okoljih in ključnih vidikih »izobraževanja učiteljev« in poklicnega razvoja. »Projektno učenje«, »vodstvo« in »ustvarjalnost« kažejo poudarek na strategijah aktivnega učenja in razvoju ključnih spretnosti tako med izobraževalci kot med učenci. »Sodelovanje« je osrednja tema v tej skupini, kar kaže na skupna prizadevanja, potrebna za napredek izobraževanja.
- Zelene in vijolične skupnosti (spodaj v sredini/desno): Skupine »Vključujoče izobraževanje, usposabljanje učiteljev in posebne ravni izobraževanja«
 - Ključne besede (zelene): *osnovnošolsko izobraževanje, vključujoče izobraževanje, sodelovalno učenje, bodoči učitelji, kritično mišljenje, socialno.*
 - Ključne besede (vijolične): *učitelj, usposabljanje učiteljev, srednješolsko izobraževanje, IKT, vključevanje, digitalna kompetenca, digitalna pismenost.*
 - Interpretacija: Ti dve skupnosti sta sicer različni, vendar sta si zelo podobni in se tematsko prekrivata.
 - Zelena skupina se osredotoča na »osnovnošolsko izobraževanje« in poudarja »vključujoče izobraževanje« ter pedagoške pristope, kot je »sodelovalno učenje«, pogosto v kontekstu »učiteljev v pripravištvu«, ki razvijajo temeljne spretnosti, kot je »kritično mišljenje«.
 - Vijolična skupina to razširja na »srednješolsko izobraževanje« in se pogloblja v »usposabljanje učiteljev« ter razvoj »digitalne kompetence« in »digitalne pismenosti«, pogosto z očesom na »IKT«, in širši pojem »vključevanja«.

Skupaj te skupine poudarjajo močno raziskovalno zanimanje za učinkovite strategije poučevanja, vključujoče prakse in razvoj digitalno usposobljenih izobraževalcev na različnih ravneh izobraževanja.

Pomembnost najbolj povezanih izrazov (izven osrednjih vozlišč) lahko strnemo v naslednje:

- »COVID-19«, »Spletno učenje« in »E-učenje«: Njihova pomembnost v oranžni skupini poudarja znaten in rušilni vpliv pandemije na raziskave na področju izobraževanja. Predstavljajo hitro prilagajanje in preoblikovanje na tem področju.
- »Umetna inteligenca« in »ChatGPT«: Pojav teh izrazov v osrednji modri skupnosti pomeni mejnik v izobraževalni tehnologiji. Njihova vse pogostejša pojavnost skupaj z izrazoma »izobraževanje« in »poučevanje« kaže na vse večje zanimanje za to, kako se orodja UI vključujejo v učne okolje in pedagoške prakse ter jih preoblikujejo.
- »Izobraževanje učiteljev« in »usposabljanje učiteljev«: Njihova prisotnost v rdečem in vijoličnem sklopu kaže, da raziskave o pripravi, razvoju in stalnem usposabljanju izobraževalcev ostajajo temeljno in aktivno področje raziskovanja.
- »Raziskave« in »inovacije«: Ti izrazi, ki so osrednji v rdečem sklopu, odražajo samorefleksivni vidik področja, kjer znanstveno delo preučuje procese raziskovanja in uvajanje novih pristopov v samo izobraževanje.

Ključne vpogleda analize omrežja sočasnosti pojavljanja ključnih besed lahko strnemo v naslednje:

1. Dinamični razvoj izobraževanja: Mreža nazorno prikazuje področje, ki se nenehno razvija. Medtem ko ostajajo osrednji pojmi, kot sta »izobraževanje« in »poučevanje«, se močno pojavljajo tudi izrazi, povezani s »COVID-19« in »UI«, kar kaže na odzivnost raziskav na globalne dogodke in tehnološki napredek.
2. Tehnološka integracija kot gonilna sila: Tehnologija ni le podtema, ampak je prepletena po celotnem omrežju od konkretnih orodij, kot sta »ChatGPT« in »obogatena resničnost«, do širših pojmov, kot sta »digitalna kompetenca« in »analitika učenja«. To poudarja tehnologijo kot glavni gonilni silo inovacij in sprememb v izobraževanju.
3. Celostni pogled na učenje: Skupnosti zajemajo različne vidike ekosistema učenja: različne ravni izobraževanja (osnovno, srednje, visoko), raznolike pedagoške pristope (projektno, sodelovalno, izkustveno), na študente osredotočene rezultate (motivacija, samoučinkovitost, spretnosti) in ključne dejavnike, kot sta razvoj učiteljev in digitalna pismenost.
4. Povezave med skupnostmi: Čeprav so skupnosti različne, med njimi obstajajo pomembne povezave. Na primer, modro jedro (splošno visokošolsko izobraževanje) je povezano z oranžnim grozdom (spletno učenje), kar kaže, kako so se tradicionalne izobraževalne ustanove prilagodile med pandemijo. Podobno je usposabljanje učiteljev (rdeča/vijolična) povezano z vključujočimi praksami in digitalnimi spretnostmi (zelena/vijolična), kar kaže na usklajena prizadevanja za pripravo izobraževalcev na raznolike in tehnološko bogate učilnice.
5. Področja za poglobljeno raziskovanje: Čeprav se pojavljata »medicinsko izobraževanje« in »inženirsko izobraževanje«, bi bilo mogoče poglobiti raziskovanje pedagoških inovacij v posameznih disciplinah. Nastajajoča prisotnost »ChatGPT« kaže, da bo raziskovanje etičnih posledic, učinkovitosti in najboljših praks za velike jezikovne modele v izobraževanju verjetno hitro rastoče področje.

Sklepno lahko rečemo, da mreža ključnih besed avtorjev zagotavlja celovit, na podatkih temelječ pregled intelektualnega prostora znotraj zbirke Web of Science Core Collection (WoS CC). Razkriva živahno področje, ki ga poganjajo tako trajna izobraževalna načela kot hitre tehnološke in družbene spremembe, kar je še posebej očitno v odzivih na pandemijo in sprejemanju UI. Ta analiza nam lahko pomaga natančno opredeliti ključne tematske sklope,

prepoznati nastajajoče trende in razumeti temeljne konceptualne podlage raziskovalnega področja projekta *Razvijanje veščin 21. stoletja za trajnostni razvoj in kvalitetno izobraževanje v času hitrih tehnološko pogojenih sprememb gospodarskega, socialnega in naravnega okolja*.

Dinamika razvoja veščin 21. stoletja v izobraževanju učiteljev področij STEM

Temeljni namen projekta *Razvijanje veščin 21. stoletja za trajnostni razvoj in kvalitetno izobraževanje v času hitrih tehnološko pogojenih sprememb gospodarskega, socialnega in naravnega okolja* je identificirati dejavnike, ki prispevajo k razvoju veščin višjega miselnega reda pri bodočih učiteljih v času tehnološko pogojenih, hitrih sprememb; bibliometrija nam pokaže, kateri dejavniki in kompetence (kritično mišljenje, digitalne/UI pismenosti, sodelovanje ipd.) v literaturi prevladujejo in kako se njihov pomen spreminja skozi čas. S tem neposredno podpiramo RV1–RV2 in utemeljimo izbor prioriternih področij. Še več, bibliometrični pregled in analiza dinamike razvoja veščin 21. stoletja je pomemben element kvalitete rezultatov projekta z več vidikov:

- Pregled so-pojavitev ključnih pojmov, grozdov in citatnih jeder omogoča dokazljivo, podatkovno podprto hierarhizacijo (kaj je v mednarodnem diskurzu osrednje, kaj obrobno), kar je ključno za kasnejše uteževanje in scenarije.
- Projekt predvideva razvoj vprašalnikov in preizkusov veščin 21. stoletja za bodoče učitelje in kasneje učence. Bibliometrija (trendi ključnih besed, vplivni avtorji/okviri) pomaga pri izboru vsebin in indikatorjev, da instrumenti merijo tisto, kar je v polju dejansko konceptualno in empirično utemeljeno.
- Projekt izpostavlja, da je raba IKT pogosto instrumentalna, socialni in afektivni vidiki ter UI-podprte izkušnje pa ostajajo podraziskani. Dinamični bibliometrični vpogled pokaže, kje so »slepe pege« (npr. UI-podprta personalizacija vs. socialno-afektivni učinki) in s tem utemelji novost našega prispevka.
- Ker projekt zasnuje pedagoško spremembo v teh okvirih, bibliometrija pokaže, kako in kje se pojavljajo povezave med temi okviri, TPACK/SAMR ter kompetencami 21. stoletja v učiteljskem izobraževanju — kar krepi konceptualno konsistenco raziskave in modelov.
- V drugi in tretji fazi bomo smo razvijali, pilotirali in prenašali učne modele v šolsko prakso. Pregled dinamike (npr. premik od »digital literacy« k »AI literacy« in računalniškemu razmišljanju) daje realistične scenarije in izbiro tehnologij/metod, ki so relevantne zdaj in v bližnji prihodnosti.
- Bibliometrija identificira ključne revije, raziskovalne skupnosti in citatne tokove, kar pomaga pri strateški izbiri kanalov za objave in partnerstva tekom projekta.

Bibliometrični pregled ni le »ozadje«, temveč most med projektno vizijo in operativnimi izidi: podatkovno utemelji nabor dejavnikov, pokaže, kako se kompetence 21. stoletja razvijajo v znanstveni skupnosti, in zagotovi trden temelj za instrumente, modele in smernice, ki jih projekt obljublja.

Iskalni niz je bil konstruiran na podlagi petih področji veščin 21. stoletja s prečnim izobraževanjem učiteljev, pri čemer smo sintaktično upoštevali pravila baze Web of Science (WoS) (operatorji TS=, AND/OR, omejitve z zvezdicami in narekovaji). Iskalni niz za dejavnike pedagoške spremembe (v angleškem jeziku) se je glasil:

»(TS= ("critical thinking" OR "critical-thinking" OR "problem solving" OR "problem-solving" OR "problem-based" OR creativity OR "creative thinking" OR "creative-thinking" OR innovation OR "innovative thinking" OR communication OR "communication skill" OR collaboration OR*

"collaborative skill" OR teamwork OR "learning and innovation skill*") OR TS=("digital literacy" OR "digital competence*" OR "information literacy" OR "media literacy" OR "ICT literacy" OR "information and communication technology literacy" OR "technology literacy" OR "AI literacy" OR "artificial intelligence literacy" OR "data literacy") OR TS=(flexibility OR adaptable OR adaptability OR initiative OR "self-direction" OR "self-directed learning" OR "self-regulation" OR "self-regulated learning" OR "social interaction" OR "cross-cultural" OR "intercultural competence" OR productivity OR accountability OR leadership OR responsibility OR "career and life skill*")) AND TS=("teacher education" OR "teacher training" OR "pre-service teacher*" OR "preservice teacher*" OR "initial teacher education" OR "future teacher*" OR "student teacher*" OR "prospective teacher*").«*

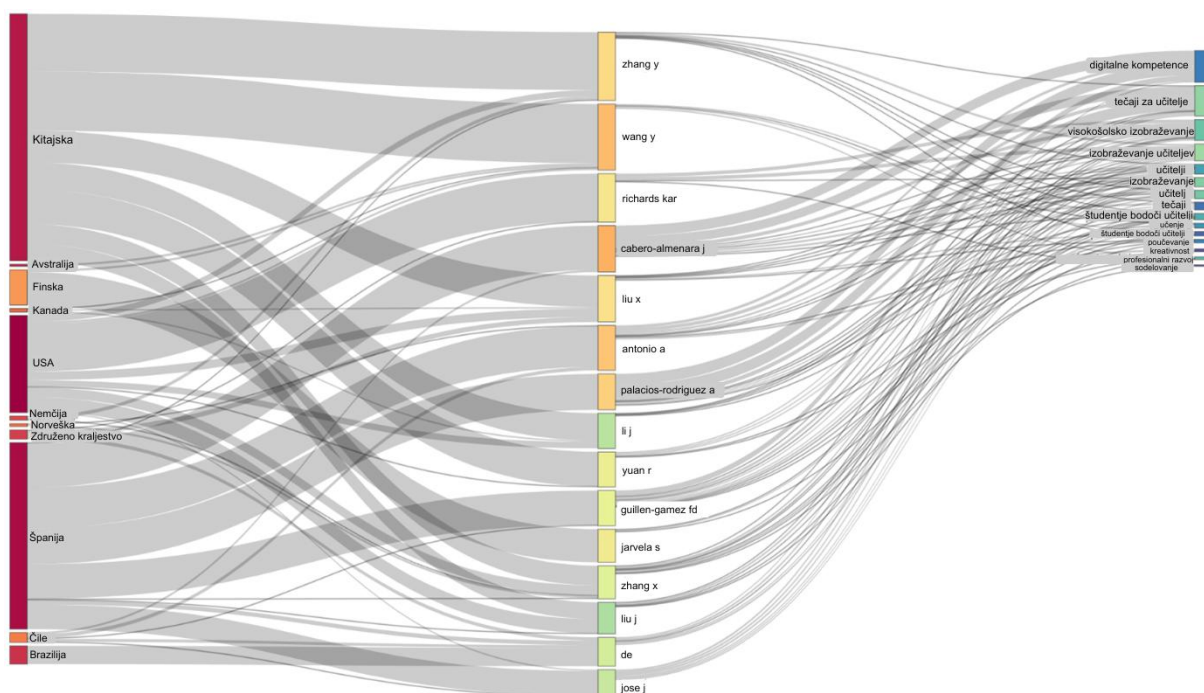
Časovno okno za iskalni niz je bilo odprto od leta 2015 do 2025. S tem zajamemo zadnjih deset let, ki zaznamujejo najintenzivnejše tehnološke, ekonomske, zdravstvene in družbene preobrate. Vrste dokumentov, ki smo jih vključili v analizo so bili: »Article«, »Early Access« in »Review«; konferenčni prispevki so bili izključeni, ker pogosto nimajo stabilne citatne dinamike. Jezik virov je bila angleščina; drugi jeziki (vključno s slovenščino) so bili vključeni zgolj, kadar WoS nudi angleški povzetek in ključne besede. Po odstranitvi podvojenih zapisov in ročnem čiščenju podatkov (npr. konsolidacija različnih zapisov iste revije) smo pridobili $N = 10527$ relevantnih zapisov, ki tvorijo korpus za analizo.

Pregledna statistika zbranih podatkov nam razkrije, da je bilo v letih 2015–2024 na področju veščin 21. stoletju za bodoče učitelje najdenih 9235 dokumentov v 1828 virih. Letna rast objav je znašala 21,76 %. Najdemo tudi 23130 avtorjev, ki so večinsko pisali članke v povezavi s soavtorji (3,13), medtem ko je bilo samostojnih avtorjev 1605. Mednarodno avtorstvo predstavlja le 16,72 % vseh možnih zadetkov. Vsak dokument je v povprečju zbral 9,61 citata, medtem ko je povprečna starost objave članka 3,86 leta.

Povzamemo lahko, da bibliometrična zbirka, ki izhaja iz WoS, opisuje hitro rastoče in zelo sodelovalno raziskovalno področje (kar dokazuje 21,76-odstotna letna stopnja rasti in več kot trije soavtorji na dokument). Značilna je široka disciplinska pokritost (1828 virov) in velika, aktivna raziskovalna skupnost (23130 avtorjev). Raziskovalni izsledki so aktualni in vplivni (povprečna starost < 4 let, 9,61 citata/dokument), osredotočeni predvsem na izvirne raziskovalne članke. Značilno je obsežno sodelovanje tako doma kot v tujini in osredotočenost na izvirne raziskave, ki hitro pridobijo veliko zanimanje v znanstveni skupnosti.

Tematski razvoj veščin 21. stoletja, naveden v znanstvenih člankih, prikazuje Sankeyev digram (slika 5). Razumevanje treh polj je naslednje (a) Levo polje (AU_CO – država avtorja): To polje predstavlja države, iz katerih prihajajo avtorji. Višina vsakega stolpca je sorazmerna s številom avtorjev ali dokumentov, povezanih s to državo v nizu podatkov. (b) Srednje polje (AU – avtorji): To polje navaja najbolj plodne avtorje v nizu podatkov. Višina vsakega stolpca označuje njihov prispevek (npr. število publikacij ali soavtorstev). (c) Desno polje (ID – ključne besede/identifikatorji): To polje prikazuje najpogostejše ključne besede ali identifikatorje, najdene v publikacijah. Višina vsakega stolpca odraža pogostost te ključne besede.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Slika 5: Tematski razvoj veščin 21. stoletja za prihodnje učitelje z uporabo Sankeyjevega diagrama

V nadaljevanju podajmo analizo strukture omrežja in medsebojnih povezav:

1. Dominantne države avtorjev (AU_CO): Kitajska in Španija sta daleč najpomembnejši državi avtorjev v tem podatkovnem nizu. Njihove znatno višje palice kažejo na zelo velik obseg prispevajajočih avtorjev ali publikacij iz teh držav. Za njima sledijo Avstralija in ZDA z opaznimi, čeprav precej manjšimi prispevki. Dolgi rep drugih držav, vključno z Nemčijo, Norveško, Kanado, Združenim kraljestvom, Čilom, Brazilijo in Finsko, je prisoten, vendar predstavlja precej manjši delež celotnega omrežja.
2. Ključni avtorji (AU): »zhang y« in »richards kar« sta glede na višino svojih stolpcev najbolj plodna avtorja, kar kaže, da imata precejšnje število publikacij ali prispevkov v analizirani zbirki. Med drugimi pomembnimi avtorji so med drugim »wang y«, »cabero-almenara j«, »liu x«, »palacios-rodriguez a« in »antonio a«. Prisotnost več avtorjev z enakimi priimki, kot sta »Zhang« in »Liu« (npr. »zhang y«, »zhang x«, »liu x«, »liu j«), lahko kaže na različne osebe ali različne oblike imena istega avtorja, vendar so v tem grafu obravnavani kot ločene entitete.
3. Ključne besede razkrivajo osrednjo tematsko usmeritev raziskave. (a) Osrednje teme: »digitalna kompetenca« je najpomembnejša ključna beseda, ki kaže, da je to glavni predmet raziskave. Tesno povezani in pogosto uporabljeni izrazi vključujejo »usposabljanje učiteljev«, »visokošolsko izobraževanje«, »izobraževanje učiteljev«, »učitelji« in »izobraževanje«. (b) Podporni pojmi: Druge pomembne ključne besede, kot so »usposabljanje«, »učitelji pred zaposlitvijo«, »učenje«, »poučevanje«, »strokovni razvoj« in »sodelovanje«, dodatno natančneje opredeljujejo tematski obseg in poudarjajo praktične in pedagoške vidike izobraževanja, zlasti za učitelje. (c) Splošna raziskovalna niša: Zbirka ključnih besed močno nakazuje, da se zbirka osredotoča na vključevanje digitalnih veščin v izobraževalne prakse, s posebnim poudarkom na razvoju učiteljev (tako pred zaposlitvijo kot med njo) v kontekstu visokošolskega izobraževanja.

Povezave in potek raziskav: Trakovi, ki povezujejo tri področja, ponazarjajo specifičen potek raziskovalnih rezultatov iz držav prek avtorjev do njihovih povezanih raziskovalnih tem:

- Dominantni avtorji: Avtorji, kot so Zhang Y. in Wang Y. (iz Kitajske) ter Cabero-Almenara J., Antonio A., Palacios-Rodriguez A. in Guillen-Gamez F. D. (iz Španije), kažejo zelo močne in široke povezave z najpomembnejšimi ključnimi besedami: »digitalna kompetenca«, »usposabljanje učiteljev«, »visokošolsko izobraževanje«, »izobraževanje učiteljev«, »učitelji« in »izobraževanje«. To kaže, da so ti avtorji v ospredju raziskav na presečišču digitalnih veščin in razvoja učiteljev.
- Richards Kar (iz Avstralije) prav tako kaže močno osredotočenost na »usposabljanje učiteljev«, »visokošolsko izobraževanje« in »poklicni razvoj«, kar je v skladu z osrednjimi temami. Avtorji z največ povezavami pogosto prispevajo k več osrednjim temam, kar kaže na večstranski pristop k raziskavam na tem področju.

Posredne povezave med državami in ključnimi besedami (država → avtor → ključne besede):

- Prispevek Kitajske: Raziskave s Kitajske, predvsem prek plodnih avtorjev, očitno pomembno vplivajo na razpravo o »digitalni kompetenci«, »usposabljanju učiteljev« in »visokem šolstvu«.
- Prispevek Španije: Podobno so španski raziskovalci ključni akterji na istih tematskih področjih, zlasti na področju »digitalne kompetence« in različnih vidikov »izobraževanja učiteljev«.

Ta »tok« od države prek avtorja do ključne besede razkriva glavne geografske dejavnike, ki stojijo za posebnimi raziskovalnimi programi.

Ključni vpogledi in kritično razpravo strnemo v naslednji zapis:

- Globalno žarišče: Analiza kaže, da je področje »digitalne kompetence v izobraževanju učiteljev« globalno žarišče raziskav, zlasti močno vodstvo in rezultati pa so vidni na Kitajskem in v Španiji. To bi lahko kazalo na nacionalne strateške prioritete ali znatna sredstva za raziskave v teh regijah.
- Osnovni raziskovalni problem: Dosledno sočasno pojavljanje »digitalne kompetence« z »usposabljanjem učiteljev« in »visokim šolstvom« poudarja osrednji raziskovalni problem: kako učinkovito opremiti učitelje z digitalnimi spretnostmi, zlasti v univerzitetnem okolju.
- Specializacija avtorjev v primerjavi z obsegom: Medtem ko nekateri avtorji kažejo široke povezave z mnogimi ključnimi besedami, lahko podrobnejši vpogled v profile posameznih avtorjev razkrije nianse specializacije (npr. en avtor se bolj osredotoča na »učitelje pred zaposlitvijo«, drugi pa na »poklicni razvoj«).
- Potencial za sodelovanje: Močna prisotnost več avtorjev iz nekaj prevladujočih držav kaže na obstoj nacionalnih mrež. Nadaljnja analiza bi lahko raziskala vzorce mednarodnega soavtorstva, da bi ugotovila, ali obstaja pomembno meddržavno sodelovanje na teh temah, ki presega tisto, kar nakazujejo posamezni prispevki.
- Razvoj področja: Ta statičen posnetek prikazuje najpomembnejše povezave. Prihodnje analize bi lahko vključevale časovno razdelitev, da bi opazovali, kako se prispevki avtorjev, sodelovanje držav in pomembnost ključnih besed razvijajo v času, kar bi lahko razkrilo nastajajoče trende ali upadajoče zanimanje.

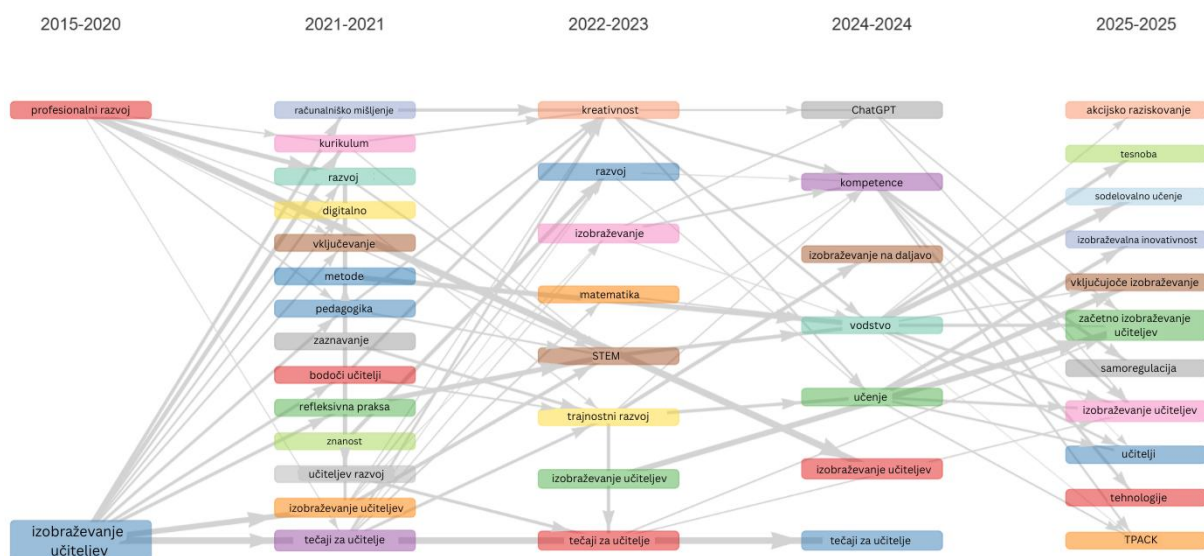
Diagram treh polj (slika 6) ponuja jasen in intuitiven način za razumevanje večplastnih odnosov znotraj vaših bibliometričnih podatkov, pri čemer poudarja ključne akterje (države in avtorje) ter njihove tematske prispevke. Te ugotovitve lahko uporabite za identificiranje potencialnih

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

sodelavcev, nastajajočih raziskovalnih trendov ali področij, na katerih so določene države ali avtorji posebej vplivni.

Prikazane vizualizacije ponujajo močno pripoved o tematskem razvoju: Slika 6 prikazuje kronološki potek in povezave med raziskovalnimi temami, vizualno prikazuje tok in preoblikovanje raziskovalnih tem v petih različnih časovnih obdobjih.

Osnovno jedro: »Izobraževanje učiteljev« se pojavlja kot nesporna osnova tega raziskovalnega področja, ki je stalno prisotna in služi kot osrednja točka od leta 2015–2020 do leta 2025–2025. »Strokovno izpopolnjevanje« se prav tako pojavi že zgodaj in ohranja pomembne povezave med obdobji, pogosto se razvija ali povezuje z »izobraževanjem učiteljev« in »usposabljanjem učiteljev«.



Slika 6: Razvoj tematike veščin 21. stoletja v izobraževanju učiteljev

Zgodnja diverzifikacija (2021–2021): Po letu 2020 se področje hitro diverzificira. Pojavijo se specifični pedagoški pristopi (»računalniško mišljenje«, »igrifikacija«, »refleksivna praksa«) in jasen poudarek na digitalnih vidikih (»digitalno«). Pridobivajo na pomenu tudi pojmi, kot so »vključevanje« in »metode«.

Konsolidacija in nove kompetence (2022–2023): V razpravo vstopajo teme, kot so »ustvarjalnost«, »matematika« in »trajnostni razvoj«, kar kaže na širitev izobraževalnih poudarkov preko tradicionalne pedagogike. »Digitalna kompetenca« se začne utrjevati in razvija iz prejšnje teme »digitalno«.

Odziv na zunanje dejavnike in nastajajoče tehnologije (2024–2024): Pojav »pandemije« in »izobraževanja na daljavo« poudarja odzivnost raziskovalne skupnosti na globalne dogodke. Najbolj opazen je »ChatGPT«, ki se pojavlja kot zelo nova in potencialno disruptivna tema, povezana s širšimi koncepti, kot je »kompetenca«. Pomembnost pridobiva tudi »vodstvo«.

Zrelost in specializacija (2025–2025): Zadnje obdobje kaže zelo raznoliko in specializirano pokrajino. Osnovne teme (»izobraževanje učiteljev«, »usposabljanje učiteljev«) ostajajo, vendar pa številni novi pojmi, kot so »akcijsko raziskovanje«, »anksioznost«, »sodelovalno učenje«, »izobraževalne inovacije«, »vključujoče izobraževanje«, »samoregulacija«,

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

»tehnologije« in »TPACK«, kažejo na zrelo področje, ki raziskuje različne vidike izobraževalne prakse, blaginje in tehnološke integracije. Pojavi se tudi »znanje umetne inteligence«, ki je nadaljnji razvoj »ChatGPT« in »tehnologij«.

Podroben pregled strateških zemljevidov, ki teme razvrščajo glede na njihovo stopnjo pomembnosti (centralnost) – kako pomembne ali povezane so znotraj omrežja – in stopnjo razvitosti (gostota) – kako dobro razvit ali povezan je grozd.

Pri razlagi zemljevidov si pomagamo z naslednjimi opisniki:

- Glavne teme (zgoraj desno): Visoka centralnost, visoka gostota. To so uveljavljena, visoko razvita in pomembna področja.
- Nišne teme (zgornji levi kot): Nizka centralnost, visoka gostota. To so specializirana, kohezivna področja, ki še niso osrednja v širšem kontekstu. Lahko gre za nastajajoča ali zelo specifična raziskovalna področja.
- Osnovne teme (spodnji desni kot): Visoka centralnost, nizka gostota. To so temeljne, medsektorske teme, ki povezujejo številna področja, vendar jim morda primanjkuje notranja kohezija ali specifičen razvoj.
- Nastajajoče ali upadajoče teme (spodaj levo): Nizka osrednjost, nizka gostota. To so bodisi zelo nove in nerazvite teme bodisi starejše teme, ki izgubljajo pomembnost in kohezijo.

Obdobje: 2015–2020

Osnovne teme: »Izobraževanje učiteljev«, »izobraževanje« in »usposabljanje učiteljev« tvorijo zelo osrednjo skupino. Njihova manjša gostota kaže, da so temeljne in široko povezane z drugimi koncepti, vendar v tej zgodnji fazi morda nimajo zelo specifičnih, kohezivnih podpodročij *znotraj* sebe. So temeljni stebri (slika 7). Slika 7 je bila ustvarjena s pomočjo programske opreme Canva (Canva Pty Ltd, 2025).



Slika 7: Prikaz razvoja tematike veščin v izobraževanju učiteljev v obdobju 2015–2020, s poudarkom na stopnji pomembnosti in gostoti (stopnji razvitosti) tematike

Nišne teme: »Strokovni razvoj«, »razvoj« in »motivacija« se pojavljajo kot relativno kohezivne skupine, vendar niso zelo osrednje v celotnem omrežju. To kaže na specializirana raziskovalna

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

področja, ki so dobro opredeljena, vendar morda še niso široko vključena v širši diskurz o »izobraževanju učiteljev«.

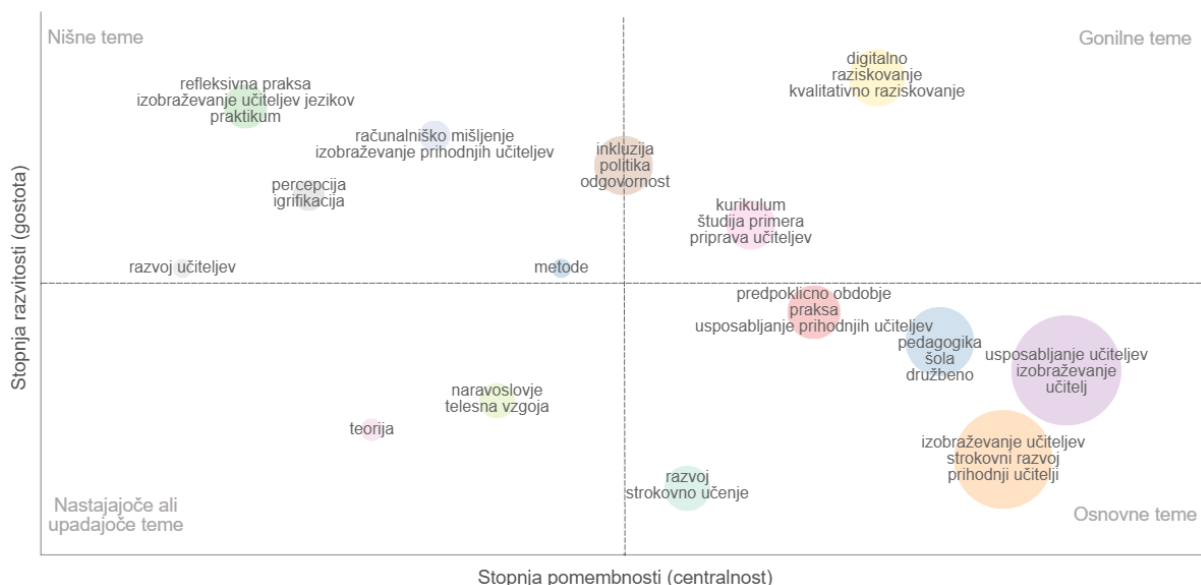
Nastajajoče ali upadajoče teme: »Računalniško posredovana komunikacija« je uvrščena sem, kar kaže, da je bilo to bodisi nastajajoče področje bodisi področje, ki v tem konkretnem kontekstu še ni pridobilo pomembnega zanimanja ali koherentnosti.

Povzetek za obdobje 2015–2020: Področje je v začetni fazi in se močno osredotoča na temeljne koncepte »izobraževanja učiteljev« in »usposabljanja učiteljev«. »Strokovni razvoj« predstavlja koherentno, vendar bolj specializirano področje.

Obdobje: 2021–2021

Gonilne teme: Tu se močno pojavljajo »digitalno«, »raziskovanje« in »kvalitativno raziskovanje«. To je pomemben premik, ki kaže, da so digitalni vidiki in specifične raziskovalne metodologije postali zelo osrednja in dobro razvita področja osrednjega pomena (slika 8). Slika 8 je bila ustvarjena s pomočjo programske opreme Canva (Canva Pty Ltd, 2025).

Osnovne teme: Osrednje teme »izobraževanje učiteljev«, »usposabljanje učiteljev«, »strokovni razvoj« in »učitelji pred začetkom poklicne poti« ostajajo zelo osrednje. Njihov položaj kaže, da ostajajo temeljni koncepti, ki povezujejo različna področja, čeprav so morda manj notranje gosti kot glavne teme »digitalnega raziskovanja«. Tukaj se združujejo tudi koncepti, kot so »predšolska vzgoja«, »praksa«, »pedagogika«, »šola« in »družbeno«, ki krepijo praktične in kontekstualne razsežnosti izobraževanja učiteljev.



Slika 8: Prikaz razvoja tematike večšin v izobraževanju učiteljev s poudarkom na obdobju 2021–2021, s poudarkom na stopnji pomembnosti in gostoti (stopnji razvitosti) tematike

Nišne teme: Pojavljajo se številna specializirana, povezana področja: »refleksivna praksa«, »izobraževanje učiteljev jezikov«, »praktikum«, »računalniško mišljenje«, »igrifikacija«, »inkluzija« in »politika«. Te teme predstavljajo usmerjena raziskovalna prizadevanja, ki raziskujejo specifične pedagoške pristope, veščine in kontekstualne dejavnike.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Nastajajoče ali upadajoče teme: V tem kvadrantu so teme, kot so »naravoslovje«, »telesna vzgoja« in »teorija«. To ne pomeni nujno, da izginjajo, ampak morda so manj razvite ali manj pomembne v kontekstu hitre širitve digitalnih in praktičnih tem poučevanja v tem obdobju.

Povzetek za obdobje 2021–2021: To obdobje zaznamuje pomembna širitev in diverzifikacija. Ključni gonilni sili postaneta »digitalne« in »raziskovalne« metodologije. Področje raziskuje številne specializirane pedagoške inovacije (npr. računalniško mišljenje, igrifikacija), hkrati pa ohranja močno jedro v izobraževanju učiteljev.

Obdobje: 2022–2023

Gonilne teme: »Izobraževanje učiteljev«, »strokovni razvoj«, »sodelovanje«, »usposabljanje učiteljev«, »visokošolsko izobraževanje« in »digitalne kompetence« utrjujejo svoj položaj kot osrednje in visoko razvite teme. Pojav »digitalne kompetence« neposredno iz »digitalno« (2021–2021) kaže na zrelost te teme. Kot gonilne teme se pojavljajo tudi »matematika«, »odnos« in »predpoklicno obdobje«, kar kaže na osredotočeno in dobro razvito delo na področju predmetnega izobraževanja in odnosa učiteljev (slika 9). Slika 9 je bila ustvarjena s pomočjo programske opreme Canva (Canva Pty Ltd, 2025).



Slika 9: Prikaz razvoja tematike veščin v izobraževanju učiteljev s poudarkom na obdobju 2022–2023, s poudarkom na stopnji pomembnosti in gostoti (stopnji razvitosti) tematike

Osnovne teme: »Izobraževanje«, »učitelj« in »učitelji« še naprej delujejo kot zelo osrednji, vendar bolj razpršeni pojmi, ki podpirajo celotno področje.

Nišne teme: »Kritično mišljenje«, »trajnostni razvoj« in »trajnostnost« se pojavljajo kot močna, kohezivna nišna področja. To kaže na vse večjo ozaveščenost in raziskovalni poudarek na širših družbenih in kognitivnih veščinah v izobraževanju. »Ustvarjalnost« in »glasbeno izobraževanje« prav tako predstavljata specializirana, koherentna sklopa.

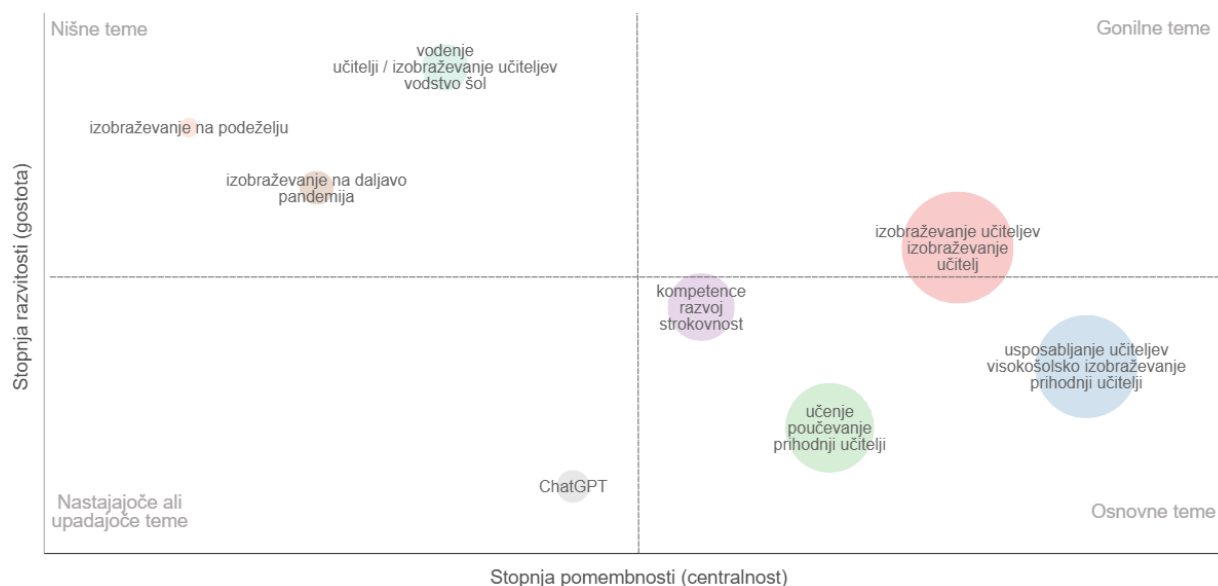
Nastajajoče ali upadajoče teme (spodaj levo): V tem kvadrantu so »STEM«, »strokovni razvoj učiteljev«, »sodelovalno učenje«, »razvoj« in »strokovnost«. Čeprav so nekateri od teh izrazov prisotni že prej ali so splošni, njihova manjša osrednjost in gostota v tem kvadrantu lahko kažejo na njihovo specifično konceptualizacijo ali izoliran razvoj v tem posebnem obdobju.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Povzetek za obdobje 2022–2023: Področje nadalje utrjuje svoje osrednje teme, pri čemer se kot gonilne sile pojavljajo »digitalna kompetenca« in posebni poudarki na predmetih/odnosih. Širši izobraževalni cilji, kot sta »kritično mišljenje« in »trajnostni razvoj«, pridobivajo na pomenu kot pomembna specializirana področja.

Obdobje: 2024–2024

Gonilne teme: jedro »izobraževanje učiteljev«, »izobraževanje« in »učitelj« doseže vrhunec kot prevladujoče, visoko razvite glavne teme. »Usposabljanje učiteljev«, »visokošolsko izobraževanje« in »prihodnji učitelji« ostajajo prav tako močne glavne teme, kar kaže na nadaljnjo močno osredotočenost na pripravo in razvoj izobraževalcev (slika 10). Slika 10 je bila ustvarjena s pomočjo programske opreme Canva (Canva Pty Ltd, 2025).



Slika 10: Prikaz razvoja tematike veščin v izobraževanju učiteljev s poudarkom na obdobju 2024–2024, s poudarkom na stopnji pomembnosti in gostoti (stopnji razvitosti) tematike

Osnovne teme: »učenje«, »poučevanje« in »prihodnji učitelji« so zelo osrednje, vendar manj povezane, kar kaže na njihovo temeljno vlogo v različnih podpodročjih.

Nišne teme: »vodenje«, »učitelji in izobraževanje učiteljev« ter »vodstvo šol« se pojavljajo kot jasno opredeljena, specializirana raziskovalna področja, kar kaže na vse večjo osredotočenost na dimenzijo vodenja v izobraževalnem kontekstu. »Izobraževanje na podežlju«, »izobraževanje na daljavo« in »pandemija« se prav tako pojavljajo kot ločene, povezane niše, kar odraža vpliv realnega konteksta in globalnih dogodkov na raziskave na področju izobraževanja.

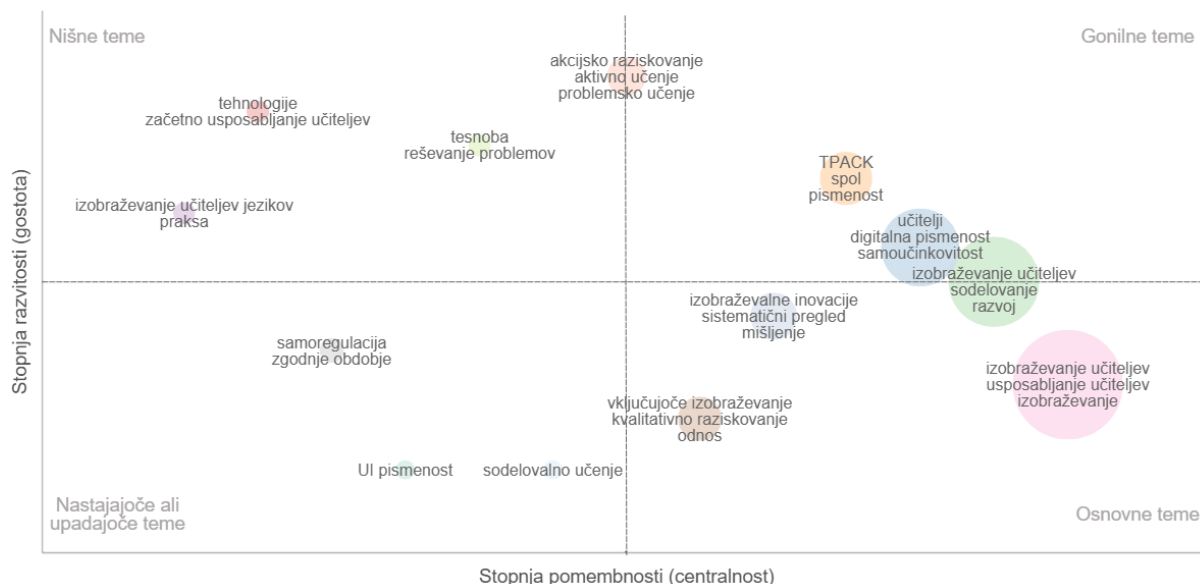
Nastajajoče ali upadajoče teme: ta kvadrant vsebuje »kompetence«, »razvoj« in »strokovnost«. Pomembno je, da se tu nahaja tudi »ChatGPT«. Čeprav njegov pojav na zemljevidu razvoja tem nakazuje njegov nastanek, njegov položaj na strateškem zemljevidu (nizka centralnost, nizka gostota) kaže, da bo v obdobju 2024–2024 raziskovanje ChatGPT v izobraževanju še vedno v povojih, razdrobljeno in še ne bo vključeno v jedro ali celo uveljavljena nišna področja. To poudarja pomembno nastajajočo mejo.

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

Povzetek za obdobje 2024–2024: Jedro izobraževanja učiteljev je izjemno močno. V ospredje stopajo nova specializirana področja, povezana z vodstvom in vplivom družbenih dejavnikov (pandemija, izobraževanje na daljavo, podeželski kontekst). Pozicioniranje »ChatGPT« je ključna ugotovitev, ki kaže, da gre za zelo novo in nerazvito področje raziskav kljub njegovemu potencialnemu vplivu.

Obdobje: 2025–2025

Gonilne teme: Osrednje teme »izobraževanje učiteljev«, »usposabljanje učiteljev« in »izobraževanje« ostajajo pomembne. V tem obdobju se pojavlja zelo raznolika paleta gonilnih tem, med katerimi so »TPACK«, »spol«, »pismenost«, »digitalna pismenost«, »začetno usposabljanje učiteljev«, »samoučinkovitost«, »sodelovanje« in »razvoj«. To kaže na zrelo in večplastno področje, na katerem so posebne kompetence (TPACK, digitalna pismenost), vprašanja enakosti (spol) in psihološki vidiki (samoučinkovitost) zelo razviti in osrednji (slika 11). Slika 11 je bila ustvarjena s pomočjo programske opreme Canva (Canva Pty Ltd, 2025).



Slika 11: Prikaz razvoja tematike veščin v izobraževanju učiteljev s poudarkom na obdobju 2025–2025, s poudarkom na stopnji pomembnosti in gostoti (stopnji razvitosti) tematike

Osnovne teme: »izobraževalne inovacije«, »sistematični pregled«, »mišljenje«, »vključujoče izobraževanje«, »kvalitativno raziskovanje« in »odnos« so zelo osrednje temeljne teme, kar kaže, da so široko povezane z vsem področjem, vendar morda niso notranje gosto povezane ali specializirane. Tukaj se pojavi tudi »UI pismenost«, kar kaže na njen vse večji temeljni pomen, saj se področje spopada z nastajajočimi tehnologijami.

Nišne teme: »tehnologije« in »začetno usposabljanje učiteljev« predstavljajo specializirana in kohezivna področja. Druge močne nišne teme vključujejo »akcijsko raziskovanje«, »aktivno učenje«, »problemsko učenje«, »tesnoba«, »reševanje problemov«, »izobraževanje učiteljev jezikov« in »praksa«. To kaže na močan poudarek na praktičnih, pedagoških pristopih, dobrem počutju učiteljev in specifičnih predmetnih/kontekstualnih aplikacijah.

Nastajajoče ali upadajoče teme: »samoregulacija« in »zgodnje obdobje« sta uvrščeni tukaj, kar kaže, da sta bodisi nova in nerazvita bodisi izgubljata določen poudarek v širšem kontekstu.

Povzetek za obdobje 2025–2025: Področje doseže visoko stopnjo zrelosti, ki jo poganjajo raznolike visoko razvite teme, med katerimi so napredni pedagoški okviri (TPACK), digitalne kompetence in vprašanja socialne enakosti. Kot temeljni pojem se pojavi »znanje o umetni inteligenci«, ki nakazuje prihodnje smeri raziskav. Praktični, akcijsko usmerjeni in vključujoči pedagoški pristopi so pomembna nišna področja.

V teh obdobjih (2015–2025) opazimo več ključnih trendov:

1. Stabilno in temeljno jedro: »Izobraževanje učiteljev«, »izobraževanje« in »usposabljanje učiteljev« so dosledno osrednje, temeljne in pogosto gonilne teme. To poudarja njihovo trajno pomembnost in temeljni pomen za identiteto in napredek tega področja.
2. Digitalna transformacija kot gonilna sila: Opazimo jasno in neprekinjeno razvoj digitalnih tem: od »računalniško posredovane komunikacije« (začetki) do »digitalnega« in »digitalnega raziskovanja« (gonilna sila), nato »digitalne kompetence« (gonilna sila) in nazadnje vključevanja posebnih okvirov, kot je »TPACK«, in veščin, kot je »digitalna pismenost« (gonilna sila). Pojav »ChatGPT« v letih 2024–2024 in njegov razvoj v »UI pismenost« (osnovna tema v letih 2025–2025) močno kaže na hitro integracijo in vse večji temeljni pomen UI v raziskavah na področju izobraževanja. Raziskovalci morajo pozorno spremljati posledice in uporabo UI v izobraževanju učiteljev.
3. Diverzifikacija pedagoških pristopov: Področje se razvija preko splošnega »strokovnega razvoja« in vključuje specifične metode in kompetence. Opazimo porast »računalniškega mišljenja«, »igrifikacije«, »reflektivne prakse«, »kritičnega mišljenja«, »trajnostnega razvoja«, »akcijskega raziskovanja«, »problemsko usmerjenega učenja« in »sodelovalnega učenja«. To kaže na premik k bolj aktivnim, na učenca osredotočenim in na spretnosti usmerjenim pedagoškim pristopom.
4. Večja osredotočenost na kontekst in dobro počutje: Teme, kot so »izobraževanje na daljavo«, »pandemija« in »izobraževanje na podežlju«, poudarjajo odzivnost področja na izzive realnega sveta. Poleg tega pojav »tesnobe«, »samoučinkovitosti« in »odnosa« kaže na vse večje priznavanje psiholoških in čustvenih razsežnosti poučevanja in učenja.
5. Strateški premik ključnih pojmov: Mnogi izrazi, ki so se sprva pojavili kot »nišne teme« (specializirane, a koherentne), se sčasoma premaknejo v »motorne teme« (osrednje in visoko razvite) ali »osnovne teme« (temeljne). To napredovanje je na primer vidno pri »digitalnih« temah. To pomeni zrelost in vključevanje nekdanjih specializiranih raziskovalnih področij v glavni tok.
6. Nove raziskovalne meje: Začetna nizka osrednjost in gostota »ChatGPT« v letih 2024–2024, ki ji sledi širša »UI pismenost« v letih 2025–2025, kaže na novo pomembno raziskovalno področje. Raziskovalci, ki jih zanimajo najnovejše teme, bi morali to področje obravnavati kot zrelo za vplivne prispevke.

Ta izčrpna analiza zagotavlja trdno podlago za kritično razpravo, saj poudarja dinamično naravo raziskav na področju izobraževanja učiteljev in njihovo odzivnost na tehnološki napredek, pedagoške spremembe in globalne kontekste.

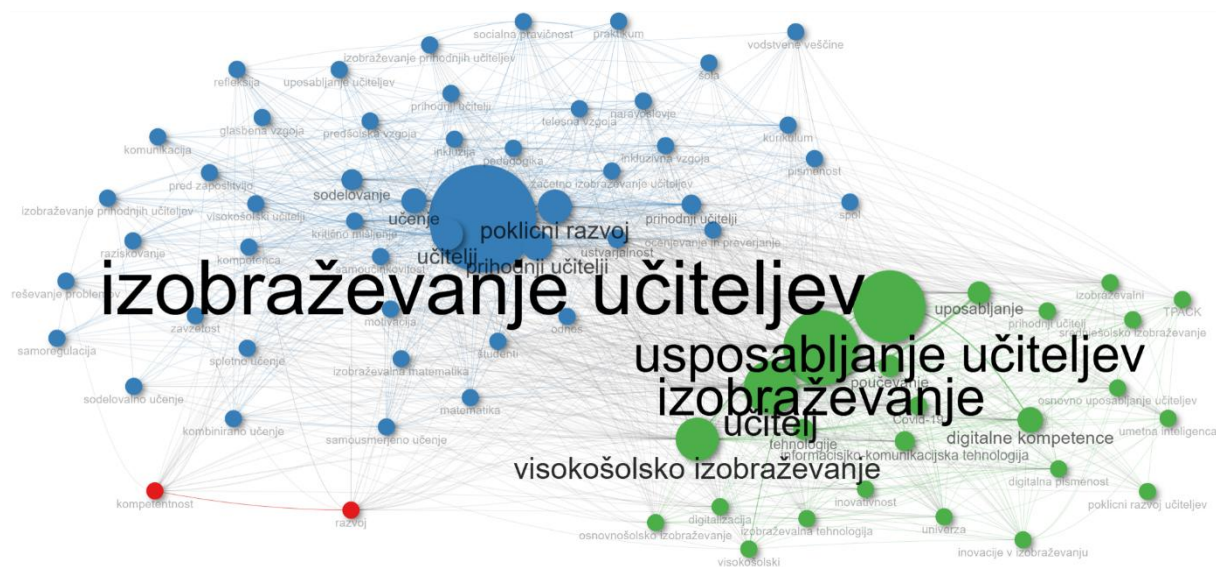
Za boljše razumevanje je na sliki 13 prikazano omrežje sočasne pojavnosti ključnih besed avtorjev v raziskavah veščin 21. stoletja v obdobju 2015–2025, da bi odkrili razumljive

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

povezave in raziskovalne teme. V tej sliki je vozlišče označeno s ključno besedo, rob med dvema vozliščema pa predstavlja sočasno pojavljanje ključnih besed. Velikost vozlišča in oznaka označujeta pogostost ključne besede v podatkovnem nizu, debelina povezave pa pogostost sočasnega pojavljanja ključnih besed. Večja debelina povezave pomeni, da so ključne besede med seboj tesno povezane. Barva vozlišča označuje skupino, s katero je ključna beseda povezana. Vsaka skupina pripada raziskovalni temi, ki jo predstavljajo ključne besede in njihove povezave.

Ta mreža ponuja celovit pregled intelektualnega prostora na tem področju, kot ga izražajo avtorjeve ključne besede. Normalizacija po povezavah poudarja močne konceptualne povezave med izrazi, algoritem »walktrap« pa je uspešno identificiral različne, a med seboj povezane raziskovalne skupnosti.

Omrežje, ki ga prikazuje slika 12, je zmerno gosto, kar kaže na bogato in medsebojno povezano raziskovalno delo. Pretežno je organizirano okoli dveh zelo velikih osrednjih pojmov: »izobraževanje učiteljev« in »usposabljanje učiteljev«. Ti izrazi so vizualno prevladujoči zaradi velike velikosti pisave, kar kaže na njihovo ogromno splošno pogostost in osrednjo vlogo v celotnem korpusu. Mreža je jasno razdeljena na dve glavni skupnosti, označeni z barvami (modra in zelena), kar kaže na dva glavna, medsebojno povezana raziskovalna toka. Obstaja tudi nekaj manjših, ločenih rdečih vozlišč, ki zaslužijo posebno pozornost.



Slika 12: Omrežje sočasne pojavnosti ključnih besed večšin 21. stoletja v znanstvenih delih obdobja 2015–2025 za področje izobraževanja prihodnjih učiteljev

Algoritem »walktrap« (Aria idr., 2023) je uspešno identificiral dve primarni raziskovalni skupnosti s potencialno tretjo, bolj abstraktno, konceptualno povezavo.

1. Skupnost 1 (modra skupina): Sfera »osnovnega in celostnega izobraževanja učiteljev«. Ta velika skupnost temelji na izrazu »strokovni razvoj« (kot velik modri vozlišče), ki je blizu splošnemu izrazu »izobraževanje učiteljev« (velika besedilna oznaka). To kaže na močan poudarek na neprekinjenem razvoju učiteljev. Ta skupina zajema široko paleto ključnih besed, povezanih s procesom učenja in pedagoškimi pristopi, kot so »učenje«, »sodelovanje«, »reševanje problemov«, »samoregulacija«, »spletno učenje«, »mešano učenje« in »sodelovalno učenje«. Vključuje tudi izraze, povezane z različnimi stopnjami

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

učiteljeve kariere (»predšolska vzgoja«, »predšolski vzgojitelji«, »začetno usposabljanje učiteljev«) in osnovnimi pedagoškimi praksami, kot sta »refleksija« in »raziskovanje«. Poleg tega poudarja posebne izobraževalne kontekste, predmete ali izzive, vključno s »predšolskim izobraževanjem«, »glasbenim izobraževanjem«, »telesno vzgojo«, »matematiko«, »vključujočim izobraževanjem«, »socialno pravičnostjo«, »kurikulumom«, »spoloma«, »šolo« in »vodstvom«.

Ta skupnost predstavlja širok, akademsko usmerjen pogled na izobraževanje učiteljev. Poglobljeno se ukvarja s teoretičnimi in praktičnimi vidiki priprave in razvoja učiteljev v različnih disciplinah in izobraževalnih stopnjah s poudarkom na aktivnem učenju, sodelovalnih praksah in obravnavanju raznolikih potreb učencev in družbenih vprašanj. Zdi se, da se osredotoča na celovite in temeljne vidike razvoja učiteljev.

2. Skupnost 2 (zeleni skupini): Področje »Sodobna znanja in uporabno usposabljanje učiteljev«. To skupnost v osrednjem delu opredeljujeta izraz »usposabljanje učiteljev« in velika zelena povezava »učitelj«, ki nakazujejo neposreden poudarek na praktičnem usposabljanju in neposredni strokovni uporabi za izobraževalce. Pomembno vlogo v tej skupini ima tudi »visokošolsko izobraževanje«. Ta skupina močno poudarja sodobne veščine in tehnološko integracijo v izobraževanje. Ključni izrazi vključujejo »tehnologija«, »digitalna kompetenca«, »digitalna pismenost«, »umetna inteligenca«, »izobraževalna tehnologija« in »inovacije«. Pojavljajo se tudi »usposabljanje«, »univerza«, »osnovnošolsko izobraževanje«, »srednješolsko izobraževanje«, »povratne informacije« in »izobraževalne inovacije«. Izraz »strokovno izpopolnjevanje učiteljev« v tej skupini kaže neposredno konceptualno povezavo s »strokovnim izpopolnjevanjem« v modri skupini.

Ta skupnost se bolj osredotoča na praktično usposabljanje in razvoj veščin učiteljev, zlasti v odzivu na tehnološki napredek in spreminjajoče se zahteve izobraževanja. Močna prisotnost »digitalne kompetence« in »umetne inteligence« kaže na pomemben raziskovalni poudarek na opremljanju učiteljev za digitalno dobo, pogosto v institucionalnem okviru »visokega šolstva« in uporabljenem na različnih ravneh izobraževanja (osnovno, srednje).

3. Potencialni mostovi/abstraktni pojmi (rdeči vozli): »strokovnost« in »razvoj«. Izraza »strokovnost« in »razvoj« se pojavljata kot manjši rdeči vozli, ki so na videz nekoliko ločeni, vendar konceptualno zelo blizu velikemu vozlu »strokovni razvoj« v modri skupini in »strokovni razvoj učiteljev« v zeleni skupini.

Čeprav njihova barva morda nakazuje, da ne sodijo v nobeno od večjih skupnosti ali da se ne pojavljajo pogosto, njihova prisotnost močno nakazuje, da so temeljni, splošni pojmi. Verjetno predstavljajo abstraktno idejo »strokovnega razvoja« kot neprekinjenega procesa, ki je podlaga tako širšemu izobraževanju učiteljev, obravnavanemu v modri skupini, kot tudi usposabljanju za posebna znanja in spretnosti v zeleni skupini. Njihove šibke povezave kažejo, da so sicer konceptualno pomembni, vendar se morda ne pojavljajo neposredno skupaj s toliko *drugimi specifičnimi ključnimi besedami* kot bolj sestavljeni izrazi (kot je »strokovni razvoj«).

Pomembnost najbolj povezanih izrazov (centralnost)

Velikost vozlišč (in velikih besedilnih oznak) kaže na njihovo pogostost in povezanost, s čimer se poudarja njihov pomen v omrežju:

- »Izobraževanje učiteljev« (splošni osrednji izraz): Velika velikost besedila kaže, da je to najpomembnejša in najpogostejša ključna beseda v celotnem nizu podatkov, ki služi kot osrednja tema za vse raziskave.
- »Izobraževanje učiteljev« (splošni osrednji izraz): Podobno velika velikost tega izraza poudarja njegov izjemen pomen, zlasti v bolj uporabnih in na spretnosti usmerjenih vidikih razvoja učiteljev.
- »Strokovni razvoj« (modra skupina): Kot veliko modro vozlišče označuje svojo ključno vlogo v pedagoških in temeljnih vidikih izobraževanja učiteljev, saj predstavlja osrednji proces za rast učiteljev in neprekinjeno učenje.
- »Učitelj« (zelena skupina): Veliko zeleno vozlišče poudarja neposreden poudarek na samih izobraževalcih v sodobnem področju spretnosti in usposabljanja.
- »Učenje« (modra skupina): Veliko modro vozlišče poudarja, da je proces učenja (tako za učitelje kot za učence) temeljni vidik raziskovalnega toka »izobraževanje učiteljev«.
- »Visokošolsko izobraževanje« (zelena skupina): Srednje velika zelena vozlišča, ki kažejo pomembno vlogo univerzitetnega okolja pri zagotavljanju sodobnega in tehnološko usmerjenega usposabljanja učiteljev.

Ključni vpogledi v razvoj veščin:

- Dopolnilni raziskovalni tokovi: Mreža jasno opredeljuje dve glavni, vendar med seboj povezani raziskovalni področji na področju razvoja učiteljev. Eden od tokov se osredotoča na temeljne, pedagoške in celostne vidike »izobraževanja učiteljev«, drugi pa poudarja praktično »usposabljanje učiteljev« z močnim poudarkom na sodobnih tehnologijah in veščinah.
- Most poklicnega razvoja: Močna konceptualna povezanost »poklicnega razvoja« v obeh skupinah poudarja njegov splošni pomen. To kaže, da raziskovalci razumejo razvoj učiteljev kot neprekinjen proces, ki obsega tako teoretično podlago kot pridobivanje praktičnih veščin, ne glede na specifičen izobraževalni kontekst.
- Pojav digitalnega fokusa: Pomembnost »digitalne kompetence«, »tehnologije« in celo »umetne inteligence« v zeleni skupini kaže na pomembno in rastoče področje raziskav, ki se osredotoča na pripravo učiteljev na zahteve digitalno spreminjajočega se izobraževalnega okolja.
- Priložnosti za sintezo: Čeprav so skupnosti različne, niso izolirane. Mreža razkriva skupne povezave in skupni cilj izboljšanja učiteljskega poklica. Ta vizualizacija lahko raziskovalcem pomaga pri poglobljenem raziskovanju, kako lahko temeljne pedagoške teorije (iz modre skupine) obogatijo in se vključijo v oblikovanje digitalne pismenosti in usposabljanja učiteljev na področju UI (iz zelene skupine). Takšno medskupinsko raziskovanje bi lahko pripeljalo do bolj celostnih in učinkovitih programov razvoja učiteljev.

Lahko zaključimo, da ta mreža sočasnih pojavov ponuja jasno vizualno predstavitev osrednjih tem in njihovih medsebojnih povezav znotraj področja, pri čemer poudarja dinamično medsebojno delovanje temeljnih pedagoških načel in spreminjajočih se praktičnih zahtev, ki jih združuje splošni cilj neprekinjenega razvoja učiteljev.

Kompetence za pospeševanje prehoda k trajnostnosti

Iskalni niz je bil konstruiran na podlagi osmih kompetenc pospeševanja prehoda k trajnostnosti, kot sta ga definirala Redman in Wiek (2021), pri čemer smo sintaktično upoštevali pravila baze Web of Science (WoS) (operaterji TS=, AND/OR, omejitve z zvezdicami in narekovaji). Iskalni niz (v angleškem jeziku) se je glasil:

»((((TS=(("systems thinking" OR "system thinking" OR "systems-thinking" OR "systemic thinking" OR "systems approach" OR "complex systems" OR "interconnected system*")) OR TS=(("futures thinking" OR "futures-thinking" OR "anticipatory competence" OR "anticipatory thinking" OR "visioning")) OR TS=(("values thinking" OR "values-thinking" OR "normative competence" OR "normative thinking" OR "ethical competence" OR "moral principle*")) OR TS=(("strategies thinking" OR "strategies-thinking" OR "strategic competence" OR "strategic thinking" OR "sustainability strateg*" OR "action plan*" OR "change strateg*")) OR TS=(("interpersonal competence" OR "inter-personal competence" OR "interpersonal skill*" OR "collaborative teamwork" OR "engagement" OR "cross-cultural collaboration" OR "conflict resolution" OR "empathic leadership")) OR TS=(("intrapersonal competence" OR "intra-personal competence" OR "self-awareness" OR "self-regulation" OR "personal resilience" OR "emotional competence" OR "self-care")) OR TS=(("integration competence" OR "integrative competence" OR "integration thinking" OR "problem solving" OR "holistic competence" OR "transdisciplinary integration" OR "systems integration")) OR TS=("implementation competence" OR "implement* competenc*" OR "action competence" OR "action-oriented competence" OR "strategic action competence" OR "execution competence" OR "operational competence")))) AND (TS=("teacher education" OR "teacher training" OR "teacher education program*" OR "pre-service teacher*" OR preservice teacher* OR STEM OR technology education OR mathematical education OR science education OR computer* science education OR engineering education OR home economics))) AND (TS=("higher education" OR universit* OR college*))«

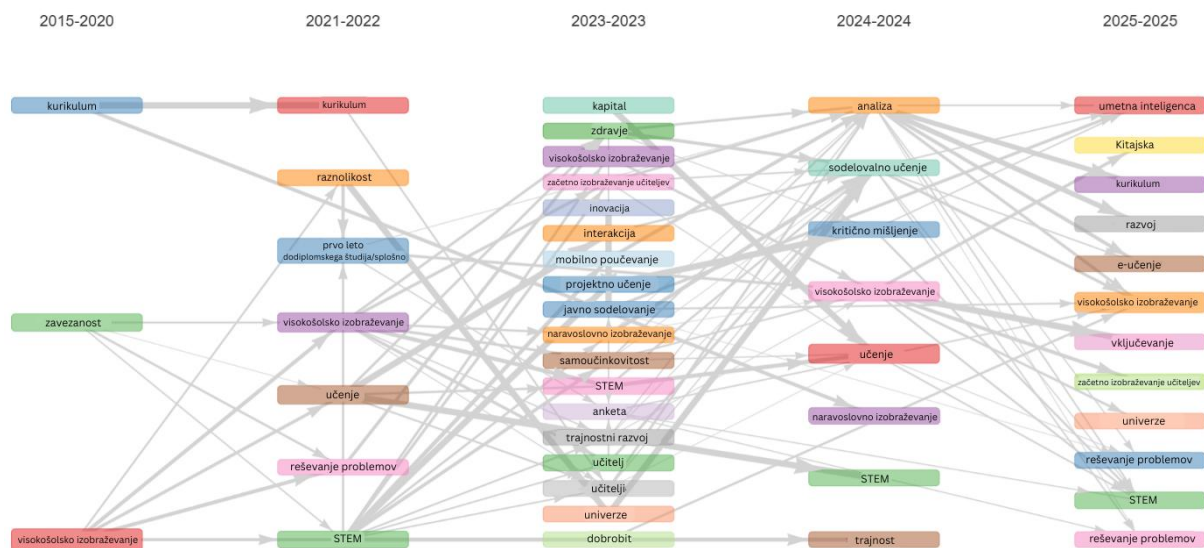
Časovno okno za iskalni niz je bilo nastavljen od leta 2015 do 2025. S tem zajamemo zadnjih deset let, ki zaznamujejo najintenzivnejše tehnološke, okoljske in družbene preobrate. Vrste dokumentov, ki smo jih vključili v analizo, so bile: »Article«, »Early Access« in »Review«; konferenčni prispevki so bili izključeni, ker pogosto nimajo stabilne citatne dinamike. Jezik virov je bila angleščina; drugi jeziki (vključno s slovenščino) so bili vključeni zgolj, kadar WoS nudi angleški povzetek in ključne besede. Po odstranitvi podvojenih zapisov in ročnem čiščenju podatkov (npr. konsolidacija različnih zapisov iste revije) smo pridobili $N = 7701$ relevantnih zapisov, ki tvorijo analizni korpus.

Pregledna statistika zbranih podatkov nam razkrije, da je bilo v letih 2015–2024 na področju raziskav kompetenc prihodnjih učiteljev, ki spodbujajo trajnostne preobrazbe, najdenih 11827 dokumentov v 2010 virih. Letna rast objav je znašala 20,19 %. Najdemo tudi 25733 avtorjev, ki so večinsko pisali članke v povezavi s soavtorji (3,92), medtem ko je bilo samostojnih avtorjev le 1521. Mednarodno avtorstvo predstavlja 21,09 % vseh možnih zadetkov. Vsak dokument je v povprečju zbral kar 14,03 citata, kar je dostojen podatek z ozirom na povprečno starost objave članka (3,2 leta). V analizo bomo tako lahko vzeli 16861 ključnih besed avtorjev in 300 387 referenc.

V nadaljevanju se lotimo razvojnega pregleda tematike kompetenc za trajnostne preobrazbe na področju izobraževanja učiteljev. Slika 13, ki prikazuje razvoj tem, ponuja odličen pregled

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

nad tem, kako so se raziskovalne teme v zadnjem desetletju spreminjale in med seboj povezovale.



Slika 13: Razvoj tematike kompetence trajnostnih preobrazb v izobraževanju učiteljev

Iz diagrama lahko razberemo osnovne teme na področju trajnostnih preobrazb, in sicer:

- Visokošolsko izobraževanje: Ta tema je izjemno stabilna in prisotna v vseh obdobjih, začnši kot temeljni koncept, ki ostaja osrednji. Razveja se in povezuje s številnimi razvijajočimi se temami, kar kaže na njeno vseprisotno pomembnost.
- Učenje in izobraževanje: Podobno kot »visokošolsko izobraževanje« so ti izrazi temeljni in se dosledno povezujejo med obdobji, kar kaže na njihov trajen pomen kot osrednjih konceptov na tem področju.
- Vključevanje: Sprva izrazito prisotno (2015–2020), v poznejših obdobjih za kratek čas izgubi vidno pomembnost, vendar se ponovno močno pojavi, pogosto v povezavi z »visokošolskim izobraževanjem« in »učenjem«, kar kaže na neprekinjeno osredotočenost na vključevanje študentov in udeležencev.
- Kurikulum: Ostaja dosleden, čeprav včasih manjši; rdeča nit skozi vsa obdobja. Njegove povezave se spreminjajo, kar kaže, da je sam pojem stabilen, kontekst in pristopi k raziskavam kurikuluma pa se razvijajo.
- Reševanje problemov: Pojavi se okoli leta 2021–2022 in ohranja svojo prisotnost, pogosto v povezavi z »učenjem« in »STEM«, kar kaže na vse večji poudarek na praktičnih, na kompetencah temelječih rezultatih.

Razberemo pa lahko tudi nastajajoče smernice:

- STEM (naravoslovje, tehnika, inženirstvo, matematika): Od 2021–2022 dalje se jasno in močno pojavlja, širi svoje povezave in postaja pomembno področje raziskav. To odraža globalni poudarek na interdisciplinarnem izobraževanju.
- Teme, ki jih poganjajo tehnologije: »Umetna inteligenca«, »ChatGPT«, »Metaverse« in »Navidezna resničnost« so izrazite nove teme, zlasti v poznejših obdobjih (2024–2025). To kaže na hiter in pomemben premik k vključevanju naprednih tehnologij v raziskave na področju izobraževanja.
- Sodelovalno učenje in kritično mišljenje: pojavijo se okoli leta 2024 in poudarjajo vse večje zanimanje za aktivne, participativne pedagoške pristope.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Trajnost in dobro počutje: pojavijo se okoli leta 2023 in odražajo širšo družbeno in akademsko zaskrbljenost za celostni razvoj in odgovornost do okolja v izobraževanju.
- Raznolikost in enakost: pojavijo se v letih 2021–2022 in ostajajo, kar kaže na vse večjo pozornost do socialne pravičnosti in vključevanja v izobraževalnih kontekstih.

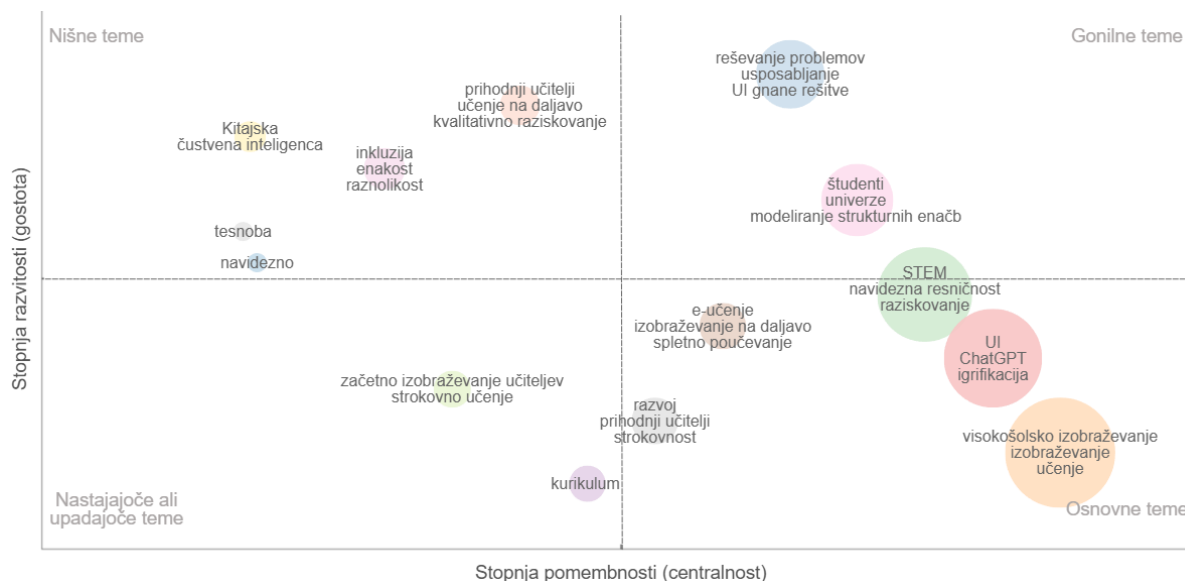
Tematika pa ima tudi različno pomembnost skozi obdobja. Premik/upad pomembnosti zaznamo kot:

- Izboljšanje poučevanja v razredu: prisotno v letih 2015–2020, v poznejših obdobjih se ne pojavlja neposredno, kar kaže na prehod od splošnega izboljševanja poučevanja v razredu k bolj specifičnim pedagoškim pristopom (npr. sodelovalno učenje, reševanje problemov, vključevanje tehnologije).
- Motivacija in izobraževanje učiteljev (splošno): Medtem ko »začetno izobraževanje učiteljev« ostaja stabilno, se zdi, da se širše »izobraževanje učiteljev« bolj integrira v »visokošolsko izobraževanje« ali specifične STEM kontekste, namesto da bi ostalo samostojno kot velik tok.
- »Analiza« in »raziskovanje« kot samostojni temi: Medtem ko se *metode* raziskovanja lahko razvijajo, se splošni izrazi »analiza« in »raziskovanje« lahko vključijo v bolj specifična področja.

Še posebno je zanimivo zadnje obdobje, leto 2025 (slika 14). Slika 14 je bila ustvarjena s pomočjo programske opreme Canva (Canva Pty Ltd, 2025). S slike lahko razberemo in opredelimo:

- Gonilne teme: reševanje problemov, usposabljanje, UI-gnane rešitve, študenti, univerze in modeliranje strukturnih enačb. Pojav »umetne inteligence« kot glavne teme, skupaj z »reševanjem problemov«, poudarja jasno prihodnjo usmeritev, osredotočeno na napredno tehnologijo in praktična znanja. »Modeliranje strukturnih enačb« kot glavna tema nakazuje vse večjo metodološko izpopolnjenost na tem področju.
- Osnovne teme: STEM, navidezna resničnost, raziskovanje, UI, ChatGPT, igrifikacija, e-učenje, izobraževanje na daljavo, spletno poučevanje, visokošolsko izobraževanje, izobraževanje in učenje. »UI«, »ChatGPT« in »navidezna resničnost« so se hitro prelevili iz neobstoječih v osnovne teme, kar pomeni, da postajajo temeljni elementi raziskovalnega prostora. To predstavlja ogromen premik.
- Nišne teme: prihodnji učitelji, učenje na daljavo, kvalitativno raziskovanje, Kitajska, čustvena inteligenca, inkluzija, enakost, raznolikost, tesnoba in navidezno. Čeprav so se nekatere teme, kot sta »enakost« in »raznolikost«, pojavile že v prejšnjih obdobjih, ostajajo tudi tokrat v niši, kar kaže, da so specializirane, vendar še niso tako osrednje kot tehnološko usmerjene teme. »Kvalitativno raziskovanje«, ki se pojavlja tukaj, kaže na posebno metodološko zanimanje.
- Nastajajoče ali upadajoče teme: Začetno izobraževanje učiteljev, strokovno učenje in kurikulum. Uvrstitev »kurikuluma« na to mesto lahko kaže, da je kljub stalni prisotnosti njegovo dinamično raziskovalno področje manj izrazito kot hitro razvijajoča se področja, usmerjena v tehnologijo in spretnosti.

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo



Slika 14: Prikaz razvoja tematike kompetenc trajnostne preobrazbe v izobraževanju učiteljev s poudarkom na obdobju 2025–2025, s poudarkom na stopnji pomembnosti in gostoti (stopnji razvitosti) tematike

Splošne trende in strateške implikacije lahko povzamemo v naslednjih točkah:

1. Digitalna transformacija kot novo jedro: Najbolj izrazit trend je hiter vzpon tehnoloških tem, od »spletnega učenja« med pandemijo do »umetne inteligence«, »ChatGPT«, »metaverse« in »navidezne resničnosti«, ki so postali gonilna sila in osnovne teme v poznejših obdobjih. To pomeni, da je prihodnost raziskav na področju izobraževanja neločljivo povezana z naprednimi digitalnimi tehnologijami.
2. Trajna relevantnost temeljnih pedagoških konceptov: Kljub tehnološkim spremembam ostajajo »visokošolsko izobraževanje«, »izobraževanje«, »učenje«, »vključevanje« in »izobraževanje učiteljev« temeljni, stabilni stebri raziskovalnega prostora. To kaže, da se orodja in konteksti spreminjajo, temeljna načela poučevanja in učenja pa ostajajo nespremenjena.
3. Od splošnih k specifičnim pedagogikam: Področje se je premaknilo od splošnega »izboljševanja poučevanja v učilnici« k bolj specifičnim in razvitim »sodelovalnemu učenju«, »reševanju problemov« in »vključevanju študentov«, pri čemer je poudarek na aktivnih, na učenca osredotočenih pristopih.
4. Vzpon interdisciplinarnih in družbenih vprašanj: Dosledna prisotnost in občasno pojavljanje »STEM«, »trajnosti«, »blaginja«, »raznolikost« in »enakost« kažejo na širjenje obsega izobraževalnih raziskav, ki se ukvarjajo s širšimi družbenimi izzivi in meddisciplinarnimi povezavami.
5. Metodološka evolucija: Pojav »bibliometrije« kot nišne teme kaže na vse večjo samozavest in metodološko izpopolnjenost na tem področju, kjer raziskovalci vse bolj analizirajo sam raziskovalni proces. Pojav »modeliranja strukturnih enačb« kot gonilne teme v zadnjem obdobju kaže tudi na vse večjo pomembnost naprednih kvantitativnih metod.
6. Spreminjajoč se pomen »kurikuluma«: Čeprav je »kurikulum« vedno prisoten, se zdi, da se v zadnjem obdobju iz bolj osrednje vloge premika v »nastajajočo/upadajočo« temo. To bi lahko pomenilo, da v primerjavi z UI/VR ni več primarno področje *dinamičnih* inovacij, ampak temeljni element, ki se predpostavlja v širših izobraževalnih kontekstih.

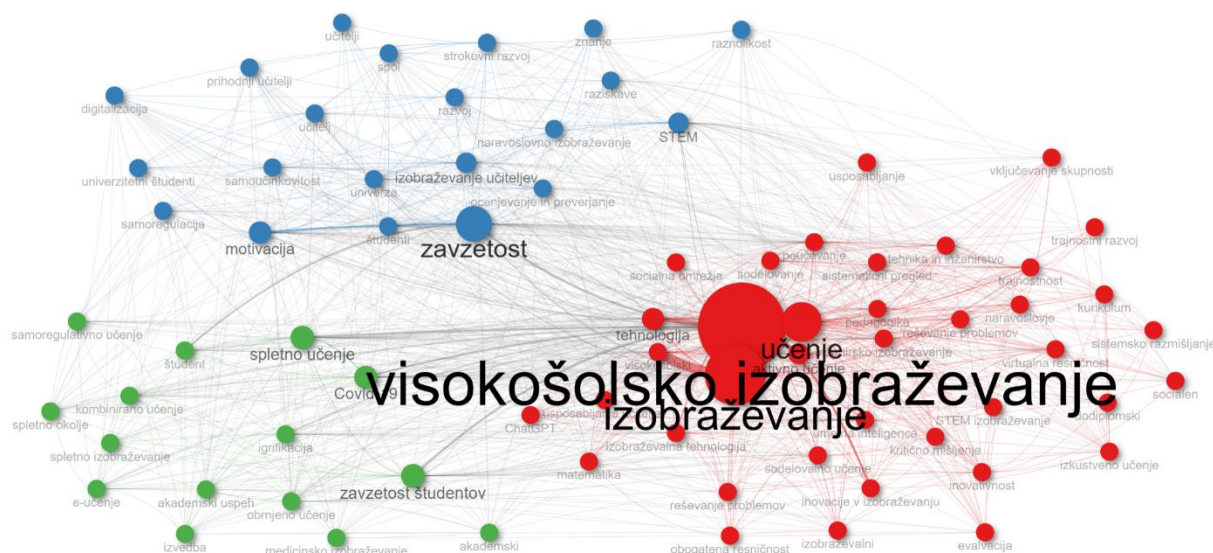
Smernice za raziskovalce lahko opredelimo večplastno, in sicer:

- Za najnovejše raziskave: Osredotočite se na posledice UI, ChatGPT, metaverse in navidezne resničnosti v izobraževalnih okoljih. Raziskujte njihove pedagoške aplikacije, etične vidike in vpliv na učne rezultate.
- Za temeljni vpliv: Nadaljujte s prispevki na ključnih področjih visokega šolstva, izobraževanja in učenja, vendar kritično preučite, kako ta področja preoblikujejo nastajajoče tehnologije in razvijajoče se pedagoške prakse (npr. učenje, izboljšano z UI, personalizirano izobraževanje).
- Za specializirano strokovno znanje: Raziskujte nišne teme, kot so enakost, raznolikost, dobro počutje, duševno zdravje ali posebne kvalitativne raziskovalne metodologije. Ta področja sicer niso vedno osrednja, vendar so ključna za reševanje posebnih izzivov in prispevek k bolj vključujočemu in učinkovitemu izobraževalnemu sistemu.
- Razmislek o interdisciplinarnih pristopih: Močna prisotnost »STEM« in »trajnosti« kaže na plodno področje za raziskave, ki povezujejo izobraževalne študije z drugimi znanstvenimi in družbenimi področji.
- Spremljajte »upadajoče« teme: Vprašanje se pojavi, zakaj so nekatere teme (npr. »kurikulum« v letu 2025) morda manj pomembne. Ali to pomeni, da so manj pomembne ali da je raziskovanje dozorelo do točke, ko se je poudarek preusmeril na podkomponente ali aplikacije znotraj teh tem? To lahko privede do novih raziskovalnih vprašanj o njihovi spreminjajoči se vlogi.

Ta celovita analiza splošnih trendov in strateških zemljevidov naj bi zagotovila trdno podlago za kritično razpravo in prihodnje raziskovalne smernice.

Analiza mreže sočasnega pojavljanja ključnih besed avtorjev na temo »Kompetence za pospeševanje prehoda k trajnosti« zagotavlja na dokazih temelječo karto konceptualne strukture področja, ki prikazuje skupine, povezave in osrednjo vlogo idej, namesto izoliranih tem (npr. sistemi, predvidevanje, normativnost, strategija, medosebni odnosi), ki jih je treba namerno vključiti v kurikulum izobraževanja učiteljev (Wiek idr., 2011; Redman in Wiek, 2021). Ker omrežja ključnih besed omogočajo vidnost skritih struktur, podpirajo konstruktivno usklajevanje – povezovanje želenih učnih izidov s pedagogiko in ocenjevanjem –, tako da oblikovanje študijskih programov odraža medsebojno povezanost kompetenc v sedanjem znanstvenem delu (slika 15). Metode in orodja za kartiranje znanosti programom omogočajo tudi prepoznavanje nastajajočih in upadajočih tem, kar omogoča pravočasne posodobitve in preprečuje odmikanje kurikuluma (Waltman idr., 2010; Zupic in Čater, 2015).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Slika 15: Omrežje sočasne pojavnosti ključnih besed kompetenc trajnostnih preobrazb v znanstvenih delih obdobja 2015–2025 za področje izobraževanja prihodnjih učiteljev

»Bele lise« v omrežju (šibko povezani ali odsotni vozli) se pretvarjajo v izvedljive vrzeli – na primer agentnost, etično razmišljanje ali razmišljanje o prihodnosti –, ki jih je mogoče obravnavati s ciljnim učnim izidi in praktičnimi izkušnjami (Rieckmann, 2012). Analiza tudi operacionalizira smernice politike: učni cilji UNESCO vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj (VITR) zahtevajo oblikovanje na podlagi kompetenc v vseh ciljih trajnostnega razvoja, rezultati mreže pa pomagajo te cilje prenesti v konkretne module in ocene v izobraževanju učiteljev (UNESCO, 2017). Nazadnje, uporaba mreže kot pedagoškega artefakta spodbuja sistemsko pismenost – pomaga bodočim učiteljem razmišljati o kompleksnosti in medsebojni odvisnosti – in povezuje okvire kompetenc (vključno s tremi nastajajočimi: intrapersonalno, izvedbeno, integracijsko) z močnimi učnimi okolji za VITR (Brundiers idr., 2021; Sinakou, idr., 2019).

Splošna struktura omrežja in njegova osredinjenost na sliki 16 razkriva naslednje:

- **Dominantno vozlišče:** Najbolj izrazita značilnost tega omrežja je ogromno vozlišče »visokošolsko izobraževanje«, ki je nameščeno v središču. Njegova velikost pomeni, da je to najpogostejša in osrednja avtorjeva ključna beseda v vašem nizu podatkov. To takoj potrjuje, da je vaša zbirka v veliki meri osredotočena na različne vidike visokošolskega izobraževanja, ki je temeljna in povezovalna tema za vse druge ključne besede.
- **Povezanost:** Omrežje je zelo medsebojno povezano, kar kaže, da so raziskovalne teme sicer različne, vendar niso ločene. Obstajajo jasne povezave in prekrivanja, ki kažejo na multidisciplinarno ali interdisciplinarno naravo širokega področja visokega šolstva.
- **Gostota:** Omrežje je gosto, zlasti okoli osrednjega vozlišča »visoko šolstvo«, z mnogimi robovi, ki povezujejo ključne besede, kar kaže na močne sočasne pojavnosti in tematsko koherenco znotraj posameznih skupin.

Algoritem »walktrap« je uspešno identificiral tri različne skupnosti, vsaka predstavljena z drugo barvo, ki nakazujejo pomembne raziskovalne teme ali podpodročja v okviru študij visokega šolstva:

1. Rdeča skupnost (jedro inovacij in tehnologije v visokem šolstvu):

- Ključne besede: »visokošolsko izobraževanje« (osrednja), »tehnologija«, »aktivno učenje«, »kurikulum«, »inovacije«, »izobraževalne inovacije«, »reševanje problemov«, »študijski program«, »izkustveno učenje«, »ocenjevanje«, »trajnostni razvoj«, »sistemsko mišljenje«, »vključevanje skupnosti«, »usposabljanje«, »poučevanje«, »umetna inteligenca«, »navidezna resničnost«, »povečana realnost«, »izobraževanje na področju STEM«, »socialno«, »etika«, »inženiring«, »trajnost«.
- Interpretacija: To je največja in najpomembnejša skupnost, ki predstavlja glavni poudarek raziskav, neposredno povezanih s pedagoškimi napredki, tehnološko integracijo in širšo družbeno vlogo visokega šolstva. Obsega različne teme, kot so:
- Pedagoški pristopi: aktivno učenje, izkustveno učenje, reševanje problemov in splošne metode poučevanja.
- Nove tehnologije: UI, navidezna resničnost, razširjena resničnost in tehnologija na splošno, kar kaže na močan poudarek na digitalni transformaciji v učenju in poučevanju.
- Kurikulum in evalvacija: Raziskave o tem, kaj se poučuje (kurikulum) in kako se to ocenjuje (evalvacija).
- Širši družbeni vpliv: Trajnostni razvoj, trajnost, vključevanje skupnosti in sistemska miselnost poudarjajo vlogo visokega šolstva pri reševanju globalnih izzivov in povezovanju z družbo.
- Posebne discipline: Izobraževanje na področju STEM, inženiring in družbene vede kažejo na uporabo ali kontekst teh inovacij.

2. Modra skupnost (izobraževanje učiteljev, strokovno izpopolnjevanje in vključevanje):

- Ključne besede: »izobraževanje učiteljev« (osrednja), »vključevanje«, »učitelji pred zaposlitvijo«, »učitelji«, »strokovno izpopolnjevanje«, »motivacija«, »samoučinkovitost«, »znanje«, »raziskave«, »STEM«, »naravoslovno izobraževanje«, »študenti«, »digitalno«.
- Interpretacija: Ta skupnost se osredotoča na strokovne vidike izobraževalcev v sistemu visokega šolstva. Poudarja teme, ki so ključne za razvoj, podporo in razumevanje učiteljev:
- Razvoj učiteljev: »Izobraževanje učiteljev«, »učitelji v pripravnosti«, »učitelji« in »strokovno izpopolnjevanje« so osrednji pojmi, ki poudarjajo usposabljanje in neprekinjeno rast.
- Psihološki dejavniki: »Motivacija« in »samoučinkovitost« kažejo na raziskave notranjih dejavnikov in prepričanj, ki vplivajo na učinkovitost poučevanja in dobro počutje učiteljev.
- Vključenost: »Vključenost« je tukaj ključna povezava, ki kaže, kako vključenost učiteljev vpliva na različne vidike njihovega poklicnega življenja in rezultate učencev.
- Raziskave in znanje: »Raziskave« in »znanje« kažejo na študije o pedagoški stroki in učenju ter o tem, kako se znanje pridobiva in širi med izobraževalci.
- Konteksti: »STEM«, »znanstveno izobraževanje« in »univerzitetni študenti« zagotavljajo specifične disciplinske in ciljne kontekste za to raziskavo. »Digitalno« nakazuje tudi integracijo tehnologije v usposabljanje učiteljev.

3. Zelena skupnost (spletno učenje, izkušnje študentov in vpliv COVID-19):

- Ključne besede: »spletno učenje« (osrednja), »vključenost študentov«, »COVID-19«, »samoregulirano učenje«, »mešano učenje«, »e-učenje«, »igrifikacija«, »akademski uspeh«, »obrnjena učilnica«, »medicinsko izobraževanje«, »uspešnost«, »akademski«.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Interpretacija: Ta skupnost se izrecno ukvarja z načini učenja in izkušnjami študentov, na katere so vplivali predvsem nedavni svetovni dogodki.
- Načini učenja: Osrednji pojmi so »spletno učenje«, »mešano učenje« in »e-učenje«, kar kaže na močan poudarek na digitalnih in hibridnih učnih okoljih. S tem povezan pedagoški pristop je tudi »obrnjena učilnica«.
- Izkušnje študentov: »Vključenost študentov«, »samoregulirano učenje«, »akademski uspeh« in »uspešnost« (splošno) poudarjajo raziskave o tem, kako študenti sodelujejo v teh učnih okoljih in kako so v njih uspešni.
- Zunanji vpliv: Vključitev »COVID-19« je zelo pomembna. To močno nakazuje, da je znaten del raziskav v tej skupini spodbudil ali se osredotočil na vpliv pandemije na izobraževanje, zlasti na hiter prehod na spletno in mešano učenje ter njegove posledice za vključenost študentov in njihove rezultate.
- Specifična uporaba: »Medicinsko izobraževanje« označuje specifično področje, na katerem se ti pristopi spletnega in mešanega učenja proučujejo ali izvajajo.

Poleg velikih osrednjih vozlišč znotraj vsake skupnosti več izrazov oz. ključnih besed deluje kot ključni mostovi ali predstavlja prevladujoče teme:

- »Visokošolsko izobraževanje«: Kot že omenjeno, je to končno supervozlišče, ki povezuje vse skupnosti. Raziskave na vseh opredeljenih področjih se na koncu vključijo v širši diskurz o visokošolskem izobraževanju.
- »Vključenost/zavzetost«: Ta izraz se pojavlja kot veliko vozlišče v modri skupnosti in je močno povezan z »vključenostjo študentov« v zeleni skupnosti. Deluje kot pomemben konceptualni most, ki poudarja univerzalni pomen vključenosti – naj gre za vključenost učiteljev, študentov ali skupnosti – kot ključnega dejavnika v različnih izobraževalnih kontekstih in vlogah.
- »Tehnologija«: Čeprav je najbolj izrazita v rdeči skupnosti, njena osrednja pozicija in povezave kažejo na njen vpliv na vse vidike visokega šolstva, saj vpliva na metode poučevanja, razvoj učiteljev in načine učenja študentov.
- »COVID-19«: Njena pomembna prisotnost v zeleni skupnosti je jasen pokazatelj nedavnega in vplivnega zunanjega dogodka, ki je spremenil raziskovalne prioritete, zlasti na področju učenja na daljavo, kar dokazuje dinamično naravo raziskovalnih področij.

Ta mreža sočasnih pojavov razkriva živahno in razvijajoče se raziskovalno okolje v visokem šolstvu. Področje je tesno povezano z:

1. Pedagoškimi inovacijami in integracijo tehnologije: spodbujanje novih metod poučevanja in uvajanje digitalnih orodij (UI, VR, AR).
2. Strokovnostjo in blaginjo izobraževalcev: osredotočenost na usposabljanje učiteljev, motivacijo in strokovni razvoj.
3. Prilagodljive metode učenja in uspešnost študentov: močno vplivajo nedavni svetovni dogodki (COVID-19) in raziskovanje učinkovitih spletnih in mešanih učnih okolij, skupaj z dejavniki, ki vplivajo na vključenost in uspešnost študentov.

Splošna tema »visokošolsko izobraževanje« povezuje ta področja, medtem ko »vključenost« in »tehnologija« predstavljata ključna medsektorska pojma.

Ta mreža ponuja odlično izhodišče za raziskovanje zapletenega sveta raziskav na področju visokega šolstva.

Diskusija

Raziskava je v večplastni, a metodološko koherentni zasnovi povezala pregledno-analitični pristop z bibliometrijo in Delfi metodo ter tako omogočila pot od »kartiranja polja« do »odločitev v praksi«. Bibliometrija je delovala kot makro-optika: s so-pojavnostjo ključnih besed, analizo so-citiranja in tematsko evolucijo je sistematično kartirala trende, vplivne vire in intelektualne tokove ter vzpostavila dokazno podlago za izbor prioritet (Donthu idr., 2021). Delfi metoda je delovala kot mikro-optika: v več iteracijah je konsolidirala in rangirala ključne dejavnike kakovostnega izobraževanja bodočih učiteljev, s čimer je heterogena strokovna presoja prešla v strukturiran konsenz o pomembnosti didaktičnih vidikov, tehnološkega okolja (vključno z odgovorno rabo UI), psiholoških spretnosti ter notranjega in zunanjega konteksta izobraževanja. Dvojni okvir – kvantitativna bibliometrija za zaznavo »kaj se v polju dogaja« in kvalitativni Delfi za utemeljitev »kaj je treba najprej narediti« – je analitično robusten in aplikativno uporaben: na eni strani zmanjšuje pristranskost posameznih študij z agregacijo vzorcev na ravni korpusa, na drugi strani pa premošča vrzel med raziskovalnimi uvidi ter kurikularnimi in organizacijskimi odločitvami s hierarhizacijo izvedbenih prioritet. Tak pristop je skladen z razumevanjem poučevanja kot »znanosti oblikovanja«, v kateri tehnologija ni cilj, temveč posrednik, ki ga je treba prevesti v pedagoško smiselne dejavnosti, kriterije in povratne informacije (Laurillard, 2012). Uveljavljena prevodnika tega prenosa sta TPACK – presečišče predmetnega, pedagoškega in tehnološkega znanja (Koehler in Mishra, 2009) – ter SAMR – razvojna pot od zamenjave do redefinicije učnih nalog (Puentedura, 2006, 2014). V predlagani arhitekturi rezultati bibliometrije usmerijo fokus (npr. porast tem UI/GenUI, analitika učenja, vključenost), Delfi pa ta fokus operacionalizira v zaporedje korakov, ki jih lahko programi izobraževanja učiteljev prevedejo v kurikularne module, didaktične pristope in podporne politike.

Epistemološki lok prispevka dodatno utrjuje večrazsežno merilno ogrodje, ki združuje štiri komplementarne dimenzije – didaktično, tehnološko, okoljsko in psihološko – ter omogoča »zaprto zanko« med načrtovanjem in preverjanjem učinkov. Na didaktični ravni predlaga kazalnike konceptualne spremembe in kakovosti nalog (npr. rubrike, konceptni zemljevidi, stopnja kognitivne zahtevnosti); na tehnološki ravni združuje podatkovne sledi in uporabnost (npr. raba orodij, odzivni časi, skladnost AI-ocenjevanja s presojo učitelja); na okoljski ravni obravnava organizacijske in prostorske pogoje (npr. dostop do virov, omrežja sodelovanja); na psihološki ravni spremlja motivacijo, samoregulacijo, samoučinkovitost in kognitivno obremenitev. Tak štirirazsežni nabor kazalnikov omogoča preseganje tehnocentrizma (orodja brez pedagogike) in voluntarizma (metode brez dokazov), saj vsak didaktični poseg dobi spremljajoče, z dokazi podprte metrike, na podlagi katerih se učni scenariji iterativno izboljšujejo. V praksi to pomeni, da bibliometrični uvidi definirajo problemski prostor, Delfi hierarhizira rešitve, TPACK in SAMR vodita oblikovanje nalog ter vlogo tehnologije v njih, večrazsežno merjenje pa zagotavlja transparentno evalvacijo učinkov in povratno informacijo za naslednji ciklus prenove. S tem je prispevek metodološko usklajen in izvedbeno naravnan: ugotovitve ne ostanejo na ravni opisa stanja, temveč se v preverljivi obliki preslikajo v kurikularne in organizacijske odločitve v izobraževanju učiteljev.

V nadaljevanju odgovorjamo na zastavljena raziskovalna vprašanja (RV1–5).

RV1: Kateri temeljni sklopi dejavnikov (pedagoški, okoljski, tehnološki, psihološki) se v obstoječi literaturi izkazujejo kot najpomembnejši za kakovost izobraževanja bodočih učiteljev za trajnostni razvoj v razmerah hitrih, tehnološko pogojenih sprememb?

V najnovejši literaturi je kakovost predhodnega usposabljanja učiteljev za trajnostni razvoj odvisna od štirih medsebojno povezanih dejavnikov: pedagoških (kako oblikujemo in izvajamo učenje), okoljskih (institucionalni in družbeno-strukturni pogoji), tehnoloških (orodja, okviri in digitalne prakse) in psiholoških (motivacija, samoučinkovitost, nagnjenosti). Področje se je razvilo od raznolikih inovacij do bolj sistematičnega pogleda, v katerem se izobraževanje učiteljev za trajnostni razvoj obravnava kot nišna inovacija s potencialom za širjenje v glavni tok izobraževanja učiteljev prek namenske zasnove učnih okolij, pozornosti do lastnosti učencev in usmeritev v spremembe sistemov (Fischer idr., 2022). Hkrati pa obsežni dokazi kažejo na spremenljivost in na splošno skromno sprejemanje integracije tehnologije in pedagogike v izobraževanju učiteljev, kar poudarja potrebo po uskladitvi institucionalnih praks s temi ambicijami (Voithofer in Nelson, 2020).

Pedagoški dejavniki

Visokokakovostna priprava bodočih učiteljev v trajnostno usmerjenih, tehnološko bogatih kontekstih temelji na oblikovanju učenja, ki je izkustveno, usmerjeno v raziskovanje in integrativno med disciplinami. Literatura opozarja na štiri pomembne pedagoške prednostne naloge:

1. Medpredmetno in transdisciplinarno oblikovanje
Medpredmetno načrtovanje pouka znatno poglobi celostno razumevanje trajnostnega razvoja pri bodočih učiteljih in okrepi njihovo sposobnost za izvajanje načel trajnostnega razvoja na načine, ki odražajo medsebojno povezanost izzivov trajnostnega razvoja (Özdemir-Yilmazer, 2025).
2. Izkušnje in učenje, vključujoče skupnosti
Izkušenske pedagogike (npr. učenje s sodelovanjem skupnosti) so učinkovite pri razvijanju kompetenc trajnosti, saj zaznamujejo prehod od kurikuluma kot vsebine k kurikulumu kot izkušnji z avtentičnimi problemskimi konteksti (Rodríguez-Zurita idr., 2024).
3. Oblikovanje/snovanje za inovacije in višje ravni mišljenja
Naloge sooblikovanja, ki zahtevajo idejno zasnovo, ponavljanje in povratne informacije vrstnikov, spodbujajo inovativnost poučevanja z IKT, kar se kaže v opaznih koristih v smislu uporabnosti in izvirnosti zasnov pouka (Chen idr., 2022).
Digitalno pripovedovanje zgodb vključuje načrtovanje, reševanje problemov in argumentacijo ter podpira razvoj kritičnega mišljenja, saj učitelji ustvarjajo digitalne artefakte z retoričnim namenom (Isaacs idr., 2024).
4. Tehnološko posredovano sodelovalno raziskovanje
Pobude za virtualno izmenjavo razvijajo tehnološko podprte sodelovalne prakse in prispevajo k zaznavnemu rasti tehnološko-pedagoškega znanja o vsebini (TPACK), hkrati pa razkrivajo, kdo morda potrebuje dodatno podporo pri spletnem medkulturnem sodelovanju (Rets idr., 2020).

Skupaj te pedagoške značilnosti poudarjajo avtentične naloge, sodelovanje in refleksijo, ki povezujejo kompetence trajnosti z digitalno bogatim oblikovanjem in izvajanjem poučevanja.

Okoljski dejavniki

Okoljski pogoji – znotraj institucij za izobraževanje učiteljev in v njihovih širših ekosistemih – oblikujejo izvajanje pedagoških namer:

1. Institucionalno ozračje in usklajevanje politik

Šolsko okolje posredno vpliva na integracijo tehnologije, saj oblikuje odnos učiteljev, ki nato napoveduje dejansko integracijo; to poudarja pomen podpornih norm, vodstvenih sposobnosti in usklajenosti politik pri gojenju miselnosti, naklonjene integraciji (Raygan in Moradkhani, 2020).

V izobraževanju učiteljev v zgodnjem otroštvu neskladja med mnenji bodočih učiteljev o nezadostni pripravi na IKT in poročili izobraževalcev učiteljev o številnih pobudah kažejo na potrebo po bolj vidnih, usklajenih in s prakso povezanih strategijah integracije (Masoumi, 2020).

2. Vloge in partnerstva na ravni sektorja

Razvijajoča se vloga visokega šolstva v ciljih trajnostnega razvoja vključuje ne le enakopraven dostop do terciarnega izobraževanja, temveč tudi preoblikovanje proizvodnje znanja in vključevanja javnosti, s čimer se univerze pozicionirajo kot središča za vpliv trajnostnega razvoja prek izobraževanja in inovacij (Chankseiani in McCowan, 2020).

3. Pritisk kurikuluma in družbeno-kulturne omejitve

Izbira in interpretacija kompetenc VITR s strani učiteljev sta oblikovani z notranjimi pojmovanji vlog (npr. »objektivna znanost« proti vrednotam) in zunanji pritiski (starši, ocenjevanje), ki lahko omejijo izvajanje VITR, če se jih ne obravnava sistematično v zasnovi izobraževanja učiteljev (Stouthart idr., 2025).

Okoljski vpliv je torej odvisen od usklajenih institucionalnih strategij, partnerstev v skupnosti ter spodbudnih ocenjevalnih in političnih okvirov, ki normalizirajo prakse, bogate s trajnostjo in tehnologijo.

Tehnološki dejavniki

Tehnološka kakovost ni opredeljena samo s sprejetjem orodij, ampak z smiselnim povezovanjem orodij s pedagogiko, vsebino in etiko:

1. Globina in ravnotežje TPACK

Vztrajna neravnovesja v razvoju TPACK – zlasti premalo poudarjeno tehnološko-pedagoško znanje – kažejo na potrebo po eksplicitnem, na praksi temelječem delu, ki združuje izbiro tehnologije s pedagoškimi utemeljitvami in vsebinsko specifičnimi zasnovami (Valtonen idr., 2022).

2. Ocena integracije za rezultate višjega reda

Instrumenti, ki razkrivajo zaupanje učiteljev na različnih ravneh integracije tehnologije za višje ravni mišljenja, ponujajo vpogled v to, kam usmeriti podporo, saj mnogi učitelji poročajo o manjšem zaupanju, ko je cilj spodbujati HOTS z digitalnimi sredstvi (Wang, 2022).

3. Na praksi temelječa, na inovacije usmerjena integracija

Praksološki pristopi v tečajih poučevanja tehnologije razvijajo veščine integracije tehnologije prek demokratičnih, reflektivnih in artefaktov bogatih praks, ki podpirajo pripravljenost bodočih učiteljev na digitalno preoblikovano poučevanje (Kulaksız in Toran, 2022). Kombiniranje integracijskih okvirov (npr. TPACK z SAMR) pomaga institucijam ugotoviti, ali je uporaba tehnologije nadomestna ali resnično transformativna, in usmerja usklajevanje z ocenjevanjem, povratnimi informacijami in regulacijo (Drugova idr., 2021).

4. Nastajajoče oblikovanje/snovanje, podprto z UI

Moduli za načrtovanje pouka, integrirani v chatbot, lahko okrepijo TPACK bodočih učiteljev in obveščajo o načelnih uporabah UI pri razvoju pouka, hkrati pa razkrivajo praktične omejitve in možnosti, ki jih morajo programi obravnavati (Lee in Jeon, 2024).

Tehnološka literatura skupaj poudarja pomen strukturiranih okvirov, iterativnih oblikovalskih nalog in izrecne pozornosti višjim učnim ciljem v digitalno posredovanem poučevanju.

Psihološki dejavniki

Učenje učiteljev posredujejo motivacijski, afektivni in samoregulativni procesi, ki pogojujejo vključevanje v trajnost in tehnologijo:

1. Motivacija in samoučinkovitost kot neposredni gonilni sili

Zaznano poučevanje učiteljev učiteljev – jasnost, podpora avtonomiji, povratne informacije in strukture sodelovanja – je povezano z višjo notranjo motivacijo za učenje in samoučinkovitostjo poučevanja pri bodočih učiteljih, s čimer se krepi kakovost poučevanja (Chan idr., 2021).

2. Dinamika pismenosti in tesnobe v nastajajočih tehnologijah

Pismenost na področju UI in tesnoba v zvezi z UI skupaj posredujeta povezavo med osebnostnimi lastnostmi in odnosom do UI; za konstruktivno stališče do vključevanja UI v poučevanje je bistveno povečati pismenost in hkrati obravnavati tesnobo (Sümer-Dodur, 2025).

3. Razlike v profilih in posledice za usposabljanje

Razlike v digitalni kompetenci med demografskimi in izkustvenimi profili ter omejen vpliv nekaterih tečajev IKT na kompetenco med delom kažejo na pomembnost ciljno usmerjene, prakso usmerjene priprave, ki premosti vrzeli med odnosom in prakso ter razlikuje podporo (Yang idr., 2022).

Psihološka pripravljenost se tako gradi z avtonomijo podpirajočim poučevanjem v izobraževanju učiteljev, izrecnim razvijanjem pismenosti, ki obravnava tesnobo, in diferenciranimi oporami, prilagojenimi profilom učencev.

Meddomenska sinteza: kaj je najpomembnejše in kako ti dejavniki medsebojno vplivajo

- Pedagoška osredotočenost: Visokokakovostni programi dajejo prednost avtentičnim, oblikovno bogatim in sodelovalnim pedagoškim pristopom, ki izrecno povezujejo izzive trajnosti z digitalnimi praksami – pristop, ki poglobi razumevanje in pripravljenost za izvajanje v učilnici (Chen idr., 2022; Isaacs idr., 2024; Özdemir-Yilmazer, 2025; Rets idr., 2020; Rodríguez-Zurita idr., 2024).
- Spodbudno okolje: Podporno institucionalno okolje, usklajene politike in partnerstva v skupnosti delujejo kot multiplikatorji pedagoških namer; brez njih lahko odnos in pritisk ocenjevanja zavirajo integracijo in omejujejo izvajanje VITR (Chankseian in McCowan, 2020; Masoumi, 2020; Raygan in Moradkhani, 2020; Stouthart idr., 2025).
- Namenska integracija tehnologije: Uravnotežen razvoj TPACK, usklajevanje orodij s HOTS in reflektivni okviri (npr. TPACK+SAMR, prakseološki dizajn) spreminjajo tehnologijo iz dodatka v omogočevalca transformativnega učenja (Drugova idr., 2021; Kulaksız in Toran, 2022; Lee in Jeon, 2024; Valtonen idr., 2022; Wang, 2022).

- Psihološka pripravljenost: motivacija, samoučinkovitost, poznavanje UI in obvladovanje tesnobe so nujni pogoji za trajno sprejemanje inovacij in etično, samozavestno uporabo tehnologije v kontekstu VITR (Chan idr., 2021; Sümer-Dodur, 2025; Yang idr., 2022).

Sklepamo lahko, da so najpomembnejši dejavniki tisti, ki ustvarjajo usklajenost med štirimi področji: (a) pedagogika, ki trajnostne probleme postavlja v središče oblikovanja in raziskovanja, (b) okolja, ki takšno delo normalizirajo in nagrajujejo, (c) tehnologije, integrirane v okvirih načel za doseganje višjih kompetenc, in (d) psihološka podpora, ki vzgaja motivirane, učinkovite in UI-pismene novince med učitelji. Ko so ti elementi usklajeni, je verjetnost večja, da bodo programi ustvarili diplomante, ki bodo sposobni voditi trajnostno in tehnološko izboljšano učenje v hitro spreminjajočih se kontekstih (Fischer idr., 2022; Voithofer in Nelson, 2020).

RV2: Kako pospešene digitalne, gospodarske in naravne spremembe preoblikujejo zahteve po kompetencah 21. stoletja, ki jih morajo bodoči učitelji razviti za uresničevanje ciljev trajnostnega razvoja?

Hitri premiki v digitalnih tehnologijah, gospodarskih strukturah in globalnih pogojih so na novo opredelili, kaj morajo bodoči učitelji vedeti in biti sposobni narediti. Izstopajo tri medsebojno prepletene dinamike:

- Digitalna pospešitev dviguje UI/podatkovno pismenost, kritično digitalno pedagogiko in sposobnost oblikovanja kot osnovne kompetence učiteljev, hkrati pa širi etične in socio-čustvene odgovornosti v tehnološko bogatem učenju. To preoblikuje »IKT-spretnosti« v integrirano, kritično in oblikovalsko usmerjeno digitalno kompetenco za trajnostno relevantno raziskovanje in ukrepanje (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022; Peters idr., 2022),
- Vključujoča in sistemska ozaveščena pedagogika, ki povezuje učence z realnimi procesi sprememb (Chankseliani in McCowan, 2020; Fischer idr., 2022; Rodríguez-Zurita idr., 2024).
- Okrepljena ekološka tveganja zahtevajo planetarne kompetence – sistemska miselnost, sposobnost predvidevanja in odpornost ter medpredmetno vključevanje trajnosti – skupaj z upoštevanjem čustev učencev do podnebja in njihovega etičnega delovanja (Fischer idr., 2022; Henriksen idr., 2025; Özdemir-Yılmaz, 2025),

Skupaj te spremembe dvigujejo kompetence učiteljev od splošnih »veščin 21. stoletja« do transformativnih sposobnosti, ki usklajujejo digitalno, socioekonomsko in ekološko pismenost za doseganje ciljev trajnostnega razvoja.

Digitalna pospešitev: od osnovnih IKT do kritičnih, etičnih in oblikovalsko bogatih kompetenc:

- Kritična digitalna pismenost in znanje UI. Učitelji morajo razlagati in kurirati algoritemska orodja, upravljati pristranskost in zasebnost ter voditi učence v produktivno in etično uporabo UI – kompetence, ki so zdaj formalizirane v okvirih sposobnosti generativne UI, ki obsegajo tehnološko usposobljenost, pedagoško primernost, pripravo učencev, profesionalno komunikacijo in zavest o tveganjih/etiki (Shi, 2025).
- Na oblikovanju osredotočen TPACK v nastajajočih okoljih. Praktične, na oblikovanju temelječe izkušnje (npr. tečaji, integrirani s klepetalnimi roboti) krepijo integracijo tehnologije, pedagogike in vsebine, hkrati pa gojijo kontekstualno presojanje o tem, kdaj in kako UI izboljša učenje (Choi idr., 2025).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Onkraj samozavedanja: zapolnjevanje vrzeli v digitalni kompetenci. Dokazi kažejo, da visokošolski učitelji pogosto ocenjujejo svojo digitalno kompetenco kot nizko do srednjo – zlasti pri ocenjevanju in praksi, ki temelji na podatkih –, kar poudarja potrebo po ciljni, na praksi temelječi in personalizirani pripravi (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022).
- Sistemski razvoj, ne pa razdrobljeno usposabljanje. Priporočljivo je, da se integrirane institucionalne kulture za digitalno kompetenco učiteljev premaknejo od ozkih samoocenjevanj k transversalnemu, holističnemu razvoju, usklajenemu s cilji programa in zagotavljanjem kakovosti (Peters idr., 2022).
- Avtentična praksa v virtualnih in simuliranih prostorih. Simulacijske platforme in virtualna izmenjava zagotavljajo varne, prilagodljive kontekste za kompleksno odločanje v razredu in medkulturno sodelovanje, izboljšujejo usklajenost ocenjevanja z avtentičnim delovanjem in podpirajo napredek v zaznani TPACK (Kett idr., 2024; Rets idr., 2020).
- Kritična digitalna pismenost kot vključevanje in državljanska akcija. V digitalno posredovanem sodelovanju bodoči učitelji v ospredje postavljajo vključujoče prakse, socialno-semiotično komunikacijo in družbenopolitične izzive sodelovanja, ki so ključni za trajnostno usmerjeno komunikacijo in delovanje (Bilki idr., 2022).

Kompetence digitalne dobe, ki iz tega izhajajo, poudarjajo: UI/podatkovno pismenost; etično posredovanje in zavest o zasebnosti; oblikovanje za raziskovanje in višje ravni mišljenja; avtentično ocenjevanje s simulacijami; medkulturno, vključujočo digitalno komunikacijo; in institucionalizirane, programsko obsežne poti razvoja (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022; Bilki idr., 2022; Choi idr., 2025; Kett idr., 2024; Peters idr., 2022; Rets idr., 2020; Shi, 2025).

Gospodarski prehod: od zaposljivosti do sposobnosti za trajnost:

- Izkušnje in učenje v skupnosti. Učenje s pomočjo storitev, participativno delovanje in partnerstva za krepitev zmogljivosti v skupnostih se dosledno izkazujejo kot učinkoviti za pridobivanje kompetenc za trajnost, saj študente povezujejo z dejanskimi gospodarskimi in socialnimi prehodi (npr. krožno gospodarstvo, lokalna odpornost) (Rodríguez-Zurita idr., 2024).
- Visokošolsko izobraževanje kot vzvod za vse cilje trajnostnega razvoja. Vloga univerz se ne omejuje le na pridobivanje kvalifikacij, ampak sega tudi na oblikovanje znanja, inovacij in državljanske angažiranosti, pri čemer izobraževanje učiteljev povezuje učilnice z reševanjem družbenih problemov v skladu s cilji trajnostnega razvoja (Chankseliani in McCowan, 2020).
- Izobraževanje učiteljev za trajnostni razvoj kot nišna inovacija, ki se širi. Sistematsko pregledno delo poudarja metode, kot so inter/transdisciplinarnost in pristopi trajnostne znanosti (npr. *backcasting*), ki gojijo sistemska razmišljanja, raznolikost znanja in v prihodnost usmerjeno odločanje pri pripravi učiteljev (Fischer idr., 2022).

Kompetence, ki izhajajo iz gospodarske dobe, poudarjajo: sistemska in prihodnostna miselnost za družbeno-tehnične spremembe; podjetništvo in inovativnost za regenerativne prakse; veščine za partnerstvo v skupnosti; in prevajalska sposobnost za povezovanje kurikulumov z dejanskimi prehodi k trajnosti (Chankseliani in McCowan, 2020; Fischer idr., 2022; Rodríguez-Zurita idr., 2024).

Ekološke spremembe: globalne, medpredmetne in socio-čustvene kompetence:

- Medpredmetna integracija za kompleksnost. Strukturirano meddisciplinarno načrtovanje spodbuja celostno razumevanje trajnosti in oblikuje strategije za vključevanje načel VITR

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

v vse predmete, kar je bistveno za reševanje kompleksnih, medsebojno odvisnih okoljskih problemov (Özdemir-Yilmazer, 2025).

- Socialno-emocionalno učenje z in o UI. Vključevanje GenUI v socialno-čustveno učenje zahteva kompetenco učiteljev, da uravnotežijo priložnosti (npr. povratne informacije, personalizacija) s tveganji (pristranskost, depersonalizacija, zasebnost), pri čemer zagotovijo človeški nadzor, kulturno občutljivost in etično uporabo (Henriksen idr., 2025).
- Osnovne sposobnosti izobraževanja učiteljev za trajnostni razvoj. Izobraževanje učiteljev za trajnost poudarja sistemsko razmišljanje, sposobnost predvidevanja, normativno in strateško sposobnost ter celostno reševanje problemov kot temelje za transformativno učenje (Fischer idr., 2022).

Kompetence ekološke dobe, ki izhajajo iz tega, poudarjajo: medpredmetno oblikovanje VITR; sistemsko predvidevanje in odpornostno pismenost; etično odločanje; in zmogljivosti za socialno-emocionalno učenje, ki obravnavajo podnebne čustva, hkrati pa odgovorno izkoriščajo orodja UI (Fischer idr., 2022; Henriksen idr., 2025; Özdemir-Yilmazer, 2025).

Novosti v na novo opredeljenih kompetencah 21. stoletja:

- Tehnologija ni ločen niz veščin, je ekosistem etike, oblikovanja in dokazov. Učitelji morajo integrirati UI/podatkovno pismenost s pedagoškim oblikovanjem in vprašanji enakosti, pri čemer se morajo premakniti od uporabe orodij h kritičnemu usklajevanju učenja in ocenjevanja (Choi idr., 2025; Peters idr., 2022; Shi, 2025).
- Kompetenca je situativna in avtentična. Simulacije, virtualna izmenjava in projekti, v katere je vključena skupnost, razvijajo presojanje, sodelovanje in prilagodljivo strokovno znanje v realističnih okoliščinah in raznolikih kontekstih (Kett idr., 2024; Rets idr., 2020; Rodríguez-Zurita idr., 2024).
- Kompetenca je sistemska in čezmejna. Učitelji povezujejo discipline, sektorje in kulture, da bi obravnavali trajnost, vključevali VITR v kurikulare in sodelovali tudi zunaj učilnice, (Chankseliani in McCowan, 2020; Fischer idr., 2022; Özdemir-Yilmazer, 2025).
- Kompetenca je socio-čustvena in etična. Učitelji usmerjajo čustva učencev v zvezi s podnebjem in moralne implikacije učenja, posredovanega z UI, ter tako zagotavljajo vključenost, zasebnost in kulturno odzivnost (Bilki idr., 2022; Henriksen idr., 2025).

Posledice za programe izobraževanja učiteljev:

- Vključite oblikovanje za inovacije z IKT. Skupno oblikovanje in sodelovalne dejavnosti za ustvarjanje idej razvijajo izvirnost in uporabnost pri oblikovanju pouka, kar učitelje pripravlja na prilagajanje tehnologij izzivom trajnosti (Chen idr., 2022).
- Uskladite ocenjevanje z avtentičnim delovanjem. Uporabite simulacije in naloge, ki zajemajo sistemsko razmišljanje, etično presojanje in prilagodljivo pedagogiko v scenarijih, bogatih s tehnologijo (Kett idr., 2024).
- Institucionalizirajte celostni razvoj digitalne kompetence. Oblikujte programsko podprte, na dokazih temelječe poti, ki vključujejo TPACK, UI pismenost, etiko in na podatkih temelječe ocenjevanje – ne *ad hoc* delavnice (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022; Peters idr., 2022).
- VITR naj bo medpredmetno in povezano s skupnostjo. Integrirati interdisciplinarno načrtovanje s storitvenim učenjem in partnerstvi, da se poveže učenje v razredu z lokalnimi ukrepi ciljev trajnostnega razvoja (Özdemir-Yilmazer, 2025; Rodríguez-Zurita idr., 2024).

Med letoma 2020 in 2025 so pospešene digitalne, gospodarske in ekološke spremembe spremenile profil kompetenc za bodoče učitelje iz splošnih »veščine 21. stoletja« v skladen niz

transformativnih sposobnosti. Nastajajoči profil združuje: UI/podatkovno pismenost z etičnim posredovanjem in oblikovalsko bogato pedagogiko; sisteme in razmišljanje o prihodnosti, usmerjeno v zeleno in pravično gospodarstvo; medpredmetno integracijo VITR; avtentično, s skupnostjo povezano učenje; in socio-čustvene kompetence, usklajene s podnebjem in UI. Izobraževanje učiteljev, ki sistematično goji te integrirane sposobnosti, postavlja diplomante v vlogo agentov digitalno-ekološkega prehoda, pripravljenih voditi učence k uresničevanju ciljev trajnostnega razvoja v nestabilnih, s tehnologijo nasičenih in podnebno ogroženih kontekstih (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022; Bilki idr., 2022; Chankseiani in McCowan, 2020; Choi idr., 2025; Fischer idr., 2022; Henriksen idr., 2025; Kett idr., 2024; Özdemir-Yilmazer, 2025; Peters idr., 2022; Rets idr., 2020; Rodríguez-Zurita idr., 2024; Shi, 2025).

RV3: Kako literatura ocenjuje potencial naprednih IKT-orodij (npr. UI) za blaženje oziroma izrabo teh sprememb ter katere raziskovalne vrzeli se pri tem razkrivajo (zlasti socialni in afektivni vidik uporabe IKT)?

Raziskovano vprašanje bibliometrično zarisuje razločno štiristopenjsko dinamiko polja: (1) pandemični vrh modelov sprejemanja tehnologije (TAM) v letih 2020–2021, ko raziskave prvenstveno merijo zaznano koristnost, enostavnost rabe in namero uporabe; (2) premik k izidom v obdobju 2022–2023 (učno doseganje, razvite spretnosti, motivacija, vključenost), kjer se tehnologija vse bolj presoja skozi pedagoške učinke, ne zgolj adopcijske metrike; (3) eksplozija UI/ChatGPT v 2024, ko se raziskovalna pozornost prelije v generativna orodja, njihove možnosti za personalizacijo in formativno povratno informacijo; ter (4) ponovna osredotočitev v 2025 na »klasične« izobraževalne izide in vlogo učitelja kot arhitekta učnega dizajna ter kuratorja UI-interakcij. Ta lok ni le kronološki opis, temveč kaže zorenje polja: od vprašanja »ali bodo učitelji in študenti sploh sprejeli tehnologijo?« k vprašanju »kako, pod katerimi didaktičnimi in etičnimi pogoji tehnologija – posebej UI – merljivo izboljša učenje?« (Tammets in Ley, 2023; Wu, Burdina in Gura, 2024; Holmes idr., 2022). Kvalitativni del pregleda te vzorce razloži na ravni mehanizmov: UI prispeva k personalizaciji (prilagojena razlaga, tempo, naloge), sprotni diagnostiki napačnih predstav (hitri namigi, detekcija tipičnih zmot) in podpori samoregulaciji (strukturirano načrtovanje, monitoring, refleksija). Vendar isti mehanizmi ustvarjajo tudi tveganja, če niso pedagoško in etično krmiljeni: povečano zanašanje na UI, netransparentnost postopkov, verjetnost pristranskosti, vprašanja zasebnosti in lastništva podatkov ter »prelaganje« kognitivnega bremena z učečega na orodje (Holmes idr., 2022). Zato se v zadnjih delih literature uveljavlja premik k zreli rabi UI, ki zahteva pedagoški kompas (jasni cilji, kriteriji, scaffoldi), varovalke (*human-in-the-loop* ocenjevanje, audit UI–človek ujemanja, načela podatkovne etike) in merila UI pismenosti, ki zajemajo funkcionalno, kritično in socio-etično komponento (npr. presoja zanesljivosti izhodov, razumevanje pristranskosti, odgovornost rabe). Skladno z najnovejšimi empiričnimi študijami pri bodočih učiteljih (Msambwa, Wen in Daniel, 2025; Zhang idr., 2025) se kaže potreba po strukturiranih okvirih za gradnjo UI samoučinkovitosti in kritične presoje, v katerih so vloge učitelja, študenta in orodja jasno določene. Na tej podlagi naš nabor posebej poudari kombinacijo TPACK/SAMR z načeli odgovorne rabe UI in merili UI pismenosti, saj tak trinožni pristop omogoča, da UI postane pedagoški multiplikator (ne cilj sam po sebi). V STEM izobraževanju bodočih učiteljev – kjer so kognitivne zahteve, podatkovna orodja in avtomatizacija najizrazitejši – je to še posebej pomembno: z uporabo SAMR prehajamo od digitaliziranih vaj k redefiniranju nalog (npr. podatkovno modeliranje z UI, preverjanje hipotez, razlaga rezultatov, etična ocena vplivov), TPACK zagotavlja disciplinarno specifično integracijo, merila UI pismenosti pa poskrbijo za kritično in odgovorno rabo

(Kohnke in Zou, 2025; Kim, Lee in Cho, 2022). Takšen dizajn hkrati nagovarja učne izide (znanje, prenos, spretnosti), procesne kazalnike (samoregulacija, vključenost) in etične standarde (zasebnost, pravičnost), kar je v skladu z bibliometrično opaženim premikom od adopcije k učinkovitosti in odgovorni rabi UI.

Nedavne študije prikazujejo napredne IKT – zlasti UI in podatkovno podprte sisteme – kot dvorezni meč v izobraževanju učiteljev za trajnostni razvoj. Lahko ublažijo turbulenco digitalnih, gospodarskih in ekoloških sprememb z izboljšanjem personalizacije, simulacije, ocenjevanja in podpore pri oblikovanju; hkrati pa njihove socialne in afektivne posledice ostajajo neenakomerno obravnavane. Dokazi kažejo na velik napredek na področju kognitivnih in analitičnih zmogljivosti ter počasnejši, bolj razdrobljen razvoj pristopov, ki gojijo empatijo, vključevanje, sodelovanje in etično presojanje.

Napredne IKT in digitalna orodja lahko ublažijo in izkoristijo hitre spremembe okolji večplastno, in sicer:

- Kognitivne in pedagoške zmogljivosti
 - Prilagodljiva analitika in inteligentno tutorstvo podpirata natančno povratno informacijo, odkrivanje tveganja za izpadanje in ciljno podporo – ključne sposobnosti za navigacijo v hitro spreminjajočih se kontekstih (Ahmad idr., 2024).
 - Generativna UI spodbuja premik ocenjevanja v smeri samoregulacije, integritete in odgovorne rabe; zahteva tudi izpopolnjevanje učiteljev na ravni programa na področju ocenjevanja, UI in digitalne pismenosti (Xia idr., 2024).
 - Virtualne simulacije in sintetične učilnice širijo varne, praktične možnosti za vaje kompleksnega odločanja v skladu s cilji trajnostnega razvoja, pod pogojem, da je ocenjevanje usklajeno in avtentično (Kett idr., 2024).
 - Oblikovanje pouka s pomočjo UI lahko poveča kompleksnost nalog in večjezično vključenost, vendar je učinkovitost odvisna od predmetnega znanja učiteljev in njihovih tehničnih spretnosti, kar kaže na »prag« kompetenc za produktivno uporabo (Kuzu idr., 2025).
 - Strukturirano sooblikovanje z IKT spodbuja inovativnost poučevanja bodočih učiteljev, zlasti kadar se aktivno podpirajo individualne in skupinske ideje (Chen idr., 2022).
- Socialne in afektivne možnosti (nastajajoče, vendar neenakomerne)
 - Sprejemanje UI med bodočimi učitelji ni odvisno le od zaznane uporabnosti in enostavnosti uporabe, ampak tudi od afektivnih spremenljivk, kot sta tesnoba in užitek, pri čemer so za enakopravno sprejemanje pomembni tudi vzorci, povezani s spolom (Zhang idr., 2023).
 - Kritične pobude za digitalno pismenost v virtualni izmenjavi poudarjajo vključenost, medkulturno povezovanje in družbeno-politično zavest – veščine, ki so bistvene za družbeno odgovorno, dialogično uporabo IKT v trajnostno usmerjenem izobraževanju učiteljev (Bilki idr., 2022).
 - Fakulteta vidi enakost kot glavno potencialno korist UI, hkrati pa poroča o nizki pismenosti na področju UI in raznolikih profilih usmerjenosti, kar kaže na potrebo po diferenciranem strokovnem razvoju in nenehnem kritičnem razmišljanju (Mah in Groß, 2024).
 - Učitelji si predstavljajo, da se bo sodelovanje med učenci in UI razvijalo od učenja o UI do učenja od UI in skupnega učenja z UI, če bo zasnova poudarjala avtentično reševanje problemov, procesno usmerjeno ocenjevanje in lastnosti UI kot »učnega partnerja«, da se ohrani motivacija in zaupanje (Kim idr., 2022).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Etični, podatkovni in upravni imperativi
 - Široko zastavljeni načeli etike UI poudarjajo zasebnost, preglednost, odgovornost, človeški nadzor in pravičnost kot temelje za zaupanja vredno uporabo v izobraževanju – zahteve, ki neposredno vplivajo na socialno-čustveno varnost in avtonomijo učenca (Nguyen idr., 2022).
 - Celovite preglede še naprej kažejo, da se aplikacije UI osredotočajo na ocenjevanje, napovedovanje in spremljanje, manj pozornosti pa posvečajo participativnim, skupnostnim ali afektivnim ciljem, kar kaže na potrebo po ponovnem uravnoteženju v smeri humanističnih in trajnostnih rezultatov (Ahmad idr., 2024).
- IKT in digitalna orodja zahtevajo specifične in tarčne kompetence bodočih učiteljev, in sicer:
 - Kompetence, specifične za GenUI, zdaj presegajo splošno digitalno pismenost in vključujejo tehnološko usposobljenost, pedagoško združljivost, pripravo učencev, profesionalno komunikacijo in zavest o tveganjih/etiki – področja, ki jih je mogoče zanesljivo oceniti in usmerjati oblikovanje programov (Shi, 2025).
 - Sistematični pregledi digitalne kompetence učiteljev razkrivajo vztrajno prekomerno zanašanje na samoocenjevanje, neenakomerno pokritost ocenjevalnih veščin in na splošno nizko do srednjo raven kompetenc, kar kaže na potrebo po bolj praktičnih, personaliziranih in z dokazi podprtih poteh razvoja (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022).
 - Sprejemanje GenUI s strani bodočih učiteljev je močno oblikovano z metakognitivno samoregulacijo, notranjo motivacijo in agilnostjo učenja, kar kaže, da so prilagodljive, praktične pedagoške metode morda bolj odločilne kot socialni pritisk za smiselno sprejemanje (Šimšek idr., 2025).
- Usklajenost z izobraževanjem za trajnostni razvoj se lahko kaže preko:
 - Prednosti IKT na področju simulacij, poizvedovanja podatkov in oblikovanja se lahko združijo z izkustvenimi in skupnostno usmerjenimi pedagoškimi metodami – učenjem s pomočjo storitev, participativnim raziskovanjem in projekti za krepitev zmogljivosti –, da se uporaba tehnologije utrdi v resničnih prehodih k trajnosti in družbenem vplivu (Rodríguez-Zurita idr., 2024).
 - Ko so dejavnosti, ki jih omogoča UI, oblikovane kot sodelovalna, v skupnost usmerjena raziskovanja, lahko tehnološko pospeševanje pretvorijo v priložnosti z kritičnega systemskega razmišljanja, državljske angažiranosti in etičnega razmišljanja – ključnih sposobnosti VITR (Kim idr., 2022).

Ključne vrzeli, ki smo jih zaznali v raziskavah (s poudarkom na socialnih in afektivnih vidikih), so vidne kot:

- Afektivni razvoj in dobro počutje: Le malo potrjenih modelov povezuje uporabo UI s trajnimi koristmi na področju empatije, uravnavanja čustev v zvezi s podnebjem, motivacije ali prosocialnih nagnjenj v izobraževanju učiteljev; potrebne so bolj mešane metode in longitudinalne študije (Zhang idr., 2023).
- Vključujoča in medkulturna zasnova: Obstaja le omejeno število empiričnih raziskav o sodelovanju, podprtem z UI, ki sistematično vključuje vključnost, družbenopolitični kontekst in večjezično dostopnost v zasnovo in ocenjevanje (Bilki idr., 2022).
- Pravičnost in ekosistemi strokovnega učenja: Profili fakultete in predhodnega usposabljanja se močno razlikujejo, v znanju o UI pa ostajajo vrzeli; primanjkuje nam

preizkušenih, prilagodljivih programov strokovnega razvoja, ki bi se prilagajali različnim usmeritvam in hkrati zagotavljali pravičnost (Mah in Groß, 2024).

- Etika v praksi: Čeprav so okviri načel dobro opredeljeni, je študij, ki operacionalizirajo in merijo etične zaščitne ukrepe (transparentnost, zmanjševanje pristranskosti, človeški nadzor) v vsakodnevnih dejavnostih izobraževanja učiteljev, malo (Nguyen idr., 2022).
- Prevelika osredotočenost na analitične funkcije: Področje ostaja usmerjeno v napovedovanje in nadzor (ocenjevanje, spremljanje) namesto v gradnjo skupnosti, razpravo in participativno reševanje problemov trajnosti (Ahmad idr., 2024).
- Preoblikovanje ocenjevanja v okviru GenUI: Institucije in programi potrebujejo dokaze o tem, kako preoblikovati ocenjevanje, da bi spodbudili samourejeno, odgovorno učenje v velikem obsegu, in kako se prepričanja in norme razvijajo v okviru takih reform (Xia idr., 2024).
- Pragi kompetenc za produktivno uporabo GenUI: Potrebno je več dela za opredelitev in razvoj kombiniranih vsebinskih, oblikovalskih in spodbujevalnih zmogljivosti, ki učiteljem omogočajo ustvarjanje nalog z visoko izvedljivostjo, zlasti za raznolike učence (Kuzu idr., 2025).
- Več kot samo poročila o digitalni kompetenci: Za spremljanje rasti digitalne, UI in ocenjevalne kompetence v različnih programih so potrebni močnejši ukrepi, ki temeljijo na uspešnosti, in avtentična ocenjevanja (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022).
- Motivacijski in prilagodljivi dejavniki pri sprejemanju: Vloge notranje motivacije, metakognicije in agilnosti učenja pri ohranjanju etičnega, pedagoško bogatega sprejemanja UI zahtevajo poglobljeno vzročno in longitudinalno raziskovanje v kontekstu priprave učiteljev (Şimşek idr., 2025).

Posledice za raziskovalni program, usmerjen v človeka in usklajen s trajnostjo:

- Dajte prednost socio-afektivnim rezultatom poleg kognitivnih: Oblikujte študije, v katerih so orodja UI izrecno namenjena gradnji empatije, učinkovitosti sodelovanja in medkulturne kompetence, merjene s pomočjo validiranih socialno-čustvenih indikatorjev in dolgoročnega spremljanja (Zhang idr., 2023).
- Združite oblikovanje UI s kritično digitalno pismenostjo in vključevanjem skupnosti: vključite VE, učenje storitev in participativne projekte, da UI poveča kolektivno raziskovanje in državljanski vpliv, namesto da se osredotoča le na individualno uspešnost (Bilki idr., 2022; Rodríguez-Zurita idr., 2024).
- Zgradite zaupanja vredno UI že pri zasnovi: etična načela prenesite v ocenljive prakse na ravni tečaja (npr. pregledi pristranskosti, dnevniki preglednosti, protokoli agencije za študentske podatke) in ocenite njihove učinke na zaupanje in avtonomijo v učenju učiteljev (Nguyen idr., 2022).
- Profesionalizirajte poti kompetenc GenUI: uporabite preverjene instrumente za diagnosticiranje potreb, nato pa izvedite zaporedno, na praksi temelječe strokovno učenje (*learning by doing*), ki vključuje oblikovanje nalog, spodbujanje, etiko in preoblikovanje ocenjevanja (Xia idr., 2024; Shi, 2025).
- Razširite se preko napovedovanja na sodelovanje: vlagajte v dialogične platforme, podprte z UI, simulacije trajnosti z možnostjo razprave in nadzorne plošče, ki v ospredje postavljajo skupinske procese in enakopravno sodelovanje (Ahmad idr., 2024).
- Ciljni pragi kompetenc za učinkovito sooblikovanje UI: združite metode s področja predmeta, oblikovalsko mišljenje in študije za oblikovanje spodbud, da bodo bodoči učitelji presegli prag za ustvarjanje visoko izvedljivih, vključujočih nalog (Kuzu idr., 2025).

- Izkoristite motivacijske in prilagodljive dejavnike: Oblikujte učna okolja, ki spodbujajo samokontrolo in agilnost učenja, ki se zdita ključni za trajno sprejetje in smiselno uporabo (Šimšek idr., 2025).
- Uskladite simulacije z avtentičnim ocenjevanjem: integrirajte virtualne učilnice in scenarije trajnosti s poštenim, preglednim, procesno usmerjenim ocenjevanjem, ki zajema odločanje in etično razmišljanje (Kett idr., 2024).

Sklepamo lahko, da napredne IKT in razna digitalna orodja – zlasti UI – lahko ublažijo motnje in izkoristijo priložnosti v izobraževanju učiteljev za trajnostni razvoj s povečanjem povratnih informacij, simulacij, oblikovanja in ocenjevanja. Vendar pa socialna in čustvena meja ostaja nerazvita. Napredek je odvisen od preusmeritve raziskav in prakse v človeško usmerjene, etično utemeljene in v skupnost vključene zasnove, ki gojijo vključevanje, empatijo, kritično pismenost na področju podatkov/UI in trajno delovanje učiteljev, tako da tehnologija pospešuje ne le učinkovitost, ampak tudi odnose in etične sposobnosti, ki jih VITR na koncu zahteva.

RV4: Katere konceptualne okvire avtorji najpogosteje uporabljajo za razlago prepleta med pedagoškimi pristopi, tehnologijo ter gospodarsko-socialnim in naravnim okoljem?

V novejši literaturi za obdobje 2020–2025 se avtorji strinjajo o majhnem nizu medsebojno povezanih okvirov, ki se rutinsko kombinirajo za oblikovanje in pojasnjevanje inovativnih digitalno trajnostnih učnih ekosistemov v izobraževanju učiteljev. Ti okviri imajo dopolnilne vloge: (a) strukturirajo znanje učiteljev za usklajevanje tehnologije in pedagogike, (b) usmerjajo učenje v trajnost in vpliv na skupnost, (c) organizirajo hibridne prostore in ocenjevanja, kjer so digitalna orodja pomembna, in (d) vključujejo etične, afektivne in sprejemljivostne vidike. Najpogosteje uporabljene družine so:

- Tehnološko-pedagoški modeli integracije za oblikovanje tečajev in programov (npr. TPACK; SAMR; institucionalni okviri digitalne kompetence).
- Okviri kompetenc za VITR, pogosto v kombinaciji z digitalno pismenostjo in pedagogiko, ki vključuje skupnost.
- Hibridni pristopi k oblikovanju učenja (oblikovalsko mišljenje, sooblikovanje, simulacije in stopnjevano sodelovanje med študenti in UI), ki v praksi uresničujejo ekosistem.
- K človeku usmerjeni in etični okviri UI, ki povezujejo družbeno-tehnične izbire s pravičnostjo, vključevanjem in blaginjo.
- Modeli izvajanja in trajnosti, ki izobraževanje učiteljev obravnavajo kot razvijajoč se družbeno-tehnični sistem.

Tehnološko-pedagoška integracija kot strukturna osnova

TPACK ostaja primarni pripomoček za vključevanje tehnologije v vsebino in pedagogiko, avtorji pa ga uporabljajo ne le za diagnosticiranje znanja bodočih učiteljev, ampak tudi za usmerjanje oblikovanja tečajev z UI in pogovornimi agenti, pogosto v povezavi s SAMR, da bi razumeli globino preoblikovanja od nadomestitve do redefinicije v avtentičnih nalogah (npr. izobraževanje učiteljev jezikov z integriranim chatbotom) (Choi idr., 2025). Ta diada TPACK+SAMR se vse bolj uporablja s kritičnim vidikom – izrecno preizkuša pristranskost, enakost in kulturno zastopanost –, tako da je »ponovna opredelitev« zasidrana v socialno pravični in pedagoško utemeljeni uporabi UI, ne le v novosti (Kohnke in Zou, 2025). Na institucionalni ravni študije črpajo iz celovitih okvirov digitalne kompetence za primerjavo in

razvoj sposobnosti izobraževalcev, pri čemer razkrivajo vztrajne potrebe po pismenosti na področju ocenjevanja in napredni integraciji, s čimer krepijo vrednost takih okvirov kot opore za prehod od politike k praksi (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022).

Ti modeli skupaj zagotavljajo skupni besednjak in logiko napredovanja za programe: usklajevanje nalog z vsebino in pedagogiko (TPACK), ocenjevanje transformativne globine (SAMR) in razvijanje zmogljivosti osebja v okviru priznanih področij digitalne kompetence (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022; Choi idr., 2025; Kohnke in Zou, 2025).

Okviri kompetenc VITR kot normativni kompasi

Izobraževanje učiteljev za trajnostni razvoj temelji na kompetenčnih modelih VITR (sistemi, predvidevanje, normativnost, strategija, sodelovanje) kot sidru, ki povezuje digitalne inovacije s socioekološkim namenom. Pregledi izobraževanja učiteljev za trajnostni razvoj kažejo, da te kompetence organizirajo raziskave in oblikovanje v zvezi z učnimi okolji, lastnostmi učencev in spremembami sistemov, ter poudarjajo metode, ki trajnostno znanost prevajajo v pedagogiko (npr. *backcasting*, inter/transdisciplinarnost) (Fischer idr., 2022). Hkrati vzpon učenja s pomočjo storitev in vključevanja skupnosti postavlja izkustvene, na skupnosti temelječe projekte kot glavno pot za razvoj kompetenc trajnosti v visokem šolstvu, pri čemer nedavne sinteze dokumentirajo prehod od razvoja kurikulumov k VITR in participativnim pristopom, ki učence povezujejo z dejanskimi družbeno-okoljskimi problemi (Rodríguez-Zurita idr., 2024). Ta povezava – kompetence VITR in izkustvene pedagogike, ki vključujejo skupnost – zagotavlja »zakaj« in »kje« za tehnološko bogato oblikovanje: digitalna orodja se uporabljajo v službi trajnostnega dela, ki je usmerjeno v pravičnost in temelji na kraju (Fischer idr., 2022; Rodríguez-Zurita idr., 2024).

Hibridni okviri oblikovanja učenja, ki operacionalizirajo ekosistem

Pri izvajanju prevladujejo trije elementi oblikovanja :

- Pristopi sooblikovanja in oblikovalskega razmišljanja spodbujajo ponavljajoče se ustvarjanje idej, izdelavo prototipov in kritično razmišljanje; krepijo sposobnost učiteljev, da pripravijo izvirne, z IKT podprte učne ure, kadar je sodelovanje strukturirano za individualno in skupinsko ustvarjanje idej z uporabnimi povratnimi informacijami (Chen idr., 2022).
- Simulacijsko učenje z usklajenim ocenjevanjem preoblikuje prakso v uspešnost v varnih okoljih, bogatih s podatki; programi poudarjajo natančno usklajevanje rezultatov in avtentičnost, da simulacije ostanejo pomembne za razvoj kompetenc (Kett idr., 2024).
- Okviri sodelovanja med študenti in UI določajo stopnjevalne poti (učenje o, od in skupaj z UI), poudarjajo značilnosti kurikulumov (interdisciplinarnost, ustvarjalno reševanje problemov) in zahtevajo procesno usmerjeno ocenjevanje in ocenjevanje sodelovanja, s čimer UI obravnavajo kot partnerja v raziskovanju in ne le kot orodje za avtomatizacijo (Kim idr., 2022).

Ti okviri oblikovanja so pogosto vgrajeni v hibridne fizično-digitalne arhitekture. Okvir pedagogika-prostor-tehnologija (PST) se na primer uporablja za usklajevanje sinhronega hibridnega učenja med vrstniki z usklajevanjem pedagoških namer s tehnologijo in grajenim okoljem, pri čemer poudarja, da sta prostor in infrastruktura sestavni del enakopravnega, sodelovalnega učenja v velikem obsegu (Kee idr., 2025).

Na učečega osredinjena, etična in kritična digitalna pedagogika kot mejni pogoji

Da bi zagotovili, da inovacije ostanejo družbeno trajnostne, avtorji sprejemajo okvire etike UI, ki izražajo načela zasebnosti, preglednosti, pravičnosti in avtonomije učencev, ter visoko raven smernic prevajajo v vloge in prakse za študente, učitelje, razvijalce in voditelje institucij (Nguyen idr., 2022). Ta etična raven je okrepljena z delom na področju kritične digitalne pismenosti v mednarodnih virtualnih izmenjavah, kjer bodoči učitelji razvijajo zavest o moči, vključevanju in družbenopolitični naravi ustvarjanja pomenov na spletu – bistvenem posredniku med digitalnimi orodji in kulturno odzivno prakso VITR (Bilki idr., 2022). Skupaj te perspektive utrjujejo usmerjenost v človeka: tehnološke izbire se ocenjujejo glede na njihov vpliv na vključevanje, delovanje in dobro počutje, ne le glede na učinkovitost (Bilki idr., 2022; Nguyen idr., 2022).

Modeli izvajanja in trajnosti na ravni sistema

Ker morajo inovativni ekosistemi obstajati tudi po koncu pilotnih projektov, avtorji vse pogosteje uporabljajo okvire izvajanja, ki povezujejo značilnosti tehnologije, percepcije zainteresiranih strani, disciplinski kontekst, merila uspešnosti in teoretične modele, da bi usmerjali institucionalno odločanje in širjenje (Chugh idr., 2023). Trajnost v času se modelira s pomočjo dejavnikov, kot so zaznana uporabnost, enostavnost izvajanja in podpora v šoli; ti pogoji napovedujejo, ali se bodo reforme digitalnega izobraževanja stabilizirale v rutinsko prakso, in kažejo, kam vlagati v strokovno učenje in organizacijsko podporo (Hamamsy idr., 2023). Na mikro ravni modeli sprejemanja, prilagojeni UI, poudarjajo vlogo zaznane uporabnosti, enostavnosti uporabe, tesnobe in užitka pri oblikovanju namer predšolskih učiteljev – signale, da so socialno-afektivno oblikovanje in ciljna podpora del logike ekosistema (Zhang idr., 2023). Programsko delo na področju ocenjevanja v okviru generativne UI to dopolnjuje s spodbujanjem institucionalnih sprememb politik in strokovnega razvoja učiteljev, ki ponovno usklajujejo ocenjevanje, integriteto in samourejeno učenje s praksami, posredovanimi z UI (Xia idr., 2024). Nazadnje, instrumenti kompetenc za generativno UI določajo področja sposobnosti – tehnično, pedagoško, pripravo študentov, strokovno komunikacijo in tveganje/etiko –, na podlagi katerih lahko programi oblikujejo napredek in dokazno učenje (Shi, 2025).

Kako se ti okviri v praksi prepletajo

V različnih študijah najvplivnejše zasnove te okvire združujejo na naslednji način:

- Opredelite namen s kompetencami VITR in učenjem, v katerega je vključena skupnost, tako da naloge temeljijo na resničnih družbeno-ekoloških problemih (Fischer idr., 2022; Rodríguez-Zurita idr., 2024).
- Strukturirajte znanje učiteljev in globino nalog s TPACK+SAMR in institucionalnimi merili digitalne kompetence, da pedagogika in tehnologija ostajata skladni in progresivni (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022; Choi idr., 2025; Kohnke in Zou, 2025).
- Učenje izvajajte s pomočjo sooblikovanja, simulacij in postopnega sodelovanja med učenci in UI, podprtega s hibridnim usklajevanjem prostora in tehnologije (PST), da bo sodelovanje enakopravno in avtentično (Chen idr., 2022; Kim idr., 2022; Kett idr., 2024; Kee idr., 2025).
- Omejite in legitimirajte ekosistem z etično UI in kritično digitalno pismenostjo, da v ospredje postavite vključenost, avtonomijo in pravičnost (Bilki idr., 2022; Nguyen idr., 2022).

- Ohraniti ekosistem z uporabo modelov izvajanja in trajnosti reform, spoznanj o sprejemanju, prenove ocenjevanja in instrumentov kompetenc za upravljanje sprememb v velikem obsegu (Chugh idr., 2023; Hamamsy idr., 2023; Zhang idr., 2023; Xia idr., 2024; Shi, 2025).

Skratka, literatura ne zagovarja enotnega okvira; sestavlja večplastno »povezavo«, v kateri VITR zagotavlja poslanstvo in vrednote, modeli TPACK/SAMR in digitalne kompetence zagotavljajo arhitekturo poučevanja, okviri za oblikovanje hibridnega učenja zagotavljajo mehanizme izvajanja, etični/kritični paradigmi zagotavljajo zaščitne ograje, modeli izvajanja in trajnosti pa zagotavljajo kontinuiteto sistema.

Nastajajoča sinteza in implikacije

- Najpogosteje uporabljeni konceptualni sidri so okviri kompetenc TPACK/SAMR in VITR, ki se vse bolj združujejo v kontekstih, bogatih z UI, kjer so kritične in etične razsežnosti izrecne (Fischer idr., 2022; Choi idr., 2025; Kohnke in Zou, 2025).
- Izkušeni in v skupnost vključeni pristopi niso obrobni, ampak so bistveni za gradnjo trajnostnih digitalnih ekosistemov; zagotavljajo avtentične probleme in javnosti, ki digitalno oblikovanje naredijo pomembno za družbo in naravo (Rodríguez-Zurita idr., 2024).
- Hibridne arhitekture (PST) in na uspešnosti temelječe oblikovanje (simulacije, sooblikovanje, sodelovanje med študenti in UI) prevajajo načela v prilagodljivo prakso, če so ocena in prilagajanje prostorske tehnologije namerno zasnovani (Chen idr., 2022; Kim idr., 2022; Kett idr., 2024; Kee idr., 2025).
- Modeli na ravni sistema kažejo, da so uporabnost, enostavnost, podpora in strokovno učenje vzvodi, ki določajo, ali bodo ti ekosistemi obstali in se razvijali (Chugh idr., 2023; Hamamsy idr., 2023).

Ti okviri skupaj pojasnjujejo ne le, kako sta pedagogika in tehnologija medsebojno povezani, ampak tudi, zakaj morata biti povezani z etičnimi, socialnimi in okoljskimi zavezami, da lahko tvorita inovativen digitalni in trajnostni ekosistem.

RV5: Kako so kompetence za trajnostno preoblikovanje oz. trajnostni prehod predstavljene, medsebojno povezane in se časovno razvijajo v literaturi o izobraževanju učiteljev STEM od leta 2015 do 2025?

Od leta 2015 dalje literatura prikazuje jasen premik od vključevanja trajnostnih tem v posamezne lekcije k razvijanju sposobnosti učiteljev za spodbujanje sprememb v kompleksnih družbeno-ekološko-tehničnih sistemih. Zgodnja dela so poudarjala znanje o vsebini in disciplinarno raziskovanje okoljskih tem; poznejše študije – zlasti po letu 2020 – opisujejo profil kompetenc, usmerjen v preoblikovanje: sistemska miselnost, predvidevanje in poznavanje prihodnosti, normativno presojanje, strateško delovanje in sodelovanje, prepleteno z digitalnim in UI-omogočenim oblikovanjem za kompleksnost. Ta razvoj je opredeljen kot razširjanje izobraževanja učiteljev za trajnostni razvoj iz niše v mainstream, s poudarkom na oblikovanju učnih okolij, razumevanju lastnosti učencev, merjenju rezultatov, spodbujanju sistemskih sprememb in artikulaciji vizij prihodnosti (Fischer idr., 2022). Konceptualno postanejo ključne kompetence VITR hrbtenica priprave učiteljev STEM, vendar so ponovno kontekstualizirane

skozi modeliranje, oblikovanje in eksperimentiranje, ki se razširjajo preko znanja k meta-kompetencam, ki usklajujejo etične, tehnične in socialne dimenzije delovanja v realnih kontekstih (Amprazis in Papadopoulou, 2024).

Kako so kompetence predstavljene: integrirana arhitektura metakompetenc:

- Sistemsko razmišljanje deluje kot integrator, ki učiteljem in učencem pomaga videti povratne informacije, kompromise in nelinearne dinamike v socialnih, gospodarskih, tehnoloških in naravnih podsistemi. Pedagogika, ki presega meje, to integracijo konkretizira z izkoriščanjem mejnih objektov, dialogičnih procesov in skupnosti prakse za povezovanje disciplin in zainteresiranih strani (Leung, 2020).
- Predvidevanje kompetence združuje razmišljanje o prihodnosti z modeliranjem, bogatim z podatki, in iterativnim oblikovanjem, medtem ko normativna kompetenca usmerja izbire v smeri pravičnosti, enakosti in ekološke integritete – usmeritev, ki je vse bolj povezana z odprtim in dostopnim izobraževanjem STEM, ki v ospredje postavlja trajnost in pravičnost (Eaton idr., 2022).
- Strateška kompetenca pretvarja analizo v dejanja prek sooblikovanja, izdelave prototipov in partnerstev v skupnosti; medosebna kompetenca podpira sodelovanje, empatijo in pogajanja v okoljih z več zainteresiranimi stranmi. Izkušenske pedagoške metode, v katere je vključena skupnost, se vedno znova predstavljajo kot učinkovita sredstva za razvoj teh kompetenc v velikem obsegu (Rodríguez-Zurita idr., 2024).
- Digitalna pismenost in pismenost, povezana z UI, sta vpleteni v celotno arhitekturo in podpirata simulacijo, analizo scenarijev in preoblikovanje ocenjevanja; vendar zahtevata jasne etične okvire in krepitev zaupanja učiteljev, da bosta izobraževalni in ne izkoriščevalni (Nguyen idr., 2022).

Ta arhitektura trajnostne kompetence preoblikuje v metakompetence, ki usklajujejo disciplinarno znanje STEM z oblikovanjem, dialogom in etičnim razmišljanjem v avtentičnih problemskih prostorih.

Medsebojne povezave: dinamika med kompetencami v praksi

Študije opisujejo medsebojno odvisno mrežo in ne linearno zaporedje:

- Sistemsko razmišljanje omogoča predvidevanje z razkrivanjem vzvodnih točk in verjetnih prihodnosti; predvidevanje pa v ospredje postavlja napetosti med vrednotami, ki zahtevajo izrecno normativno razpravo (Fischer idr., 2022).
- Normativni vpogled določa smer strateškega ukrepanja; strateška kompetenca mobilizira vire in omejitve v institucionalnem in skupnostnem okolju; medosebna kompetenca podpira sodelovalno učenje in odločanje v negotovih razmerah (Rodríguez-Zurita idr., 2024).
- Tehnološka in pedagoška integracija se obravnava kot mejni objekt, ki usklajuje to mrežo: učni modeli, ki združujejo podatke, modele in oblikovalsko razmišljanje, omogočajo vidnost in izvedljivost verige sistemov–predvidevanja–etike–strategije (Leung, 2020).

Razvoj skozi čas: programski modeli in pedagogike, ki podpirajo rast:

1. Kurikulum in arhitektura programa

- Desetletje se začne z »vključevanjem« trajnosti v obstoječe tečaje in se razvije v »programsko poglobljene« zasnove: meddisciplinarne poti, študiji trajnosti in zaključni projekti, povezani s problemi, ki jih opredeli skupnost, podprti z načeli zasnove

izobraževanja učiteljev za trajnostni razvoj, kot so *backcasting* in inter/transdisciplinarnost (Fischer idr., 2022).

- Trajna uporaba je odvisna od zaznane uporabnosti, enostavnosti izvajanja in podpornih struktur v šolah, kar poudarja, da je rast kompetenc neločljivo povezana s podpornimi organizacijskimi pogoji (Hamamsy idr., 2023).

2. Pedagoške strategije in učna okolja

- Projektno in problemsko učenje ostajata osrednja, pri čemer učenje s pomočjo storitev in participativno akcijsko raziskovanje krepi vezi z lokalno skupnostjo in zahteve po avtentičnem delovanju, ki izpostavljajo etične in strateške razsežnosti (Rodríguez-Zurita idr., 2024).
- Na NGSS temelječe strokovno izpopolnjevanje s poudarkom na inženirstvu kaže napredek v pedagoški samoučinkovitosti in oblikovalskih praksah, saj povezuje disciplinske inženirske navade mišljenja s strateškimi in medosebnimi kompetencami za reševanje problemov v realnem svetu (Christian idr., 2021).
- Praksa sooblikovanja izboljšuje sposobnost učiteljev za inovativnost s tehnologijo, saj vključuje sodelovalno ustvarjanje idej in kritiko kot rutino, ki goji strateške in medosebne kompetence v digitalnih kontekstih (Chen idr., 2022).
- Simulirana učna okolja zagotavljajo varne prostore za vaje odločanja, pogajanja in povratne informacije v kompleksnih učilnicah, pod pogojem, da so ocene usklajene z avtentičnim delovanjem (Kett idr., 2024).
- Sinhrono hibridno učenje, organizirano skozi prizmo pedagogike–prostora–tehnologije, širi repertoar za medsebojno učenje in sodelovanje, normalizira razpršeno timsko delo in multimodalno sodelovanje v različnih kontekstih (Kee idr., 2025).

3. Potek kompetenc, bogat z UI

- Sprejemanje in uporaba UI s strani učiteljev je odvisna od zaznane uporabnosti in enostavnosti uporabe, ki jo ublažujejo čustva, kot je strah pred UI, kar poudarja potrebo po obravnavanju socialno-čustvenih ovir poleg tehničnega usposabljanja (Zhang idr., 2023).
- Instrumenti zdaj opredeljujejo kompetence GenUI – tehnološko usposobljenost, pedagoško usklajenost, pripravo učencev, profesionalno komunikacijo in zavest o tveganjih/etiki –, kar omogoča ocenjevanje UI v širšem profilu kompetenc trajnosti (Shi, 2025).
- Raziskave na področju ocenjevanja pozivajo k gojenju samourejenega in odgovornega učenja v dobi GenUI s strokovnim razvojem, ki krepi prepričanja učiteljev in ustrezno preoblikuje ekosisteme ocenjevanja (Xia idr., 2024).
- Učni modeli, ki vključujejo »učenje o UI → učenje od UI → učenje z UI«, podpirajo progresivno sodelovanje z orodji UI kot kognitivnimi partnerji, kar je v skladu s predvidevanjem in strateškim razvojem kompetenc pri kompleksnih nalogah (Kim idr., 2022).

4. Reflektivno in afektivno delo kot gonilo razvoja

- V različnih študijah se kaže, da so podprto razmišljanje (npr. portfelji, strukturiran dialog) in pozornost do čustev (npr. strah pred podnebnimi spremembami, krivda zaradi UI) ključnega pomena za notranjo sprejetje vrednot in ohranjanje agencije; etična načela in kritična digitalna pismenost se predlagajo kot trajna sidra za to delo v izobraževanju učiteljev (Nguyen idr., 2022).

Dokazi trajnostne rasti: od individualnega obvladovanja do kolektivne zmogljivosti

Longitudinalne in na trajnost usmerjene študije kažejo, da trajna sprememba temelji na koherentnih profesionalnih ekosistemih:

- Fakulteta, ki je raziskovalno proučevala strokovno učenje (učno delo), je ohranila prakse, osredotočene na učečega, kar kaže, da se lahko globoke pedagoške spremembe ohranijo, če jih podpirajo trdna zasnova in nadaljnje izvajanje (Derting idr., 2016).
- Večstopenjski sistemi mentorstva (individualni, skupinski, mrežni) prispevajo k osebni, strokovni in socialni rasti novih učiteljev STEM, kar ponazarja, kako so medosebne in strateške kompetence socialno porazdeljene in se sčasoma okrepijo (Akiri in Dori, 2021).
- Modeli reforme digitalnega izobraževanja na ravni sistema kažejo, da je trajna praksa odvisna od institucionalne podpore in zaznane vrednosti, pri čemer povezuje razvoj individualnih kompetenc z organizacijskim učenjem in oblikovanjem politik (Hamamsy idr., 2023).

Razvoj ocenjevanja: od odnosa do uspešnosti in oblikovanja

Prakse ocenjevanja se premikajo od samoocenjevanja k ocenjevanju, ki temelji na uspešnosti in je zasnovano na načrtovanju:

- Ocenjevanje, usklajeno s simulacijo, poudarja pravičnost, avtentičnost in izrecno usklajenost z učnimi izidi, kar omogoča prikaz systemskega razmišljanja, oblikovalske strategije in sodelovalne komunikacije v nadzorovanih, a realističnih okoliščinah (Kett idr., 2024).
- V okoljih, bogatih z UI, se ocenjevanje preusmerja k integriteti, samoregulaciji in dokazom procesa s pozivi k interdisciplinarni politiki in strokovnemu razvoju učiteljev, da se omogoči dosledna, izobraževalna izvedba (Xia idr., 2024).
- Pregledi digitalne kompetence poudarjajo vztrajne slabosti pri ocenjevanju kompetenc na ravni prakse, kar krepi argumente za praktično, personalizirano strokovno izpopolnjevanje in bogatejša merilna kazalniki, ki zajemajo izvajanje, ne le samozavest (Basilotta-Gómez-Pablos idr., 2022).

Nastajajoči trendi in nerešeni izzivi (2015–2025)

- Meddisciplinarnost in disciplinska globina: področje zahteva jasnejše mehanizme za razvoj disciplinskega znanja, integriranega v STEM, ob ohranjanju metakompetenc VITR z izrecno diferenciacijo med razredi in vrstami znanja (Yoon idr., 2024).
- Pravičnost in vključenost: okviri kompetenc vse bolj vključujejo enakost, dostopnost in sodelovanje, pri čemer usklajujejo trajnost z odprtim STEM in znanjem skupnosti (Eaton idr., 2022).
- Afektivna in etična pripravljenost za UI: čustva, prepričanja in etična stališča učiteljev oblikujejo sprejemanje; potrebna je sistematična podpora za prevajanje etičnih smernic v vsakdanjo prakso in zmanjšanje tesnobe ob hkratnem gradnji samozavestne, kritične rabe (Zhang idr., 2023).
- Trajnost reform: čas, podpora, zaznana uporabnost in verodostojni dokazi o učenju učencev ostajajo odločilni za trajno sprejetje v šolah (Hamamsy idr., 2023).

- Snovalsko razmišljanje kot most: na dizajnu/snovanju temelječi STEM predmeti izboljšujejo iterativno oblikovanje problemov, ustvarjalnost in testiranje rešitev ter delujejo kot praktična pot do strateške in predvidljive kompetence (Yüksel, 2025).
- Zapletenost izvajanja: uspešna integracija tehnologije je odvisna od usklajevanja percepcij zainteresiranih strani, disciplinarnih kontekstov, okvirov in meril uspešnosti, kar poudarja, da je razvoj kompetenc neločljivo povezan z institucionalno strategijo in upravljanjem (Chugh idr., 2023).

V zadnjem desetletju se je izoblikovala tipična razvojna pot:

1. Usmeritev in vključevanje: uvodni konteksti trajnosti in reflektivna zavest, pogosto vezani na disciplino.
2. Voden raziskovanje in preseganje meja: večperspektivna analiza, modeliranje in etični dialog, utemeljen na mejnih objektih in vključevanju skupnosti (Leung, 2020).
3. Oblikovanje in izvajanje: skupno oblikovanje s kolegi in zainteresiranimi stranmi, simulacijska vaja in modeliranje, podprto z UI, za strateško ukrepanje (Chen idr., 2022; Kim idr., 2022; Kett idr., 2024).
4. Konsolidacija in širitev: ocena na podlagi uspešnosti, mentorske mreže in institucionalna podpora, ki stabilizirajo prakso in širijo vpliv na šole in skupnosti (Akiri in Dori, 2021; Hamamsy idr., 2023).

V tej poti sistemsko razmišljanje utrjuje razumevanje; predvidljive in normativne kompetence usmerjajo namen; strateške in medosebne kompetence spodbujajo ukrepanje; digitalna/UI pismenost pa zagotavlja vzvod – če se goji etično in čustveno – za obvladovanje kompleksnosti. Rezultat je profil učitelja STEM kot oblikovalca trajnostnih preobrazb: tehnično vešč, etično utemeljen, socialno povezan in sposoben voditi učence skozi negotovost k pravični in regenerativni prihodnosti (Fischer idr., 2022).

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

V vseh petih raziskovalnih vprašanjih se pojavi koherentna slika izobraževanja učiteljev kot dinamičnega, družbeno-tehničnega ekosistema, v katerem so med seboj prepleteni pedagogika, digitalne inovacije in trajnost. V zadnjem desetletju se je priprava učiteljev razvila od obravnavanja tehnologije kot dodatnega orodja do njenega sprejemanja kot partnerja v raziskovanju, ustvarjalnosti in etičnem odločanju. Kakovost izobraževanja bodočih učiteljev je odvisna od usklajenosti avtentičnih, sodelovalnih in oblikovno bogatih pedagogik s podporno institucionalno okolico, namensko integracijo tehnologije in pozornostjo do motivacije in dobrega počutja učiteljev. Trajnostna preobrazba na tem področju je manj odvisna od tehničnih rešitev in bolj od pedagoške koherentnosti, podporne politike in kolektivne sposobnosti za spremembe.

Na konceptualni ravni pregledana literatura razkriva dosledno preusmeritev k integrirani arhitekturi kompetenc – sistemsko razmišljanje, poznavanje prihodnosti, etično razmišljanje, strateško delovanje in sodelovanje –, ki se razvija prek pedagoških pristopov, ki presegajo meje izkustvenega učenja in digitalnega/hibridnega sodelovanja. Okviri, kot so TPACK, oblikovalsko razmišljanje in kompetence izobraževanja za trajnostni razvoj, služijo kot ogrodje za združevanje gospodarskih, socialnih in naravnih razsežnosti trajnosti. Sčasoma se izobraževanje učiteljev preusmerja z individualne digitalne pismenosti na skupno, vrednotno

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

usmerjeno sposobnost oblikovanja vključujočih, prilagodljivih in inovativnih učnih ekosistemov, ki so sposobni odgovoriti na hitre tehnološke in okoljske spremembe.

Smernice za izobraževalni proces

Smernice podajamo sistemsko, in sicer za bodoče učitelje, učitelje na delovnem mestu, vodstvene delavce, snovalce učnih načrtov in oblikovalce izobraževalnih politik:

- Za bodoče učitelje
 - Sodelujte v skupnostnih in interdisciplinarnih projektih, ki povezujejo znanstveno znanje z dejanskimi izzivi trajnosti.
 - Uporabite strategije oblikovalskega mišljenja in sooblikovanja za eksperimentiranje, testiranje in razmišljanje o pedagoških inovacijah, ki etično in ustvarjalno vključujejo tehnologijo.
 - Postopoma razvijajte znanje o UI – začnite z razumevanjem konceptov UI, preidite na vodeno interakcijo in na koncu sodelujte z UI kot kognitivnim partnerjem.
- Za učitelje na delovnem mestu
 - Nenehno posodablajte digitalne in ocenjevalne kompetence, da uskladite pedagogiko s tehnološko izboljšanim, avtentičnim učnim izidom.
 - Obravnavajte čustvene in etične razsežnosti sprejemanja tehnologije z gradnjo zaupanja, odpornosti in reflektivne prakse.
 - Vzpostavite kulturo odgovorne in kritične rabe tehnologije v razredu, ki spodbuja samourejeno in sodelovalno učenje.
- Za vodstvo šole
 - Oblikovati hibridna učna okolja, ki usklajujejo pedagogiko, prostor in tehnologijo ter omogočajo vključujoče sodelovanje in prilagodljivo sodelovanje.
 - Zagotovite trajno mentorstvo, čas in vire za okrepitev inovativnih pedagoških praks in kolektivnega učenja v šoli.
 - Vzpostavite pregledna etična navodila in standarde za varstvo podatkov za uporabo UI in digitalnih orodij.
- Za oblikovalce učnih načrtov
 - Vključite kompetence trajnosti v vse predmete in ustvarite jasne napredke, ki povezujejo disciplinarno in interdisciplinarno znanje.
 - Vključite avtentična ocenjevanja, ki zajemajo reševanje problemov, sodelovanje in etično razmišljanje, ne le obvladovanje vsebine.
 - Vključite digitalne in z UI izboljšane učne izkušnje, ki spodbujajo ustvarjalnost, kritično mišljenje in predvidevanje pri bodočih učiteljih.
- Za oblikovalce izobraževalne politike
 - Podpirajte medsektorska partnerstva, ki povezujejo univerze, šole in skupnosti za napredek trajnosti in digitalne transformacije.
 - Zagotovite enakopraven dostop do tehnologije, digitalne infrastrukture in možnosti strokovnega izobraževanja kot osnovne pogoje za kakovostno izobraževanje.
 - Vključite etična, na človeka osredotočena načela v politike digitalnega izobraževanja, da se uravnoteži inovativnost z vključevanjem, preglednostjo in družbeno odgovornostjo.

Zaključimo lahko, da sedanja preobrazba izobraževanja učiteljev nakazuje prehod k poklicu, ki temelji na etiki, tehnološki spretnosti in trajnostni usmerjenosti. Vključevanje digitalnih inovacij v sistemske in človeške vrednote zahteva, da vse zainteresirane strani – učitelji, vodje,

oblikovalci in oblikovalci politik – na izobraževanje gledajo kot na živ, prilagodljiv ekosistem in ne kot na fiksno strukturo. Ustvarjanje skladnosti med pedagoškim namenom, institucionalno podporo in etično uporabo tehnologije je bistveno za razvoj učiteljev, ki so sposobni voditi učence skozi pospešene socialne, gospodarske in ekološke spremembe. Z usklajevanjem razvoja kompetenc z izzivi realnega sveta in prihodnjimi obeti lahko izobraževanje učiteljev postane nameren katalizator trajnostne preobrazbe na vseh ravneh izobraževalnega sistema.

Literatura in viri

- Aguilar-Cruz, P. J. in Salas-Pilco, S. Z. (2025). Teachers' perceptions of artificial intelligence in Colombia: AI technological access, AI teacher professional development and AI ethical awareness. *Technology, Pedagogy and Education*, 34(2), 219–238. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2025.2451865>
- Ahmad, K., Iqbal, W., Elhassan, A., Qadir, J., Benhaddou, D., Ayyash, M. in Al-Fuqaha, A. I. (2024). Data-Driven Artificial Intelligence in Education: A Comprehensive Review. *Ieee Transactions on Learning Technologies*, 17, 12-31. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3314610>
- Akiri, E. in Dori, Y. (2021). Professional Growth of Novice and Experienced STEM Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 31, 129-142. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09936-x>
- Alexandrowicz, V. (2024). Artificial intelligence integration in teacher education: Navigating benefits, challenges, and transformative pedagogy. *Journal of Education and Learning*, 13(6). <https://doi.org/10.5539/jel.v13n6p346>
- Amprazis, A. in Papadopoulou, P. (2024). Key competencies in education for sustainable development: A valuable framework for enhancing plant awareness. *Plants*, 7, 1195–1211. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10625>
- Ankiewicz, P. (2019). Perceptions and attitudes of pupils towards technology: In search of a rigorous theoretical framework. *International Journal of Technology and Design Education*, 29, 37–56. <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9434-z>
- Ardies, J., De Maeyer, S. in Gijbels, D. (2013). Reconstructing the pupils attitude towards technology-survey. *Design and Technology Education: An International Journal*, 18(1), 8–19. <https://stelar.edc.org/sites/default/files/Ardies%20et%20al%202013.pdf>
- Aria, M. in Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975.
- Aria, M., Le, T., Cuccurullo, C., Belfiore, A. in Choe, J. (2023). openalexR: An R-Tool for Collecting Bibliometric Data from OpenAlex. *R Journal*, 15(4), 167–180. <https://doi.org/10.32614/rj-2023-089>
- Aristovnik, A., Karampelas, K., Umek, L. in Ravšelj, D. (2023). Impact of the COVID-19 pandemic on online learning in higher education: a bibliometric analysis. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1225834>
- Arnold, R. D. in Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Computer Science*, 44, 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Avsec, S. in Ferk Savec, V. (2021a). Pre-service teachers' perceptions of, and experiences with, technology-enhanced transformative learning towards education for sustainable development. *Sustainability*, 13, 10443.
- Avsec, S. in Ferk Savec, V. (2021b). Predictive modelling of pre-service science and technology teachers' innovative behaviour. *Journal of Baltic Science Education*, 20(2), 171–183.
- Avsec, S. in Sajdera, J. (2019). Factors influencing pre-service preschool teachers' engineering thinking: Model development and test. *International Journal of Technology and Design Education*, 29, 1105–1132.
- Balacheff, N., Ludvigsen, S., Jong, T., Lazonder, A. in Barnes, S. (2009). *Technology-Enhanced Learning. Principles and products*. Springer.
- Basilotta-Gómez-Pablos, V., Matarranz, M., Casado-Aranda, L. in Otto, A. (2022). Teachers' digital competencies in higher education: a systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00312-8>
- Ben-Zvi Assaraf, O. in Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518–560. <https://doi.org/10.1002/tea.20061>
- Berg, G. V. D. in Plessis, E. D. (2023). ChatGPT and generative AI: Possibilities for its contribution to lesson planning, critical thinking and openness in teacher education. *Education Sciences*, 13(10), 998. <https://doi.org/10.3390/educsci13100998>
- Bezeljak, P., Scheuch, M. in Torkar, G. (2020). Understanding of sustainability and education for sustainable development among pre-service biology teachers. *Sustainability*, 12(17), 6892. <https://doi.org/10.3390/su12176892>
- Bilki, Z., Satar, M. in Sak, M. (2022). Critical digital literacy in virtual exchange for ELT teacher education: An interpretivist methodology. *Recall*, 35, 58–73. <https://doi.org/10.1017/S095834402200009X>
- Blom, R. in Karrow, D. (2024). Environmental and sustainability education in teacher education research: an international scoping review of the literature. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 25(5), 903–926. <https://doi.org/10.1108/ijshe-07-2023-0288>
- Brandstädter, K., Harms, U. in Großschedl, J. (2012). Assessing system thinking through different concept-mapping practices. *International Journal of Science Education*, 34(14), 2147–2170. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.716549>
- Brown, R. in H. Carasso (2013). *Everything for Sale?: The Marketisation of UK Higher Education*. Routledge.
- Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S. ... Zint, M.. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—Toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science*, 16, 13–29. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00838-2>
- Bryant, P. (2018). Making education better: implementing pedagogical change through technology in a modern institution. V A. Zorn, J. Haywood in J.-M. Glachant (ur.), *Higher Education in the Digital Age. Moving Academia Online* (str. 1–16). Edward Elgar Publishing.
- Budhai, S. S. in McLaughlin Taddei, L. (2015). *Teaching the 4Cs with technology: How do I use 21st century tools to teach 21st century skills?* ASCD Arias.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Cabrera, D. (2006). *Systems thinking*. [Doktorska disertacija]. Cornell University.
<https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/cf21d0ca-48de-4540-8914-4629f975bdcd/content>
- Cabrera, D. in Cabrera, L. (2019). Complexity and systems thinking models in education: Applications for leaders. V J. M. Spector idr. (ur.), *Learning, Design and Technology* (str. 1–29). Springer Nature Switzerland. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-17727-4_101-1
- Cabrera, D. in Cabrera, L. (2022). DSRP theory: A primer. *Systems*, 10(2), 26.
<https://doi.org/10.3390/systems10020026>
- Canonigo, A. (2024). Levering AI to enhance students' conceptual understanding and confidence in mathematics. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(6), 3215–3229.
<https://doi.org/10.1111/jcal.13065>
- Canva Pty Ltd. (2025). *Canva* [programska prema]. <https://www.canva.com>
- Carmi, N., Arnon, S. in Orion, N. (2015). Transforming environmental knowledge into behavior: The mediating role of environmental emotions. *The Journal of Environmental Education*, 46(3), 183–201. <https://doi.org/10.1080/00958964.2015.1028517>
- Cencelj, Z., Kordigel Aberšek, M., Aberšek, B. in Flogie, A. (2019). Role and meaning of functional science, technological and engineering literacy in problem-based learning. *Journal of Baltic Science Education*, 18(1), 132–146. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.132>
- Chalkiadaki, A. (2018). A systematic literature review of 21st Century Skills and competencies in primary education. *International Journal of Instruction*, 11(3), 1–16. http://www.e-iji.net/dosyalar/iji_2018_3_1.pdf
- Chan, S., Maneewan, S. in Koul, R. (2021). An examination of the relationship between the perceived instructional behaviours of teacher educators and pre-service teachers' learning motivation and teaching self-efficacy. *Educational Review*, 75, 264–286.
<https://doi.org/10.1080/00131911.2021.1916440>
- Chankseliani, M. in McCowan, T. (2020). Higher education and the Sustainable Development Goals. *Higher Education*, 81, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00652-w>
- Chen, C. (2015). Construct a multi criteria decision making tool: DEMATEL and MMDE methods. *International Journal of Decision Support System Technology*, 7(4), 36–50.
<https://doi.org/10.4018/IJDSST.2015100103>
- Chen, W., Pi, Z., Tan, J. S. H. in Lyu, Q. (2022). Preparing pre-service teachers for instructional innovation with ICT via co-design practice. *Australasian Journal of Educational Technology*.
<https://doi.org/10.14742/ajet.7743>
- Chiu, T. K. F., Moorhouse, B. L., Chai, C. in Ismailov, M. (2023). Teacher support and student motivation to learn with artificial intelligence (AI) based chatbot. *Interactive Learning Environments*, 32(7), 3240–3256. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2172044>
- Chiu, T., Ahmad, Z. in Çoban, M. (2024). Development and validation of teacher artificial intelligence (AI) competence self-efficacy (TAICS) scale. *Education and Information Technologies*, 30, 6667–6685. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13094-z>
- Choi, L., Kim, R. in Chung, S. (2025). Integrating chatbot technology in language teacher education: A TPACK-based analysis of pre-service teachers' professional development. *Language Learning and Technology*. <https://doi.org/10.64152/10125/73621>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Christian, K. B., Kelly, A. M. in Bugallo, M. (2021). NGSS-based teacher professional development to implement engineering practices in STEM instruction. *International Journal of Stem Education*, 8, 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00284-1>
- Chugh, R., Turnbull, D., Cowling, M. A., Vanderburg, R. in Vanderburg, M. A. (2023). Implementing educational technology in Higher Education Institutions: A review of technologies, stakeholder perceptions, frameworks and metrics. *Education and Information Technologies*, 28, 16403–16429. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11846-x>
- Cynthia Luna, S. (2015). The futures of learning 2: What kind of learning for the 21st century? (ERF Working Paper No. 14). UNESCO Education Research and Foresight. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000242996>
- Darancik, Y., Kaçar, E. in Sezik, A. (2025). AI anxiety and awareness of German teacher candidates. *Education and Information Technologies*, 30, 20215–20235. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13573-x>
- De Backer L., Van Keer H., De Smedt F., Merchie, E. in Valcke, M. (2022). Identifying regulation profiles during computer-supported collaborative learning and examining their relation with students' performance, motivation, and self-efficacy for learning. *Computers & Education*, 179, 104421. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104421>
- De Vries, M. J. (2016). *Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers* (2. izd.). Springer Nature.
- DeBoer, G. F. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6%3C582::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6%3C582::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-L)
- Denning, P. J. in Tedre, M. (2019). Computational Thinking. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/11740.001.0001>
- Derting, T., Ebert-May, D., Henkel, T. P., Maher, J. M., Arnold, B. D. in Passmore, H. (2016). Assessing faculty professional development in STEM higher education: Sustainability of outcomes. *Science Advances*, 2. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501422>
- Dignum, V. (2021). The role and challenges of education for responsible AI. *London Review of Education*, 19(1). <https://doi.org/10.14324/LRE.19.1.01>
- Dilek, M., Baran, E. in Aleman, E. (2025). AI Literacy in Teacher Education: Empowering Educators Through Critical Co-Discovery. *Journal of Teacher Education*, 76(3), 294–311. <https://doi.org/10.1177/00224871251325083>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N. in Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Drugova, E., Zhuravleva, I., Aiusheeva, M. in Grits, D. (2021). Toward a model of learning innovation integration: TPACK-SAMR based analysis of the introduction of a digital learning environment in three Russian universities. *Education and Information Technologies*, 26, 4925–4942. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10514-2>
- Duran, V. (2024). Analyzing teacher candidates' arguments on AI integration in education via different chatbots. *Digital Education Review*, 45. <https://doi.org/10.1344/der.2024.45.68-83>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Eaton, C. D., Bonner, K. M., Cangialosi, K., Dewsbury, B., Diamond-Stanic, M., Douma, J., Smith, M. K., Taylor, R., Wojdak, J. in Wilfong, K. (2022). Sustainability and Justice: Challenges and Opportunities for an Open STEM Education. *Cbe Life Sciences Education*, 21. <https://doi.org/10.1187/cbe.20-08-0180>
- Eilks, I. (2015). Science education and education for sustainable development—justifications, models, practices and perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(1), 149–158. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1313a>
- Eklund, G., Sundqvist, C., Lindell, M. in Toppinen, H. (2020). A study of Finnish primary school teachers' experiences of their role and competences by implementing the three-tiered support. *European Journal of Special Needs Education*, 36(5), 729–742. <https://doi.org/10.1080/08856257.2020.1790885>
- English, M. C. in Kitsantas, A. (2013). Supporting student self-regulated learning in problem- and project-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7(2), 127–150. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1339>
- Feriver, Ş., Olgan, R., Teksöz, G. in Barth, M. (2019). Systems thinking skills of preschool children in early childhood education contexts from Turkey and Germany. *Sustainability*, 11(5), 1478. <https://doi.org/10.3390/su11051478>
- Ferk Savec, V., Hrast, Š., Šuligoj, V. in Avsec, S. (2018). The innovative use of ICT in STEM teacher training programmes at the University of Ljubljana. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 16(4), 421–427.
- Fischer, D., King, J., Rieckmann, M., Barth, M., Büssing, A., Hemmer, I. in Lindau-Bank, D. (2022). Teacher Education for Sustainable Development: A Review of an Emerging Research Field. *Journal of Teacher Education*, 73, 509–524. <https://doi.org/10.1177/00224871221105784>
- Forrester, J. W. (1994). System dynamics, systems thinking, and soft OR. *System Dynamics Review*, 10(2–3). <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100211>
- Foster, N. in Piacentini, M. (ur.). (2023). *Innovating Assessments to Measure and Support Complex Skills*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/e5f3e341-en>
- Gabrovšek, R. in Rihtaršič, D. (2025a). *Innovative application of a GAI tutor in robotics education*. Conference on Engineering and Architecture Design Education (EADE-2025), University of Pavia, Pavia, Italy.
- Gabrovšek, R. in Rihtaršič, D. (2025b). Custom Generative Artificial Intelligence Tutors in Action: An Experimental Evaluation of Prompt Strategies in STEM Education. *Sustainability*, 17(21), 9508.
- Goldman, D., Yavetz, B. in Pe'er, S. (2006). Environmental literacy in teacher training in Israel: Environmental behavior of new students. *The Journal of Environmental Education*, 38(1), 3–22. <https://doi.org/10.3200/JOEE.38.1.3-22>
- Gräber, W., Nentwig, P. in Nicolson, P. (2002). Scientific Literacy – von der Theorie zur Praxis. V W. Gräber, T. Koballa, R. Evans (ur.). *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (str. 135–145). Leske & Budrich.
- Greenhow, C., Sonnevend, J. in C. Agur (2016). *Education and Social Media: Toward a Digital Future*. MIT Press. <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1c2cqn5>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Grohs, J. R., Kirk, G. R., Soledad, M. M. in Knight, D. B. (2018). Assessing systems thinking: A tool to measure complex reasoning through ill-structured problems. *Thinking Skills and Creativity*, 28, 110–130. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.03.003>
- Gu, J., Xu, M. in Hong, J. (2019). Development and Validation of a Technological Literacy Survey. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(1), 109–124. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09971-6>
- Hamamsy, L. E., Monnier, E., Avry, S., Chevalier, M., Bruno, B., Dehler-Zufferey, J. in Mondada, F. (2023). Modelling the sustainability of a primary school digital education curricular reform and professional development program. *Education and Information Technologies*, 1–48. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11653-4>
- Hazen, R. M. in Trefil, J. (1991). Science matters. Achieving scientific literacy. Anchor Books Doubleday.
- Henriksen, D., Creely, E., Gruber, N. in Leahy, S. (2025). Social-emotional learning and generative AI: A critical literature review and framework for teacher education. *Journal of Teacher Education*, 76(3), 312–328. <https://doi.org/10.1177/00224871251325058>
- Hero, L.-M., Lindfors, E. in Taatila, V. (2017). Individual innovation competence: A systematic review and future research agenda. *International Journal of Higher Education*, 6(5), 103–121. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v6n5p103>
- Hoepfl, M. (2020). Defining technological and engineering literacy. *Technology and Engineering Teacher*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245857634>
- Holmes, W., Bialik, M. in Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. (1st ed.). Center for Curriculum Redesign.
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Buckingham Shum, S. ... Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, 504–526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>
- Hsu, S. J. (2004). The effects of an environmental education program on responsible environmental behavior and associated environmental literacy variable in Taiwanese college students. *Journal of Environmental Education*, 35(2), 37–48. <https://doi.org/10.3200/JOEE.35.2.37-48>
- Hu, X., Gong, Y., Lai, C. in Leung, F. K. S. (2018). The relationship between ICT and student literacy in mathematics, reading, and science across 44 countries: A multilevel analysis. *Computers & Education*, 125, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.021>
- Humble, N. in Mozelius, P. (2022). The threat, hype, and promise of artificial intelligence in education. *Discover Artificial Intelligence*, 2(22). <https://doi.org/10.1007/s44163-022-00039-z>
- Igo, L. B., Bruning, R. in McCrudden, M. T. (2005). Exploring differences in students' copy-and-paste decision making and processing: A mixed-methods study. *Journal of Educational Psychology*, 97(1), 103–116. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0663.97.1.103>
- Imara, K. in Altinay, F. (2021). Integrating education for sustainable development competencies in teacher education. *Sustainability*, 13(22), 12555. <https://doi.org/10.3390/su132212555>
- Isaacs, M., Tondeur, J. in Vaesen, J. (2024). Digital storytelling in teacher education: Developing pre-service teachers' critical thinking. *Australasian Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.14742/ajet.9258>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- ITEEA. (2020). *Standards for technological and engineering literacy: The role of technology and engineering in STEM education*. ITEEA. <https://www.iteea.org/stel>
- Jedrinović, S., Bevčič, M., Rugelj, J., Ferk Savec, V. (2019). Aktivni pouk in uporaba IKT v procesu učenja in poučevanja. V J. Rugelj in V. Ferk Savec, (ur.). *Inovativna didaktična uporaba informacijsko komunikacijske tehnologije v študijskem procesu* (str. 33–51). Univerza v Ljubljani.
- Jedrinović, S., Ferk Savec, V. in Rugelj, J. (2019). Innovative and flexible approaches to teaching and learning with ICT. V T. Våljataga in M. Laanpere (ur.). *Digital turn in schools - research, policy, practice* (str. 171–186). Springer Nature Singapore.
- Joynes, C., Rossignoli, S. in Fenyiwa Amonoo-Kuofi, E. (2019). 21st Century Skills: Evidence of issues in definition, demand and delivery for development contexts (K4D Helpdesk Report). Institute of Development Studies.
- Kavkler, M., Babuder, M. K. in Magajna, L. (2015). Inclusive education for children with specific learning difficulties: Analysis of opportunities and barriers in inclusive education in Slovenia. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 5(1), 31–52. https://www.pedocs.de/volltexte/2015/10634/pdf/cepsj_2015_1_Kavkler_ua_Inclusive_Education_for_Children.pdf
- Keane, T., Keane, W. F. in Blicblau, A. S. (2016). Beyond traditional literacy: Learning and transformative practices using ICT. *Education and Information Technologies*, 21(4), 769–781. <https://doi.org/10.1007/s10639-014-9353-5>
- Kee, T., Kuys, B. in Zhang, J. (2025). The architecture for synchronous hybrid peer learning using pedagogy-space-technology (PST) framework. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13435-6>
- Keinänen, M., Ursin, J. in Nissinen, K. (2018). How to measure students' innovation competences in higher education: Evaluation of an assessment tool in authentic learning environments. *Studies in Educational Evaluation*, 58, 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2018.05.007>
- Kett, N., Spray, E. J., Rutherford, N. in Rendoth, T. (2024). Integration of simulation technology with assessment in initial teacher education. *Australasian Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.14742/ajet.9450>
- Key competences for lifelong learning (Ključne kopetence) (2019). European Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/297a33c8-a1f3-11e9-9d01-01aa75ed71a1>
- Kihoza, P., Zlotnikova, I., Bada, J. in Kalegele, K. (2016). Classroom ICT integration in Tanzania: Opportunities and challenges from the perspectives of TPACK and SAMR models. *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 12(1), 107–128. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1099588.pdf>
- Kim, D. in Bolger, M. (2017). Analysis of Korean elementary pre-service teachers' changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 587–605. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9709-3>
- Kim, J. H., Lee, H. in Cho, Y. (2022). Learning design to support student-AI collaboration: perspectives of leading teachers for AI in education. *Education and Information Technologies*, 27, 6069–6104. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10831-6>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Kirschner, P. A., Sweller, J. in Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Klaeijssen, A., Vermeulen, M. in Martens, R. (2018). Teachers' innovative behaviour: The Importance of basic psychological need satisfaction, intrinsic motivation, and occupational self-efficacy. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62(5) 769–782.
<https://doi.org/10.1080/00313831.2017.1306803>
- Koehler, M. in Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
<https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1565932>
- Kohnke, L. in Zou, D. (2025). Artificial intelligence integration in TESOL teacher education: Promoting a critical lens guided by TPACK and SAMR. *TESOL Quarterly*.
<https://doi.org/10.1002/tesq.3396>
- Kulaksız, T. in Toran, M. (2022). Development of pre-service early childhood teachers' technology integrations skills through a praxeological approach. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00344-8>
- Kuzu, T., Irion, T. in Bay, W. (2025). AI-based task development in teacher education: an empirical study on using ChatGPT to create complex multilingual tasks in the context of primary education. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13673-8>
- Lampos, V., Mintz, J. in Qu, X. (2021). An artificial intelligence approach for selecting effective teacher communication strategies in autism education. *NPJ Science of Learning*, 6(25).
<https://doi.org/10.1038/s41539-021-00102-x>
- Larkin, K. in Jamieson-Proctor, R. (2015). Using transactional distance theory to redesign an online mathematics education course for pre-service primary teachers. *Mathematics Teacher Education and Development Journal*, 17(1), 44–61.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1078418.pdf>
- Laurillard, D. (2012). *Teaching as a Design Science. Building pedagogical patterns for learning and technology*. Routledge.
- Lee, S. in Jeon, J. (2024). Enhancing pre-service EFL teachers' TPACK through chatbot-integrated lesson planning projects. *Language Learning and Technology*.
<https://doi.org/10.64152/10125/73598>
- Leung, A. (2020). Boundary crossing pedagogy in STEM education. *International Journal of Stem Education*, 7, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00212-9>
- Lucariello, J., Nastasi, B., Dwyer, C., Skiba, R., DeMarie, D. in Anderman, E. (2016). Top 20 psychological principles for PK-12 education. *Theory Into Practice*, 55(2), 86–93.
<https://doi.org/10.1080/00405841.2016.1152107>
- Luckin, R. (2017). Towards artificial intelligence-based assessment systems. *Nature Human Behaviour*, 1(0028). <https://doi.org/10.1038/s41562-016-0028>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Lupton, R. C. in Allwood, J. M. (2017). Hybrid Sankey diagrams: Visual analysis of multidimensional data for understanding resource use. *Resources, Conservation and Recycling*, 124, 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.05.002>
- Mah, D. in Groß, N. (2024). Artificial intelligence in higher education: exploring faculty use, self-efficacy, distinct profiles, and professional development needs. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00490-1>
- Manfreda Kolar, V. in Hodnik, T. (2021). Mathematical literacy from the perspective of solving contextual problems. *European Journal of Educational Research*, 10(1), 467–483. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.1.467>
- Marginson, S. (2013). The impossibility of capitalist markets in higher education. *Journal of Education Policy*, 28(3), 353–370. <https://doi.org/10.1080/02680939.2012.747109>
- Masoumi, D. (2020). Situating ICT in early childhood teacher education. *Education and Information Technologies*, 26, 3009–3026. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10399-7>
- Messmann, G. M. A. (2012). *Innovative work behaviour: Investigating the nature and facilitation of vocational teachers' contributions to innovation development*. Universität Regensburg.
- Meylani, R. (2024). Artificial intelligence in the education of teachers: A qualitative synthesis of the cutting-edge research literature. *Journal of Computer and Education Research*, 12(24), 600–637. <https://doi.org/10.18009/jcer.1477709>
- Mitchell, D. (2008). *What really works in special and inclusive education. Using evidence – based teaching strategies*. Routledge.
- Monat, J. P., Gannon, T. F. in Amisshah, M. (2022). The case for systems thinking in undergraduate engineering education. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 12(3), 50–88. <https://doi.org/10.3991/ijep.v12i3.25035>
- Moore, S. M., Dolansky, M. A., Singh, M., Palmieri P. in Alemi, F. (2010). *The Systems Thinking Scale*. Unpublished manuscript.
- Moreno-Pino, F., Jiménez-Fontana, R., Domingo, J. M. C. in Goded, P. A. (2021). Study of the presence of sustainability competencies in teacher training in mathematics education. *Sustainability*, 13(10), 5629. <https://doi.org/10.3390/SU13105629>
- Msambwa, M. M., Wen, Z. in Daniel, K. (2025). The impact of AI on the personal and collaborative learning environments in higher education. *European Journal of Education*, 60(1). <https://doi.org/10.1111/ejed.12909>
- National Research Council. (2006). Tech tally: Approaches to assessing technological literacy. V *Tech Tally: Approaches to Assessing Technological Literacy*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11691>
- Nguyen, A., Ngo, H., Hong, Y., Dang, B. in Nguyen, B. T. (2022). Ethical principles for artificial intelligence in education. *Education and Information Technologies*, 28, 4221–4241. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11316-w>
- Nolet, V. (2009). Preparing sustainability-literate teachers. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education*, 111(2), 409–442. <https://doi.org/10.1177/016146810911100207>
- Nuhfer, E. B., Cogan, C. B., Kloock, C., Wood, G. G., Goodman, A., Delgado, N. Z. in Wheeler, C. W. (2016). Using a concept inventory to assess the reasoning component of citizen-level science

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- literacy: Results from a 17,000-student study. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17, 143–155. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1036>
- Ocampo, L. A., Himang, C. M., Kumar, A. in Brezocnik, M. (2019). A novel multiple criteria decision-making approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy AHP for mapping collection and distribution centers in reverse logistics. *Advances in Production Engineering & Management*, 14(3), 297–322. <https://doi.org/10.14743/apem2019.3.329>
- OECD (2003). *The PISA 2003 assessment framework. Mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. OECD.
- OECD (2018a). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing.
- OECD (2018b). *PISA for development assessment and analytical framework: Reading, mathematics and science*. OECD Publishing.
- OECD (2019). *OECD Employment Outlook 2019: The Future of Work*. OECD Publishing.
- Ottesen, E. (2006). Learning to teach with technology: Authoring practised identities. *Technology, Pedagogy and Education*, 15(3), 275–290. <https://doi.org/10.1080/14759390600923568>
- Özdemir-Yılmaz, M. (2025). Towards a Holistic Understanding of Sustainable Development in Teacher Education: Insights From Pre-Service Teachers' Cross-Curricular Lesson Planning. *European Journal of Education*. <https://doi.org/10.1111/ejed.70229>
- Pacis, M. in VanWynsberghe, R. (2020). Key sustainability competencies for education for sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(3), 575–592. <https://doi.org/10.1108/ijsh-12-2018-0234>
- Paniagua, A. in Istance, D. (2018). *Teachers as designers of learning environments: The importance of innovative pedagogies*. OECD Publishing.
- Pearce, N., Weller, M., Scanlon, E. in Kinsley, S. (2011). Digital scholarship considered: How new technologies could transform academic work. *In Education*, 16(1), 33–44. <https://doi.org/10.37119/ojs2010.v16i1.44>
- Peters, E. E. (2010). Shifting to a student-centered science classroom: An exploration of teacher and student changes in perceptions and practices. *Journal of Science Teacher Education*, 21(3), 329–349. <https://www.jstor.org/stable/43156552>
- Peters, M., Ejjaberi, A. E., Martínez, M. J. in Fàbregues, S. (2022). Teacher digital competence development in higher education: Overview of systematic reviews. *Australasian Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.14742/ajet.7543>
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. V M. Boekaerts, P. R. Pintrich in M. Zeidner (ur.), *Handbook of self-regulation* (str. 451–502). Academic Press.
- Pleasant, J., Clough, M. P., Olson, J. K. in Miller, G. (2019). Fundamental issues regarding the nature of technology: Implications for STEM education. *Science & Education*, 28, 561–597. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00056-y>
- Puente, R. R. (2006). *Transformation, technology, and education*. <http://hippasus.com/resources/tte/>
- Puente, R. R. (2014). *SAMR and TPACK: A hands-on approach to classroom practice*. <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2012/09/03/BuildingUponSAMR.pdf>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Quelhas, O. L. G., Lima, G. B. A., Ludolf, N. V.-E., Meiriño, M. J., Abreu, C., Anholon, R., Neto, J.-V. in Rodrigues, L. S. G. (2019). Engineering education and the development of competencies for sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(4), 614–629. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2018-0125>
- Raghav, P. R., Kumar, D. in Bhardwaj, P. (2016). Experience of Delphi technique in the process of establishing consensus on core competencies. *International Journal of Applied & Basic Medical Research*, 6(3), 191–194. <https://doi.org/10.4103/2229-516X.186966>
- Raygan, A. in Moradkhani, S. (2020). Factors influencing technology integration in an EFL context: investigating EFL teachers' attitudes, TPACK level, and educational climate. *Computer Assisted Language Learning*, 35, 1789–1810. <https://doi.org/10.1080/09588221.2020.1839106>
- Redecker, C. in Punie, Y. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union.
- Redman, A. in Wiek, A. (2021). Competencies for advancing transformations towards sustainability. *Frontiers in Education*, 6, 785163. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.785163>
- Rets, I., Rienties, B. in Lewis, T. (2020). Transforming pre-service teacher education through virtual exchange: a mixed-methods analysis of perceived TPACK development. *Interactive Learning Environments*, 31, 1229–1241. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1826983>
- Richmond, G. in Tatto, M. T. (2016). Innovation in educational research. *Journal of Teacher Education*, 67(5), 360–362. <https://doi.org/10.1177/0022487116670866>
- Rieckmann, M. (2012). Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning? *Futures*, 44(2), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005>
- Rihtaršič, D. in Gabrovšek, R. (2025). Inovativna uporaba GUI-tutorja pri projektih iz robotike in elektronike v pedagoškem kontekstu. V A. Flogie in S. Čotar Konrad (ur.), *Izobraževanje v dobi generativne umetne inteligence: mednarodne smernice in raziskave* (str. 281–299). Založba Univerze na Primorskem. <https://doi.org/10.26493/978-961-293-431-6.13>
- Rodríguez-Zurita, D., Jaya-Montalvo, M., Moreira-Arboleda, J., Raya-Diez, E. in Carrión-Mero, P. (2024). Sustainable development through service learning and community engagement in higher education: a systematic literature review. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. <https://doi.org/10.1108/ijshe-10-2023-0461>
- Rossouw, A., Hacker, M. in De Vries, M. J. (2011). Concepts and contexts in engineering and technology education: An international and interdisciplinary Delphi study. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 409–424. <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9129-1>
- Roth, C. E. (1992). *Environmental literacy: Its roots, evolution and directions in the 1990s*. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education.
- Rupnik, D. in Avsec, S. (2019). The relationship between student attitudes towards technology and technological literacy. *World transactions on engineering and technology education*, 17(1), 48–53. [http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.17,%20No.1%20\(2019\)/08-Rupnik-D.pdf](http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.17,%20No.1%20(2019)/08-Rupnik-D.pdf)

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Rupnik, D. in Avsec, S. (2025). Student agency as an enabler in cultivating sustainable competencies for people-oriented technical professions. *Education Sciences*, 15(4), 469. <https://doi.org/10.3390/educsci15040469>
- Rütli-Joy, O., Winder, G. in Biedermann, H. (2023). Building AI literacy for sustainable teacher education. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 18(4). <https://doi.org/10.21240/zfhe/18-04/10>
- Sá, P., Lourenço, M. in Carlos, V. (2022). Sustainability competencies in higher education research: An analysis of doctoral theses in Portugal. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 12(4), 387–399. <https://doi.org/10.3390/ejihpe12040028>
- Sáenz, C. (2009). The role of contextual, conceptual and procedural knowledge in activating mathematical competencies (PISA). *Educational Studies in Mathematics*, 71(2), 123–143. <https://www.jstor.org/stable/40284590>
- Schneider, K. (2019). What Does Competence Mean? *Psychology*, 10(14), 1938–1958. <https://doi.org/10.4236/psych.2019.1014125>
- Selwyn, N. (2012). Social media in higher education. V Europa Publications (ur.), *The Europa World of Learning* (str. 1–10). Routledge.
- Selwyn, N. (2024). On the Limits of Artificial Intelligence (AI) in Education. Nord. Tidsskr. *Pedagog. Og Krit.*, 10, 3–14. <https://doi.org/10.23865/ntpk.v10.6062>
- Shi, L. (2025). Assessing teachers' generative artificial intelligence competencies: instrument development and validation. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13684-5>
- Si, S., You, X., Liu, H. in Zhang, P. (2018). DEMATEL technique: A systematic review of the State-of-the-Art literature on methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018(1), 1–33. <https://doi.org/10.1155/2018/3696457>
- Sia, A. P., Hungerford, H. R. in Tomera, A. N. (1986). Selected predictors of responsible environmental behavior: An analysis. *The Journal of Environmental Education*, 17(2), 31–40. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1080/00958964.1986.9941408>
- Siemens, G. in Weller, M. (2011). Higher education and the promises and perils of social network. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 8, 164–170. <https://doi.org/10.7238/rusc.v8i1.1076>
- Şimşek, A. S., Cengiz, G. Ş. T. in Bal, M. (2025). Extending the TAM framework: Exploring learning motivation and agility in educational adoption of generative AI. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13591-9>
- Sinakou, E., Donche, V., Boeve-de Pauw, J. in Van Petegem, P. (2019). Designing powerful learning environments in education for sustainable development: A conceptual framework. *Sustainability*, 11(21), 5994. <https://doi.org/10.3390/su11215994>
- Sjöström J. in Eilks I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of bildung. V Dori Y., Mevarech Z., Baker D. (ur.) *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education. Innovations in Science Education and Technology*, 24. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4
- Sousa, D.A. in Pilecki, T.J. (2018). *From STEM to STEAM: Brain-Compatible Strategies and Lessons That Integrate the Arts*. A Sage publishing company.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Stehle, S. M. in Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 6, 39. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1>
- Stouthart, T., Bayram, D. in Veen, J. T. V. D. (2025). Science teachers' views on student competences in education for sustainable development. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.22021>
- Sulun, Y., Yurttas, G. D. in Ekiz, S. O. (2009). Determination of science literacy levels of the classroom teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 723–730. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.127>
- Sümer-Dodur, H. M. (2025). Special Education Pre-Service Teachers' Conscientiousness and Their Attitudes Towards Artificial Intelligence: The Mediating Role of AI Literacy and AI Anxiety. *European Journal of Education*. <https://doi.org/10.1111/ejed.70276>
- Šterman Ivančič, K. (2019). *Program mednarodne primerjave dosežkov učencev in učenk - PISA 2018, Nacionalno poročilo s primeri nalog iz branja*. Pedagoški inštitut.
- Tammets, K. in Ley, T. (2023). Integrating AI tools in teacher professional learning: a conceptual model and illustrative case. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 6. <https://doi.org/10.3389/frai.2023.1255089>
- Tejedor, G., Segalàs, J., Barrón, Á., Fernández-Morilla, M., Fuertes, M. T., Ruiz-Morales, J., Gutiérrez, I., García-González, E., Aramburuzabala, P. in Hernández, Á. (2019). Didactic strategies to promote competencies in sustainability. *Sustainability*, 11(17), 2086. <https://doi.org/10.3390/SU11072086>
- The Royal Society (2012). *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*. <https://royalsociety.org/-/media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>
- The Royal Society (2017). *The After the reboot: computing education in UK schools*. https://dera.ioe.ac.uk/30530/1/computing-education-report_Redacted.pdf
- Timmis, S., Bradfoot, P., Sutherland, R. in Oldfield, A. (2016). Rethinking assessment in a digital age: Opportunities, challenges and risks. *British Educational Research Journal*, 42(3), 454–476. <https://doi.org/10.1002/berj.3215>
- Tomlinson, M., Enders, J. in Naidoo, R. (2020). The teaching excellence framework: Symbolic violence and the measured market in higher education. *Critical Studies in Education*, 61(5), 627–642. <https://doi.org/10.1080/17508487.2018.1553793>
- Torkar, G. in Bogner, F. X. (2019). Environmental values and environmental concern. *Environmental Education Research*, 25(10), 1570–1581. <https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1649367>
- Tunjera, N. in Chigona, A. (2023). Investigating effective ways to use artificial intelligence in teacher education. *European Conference on e-Learning*, 22(1). <https://doi.org/10.34190/ecel.22.1.1625>
- Twomey Lamb, C., Nightingale, D. J. in Rhodes, D. H. (2008). Collaborative systems thinking: Towards an understanding of team-level systems thinking. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/84133>
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals, Learning Objectives*. UNESCO.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- United Nations (UN). (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/2030agenda> (25. julij 2025).
- Utomo, H. P., Bon, A. T. in Hendayun, M. (2017). SAMR as a framework for modeling of academic information system in higher education institution toward education 3.0. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 8(2S7), 283–287. <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i2S7/B10480782S719.pdf>
- Väljataga, T. in Laanpere, M. (2019). *Digital Turn in Schools—Research, Policy, Practice*. Springer.
- Valtonen, T., Eriksson, M., Kärkkäinen, S., Tahvanainen, V., Turunen, A., Vartiainen, H., Kukkonen, J. in Sointu, E. (2022). Emerging imbalance in the development of TPACK - A challenge for teacher training. *Education and Information Technologies*, 28, 5363-5383. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11426-5>
- Voithofer, R. in Nelson, M. J. (2020). Teacher Educator Technology Integration Preparation Practices Around TPACK in the United States. *Journal of Teacher Education*, 72, 314-328. <https://doi.org/10.1177/0022487120949842>
- Von Bertalanffy, L. in Sutherland, J. W. (1974). General systems theory: Foundations, developments, applications. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-4(6), 592–592, <https://doi.org/10.1109/TSMC.1974.4309376>
- Voogt, J. in Roblin, N. P. (2010). *21st Century Skills* (Discussion Paper). Enschede: University of Twente.
- Voogt, J. in Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299–321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Vuorikari, R., Punie, Y., Carretero Gomez S., Van den Brande, G. (2016). *DigComp 2.0: The Digital Competence Framework for Citizens. Update Phase 1: The Conceptual Reference Model*. Luxembourg Publication Office of the European Union.
- Waltman, L., Van Eck, N. J. in Noyons, E. C. M. (2010). A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, 4(4), 629–635. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.07.002>
- Wang, A. (2022). Understanding levels of technology integration: A TPACK scale for EFL teachers to promote 21st-century learning. *Education and Information Technologies*, 27, 9935-9952. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11033-4>
- Wang, W., Schmidt-Crawford, D. in Jin, Y. (2018). Preservice teachers' TPACK development: A review of literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(4), 234–258. <https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1498039>
- Webb, M. (2014). Pedagogy with information and communications technologies in transition. *Education and Information Technologies*, 19(2), 275–294. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9216-x>
- WEF (2016). *New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning through Technology*. WEF.
- WEF (2020a). *Schools of the Future: Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution*. WEF.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

WEF (2020b). *The Global Competitiveness Report 2020*. WEF.

WEF (2020c). *The Future of Jobs Report*. WEF.

Wengrowicz, N. (2014). Teachers pedagogical change mechanism – Pattern of structural relations between teachers' pedagogical characteristics and teachers' perceptions of transactional distance (TTD) in different teaching environments. *Computers & Education*, 76, 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.03.020>

Wiek, A., Withycombe, L. in Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6, 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

World Commission on the Environment and Development (1987). *Our common future*. Oxford University Press.

Wu, W., Burdina, G. in Gura, A. (2024). Use of artificial intelligence in teacher training. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 18(1), 1–15. <https://doi.org/10.4018/ijwltt.331692>

Xia, Q., Weng, X., Fan, O., Lin, T. in Chiu, T. (2024). A scoping review on how generative artificial intelligence transforms assessment in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21, 1–22. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00468-z>

Xu, M., Williams, P. J., Gu, J., Liu, M. in Hong, J. (2020). *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 2111–2127. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09686-2>

Yang, L., Martínez-Abad, F. in García-Holgado, A. (2022). Exploring factors influencing pre-service and in-service teachers' perception of digital competencies in the Chinese region of Anhui. *Education and Information Technologies*, 27, 12469–12494. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11085-6>

Yen, T. S. in Halili, S. H. (2015). Effective teaching of higher order thinking (HOT) in education. *The Online Journal of Distance Education and e-Learning*, 3(2), 41–47. <https://tojdel.net/journals/tojdel/articles/v03i02/v03i02-04.pdf>

Yoon, S. A., Miller, K. M., Richman, T., Noushad, N. F., Hageman, G., Liu, Y., Zhang, W. in Cottone, A. M. (2024). Developing Teachers' Disciplinary Knowledge for High School STEM Integration: A Review of a Decade of Educational Research. *Review of Educational Research*. <https://doi.org/10.3102/00346543241289566>

Yüksel, A. O. (2025). Design-Based STEM Activities in Teacher Education and Its Effect on Pre-service Science Teachers' Design Thinking Skills. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-025-10215-2>

Zhang, C., Schießl, J., Plößl, L., Hofmann, F. in Gläser-Zikuda, M. (2023). Acceptance of artificial intelligence among pre-service teachers: a multigroup analysis. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00420-7>

Zhang, D., Wijaya, T. T., Wang, Y., Su, M., Li, X. in Damayanti, N. W. (2025). Exploring the relationship between AI literacy, AI trust, AI dependency, and 21st century skills in preservice mathematics teachers. *Scientific Reports*, 15(14281). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-99127-0>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Zhang, H. in Zeng, Y. (2022). The education for sustainable development, online technology and teleological rationality: A game between instrumental value and humanistic value. *Sustainability*, 14(4), 2101. <https://doi.org/10.3390/su14042101>
- Zhu, C., Wang, D., Cai, Y. in Engels, N. (2013). What core competencies are related to teachers' innovative teaching? *Asia-Pacific Journal of Teacher Education*, 41(1), 9–27. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2012.753984>
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. V M. Boekaerts, P. R. Pintrich in M. Zeidner (ur.), *Handbook of self-regulation* (str. 13–39). Academic Press.
- Zoller, U. (2013). Science, technology, environment, society (STES) literacy for sustainability: What should it take in chem/science education?. *Educación química*, 24(2), 207–214. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72464-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72464-9)
- Zupic, I. in Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>

SPODBUJANJE USTVARJALNEGA MIŠLJENJA ZA KAKOVOSTNO IZOBRAŽEVANJE V LUČI TRAJNOSTNEGA RAZVOJA

FOSTERING CREATIVE THINKING FOR QUALITY EDUCATION IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Mojca Juriševič in Neža Podlogar

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

V prispevku obravnavava ustvarjalno klimo kot pogoj za spodbujanje ustvarjalnega mišljenja v vzgojno-izobraževalnem okolju, in sicer z vidika trajnostno naravnane učenja in poučevanja. S kvantitativnim raziskovalnim pristopom sva ugotavljali značilnosti ustvarjalne klime v zgodnjem obdobju šolanja. Zanimala naju je splošna stopnja ustvarjalne klime, zastopanost posameznih dimenzij ustvarjalne klime ter morebitni vzorci dimenzij, ki nakazujejo posebne pristope spodbujanja ustvarjalne klime v razredu. V kvantitativno analizo je bilo priložnostno vključenih 74 oddelkov prvega do četrtega razreda osnovne šole; tehnika zbiranja podatkov je bila opazovalna lestvica z desetimi dimenzijami ustvarjalne klime po Ekvallu, ki so bile za vsak oddelek posebej ocenjene na štiristopenjski ocenjevalni lestvici Likertovega tipa. Rezultati so v povprečju pokazali spodbudno ustvarjalno klimo v opazovanih oddelkih, najbolj zastopana dimenzija je bila učiteljeva podpora idejam učencev, najmanj prisotni pa so bili medosebni konflikti in napetosti. Z uporabo klasterske analize sva prepoznali šest svojstvenih vzorcev, na osnovi katerih je mogoče bolje razumeti dinamiko spodbujanja ustvarjalnega mišljenja učencev v prvih razredih osnovne šole, ko se učenci šele prilagajajo zahtevam vzgojno-izobraževalnega sistema in usvajajo osnove trajnostnega učenja in znanja.

Ključne besede: spodbujanje ustvarjalnosti, ustvarjalna klima, klasterska analiza.

Abstract

This paper discusses the creative climate as a means of fostering creative thinking in educational settings, focusing particularly on sustainable learning and teaching. Using a quantitative research approach, we identified the characteristics of the creative climate in early schooling. We examined the overall level of the creative climate, the representation of its individual dimensions and any patterns that might indicate specific approaches to promoting a creative classroom climate. The quantitative analysis included 74 classes selected at convenience from the first to the fourth years of primary school. Data were collected using an observation scale based on Ekvall's ten dimensions of the creative climate. These dimensions were assessed separately for each class using a four-point Likert-type rating scale. On average, the results indicated a stimulating creative climate in the observed classes, with teacher support for students' ideas being the most prominent dimension and interpersonal conflicts and tensions being the least represented. Cluster analysis revealed six distinct patterns, providing a deeper

understanding of how to promote creative thinking among primary school students as they adapt to the demands of the education system and acquire the foundations of sustainable learning and knowledge.

Keywords: fostering creativity, creative climate, cluster analysis.

Uvod

Ustvarjalnost je danes prepoznana kot temelj kakovostnega in trajnostnega izobraževanja; skupaj s kritičnim mišljenjem, sodelovalno naravnostjo in funkcionalno komunikacijo predstavlja sklop ključnih spretnosti za učenje in trajnostni razvoj v 21. stoletju (Binkley idr., 2011). Natančneje, med cilji trajnostnega razvoja je mogoče predpostaviti, da se ustvarjalno mišljenje uresničuje prečno v različnih ciljih, še posebej pa v četrtem cilju, ki opredeljuje področje kakovostnega izobraževanja (Organizacija združenih narodov, 2023; Rickoy idr., 2024). Ustvarjalnost je namreč povezana s prožnostjo mišljenja, ki omogoča razvijanje inventivnih in inovativnih rešitev za spoprijemanje s sodobnimi in kompleksnimi družbenimi in okoljskimi izzivi, spodbujanjem medpredmetnega povezovanja in bolj celostnega razumevanja trajnostnih problemov, krepitvijo osebnih in socialnih kompetenc, ki spodbujajo spoštovanje različnosti in inkluzivno učenje, in razvojem notranje motiviranosti za učenje in stabilne samopodobe, ki prispeva k občutku osebne odgovornosti za trajnostno prihodnost (UNESCO, 2017, 2021).

Ustvarjalnost številni avtorji opredeljujejo kot sposobnost ustvarjanja izvirnih idej oziroma produktov, ki so ustrezni in smiselni glede na kontekst ter upoštevajo zahteve naloge (Plucker idr., 2004; Runco in Jaeger, 2012; Simonton, 2012; Sternberg in Lubart, 1995; Treffinger, 2009); Sternberg v svojem najnovejšem delu opozarja, da ustvarjalnost kot ustvarjalno mišljenje lahko razumemo tudi kot zmožnost, ki jo skozi ustrezne izkušnje lahko razvijamo (Sternberg, 2025), zato so sodobna spoznanja s področja razumevanja in spodbujanja ustvarjalnosti za vzgojo in izobraževanje izjemno pomembna. Ustvarjalnost otrok in spodbujanje ustvarjalnosti pri učencih osnovne šole je ključnega pomena, saj tudi raziskave kažejo povezavo ustvarjalnosti z različnimi pozitivnimi vedenji in rezultati. Ustvarjalnost je povezana s kognitivnimi procesi višjega reda, kot sta načrtovanje in reševanje problemov, pa tudi s pozornostjo ter fleksibilnim in inovativnim znanjem (Cropley, 2001; Starko 2009). Poleg tega se povezuje z osebnostnimi značilnostmi, kot so odprtost, pripravljenost na tveganje, sodelovanje in komunikacija, ter z višjo notranjo motivacijo (radovednostjo, pozitivnimi čustvi in humorjem), učno samopodobo in veseljem do učenja (Glăveanu in Beghetto, 2017; Starko, 2009; Vincent-Lacrin idr., 2019; Vuyk idr., 2025). Vse to se kaže v višji učni uspešnosti, splošnem višjem zadovoljstvu in boljšemu duševnemu zdravju učencev (Acar in Bower, 2025; Vincent-Lacrin idr., 2019).

Učinki ustvarjalnosti presegajo raven posameznika in se kažejo tudi na družbeni ravni. Longitudinalne raziskave potrjujejo, da ustvarjalni otroci v odraslosti dosegajo večje uspehe na trgu dela, imajo višjo stopnjo izobrazbe in opravljajo zahtevnejše poklice (Gill in Prowse, 2021). V tem smislu je ustvarjalnost ena izmed temeljnih kompetenc prihodnosti, nujna tako za osebni kot za družbeni razvoj. Na makro ravni ustvarjalnost pomembno prispeva k družbeni inovativnosti in konkurenčnosti. Mednarodne primerjave, kot je globalni indeks inovativnosti (angl. *Global Innovation Index*; World Intellectual Property Organization [WIPO], 2023), Slovenijo uvrščajo na 33. mesto z rezultatom 42,2 točke

(primerjalno na prvem mestu je Švica z rezultatom 67,6 točke). To nakazuje na potrebo po novih strategijah za spodbujanje ustvarjalnega mišljenja pri nas.

Vsakdo se rodi z določeno mero ustvarjalnega potenciala (APA 2018; Lubart in Besançon, 2017), vendar je njegovo razvijanje v največji meri odvisno od spodbudnega socialnega okolja (Barbot idr., 2016; Beghetto in Kaufman, 2014; Collard in Looney, 2014). Posebno vlogo pri razvijanju ustvarjalnosti ima vzgojno-izobraževalni sistem. Ameriško psihološko združenje (American Psychological Association, 2015, 2018) poudarja, da lahko učitelji s spodbujanjem ustvarjalnega mišljenja pomembno prispevajo k učnemu uspehu, pripravljenosti učencev na trg dela ter k njihovi kakovosti življenja. Šola se pri tem kaže kot eno najpomembnejših mikrookolij za razvoj ustvarjalnega potenciala, saj ponuja strukturirane priložnosti za spodbujanje radovednosti, eksperimentiranja in raziskovanja (Barbot idr., 2016; Beghetto in Kaufman, 2014; Besançon idr., 2013; Camilleri idr., 2024; Zbainos in Tziona, 2019).

Pri razvijanju ustvarjalnosti pri učencih ima ključno vlogo ustvarjalna klima oziroma vzdušje, ki se vzpostavi med poukom v razredu. Gre za skupek značilnosti učnega okolja, kot so odprtost, podpora idejam, zaupljivi odnosi, dinamičnost, igrivost, spodbujanje tveganja in možnost razprave (Ekvall, 1996; Péter-Szarka, 2012). Empirični podatki kažejo, da ustvarjalna klima bistveno vpliva na pripravljenost učencev za raziskovanje novih idej in pristopov k reševanju problemov (Barbot idr., 2011; Besançon idr., 2013; Corazza in Lubart, 2020; Licul in Juriševič, 2022). Pri tem imajo učitelji odločilno vlogo, saj njihov odnos do učencev, izbira nalog in način oblikovanja učnega procesa vplivajo na to, ali in v kolikšni meri se učenci počutijo varne pri tveganju in inovativnem razmišljanju (Forrester in Hui, 2007; Péter-Szarka, 2012). V okolju, ki podpira ustvarjalnost, je vloga učiteljev kot facilitatorjev in so-učencev, ki eksperimentirajo skupaj s svojimi učenci, zelo pomembna (Forrester in Hui, 2007; Richardson in Mishra, 2018). Ustvarjalnost in učenje sta neločljivo povezana procesa – ustvarjalnost obogati učenje učnih vsebin, medtem ko poglobljeno učenje krepi ustvarjalno mišljenje (APA, 2018).

Celostni model za preučevanje strukture ustvarjalne klime je prvi oblikoval švedski raziskovalec Ekvall (Ekvall, 1996; Ekvall idr., 1983). Na podlagi praktičnih izkušenj v delovnih organizacijah je zaključil, da je uspešnost (npr. produktivnost, dobičkonosnost podjetja) v veliki meri odvisna od delovnega vzdušja v organizaciji (Isaksen in Ekvall, 2010). Preko raziskav v organizacijah je Ekvall (1996) izluščil deset dimenzij ustvarjalne klime:

- *Izziv* – Ozračje, v katerem zaposleni čutijo močno povezanost z delom in cilji organizacije in ki spodbuja čustva veselja in smisla ter povečuje vloženo energijo. Kadar je izziv nizek, pa prevladata odtujenost in apatija, kar se kaže v pomanjkanju zavzetosti in zanimanja za delo.
- *Svoboda* – Svoboda vedenja pomeni, da imajo zaposleni prostor za samostojno delovanje: izmenjujejo informacije, razpravljajo o težavah, prevzemajo pobude in odločajo. Nasprotno okolje je zaznamovano s pasivnostjo, togostjo pravil in strahom pred odstopanjem od ustaljenih okvirjev.
- *Podpora idejam* – V spodbudni klimi so nove zamisli sprejete z odprtostjo, poslušanjem in spodbujanjem, ob tem pa obstajajo tudi možnosti za njihovo preizkušanje. V nasprotju s tem pa okolje z nizko podporo idejam zaznamuje refleksno zavračanje, iskanje napak in postavljanje ovir.

- *Konflikti in napetost* – Čeprav so razlike v idejah lahko produktivne, pa osebni in čustveni konflikti ustvarjajo nezdravo klimo, zaznamovano s sovražnostjo, spletkami in opravljanjem. V nasprotnem primeru se zaposleni vedejo zrelo, ohranjajo nadzor nad impulzi in gradijo bolj konstruktivne odnose.
- *Prevzemanje tveganja* – Visoka stopnja tolerance do negotovosti omogoča hitro odločanje, eksperimentiranje in izkoriščanje priložnosti. V okoljih, kjer tveganja ne sprejemajo, pa prevladujeta previdnost in odlašanje, kar pogosto vodi do zamujenih priložnosti.
- *Razpravljanje* – V ustvarjalnem okolju se različna stališča in ideje soočajo v odprtih razpravah, kjer je vsak spodbujen, da izrazi svoje misli. Če razprav ni, pa ljudje slepo sledijo avtoritetam, ne da bi postavljali vprašanja ali iskali alternative.
- *Igrivost in humor* – Sproščeno in lahko vzdušje, v katerem je prostor za šale in smeh, prispeva k ustvarjalnosti in povezuje ljudi. Če tega ni, pa prevladujeta togost in pretirana resnoba, ki zavirata sproščeno sodelovanje.
- *Čas za ideje* – Kadar imajo zaposleni možnost nameniti čas razvijanju novih zamisli, se ustvarjajo pogoji za inovativne preboje in nepredvidene rešitve. Če pa je vsak trenutek strogo načrtovan in pod časovnim pritiskom, za ustvarjalno razmišljanje ni prostora.
- *Zaupanje in odprtost* – Tam, kjer prevladuje zaupanje, si ljudje brez strahu izmenjujejo ideje in mnenja ter se ne bojijo morebitnih napak. Kadar zaupanja ni, pa se razvijeta previdnost in nezaupanje, saj se posamezniki bojijo kritike in izkoriščanja.
- *Dinamičnost in živahnost* – Organizacije z visoko dinamiko so polne dogajanja, sprememb in novih projektov, ki ustvarjajo občutek hitrosti in energije. Nasprotje temu je okolje, kjer vladata rutina in monotonost, brez večjih presenečenj ali inovativnih prebojev.

Ekvallove dimenzije ustvarjalne klime so bile kasneje prenesene tudi v izobraževalni kontekst (Argona, 2001; Licul in Juriševič, 2022; McLellan in Nicholl, 2008) in predstavljajo uporaben model za preučevanje ustvarjalne klime v razredu.

Cilji raziskave

Področje ustvarjalnosti v slovenskem vzgojno-izobraževalnem prostoru ni sistematično in temeljito raziskano kljub dejstvu, da je ustvarjalno mišljenje danes prepoznano kot najvišja oblika človeškega mišljenja (Kaufman in Sternberg, 2021), ustvarjanje pa je že četrto stoletje postavljeno na vrh taksonomije kognitivnih ciljev, na kateri je zgrajeno tudi ocenjevanje znanja v slovenskem šolskem sistemu (Zavod RS za šolstvo, 2016).

Raziskavo sva zastavili na osnovi treh med seboj povezanih raziskovalnih ciljev. Prvič, zanimalo naju je, kakšna je splošna stopnja ustvarjalne klime v prvih razredih osnovne šole, ko se učenci šele prilagajajo zahtevam vzgojno-izobraževalnega sistema in usvajajo osnove trajnostnega učenja in znanja. Ustvarjalna klima je namreč ključna za spodbujanje razvoja ustvarjalnega mišljenja; v neustreznem učnem okolju učenci nimajo pogojev, da bi lahko delovali ustvarjalno (Fan in Cai, 2020). Drugi raziskovalni cilj je vezan na vprašanje o zastopanosti posameznih dimenzij ustvarjalne klime, saj je ta podatek pri analizi obstoječega stanja in načrtovanju prihodnjih pedagoških akcij zelo pomemben – omogoča ciljno usmerjen pedagoški pristop. Nenazadnje sva z raziskavo imeli namen ugotoviti, ali bi bilo mogoče prepoznati različne vzorce ustvarjalne klime kot kombinacije posameznih dimenzij, s katerimi bi lahko natančneje razumeli dinamiko spodbujanja ustvarjalnega mišljenja učencev v prvih razredih osnovne šole.

Metoda

Udeleženci

V vzorec je bilo priložnostno vključenih 74 oddelkov od prvega do četrtega razreda osnovne šole; skupaj je bilo v teh oddelkih 1468 učencev iz 69 osnovnih šol v različnih statističnih regijah Slovenije. Povprečno število učencev na oddelok je bilo 20 ($SD = 5$, najmanjše število učencev v oddelku je bilo devet, največje pa 28). Podatki so bili zbrani anonimno, iz njih ni mogoče prepoznati posamezne osnovne šole, oddelka ali posameznih učencev in učiteljev. Sodelovanje v raziskavi je bilo prostovoljno in z dovoljenjem učitelja razrednika.

Pripomoček

Za oceno ustvarjalne klime je bila uporabljena lestvica za opazovanje ustvarjalne klime (Creative Climate Observation Scale, Ekvall, 1996; priredba Juriševič, 2011), ki vsebuje 10 dimenzij ustvarjalne klime: izziv, svoboda, podpora idejam, konflikti in napetost, prevzemanje tveganja, razpravljanje, igrivost in humor, čas za ideje, zaupanje in odprtost, dinamičnost in živahnost, te pa so vsebinsko opisane v uvodnem delu tega prispevka. Klima je bila v vsakem oddelku ocenjena po enotedenskem opazovanju njenih dimenzij, in sicer na štiri-stopenjski lestvici Likertovega tipa. Zanesljivost lestvice je bila ustrezna ($\alpha = 0,72$). V vsakem oddelku so bili zabeleženi tudi najbolj značilni oziroma primeri tipičnih pedagoških pristopov ali ravnanj za posamezno dimenzijo.

Postopek zbiranja in obdelave podatkov

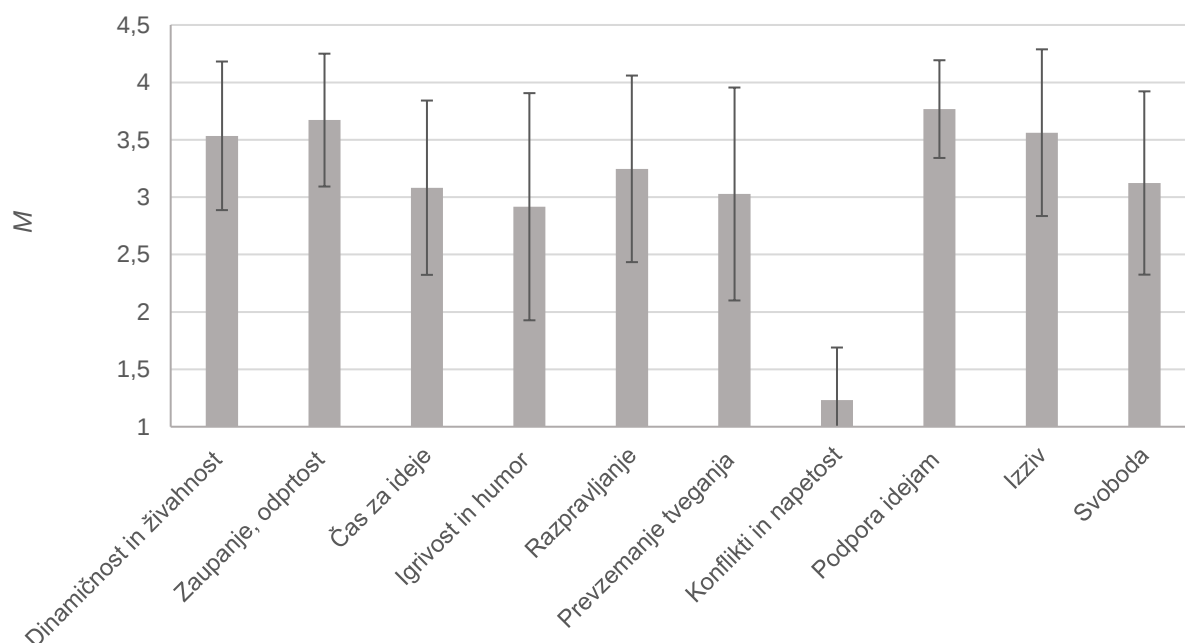
Vse raziskovalne podatke so zbrali študenti, ki so v raziskavo vključenih oddelkih opravljali enotedensko pedagoško prakso v okviru rednega študijskega programa. To je bilo 74 študentk in študentov drugega letnika dodiplomskega študijskega programa Razredni pouk na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani (94,5 % žensk; $M = 20,6$ leta). Ustvarjalna klima je bila ena od njihovih študijskih nalog: pet dni so med poukom opazovali dimenzije ustvarjalne klime ter na koncu pedagoške prakse ocenili njihovo prisotnost. Pred izvedbo opazovanja so vsi študenti opravili 90-minutno usposabljanje, na katerem so se seznanili s teoretičnimi konstrukti, opazovalno shemo ter temeljnimi načeli opazovanja v razredu. Poseben poudarek je bil namenjen poenotenju razumevanja pomena posameznih dimenzij ustvarjalne klime. Opazovanje je potekalo med 8. in 12. aprilom 2024. Raziskava je bila izvedena v skladu z etiko psihološkega raziskovanja.

Podatki so bili analizirani kvantitativno. Analiza z opisnimi statistikami in klastersko analizo je bila izvedena s programom SPSS. Za prepoznavanje vzorcev ustvarjalne klime med razredi sva uporabili dvostopenjski pristop klasterske analize. V prvi fazi je bila izvedena hierarhična klasterska analiza z uporabo Wardove metode, v drugi fazi pa je bila na podlagi optimalnega števila klastrov izvedena analiza razvrščanja v klastre po metodi K-means; za nadaljnjo interpretacijo in preverjanje razlik med skupinami sva uporabili analizo variance (ANOVA). Z izbranimi tipičnimi primeri za posamezne dimenzije, kot avtentičnimi pedagoškimi primeri iz prakse, sva dopolnili kvantitativne ugotovitve.

Rezultati

V tem razdelku so predstavljeni rezultati analize ustvarjalne klime v opazovanih oddelkih. Najprej so prikazani opisni statistični podatki, nato rezultati klastrske analize in nazadnje tipični primeri, ki dopolnjujejo kvantitativne ugotovitve.

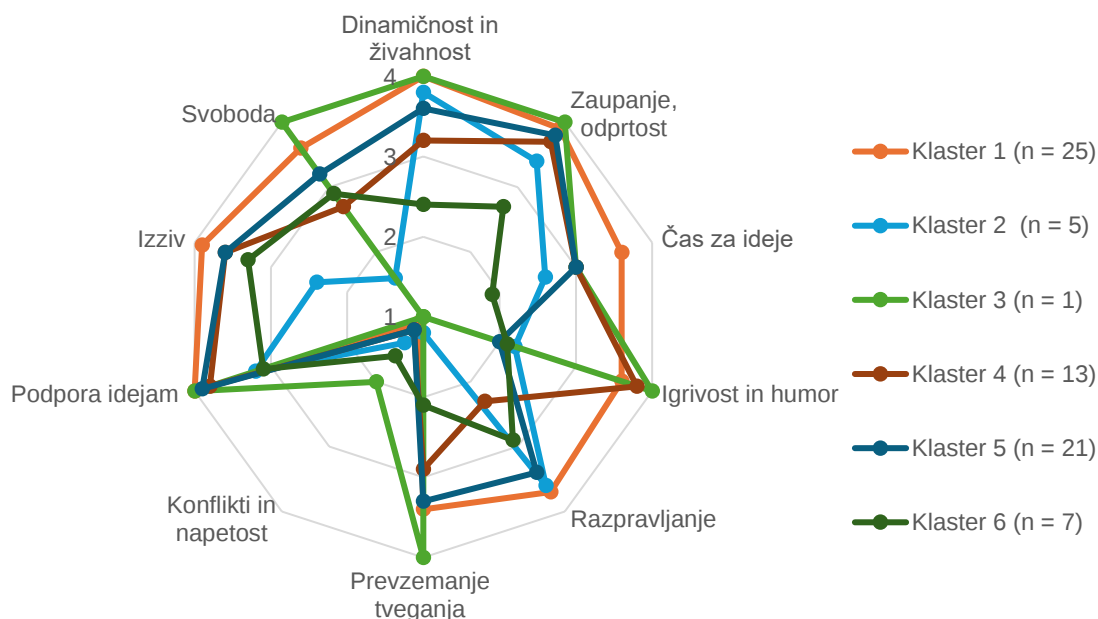
Rezultati so v povprečju pokazali spodbudno ustvarjalno klimo v oddelkih ($M = 3,37$, $SD = 0,39$). S slike 1 lahko razberemo vrednosti na posameznih dimenzijah ustvarjalne klime. Najnižje je bila ocenjena edina negativna dimenzija ustvarjalne klime, *konflikti in napetost*. Najvišje vrednosti so bile na dimenzijah *podpora idejam*, *zaupanje in odprtost*, *izziv* ter *dinamičnost in živahnost*. S slike 1 lahko na določenih dimenzijah razberemo tudi visoke standardne odklone, kar pomeni, da je bila variabilnost med oddelki visoka. Iz tega razloga je tudi smiselna klastrska analiza, katere rezultati so predstavljeni v nadaljevanju.



Slika 1: Povprečne vrednosti in standardni odkloni desetih dimenzij ustvarjalne klime

Na podlagi opazovanih in ocenjenih desetih dimenzij ustvarjalne klime (Ekvall, 1996) sva nameravali preveriti, ali se posamezni oddelki združujejo v medsebojno podobne skupine. Za odgovor na to raziskovalno vprašanje sva uporabili klastersko analizo. V prvi fazi sva izvedli hierarhično klastersko analizo z uporabo Wardove metode in kvadratne evklidske razdalje. Na podlagi opaznega skoka v aglomeracijskem koeficientu po 66. koraku združevanja sva ocenili, da je rešitev s šestimi klastri statistično in vsebinsko najbolj ustrezen. V drugi fazi sva izvedli razvrščanje v skupine po metodi K-means, pri čemer sva število klastrov vnaprej določili glede na rezultate hierarhične analize. Za nadaljnjo interpretacijo klastrov ter preverjanje razlik med oblikovanimi skupinami sva uporabili analizo variance (ANOVA), s katero sva testirali statistično značilne razlike v povprečnih vrednostih posameznih dimenzij ustvarjalne klime med klastersko razvrščenimi skupinami. Šest klastrov glede na deset dimenzij ustvarjalne klime je prikazanih na sliki 2.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Slika 2: Rezultati klasterne analize glede na deset dimenzij ustvarjalne klime

Opaziti je mogoče, da največ oddelkov ($n = 25$) zajema klaster 1, ki sva ga poimenovali »visoko spodbudna ustvarjalna klima«. Ta skupina oddelkov je imela najvišje vrednosti na skoraj vseh dimenzijah ustvarjalne klime (vse med 3,4 in 4,0). Za te oddelke so značilne še posebej visoke vrednosti dinamičnosti in živahnosti, podpore idejam in izziva. Z drugimi besedami, v teh oddelkih je učencem zagotovljeno varno, spodbudno, aktivno in odprto okolje, ki jim omogoča ustvarjalnost, sodelovanje ter izražanje idej.

Drugi največji klaster glede na število vključenih oddelkov je klaster 5, ki sva ga poimenovali »spodbudna ustvarjalna klima« in vključuje 21 oddelkov. Ta skupina oddelkov izkazuje visoke vrednosti pri podpori idejam, zaupanju in odprtosti, dinamičnosti ter živahnosti in razpravljanju. Vendar pa je v teh oddelkih značilna nižja raven igrivosti in humorja ter časa za ideje in svobodo v primerjavi s klastrom 1.

Klaster 4 sva poimenovali »uravnotežena ustvarjalna klima« in zajema 13 oddelkov. Značilne so zmerno visoke vrednosti na večini dimenzij ter nekoliko nižje vrednosti na dimenzijah razpravljanja, svobode in prevzemanja tveganja.

Naslednji trije klasterji so po velikosti manjši. Klaster 6, ki sva ga poimenovali »nizka ustvarjalna klima«, zajema sedem oddelkov, značilne so nizke oziroma zmerno nizke vrednosti na skoraj vseh dimenzijah. To kaže na okolje, kjer je manj dinamičnosti, časa za ideje, prevzemanja tveganja, kar lahko pomeni manj spodbudno klimo za ustvarjalnost.

Klaster 2, poimenovan »pomanjkanje avtonomnosti«, zajema pet oddelkov, za katere je značilno, da je ustvarjalna klima dinamična in živahna z veliko razpravljanja, a učenci nimajo veliko izzivov, svobode in ni prisotnega prevzemanja tveganja.

Klaster 3 zajema le en oddelok prvega razreda, ki izstopa po svojih značilnostih. Zanj so značilne najvišje vrednosti prevzemanja tveganja, svobode, dinamičnosti, zaupanja in podpore idejam ter najnižje vrednosti na dimenzijah razpravljanja in izzivov; klimo v tem razredu sva

poimenovali »varna«, saj nizki vrednosti na dveh dimenzijah pomenita nekoliko manj intelektualnega angažmaja, kar je za prvi razred pričakovano.

Analiza variance (ANOVA) je v nadaljevanju pokazala, da obstajajo statistično značilne razlike med skupinami, oblikovanimi s klastersko analizo, na vseh dimenzijah ustvarjalne klime, z izjemo dimenzije konflikti in napetost. Pri interpretaciji teh rezultatov je pomembno poudariti, da so bile skupine oblikovane na podlagi podobnosti oziroma razlik med oddelki, zato so rezultati ANOVE predvsem deskriptivne narave in ne predstavljajo neodvisnega testa razlik med skupinami.

Kvantitativne ugotovitve so dopolnili kvalitativni zapisi študentov, ki so beležili primere za posamezno dimenzijo ustvarjalne klime med poukom (preglednica 1). Ti primeri potrjujejo, da se ustvarjalna klima oblikuje skozi konkretne pedagoške dejavnosti in odnose. Učitelji so na primer spodbujali odprto komunikacijo z zagotavljanjem, da nobeno vprašanje ne bo ostalo neodgovorjeno, učencem pa so omogočali čas za razmišljanje in razvijanje idej s postavljanjem odprtih vprašanj ter nadaljnjim usmerjanjem z dodatnimi podvprašanji. V številnih oddelkih je bila prisotna dimenzija igrivosti in uporabe humorja, ki sta prispevala k sproščenemu vzdušju, drugje pa so učitelji učence spodbujali k eksperimentiranju z različnimi tehnikami in pristopi pri predmetih, kot so likovna umetnost, matematika in naravoslovje. Prav tako so učenci pogosto prejeli intelektualne izzive, ki so jih motivirali k aktivnemu sodelovanju in iskanju ustvarjalnih rešitev.

Ti primeri nazorno kažejo, da ustvarjalna klima v razredu ni zgolj abstrakten fenomen, temveč se uresničuje v konkretnih pedagoških praksah, ki učencem omogočajo varno raziskovanje, prevzemanje tveganja ter izražanje lastnih idej, ter da dinamično pogojujeta prepletajoči se ravni posameznika in učnega okolja (Ekvall, 1996).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 1: Primeri spodbujanja ustvarjalne klime v razredu, ki so jih opazili študenti glede na deset dimenzij ustvarjalne klime

Dimenzije ustvarjalne klime	f	Tipični primer
Dinamičnost in živahnost	69	Učence učitelj spodbuja, da so pri delu avtonomni in da naloge rešujejo sami s pomočjo sodelovanja s sošolci.
Zaupanje in odprtost	72	Učitelj učencem pove, da lahko vprašajo karkoli in da nobeno vprašanje ne bo preslišano. Spodbuja odprto komunikacijo s tem, da ustvarja pozitivno klimo.
Čas za ideje	70	Učitelj spodbuja učence k razmišljanju, postavlja odprta vprašanja, in če to ne deluje, jih z usmerjenimi podvprašanji vodi do odgovora.
Igrivost in humor	68	Učitelj spodbuja zdrav smisel za humor med učenci. Učitelj uporablja humor pri poučevanju.
Razpravljanje	73	Učenci imajo vedno možnost izraziti svojo idejo ali premisliti, ali res ustreza kriterijem. Včasih pride do napetosti zaradi različnih idej. Učenci skušajo drug drugega prepričati, zakaj je njihova ideja dobra.
Prevzemanje tveganja	65	Učitelj spodbuja učence, da poskušajo in eksperimentirajo z novimi tehnikami pri likovni umetnosti ter s pristopi k reševanju problemov pri matematiki, in jih spodbuja k raziskovanju neznanih področij pri naravoslovju.
Konflikti in napetost	54	Učitelj ne dovoli, da bi konflikti sploh nastali. Če pa pride do njih, ukrepa hitro in se o tem pogovori z učencem.
Podpora idejam	70	Učitelj vedno vpraša učence za njihove ideje in predloge. Te so uresničene, kolikor je mogoče.
Izziv	72	Učitelj stalno vključuje učence v učni proces. Želi, da razmišljajo, sodelujejo in so aktivni. Prav tako postavlja vprašanja, ki so učencem v izziv.
Svoboda	71	Učenci pogosto sami rešijo naloge, učitelj pa jih na koncu preveri. Včasih učitelj učencem ponudi izbiro dejavnosti in ti se lahko odločijo, kaj bi raje delali. Učitelj jih motivira s poslušanjem glasbe in ogledom kratkih filmov.

Diskusija

Rezultati raziskave so pokazali, da so študenti razrednega pouka med pedagoško prakso v povprečju zaznali razmeroma ugodno ustvarjalno klimo v oddelkih nižjih razredov osnovne šole. Povprečne vrednosti dimenzij so bile višje od sredine merilne lestvice, najvišje pa pri podpori idejam, zaupanju in odprtosti ter dinamičnosti in izzivu. Najnižje ocene je prejela dimenzija konfliktov in napetosti, ki je edina negativno opredeljena. Takšna porazdelitev dimenzij potrjuje, da učitelji v opazovanih oddelkih osnovne šole ustvarjajo relativno varna in spodbudna učna okolja, ki spodbujajo izražanje idej in sodelovanje učencev, kar ustvarja pogoje za razvijanje ustvarjalnega mišljenja (Amabile, 1986; Fan in Cai, 2022; Ricoy idr., 2024).

Klastrska analiza je pokazala šest značilnih tipov ustvarjalne klime. Najštevilčnejši skupini oddelkov sta predstavljal visoko spodbudno in spodbudno ustvarjalno klimo, kar kaže, da večina oddelkov ponuja relativno podporno okolje za razvoj ustvarjalnosti. Hkrati pa obstajajo tudi oddelki, v katerih ustvarjalna klima ni na zadovoljivi ravni – na primer klaster z nizko

ustvarjalno klimo in klaster s pomanjkanjem avtonomnosti. Ti rezultati kažejo, da med šolami in oddelki obstajajo pomembne razlike, obenem pa potrjujejo pomen klastrske analize kot raziskovalnega pristopa, ki presega zgolj povprečne vrednosti in omogoča prepoznavanje značilnih vzorcev ter skupin oddelkov znotraj vzorca. Tradicionalno so bile raziskave na področju psihologije v izobraževanju pogosto osredotočene na raziskovalne pristope, ki temeljijo na spremenljivkah (angl. *variable-centered approaches*), te pa na povprečjih in iščejo splošne zakonitosti (Saqr, 2023b). Tak pristop pa pogosto ne zajame celotne raznolikosti in individualnih razlik. Klastrska analiza kot na posameznika osredotočen prisotop (angl. *person-centered approach*) predstavlja pomembno alternativo, saj omogoča prepoznavanje različnih skupin oddelkov znotraj vzorca ter s tem razkrivanje heterogenosti, ki bi ostala neopažena pri povprečnih vrednostih (Bryan idr., 2021; Saqr, 2023a). Klastrska analiza nama je tako omogočila zajeti večjo kompleksnost pedagoških praks in ustvarjalne klime v razredu.

Pomemben prispevek raziskave je tudi kvalitativni vpogled v konkretne pedagoške prakse. Primeri, kot so spodbujanje odprte komunikacije, uporaba humorja, postavljanje intelektualnih izzivov in spodbujanje eksperimentiranja, nazorno kažejo, kako ustvarjalna klima vzdržuje in spodbuja v vsakodnevem pouku. Ti rezultati so skladni z ugotovitvami Forresterja in Hui (2007), da je vloga učitelja kot facilitatorja ključna pri ustvarjanju pogojev, v katerih učenci tvegajo, raziskujejo in se učijo na inovativne načine.

Za pedagoško prakso to pomeni, da je treba prihodnje učitelje še bolj sistematično usposablјati za prepoznavanje in spodbujanje ustvarjalne klime (Anderson idr., 2022; Al-Dababneh idr., 2019; Beghetto idr., 2017; Bullard in Bahar, 2023; Fitriyah in Kurniawati, 2025; Kakarla, 2024; OECD, 2023; Soh, 2019). To sva pri izvedbi raziskave opazili tudi avtorici sami – vključeni študenti, ki so v raziskavi sodelovali v vlogi opazovalcev in ocenjevalcev ustvarjalne klime, so pokazali, da lahko vodenje prek pedagoške aktivnosti razvijejo občutljivost za pedagoške pristope, ki spodbujajo ustvarjalnost učencev. To potrjuje smiselnost vključevanja izkušenskega učenja v učiteljske študijske programe, saj omogoča povezovanje teoretičnega znanja z avtentičnimi izkušnjami, kar vodi do transformativnega učenja (Cho in Johnson, 2020; Fitriyah in Kurniawati, 2025; Rahman, 2025).

Kljub zanimivim ugotovitvam ima raziskava tudi omejitve. Prvič, vzorec je bil priložnostni in omejen na opazovanje ustvarjalne klime v oddelkih, kjer so študentje opravljali prakso, kar omejuje posplošljivost rezultatov. Poleg tega je zajem podatkov vključeval le razrede prvega in delno drugega triletja osnovne šole, ki je z vidika klime pričakovano bolj usmerjeno v ustvarjanje skupnosti, v katerem se učenci lahko počutijo varno in spodbujeni za učenje. Hkrati je potrebno tudi zavedanje, da je ocenjevanje ustvarjalne klime prepleteno s subjektivnimi zaznavami in predznanjem (Isaksen in Ekvall, 2010; Millier Paez in Reiter-Palmon, 2025). Kljub temu da so bili študenti vključeni v izobraževanje, kjer sva skušali zagotoviti enotno razumevanje posameznih dimenzij ustvarjalne klime, lahko na rezultate vplivajo drugačne subjektivne zaznave posameznih dimenzij ali ocenjevalne lestvice. Podatki torej temeljijo na opazovanju in subjektivni presoji študentov, kar lahko vpliva na zanesljivost meritev. Tretjič, raziskava je bila izvedena v relativno kratkem časovnem obdobju (en teden prakse), zato ne omogoča vpogleda v dolgoročne dinamike ustvarjalne klime.

V prihodnje bi bilo raziskavo zato smiselno razširiti z vključevanjem več oddelkov in višjih razredov osnovne šole ter po vzgojno-izobraževalni vertikali, prečno in vzdolžno, daljših

opazovanj ter s kombiniranjem različnih metod, npr. intervjujev, vprašalnikov učiteljev in učencev. Prav tako bi bilo pomembno raziskati, kako se ustvarjalna klima razlikuje glede na predmetna področja, starost učencev in individualne značilnosti učiteljev (Anderson idr., 2022; Gajda idr., 2017; Millier Paez in Reiter-Palmon, 2025).

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Ugotovitve predstavljene raziskave potrjujejo, da so učitelji v opazovanih oddelkih nižjih razredov osnovne šole ustvarili razmeroma ugodno ustvarjalno klimo, pri čemer so kot najvišje ocenjene izstopale dimenzije podpore idejam, zaupanja in odprtosti ter dinamičnosti in izziva. Takšna razporeditev dimenzij kaže, da učitelji uspešno vzpostavljajo okolja, ki omogočajo sodelovanje, raziskovanje ter izražanje idej, kar predstavlja temeljni pogoj za razvoj ustvarjalnega mišljenja in trajnostnih kompetenc učencev (Amabile, 1986; Fan in Cai, 2022; Ricoy idr., 2024).

Klastrska analiza je razkrila heterogenost med oddelki in pokazala, da ustvarjalna klima ni samoumevna značilnost učnega okolja, temveč rezultat načrtnega in premišljenega pedagoškega delovanja. Ob oddelkih z visoko spodbudno ustvarjalno klimo so bili prepoznani tudi oddelki z nižjo ustvarjalno klimo ali z izrazitim pomanjkanjem avtonomnosti učencev. Ti rezultati potrjujejo ugotovitve preteklih raziskav, da ustvarjalna klima v razredu nastaja v prepletu medsebojnih odnosov, nalog in učiteljevih pristopov ter da zahteva sistematično oblikovanje in refleksijo pedagoške prakse (Anderson idr., 2022; Hoffmann idr., 2025; Kalogeratos idr., 2023).

Povzeti je mogoče, da ustvarjalna klima v opazovanih oddelkih že vključuje številne spodbudne elemente, vendar obstajajo tudi področja, ki ponujajo priložnosti za izboljšave. Ustvarjalna klima je kompleksen in dinamičen fenomen, ki se oblikuje v interakciji med učenci in učiteljem ter zahteva stalno skrb za ravnesje med svobodo, strukturo in podporo (Amabile, 1996; Ekvall, 1996). Njeno razvijanje ima pomembno vlogo v kontekstu izobraževanja za trajnostni razvoj, saj ustvarjalno učno okolje spodbuja kritično mišljenje, samostojnost, sodelovanje in empatijo – ključne kompetence, ki so v središču globalnih izobraževalnih smernic 21. stoletja (OECD, 2023; UNESCO, 2017).

Ugotovitve navajajo k sklepu, da je prihodnje učitelje treba že v času študija sistematično izobraževati o različnih pristopih spodbujanja ustvarjalnosti pri učencih in o njenem pomenu za celostni osebni ter družbeni razvoj. Raziskava potrjuje, da lahko študenti pedagoških programov z izkustvenim učenjem pridobijo globlji vpogled v dejavnike ustvarjalne klime in hkrati razvijajo lastne pedagoške kompetence (OECD, 2023). Učinkovito izobraževanje prihodnjih učiteljev naj zato vključuje vsebine, ki prispevajo k njihovem transformacijskemu znanju o ustvarjalnosti, kot na primer razumevanje lastnih stališč do ustvarjalnosti, prepoznavanje osebnostnih značilnosti, ki ustvarjalnost spodbujajo, poznavanje ustvarjalnih procesov ter razvijanje spretnosti poučevanja za ustvarjalno mišljenje (Muñoz-Salinas idr., 2025).

Pomembno je tudi, da se v pedagoške študijske programe ter nadaljnje strokovno učenje učiteljev sistematično vključujejo pristopi, ki povezujejo ustvarjalnost in trajnostni razvoj. Med ključne elemente oziroma vsebine takšnega usposabljanja sodijo izkustveno in reflektivno učenje, ki omogoča razumevanje ustvarjalne klime skozi avtentične pedagoške izkušnje;

učenje na področju usvajanja odnosne kompetence učiteljev ter mentorstvo in skupinsko in sodelovalno učenje, ki spodbujajo izmenjavo dobrih praks ter refleksijo pedagoškega delovanja (Anderson idr., 2022; Bullard in Bahar, 2023; Fitriyah in Kurniawati, 2025).

Ustvarjalna klima, ki se vzpostavlja med poukom, torej ni le ključni pogoj za spodbujanje učenja na najvišjih taksonomskih ravneh ter inventivnosti in inovativnosti, temveč je hkrati tudi pomemben dejavnik pri uresničevanju vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj. Učitelj, ki zna oblikovati okolje zaupanja, odprtosti in raziskovanja, prispeva k vzgoji posameznikov, ki razmišljajo kritično, delujejo odgovorno in so pripravljeni iskati ustvarjalne, prožne in trajnostne rešitve pri spoprijemanju z raznolikimi in kompleksnimi izzivi sodobne družbe. Vzpostavljanje in ohranjanje ustvarjalne klime zato predstavlja enega izmed temeljnih pogojev za kakovostno, vključujočo in trajnostno naravnano vzgojo in izobraževanje prihodnosti (Ricoy idr., 2024).

Literatura in viri

- Anderson, R. C., Katz-Buonincontro, J., Livie, M., Land, J., Beard N., Boussetot T. in Schulte G. (2022). Reinvigorating the desire to teach: Teacher professional development for creativity, agency, stress reduction, and wellbeing. *Frontiers in Education*, 7, 848005. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.848005>
- Acar, S. in Bower, J. (2025). Exploring the intricate relationship between creativity, learning, and academic achievement. V J. Katz-Buonincontro in T. Kettler (ur.), *The Oxford handbook of creativity and education* (str. 165–186). Oxford Handbooks.
- Al-Dababneh, K. A., Al-Zboon, E. K. in Ahmad, J. (2019). The creative environment: Teachers' perceptions, self-efficacy, and teaching experience for fostering children's creativity. *Early Child Development and Care*, 189(10), 1620–1637. <https://doi.org/10.1080/03004430.2017.1400969>
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context: Update to "The Social Psychology of Creativity."* Westview Press.
- American Psychological Association, Coalition for Psychology in Schools and Education. (2015). *Dvajset najpomembnejših psiholoških načel za poučevanje in učenje od vrtca do srednje šole* [Top 20 principles from psychology for preK–12 teaching and learning]. <http://www.apa.org/ed/schools/cpse/top-twenty-principles.pdf>
- American Psychological Association. (2018). *Creative teaching and teaching creativity: How to foster creativity in the classroom*. <https://psychlearningcurve.org/creative-teaching-and-teaching-creativity-how-to-foster-creativity-in-the-classroom/>
- Argona, C. A. (2001). *Identifying Ekvall's creative climate dimensions in an aesthetic education setting*. [Magistrsko delo, Buffalo State College]. Digital Commons at Buffalo State. <https://digitalcommons.buffalostate.edu/creativeprojects/32/>
- Barbot, B., Besançon, M. in Lubart, T. (2011). Assessing creativity in the classroom. *Open Education Journal*, 4, 58–66. <https://doi.org/10.2174/1874920801104010058>
- Barbot, B., Lubart, T. I. in Besançon, M. (2016). Peaks, slumps and bumps: Individual differences in the development of creativity in children and adolescents. V B. Barbot (ur.), *Perspectives on creativity development*. *New Directions for Child and Adolescent Development* (str. 33–45). Jossey-Bass.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Besançon, M., Lubart, T. in Barbot, B. (2013). Creative giftedness and educational opportunities. *Educational Child Psychology*, 30(2), 79–88.
- Beghetto, R. A. in Kaufman, J. C. (2014). Classroom contexts for creativity. *High Ability Studies*, 25(1), 53–69. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1080/13598139.2014.905247>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M. in Rumble, M. (2011). Defining twenty-first century skills. V P. Griffin, B. McGraw in E. Care (ur.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (str. 17–66). Springer.
- Beghetto R. A., Kaufman J. C., Baer J. in Patston T. (2017). *Teaching for creativity in the Australian curriculum classroom*. Hawker Brownlow Education.
- Bryan, C. J., Tipton, E. in Yeager, D. S. (2021). Behavioural science is unlikely to change the world without a heterogeneity revolution. *Nature Human Behaviour*, 5(8), 980–989. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01143-3>
- Bullard, A. J. in Bahar, A. K. (2023). Common barriers in teaching for creativity in K-12 classrooms: A literature review. *Journal of Creativity*, 33(1), 100045. <https://doi.org/10.1016/j.yjoc.2023.100045>
- Camilleri, D., Munro, J. in Glăveanu, V. P. (2024). Examining disengagement and fostering creativity: A relational perspective on high-ability students in formal education. *Gifted Child Today*, 47(4), 286–299. <https://doi.org/10.1177/10762175241259819>
- Cho, H. in Johnson, P. (2020). Preservice teachers' transformative learning through field experience with emergent bilinguals in a dual language school. *Reflective Practice*, 21(6), 819–833. <https://doi.org/10.1080/14623943.2020.1821625>
- Collard, P. in Looney, J. (2014). Nurturing creativity in education. *European Journal of Education*, 49(3), 349–364. <https://doi.org/10.1111/ejed.12090>
- Corazza, G. E. in Lubart, T. (2020). The big bang of originality and effectiveness: A dynamic creativity framework and its application to scientific missions. *Frontiers in Psychology*, 11, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.575067>
- Cropley, A. J. (2001). *Creativity in education and learning: A guide for teachers and educators*. Kogan Page.
- UNESCO. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
- Ekvall, G. (1996). Organizational climate for creativity and innovation. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 5(1), 105–123. <https://doi.org/10.1080/13594329608414845>
- Ekvall, G., Waldenstrom-Lindblad, I. in Arvonen, J. (1983). *Creative organizational climate: Construction and validation of a measuring instrument (Report No. 2)*. The Swedish Council for Management and Organizational Behaviour.
- Fitriyah, N. in Kurniawati, F. (2025). Fostering creativity in primary education: A literature review of creative pedagogy strategies, facilitators, and barriers. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 17(3). <https://doi.org/10.35445/alishlah.v17i3.7057>
- Forrester, V. in Hui, A. (2007). Creativity in the Hong Kong classroom: What is the contextual practice? *Thinking Skills and Creativity*, 2(1), 30–38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2006.10.003>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Gajda, A., Beghetto, R. A. in Karwowski, M. (2017). Exploring creative learning in the classroom: A multi-method approach. *Thinking Skills and Creativity*, 24, 250–267. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2017.04.002>
- Gill, D. in Prowse, V. L. (2021). *The creativity premium*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3855808>
- Glăveanu, V. P. in Beghetto, R. A. (2017). The difference that makes a 'creative' difference in education. V R. A. Beghetto in B. Sriraman (ur.), *Creative contradictions in education* (str. 37–54). Springer.
- Hoffmann, J. D., Ivcevic, Z. in Castillo-Gualda, R. (2025). School climate and students' attitudes toward creativity. *Thinking Skills and Creativity*, 58, 101880. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.101880>
- Isaksen, S. G. in Ekvall, G. (2010). Managing for innovation: The two faces of tension in creative climates. *Creativity and Innovation Management*, 19(2), 73–88.
- Juriševič, M. (2011). Ustvarjalno vzdušje – ključni dejavnik spodbujanja ustvarjalnosti v šoli. *Šolsko svetovalno delo*, 15(1/2), 15–23.
- Kakarla, U. (2024). Fostering creativity in education. *International Journal of Innovative Scientific Research*, 2(3), 83–88.
- Kalogeratos, G., Anastasopoulou, E., Tsagri, A., Tseremegklis, C. in Asimakopoulou, S. (2023). Enhancing creativity in the school environment. A narrative examination. *Technium Education and Humanities*, 6, 84–97. <https://doi.org/10.47577/teh.v6i.10223>
- Karwowski, M. (2019). Classroom creative climate: From a static to a dynamic perspective. V I. Lebuda in V. Glăveanu (ur.), *The palgrave handbook of social creativity research. Palgrave studies in creativity and culture* (str. 487–499). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95498-1_30
- Kaufman, J. C. in Sternberg, R. J. (ur.). (2021). *Creativity: An introduction*. Cambridge University Press.
- Licul, N. in Juriševič, M. (2022). The perception of creative classroom climate in elementary school students: Comparison between regular and enriched visual art classes. *High Ability Studies*, 33(1), 45–63. <https://doi.org/10.1080/13598139.2020.1855124>
- Lubart, T. in Besançon, M. (2017). On the Measurement and Mismeasurement of Creativity. V R. A. Beghetto in B. Sriraman (ur.), *Creative Contradictions in Education* (str. 333–348). https://doi.org/10.1007/978-3-319-21924-0_18
- Lubart, T., Zenasi, F. in Barbot, B. (2013). Creative potential and its measurement. *International Journal for Talent Development and Creativity*, 1(2), 41–51. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1301375.pdf>
- McLellan, R. in Nicholl, B. (2008). The importance of classroom climate in fostering student creativity in design & technology lessons. V E. W. L. Norman in D. Spendlove (ur.), *The design and technology association international research conference* (str. 29–39). The Design and Technology Association.
- Millier Paez, M. in Reiter-Palmon, R. (2025). Benchmarking creativity in education. 317–336. V J. Katz-Buonincontro in T. Kettler (ur.), *The Oxford handbook of creativity and education* (str. 317–336). Oxford Handbooks.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Ministrstvo za vzgojo in izobraževanje. (2024). *Nacionalni program vzgoje in izobraževanja za obdobje 2023–2033*. <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MVI/Dokumenti/Razvoj-solstva/DS-NPVI/Nacionalni-program/Osnutek-predloga-Nacionalnega-programa-vzgoje-in-izobrazevanja-2023-2033.pdf>
- Muñoz-Salinas, Y., Caro-Zúñiga, D. in Jeria, I. (2025). Creativity and preservice teachers: A literature review of an underexplored Field (2014–2024). *Education Sciences*, 15(3), 395. <https://doi.org/10.3390/educsci15030395>
- Organizacija združenih narodov. (2023). *Cilji trajnostnega razvoja*. https://unis.unvienna.org/unis/sl/topics/sustainable_development_goals.html
- OECD. (2023). Supporting teachers to foster creativity and critical thinking: A draft professional learning framework for teachers and leaders. OECD. <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/teaching,-learning-and-assessing-creative-and-critical-thinking-skills/Draft%20Professional%20Learning%20Framework.pdf>
- Péter-Szarka, S. (2012). Creative climate as a means to promote creativity in the classroom. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 10(3), 1011–1034.
- Plucker, J. A., Beghetto, R. A. in Dow, G. T. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potentials, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational Psychologist*, 39(2), 83–96. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3902_1
- Rahman, M. H. (2025). Analysis of the Teacher's role as a facilitator in project-based learning to enhance student creativity. *The Journal of Academic Science*, 2(8), 1952–1960. <https://doi.org/10.59613/y98ctm25>
- Richardson, C. in Mishra, P. (2018). Learning environments that support student creativity: Developing the SCALE. *Thinking Skills and Creativity*, 27, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.11.004>
- Ricoy, M.-C., Delgado-Parada, J., Díaz-Pereira, M. d. P. in Feliz, S. (2024). Creative environments for sustainability in organizations promoting the education of vulnerable groups. *Sustainability*, 16(15), 6664. <https://doi.org/10.3390/su16156664>
- Runco, M. A. in Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92–96. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092>
- Saqr, M. (2023a). Group-level analysis of engagement poorly reflects individual students' processes: Why we need idiographic learning analytics. *Computers in Human Behavior*, 150, 107991. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.107991>
- Saqr, M. (2023b). Modelling within-person idiographic variance could help explain and individualize learning. *British Journal of Educational Technology*, 54(5), 1077–1094. <https://doi.org/10.1111/bjet.13309>
- Simonton, D. K. (2012). Creativity, problem solving, and solution set sightedness: Radically reformulating BVSR. *The Journal of Creative Behavior*, 46(1), 48–65. <https://doi.org/10.1002/jocb.004>
- Soh, K. (2017). Fostering student creativity through teacher behaviors. *Thinking Skills and Creativity*, 23, 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.11.002>
- Starko, A. J. (2009). *Creativity in the classroom: Schools of curious delight* (4th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203871492>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Sternberg, R. (2025). Teaching for creativity was the right answer to the wrong question: So, what should we have asked? V J. Katz-Buonincontro in T. Kettler (ur.), *The Oxford handbook of creativity and education* (str. 33–44). Oxford Handbooks.
- Sternberg, R. J. in Lubart, T. I. (1995). *Defying the crowd: Cultivating creativity in a culture of conformity*. Free Press.
- Treffinger, D. J. (2009). Myth 5: Creativity is too difficult to measure. *Gifted Child Quarterly*, 53(4), 245–247. <https://doi.org/10.1177/0016986209346829>
- UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707.locale=en>
- Vincent-Lancrin, S. idr. (2019). *Fostering students' creativity and critical thinking: What it means in school*. Educational Research and Innovation, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/62212c37-en>
- Vuyk, A., Kerr, B. A. in Montania, M. (2025). The role of openness to experience in finding creative students. V J. Katz-Buonincontro in T. Kettler (ur.), *The Oxford handbook of creativity and education* (str. 353–376). Oxford Handbooks.
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2023). *Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty*. WIPO. <https://doi.org/10.34667/tind.48220>
- Zavod RS za šolstvo. (2016). *Taksonomija za učenje, poučevanje in vrednotenje znanja : revidirana Bloomova taksonomija izobraževalnih ciljev*. Zavod RS za šolstvo.
- Zbainos, D. in Tziona, A. (2019). Investigating primary school children's creative potential through dynamic assessment. *Frontiers in Psychology*, 10, 733. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00733>

DELOVANJE MODELOV GENERATIVNE UMETNE INTELIGENCE

UNDERSTANDING GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODELS

Anja Mejač in Irena Nančovska Šerbec

Univerza v Ljubljani Pedagoška fakulteta

Povzetek

Generativna umetna inteligenca se hitro razvija in postaja vse bolj razširjena zaradi sposobnosti avtomatskega ustvarjanja multimodalnih vsebin, vključno z besedili, slikami, zvokom, videom in kodo, kar predstavlja paradigmatški premik v izobraževalnih tehnologijah. Namen prispevka je sistematično analizirati razvoj in delovanje ključnih modelov generativne umetne inteligence ter osvetliti njihove možnosti in omejitve v izobraževanju, zlasti na področju STEM. Prispevek temelji na pregledu strokovne literature o razvoju generativne umetne inteligence od prvih konceptov (50. leta 20. stoletja) do sodobnih orodij, kot sta ChatGPT in DALL-E, z namenom razumevanja ključnih terminov, tehnoloških osnov in možnosti uporabe v STEM izobraževanju. Rezultati prikazujejo evolucijo od prvih preprostih modelov umetnih nevronov (perceptroni, 1958) preko naprednih globokih mrež (2006) do sodobnih multimodalnih sistemov, ki lahko obdelujejo različne vrste vsebin (transformerji, difuzijski modeli, od 2013 naprej). Ključni preboji vključujejo mehanizme pozornosti, ki modelom omogočajo osredotočanje na relevantne dele besedila, učenje iz človeških povratnih informacij za izboljšanje kakovosti odgovorov ter sposobnost reševanja novih nalog z le nekaj primeri. Analiza razkriva značilne omejitve: odsotnost resnične inteligence (modeli le prepoznavajo vzorce), omejitve pri matematičnem sklepanju in logičnem razmišljanju, ustvarjanje napačnih informacij ter etične izzive, kot so pristranskost, širjenje dezinformacij in kršitve avtorskih pravic. Za STEM izobraževanje to pomeni priložnosti za prilagojeno učenje vsakega učenca in avtomatizacijo rutinskih nalog, vendar hkrati zahteva krepitev kritičnega vrednotenja rezultatov, razvoj digitalnih veščin ter oblikovanje odgovornih smernic za vključevanje teh tehnologij. Zaključki poudarjajo potrebo po sistematičnem izobraževanju učiteljev za delo s temi tehnologijami, razvoju pedagoških standardov ter stalnem spremljanju, kako generativna umetna inteligenca vpliva na uspešnost učenja in kakovost poučevanja.

Ključne besede: generativna umetna inteligenca, strojno učenje, veliki jezikovni modeli, obdelava naravnega jezika, uporabnost modelov.

Abstract

Generative Artificial Intelligence (GAI) is rapidly advancing and becoming increasingly widespread due to its capability to automatically generate multimodal content – including text, images, audio, video, and code – marking a paradigm shift in educational technologies. The aim of this paper is to systematically analyse the development and functioning of key GAI models and to highlight their potential and limitations in education, particularly in the STEM domain. The paper is based on a review of scholarly literature on the evolution of GAI, from its early conceptual origins in the 1950s to contemporary tools

such as ChatGPT and DALL·E, with the goal of clarifying key terminology, technological foundations, and potential applications in STEM education. The findings trace the progression from early simple models of artificial neurons (perceptrons, 1958), through the rise of advanced deep neural networks (2006), to the emergence of modern multimodal systems capable of processing diverse content types (e.g., transformers, diffusion models, since 2013). Key breakthroughs include attention mechanisms that allow models to focus on relevant portions of input, learning from human feedback to improve response quality, and the ability to solve new tasks from just a few examples (few-shot learning). The analysis also reveals notable limitations: the absence of true intelligence (models merely detect statistical patterns), weaknesses in mathematical reasoning and logical inference, the generation of false or misleading information, and ethical concerns such as bias, misinformation, and copyright infringement. For STEM education, these developments offer opportunities for personalized learning and automation of routine tasks, but simultaneously require enhanced critical evaluation of outputs, the cultivation of digital competencies, and the establishment of responsible guidelines for integrating these technologies. The conclusions underscore the need for systematic teacher training on the pedagogical use of GAI, the development of educational standards, and ongoing monitoring of how GAI influences learning outcomes and teaching quality.

Key words: generative artificial intelligence, machine learning, large language models, natural language processing, application of models.

Uvod

V zadnjih nekaj letih postajajo vsebine, ki jih ustvarja generativna umetna inteligenca, vedno bolj razširjene ne le med znanstveniki in strokovnjaki, ampak tudi v širši družbi. To je omogočilo nove zmožnosti, kot so sinteza slik, generiranje besedil, skladanje glasbe in celo človeku podobni klepetalni roboti (angl. *chatbots*), ki jih lahko uporabljajo tudi nestrokovnjaki (Bandi idr., 2023). Med najbolj znanimi modeli, ki omogočajo hitro ustvarjanje velike količine vsebin, sta ChatGPT in DALL-E. ChatGPT je jezikovni model, ki razume in se odziva na človeške jezikovne vnose, medtem ko DALL-E 2 iz besedilnih opisov ustvarja edinstvene in visokokakovostne slike (Cao idr., 2023).

Kaj sploh pomeni generativna umetna inteligenca? Holmes in Miao (2023) opredeljujeta generativno umetno inteligenco kot tehnologijo, ki samodejno ustvarja novo vsebino kot odziv na pozive, ki so v pogovornih vmesnikih zapisani v naravnem jeziku. Dodajata, da le-ta temelji na učenju iz podatkov, pridobljenih s spletnih strani, družbenih omrežij in drugih spletnih virov, ter uporablja statistično analizo za prepoznavanje in ponavljanje vzorcev iz teh podatkov. Napredek na področju generativne umetne inteligence je predvsem posledica večjih naborov podatkov, zmogljivejših modelov in večje računalniške moči (Cao idr., 2023; Bandi idr. 2023). To se odraža v razvoju modelov, kot je GPT-3, ki je v primerjavi s predhodnikom GPT-2 bistveno izboljšal zmogljivosti pri generiranju koherentnih besedil, odgovarjanju na vprašanja in vodenju pogovorov. Bandi idr. (2023) opisujejo, da GPT-3 ustvarja človeku podobno besedilo z impresivno tekočnostjo in koherentnostjo ter tako dosega napredek pri nalogah, kot so odgovarjanje na vprašanja, pisanje esejev in pogovorni odzivi. Poleg tega dodajajo, da raziskovalci vključujejo nove pristope, s pomočjo katerih še izboljšujejo delovanje modelov generativne umetne inteligence. Primer tega je spodbujevalno oziroma okrepljeno učenje na podlagi povratnih informacij ljudi (angl. *reinforcement learning from human feedback*),¹ kar ChatGPT-ju omogoča boljše razumevanje človeških preferenc. Na področju računalniškega

¹ Pojme, kot so strojno učenje, nadzorovano učenje, nenadzorovano učenje, spodbujevalno učenje, nevronska mreža in transformer, bomo opisali pozneje.

vida pa difuzijski modeli omogočajo ustvarjanje visokokakovostnih slik. GPT-3.5 in GPT-4 sta velika jezikovna modela podjetja OpenAI, ki sta revolucionirala področje procesiranja naravnega jezika s svojo zmožnostjo generiranja koherentnih besedil, reševanja kompleksnih nalog in razumevanja konteksta, pri čemer GPT-4 dodatno omogoča tudi analizo slik (OpenAI, 2023). Najnovejši model GPT-5 nadgrajuje pretekle funkcije z izboljšanim razumevanjem kompleksnih navodil, naprednejšim sklepanjem in zanesljivejšo multimodalno analizo, kar predstavlja pomemben tehnološki napredek (Georgiou, 2025). Kot poudarja OpenAI (2025), je zasnovan kot orodje za novo dobo dela, ki poleg teh zmožnosti prinaša tudi večji poudarek na varni uporabi ter podporo uporabnikom pri ustvarjalnih in kompleksnih nalogah. Prve analize potrjujejo, da GPT-5 dosega občutno boljše rezultate pri kompleksnem sklepanju ter večjo zanesljivost odgovorov v primerjavi s predhodnimi modeli (Choi in Chang, 2025). Ob tem se vse bolj razvija tudi področje »thinking modelov«, ki poskušajo razširiti zmožnosti velikih jezikovnih modelov z bolj eksplicitnim procesom sklepanja, kar kaže na premik od zgolj generiranja besedil k modelom, ki bolje simulirajo razmišljanje (OpenAI, 2024). Raziskava *On the Biology of a Large Language Model* podrobno prikazuje, kako je mogoče slediti notranjim mehanizmom modela Claude z uporabo atribucijskih grafov, kar ponuja nov vpogled v procese sklepanja velikih jezikovnih modelov (Lindsey idr., 2025).

Zaradi napredka in skokovite porasti tržnega povpraševanja ima generativna umetna inteligenca kot zmogljivo orodje ogromen potencial za različne industrije in panoge. Med drugimi so bili modeli dobro sprejeti v umetnosti, oglaševanju, izobraževanju, industriji, zdravstvu in financah (Bandi idr., 2023; Cao idr., 2023). Zaradi zmožnosti uporabe modelov v različnih panogah in generiranja podatkov, ki posnemajo značilnosti resničnega sveta, je generativna umetna inteligenca uporabna za reševanje različnih izzivov, vključno z odkrivanjem anomalij in ustvarjanjem kreativnih vsebin (Bandi idr., 2023).

Namen in cilji

Namen poglavja je pregledno predstaviti razvoj generativne umetne inteligence ter delovanje njenih ključnih modelov z vidika njihove uporabnosti in omejitev v izobraževalnem procesu, zlasti na področju STEM. S tem želimo prispevati k boljšemu razumevanju tehnologije med učitelji in drugimi deležniki v izobraževanju ter spodbuditi razpravo o njenem odgovornem vključevanju v pedagoško prakso.

Cilji poglavja so:

1. povzeti zgodovinski razvoj generativne umetne inteligence in predstaviti temeljne koncepte,
2. opisati in razvrstiti izbrane generativne modele glede na njihove značilnosti, vhodne in izhodne podatke ter področja uporabe,
3. izpostaviti ključne priložnosti in izzive uporabe generativne umetne inteligence v izobraževanju,
4. izpostaviti pomen odgovorne integracije generativne umetne inteligence v pedagoški proces ter potrebo po nadaljnjem raziskovanju njenega vpliva na učenje in poučevanje.

Metoda

Prispevek temelji na pregledno-teoretičnem pristopu, pri katerem smo uporabili induktivni način dela. Osredotočili smo se na obstoječo znanstveno in strokovno literaturo, ki obravnava razvoj generativne umetne inteligence, delovanje njenih ključnih modelov ter možnosti in izzive uporabe v izobraževanju.

Vire smo pridobili iz različnih znanstvenih baz in spletnih virov, vključno s Scopusom, Web of Science (WoS), ERIC, IEEE Xplore in ArXivom, ter iz izbranih spletnih virov in strokovnih blogov. Pri tem smo uporabili tudi temeljne publikacije iz področnih knjig. Pri pregledu smo se oprli tudi na celovite pregledne študije, kot je Zhang idr. (2023), ki sistematično obravnavajo razvoj modelov od prvih nevronske mreže do sodobnih multimodalnih sistemov. Pregled je zajel obdobje od temeljnih prispevkov v drugi polovici 20. stoletja do najnovejših raziskav, objavljenih med letoma 2020 in 2025, zlasti po letu 2022, ko so se pojavili sodobni multimodalni modeli. Pri izboru so bili upoštevani naslednji splošni kriteriji: jezik objave, tematska ustreznost ter znanstvena ali strokovna verodostojnost vira.

Zbrane vsebine smo analizirali s kvalitativno vsebinsko analizo, pri čemer so bile teme razvrščene v več sklopov: zgodovinski razvoj generativne umetne inteligence, opis in razvrstitev modelov, priložnosti in izzivi uporabe ter implikacije za pedagoško prakso. Analiza je omogočila sintezo ugotovitev iz različnih virov in oblikovanje preglednega opisa obravnavane problematike.

Rezultati

Zgodovina generativne umetne inteligence: od Turinga do transformerjev

Generativna umetna inteligenca je področje, ki se ukvarja z ustvarjanjem novih podatkov na podlagi naučenih vzorcev. Njen razvoj sega v same začetke računalništva in se nadaljuje do danes, ko doživlja izjemen razcvet. Ta evolucija predstavlja zgodbo o napredku, inovacijah in vztrajnem prizadevanju za ustvarjanje »pametnih« strojev, ki lahko generirajo vsebino, podobno človeški.

Med pomembne zgodovinske mejnike v razvoju generativne umetne inteligence sodi Turingov test iz leta 1950, ki je sprožil širša razmišljanja o strojih, sposobnih generiranja človeku podobne odgovore. To je predstavljalo pomemben korak k razumevanju potenciala računalnikov za ustvarjanje vsebine. Desetletje pozneje je Samuel (1959) predstavil koncept strojnega učenja, ki je postavil temelje za razvoj sistemov, sposobnih učenja iz podatkov. To je odprlo vrata novim možnostim v umetni inteligenci in napovedalo prihod bolj sofisticiranih generativnih modelov. Sedemdeseta leta so prinesla rojstvo nevronske mreže, ki so poskušale posnemati delovanje človeških možganov. Rosenblatt (1958) je s konceptom perceptrona postavil temelje za razvoj umetnih nevronske mreže. Te ideje so se razvijale in zorele v naslednjih desetletjih, kar je privedlo do pojava rekurentnih nevronske mreže in modelov Long Short-Term Memory v 80. in 90. letih. Ti napredki so bistveno izboljšali zmožnosti modeliranja dolgih odvisnosti v podatkih, kar je ključno za generiranje smiselni in koherentni vsebin. Proti koncu tisočletja so LeCun idr. (1998) predstavili konvolucijske nevronske mreže (angl. *convolutional neural network*), ki so pomenile revolucijo v računalniškem vidu. To je bil

pomemben mejnik, ki je odprl vrata napredku v prepoznavanju in generiranju slik ter postavil temelje za nadaljnji razvoj vizualnih generativnih modelov.

Novo tisočletje je prineslo val inovacij na področju generativne umetne inteligence. Leta 2006 so Hinton idr. (2006) s konceptom globokega učenja sprožili pravo revolucijo v umetni inteligenci. Globoko učenje uporablja večplastne nevronske mreže, ki se postopoma učijo vedno bolj kompleksnih značilk iz podatkov, kar jim omogoča, da rešujejo zelo zapletene probleme. To je utrla pot za razvoj še bolj sofisticiranih generativnih modelov. Eden takih je Variational Autoencoder (VAE), ki sta ga leta 2013 predstavila Kingma in Welling (2013). VAE se »nauči« ustvarjati nove podatke, podobne tistim, na katerih se je učil, pri čemer uporablja verjetnostne metode za zagotavljanje raznolikosti in kakovosti generiranih rezultatov. Leta 2014 je prineslo še en prelomni trenutek z uvedbo generativnih nasprotniških mrež (angl. *generative adversarial networks* – GAN), ki so jih razvili Goodfellow idr. (2014). GAN-i so omogočili generiranje visokokakovostnih slik in predstavljajo pomemben preboj v generativni umetni inteligenci, saj lahko ustvarjajo izjemno realistične vizualne vsebine. Transformerji predstavljajo najnovejši mejnik v razvoju generativne umetne inteligence. Leta 2017 jih je razvila skupina raziskovalcev iz Google Brain, Google Research in Univerze v Torontu pod vodstvom Ashisha Vaswanija. V svojem prelomnem članku »Attention Is All You Need« so predstavili revolucionarni pristop k obdelavi naravnega jezika. Ključna inovacija je bil mehanizem večglave pozornosti (angl. *multi-head attention*), ki omogoča vzporedno obdelavo dolgih podatkovnih zaporedij (Vaswani idr., 2017). Ta arhitektura je kasneje navdihnila razvoj dveh izjemno zmogljivih modelov. Prvi je BERT, Googleov model za dvojezične kodirne reprezentacije. Drugi je GPT, OpenAI-jev model za generativno predhodno učenje. Oba sta postavila nove standarde točnosti pri razumevanju in tvorjenju besedil (Devlin idr., 2019; Radford idr., 2018).

Danes smo priča vzponu multimodalnih modelov, ki združujejo obdelavo besedila in slik. Ti modeli odpirajo nove možnosti za celovito generativno umetno inteligenco, ki lahko ustvarja in razume različne oblike podatkov, kar nas približa prvotni ideji o umetni inteligenci, sposobni celovitega razumevanja in ustvarjanja v našem kompleksnem svetu. Razvoj generativne umetne inteligence je prešel dolgo pot od Turingovega testa do današnjih naprednih modelov. Vsak korak v tem razvoju je gradil na prejšnjih dosežkih in odpiral nove možnosti. Današnji modeli, kot so VAE, GAN in transformerji, predstavljajo vrhunec tega razvoja, saj omogočajo generiranje visokokakovostnih in raznolikih podatkov v različnih modalnostih. Prihodnost generativne umetne inteligence obeta še večjo integracijo različnih vrst podatkov in morda celo razvoj sistemov, ki bodo sposobni »ustvarjalnega mišljenja«, podobnega človeškemu. Napredek na področju transformerjev odpira nove raziskovalne smeri v razvoju jezikovnih modelov in njihovi uporabi v praksi.

Strojno učenje

Strojno učenje (angl. *machine learning*) je veja umetne inteligence, ki omogoča računalnikom, da se »učijo« iz podatkov. Podobno kot ljudje ti sistemi izboljšujejo svoje delovanje skozi izkušnje. Poznamo tri glavne pristope: nadzorovano učenje (učenje iz označenih podatkov), nenadzorovano učenje (odkrivanje vzorcev v neoznačenih podatkih) in spodbujevalno učenje (učenje preko interakcije z okoljem). Strojno učenje se uporablja v številnih aplikacijah, od prepoznavanja govora do napovedovanja trendov, in tako spreminja način reševanja kompleksnih problemov (Mitchell, 1997).

Nadzorovano učenje (angl. supervised learning)

Nadzorovano učenje je pristop v strojnem učenju, kjer se algoritem uči iz označenih podatkov. V tem procesu sistem prejme nabor vhodnih podatkov in pripadajočih izhodnih vrednosti (oznak) ter se nauči preslikave med njimi. Cilj je razviti model, ki bo sposoben pravilno napovedati razred za nove, prej nepodane vhodne podatke. Ta pristop je široko uporabljen v številnih aplikacijah, od prepoznavanja vzorcev do napovedovanja vrednosti. Kot navajajo Kotsiantis idr. (2006), nadzorovano učenje vključuje različne tehnike, kot so odločitvena drevesa, nevronske mreže in metode s podpornimi vektorji (angl. *support vector machine*), ki se uporabljajo za reševanje problemov klasifikacije in regresije. Uspešnost nadzorovanega učenja je zelo odvisna od kakovosti in števila označenih podatkov, kar predstavlja tako njegovo prednost, kot tudi izziv v realnih scenarijih.

Nenadzorovano učenje (angl. unsupervised learning)

Nenadzorovano učenje je pristop v strojnem učenju, kjer algoritem išče vzorce in strukture v podatkih brez vnaprej določenih oznak ali ciljnih vrednosti. Pri tem učni sistem samostojno odkriva skrite zakonitosti, skupine ali povezave v podatkih. Ključni cilj je razumevanje strukture podatkov in odkrivanje latentnih informacij, ki niso očitne na prvi pogled. Pogosto uporabljene tehnike vključujejo gručenje (oziroma razvrščanje v skupine, angl. *clustering*), kjer se podatki razvrščajo v skupine glede na podobnost, in zmanjševanje dimenzionalnosti, kjer se kompleksni podatki poenostavijo ob ohranitvi bistvenih informacij. Kot pojasnjujeta Ghahramani in Jordan (1994), nenadzorovano učenje igra pomembno vlogo pri odkrivanju znanja iz podatkov, še posebej v situacijah, kjer je označevanje podatkov drago ali neizvedljivo. Ta pristop je široko uporabljen v različnih aplikacijah, od segmentacije strank v marketingu do analize genskih izrazov v bioinformatiki.

Spodbujevalno učenje (angl. reinforcement learning)

Spodbujevalno učenje je pristop v umetni inteligenci, kjer se računalniški program (agent) uči sprejemati odločitve skozi interakcijo z okoljem. Agent izvaja dejanja in za vsako prejme povratno informacijo v obliki nagrade ali kazni. Cilj je, da agent sčasoma razvije strategijo, ki maksimizira skupno nagrado. Ta metoda posnema način, kako se ljudje učimo iz izkušenj – s poskusi in napakami ter prilagajanjem vedenja glede na posledice naših dejanj (Sutton in Barto, 2018). Naprednejša oblika tega pristopa je spodbujevalno učenje na podlagi človeških povratnih informacij, kjer nagrade ali kazni določajo ljudje namesto vnaprej določenih pravil. Ta metoda omogoča modelom, da bolje zajamejo kompleksne človeške preference in vrednote, kar je posebej koristno pri nalogah, ki zahtevajo subtilno razumevanje človeških želja ali etičnih presoj (Christiano idr., 2017).

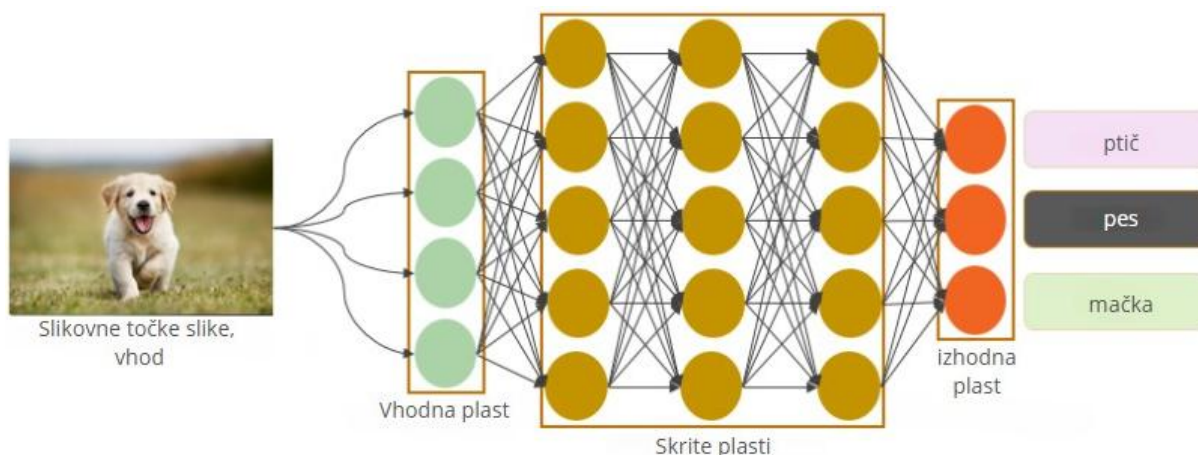
Nevronske mreže (angl. neural networks)

Nevronska mreža je računalniški model, zasnovan po vzoru delovanja človeških možganov. Namenjena je prepoznavanju vzorcev v podatkih in reševanju kompleksnih problemov. Sestavljena je iz medsebojno povezanih »nevronov«, organiziranih v plasti, ki obdelujejo informacije podobno kot biološke nevronske mreže. Delovanje nevronske mreže lahko primerjamo s procesom učenja pri človeku. Vsak nevron sprejme vhodne podatke, jih obdela z uporabo matematičnih funkcij in posreduje rezultate naslednji plasti. Skozi ta proces se mreža iterativno uči iz podatkov in postopoma izboljšuje svojo sposobnost prepoznavanja

kompleksnih vzorcev. Pomembna prednost nevronske mreže je njihova sposobnost prilagajanja in učenja iz izkušenj. Z izpostavljenostjo velikim količinam podatkov lahko nevronska mreža sama odkriva značilnosti in vzorce, ne da bi bila eksplicitno programirana za vsako možno situacijo. To omogoča reševanje problemov in sprejemanje odločitev v nepredvidljivih ali prej neznanih okoliščinah (Grosan in Abraham, 2011).

Nevronske mreže se učijo podobno kot človeški možgani – s prilagajanjem povezav med nevroni. Med učenjem mreža najprej poskusi rešiti nalogo (na primer prepoznati sliko), nato primerja svoj odgovor s pravilnim odgovorom. Če je naredila napako, samodejno prilagodi moč povezav med nevroni tako, da bo naslednjič bolj uspešna. Ta proces imenujemo vzvratno razširjanje napake (angl. *backpropagation*) (Rumelhart idr., 1986).

Nevronske mreže so uspešne pri reševanju kompleksnih nalog, kjer tradicionalni algoritmi odpovedo, kot so prepoznavanje slik, obdelava naravnega jezika in napovedovanje trendov. Med najbolj vplivnimi arhitekturami so konvolucijske nevronske mreže, ki so zasnovane po vzoru delovanja vidnega korteksa v človeških možganih in so revolucionirale področje računalniškega vida (LeCun idr., 1998). Slika 1 prikazuje poenostavljen primer konvolucijske nevronske mreže pri razpoznavanju slike psa. Mreža preko več plasti postopoma izlušči značilke – od preprostih robov in tekstur v začetnih plasteh do vse bolj kompleksnih vzorcev v globljih plasteh, dokler v zadnji plasti ne prepozna, da je na sliki pes. Takšne večplastne arhitekture so osnova globokega učenja, ki omogoča učenje kompleksnih predstavitev neposredno iz surovih podatkov. Pristop se je izkazal za izjemno uspešnega pri različnih nalogah, od razpoznavanja govora do strojnega prevajanja (LeCun idr., 2015).



Slika 1: Poenostavljen primer delovanja konvolucijske mreže

Vrste generativnih modelov

V tem razdelku bomo opisali različne vrste modelov generativne umetne inteligence in povzeli njihovo računalniško ozadje. V širšem kontekstu delimo modele na unimodalne in multimodalne. Unimodalni modeli sprejemajo navodila iz iste modalitete – na primer modeli za besedila sprejemajo in ustvarjajo samo besedilo. Multimodalni modeli pa znajo delati z več različnimi vrstami podatkov hkrati, na primer lahko iz besedilnega opisa ustvarijo sliko ali iz slike sestavijo besedilni opis. Primer uporabe unimodalnega modela je jezikovni model GPT-5, kjer navodila in generirana vsebina temeljita na procesiranju naravnega jezika. Na primer, uporabnik lahko vnese navodilo, kot je »Napiši zgodbo o mački«, in model bo nato ustvaril

zgodbo v naravnem jeziku, npr. »Nekoč je živela mačka po imenu Tačka ...«. Primer uporabe multimodalnega modela pa je, da uporabnik vnese navodilo, kot je »Prikaži sliko mačke,« in model nato ustvari sliko mačke. Lahko pa uporabnik vnese navodilo »Napiši pesem o mački« in model na izhod pošlje zvok. Druga možnost je, da uporabnik na vhod naloži sliko in vnese besedilo »Opiši to sliko,« pri čemer model nato na izhodu poda opis slike. V grobem lahko zastavimo, da proces ustvarjanja vsebin vključuje dve fazi: razumevanje človeških navodil in nato generiranje vsebine (Cao idr., 2023). V naslednjih podrazdelkih bomo opisali nekatere modele generativne umetne inteligence.

Transformer (angl. transformer)

Transformer je napreden model strojnega učenja, ki je bistveno izboljšal obdelavo jezika in številnih drugih vrst podatkov. Čeprav je bil prvotno razvit za procesiranje besedil, se danes uspešno uporablja tudi za analizo slik, zvoka, videa in celo za naloge v biologiji ter kemiji (Khan idr., 2022). Njegovo delovanje lahko primerjamo s super pametnim bralcem, ki ima izjemen spomin in sposobnost povezovanja informacij. Pomembna lastnost transformerja je njegov »mehanizem pozornosti« (angl. *attention mechanism*). Ta deluje podobno kot človeška pozornost. Model se lahko osredotoči na najpomembnejše dele besedila, ne glede na njihovo medsebojno oddaljenost. To mu omogoča, da razume kompleksne odnose in kontekst v besedilu (Vaswani idr., 2017). Transformer lahko obdela celotno besedilo naenkrat, namesto da bi ga bral zaporedno, kar bistveno pospešuje njegovo delovanje (Alammar, 2018). To je podobno, kot če bi človek lahko v hipu razumel celotno knjigo, namesto da bi jo bral stran za stranjo. Zaradi teh lastnosti so transformerji postali osnova za mnoge sodobne jezikovne modele, kot sta BERT (Devlin idr., 2019) in GPT (Brown idr., 2020), ki se uporabljajo za različne naloge, od prevajanja do ustvarjanja besedil.

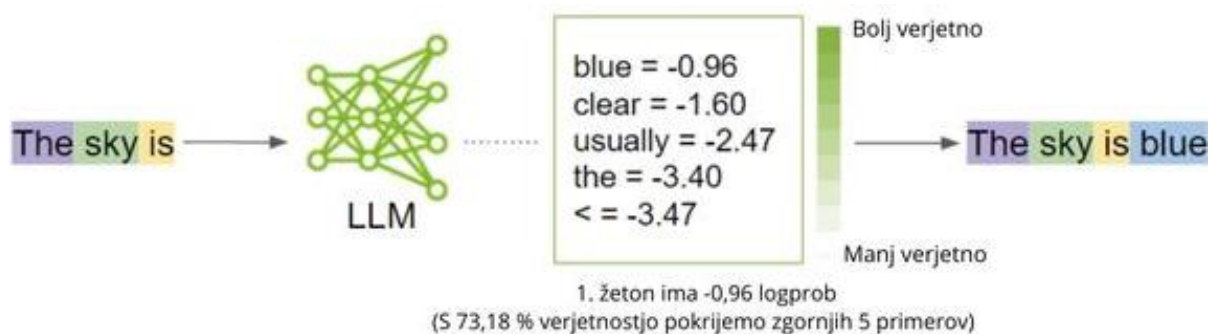
Osnovna arhitektura transformerja je sestavljena iz kodirnika (angl. *encoder*) in dekoderja (angl. *decoder*), kjer vsak vsebuje več plasti z več pozornostnimi glavami (angl. *multi-head attention*). Kodirnik obdeluje vhodno zaporedje, dekode pa na podlagi te obdelave ustvarja izhodno zaporedje. Mehanizem pozornosti v transformerju omogoča, da se model pri vsakem elementu osredotoči na relevantne dele vhodnega zaporedja, kar olajša modeliranje dolgih odvisnosti v podatkih. Zaradi vzporedne obdelave podatkov je model računsko učinkovit in dosega vrhunske rezultate pri različnih jezikovnih nalogah (Vaswani idr., 2017).

Jezikovni modeli (angl. language models)

Jezikovni modeli so napredni sistemi umetne inteligence, zasnovani za obdelavo, razumevanje in generiranje človeškega jezika. Ti modeli se učijo na podlagi obsežnih korpusov besedilnih podatkov, s čimer razvijejo sposobnost prepoznavanja jezikovnih vzorcev, kot so porazdelitve besed, besedne zveze ter skladenjske strukture, in konteksta (Jurafsky in Martin, 2024). Omenjeni pristop jim omogoča ustvarjanje smiselnih besedil, prevajanje med jeziki, odgovarjanje na vprašanja in povzemanje besedil.

Večina trenutnih jezikovnih modelov uporablja žetone za obdelavo besedila. Žetoni so delčki besedila, bodisi cele besede bodisi le smiselni del besede. Poved »I like dogs« razčleni na žetone »I«, »like«, »dogs«, po drugi stani pa besedo, kot je »unbelievable«, lahko razčleni na več žetonov, na primer »un«, »believ« in »able«. To pomaga modelu razumeti besedne korene, predpone in pripone, kar izboljša njegovo sposobnost obravnavanja redkih besed ali različnih časov. Dolžina žetonov je spremenljiva in odvisna od uporabljene metode tokenizacije

ter samega besedila. Jezikovni modeli se med učenjem naučijo prepoznavati vzorce in odvisnosti med žetoni v kontekstu, kar jim omogoča napovedovanje naslednjega verjetnega žetona v zaporedju (Radford idr., 2019). Generiranje besedila za odziv na dan poziv poteka postopoma (slika 2). Najprej se vhodno besedilo (poziv) tokenizira – razčleni na žetone. Model nato za vsak korak generiranja na podlagi naučenih vzorcev in celotnega konteksta izračuna verjetnostno porazdelitev možnih naslednjih žetonov. Z uporabo vzorčenja izbere naslednji žeton, ga doda v zaporedje in postopek ponavlja. To se nadaljuje, dokler model ne generira zaključnega žetona ali doseže določene dolžine. Med procesom lahko model uporablja različne strategije vzorčenja, ki vplivajo na kreativnost in doslednost generiranega besedila (Brown idr., 2020).



Slika 2: Proces generiranja naslednje besede (prilagojeno po Surla (2023))

Sestavni deli jezikovnega modela so učni podatki, arhitektura samega modela in mehanizem sklepanja. Učni podatki služijo kot osnova za učenje, arhitektura modela zajema različne arhitekture nevronske mreže, kot so rekurentne nevronske mreže, transformerji ali kombinacija obojega, mehanizem sklepanja pa se uporablja za generiranje besedila. Na splošno lahko jezikovne modele razdelimo na maskirne jezikovne modele (koderji), autoregresivne jezikovne modele (dekoderji) in kodersko-dekodirne jezikovne modele. Dekodirni modeli se pogosto uporabljajo za generiranje besedil, kodirni modeli pa se večinoma uporabljajo za naloge razvrščanja. Z združevanjem prednosti obeh struktur lahko kodirno-dekodirni modeli izkoristijo tako informacije o kontekstu, kot tudi lastnosti za izboljšanje uspešnosti pri različnih nalogah (Bandi idr., 2023; Cao idr., 2023).

GPT (angl. *generative pre-trained transformer*) je trenutno eden najbolj znanih dekodirnih jezikovnih modelov. Uporablja večplastni dekodek transformerja in mehanizme pozornosti za obdelavo besed v zaporedju. GPT je predhodno naučen na velikem korpusu besedil, kot so spletne strani in knjige. Na podlagi predhodnega konteksta se je naučil napovedovanja naslednje besede v zaporedju, kar omogoča ustvarjanje tekočega, skladnega in kontekstualno ustreznega besedila. GPT je mogoče natančno prilagoditi za posebne naloge z zagotavljanjem pozivov za posamezne naloge ali dodatnih podatkov za učenje. Z razvojem modelov GPT-2 (Radford idr., 2019), GPT-3 (Brown idr., 2020), GPT-3.5 in GPT-4 (OpenAI, 2023) se je postopoma povečevalo število parametrov ter obseg in raznolikost učnih podatkov, kar je vodilo do vse boljših zmogljivosti. GPT-3 s 175 milijardami parametrov je predstavljal pomemben mejnik v razvoju velikih jezikovnih modelov. GPT-4o je dodatno razširil multimodalne zmožnosti z integracijo besedila, slik in zvoka v enotni model, medtem ko je o1 model uvedel nov pristop k sklepanju z eksplicitnim razmišljanjem pred odgovorom (OpenAI, 2024). Najnovejši GPT-5 združuje te napredke v poenoteno arhitekturo z dinamičnim

prilagajanjem globine sklepanja ter specializiranimi funkcijami, kot je »Study Mode« (Choi in Chang, 2025).

Veliki jezikovni modeli (angl. *large language models*), kot so GPT-3 in njegovi nasledniki, predstavljajo vrhunec trenutnega razvoja na tem področju. Pomemben tekmelec na tem področju so tudi modeli Claude, ki jih razvija podjetje Anthropic. Najnovejše različice, kot sta Claude Sonnet 4 in Claude Opus 4.1, izstopajo po naprednem sklepanju, programerskih zmožnostih in zanesljivosti pri obdelavi kompleksnih besedilnih nalog, s čimer predstavljajo pomembno alternativo modelom GPT (Lindsey idr., 2025). Temeljijo na globokih nevronskih omrežjih, predvsem na arhitekturi transformerjev, in so naučeni na obsežnih besedilnih podatkih z več sto milijardah besed ter milijardami parametrov (Brown idr., 2020). Njihova izjemna sposobnost »razumevanja« in ustvarjanja človeku podobnega besedila v širokem razponu tem in slogov pisanja jim omogoča reševanje kompleksnih nalog v različnih domenah – od ustvarjanja besedil in programske kode do analize podatkov in interakcije med človekom in računalnikom (Bommasani idr., 2021; Touvron idr., 2023). Veliki jezikovni modeli so pokazali presenetljivo sposobnost prilagajanja različnim nalogam brez dodatnega učenja, kar imenujemo »few-shot learning« ali učenje z malo primeri (Brown idr., 2020). Ta lastnost je odprla nove možnosti uporabe jezikovnih modelov v različnih aplikacijah, od avtomatiziranega pisanja do podpore pri programiranju in znanstvenem raziskovanju (Wei idr., 2022).

Difuzijski modeli (angl. diffusion models)

Difuzijski modeli so napredna vrsta generativnih modelov, ki dosegajo vrhunske rezultate na področju računalniškega vida oziroma so zelo uspešni pri delu s slikami. Delujejo tako, da podatke (npr. slike) postopoma popačijo, nato pa se naučijo obratnega procesa – odstranjevanja šuma za generiranje novih primerkov. V osnovi modeli dodajajo Gaussov šum² podatkom v več korakih, kar jih postopno popači, nato pa se model nauči, kako obratno odstraniti šum za obnovitev podatkov. Ko se model nauči teh korakov, lahko iz popačenih podatkov generira veljavne vzorce. Vsi ti modeli uporabljajo nevronske mreže za učenje kompleksnih odvisnosti med podatki in šumom. Nekatere različice difuzijskih modelov delujejo v latentnem prostoru in omogočajo učinkovitejše generiranje kakovostnih vzorcev. Pomembna prednost difuzijskih modelov je v sposobnosti učenja zapletenih porazdelitev podatkov, ne da bi za to potreboval obratno učenje. *Geometry-complete diffusion* model (GCDM) se uporablja za izboljšano ohranjanje geometrijskih lastnosti podatkov. *Video diffusion* model (VDM) pa je prilagojen za generiranje videov, saj širi proces difuzije na časovno dimenzijo in omogoča generiranje realističnih video zaporedij s tekočimi prehodi in gibanjem. (Bandi idr., 2023; Banh in Strobel, 2023).

Razvrstitev po vrsti vhodnih in izhodnih podatkov

Bandi idr. (2023) pravijo, da področje ustvarjanja vsebin z umetno inteligenco zajema številne vidike, zaradi česar so bile razvite številne metode. Te metode lahko razvrstimo v različne skupine glede na vrsto vhodnih in izhodnih podatkov. V podrazdelkih, ki sledijo, bomo predstavili različne tehnike, ki omogočajo generiranje vsebin na osnovi umetne inteligence s

² Gaussov šum je vrsta naključnih motenj, ki sledijo normalni (zvonasti) porazdelitvi in se v podatkih kažejo kot naključne manjše spremembe prvotnih vrednosti. Pri slikah si ga lahko predstavljamo kot posuti poper ali sol, kjer večina zrnc povzroči le rahlo spremembo svetlosti posameznih slikovnih elementov.

preoblikovanjem različnih vrst vhodnih podatkov v želene izhodne podatke. Poleg predstavljenih obstajajo še tehnike iz slike v sliko, iz besedila v videoposnetek, iz besedila in videoposnetka v videoposnetek, iz videoposnetka v videoposnetek, iz besedila in slike v sliko, iz besedila v molekulo ali molekularno strukturo, iz podatkov v preglednicah v podatke v preglednicah in še vrsto drugih.

Iz besedila v besedilo

Tehnike generativne umetne inteligence so na področju obdelave naravnega jezika konkretno spremenile zmožnost preoblikovanja besedila v različne besedilne oblike. Uporabniški vnos ali poziv (angl. *prompt*) sproži proces, v katerem kodirnik pretvori vhodno besedilo v »skrite vektorje«. Dekodirnik nato ustvari ustrezen odziv glede na nalogo, kot so prevajanje, odgovarjanje na vprašanja, popravljanje kode ali ustvarjanje besedil v različnih slogih. Modeli, kot je ChatGPT, so ključni za uspeh na teh področjih. Poleg transformerjev se za besedilno generiranje uporabljajo tudi generativne nasprotniške mreže (GAN), kot sta PassGAN za generiranje gesel in GlyphGAN za ustvarjanje ročno pisanih znakov (Bandi idr., 2023).

Iz besedila v sliko

Tehnike pretvorbe besedila v sliko so v zadnjih letih doživele hiter razvoj in omogočajo ustvarjanje slik iz besedilnih opisov. Prej je bil bolj razširjen obraten pristop, pretvorba slik v besedilo oziroma njihovo opisovanje. Z naprednimi generativnimi modeli, kot sta DALL-E in Midjourney, pa je sinteza slik iz besedila postala pomembno raziskovalno in aplikativno področje. Za generiranje slike iz besedila se uporabljajo različne nevronske arhitekture, predvsem difuzijski modeli in transformer. Ti pristopi so postali zelo priljubljeni, saj njeni modeli prinašajo impresivne rezultate, ki se kažejo v generiranju visokokakovostnih slik, uporabni pa so se izkazali tudi na področju stenografije (Bandi idr., 2023; Cao idr., 2023).

Iz besedila v zvok/govor

Tehnike pretvorbe besedila v govor (angl. *text-to-speech* – TTS) in pretvorbe besedila v zvok omogočajo generiranje človeku podobnega govora oziroma ustvarjanje (sintezo) glasbe z različnimi vokalnimi stili. Te tehnologije se pogosto uporabljajo v aplikacijah, kot so glasovni pomočniki, glasovni navigacijski sistemi in zvočne knjige. AdaSpeech je učinkovit model za sintezo personaliziranih glasov, ki uporablja dva akustična kodirnika za izboljšanje kakovosti sintetiziranega govora. Difuzijski modeli, kot so Diff-TTS, Grad-TTS in ProDiff, ustvarjajo bolj naraven govor, medtem ko DiffGAN-TTS združuje difuzijo in arhitekturo GAN za dodatno izboljšanje kakovosti sinteze govora. Zanimiva sta tudi GANSynth, ki iz besedila ustvarja visokokakovostne glasbene odlomke, in Jukebox, ki iz besedila generira celotno pesem skupaj s pretvorbo besedila pesmi v petje. Na področju klasifikacije zvokov je vse bolj pomemben Microsoftov CLAP, ki je odličen za prepoznavanje zvokov, kot so ploskanje občinstva, ptičji zvoki in drugih zvokov iz okolja. Te tehnike omogočajo široko paleto raznovrstnih aplikacij na področju obdelave zvoka in govora (Bandi idr., 2023; Cao idr., 2023).

Iz besedila v kodo in obratno

V svetu pisanja programske opreme je ročno pisanje ali ponavljanje kode v obliki programskih vzorcev lahko dolgotrajen proces, zato tehnike pretvorbe besedila v kodo in kode v besedilo ponujajo pomembne rešitve. *Text-to-code* omogoča generiranje celotne izvirne kode za

specifične poslovne težave, popravljanje obstoječe kode in predlaganje popravkov, medtem ko *code-to-text* omogoča samodejno dokumentiranje kode.

Eden najbolj razširjenih primerov je GitHub Copilot, ki je sprva temeljil na OpenAI-jevem modelu Codex, v novejših različicah pa omogoča izbiro med različnimi velikimi jezikovnimi modeli, kot sta GPT-4o in Claude Sonnet 4. To kaže na hitro rast ekosistema orodij generativne umetne inteligence za programiranje ter na možnost prilagoditve izbire modela glede na potrebe uporabnikov (GitHub, 2025). V kontrolirani študiji so študenti, ki so uporabljali Copilot, naloge nadgrajevanja obstoječe kode rešili 35 % hitreje, dosegli 50 % več napredka ter porabili manj časa za ročno pisanje kode in spletno iskanje (Shihab idr., 2025).

Poleg Copilota so bili razviti tudi drugi modeli: CODEGEN in CodeT5 sta specializirana za generiranje in razumevanje kode, medtem ko AlphaCode izstopa pri ustvarjanju izvirne kode na tekmovalni ravni, kjer je bil uspešno preizkušen na platformi Codeforces (Bandi idr., 2023; Li idr., 2022).

Iz slike v besedilo

Tehnike ustvarjanja vsebine z generativno umetno inteligenco omogočajo samodejno opisovanje slik z združevanjem računalniškega vida in obdelave naravnega jezika. Prvi pomemben model na tem področju je *Show and Tell: A Neural Image Caption Generator* (Vinyals idr., 2015), ki uporablja konvolucijske nevronske mreže za pridobivanje vizualnih značilnosti in model LSTM za generiranje besedilnih opisov. Nadaljnji preboj je prinesel model *Show, Attend and Tell* (Xu idr., 2015), ki je vpeljal mehanizem pozornosti in omogočil dinamično osredotočanje na različne dele slike. Ta pristop je bistveno izboljšal natančnost in ustreznost opisov ter postal temelj za razvoj naprednejših metod. Pomembno nadgradnjo je uvedel model *Bottom-Up and Top-Down Attention* (Anderson idr., 2018), ki združuje objektno zaznavo in kontekstualne informacije ter je močno vplival na področje opisovanja slik in vizualnega odgovarjanja na vprašanja. Današnji multimodalni modeli, kot je CLIP, ki temelji na učenju na osnovi kontrastov za usklajevanje slik z besedilom (Radford idr., 2021), ter Flamingo, ki povezuje jezikovne in vizualne module za naloge učenja z malo primeri (Alayrac idr., 2022), gredo še dlje – omogočajo ne le opisovanje slik, temveč tudi odgovarjanje na vprašanja o njih in reševanje kompleksnih vizualno-jezikovnih nalog. K najsodobnejšim pristopom sodi tudi BLIP-2, ki združuje zamrznjene slikovne enkoderje z velikimi jezikovnimi modeli in tako omogoča učinkovito učenje z malo primeri ter prenos znanja med modalitetami (Li idr., 2023).

Uporaba in izzivi

Generativna umetna inteligenca je dokazala svoj potencial preko številnih inovacij in aplikacij, ki so uporabne v industriji. Na področju generiranja besedil in modeliranja jezika je revolucionarno spremenila obdelavo naravnega jezika s svojo sposobnostjo ustvarjanja skladnega in kontekstualno ustreznega besedila. Danes se uporablja pri avtomatiziranem ustvarjanju vsebin, klepetalnih robotih, generiranju programske kode in prevajalskih storitvah, kjer bistveno izboljšuje interakcije med človekom in računalnikom ter spodbuja besedilno ustvarjalnost (Cao idr., 2023; Kaswan idr., 2023).

Velik napredek je bil dosežen tudi na področju sinteze slik, kjer algoritmi generirajo nova umetniška dela na podlagi učenja iz zbirk obstoječih umetnin ter omogočajo posnemanje

slogov slavnih umetnikov ali razvoj novih estetik. Podobno so se razvili modeli za ustvarjanje glasbe in zvoka, ki generirajo glasbene kompozicije različnih žanrov, od elektronike do jazza, ter orodja za sintezo govora. V biomedicini generativna umetna inteligenca pospešuje odkrivanje zdravil z generiranjem in optimizacijo molekulskih struktur ter prispeva k razvoju personalizirane medicine in napredni analizi medicinskih slik, ki radiologom pomagajo pri diagnostiki in usposabljanju (Jumper idr., 2021). Kaswan idr. (2023) povzamejo, da so modeli generativne umetne inteligence poleg že omenjenih aplikacij v umetnosti, glasbi, farmaciji in zdravstvu svojo raznolikost in vsestranskost dokazali tudi na področjih modnega oblikovanja, ustvarjanja videoiger in arhitekturne vizualizacije.

V izobraževanju raziskave iz leta 2025 poudarjajo predvsem potencial za personalizacijo učenja, avtomatizacijo administrativnih nalog in izboljšano povratno informacijo (Qian, 2025). Obenem Choi in Chang (2025) izpostavljata, da najnovejši modeli, kot je GPT-5, učiteljem omogočajo naprednejšo pripravo učnih gradiv, prilagajanje različnim učnim stilom ter uvajanje inovativnih pedagoških praks. Hkrati pa opozarjata na potrebo po kritični refleksiji in etičnih smernicah za odgovorno implementacijo. Skupaj ti prispevki kažejo, da generativna umetna inteligenca odpira možnosti za razvoj novih kompetenc – od kritičnega mišljenja do digitalne pismenosti – vendar le, če je njegova integracija v pouk premišljena in uravnotežena.

Kljub priložnostim pa se generativna umetna inteligenca srečuje s pomembnimi izzivi: tehnološkimi (npr. konsistentnost generiranja besedil, razumevanje konteksta) in etičnimi – vključno s prekomernim nadzorom, zlorabo študentskih podatkov, pristranskostjo modelov in pretirano odvisnostjo od algoritmov (García-López in Trujillo-Liñán, 2025; Zhu idr., 2025). Sistematični pregledi zakonodaje in regulacije poudarjajo, da je za odgovorno vključevanje generativne umetne inteligence nujno uvesti etične in pedagoške smernice, ki bodo oblikovale integriteto učnega procesa (García-López in Trujillo-Liñán, 2025). Kot dodatno opozarjajo Bommasani idr. (2021), lahko pretirano zanašanje na generativne modele pri mlajših učencih zmanjša priložnosti za razvoj kritičnega mišljenja in metakognitivnih spretnosti. Namesto aktivnega učenja in samostojnega reševanja problemov obstaja nevarnost, da se učenci navadijo na pasivno sprejemanje avtomatiziranih rešitev, kar lahko dolgoročno oslabi njihovo sposobnost analitičnega razmišljanja. Zato se odpira nujno vprašanje, ali je neposredna uporaba teh tehnologij v razredu varna in smiselna. Potrebne so obsežne empirične študije, ki bodo sistematično preučevale vpliv generativne umetne inteligence na razvoj kognitivnih spretnosti, ustvarjalnosti in samostojnega mišljenja pri mlajših učencih, da bi lahko oblikovali z dokazi podprte pedagoške smernice za odgovorno integracijo.

Diskusija

Veliki jezikovni modeli (LLM) predstavljajo točko preloma v izobraževanju zaradi njihove sposobnosti zagotavljanja personaliziranega učenja in takojšnje povratne informacije. Ruwe in Mayweg-Paus (2024) ugotavljata, da so takojšnje povratne informacije velikih jezikovnih modelov učinkovitejše in bolje sprejete s strani učencev, kadar so priložene še dodatne informacije o viru povratnih informacij. Njihova zmožnost prilagajanja razlage kompleksnih konceptov različnim učnim stilom in predznanju učencev lahko bistveno poveča dostopnost in učinkovitost izobraževanja, čeprav je treba upoštevati tudi etične vidike in omejitve teh sistemov.

Cao idr. (2023) ugotavljajo, da imajo modeli generativne umetne inteligence še velik potencial za napredek na področju izobraževanja. Z vključevanjem podatkov, kot so učni videoposnetki, znanstveni članki in druge kakovostne informacije, omogočijo izboljšano personalizirano izobraževalno izkušnjo. Google Research je predstavil model Minerva, ki lahko rešuje večstopenjske naloge, ki zajemajo algebro, verjetnost, fiziko, teorijo števil, analizo, geometrijo, biologijo, elektrotehniko, kemijo, astronomijo in strojno učenje. Čeprav Minerva še ne dosega človeške ravni zmogljivosti, kaže odlične rezultate.

Veliki jezikovni modeli pri reševanju matematičnih nalog ne kažejo pravih sposobnosti sklepanja, ampak bolj sofisticirano prepoznavanje vzorcev, kar se odraža v precejšnji variabilnosti njihovih rezultatov, tudi ko gre za različice iste naloge. To nakazuje na pomanjkanje pravega razumevanja matematičnih konceptov. Mirzadeh idr. (2024) opisujejo, da se zmogljivost modelov občutno poslabša, ko se poveča zahtevnost besedila nalog ali ko se vanje doda navidezno relevantne, a dejansko nepomembne informacije. Ti rezultati potrjujejo, da trenutni veliki jezikovni modeli ne izvajajo pravega logičnega sklepanja, kar omejuje njihovo sposobnost reševanja zahtevnejših matematičnih problemov. Za razvoj umetne inteligence s pravimi sposobnostmi formalnega sklepanja so zato potrebne nadaljnje raziskave, ki bi presegle trenutne omejitve prepoznavanja vzorcev in omogočile bolj robustno in posplošljivo reševanje problemov. Glede na ugotovitve, da veliki jezikovni modeli temeljijo predvsem na prepoznavanju vzorcev in ne na pravem razumevanju konceptov (Mirzadeh idr., 2024), postaja še posebej pomembno razvijanje kritičnega mišljenja pri učencih, ki jim bo omogočilo presojo ustreznosti in zanesljivosti rešitev, ki jih ponujajo ti modeli.

Holmes in Miao (2023) opisujeta EdGPT, ki je izpeljan iz osnovnih modelov generativne umetne inteligence, kot je GPT, in je posebej prilagojen za uporabo v izobraževanju. Pravita, da EdGPT vsebuje manjše količine visoko kakovostnih, domensko specifičnih podatkov, da ustvari bolj prilagojene učne materiale, kot so učni načrti, kvizi in interaktivne aktivnosti, ki ustrezajo pedagoškim ciljem. Menita, da bi lahko v prihodnosti takšni modeli podpirali personalizirano učenje. Kljub temu EdGPT še vedno nosi tveganje za napake in pristranskost ter zahteva kritično presojo s strani učiteljev in učencev.

García-Peñalvo idr. (2024) izpostavljajo, da tehnologije generativne umetne inteligence pomembno preoblikujejo proces poučevanja in učenja. Dodajajo še, da je februarja 2023 Evropsko združenje univerz (angl. *European University Association*) objavilo stališče o odgovorni uporabi umetne inteligence v univerzitetnem izobraževanju. Poudarjajo tudi, da morajo biti profesorji previdni pri ocenjevanju, saj študenti že uporabljajo modele generativne umetne inteligence. Izražena je zaskrbljenost, saj tako študenti, kot tudi profesorji uporabljajo modele za generativno umetno inteligenco pri nalogah, čeprav večina institucij še nima pravilnikov glede njihove uporabe. García-Peñalvo idr. (2024) še dodajajo, da hiter vstop umetne inteligence v akademski svet povzroča skrb glede zaupanja in avtentičnosti, hkrati pa navdušenje zaradi njenega potenciala za povečanje človeških sposobnosti, predvsem na področju programiranja.

Pri preučevanju uporabe generativne umetne inteligence v izobraževanju Resnick (2024) opozarja na številne izzive, s katerimi se soočajo učitelji in pedagogi – od omejevanja učenčeve aktivnosti in pretirane osredotočenosti na zaprte probleme do podcenjevanja pomena medosebnih odnosov. Kljub temu pa izpostavlja potencial te tehnologije za podporo konstruktivističnemu učenju. S takšnim pristopom lahko učenci aktivno gradijo znanje z

uporabo orodij umetne inteligence skozi celoten proces projektnega dela, od viharjenja začetnih idej do odpravljanja napak (razhroščevanja) in raziskovanja novih možnosti, pri čemer ohranjajo ustvarjalni nadzor in sodelujejo z vrstniki v spodbudnem in ustvarjalnem učnem okolju.

Sklepno lahko povzamemo, da veliki jezikovni modeli odpirajo obsežne priložnosti za personalizacijo, avtomatizacijo in podporo konstruktivističnemu učenju, a hkrati zahtevajo kritično presojo zaradi omejenega sklepanja, možnosti pristranskosti in vpliva na avtentičnost izobraževalnega procesa. Za odgovorno implementacijo so zato nujne empirične raziskave, ki bodo natančneje preučile ravnotežje med priložnostmi in tveganji uporabe generativne umetne inteligence v izobraževanju.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Modeli generativne umetne inteligence so pokazali izjemen potencial na številnih področjih – od obdelave naravnega jezika in generiranja besedil do računalniškega vida in sinteze slik, s posebej uspešnimi aplikacijami v glasbi, farmaciji, zdravstvu, modnem oblikovanju, razvoju iger in arhitekturni vizualizaciji (Kaswan idr., 2023).

Holmes in Miao (2023) dodajata, da modeli generativne umetne inteligence lahko ustvarjajo nove vsebine, ne morejo pa ustvarjati novih idej ali rešitev za izzive iz resničnega sveta, saj ne razumejo predmetov iz resničnega sveta ali družbenih odnosov, na katerih temelji jezik. Zavedata se, da kljub tekočim in impresivnim rezultatom ni mogoče zaupati, da so ti modeli natančni. Najpogosteje bodo napake ostale neopažene, če uporabnik nima dobrega poznavanja obravnavane teme. Prihodnost generativne umetne inteligence je obetavna, vendar zahteva skrbno uravnoteženje med inovacijami in etičnimi pomisleki za zagotavljanje odgovorne uporabe in razvoja teh zmogljivih tehnologij.

V dobi generativne umetne inteligence postaja vloga učiteljev vse pomembnejša pri razvoju kritičnega mišljenja in usmerjanju učencev v odgovorno rabo novih tehnologij. García-Peñalvo idr. (2024) izpostavljajo, da tehnologija sicer lahko služi kot učinkovito podporno orodje, vendar ne more nadomestiti strokovnega pedagoškega znanja in kakovostne medosebne interakcije v izobraževalnem procesu. Za uspešno soočanje s temi izzivi morajo učitelji najprej razviti poglobljeno razumevanje zmožnosti in omejitev generativne umetne inteligence. Obenem se morajo usposobiti za njeno premišljeno in učinkovito integracijo v pedagoški proces, kar zahteva temeljito prenovo ustaljenih izobraževalnih pristopov.

Najnovejše raziskave o GPT-5 (Choi in Chang, 2025) potrjujejo, da se generativna umetna inteligenca hitro približuje praktični uporabnosti v izobraževanju, vendar opozarjajo na potrebo po sistematičnem razvoju pedagoških smernic in etičnih okvirov za njeno odgovorno implementacijo. OECD (2025) poudarja, da mora biti uporaba umetne inteligence v izobraževanju zasnovana tako, da krepi učenje in nikoli ne spodkopava intelektualne integritete učnega procesa. Ob tem izpostavlja potrebo po ponovnem premisleku temeljnih vprašanj učnih načrtov – katera znanja, spretnosti in stališča ostajajo ključna tudi v dobi visoko zmogljive umetne inteligence in katera nova področja morajo učenci razvijati, da bodo pripravljeni na prihodnost. Umetna inteligenca lahko pomembno podpira personalizacijo učenja in zmanjšuje administrativno breme, vendar ne more nadomestiti pedagoške presoje in kakovostne medosebne interakcije med učitelji in učenci. Podobno Ukwandu idr. (2025)

opozarjajo, da lahko generativna umetna inteligenca okrepi personalizirano učenje in učiteljem nudi učinkovito administrativno podporo, vendar mora biti njena integracija v šole podprta z jasnimi pedagoškimi strategijami, ki preprečujejo površinsko učenje in spodbujajo kritično mišljenje. Ta preobrazba izobraževalne paradigme mora posebno pozornost nameniti sistematičnemu razvoju kritičnega mišljenja, digitalnih kompetenc in računalniških znanj pri učencih, saj bodo ta znanja, veščine in odnosi ključni za njihovo uspešno delovanje v sodobni digitalni družbi.

Literatura in viri

- Alammar, J. (2018). *The Illustrated Transformer*. <http://jalammar.github.io/illustrated-transformer/>
- Alayrac, J.-B., Donahue, J., Luc, P., Miech, A., Barr, I., Hasson, Y., Lenc, K., Mensch, A., Millican, K., Reynolds, M., Ring, R., Rutherford, E., Cabi, S., Clark, A., Driess, D., Dvornik, N., El-Nouby, A., Georgiev, P. ... Zisserman, A. (2022). Flamingo: A visual language model for few-shot learning. *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.14198>
- Anderson, P., He, X., Buehler, C., Teney, D., Johnson, M., Gould, S. in Zhang, L. (2018). Bottom-up and top-down attention for image captioning and visual question answering. V *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (str. 6077–6086). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00636>
- Anderson, P., He, X., Buehler, C., Teney, D., Johnson, M., Gould, S. in Zhang, L. (2018). Bottom-up and top-down attention for image captioning and visual question answering. V *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (str. 6077–6086). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00636>
- Lindsey, J., Gurnee, W., Ameisen, E., Chen, B., Pearce, A., Turner, N. L., Citro, C., Abrahams, D., Carter, S., Hosmer, B., Marcus, J., Sklar, M., Templeton, A., Bricken, T., McDougall, C., Cunningham, H., Henighan, T., Jermyn, A., Jones, A. ... Batson, J. (2025). On the biology of a large language model. *Transformer Circuits Thread*. <https://transformer-circuits.pub/2025/attribution-graphs/biology.html>
- Anthropic. (2025). *Claude Opus 4.1*. <https://www.anthropic.com/news/claude-opus-4-1/>
- Bandi, A., Adapa, P. V. S. R. in Kuchi, Y. E. V. P. K. (2023). The Power of Generative AI: A Review of Requirements, Models, Input–Output Formats, Evaluation Metrics, and Challenges. *Future Internet*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/fi15080260>
- Banh, L. in Strobel, G. (2023). Generative artificial intelligence. *Electronic Markets*, 33(1), 63. <https://doi.org/10.1007/s12525-023-00680-1>
- Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A. in Shmitchell, S. (2021). On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big?  V *FAccT '21: Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, (str. 610–623). <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>
- Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., Von Arx, S., Bernstein, M. S., Bohg, J., Bosselut, A., Brunskill, E., Brynjolfsson, E., Buch, S., Card, D., Castellon, R., Chatterji, N., Chen, A., Creel, K., Davis, J. Q., Demszky, D. ... Liang, P. (2021). On the Opportunities and Risks of Foundation Models. *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2108.07258>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C. ... Amodei, D. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2005.14165>
- Cao, Y., Li, S., Liu, Y., Yan, Z., Dai, Y., Yu, P. S. in Sun, L. (2023). A Comprehensive Survey of AI-Generated Content (AIGC): A History of Generative AI from GAN to ChatGPT. *ArXiv*. <https://arxiv.org/abs/2303.04226>
- Choi, W. C. in Chang, C. I. (2025). *ChatGPT-5 in Education: New Capabilities and Opportunities for Teaching and Learning*. MDPI AG. <https://doi.org/10.20944/preprints202508.0684.v1>
- Christiano, P. F., Leike, J., Brown, T., Martic, M., Legg, S. in Amodei, D. (2017). Deep reinforcement learning from human preferences. V *Advances in neural information processing systems* 30 (str. 4300–4308). https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/file/d5e2c0adad503c91f91df240d0cd4e49-Paper.pdf
- Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K. in Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. V *NAACL HLT 2019 – 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies - Proceedings of the Conference*, 1, (str. 4171–4186). <https://aclanthology.org/N19-1423.pdf>
- García-López, I. M. in Trujillo-Liñán, L. (2025). Ethical and regulatory challenges of Generative AI in education: a systematic review. *Frontiers in Education*, 10. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1565938>
- García-Peñalvo, F. J., Llorens Largo, F. in Vidal, J. (2024). The new reality of education in the face of advances in generative artificial intelligence. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 9–32. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- Georgiou, G. P. (2025). Capabilities of GPT-5 across critical domains: Is it the next breakthrough? (Version 1). *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.19259>
- Ghahramani, Z. in Jordan, M. I. (1994). *Learning from Incomplete Data*. <https://doi.org/10.21236/ada295618>
- GitHub. (2025). *GitHub Copilot – Your AI pair programmer*. GitHub. <https://github.com/features/copilot>
- Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A. in Bengio, Y. (2014). Generative Adversarial Networks (Version 1). *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1406.2661>
- Grosan, C. in Abraham, A. (2011). Artificial Neural Networks. V *Intelligent Systems Reference Library* (Let. 17, str. 281–323). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21004-4_12
- Hinton, G. E., Osindero, S. in Teh, Y. W. (2006). A fast learning algorithm for deep belief nets. *Neural computation*, 18(7), 1527–1554. <https://doi.org/10.1162/neco.2006.18.7.1527>
- Holmes, W. in Miao, F. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO Publishing. <https://doi.org/10.54675/EWZM9535>
- Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., Green, T., Figurnov, M., Ronneberger, O., Tunyasuvunakool, K., Bates, R., Židek, A., Potapenko, A., Bridgland, A., Meyer, C., Kohl, S. A. A., Ballard, A. J.,

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Cowie, A., Romera-Paredes, B., Nikolov, S., Jain, R., Adler, J. ... Hassabis, D. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 596(7873), 583–589. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>
- Jurafsky, D. in Martin, J. H. (2024). *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition with Language Models* (3 izd.). <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/>
- Kaswan, K. S., Dhatteval, J. S., Malik, K. in Baliyan, A. (2023). Generative AI: A Review on Models and Applications. V *2023 International Conference on Communication, Security and Artificial Intelligence (ICCSAI)* (str. 699–704). <https://doi.org/10.1109/ICCSAI59793.2023.10421601>
- Khan, S., Naseer, M., Hayat, M., Zamir, S. W., Khan, F. S. in Shah, M. (2022). Transformers in Vision: A Survey. *ACM Computing Surveys*, 54(10s), 1–41. <https://doi.org/10.1145/3505244>
- Kingma, D. P. in Welling, M. (2013). Auto-encoding variational bayes. *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1312.6114>
- Kotsiantis, S. B., Zaharakis, I. D. in Pintelas, P. E. (2006). Machine learning: A review of classification and combining techniques. *The Artificial Intelligence Review*, 26(3), 159–190. <https://doi.org/10.1007/s10462-007-9052-3>
- LeCun, Y., Bengio, Y. in Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y. in Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278–2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>
- Li, Y., Choi, D., Chung, J., Kushman, N., Schrittwieser, J., Leblond, R., Eccles, T., Keeling, J., Gimeno, F., Lago, A. D., Hubert, T., Choy, P., De Masson D'Autume, C., Babuschkin, I., Chen, X., Huang, P., Welbl, J., Goyal, S., Cherepanov, A. ... Vinyals, O. (2022). Competition-level code generation with AlphaCode. *Science*, 378(6624), 1092–1097. <https://doi.org/10.1126/science.abq1158>
- Li, J., Li, D., Savarese, S. in Hoi, S. (2023). BLIP-2: Bootstrapping Language-Image Pre-training with Frozen Image Encoders and Large Language Models (Version 3). *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.12597>
- Mirzadeh, I., Alizadeh, K., Shahrokhi, H., Tuzel, O., Bengio, S. in Farajtabar, M. (2024). GSM-Symbolic: Understanding the Limitations of Mathematical Reasoning in Large Language Models. *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2410.05229>
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill.
- OECD. (2025). *Introducing the OECD AI Capability Indicators*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/be745f04-en>
- OpenAI. (2023). GPT-4 Technical Report. *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2303.08774>
- OpenAI. (2024). *Learning to reason with LLMs*. <https://openai.com/index/learning-to-reason-with-llms/>
- OpenAI. (2025). *GPT-5: A new era of work*. <https://openai.com/index/gpt-5-new-era-of-work/>
- Ouyang, F., Wu, M., Zheng, L., Zhang, L. in Jiao, P. (2023). Integration of artificial intelligence performance prediction and learning analytics to improve student learning in online

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- engineering course. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00372-4>
- Qian, Y. (2025). Pedagogical Applications of Generative AI in Higher Education: A Systematic Review of the Field. *TechTrends*. <https://doi.org/10.1007/s11528-025-01100-1>
- Radford, A., Narasimhan, K., Salimans, T. in Sutskever, I. (2018). *Improving language understanding by generative pre-training*. <https://www.mikecaptain.com/resources/pdf/GPT-1.pdf>
- Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D. in Sutskever, I. (2019). Language models are unsupervised multitask learners. *OpenAI blog*, 1(8), 9. https://cdn.openai.com/better-language-models/language_models_are_unsupervised_multitask_learners.pdf
- Resnick, M. (2024). Generative AI and Creative Learning: Concerns, Opportunities, and Choices. *An MIT Exploration of Generative AI*. <https://doi.org/10.21428/e4baedd9.cf3e35e5>
- Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65(6), 386–408. <https://doi.org/10.1037/h0042519>
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. in Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088), 533–536. <https://doi.org/10.1038/323533a0>
- Ruwe, T. in Mayweg-Paus, E. (2024). Embracing LLM Feedback: the role of feedback providers and provider information for feedback effectiveness. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1461362>
- Samuel, A. L. (1959). Some studies in machine learning using the game of Checkers. *IBM Journal of Research and Development*, 3(3), 210–229. <https://doi.org/10.1147/rd.33.0210>
- Shihab, M. I., Hundhausen, C., Tariq, A., Haque, S., Qiao, Y. in Mulanda, B. (2025). The Effects of GitHub Copilot on Computing Students' Programming Effectiveness, Efficiency, and Processes in Brownfield Programming Tasks. *ArXiv*. <https://doi.org/10.1145/3702652.3744219>
- Surla, A. (2023). *How to Get Better Outputs from Your Large Language Model*. NVIDIA Technical Blog. <https://developer.nvidia.com/blog/how-to-get-better-outputs-from-your-large-language-model/>
- Sutton, R. S. in Barto, A. G. (2018). *Reinforcement learning: An introduction*. The MIT Press.
- Touvron, H., Martin, L., Stone, K., Albert, P., Almahairi, A., Babaei, Y., Bashlykov, N., Batra, S., Bhargava, P., Bhosale, S., Bikel, D., Blecher, L., Ferrer, C. C., Chen, M., Cucurull, G., Esiobu, D., Fernandes, J., Fu, J., Fu, W. ... Scialom, T. (2023). Llama 2: Open Foundation and Fine-Tuned Chat Models. *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2307.09288>
- Ukwandu, E., Omisade, O., Jones, K., Thorne, S. in Castle, M. (2025). The future of teaching and learning in the context of emerging artificial intelligence technologies. *Futures*, 171, 103616. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2025.103616>
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A., Kaiser, Ł. in Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. V *Advances in neural information processing systems* 30 (str. 5999–6009). https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Paper.pdf

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Vinyals, O., Toshev, A., Bengio, S. in Erhan, D. (2015). Show and Tell: A Neural Image Caption Generator. V *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (str. 3156–3164). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298935>
- Wei, J., Tay, Y., Bommasani, R., Raffel, C., Zoph, B., Borgeaud, S., Yogatama, D., Bosma, M., Zhou, D., Metzler, D., Chi, E. H., Hashimoto, T., Vinyals, O., Liang, P., Dean, J. in Fedus, W. (2022). Emergent abilities of large language models. *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2206.07682>
- Xu, K., Ba, J., Kiros, R., Cho, K., Courville, A., Salakhutdinov, R., Zemel, R. in Bengio, Y. (2015). Show, attend and tell: Neural image caption generation with visual attention. V *Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning (ICML 2015)* (str. 2048–2057). PMLR. <https://proceedings.mlr.press/v37/xuc15.pdf>
- Zhang, C., Zhang, C., Zheng, S., Qiao, Y., Li, C., Zhang, M., Dam, S. K., Thwal, C. M., Tun, Y. L., Huy, L. L., Kim, D., Bae, S., Lee, L., Yang, Y., Shen, H. T., Kweon, I. S. in Hong, C. S. (2023). A Complete Survey on Generative AI (AIGC): Is ChatGPT from GPT-4 to GPT-5 All You Need? *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2303.11717>

SNOVALSKO RAZMIŠLJANJE ZA SPODBUJANJE SAMOREGULACIJSKEGA UČENJA PRI POUKU TEHNIKE IN TEHNOLOGIJE

DESIGN THINKING TO PROMOTE SELF-REGULATED LEARNING AT ENGINEERING AND TECHNOLOGY LESSONS

Tajda Guna in Stanislav Avsec

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

S prispevkom obravnavamo razmerje med snovalskim razmišljanjem (SR) in samoregulacijskim učenjem (SRU) pri predmetu Tehnika in tehnologija v 6.–8. razredu osnovne šole (OŠ). Namen raziskave je bil preučiti, ali in kako SR prispeva k razvoju komponent SRU (samoučinkovitost, notranja motivacija, kognitivne strategije, samoregulacija). Uporabili smo prilagojen vprašalnik SR (14 kategorij) in MSLQ za SRU; zanesljivost meritev je bila visoka (SR: Cronbach $\alpha = 0,98$; SRU: Cronbach $\alpha = 0,92$). Vzorec je zajel 267 učencev različnih razredov OŠ. Analize (Mann–Whitney, Kruskal–Wallis, Spearman) so pokazale statistično pomembne povezanosti med SR in vsemi osrednjimi komponentami SRU; moč povezav se giblje od zmerne do močne. Regresijski model ($R^2 = 0,36$; $p < 0,05$) potrди napovedno veljavnost treh področij SR: oblikovanje problema (SR11), praktična inteligenca in sposobnost preoblikovanja (SR5) ter empatija (SR3). Starostne razlike kažejo upad samoocenjenih ravni SR in SRU od 6. proti 8. razredu; posebej izrazite so razlike v kognitivnih strategijah in samoregulaciji ($\epsilon^2 \approx 0,20$ – $0,21$). Ugotovitve podpirajo načrtno vključevanje faz in principov SR (empatija, redefinicija problema, iterativno prototipiranje) v pouk tehnike in tehnologije kot didaktičnega okvira za krepitev samoučinkovitosti, notranje motivacije in strategij učenja. Sklepno priporočamo sistematično usposabljanje učiteljev za izvajanje SR in postopno prenesene odgovornosti na učence, kar lahko trajnostno izboljša učne izide in samoregulacijo.

Ključne besede: snovalsko razmišljanje, samoregulacijsko učenje, pouk tehnike in tehnologije, osnovnošolsko poučevanje.

Abstract

We examine the relationship between design thinking (DT) and self-regulated learning (SRL) in the subject Technology and Technics (TiT) in grades 6–8 of primary school. The aim was to explore whether and how DT contributes to the development of SRL components (self-efficacy, intrinsic motivation, cognitive strategies, self-regulation). We used an adapted DT questionnaire (14 categories) and the MSLQ for SRL; measurement reliability was high (DT: Cronbach's $\alpha = 0.98$; SRL: Cronbach's $\alpha = 0.92$). The sample comprised 267 students (Grade 6: 30; Grade 7: 99; Grade 8: 138). Nonparametric analyses (Mann–Whitney, Kruskal–Wallis, Spearman) showed statistically significant associations between DT and all core SRL components, with effect sizes ranging from moderate to strong. A regression model ($R^2 = 0.36$; $p < 0.05$) confirmed the predictive validity of three DT domains: problem framing (DT11),

practical intelligence and reframing ability (DT5), and empathy (DT3). Age differences indicated declines in self-reported DT and SRL from Grade 6 to Grade 8; differences were particularly pronounced for cognitive strategies and self-regulation ($\epsilon^2 \approx 0.20\text{--}0.21$). The findings support the purposeful integration of DT phases and principles (empathy, problem reframing, iterative prototyping) into engineering and technology as a didactic framework to strengthen self-efficacy, intrinsic motivation, and learning strategies. We recommend systematic teacher training in DT and a gradual release of responsibility to students to sustainably improve learning outcomes and self-regulation.

Key words: design thinking, self-regulation learning, technology and engineering lessons, primary school teaching.

Uvod

V sodobnem izobraževalnem okolju je razvijanje samoregulacijskih veščin (SRL) prepoznano kot temelj učinkovitega učenja in kot predpogoj za zrelo soočanje z odprtimi, kompleksnimi problemi. Pouk Tehnike in tehnologije (TiT) nudi avtentičen kontekst, v katerem se učenci srečujejo z realnimi tehnološkimi izzivi in zato naravno prehajajo med fazami načrtovanja, preizkušanja, sodelovanja in refleksije. V takšnem okolju se snovalsko razmišljanje (SR) uveljavlja kot metodični okvir in ogrodje za generiranje kontekstualno povezanih dinamičnih vsebin, ki ne le spodbuja ustvarjalnost, temveč disciplinira raziskovanje in učenje skozi iterativno prototipiranje, redefinicijo problema in empatijo do uporabnika (Brown, 2008; Brown in Wyatt, 2009).

Kljub temu šolski prostor pogosto ostaja preveč učiteljsko voden, kar omejuje razvoj učenčevih kognitivnih in motivacijskih strategij (Tomec idr., 2006) in prešibko podpira divergentno mišljenje (Marentič-Požarnik, 2000). Ko učenci nimajo priložnosti oblikovati in preizkušati lastnih strategij, težje samostojno regulirajo učno vedenje (Žerak idr., 2020). SRU pri tem razumemo kot aktiven, ciljno usmerjen proces, v katerem učenci spremljajo in uravnavajo svoja spoznanja, motivacijo in vedenje (Pintrich, 2000). Teoretično in praktično se zato ponuja hipoteza, da sistematična integracija faz in principov snovalskega razmišljanja (SR) v TiT krepi samoučinkovitost, notranjo motivacijo ter rabo kognitivnih strategij.

Prispevek obravnava to presečišče: kako lahko SR služi kot didaktični okvir za spodbujanje SRU v TiT in kako takšna integracija preoblikuje učne vloge, tako da se odgovornost postopno prenaša na učence. Ob tem izpostavimo tudi implikacije za usposabljanje učiteljev in kurikularni razvoj, pri čemer SR razumemo kot priložnost za dvig kakovosti pouka in za trajnostno izboljševanje učnih izidov (Avsec, 2023). Namen prispevka je podati empirično utemeljeno in didaktično uporabno izhodišče za premišljeno vpeljavo SR, ki učencem omogoča, da napake razumejo kot vir učenja, ustvarjalnost kot obliko discipliniranega raziskovanja in tehnologijo kot polje odgovornega snovanja.

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje samoregultivnega učenja

Snovalsko razmišljanje je povezano s procesom iskanja inovativnih rešitev, kar učence spodbuja k razvoju kritičnega mišljenja, analitičnih sposobnosti in ustvarjalnosti. Učenci se učijo prepoznavati priložnosti za izboljšave ter se soočati s izzivi na inovativen način. S tem pridobivajo veščine, ki jih lahko aplicirajo tudi na svoj proces učenja. Pomemben vidik snovalskega razmišljanja je tudi usmerjenost k uporabniku oz. končnemu cilju. Učenci se tako učijo postavljati jasne cilje in strategije za doseg teh ciljev. Prav tako se naučijo aktivno

reflektirati, preverjati in prilagajati svoje rešitve, kar so ključne komponente samoregulativnosti učenja. Poleg tega snovalsko razmišljanje spodbuja tudi sodelovanje in timsko delo. Učenci se učijo komuniciranja svojih idej, poslušanja drugih in združevanja različnih pogledov za doseganje skupnih ciljev. Te veščine so pomembne ne le pri reševanju problemskih situacij, temveč tudi pri sodelovanju v učnih skupinah ter pri medsebojnem učenju. Vključitev snovalskega razmišljanja v učno prakso tako omogoča učencem razvoj samoregulativnosti učenja na praktičen in interaktiven način. Učenci se učijo prepoznavati izzive, razmišljati inovativno ter aktivno reševati težave. S tem pridobivajo veščine, ki jih lahko uspešno uporabijo v svojem učnem procesu, pa tudi v vsakodnevnem življenju (Guna, 2024).

V nadaljevanju poglavja povezujemo snovalsko razmišljanje (SR) in samoregulacijo učenja (SRU) kot dopolnjujoča se procesa, ki v pouku Tehnike in tehnologije tvorita enoten didaktični okvir. Najprej predstavimo SR kot iterativen cikel empatije, opredelitve in redefinicije problema, ideacije, prototipiranja in testiranja ter pokažemo, kako te faze strukturirajo učenčevo raziskovanje. Nato utemeljimo SRU kot zaporedje predpremišljevanja, izvedbe in povratne refleksije, v katerem učenec samostojno postavlja cilje, izbira strategije, spremlja napredek in prilagaja delovanje. Osrednja teza je, da se faze SR naravno preslikajo v faze SRU: empatija in opredelitev problema podpirata postavljanje ciljev, prototipiranje disciplinira regulacijo strategij in napa, testiranje pa poganja refleksijo in učenje iz napak. S tem oblikujemo most med ustvarjalnim raziskovanjem in samousmerjenim učenjem ter nakažemo mehanizme, prek katerih integracija SR v TiT krepi samoučinkovitost, notranjo motivacijo in rabo kognitivnih strategij. V naslednjih dveh podpoglavjih zato najprej konceptualno razčlenimo SR, zatem pa razvijemo model SRU; oba okvira nato povežemo v operativna priporočila za načrtovanje pouka.

Snovalsko razmišljanje

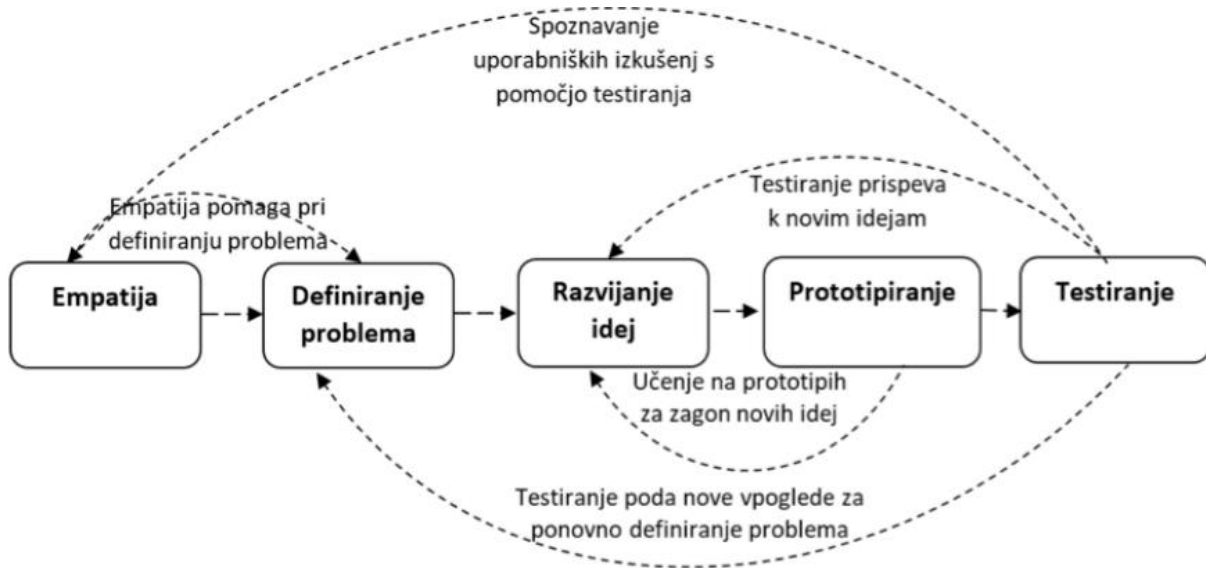
Snovalsko razmišljanje (angl. *design thinking*) se ne nanaša le na končno obliko izdelkov, temveč na sam princip razvoja tako izdelkov kot storitev. Izhaja iz metod, ki primarno izvirajo iz oblikovalske prakse (Guna, 2024). Snovanje ni le končno oblikovanje, ki nekemu izdelku zagotovi estetske elemente, da ga naredijo bolj privlačnega za končne uporabnike. V ospredju je poleg estetike predvsem uporabnost (Brown, 2008). Snovalsko razmišljanje je pristop k reševanju problemov, ki temelji na uporabi kreativnih in inovativnih metod ter procesov. Gre za interdisciplinarni pristop, ki vključuje uporabo različnih znanj in spretnosti, kot so raziskovanje, opazovanje, empatija, sodelovanje, prototipiranje in testiranje idej. Vključuje občutljivost in metode oblikovalca z željo po uskladitvi potreb uporabnikov s tistim, kar je tehnološko sploh možno ustvariti, in tistim, kar lahko poslovna strategija pretvori v vrednost za končnega uporabnika in tržno priložnost (Brown, 2008). Najpogosteje se uporablja v oblikovanju izdelkov in storitev, lahko pa se uporablja tudi na drugih področjih, kot so izobraževanje, zdravstvo, javna uprava itd. Osredotoča se na potrebe uporabnikov oz. strank, s katerimi rešujemo določen problem ali izziv (Anderson, 2012). V ospredje postavlja razumevanje in empatijo do uporabnikov ter njihovih potreb in želja, kar je ključno za razvoj učinkovitih in inovativnih rešitev.

Snovalsko razmišljanje izpostavlja ključno področje kreativnega reševanja problemov, kar je v učnem načrtu tehnike in tehnologije eden izmed splošnih učnih ciljev (Panke, 2019). Tako snovalsko razmišljanje kot učni načrt poudarjata pomembnost osredotočenosti na uporabnika, kar se kaže v oblikovanju rešitev, ki odgovarjajo specifičnim potrebam in željam posameznikov.

Prav tako sta pomembna cilja razvoj veščin sodelovanja in timskih sposobnosti ter razvoj podjetniških kompetenc. Izvajanje praktičnega dela in praktično usmerjenega učenja predstavlja velik delež pouka pri tehniki in tehnologiji, kar omogoča učencem razvijanje svojih veščin skozi praktične izkušnje (Panke, 2019).

Snovalsko razmišljanje kot dinamičen in nelinearen okvir (Scheer idr., 2011) sledi iterativnemu procesu. Sestavljen je iz petih faz in poudarja uporabo ter učenje le-tega. Te faze so empatija, definicija problema, idejna zasnova, izdelava prototipa in testiranje prototipa. Faze bi lahko po korakih uporabili v šolskem prostoru kot izobraževalni pristop za spodbujanje samoregulacijskega učenja (Avsec, 2021):

- Empatija: Prva faza temelji na empatiji in je hkrati ena najpomembnejših faz. V tem prvem koraku učitelj skuša učence motivirati za nadaljnje delo in upoštevati ter razumeti učenčeve potrebe, interese, želja, razmišljanja. Pri tem mora oceniti učenčevo predznanje, na tem graditi in učenca za reševanje problema opremiti s potrebnim znanjem. Teoretično znanje o neki snovi učenci lahko pridobijo na več načinov. Učenci se lahko odpravijo na teren, opazujejo ljudi v dejanskem okolju, se z njimi pogovarjajo ali si ogledajo primere iz prakse, rešujejo znane probleme, delujejo v skupinah ali pa v obliki frontalnega pouka. Pomembno je, da učitelj spodbuja učence, da so pri tem aktivno vključeni v problematiko, ki jo želijo rešiti, v tem smislu, da zbirajo opažanja, podatke in zgodbe uporabnikov. To pomaga učencu definirati problem.
- Definiranje problema: Ko učitelj pomaga učencem opredeliti in razumeti problem ali izziv, ki ga želijo rešiti, govorimo o drugi fazi. Ta problem ali izziv se mora nanašati na življenje učenca, saj se ga tako problem dotakne in se lažje poglobi vanj. Da na koncu dobimo željene rezultate, mora biti problem dobro definiran in ne preširoko zastavljen, saj to lahko učence napelje v napačno smer razmišljanja.
- Razvijanje idej: V tej fazi učitelj spodbuja učence k ustvarjanju novih idej in konceptov, ki lahko rešijo opredeljen problem.
- Prototipiranje: Učenci v četrti fazi ustvarijo fizične ali digitalne prototipe, ki predstavljajo njihove ideje in omogočajo preizkušanje rešitev. Učitelj spodbuja učence, da uporabijo različne materiale, orodja in tehnike za izdelavo prototipov. To lahko vključuje ročno risanje, izrezovanje, modeliranje, izdelavo maket, uporabo računalniških programov ali ustvarjanje digitalnih prototipov.
- Testiranje: Peta faza je namenjena spodbujanju učencev k razmišljanju o tem, kaj želijo izvedeti s testiranjem in kako bodo zbirali relevantne informacije. Učenci lahko izvedejo preizkuse, simulacije ali uporabijo metode, kot so intervjuji, ankete ali opazovanje, da ocenijo učinkovitost, uporabnost in odziv uporabnikov na svoje rešitve. Testiranje prispeva k novim idejam ali poda nove vpoglede za ponovno definiranje problema, včasih pa nas spoznanje z uporabniško izkušnjo celo vrne nazaj na začetek samega procesa (slika 1).



Slika 1: Proces snovskega razmišljanja po modelu Stanfordske šole oblikovanja (Avsec, 2021)

Na podlagi pridobljenih spoznanj in povratnih informacij učenci izboljšajo svoje rešitve, jih razvijajo in nadgrajujejo svoje ideje, oblikujejo nove prototipe ali izboljšajo obstoječe. Pomembno je, da se učenec omogoči iterativni proces testiranja in izboljševanja prototipov. Če prototip ne preživi testiranja, se lahko učenec vrne na katerikoli predhodni korak in ves postopek ponovi (dschool—old.stanford.edu., 2017).

Za reševanje kompleksnih problemov Brwon in Wyatt (2010) predlagata CDIO model snovalskega razmišljanja. CDIO model (angl. *Conceive–Design–Implement–Operate*) povzema celovit življenjski cikel snovanja in izvedbe rešitev v avtentičnih kontekstih (Crawley idr., 2014):

- *Conceive* (zasnuj): opredelitev potreb, ciljev in omejitev na podlagi zahtev deležnikov; oblikovanje konceptualnih rešitev.
- *Design* (oblikuj/načrtuj): pretvorba koncepta v izvedljiv načrt z arhitekturo, specifikacijami, prototipi in načrtom preverjanja.
- *Implement* (izvedi): materializacija rešitve (gradnja/kodiranje/integracija), testiranje in iterativne izboljšave.
- *Operate* (obratuj): uvajanje v rabo, vzdrževanje, spremljanje učinkovitosti in učenje iz uporabe za naslednje cikle.

CDIO poudarja povezavo med tehničnim znanjem, timskim delom in vrednotenjem vplivov na uporabnika in okolje, zato je posebej primeren za TiT.

Z vidika SRU se faze CDIO naravno vežejo na postavljanje ciljev (*Conceive*), strateško načrtovanje (*Design*), samonadzor in regulacijo napora (*Implement*) ter refleksijo in prenos znanja (*Operate*). Model tako nudi strukturiran okvir za razvijanje ustvarjalnosti, odgovornosti in trajnega učenja.

Stanfordski model snovalskega razmišljanja (slika 1) se zlahka preslika na CDIO: fazi Conceive in Design zajameta empatijo, opredelitev in ideacijo, medtem ko Implement in Operate operacionalizirata prototipiranje, testiranje ter učenje iz uporabe. S tem CDIO zagotavlja sistemski, življenjsko-ciklični okvir, ki dopolnjuje iterativno logiko Stanfordske

dizajnerske šole (dschool–old.stanford.edu., 2017) in omogoča prehod od ustvarjalnih zamisli k zanesljivemu delovanju v praksi.

Različni avtorji, med njimi Kwek (2011), Carroll s sodelavci (2014), Rauth, Koppen in Meinel (2010), Carroll s sodelavci (2010), Altringer in Habbal (2015) ter drugi, ki so uporabili pristop snovalskega razmišljanja kot strategijo poučevanja, se strinjajo, da ta spodbuja ustvarjalnost, kreativno samozavest ter inovativni način razmišljanja prek empatije, reševanja problemov, hitrega prototipiranja in sodelovalnega pristopa več disciplin. Tak pristop je potreben za namen pripravljanja učencev na negotovo prihodnost in namesto, da bi se učenci osredotočali le na pridobivanje določenega znanja, spodbuja razmišljanje in delo na širši paleti veščin, ki omogočajo prilagajanje in uspešnost v različnih situacijah in izzivih (Lor, 2017).

Avsec (2021) v svoji študiji ugotovi, da je v zadnjem desetletju snovalsko razmišljanje v visokem šolstvu pridobilo na priljubljenosti in pomembnosti, študije, ki bi obravnavale učinke snovalskega razmišljanja, pa so redke. V svoji raziskavi študentov Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani v študijskem letu 2018/2019 je podal zaključke, kako vključiti snovalsko razmišljanje v pouk visokošolskega izobraževanja. Snovalsko razmišljanje naj bi skozi interdisciplinarno zasnovo projektnega dela spodbujalo timsko delo in interakcijo med študenti in okoljem. Učitelj mora učence pri projektih spodbujati in usmerjati, pomagati mora vzpostaviti meddisciplinarne učne skupine z več področij, kot so snovanje, oblikovanje, ekonomija, inženiring in informacijske tehnologije. V središču vključevanja snovalskega razmišljanja v šolstvo pa mora biti tudi reševanje problemov v resničnem svetu ter pri tem krepiti in razvijati odgovornost študentov do naravnega, socialnega in do gospodarskega okolja (Avsec, 2020).

Tudi pri študiju arhitekture obstaja velika potreba po razumevanju procesa učenja v novi dobi z namenom, da bi izboljšali izobraževalni sistem. Učenci, ki obiskujejo študij arhitekture, se v okviru tehnike in tehnologije srečujejo z gradbeništvom in znanostjo o materialih, statistiko in konstrukcijsko mehaniko, gradbeno fiziko, gradbenim storitvam ter urbani infrastrukturi. Njihov nabor orodij in znanosti za snovanje predstavlja risanje, skiciranje, računalniško podprto načrtovanje, modeliranje, matematika, geometrija, povezujeta pa jih ustvarjalnost in uporaba različnih tehnik ter metod kreativnega razmišljanja. Da bi projekti študentov arhitekture sledili ciljem trajnostnega razvoja za konkurenčno in trajnostno arhitekturno izobraževanje, bi morali odražati njihove namere, izhajati morajo iz potreb človeka in biti usmerjeni k učenju.

Za osebno učno izkušnjo je pomembno samousmerjeno učenje, ki je koncept, ki se pojavlja v številnih učnih pristopih v 21. stoletju (Avsec in Jagiełło–Kowalczyk, 2021). V raziskavi o možnostih za razvoj samostojnega učenja s pomočjo snovalskega razmišljanja sta avtorja Avsec in Jagiełło–Kowalczyk (2021) ugotovila predvidene povezave med modeloma. Raziskava je bila opravljena na študentih Tehnološke univerze na Poljskem. Snovalsko razmišljanje pri študentih arhitekture je bilo ocenjeno z vprašalnikom Dosija s 6–stopenjsko Likertovo lestvico (od 6 = popolnoma se strinjam do 1 = sploh se ne strinjam), ki so ga za ta namen prilagodili avtorji te študije. Tega vprašalnika smo se poslužili tudi v naši raziskavi. Za merjenje samousmerjenega učenja so avtorji izbrali Williamsonovo lestvico samoocenjevanja samousmerjenega učenja, ki je po njihovem mnenju najprimernejša za odkrivanje veščin študentov dodiplomskega študija arhitekture. Rezultati so pokazali veliko možnosti uporabe snovalskega razmišljanja za razvoj samostojnega učenja. Ugotovljeno je bilo, da učenci pri razvijanju samostojnega učenja oblikujejo učno okolje in osebne dejavnike, kot so spoznanje, samoučinkovitost in afektivno stanje (Bandura, 1977). Pri razvijanju spretnosti

pomaga timsko delo s problemskimi nalogami, kjer se učenec lahko uči na svojih napakah. Metakognitivno razmišljanje pa ima pri ustvarjanju in razvoju snovalskih idej, izdelavi prototipov, testiranju in ocenjevanju pomembno vlogo ter je pomemben del ustvarjalnega procesa. Dejavniki snovalskega razmišljanja se v samostojnem učenju kažejo kot sposobnost izkoriščanja uporabniških izkušenj pri snovanju, preoblikovanju problemov, timskem delu, usmerjenost v cilj in sklepanja na podlagi opazovanja dejstev v okolici. Samostojno učenje, ki je posledica teh dejavnikov, lahko pozitivno vpliva na učno vsebino in poda izkušnje za razvijanje medosebnih odnosov ter digitalnih, inovacijskih, ustvarjalnih in splošnih spretnosti v družbi. Avtorja sta predlagala kar nekaj izboljšav za nadaljnje raziskave. Ene izmed njih sta velikost vzorca za lažje posploševanje rezultatov in raznolikost vzorca, kar pomeni, da bi vključila več različnih izobraževalnih ustanov z enakega področja (Avsec in Jagiełło–Kowalczyk, 2021).

Kljub veliko raziskavam Coleman idr. (2019) ugotavljajo, da se še vedno pojavlja potreba po razrešitvi vprašanja sprejemanja snovalskega razmišljanja kot pristopa k izobraževanju na nacionalni ravni. V svoji študiji so raziskali prednosti poučevanja snovalskega razmišljanja med študenti inženirstva v prvem letniku, ki so se zanimali za inženirstvo, in med istimi študenti zadnjega letnika, ki so zaključili študij. Njihova presečna študija kaže, da je sposobnost snovalskega razmišljanja študentov višjih letnikov inženiringa bistveno manjša kot pri istih študentih prvega letnika, ki jih inženirstvo zanima. V študiji so tudi zaznali, da je samoocenjevanje stopnje snovalskega razmišljanja višje pri študentkah kot pri študentih, hkrati pa je tudi večja razlika v padcu samoocenjevanja snovalskega razmišljanja pri ženskah študentkah. Avtorji navajajo, da je morda to vzrok, da študentke iščejo študije drugih smeri, kjer bo njihovo snovalsko razmišljanje bolj zastopano in bo učno okolje tega tudi bolj spodbujalo (Coleman idr., 2019, Guna, 2024).

Samoregulativno učenje

V šoli ni ključno le prenašanje vsebin, temveč tudi oblikovanje učinkovitih postopkov učenja in izkušnja učnega procesa kot sistematičnega, v katerem so učenci aktivni udeleženci (Merentič–Požarnik, 1988; Pečjak, 2012a). Osrednja funkcija izobraževanja je razvijanje vseživljenjskega učenja, zato je samoregulacija (SRU) temeljna pedagoška kategorija (Zimmerman, 2002). V predmetu Tehnika in tehnologija (TiT) se učenci srečujejo z realnimi, a dosegljivimi tehniškimi izzivi, pri katerih prepletajo naravoslovna in tehnična znanja, razvijajo idejne rešitve ter umske in psihomotorične spretnosti. Kurikulum hkrati naslavlja socialne vrednote, poklicno orientacijo in kulturo sodelovanja, kar ustvarja plodno okolje za SRU. Negativen odnos do tehnike je pogosto posledica šibkih samoregulacijskih veščin, pomanjkljive motivacije ter neustrezne strokovne in motivacijske podpore učitelja. SRU presega golo sposobnost ali uspeh: gre za proaktiven proces, v katerem učenec postavlja cilje, spremlja, uravnava in kontrolira svojo pozornost, motivacijo in vedenje ob upoštevanju osebnih in okoljskih značilnosti (Paris in Paris, 2001; Pintrich in De Groot, 1990; Schunk, 2005). V tem smislu SRU preobraža mentalne zmožnosti v akademske spretnosti (Zimmerman, 2000), krepi samoiniciativnost, strateško delovanje ter zavedanje lastnih meja in prednosti; jasni cilji delujejo motivacijsko in podpirajo vztrajnost (Merentič–Požarnik, 1988). Rezultat so večja učna uspešnost, optimizem in trajno izboljševanje učnih metod (Zimmerman, 2002). Na razvoj teh metakognitivnih zmožnosti lahko najučinkoviteje vplivamo v osnovni šoli, zlasti v višjih razredih, kjer ima učitelj ključno vlogo ustvarjalca učnih situacij, ki načrtno spodbujajo strategije SRU (Pečjak, 2012b).

Usmerjenost k ciljem bistveno oblikuje pristop k učenju in regulacijo učnih procesov (Pintrich, 2000). Razlikujemo med ciljnim usmerjenostmi (zakaj sploh opravljamo naloge) in ciljnim orientacijami (kako cilje dosegamo). Ključna delitev orientacij je med obvladovanjem nalog (razvoj znanja, razumevanja) in doseganjem ciljev (izstopanje v primerjavi z drugimi). Orientacija k obvladovanju nalog pozitivno deluje na vse faze samoregulacije: spodbuja postavljanje razvojnih ciljev, uporabo globinskih strategij, sprotno spremljanje napredka in refleksijo. Orientacija k doseganju ciljev se razcepi na pristopno–dosežkovno (teženje k presežanju drugih) in izogibno–dosežkovno (preprečevanje negativne ocene), pri čemer lahko pretiran poudarek na rezultatih vodi v površinske strategije. Pintrichov model SRU vključuje štiri povezane faze: kognitivno (razumevanje zahtev, ocena predznanja), motivacijsko (vrednotenje, zanimanje), vedenjsko (izbor strategij, samonadzor) in kontekstualno (presoja uspeha in pogojev). Ciljne orientacije prodirajo v vsako fazo: oblikujejo interpretacijo nalog, motivacijske vire, izbiro strategij in kriterije evalvacije (razumevanje vs. primerjava z drugimi). Razumevanje teh povezav omogoča ciljno didaktično podporo, ki krepi samoiniciativnost, vztrajnost in učno uspešnost, hkrati pa usmerja raziskovanje in izboljševanje pedagoške prakse (Pintrich, 2000).

Samoregulacija učenja vključuje različne strategije in modele, ki jih učenci uporabljajo za nadzor, usmerjanje in nadzorovanje svojega učnega procesa. Modelov samoregulativnega učenja je veliko, skupno definicijam pa je, da vključujejo namerno uporabo specifičnih procesov, strategij ali odgovorov učencev z namenom doseganja boljše učne uspešnosti ter to, da se učenci zavedajo uporabnosti teh procesov za izboljšanje njihovega učnega uspeha. Druga skupna značilnost je sposobnost učenca, da išče povratne informacije med samim potekom učenja, kar Zimmerman (1990) poimenuje »povratna zanka med učenjem«. Ta povratna zanka predstavlja ciklični proces, pri katerem učenec spremlja učinkovitost lastnih učnih metod ali strategij in se odziva na ta opažanja s spremembami v zaznavanju sebe ali s spremembami v vedenju. Tretja značilnost, ki je skupna večini definicij samoregulativnega učenja, je, da si učenci določijo standarde ali cilje, spremljajo napredek pri doseganju teh ciljev in nato prilagajajo in uravnavajo svoje spoznanje, motivacijo in vedenje, da te cilje dosežejo. Četrta značilnost je, da na dosežke in učenje ne vplivajo samo kulturne, demografske, osebne značilnosti učencev ali učno okolje, ki neposredno vpliva na dosežke, temveč posameznikova samoregulacija njihovega spoznavanja, motivacija in vedenje, ki posreduje v odnosih med osebo, kontekstom in morebitnimi dosežki (povzeto po Pečjak in Košir, 2003).

Eden izmed vodilnih modelov je Zimmermanov model cikličnih faz samoregulacije učenja (2000), ki opisuje dinamičen, povratnovezni proces v treh zaporednih, medsebojno povezanih fazah. V fazi predvidevanja učenec analizira zahteve naloge, si postavi specifične cilje, izbere strategije in oblikuje pričakovanja o izidu; jedro motivacije sta samoučinkovitost in zaznana vrednost naloge. V fazi izvedbe potekata samokontrola in samoopazovanje: osredotočanje pozornosti, samonavodila, uporaba izbranih učnih strategij ter sprotne spremljanje napredka (npr. zaznavanje napak, beleženje korakov). Ta faza omogoča takojšnje prilagoditve pristopov, tempa in navora.

V fazi samorefleksije učenec vrednoti dosežke glede na standarde (pretekli rezultati, kriteriji naloge), opravi atribucije vzrokov (napor, strategije, sposobnosti) ter doživi samoreakcije (zadovoljstvo, razočaranje), ki oblikujejo nadaljnjo motivacijo. Ključno je, da refleksija generira »feed-forward«: prilagoditvene sklepe in nove strategije za naslednji cikel (Avsec, 2021).

Model napoveduje, da jasni cilji in visoka samoučinkovitost krepijo vztrajnost in globinske strategije; učinkovita samokontrola izboljša natančnost izvajanja; analitična, konstruktivna refleksija pa vodi v adaptivno učenje. Cikel se zato neprekinjeno ponavlja: izidi ene naloge informirajo novo fazo predvidevanja, kar omogoča trajno izboljševanje samoregulacije in uspešnosti (Zimmerman, 2000; 2002).

Raziskave potrjujejo ciklične modele SRU: od samoocene in postavljanja ciljev prek izvedbe s spremljanjem napredka do refleksije in prilagoditev strategij (Žerak idr., 2020; Zimmerman, 2000). V slovenskih OŠ po Žerak idr. (2020) prevladuje samoregulativni tip učenja; model sedmih korakov poudari stalni povratni krog izboljšav.

Klasična študija Zimmerman in Martinez-Pons (1986) pokaže, da uspešnejši učenci pogosteje in bolj dosledno uporabljajo SRU-strategije, zlasti iskanje informacij, vodenje zapisov in organizacijo. Razlike med uspešnimi in manj uspešnimi so največje v rednosti rabe strategij, ne le v njihovi množini. Učinki SRU pomembno napovedujejo dosežke (npr. pri matematiki in angleščini) tudi prek demografskih dejavnikov.

Pintrich in De Groot (1990) povežeta motivacijo z metakognicijo, kognitivnimi strategijami in upravljanjem navora; pričakovanja in zaznana vrednost naloge krepijo SRU. Testna anksioznost ima ambivalentne učinke in zahteva ciljno podporo. Pintrich (2000) izpostavi vlogo ciljne orientacije: obvladovanje (*mastery*) krepi globinske strategije in vztrajnost; izvedba (*performance*) je pogosteje vezana na površinske pristope.

Empirični vzorci dosledno kažejo, da jasni cilji in visoka samoučinkovitost napovedujejo več SRU in boljše učne izide. V predmetu TiT avtentične naloge omogočajo prenos SRU v prakso s prepletom naravoslovnih in tehničnih znanj. Negativen odnos do tehnike pogosto sovпада s šibko SRU, nižjo samoučinkovitostjo in več anksioznosti. Penov (2019) ugotovi, da se veščine SRU s starostjo ne izboljšujejo samodejno; tekmovanja in višje zanimanje pa delujeta kot pospeševalca. Zanimanje za TiT je povezano z notranjo motivacijo in višjo samozaznano učinkovitostjo (Pečjak in Košir, 2003; Pintrich in De Groot, 1990). Učenci, ki TiT dojemajo kot pretežek, izkazujejo slabšo samoregulacijo – v skladu s teorijo o vlogi samozaznane sposobnosti. Učiteljeva vloga je odločilna: strukturiranje učnih situacij, modeliranje strategij in postopno zmanjševanje opore povečujejo SRU.

Učinkovita praksa vključuje eksplicitno učenje postavljanja ciljev, samonadzora in refleksije. Napaka kot vir učenja in iterativno prototipiranje dodatno krepi SRU v tehnoloških kontekstih. Kurikularno je smiselna fazna uvedba SRU: več vodenja na začetku, nato prenos odgovornosti na učence. Skupni imenovalec ugotovitev: SRU je močan napovednik dosežkov in odnosa do učenja, zato zahteva načrtno, celostno vpeljavo v šolsko prakso (Guna, 2024).

Opredelitev problema

Snovalsko razmišljanje (SR) se v izobraževanju uveljavlja kot pristop, ki sistematično krepi kritično mišljenje, ustvarjalnost, inovativnost in reševanje problemov. V hitro spreminjajočem se okolju te zmožnosti neposredno prispevajo k osebnemu razvoju in zaposljivosti ter nagovarjajo potrebe sodobnega trga dela. Hkrati SR podpira razvoj SRU: učenci si postavljajo cilje, izbirajo strategije, spremljajo napredek in odgovorno prilagajajo svoje delovanje.

Predmet TiT ponuja avtentičen kontekst za razvoj teh zmožnosti, a je pouk pogosto izveden po vnaprej pripravljenih načrtih, z omejenimi priložnostmi za samostojno odkrivanje napak in refleksijo procesa. K temu prispevata časovna stiska in negotovost učiteljev pri vodenju sistematične refleksije. Faze SR (empatija, opredelitev in redefinicija problema, ideacija, prototipiranje, testiranje) lahko služijo kot didaktični vodnik za samoevalvacijo in prenos odgovornosti na učence (Avsec, 2021). Pregled literature kaže jasne vzporednice med procesoma SR in SRU; ker SR vključuje cikle refleksije in iteracije, lahko neposredno vpliva na načrtovanje, spremljanje in uravnavanje učenja.

Raziskave odnosa slovenskih učencev do TiT (npr. Bevk, 2018; Modic, 2016; Krivograd, 2022) kažejo visoko zanimanje in zadovoljstvo s predmetom, kar ustvarja ugodno okolje za uvajanje SRU kot učinkovitega pristopa k učenju. Na tej podlagi predpostavljamo, da večja vključenost v SR korelira z višjimi ravni SRU in da lahko ciljno vpeljane faze SR v TiT okrepijo samoučinkovitost, rabo kognitivnih strategij in vztrajnost.

Pričakujemo tudi, da bo strukturirano prototipiranje z napakami kot virom učenja izboljšalo učenčevo zmožnost regulacije napora in strategij. Teoretično utemeljeni okvir SR tako obeta dvig kakovosti pouka TiT: od izvedbene reprodukcije k raziskovalnemu, problemsko zasnovanemu učenju.

V nadaljevanju raziskave želimo ugotoviti, kje in kako SR v TiT najmočneje vpliva na komponente SRU, ter nakažemo implikacije za načrtovanje pouka in usposabljanje učiteljev.

Namen in raziskovalna vprašanja

Glavni namen tega prispevka je prepoznati morebitne vzporednice med konceptom snovalskega razmišljanja in samoregulacijo učenja ter preučiti, ali je mogoče s pomočjo snovalskega razmišljanja spodbuditi samoregulacijo pri vsebinah, povezanih s področjem tehnike in tehnologije. Vprašanje, ali lahko koncept snovalskega razmišljanja služi kot orodje za spodbujanje samoregulacijskih sposobnosti učencev v tehničnem pouku, odpira pomembno področje raziskovanja. Spretnosti snovalskega razmišljanja, kot so kreativno reševanje problemov, inoviranje, kritično razmišljanje in prilagajanje novim situacijam, so tesno povezane s sposobnostmi samoregulacije, kot so načrtovanje, postavljanje ciljev, refleksija in uporaba učnih strategij. Predpostavljamo, da bi učenci, ki se učijo snovalskega razmišljanja, lahko razvili tudi veščine samoregulacije, saj oba procesa spodbujata premišljevanje o lastnem učenju, postavljanje ciljev ter prilagajanje svojih pristopov za doseganje optimalnih rezultatov. Zato bomo v nadaljevanju raziskave preučili, kako se lahko koncept snovalskega razmišljanja vključi v pouk tehnike in tehnologije ter kako vpliva na razvoj samoregulacijskih veščin učencev. S tem bomo prispevali k boljšemu razumevanju, kako in v katerih fazah snovalsko razmišljanje lahko podpira razvoj samoregulacije učenja ter kako lahko ta povezava vpliva na uspešnost in angažiranost učencev pri vsebinah tehničnega pouka.

V luči nenehnih sprememb in zahtev sodobnega sveta se postavlja vprašanje, kako lahko učitelji omogočijo učencem, da razvijejo ključne kompetence, kot so kritično razmišljanje, inovativnost ter samoregulacija pri učenju.

Za boljše razumevanje obravnavanega problema in usmerjanje raziskave smo si zastavili naslednja raziskovalna vprašanja (RV1–4):

RV1: Kakšna je stopnja snovalskega razmišljanja učencev od 6. do 8. razreda OŠ?

RV2: Kakšna je stopnja samoregulacije učencev od 6. do 8. razreda OŠ?

RV3: Ali obstajajo povezave med snovalskim razmišljanjem in samoregulacijo učencev od 6. do 8. razreda OŠ, in če obstajajo, kakšne so te povezave?

RV4: Kako lahko pouk po modelu snovalskega razmišljanja vpliva na samoregulacijo učencev od 6. do 8. razreda OŠ?

Metoda

V raziskavi smo uporabili kvantitativni, presečni raziskovalni pristop (Creswell, 2018). Zbrane podatke smo obdelali v programu SPSS v.25 in izvedli ustrezne statistične preizkuse. Na podlagi kvantitativnih analiz smo opisali stanje na preučevanih področjih ter preverili povezave med ključnimi spremenljivkami. Rezultate smo interpretirali z namenom zanesljivega vpogleda v obravnavane odnose in odkrivanja morebitnih korelacij, ki bi brez sistematčne obdelave ostale spregledane.

Vzorec

Raziskava temelji na neslučajnostno izbranem vzorcu učencev in učenk slovenskih osnovnih šol. Ciljna skupina so učenci, ki so obiskovali razrede od 6. do 8. v šolskem letu 2020/2021. Vprašalnik, ki je skupno zajemal 86 trditev, je začelo reševati 712 učencev. Učenci so bili seznanjeni z namenom raziskave. Sodelovanje v raziskavi je bilo popolnoma prostovoljno, učenci pa so lahko kadar koli izstopili od ankete. Od ankete je odstopilo ali oddalo delno izpolnjen vprašalnik veliko učencev, največ učencev 6. razreda. Učenci so v večini vprašalnika reševali doma, in sicer zaradi zaprtja šol v tem šolskem letu. Posamezni učitelji so učencem posredovali povezave do vprašalnika z nagovorom. Končni vzorec študije je vključeval 202 učencev in učenk, starih med 11 in 15 let. V vzorcu je bilo več deklet ($n = 113$; 56 %) kot fantov ($n = 89$; 44 %).

Število učencev 6. razreda devetletne osnovne šole, ki so izpolnili vprašalnik, je bilo 30 (15 %), število učencev 7. razreda devetletne osnovne šole, ki so izpolnili vprašalnik, je bilo 74 (37 %) in število učencev 8. razreda devetletne osnovne šole, ki so izpolnili vprašalnik, je bilo 98 (48 %). Povprečna starost učenca, ki je sodeloval v anketi, je bila 12,7 leta.

Spremenljivke in njihovo vrednotenje

Naslednje spremenljivke so bile oblikovane glede na merska instrumenta in raziskovalna vprašanja:

1. instrument »Snovalsko razmišljanje« za ugotavljanje kako posamezniki prepoznajo in razumejo elemente snovalskega razmišljanja:

- rezultat na ocenjevalni lestvici: aktivno eksperimentiranje in kritično spraševanje,
- rezultat na ocenjevalni lestvici: odprtost za različne poglede in sodelovanje,
- rezultat na ocenjevalni lestvici: empatija,
- rezultat na ocenjevalni lestvici: nivo učenčevega spopadanja z nejasnostmi,
- rezultat na ocenjevalni lestvici: praktična inteligenca in sposobnost preoblikovanja,
- rezultat na ocenjevalni lestvici: ustvarjalna samozavest,

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- rezultat na ocenjevalni lestvici: optimizem za spremembo in napredek,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: želja po spremembah,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: vzajemno delovanje in sodelovanje članov tima,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: abduktivno mišljenje in predvidevanje novih stvari,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: oblikovanje problema,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: učenje v timu in prenos znanja,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: sposobnost prevzemanja tveganj,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: usmerjenost v učenje
2. instrument za »Samoregulativno učenje« s področja:
- rezultat na ocenjevalni lestvici: samoučinkovitost,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: notranja motivacija,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: estna anksioznost,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: kognitivne strategije,
 - rezultat na ocenjevalni lestvici: samoregulacija učenja.

Navedene spremenljivke pri (1) vrednotimo po Likertovi lestvici od 1 do 6 in spremenljivke pri (2) po Likertovi lestvici od 1 do 7.

Opis instrumentarija

Tehnika zbiranja podatkov v tej raziskavi je anketa. Podatki so bili zbrani z uporabo dveh vprašalnikov, ki so ju učenci izpolnili preko spletnega okolja 1ka. Oba vprašalnika sta bila izvedena istočasno, pri čemer je končni vzorec učencev izpolnil oba vprašalnika. Na naslovni strani ankete so bili udeleženci obveščeni o namembnosti in anonimnosti danega vprašalnika. Vprašalnika sta bila oblikovana po Likertovem tipu in ju je za potrebe raziskave pri nas prilagodil Avsec (2021).

Prvi sklop ankete zajema 43 trditev o SR (Guna, 2024), kjer so udeleženci ocenjevali svoje mnenje na lestvici od 1 do 6, pri čemer je 1 označevalo »se sploh ne strinjam« in 6 »se popolnoma strinjam«. S pomočjo tega vprašalnika smo skušali pridobiti vpogled v različne vidike snovalskega razmišljanja pri učencih in učenkah ter razumeti, kako pogosto se strinjajo z določenimi trditvami in v kolikšni meri (Dosi idr, 2018):

- SR1 – Aktivno eksperimentiranje in kritično spraševanje,
- SR2 – Odprtost za različne poglede in sodelovanje,
- SR3 – Empatija,
- SR4 – Nivo učenčevega spopadanja z nejasnostmi,
- SR5 – Praktična inteligenca in sposobnost preoblikovanja,
- SR6 – Ustvarjalna samozavest,
- SR7 – Optimizem za spremembo in napredek,
- SR8 – Želja po spremembah,
- SR9 – Vzajemno delovanje in sodelovanje članov tima,
- SR10 – Abduktivno mišljenje in predvidevanje novih stvari,
- SR11 – Oblikovanje problema,
- SR12 – Učenje v timu in prenos znanja,
- SR13 – Sposobnost prevzemanja tveganj,
- SR14 – Usmerjenost v učenje.

Drugi sklop ankete obravnava motivacijo in samoregulacijo (Guna, 2024), sestavlja pa ga 43 trditev, ocenjenih na lestvici od 1 do 7, kjer je 1 pomenilo »se sploh ne strinjam« in 7 »se popolnoma strinjam«. Vprašalnik Motivacija in samoregulacija učenja (MSLQ) je instrument za samoocenjevanje, ki omogoča raziskovanje, kako učenci dojemajo motivacijo in uporabljajo različne strategije pri učenju v okviru konkretnega predmeta. Temelji na splošnem kognitivnem pristopu k razumevanju motivacije in strategij učenja. Osnovna teoretična osnova MSLQ je predstavljena v študiji McKeachie idr. (1986), ki jo dopolnjujejo razlage v drugih delih (Pintrich in DeGroot, 1990; Pintrich idr., 1991). MSLQ predstavlja učinkovito, praktično in ekološko veljavno orodje za merjenje motivacije študentov ter uporabe učnih strategij (Duncan in McKeachie, 2005). Z drugim vprašalnikom smo se tako lahko osredotočili na identifikacijo ravni samoregulacije med učenci med njihovim učenjem tekom šolanja (Pintrich idr, 1991; Duncan in McKeachie, 2005):

- SRU1 (SU) – Samoučinkovitost,
- SRU2 (NM) – Notranja motivacija,
- SRU3 (TA) – Testna anksioznost,
- SRU4 (KS) – Kognitivne strategije in
- SRU5 (SRL) – Samoregulacija.

Postopek zbiranja in obdelave podatkov

Podatke smo zbirali s pomočjo spletne ankete v programi 1ka (<https://1ka.arnes.si/>, dostopno 31. 09. 2025). Preko elektronske pošte ravnateljev poljubno izbranih šol je bila poslana prošnja za sodelovanje učencev in učenk v raziskavi. Učence in učenke k reševanju spletne ankete spodbudijo učitelji, reševanje vprašalnika je predvidoma potekalo individualno v domačem okolju zaradi zaprtja šol v tem šolskem letu. Za reševanje anketnega vprašalnika je bilo predvideno od 15 do 20 minut. Anketiranci so bili v uvodu seznanjeni z namenom zbiranja podatkov in anonimnostjo. Pred začetkom anketiranja so udeleženci morali potrditi, da se strinjajo z zbiranjem osebnih podatkov (GDPR). Skozi celotno študijo smo se držali etičnih načel, ki so del vsake raziskave.

Analiza in interpretacija zbranih podatkov, pridobljenih s spletno anketo, je temeljila na kvantitativni analizi, pri čemer smo uporabili statistični program SPSS (angl. *Statistical Package for the Social Sciences*), kar nam je omogočilo natančno in sistematično obdelavo podatkov ter pridobivanje relevantnih rezultatov za naše raziskovalno vprašanje. Z uporabo različnih statističnih testov nam je ta program posredoval rezultate, ki smo jih interpretirali, da bi razumeli stanje na preučevanih področjih ter ugotovili morebitne korelacije, ki bi jih lahko spregledali. Za vsako od analiziranih spremenljivk smo izvedli izčrpno analizo frekvenc (f), ki nam je omogočila, da smo dobili vpogled v porazdelitev odgovorov in pogostost pojavljanja posameznih odgovorov. Poleg tega smo izračunali tudi odstotke (%) za vsako kategorijo odgovorov, kar nam je pomagalo bolje razumeti razmerje med različnimi odgovori. Nadalje smo uporabili tudi različne statistične kazalnike centralne tendence, kot so povprečje, mediana in modalna vrednost. Te vrednosti so nam pomagale dobiti bolj celovito sliko o značilnostih distribucije podatkov. Ocenili smo zanesljivost merskih karakteristik pridobljenih podatkov s pomočjo Cronbach α koeficienta, ki meri notranjo zanesljivost vprašalnika. Visoke vrednosti Cronbachovega alfa kažejo na dobro notranjo doslednost merjenja in zanesljivost rezultatov.

Za preverjanje normalne porazdelitve podatkov smo uporabili Shapiro–Wilkov test. Ker so podatki pokazali odstopanja od normalne porazdelitve, smo se odločili uporabiti

neparametrične statistične postopke za nadaljnje analize. Asimetrijo in sploščenost podatkov smo kvantificirali s pomočjo koeficientov asimetrije in sploščenosti. Za analizo razlik med spoloma smo uporabili Mann–Whitney U–test. Test zagotavlja p –vrednost, ki kaže, ali obstaja pomembna razlika med skupinama. Rezultate smo interpretirali z upoštevanjem statistične mere (p –vrednosti) in velikosti učinka (efekt velikosti). Nizka p –vrednost ($p < 0,05$) nakazuje, da obstaja statistično pomembna razlika med skupinama ali vzorci, medtem ko višja p –vrednost kaže na manjšo statistično pomembnost. To nam je omogočilo identifikacijo pomembnih razlik in povezav med spremenljivkami ter njihovo praktično relevantnost v okviru naše raziskave. Pri primerjavi razredov smo uporabili Kruskal–Wallisov test z Bonferronijevo korekcijo za ugotavljanje statistično pomembnih razlik med razredi. Poleg tega smo ocenjevali tudi moč korelacij in povezav, da bi razumeli, kako močno so spremenljivke povezane. Za preverjanje povezanosti med različnimi spremenljivkami smo uporabili Spearmanovo korelacijsko analizo, ki nam je omogočila identifikacijo morebitnih vzorcev odvisnosti med spremenljivkami.

Predpostavke in omejitve študije

Zaradi prostovoljnega sodelovanja lahko obstaja izbirna pristranskost v vzorcu, kjer so se morda bolj vključili le najbolj motivirani učenci, medtem ko so drugi morda izpuščali priložnost za sodelovanje. To lahko vodi do napačnih zaključkov, saj rezultati ne bodo reprezentativni za celotno populacijo. Nekateri učenci so lahko nedosledni pri ocenjevanju svojih veščin, kar lahko vpliva na zanesljivost rezultatov. Različni učenci lahko uporabljajo različne standarde ali merila pri dajanju ocen, kar lahko izkrivlja pridobljene podatke. To lahko negativno vpliva na veljavnost in interpretacijo rezultatov ter zahteva previdnost pri sklepanju glede povezav med spremenljivkami.

Uporaba samoocenjevalnih anket lahko vodi do subjektivnih ocen, ki se razlikujejo od dejanskega vedenja učencev. To se zgodi, ker učenci ocenjujejo svoje lastne veščine, sposobnosti in vedenje, kar lahko vpliva na njihovo presojo. Njihove ocene lahko temeljijo na lastnih interpretacijah, samopodobi, trenutnem razpoloženju ali drugih subjektivnih dejavnikih, kar lahko vpliva na zanesljivost in veljavnost rezultatov raziskave.

Zbiranje podatkov je potekalo v šolskem letu, v katerem so vrtci, šole in drugi izobraževalni centri zaprli svoja vrata zaradi pandemije COVID-19. Izobraževanje se je večkrat preneslo iz šolskih klopi v spletno okolje in nazaj. Sklepamo, da bo na rezultate študije vplivalo nenehno nihanje med različnimi načini izobraževanja ter spremembe v učnem okolju in metodologijah. Spremembe v učnih pristopih, tehnološka orodja za spletno izobraževanje ter individualne prilagoditve se lahko odražajo v stopnji scene snovalskega razmišljanja in samoregulacije učencev. Poleg tega je verjetno, da se bodo odzivi in percepcije učencev glede lastne samostojnosti, motivacije in učenja razlikovali med različnimi obdobji šolskega leta ter med različnimi izobraževalnimi modalitetami. Pomembno bi bilo tudi upoštevati morebitne izzive, s katerimi se učenci spopadajo pri prehajanju med različnimi načini izobraževanja ter kako te spremembe vplivajo na njihovo zaznavanje lastnih kompetenc in učnih dosežkov (Guna, 2024).

Pri samem zbiranju podatkov se je izkazalo, da je veliko učencev 6. razreda OŠ odstopilo od reševanja ankete. Ker je anketa potekala preko spletne aplikacije, nismo imeli nadzora nad odzivom učencev, kar je vodilo k morebitnemu nepopolnemu izpolnjevanju. Učenci z različnimi stopnjami tehničnih veščin ali različnim dostopom do tehnologije bi lahko sodelovali na različne

načine, kar lahko vpliva na celovitost predstavitve rezultatov. Predvidevamo, da so učenci z nižjim uspehom ali manjšo motivacijo anketo prezgodaj prekinili, kar lahko povzroči nepričakovana odstopanja v analizi v primerjavi z učenci 7. in 8. razreda OŠ. Glede na opisano situacijo in izziv z zbiranjem podatkov bi lahko razmislili o dodatnih ukrepih za izboljšanje sodelovanja učencev 6. razreda, na primer preverjanje pravilnosti izpolnjevanja ankete med samim reševanjem, ponudbo dodatnih spodbud, povratna informacija z analizo njihove ocene ali informiranje učencev o rezultatih njihovih dosežkov ter pomembnosti njihovega prispevka k raziskavi. Prav tako bi bilo smiselno v analizi rezultatov upoštevati morebitne razlike med učenci, ki so anketo izpolnili v celoti, ter tistimi, ki so jo prekinili, da bi se lahko bolje razumeli vplivi te situacije na rezultate.

Predpostavljamo, da so učenci iskreno in natančno izpolnili ankete ter odgovarjali na vprašanja glede svojih veščin SR in SRU ter da so v enaki meri razumeli vprašanja v anketi ter merila za ocenjevanje. Vzorec učencev, ki so sodelovali v raziskavi, morda ni dovolj reprezentativen za populacijo učencev 6. do 8. razreda osnovnih šol v Sloveniji.

Rezultati

Rezultati so predstavljeni v več kategorijah, in sicer kot ocena demografskih podatkov, zanesljivost vprašalnikov, opisne statistike, vrednotenje SR in SRU.

Demografske značilnosti vzorca

Vzorec je zajemal 202 učencev 6.–8. razreda osnovne šole, starih od 11 do 15 let. Sestava vzorca po spolu je bila 113 deklet (56 %) in 89 fantov (44 %). Po starosti je prevladovala skupina 13-letnikov (104; 51,5 %), sledili so 12-letniki (53; 26 %), 14-letniki (26; 13 %), 11-letniki (16; 8 %) in 15-letniki (3; 1,5 %); povprečna starost učencev v vzorcu je znašala 12,7 leta. Po razredu je sodelovalo 30 šestošolcev (15 %), 74 sedmošolcev (37 %) in 98 osmošolcev (48 %), pri čemer je bilo najmanj udeležencev iz 6. razreda.

Zanesljivost instrumentov in porazdelitev podatkov

Za vprašalnik lahko trdimo, da je zanesljiv, če je vrednost koeficienta Cronbach α višja od 0,6 (Taber, 2018). Pri interpretaciji podatkov upoštevamo preglednico 1 (Moretti, 2019).

Preglednica 1: Zanesljivost merjenja s Cronbach α -koeficientom (Moretti, 2019)

Cronbach α-koeficient	Zanesljivost merjenja
$\alpha \geq 0,9$	odlična
$0,7 \leq \alpha < 0,9$	dobra
$0,6 \leq \alpha < 0,7$	sprejemljiva
$0,5 \leq \alpha < 0,6$	slaba
$\alpha < 0,5$	nezanesljiva

Vrednosti koeficienta Cronbach α za vprašalnik o Snovalskem razmišljanju se gibljejo od 0,70 do 0,87 (preglednica 2), kar pomeni, da je zanesljivost posameznih kategorij dobra. Zanesljivost kategorij Samuregulacije učenja je prav tako dobra, z izjemo kategorije SRL, ki je z dano vrednostjo $\alpha = 0,65$ sprejemljiva. Vrednost koeficienta α vprašalnika »Snovalsko razmišljanje« je 0,98, kar kaže na izjemno visoko notranjo konsistenco med vprašanji v tem vprašalniku. To pomeni, da so vprašanja med seboj zelo povezana in merijo isti konstrukt.

Vrednost koeficienta α za vprašalnik »Samoregulacijsko učenje« je 0,92, kar prav tako kaže na visoko notranjo konsistenco med vprašanji v tem vprašalniku. Čeprav je vrednost nekoliko nižja kot pri »Snovalsko razmišljanje«, še vedno kaže na odlično povezanost med vprašanji in merjenje istega konstrukta. Odgovori na posamezna vprašanja v posameznih vprašalnikih so tesno povezani med seboj, kar kaže na skupno merjenje določenega konstrukta ali lastnosti. Visoka vrednost koeficienta α kaže na visoko stopnjo podobnosti med odgovori na različna vprašanja v vsakem vprašalniku. To kaže na doslednost in zanesljivost vprašalnikov pri merjenju značilnosti, ki jih želimo raziskati z vprašalnikoma »Snovalsko razmišljanje« in »Samoregulacijsko učenje«.

Preglednica 2: Vrednosti Cronbach α –koeficienta za posamezne kategorije

Snovalsko razmišljanje	Vrednost Cronbach α	Samoregulacijsko učenje	Vrednost Cronbach α
SR1	0,78	SU	0,89
SR2	0,77	NM	0,88
SR3	0,84	TA	0,81
SR4	0,71	KS	0,82
SR5	0,75	SRL	0,65
SR6	0,87		
SR7	0,78		
SR8	0,77		
SR9	0,82		
SR10	0,85		
SR11	0,74		
SR12	0,70		
SR13	0,81		
SR14	0,81		
Skupaj:	0,98	Skupaj:	0,92

Shapiro–Wilkov test normalnosti podatkov smo izvedli za vse kategorije (SR1–SR14, SU, NM, TA, KS, SRL) ločeno po spolu in razredu. Po spolu se normalnost v večini primerov ne potrdi; izjeme so fantje pri SR3, KS in SRL ($p \geq 0,30$), vendar gre za posamične primere. Večina p -vrednosti ostaja $< 0,05$, zato porazdelitev podatkov praviloma ni normalna. Podoben vzorec se pokaže tudi po razredih: čeprav 7. razred pri več kategorijah (SR10, SR11, SR13, SU, NM, KS, SRL) doseže $p > 0,05$, to ne spremeni celotne slike.

Zaključimo lahko, da na ravni celotnega vzorca normalnost porazdelitve ni izpolnjena ($p < 0,05$), zato za nadaljnje obdelave uporabljamo neparametrične statistične metode, ki so robustne na odklone od normalnosti.

V nadaljevanju preverimo, ali se v našem vzorcu pojavljajo statistično pomembne razlike med različnimi skupinami. Pri analizi smo upoštevali neparametrična testa Mann–Whitney ter Kruskal–Wallis in Bonferronijevo korekcijo za ugotavljanje statistično pomembnih razlik med spolom, razredi in kategorijami. Ko te razlike najdemo, izračunamo tudi učinek med spremenljivkama. Poleg tega smo uporabili tudi Spearmanov test za določanje povezav med spremenljivkami. Pri interpretaciji rezultatov smo se osredotočili tudi na velikost učinka in moč korelacije oz. povezanosti med spremenljivkami, kar nam je omogočilo boljše razumevanje statističnih povezav med različnimi faktorji.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Po testiranju z Mann–Whitney U–testom mero velikosti učinka interpretiramo tako kot predlagata Lenhard in Lenhard (2016) (preglednica 3).

Preglednica 3: Interpretacija učinka glede na vrednost r (Lenhard in Lenhard, 2016)

Vrednost koeficienta r	Interpretacija učinka
$r < 0,3$	slab učinek
$0,3 \leq r < 0,5$	srednji učinek
$r \geq 0,5$	velik učinek

Po uporabi Kruskal–Wallis testa izračunamo koeficient ϵ , ki nam omogoča oceno moči učinka med posameznimi spremenljivkami. Vrednost učinka lahko interpretiramo po vrednosti koeficienta ϵ (Rea in Parker, 1992) (preglednica 4).

Preglednica 4: Interpretacija učinka glede na vrednost koeficienta ϵ^2 (Rea in Parker, 1992)

Vrednost koeficienta ϵ^2	Interpretacija učinka
$0 \leq \epsilon^2 < 0,01$	zanemarljiv učinek
$0,01 \leq \epsilon^2 < 0,04$	slab učinek
$0,04 \leq \epsilon^2 < 0,16$	zmeren učinek
$0,16 \leq \epsilon^2 < 0,36$	relativno močan učinek
$0,36 \leq \epsilon^2 < 0,64$	močan učinek
$0,64 \leq \epsilon^2 \leq 1$	zelo močan učinek

Snovalsko razmišljanje med učenci

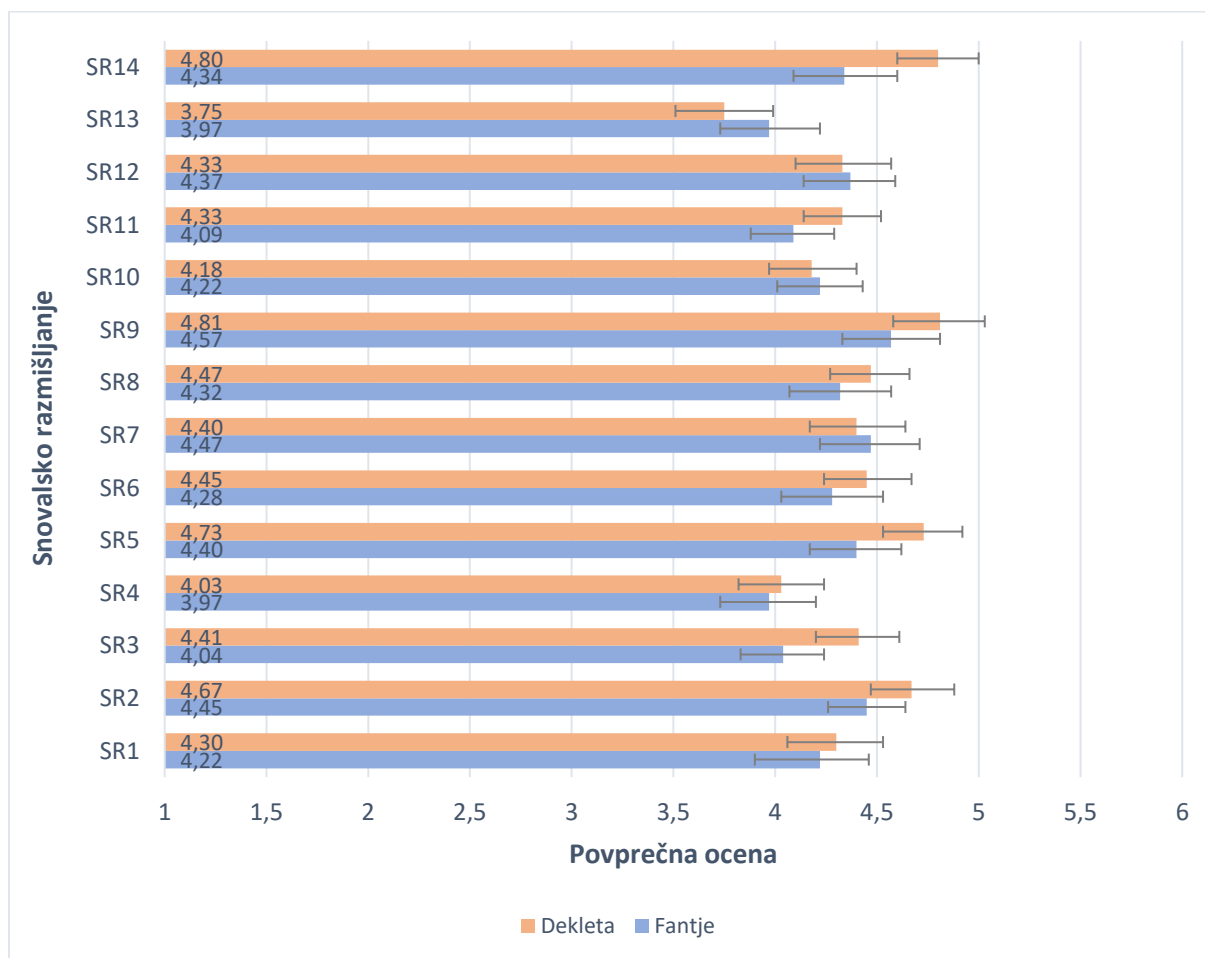
Preverimo, ali se v našem vzorcu pojavljajo statistično pomembne razlike v stanju veščin snovalskega razmišljanja glede na spol in razred. Učenci so kot odgovor na trditve podali oceno od 1 do 6, pri čemer 1 pomeni, da se s trditvijo sploh ne strinjajo, in 6, da se popolnoma strinjajo.

Veščine snovalskega razmišljanja glede na spol

V tem razdelku so predstavljeni rezultati o samoocenjenih veščinah snovalskega razmišljanja med fanti in dekleti glede na vseh 14 opredeljenih kategorij.

Graf na sliki 2 prikazuje povprečne ocene (M) za posamezne kategorije snovalskega razmišljanja (označene kot SR1–SR14) glede na spol udeležencev (fantje in dekleta). Za vsako kategorijo so navedene tudi spodnje in zgornje meje intervala zaupanja 95 %. Poleg tega so prikazane razlike med zgornjo in spodnjo mejo intervala zaupanja, ki kažejo, kako razpršena so mnenja udeležencev glede snovalskega razmišljanja med fanti in dekleti. To nam pove, da s 95 % verjetnostjo pričakujemo, da se resnično povprečje populacije nahaja znotraj tega intervala.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Slika 2: Grafični prikaz primerjave kategorij SR med fanti in dekleti

Iz zgornjega grafa (slika 2) je razvidno, da so se tako fantje kot dekleta v vseh kategorijah ocenili nadpovprečno. Na podlagi podatkov lahko opazimo, da so se v povprečju udeleženci raziskave bolje ocenili ($M = 4,5$ ali več) v kategorijah SR2, SR5, SR9 in SR14. To pomeni, da so se udeleženci v teh kategorijah ocenili kot močnejše na področju veščin, ki jih navedene kategorije merijo. Najvišje so se v učenci ocenili v kategoriji SR9, s povprečno oceno $M = 4,7$.

Glede na povprečne ocene je mogoče opaziti, da so udeleženci manj pozitivno ocenili svoje sposobnosti v kategorijah SR4 in SR13. To kaže na to, da so udeleženci v teh kategorijah ocenili svoje sposobnosti kot manj sposobne v smislu veščin, ki jih te kategorije merijo. Najnižje ocenjena kategorija (SR13) ima povprečno oceno $M = 3,9$.

Dekleta so se slabše kot fantje ocenila le v 4 kategorijah. Povprečna najnižje ocenjena kategorija je tudi tista, kjer so se dekleta ($M = 3,75$) ocenila slabše kot fantje ($M = 3,97$). Take kategorije so še SR7, SR10 in SR12.

Razlike med intervali zaupanja ocen med fanti in dekleti so v nekaterih kategorijah majhne, medtem ko so v drugih nekoliko večje. To bi lahko pomenilo, da med fanti in dekleti obstajajo določene razlike pri ocenjevanju veščin snovalskega razmišljanja. Največjo variabilnost v svojih ocenah so izrazili fantje v kategoriji SR1 (interval zaupanja 0,56), medtem ko so bile ocene najmanj razpršene, in sicer z enakim intervalom zaupanja (0,38) pri fantih v kategoriji SR2 in pri dekletih v kategoriji SR11.

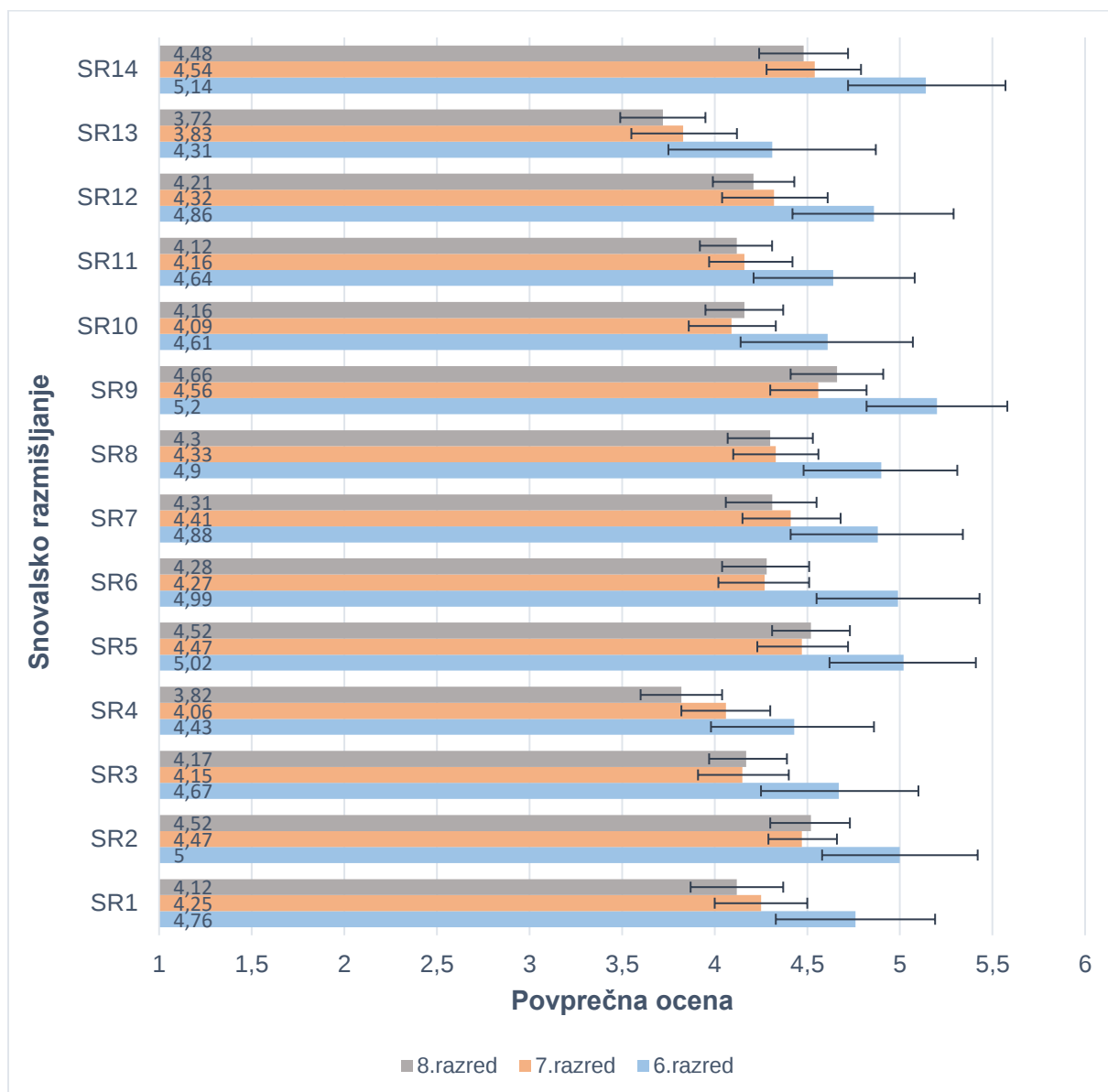
Vrednosti standardizirane testne statistike Z , ki so pozitivne in pomembno različne od nič, kažejo na statistično pomembne razlike v spolu. Nadalje, vrednosti Mann–Whitney U -testa so statistično pomembne ($p < 0,05$) pri kategorijah SR2 ($p = 0,028$), SR3 ($p = 0,009$), SR5 ($p = 0,019$) in SR14 ($p = 0,009$). Statistično pomembne razlike med fanti in dekleti se pojavljajo pri oceni odprtosti za različne poglede in sodelovanje, empatije, praktične inteligence in sposobnosti preoblikovanja ter usmerjenosti v učenje. Pri vseh naštetih kategorijah je velikost učinka majhna ($r < 0,3$), kar nakazuje na »slab učinek«, razlika med fanti in dekleti je naključna ali pa rezultat vpliva drugih spremenljivk, ki jih nismo upoštevali. Pri ostalih kategorijah vrednost Mann–Whitneyjevega U -testa ni statistično pomembna ($p > 0,05$), med fanti in dekleti se ne pojavljajo statistično pomembne razlike pri oceni veščin aktivnega eksperimentiranja in kritičnega spraševanja, v nivoju učenčevega spopadanja z nejasnostmi, ustvarjalni samozavesti, optimizmom za spremembo in napredek, želji po spremembah, vzajemnega delovanja in sodelovanja članov tima, abduktivnega mišljenja in predvidevanja novih stvari, oblikovanja problema, učenja v timu in prenos znanja in sposobnosti prevzemanja tveganj.

Veščine snovalskega razmišljanja glede na razred

Na sliki 3 so prikazane povprečne samoocene (M) 14 kategorij snovalskega razmišljanja (SR1–SR14) po razredu. Učenci 6. razreda so v vseh kategorijah dosegli najvišje ocene ($M = 4,82$), sledijo 7. razredi ($M = 4,28$), najnižje ocene pa poročajo 8. razredi ($M = 4,24$). Največjo razpršenost odgovorov zasledimo pri 6. razredu v SR13 ($CI \approx 1,12$), najmanjšo pri 7. razredu v SR2 ($CI \approx 0,37$).

Kruskal–Wallisov H -test je pokazal statistično značilne razlike med razredi ($p < 0,05$). Post-hoc preizkusi z Bonferronijevim popravkom kažejo, da 6. razredi pomembno presegajo 8. razrede v SR1, SR4, SR7, SR11, SR12 in SR13 ter 7. razrede v SR2, SR3, SR5, SR6, SR8, SR9, SR10 in SR14; razlike so prisotne tudi med 6. in 8. razredi v SR2, SR3, SR5, SR6, SR8 in SR14. Ocenjene velikosti učinka ($\epsilon^2 \approx 0,15$ – $0,20$) nakazujejo zmeren do razmeroma močan učinek.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Slika 3: Grafični prikaz primerjave kategorij SR med učenci 6.–8. razreda

Učenci 6. razreda dosledno višje ocenjujejo svoje snovalske veščine, kar lahko odraža večjo začetno motivacijo, novost učnih pristopov ali manj kritično samoocenjevanje. Najnižje samoocene v 8. razredu so skladne z večjo zrelostjo in kritičnostjo presojanja ter večjimi šolskimi pritiski.

Največja razpršenost pri 6. razredu v SR13 kaže na neenotno dojetje sprejemanja tveganja; pri 7. razredu je sodelovanje (SR2) najbolj konsistentno. Učinki so zmerni do razmeroma močni, kar potrjuje sistematčne razlike med razredi. Pedagoško to nakazuje potrebo po ciljnih dejavnostih za razvijanje tveganja, abdukcije in oblikovanja problemov v višjih razredih.

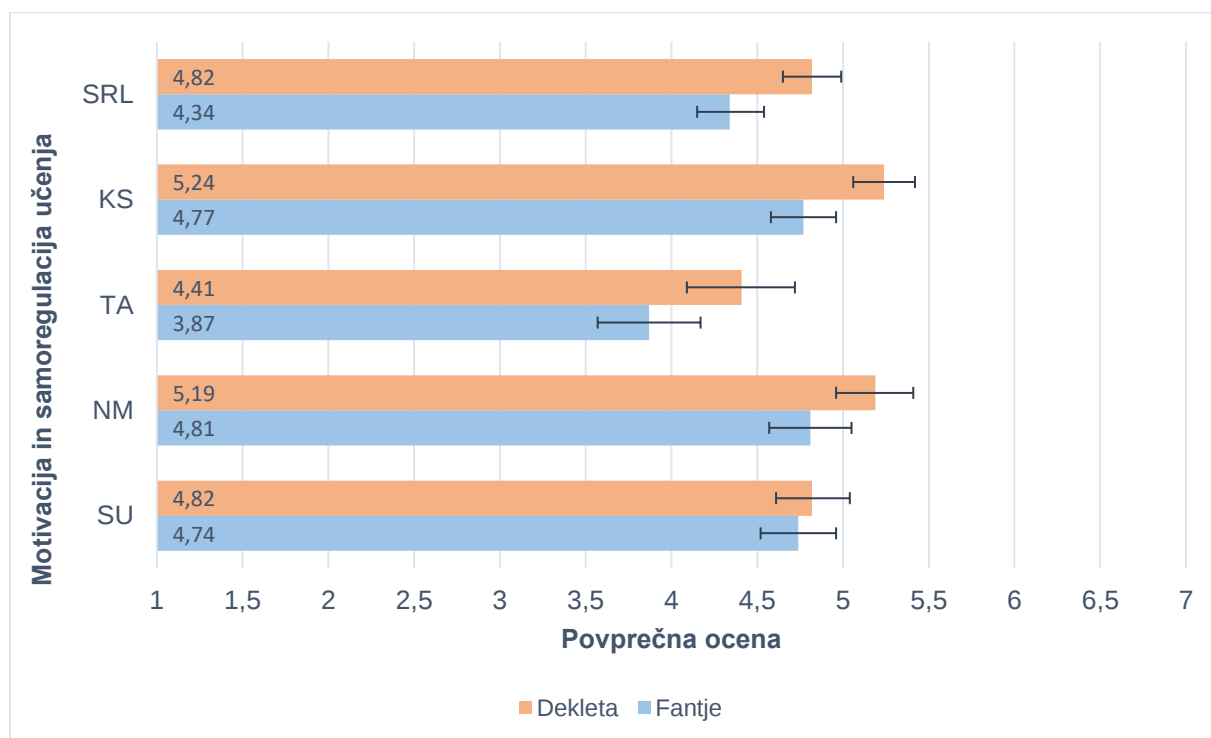
Ker gre za samoocene, je verjetna pristranskost; priporočena je triangulacija z opazovanji ali nalogami uspešnosti.

Vrednotenje samoregulativnega učenja med učenci

Preverimo tudi, ali se v našem vzorcu pojavljajo statistično pomembne razlike v stanju veščin samoregulacijskega učenja glede na spol in razred. Učenci odgovarjajo z oceno od 1 do 7, pri čemer 1 pomeni, da se s trditvijo sploh ne strinjajo, in 7, da se popolnoma strinjajo. Srednja vrednost lestvice, s katero bomo primerjali povprečno vrednost posamezne spremenljivke, je 4.

Veščine samoregulacijskega učenja glede na spol

V tem razdelku so predstavljeni rezultati o samoocenjenih veščinah samoregulativnega učenja med fanti in dekleti glede na vseh 5 opredeljenih kategorij. Graf na sliki 4 prikazuje povprečne (M) ocene za posamezne kategorije samoregulacijskega učenja (označene kot SU, NM, TA, KS in SRL) glede na spol udeležencev (fantje in dekleta). Za vsako kategorijo so prikazane razlike med zgornjo in spodnjo mejo intervala zaupanja, ki kažejo, kako razpršena so mnenja udeležencev glede samoregulacijskega učenja med fanti in dekleti.



Slika 4: Grafični prikaz primerjave kategorij SRU med fanti in dekleti

Tako dekleta kot fantje poročajo o nadpovprečnih rezultatih samoregulacijskega učenja, pri čemer so dekleta v vseh kategorijah nadpovprečna, fantje pa v štirih; pri testni anksioznosti (TA) so pod povprečjem ($M = 3,87$). Povprečja kažejo, da sta skupini najmanj dovzetni za TA. Dekleta dosegajo višje skupno povprečje ($M = 4,9$) kot fantje ($M = 4,5$); najvišje se ocenijo v KS ($M = 5,24$), fantje v NM ($M = 4,81$). Najmanjša razlika med spoloma je v samoučinkovitosti, največja v TA (fantje: 3,87; dekleta: 4,41). Variabilnost je največja v TA (CI širina: dekleta 0,63; fantje 0,60), najmanj razpršena pa mnenja deklet o SRL (0,34) in fantov o KS (0,38). Mann–Whitneyjev U-test potrdi statistično pomembne razlike v NM ($p = 0,010$), TA ($p = 0,009$), KS ($p = 0,000$) in SRL ($p = 0,000$), ne pa v samoučinkovitosti ($p > 0,05$). Učinki so majhni v NM ($r = 0,18$) in TA ($r = 0,16$) ter zmerni v KS ($r = 0,30$) in SRL ($r = 0,31$), kar nakazuje omejeno

praktično pomembnost prvih in potencialno relevantne razlike v kognitivnih strategijah in samoregulaciji.

V nadaljevanju lahko strnemo razlago opaženih razlik in vzorcev:

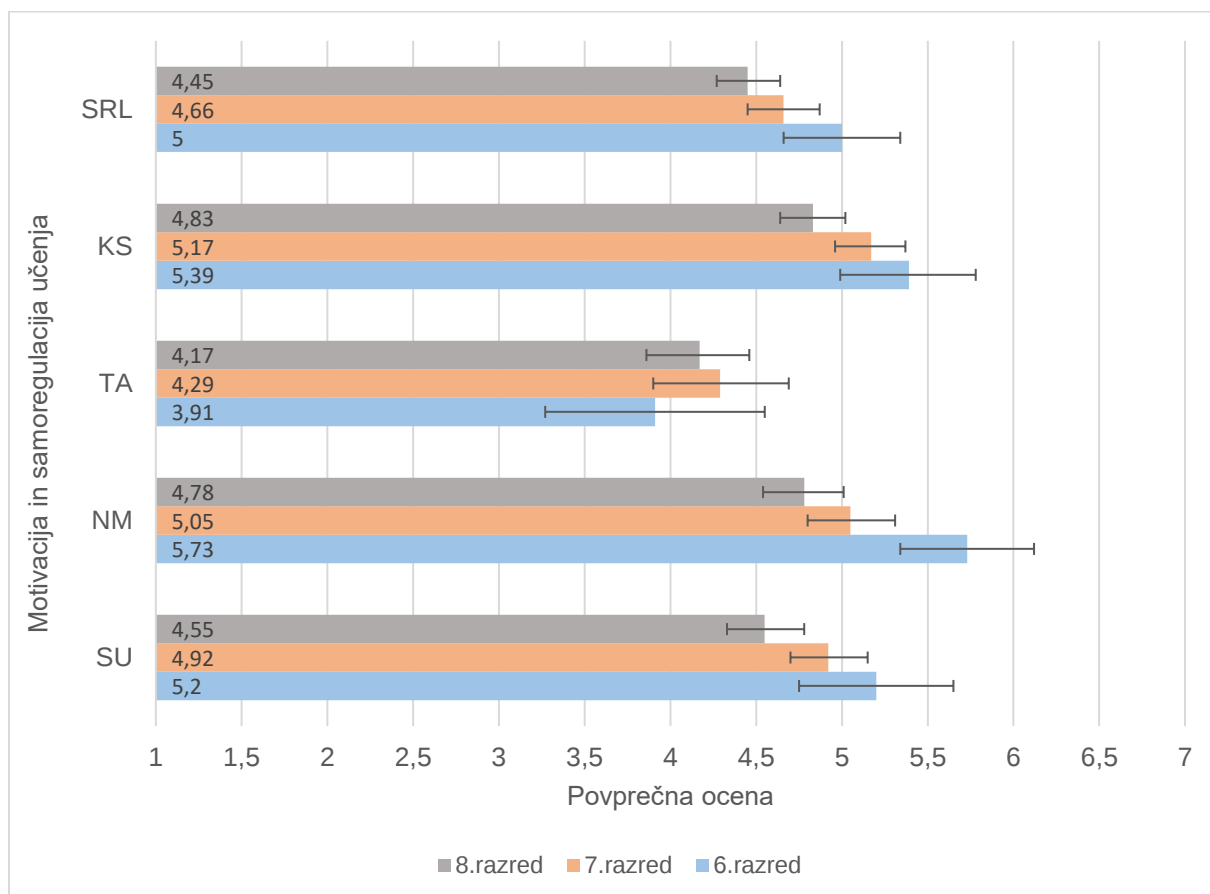
- Razlike v socializaciji in učnih navadah. Dekleta so v povprečju pogosteje poročala o uporabi načrtovanja, spremljanja in vrednotenja učenja, kar skladno pojasni višje ocene v KS in SRL. To je lahko posledica zgodnejšega razvijanja vestnosti in učne samodiscipline ter večje skladnosti z učnimi pričakovanji šole.
- Testna anksioznost (TA) in obratno točkovanje. Ker je TA pogosto obratno kodirana (višje = manj anksioznosti), fantovski rezultat pod povprečjem ($M = 3,87$) pomeni več testne napetosti. Možni razlogi: manj sistematične strategije priprave, višji prag za iskanje pomoči ter večja odvisnost od »zadnjega trenutka«, kar povečuje stres pred ocenjevanjem.
- Majhni učinki v NM in TA ($r < 0,30$). Statistična pomembnost ob sočasno majhnih učinkih nakazuje, da so razlike realne, a praktično skromne; verjetno prispevajo naključna variabilnost, specifičnost vzorca (npr. program, letnik), neupoštevane kovariate (pretekli uspeh, delovne ure) ali odzivni pristranki (npr. socialna zaželenost, različni standardi samoocenjevanja po spolu).
- Zmerni učinki v KS in SRL ($r \approx 0,30$). Ti rezultati so pedagoško relevantni: dekleta poročajo o pogostejši in bolj učinkoviti rabi kognitivnih strategij ter samoregulacije. Možen mehanizem je večja usmerjenost k procesnim ciljem (obvladovanje snovi, ne le dosežek), bolj konsistentne navade učenja in večja raba metakognitivnih pristopov.
- Razlike v variabilnosti. Širši intervali zaupanja pri TA kažejo na heterogenost strategij soočanja s preizkusi znotraj obeh spolov; ožje razpršitve pri dekletih za SRL in pri fantih za KS nakazujejo bolj enotne pristope v teh domenah.
- Možne merske posebnosti. Razlago lahko delno določajo lastnosti instrumenta: (a) ali so vse TA postavke dosledno obratno kodirane, (b) merska invarianca po spolu, (c) zanesljivost podlestitvic. Brez tega lahko razliko v TA predele interpretiramo previdno.
- Kontekst in pričakovanja. Učni kontekst (tip predmeta, načini preverjanja, kultura ocenjevanja) lahko različno nagraduje strategije, ki jih pogosteje uporabljajo dekleta (redno delo, sprotno ponavljanje), kar povečuje njihov zaznan uspeh in zmanjšuje TA.

Sklepno: razlike so največje in praktično najbolj pomembne v KS in SRL, kar podpira usmeritev v razvijanje strategij in metakognicije; razlike v NM in TA so manjše in potencialno bolj kontekstno pogojene, zato se jih interpretira z zadržkom.

Veščine samoregulacijskega učenja glede na razred

Graf na sliki 5 prikazuje povprečne (M) ocene za posamezne kategorije samoregulacijskega učenja (označene kot SU, NM, TA, KS in SRL) glede na razred udeležencev (6., 7. in 8. razred). Za vsako kategorijo so prikazane razlike med zgornjo in spodnjo mejo intervala zaupanja, ki kažejo, kako razpršena so mnenja udeležencev glede na samoregulacijsko učenje med razredi.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Slika 5: Grafični prikaz primerjave kategorij SRU med učenci 6.–8. razreda

Učenci 6. razreda se v večini domen ocenijo najvišje (SU = 5,20; NM = 5,73; KS = 5,39; SRL = 5,00), izjema je testna anksioznost (TA), kjer dosegajo najnižjo oceno ($M = 3,91$) in s tem največjo dovzetnost za anksioznost; 7. razred dosega srednje vrednosti, 8. razred pa najnižje (npr. SRL: 8. r. = 4,45; 7. r. = 4,66; 6. r. = 5,00). Povprečna širina intervala zaupanja je največja v 6. razredu (0,89), nato v 7. (0,52) in najmanjša v 8. (0,45); največja variabilnost je pri TA v 6. razredu ($CI = 1,28$), najmanjša pa pri SRL v 8. razredu ($CI = 0,37$).

Razlike med razredi (Kruskal–Wallis in post-hoc):

- NM: razlike so statistično pomembne; 6. r. > 7. r. ($p = 0,002$) in 6. r. > 8. r. ($p < 0,001$); učinki veliki do zmerno veliki ($\epsilon^2 = 0,21$; 0,28).
- KS: 6. r. > 8. r. ($p = 0,003$); $\epsilon^2 = 0,20$ (zmeren–večji učinek).
- SRL: 6. r. > 8. r. ($p = 0,002$); $\epsilon^2 = 0,21$ (zmeren–večji učinek).
- SU: razlika 6. r. vs. 8. r. ni statistično pomembna ($p = 0,06$).

Šestošolci poročajo o najvišji notranji motivaciji, kognitivnih strategijah in samoregulaciji (zmerno–večji učinki), vendar hkrati o največji testni anksioznosti. Osmošolci izkazujejo najnižje samoocene v SRL/KS, a najbolj enotne odgovore. Pedagoško to podpira ciljane spodbude SRL/KS predvsem v 7.–8. razredu ter ukrepe za zmanjševanje TA pri 6. razredu.

Določanje napovedne veljavnosti konstruktov SR

Za proučevanje napovedne veljavnosti konstruktov snovalskega razmišljanja na mero samoregulacije učenja bomo izvedli linearno večkratno regresijo, kjer se ocenjujejo vplivi

neodvisnih spremenljivk (SR1–SR14) na odvisno spremenljivko (samoregulacijo učenja). Iskali bomo statistično pomembne povezave, za kar mora veljati, da je p -koeficient manjši od 0,05. Standardizirani koeficient β se giblje med -1 in 1 ter odraža stopnjo povezanosti med neodvisno in odvisno spremenljivko.

Signifikantnost modela ($p < 0,05$) kjer model pojasni 36 % variance ($R^2 = 0,36$), nam izmed 14 kategorij razkrije 3 kategorije, ki podprejo ta model. Preglednica 5 prikazuje te kategorije, ki imajo statistično pomembne povezave: SR11, SR5 in SR3 (od najmočnejšega do najšibkejšega). Statistično značilni ($p < 0,05$) standardizirani koeficienti β prikazujejo pozitivno povezanost med neodvisno in odvisno spremenljivko, kar nakazuje na sposobnost snovalskega razmišljanja za razvijanje samoregulacije učenja pri učencih od 6. do 8. razreda.

Preglednica 5: Napovedna veljavnost konstruktov s statistično pomembnimi povezavami

Področja SR	<i>B</i>	Std. odklon	β	<i>t</i>	<i>p</i>
SR3	0,183	0,088	0,162	1,621	0,049
SR5	0,188	0,080	0,197	1,841	0,043
SR11	0,246	0,080	0,266	2,704	0,007

Iz predstavljene preglednice 5 lahko razberemo, da empatija, praktična inteligenca in sposobnost preoblikovanja ter oblikovanje problema pozitivno vplivajo na samoregulacijo učenja. Rezultati statističnega testa s t -vrednostjo 2,704 in nizko p -vrednostjo 0,007 celo kažejo na zelo močan in statistično pomemben vpliv veščine oblikovanja problemov na samoregulacijo učenja. Vse povezave so statistično značilne in imajo pomembne implikacije za razumevanje faktorjev, ki vplivajo na učenčev proces samoregulacije in morebitno izboljšanje učenčevih strategij.

Za ugotavljanje multikolinearnosti se najpogosteje uporabita VIF (opozorilo > 5 , hudo > 10 ; strožji prag $\approx 3,3$) in toleranca ($1/VIF$; problematično $< 0,20$) (Kock, 2015). Vsi konstrukti SR so znotraj dopustnih mej (toleranca 0,265–0,597; VIF 1,676–3,171), zato resnih težav z večkolinearostjo ni. Najvišje VIF izkazujeta SR6 (3,171) in SR1 (3,165) – še sprejemljivo, vendar bližje pragom; nekoliko višje so tudi SR10, SR3, SR8, SR14 ($\approx 2,8$ – $3,0$). Najnižje VIF ima SR12 (1,676), sledijo SR13 (2,015) in SR11 (2,222). Skupno to pomeni, da so ocene regresijskih koeficientov stabilne, interpretacija učinkov po postavkah pa zanesljiva, pri SR1/SR6 (in deloma SR10) je le smiselna minimalna previdnost.

Korelacijska analiza

S korelacijsko analizo bomo preučili povezanost med spremenljivkami. Za korelacijsko matriko smo glede na vrsto spremenljivke izbrali neparametrični Spearmanov test (Khamis, 2018). Moč povezave med spremenljivkami merimo s Spearmanovim koeficientom korelacije, ki se giblje v območju od -1 do 1 (preglednica 6). Bližje kot je koeficient temna vrednostima, močnejša je povezava oz. korelacija med njima. Pozitivna korelacija pomeni, da se ob povečevanju vrednosti prve spremenljivke hkrati povečujejo tudi vrednosti druge. Nasprotno se negativna korelacija pojavi, ko z naraščanjem rangov prve spremenljivke hkrati padajo rangi druge.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 6: Interpretacija stopnje povezanosti glede na Spearmanov test (Khamis, 2008)

Spearman p	Stopnja povezanosti
0	ni povezanosti
0,01–0,09	neznatna
0,10–0,39	Nizka (šibka)
0,40–0,69	Srednja (zmerna)
0,70–0,99	Visoka (močna)
1	Popolna (funkcijska)

V vseh 91 parih SR so korelacije statistično pomembne; prevladujejo zmerno pozitivne povezave, najizrazitejše pa med pari SR1–SR6, SR1–SR10, SR6–SR10 in SR6–SR8 (močne korelacije). To kaže, da se aktivno eksperimentiranje/kritično spraševanje tesno povezuje z ustvarjalno samozavestjo in abduktivnim mišljenjem; SR12 je pretežno šibko povezna (šibke korelacije s SR5, SR8), medtem ko številni drugi pari presegajo $p > 0,6$.

Od 10 parov SRL je 8 korelacij značilnih; TA ni statistično povezano z NM in KS, najmočnejša povezava je KS–SRU (močna pozitivna). TA šibko negativno korelira s SU in šibko pozitivno s SRU, ostali odnosi so zmerno pozitivni, pri čemer sta NM–SU in NM–KS najvišja ($p > 0,6$).

Korelacije med kategorijami snovalskega razmišljanja in samoregulacijskega učenja

Preglednica 7 prikazuje Spearmanove korelacije (ρ) med 14 področji snovalskega razmišljanja (SR1–SR14) in štirimi področji samoregulacijskega učenja (SU, NM, TA, KS, SRL) skupaj z njihovimi p -vrednostmi.

Ključni poudarki:

- Diagonala ($\rho = 1$) označuje samo-povezave; praznine odražajo simetričnost matrike.
- Večina parov je statistično značilnih ($p < 0,05$); najvišje povezave so med KS–SRL ($\rho = 0,706$) ter številnimi pari med SR-postavkami in KS/SRL ($\rho \approx 0,5–0,7$).
- TA ima šibke/neznačilne povezave z večino SR-in SRU-kategorij; SU in NM pa sta zmerno pozitivno povezana z mnogimi SR-dimenzijami.
- Skupno: matrika kaže, da se elementi snovalskega razmišljanja precej prekrivajo s kognitivnimi strategijami (KS) in samoregulacijo (SRL), manj pa s testno anksioznostjo (TA).

P -vrednost manjša od 0,05 razkriva, da so izmed 70 medsebojnih primerjav vrednosti Spearmanovega testa statistično pomembne v 56 medsebojnih primerjavah, kar kaže na prisotnost pomembnih korelacij med kategorijami snovalskega razmišljanja in samoregulacijskega učenja. Kategorija TA nima povezanosti z nobeno kategorijo snovalskega razmišljanja; sklepamo, da stopnja snovalskega razmišljanja ne pripomore k višji (oz. nižji) stopnji testne anksioznosti. »Zmerna« korelacija se kaže kot najvišja povezava med veččinami SR in SRU, pri čemer izpostavimo povezavi kategorije KS s kategorijama SR3 in SR14 s stopnjo povezanosti $p > 0,6$. Učenci, ki so bolj (manj) empatični, ter višja (oz. nižja) stopnja usmerjenosti v učenje pripomore k boljši (oz. slabši) uporabi kognitivnih strategij. Ostalih 11 povezav spada v skupino »šibkih« korelacij. Podrobne vrednosti korelacijskih koeficientov so dosegljive v delu Guna (2024).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 7: Korelacijska matrika

		SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	SR7	SR8	SR9	SR10	SR11	SR12	SR13	SR14	SU	NM	TA	KS	SRL
SR1	ρ	1	0,640	0,585	0,588	0,645	0,721	0,692	0,596	0,641	0,704	0,554	0,511	0,607	0,670	0,495	0,513		0,541	0,409
	p	.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR2	ρ		1	0,662	0,576	0,577	0,625	0,578	0,614	0,663	0,618	0,530	0,499	0,480	0,616	0,475	0,514		0,518	0,398
	p		.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR3	ρ			1	0,618	0,536	0,638	0,574	0,570	0,595	0,654	0,649	0,483	0,545	0,640	0,542	0,587		0,673	0,477
	p			.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR4	ρ				1	0,459	0,530	0,591	0,543	0,446	0,578	0,555	0,472	0,594	0,585	0,525	0,592		0,556	0,425
	p				.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR5	ρ					1	0,633	0,566	0,593	0,587	0,504	0,429	0,389	0,448	0,597	0,343	0,355		0,498	0,388
	p					.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR6	ρ						1	0,653	0,733	0,673	0,725	0,613	0,440	0,523	0,669	0,570	0,531		0,512	0,378
	p						.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR7	ρ							1	0,622	0,543	0,596	0,460	0,467	0,607	0,571	0,443	0,540		0,459	0,336
	p							.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR8	ρ								1	0,549	0,629	0,582	0,391	0,471	0,568	0,458	0,438		0,488	0,415
	p								.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR9	ρ									1	0,576	0,497	0,490	0,446	0,679	0,507	0,467		0,553	0,346
	p									.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR10	ρ										1	0,532	0,441	0,511	0,622	0,567	0,503		0,533	0,411
	p										.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR11	ρ											1	0,418	0,465	0,571	0,584	0,553		0,583	0,466
	p											.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR12	ρ												1	0,422	0,375	0,306	0,434		0,389	0,271
	p												.	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR13	ρ													1	0,515	0,428	0,463		0,447	0,360
	p													.	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
SR14	ρ														1	0,534	0,509		0,609	0,432
	p														.	0,000	0,000		0,000	0,000
SU	ρ															1	0,615	-0,242	0,540	0,409
	p															.	0,000	0,001	0,000	0,000
NM	ρ																1		0,619	0,461
	p																.		0,000	0,000
TA	ρ																	1		0,167
	p																	.		0,018
KS	ρ																		1	0,706
	p																		.	0,000

Rezultate si lahko razlagamo kot:

- Visoka pretežna povezanost (56/70 značilnih korelacij) kaže, da se elementi snovalskega razmišljanja funkcionalno prekrivajo z veščinami samoregulacije: postavljanje problemov, eksperimentiranje in refleksija so procesi, ki naravno spodbujajo načrtovanje, spremljanje in prilagajanje učenja. Posebej močni sta povezavi KS–SR3 in KS–SR14 ($p > 0,6$), kar smiselno nakazuje, da empatija ter usmerjenost v učenje olajšata rabo kognitivnih strategij (npr. elaboracija, organizacija, samopreverjanje). Zmerne povezave SU/NM s številnimi SR-področji dodatno podpirajo domnevo, da notranja motivacija in samoučinkovitost krepita prenos DT-praks v dejansko strategijsko vedenje pri učenju.
- Odsotnost povezav TA z dimenzijami snovalskega razmišljanja kaže, da je testna anksioznost bolj specifično afektivno stanje, vezano na ocenjevalne situacije, in ni neposredno odvisna od DT-kompetenc; urjenje DT samo po sebi verjetno ne zniža treme brez ciljnih intervencij za regulacijo čustev, časovno upravljanje in normalizacijo ocenjevanja.
- Pedagoške implikacije: integracija DT-cikla (definiranje problema → ideacija → prototipiranje → refleksija) v učenje lahko krepí SRL in KS, zlasti prek poudarka na empatiji, sodelovanju in usmerjenosti v obvladovanje snovi. Za TA pa so smiselni ločeni, ciljno usmerjeni ukrepi (rutine pred testom, dihotomija nalog, trening samopomiritve).
- Omejitve: korelacijski dizajn ne omogoča sklepanja o vzročnosti; rezultati so lahko delno posledica skupnih tretjih dejavnikov (npr. učiteljske prakse, predznanje). Ob številnih testih je priporočljivo preveriti tudi popravek za večkratno primerjanje (npr. *FDR* -false discovery rate).

Razlago matrike (preglednica 7) smiselno nadgradimo kot:

- Močan skupni faktor »SR«: Visoke in konsistentne korelacije med SR-postavkami ($\approx 0,45\text{--}0,73$) kažejo na skupno latentno jedro snovalskega razmišljanja (empatija–definicija problema–ideacija–eksperimentiranje–refleksija). Nekatere dimenzije (npr. SR6, SR1, SR10) delujejo kot »vozlišča« z najširšimi povezavami.
- Povezava s strategijami in samoregulacijo: KS je visoko povezan s SRL ($p = 0,706$) in z več SR-postavkami (večkrat $p \geq 0,50\text{--}0,60$), kar nakazuje, da prakse snovalskega razmišljanja najbolj »prelijejo« v konkretne kognitivne strategije in procese samouravnavanja (načrtovanje, spremljanje, prilagajanje).
- Motivacijski most: NM in SU kažeta zmerne do visoke povezave s številnimi SR-postavkami (večkrat $p \approx 0,50\text{--}0,62$), kar je skladno z vlogo motivacije in samoučinkovitosti kot »goriva«, ki omogoča prenos SR v dejansko strategijsko vedenje.
- Anksioznost je (skoraj) ločen konstrukt: TA je šibko negativno povezana s SU ($p = -0,242$) in rahlo pozitivno s SRL ($p = 0,167$), brez značilnih povezav z NM in KS. To podpira razlago, da je testna trema predvsem afektivna/kontekstualna prvina, ne neposreden odraz SR ali strategij.
- Heterogenost znotraj SR: Nekatere postavke (npr. SR12) imajo nižje korelacije ($\approx 0,27\text{--}0,43$), kar lahko pomeni vsebinsko bolj specifično dimenzijo ali drugačen način odzivanja.
- Metodološka opomba: Zaradi številčnosti testov so p-vrednosti masovno značilne; interpretacijo naj vodijo velikosti učinkov (p) in vzorci povezav.

Krepitev elementov snovalskega razmišljanja (zlasti eksperimentiranja, refleksije in empatične perspektive) najverjetneje neposredno podpira KS in SRL; za TA pa so smiselni ločeni, ciljno usmerjeni pristopi (regulacija čustev, časovno upravljanje, normalizacija ocenjevanja).

Diskusija

V tem poglavju podajamo odgovore na zastavljena raziskovalna vprašanja (RV1–RV4), in sicer v vsakem podpoglavju za ločen RV.

Stopnja snovalskega razmišljanja učencev od 6. do 8. razreda OŠ

Ugotovili smo, da se med razredi slovenskih osnovnih šol pojavljajo razlike v zaznavanju lastnih sposobnosti snovalskega razmišljanja. Učenci so ocenili svoje stanje snovalskega razmišljanja kot nadpovprečno, kar je znatno boljše, kot je leto prej ugotovil kolega Urbas (2020). Najbolje so se ocenili učenci 6. razreda, in sicer v vseh veščinah SR ($M = 4,82$), najslabše so svoje veščine snovalskega razmišljanja ocenili učenci 8. razreda ($M = 4,24$), medtem ko so učenci 7. razreda dosegli povprečno oceno $M = 4,28$. Prikaz stanja SR med isto populacijo učencev v prejšnjem šolskem letu (Urbas, 2020) je ravno obrnjena. Učencem 6., 7. in 8. razreda je najmanj prijetno prevzemanje tveganj (SR13). Presenetljivo je, da so učenci 6. razreda izpostavili usmerjenost v učenje (SR14) kot svoje najmočnejše področje. Učenci 7. in 8. razreda se najbolje počutijo, ko vzajemno delujejo in sodelujejo v timu (SR9). Prav tako smo s statistično korelacijsko analizo opazili pomembne razlike med razredi na vseh področjih SR.

Statistična obdelava nam je pokazala znatne razlike učencev 6. razreda v primerjavi z učenci 7. in 8. razreda. Učenci 6. razreda so se v primerjavi s 7. razredom ocenili kot bolj odprti za različne poglede in sodelovanje (SR2), bolj empatični (SR3), praktično inteligentni in sposobni preoblikovanja (SR5), samozavestni na področju ustvarjanja (SR6), so bolj željni sprememb (SR8), bolj dojemljivi za vzajemno delovanje in sodelovanje v timu (SR9), nagnjeni k abduktivnemu razmišljanju in predvidevanju novih stvari (SR10) ter usmerjeni v učenje (SR14). Znotraj kategorij SR1, SR4, SR7, SR11, SR12 in SR13 nismo zaznali statistično pomembnih razlik med 6. in 7. razredom. Opazne in pomembne razlike prikazujejo, da so učenci 6. razreda svoje sposobnosti SR kot bolj izrazite oz. bolj razvite ocenili tudi v primerjavi z učenci 8. razreda. Učenci v 6. razredu so bolj uspešni pri uporabi svojih snovalskih miselnih sposobnosti glede na preučevane kategorije. Statistično pomembnih razlik med 6. in 8. razredom nismo zaznali znotraj kategorij SR9 in SR10.

Naše odgovore lahko podkrepimo z nekaterimi znanstvenimi ugotovitvami na področju, in sicer:

- SR kot okvir in kompetence (empatičnost, prototipiranje, ustvarjalna samozavest): Razzouk in Shute (2012) podata temeljno sintezo o tem, kaj je snovalsko razmišljanje in zakaj je pomembno (eksperimentiranje, povratne informacije, prototipiranje, empatija). To podpre interpretacije višjih samoocen SR in pomen KS/SRU.
- SR v osnovni in srednješolski praksi (empatičnost, sodelovanje, kreativna samozavest): Študije d.school/REDlab in sorodne raziskave kažejo koristi DT v 2. in 3. triletju OŠ (aktivno učenje, empatija, sodelovanje, ustvarjalna samozavest). To lahko povežemo z višjimi ocenami 6. razreda in z izpostavljenimi domenami (SR2, SR3, SR9, SR14) (REDlab, n. d.; Carrol idr., 2010).

- SR kot konstruktivistični, timski proces (povezave s KS/SRU): Scheer s sodelavci (2012) utemeljijo DT kot timsko, problemsko in procesno učenje, ki krepi veščine 21. stoletja in prenos v akcijo – skladno z našimi ugotovitvami o povezavah med SR in KS/SRL.
- Povezave SR–metakognicija/SRU: Prispevki o kreativni metakogniciji in integraciji DT z metakognicijo (von Thienen idr., 2023) pojasnijo, zakaj so korelacije KS–SRL visoke ter zakaj učenci z močnejšimi SR veščinami poročajo o boljših strategijah in samoregulaciji (Panadero, 2017).
- SRU temeljna teorija (za interpretacijo KS, SRL, NM, SU): Klasični pregledi (Zimmerman, 2002; Pintrich, 2004) podajo okvir za razlago, da motivacija (NM), samoučinkovitost (SU) in strategije (KS) skupaj napovedujejo višje samoocene učenja – v skladu z našimi rezultati.
- Intelktualno/akademsko prevzemanje tveganja (SR13) v šoli: Raziskave kažejo, da učenci pogosto neradi tvegajo v akademskem kontekstu; na pripravljenost vplivajo ustvarjalna samozavest, učiteljska podpora in cilji učenja – kar podpre našo ugotovitev, da je SR13 najšibkejša domena (Begheto, 2009).
- Sodobni pregled SR v K-12 (Lin idr., 2025) še dodatno podkrepi naše ugotovitve o nadpovprečnih samoocenah snovalskega razmišljanja in razlikah med 6.–8. razredom. Še več, pregled SR kaže, da je DT v K-12 praviloma dobro sprejet, izboljšuje procese učenja ter spodbuja ustvarjalnost, sodelovanje in samoregulativne učne prakse. Posebej ujemajoče so naše višje ocene pri 6. razredu z ugotovitvami, da so intervencije SR najpogostejše in učinkovite prav na srednji stopnji šolanja, kjer elementi empatije, ideacije, prototipiranja in testiranja neposredno krepijo strategije učenja. Hkrati pregled opozarja na kratko trajanje mnogih programov SR in potrebo po tesnejšem povezovanju z vsebinskim učenjem – kar pomaga pojasniti heterogenost med razredi v naših podatkih ter podpira predlog, da SR sistematično vgradimo v kurikulum in spremljamo učinke na SR/KS.

Stopnja samoregulacije učencev od 6. do 8. razreda OŠ

V raziskavi so učenci 6.–8. razreda svoje samoregulacijsko učenje ocenili kot nadpovprečno. Dekleta so se opisala kot nekoliko bolj vešča samoregulacije kot fantje, vendar razlike po spolu v skupni ravni SRL niso zanesljivo potrjene. Pri testni anksioznosti so fantje poročali o nižji obremenjenosti, medtem ko pri samoučinkovitosti Mann–Whitneyjev preizkus ni pokazal statistično pomembnih razlik med spoloma. Analiza tako nakazuje, da razlike v notranji motivaciji in testni anksioznosti verjetno niso posledica spola, temveč naključja ali drugih, kontekstualnih dejavnikov. Najizrazitejše razlike se kažejo med razredi: šestošolci izstopajo z najvišjo samoučinkovitostjo in notranjo motivacijo, pogosteje uporabljajo kognitivne strategije in imajo najmanj testne anksioznosti. Njihove ocene po kategorijah so tudi najbolj raznolike, kar kaže na živahen repertoar pristopov k učenju. Na drugi strani imajo osmošolci najnižje povprečje SRU in najbolj enotne odgovore, kar kaže na zožen nabor strategij. *Post-hoc* preizkusi z Bonferronijevo korekcijo potrjujejo, da je 7. razred nižje motiviran od 6., medtem ko je 6. razred nad 8. pri notranji motivaciji, rabi kognitivnih strategij in samoregulaciji; med 7. in 8. razredom razlik ni. Skupna slika kaže razvojni trend upada samoučinkovitosti, motivacije, rabe strategij in samoregulacije prek razredov. To se odraža tudi v manj prijetnem doživljanju ocenjevanja pri sedmo- in osmošolcih. Praktično to pomeni, da je smiselno v kurikulum vgraditi ciljno poučevanje strategij in podporo pri obvladovanju testne anksioznosti, zlasti ob prehodu iz 6. v 7. razred. Ugotovitve so skladne z domačo literaturo (npr. Penov, 2019) ter podpirajo nadaljnje raziskovanje in prilagajanje pedagoških pristopov.

Ugotovitve še dodatno podkrepimo z relevantnimi viri iz tujine, in sicer:

- Povprečno nadpovprečna samoregulacija in razlike po spolu (zmerni učinki, a ne nujno sistematični): številne študije najdejo, da dekleta nekoliko pogosteje uporabljajo strategije SRL (ciljno postavljanje, samonadzor, načrtovanje), a so ti učinki pogosto majhni do zmerni in kontekstualni (Zimmerman in Martinez-Pons, 1990). Klasične analize strategij kažejo višjo uporabo pri dekletih, medtem ko novejši pregledi (zlasti v e-učenju) ne najdejo robustnih razlik po spolu v celotni ravni SRL (Bidjerano, 2005).
- Testna anksioznost: dekleta v povprečju pogosteje poročajo višjo testno/ocenjevalno anksioznost kot fantje (učinek tipično majhen) (Al-Shdayfat, 2025), kar je skladno z našo ugotovitvijo, da so fantje manj dovzetni za TA. To potrjujejo osnovno- in srednješolske ter novejše študije (Aydin, 2017).
- Starost/razred (6.–8.) in trendi: med prehodom skozi srednjo stopnjo OŠ raziskave dosledno kažejo upad notranje motivacije, učnega vložka/napora, kompetenčnih prepričanj in pogosto tudi rabe strategij, kar lepo sovпада z vašim vzorcem (6. > 7./8. razred pri NM, KS, SRL; 7. in 8. brez pomembnih razlik) (Eccles idr., 1993; Lazarides idr., 2017).
- Praktični pomen (zmerni učinki): tudi kadar so razlike po spolu statistično zaznavne, meta-analize in longitudinalne študije poudarjajo, da učinki niso veliki in so močno odvisni od učnega okolja (Zhang idr., 2023); zato se priporočajo ciljano poučevanje strategij, povratne informacije in opismenjevanje o čustvih ob ocenjevanju namesto splošnih spolno označenih pristopov (Yu, 2022).

Povezave med snovalskim razmišljanjem in samoregulacijo učencev od 6. do 8. razreda OŠ

Iz 70 medsebojnih primerjav smo po korakih analize izločili 56 statistično pomembnih, kar potrjuje prisotnost pomembnih povezav med področji snovalskega razmišljanja (SR) in kazalniki samoregulacijskega učenja (SRU). Povezanosti med SR ter samoučinkovitostjo (SU), notranjo motivacijo (NM), kognitivnimi strategijami (KS) in samoregulacijo (SRU) so močne do zmerne. Učenci z višjo ravni SR so praviloma bolj samoučinkoviti, višje notranje motivirani, bolje obvladujejo KS in so bolj samoregulativni. Podobno literatura dosledno povezuje elemente SRL (metakognicija, načrtovanje, samonadzor) z višjimi dosežki in motivacijo, čeprav so povprečne korelacije majhne do zmerne (Dent in Koenka, 2016).

Pedagoško to pomeni: vključevanje metod SR lahko hkrati dviga SU, NM, KS in – zmerno – SRU.

Za SU so najvplivnejša področja SR: oblikovanje problema (SR11), ustvarjalna samozavest (SR6), abdukcija/predvidevanje (SR10), empatija (SR3), usmerjenost v učenje (SR14) ter spoprijem z nejasnostmi (SR4); vplivi SR5 in SR12 so šibki.

Za NM izstopajo: spoprijem z nejasnostmi (SR4), empatija (SR3), oblikovanje problema (SR11), optimizem (SR7), ustvarjalna samozavest (SR6), odprtost/sodelovanje (SR2) in eksperimentiranje/kritično spraševanje (SR1); SR5 je šibak.

Za KS sta najmočnejši povezavi empatija (SR3) in usmerjenost v učenje (SR14), sledijo oblikovanje problema (SR11), spoprijem z nejasnostmi (SR4), timsko sodelovanje (SR9), eksperimentiranje (SR1) ter abdukcija (SR10); vplivi SR5, SR8, SR7, SR13 so manjši, SR12

šibak. To nakazuje, da učiteljevo sistematično spodbujanje empatije in usmerjenosti v učenje posebej krepi KS in s tem SRU.

Testna anksioznost (TA) ne kaže statistično pomembnih korelacij z nobenim področjem SR, zato ju obravnavamo kot relativno neodvisna konstrukta. Pri TA je vzorec, da poročajo dekleta višjo TA, skladen z mednarodnimi pregledi; mi pa nismo našli povezav TA s katero od domen SR, kar nakazuje specifičnost našega konstrukta SR (Aydin, 2019). Naše ugotovitve o majhnih razlikah po spolu so skladne s sodobnimi pregledi, ki v povprečju ne najdejo robustnih spolnih razlik v SRL (zlasti v e-učenju) (Yu, 2022). Hkrati starejše študije pogosto najdejo rahlo prednost deklet pri uporabi strategij (npr. organizacija, metakognicija), kar je delna razlika glede na naše rezultate (Bidjerano, 2005).

Povezanosti SR → SU/NM/KS v naših podatkih so v skladu z okvirjem, da strategije in prepričanja z roko v roki napovedujejo več angažiranosti in učinkovitosti pri učenju (Dent in Koenka, 2015). Pri starostnih razlikah se naši izidi (6. > 7./8. razred pri NM/KS/SRL; brez razlike 7. vs. 8.) ujemajo z ugotovitvami o upadu motivacije v prehodu skozi srednjo stopnjo OŠ (Eccles, 1993).

Specifičen prispevek našega dela je natančna hierarhija SR-področij: npr. za KS posebej izstopata empatija (SR3) in usmerjenost v učenje (SR14); takšne fine rang-razlike literatura običajno ne poroča, temveč agregira strategije (razlika v podrobnosti pristopa.)

Kjer smo našli, da spol ni ključen dejavnik za SU, se ujemamo s sodobnimi sintezami, medtem ko posamezne starejše študije zaznajo majhne razlike glede na spol v strategijah – ta razhajanja so najbrž posledica konteksta, meril in starosti vzorca (Yu, 2022).

Sklepamo lahko, da krepitev SR je obetaven vzvod za SU, NM, KS in SRL, medtem ko TA zahteva ločene, ciljno-emocionalne intervencije (Dent in Koenka, 2015).

Vpliv pouka po modelu snovalskega razmišljanja na samoregulacijo učencev od 6. do 8. razreda OŠ

Zadnje raziskovalno vprašanje je preverjalo, v kolikšni meri poučevanje po modelu snovalskega razmišljanja (SR) podpira samoregulacijo učenja (SRL) učencev 6.–8. razreda. Relacijska matrika je pokazala zmeren do močan vpliv SR na SRL, čeprav nekoliko šibkejši kot na druge domene (SU, NM, KS), kar kaže, da SRL kot kompleksna kompetenca zahteva širši nabor spodbud. Analitično so se kot najvplivnejše komponente SR na SRL izkazale empatija (SR3), oblikovanje problema (SR11), usmerjenost v učenje (SR14), spoprijem z nejasnostmi (SR4), želja po spremembah (SR8), abduktivno mišljenje (SR10) ter eksperimentiranje in kritično spraševanje (SR1); druge domene (SR2, SR5, SR6, SR7, SR9, SR12, SR13) prispevajo statistično značilno, a šibkeje.

Ugotovili smo močne do zmerne povezave med snovalskim razmišljanjem (SR) in samoregulacijskim učenjem (SRL) ter njegovimi gradniki (samoučinkovitost, notranja motivacija, kognitivne strategije), kar je skladno z modelom, da metakognitivne in strateške spretnosti hkrati krepijo motivacijo in dosežke (Dent in Koenka, 2016; Zimmerman in Martinez-Pons, 1990).

Relacijska matrika je pokazala, da je vpliv SR na SRL nekoliko šibkejši kot na SU, NM in KS; podobno meta-analize kažejo, da je SRL večdimenzionalna kompetenca, pri kateri so učinki posegov odvisni od eksplicitnega poučevanja strategij in konteksta nalog (Dignath in Büttner, 2008; Dignath idr., 2008).

V hierarhiji napovednikov SRU izstopajo empatija, oblikovanje problema in usmerjenost v učenje; te komponente so dobro utemeljene v raziskavah problemsko- in dizajn-naravnega pouka, ki poudarja razumevanje perspektiv, natančno opredeljevanje problema in iterativno učenje (Razzouk in Shute, 2012; Dignath in Büttner, 2008).

Večkratna linearna regresija je dodatno potrdila, da sistematičen pouk SR napoveduje višjo SRL predvsem prek empatije in praktične inteligence/preoblikovanja (SR5), pri čemer je vpliv sposobnosti oblikovanja problemov (SR11) najmočnejši in statistično najpomembnejši. Ta kombinacija nakazuje mehanizem, kjer SR nadgrajuje metakognitivne cikle (načrtovanje–monitoring–evalvacija) z družbeno-kognitivnimi in problemsko-ustvarjalnimi procesi (Razzouk in Shute, 2012; Dent in Koenka, 2016), kar neposredno olajša samonadzor učenja in prilagajanje strategij.

Pedagoško to pomeni, da didaktični scenariji, ki sistematično vključujejo empatijo (razumevanje perspektiv), strukturirano oblikovanje problema, eksplicitno usmerjanje v učenje, vadbo tolerance do nejasnosti ter varno eksperimentiranje, ustvarjajo pogoje za stabilnejšo in učinkovitejšo SRU. Hkrati so koristi modela SR širše: učenci pogosteje prevzemajo odgovornost za učenje, natančneje načrtujejo in organizirajo delo, reflektirajo napredek, samozavestneje rešujejo izzive in sodelujejo premišljeno z vrstniki; motivacijski učinki so praviloma pozitivni, saj se pouk opira na interese, izzive in avtentične naloge (Arianto idr., 2024). Vendar je prenos v prakso pogojen z učiteljevim didaktičnim znanjem in skladnostjo implementacije z učnimi cilji ter potrebami razreda: delne ali površinske rabe elementov SR ne zadoščajo za trajnejši dvig SRU.

Naše ugotovitve, da pouk SR prek empatije in »praktične inteligence/preoblikovanja« dviguje SRU, se ujemajo z rezultati intervencij, ki pri osnovnošolcih sistematično modelirajo strategije, refleksijo in sodelovalno učenje (Dignath idr., 2008; Penov, 2019).

Neodvisnost testne anksioznosti (TA) od domen SR v našem vzorcu dopolnjuje širše ugotovitve, da je TA predvsem afektivno-motivacijski konstrukt s šibkejšimi povezavami s strategijami, ob tem pa pogosto spolno diferenciran (Aydın, 2019), zato zahteva ciljno emocionalno-regulativne pristope zunaj SR intervencij (Dent in Koenka, 2016).

Praktična implikacija je jasna: celovite, eksplicitno zasnovane učne situacije, ki vključujejo empatijo, natančno oblikovanje problemov, usmerjenost v učenje in varno eksperimentiranje, so posebej obetavne za krepitev SRU v 6.–8. razredu (Dignath in Büttner, 2008; Razzouk in Shute, 2012; Penov, 2019).

Sklepamo lahko, da poučevanje po modelu snovalskega razmišljanja predstavlja obetaven pristop za krepitev veščin samoregulacije, zlasti če je kurikularno umeščeno kot celovita strategija, ki združuje problemsko naravnost, socialno-kognitivne kompetence in reflektivno prakso, kar potrjuje tudi študija Maryani s sodelavci (2023).

Številne študije in meta-analize (Maryani idr., 2023; Arianto idr., 2024; Olid-Luque idr., 2025) potrjujejo, da (a) ciljno poučevanje SRL v osnovni šoli pomembno krepí strategije, motivacijo in dosežke; (b) učinki so največji, ko so strategije eksplicitno modelirane in povezane z domenskimi nalogami (npr. reševanje problemov/razumevanje besedila); (c) elementi, sorodni vašemu modelu snovalskega razmišljanja – empatija, oblikovanje problema, refleksija in sodelovanje – so skladni z mehanizmi, prek katerih programi SRU izboljšujejo samoregulacijo.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Na podlagi kvantitativne analize vzorca 202 učencev 6.–8. razreda (presečni pristop; SPSS) ugotavljamo, da je snovalsko razmišljanje (SR) pomembno povezano s samoregulacijskim učenjem (SRU) pri pouku tehnike in tehnologije.

Relacijske in regresijske analize kažejo, da SR pojasni pomemben del variance SRL ($R^2 = 0,36$; $p < 0,05$). Statistično značilni napovedniki so oblikovanje problema (SR11), praktična inteligenca/preoblikovanje (SR5) in empatija (SR3), pri čemer je vpliv SR11 najmočnejši ($\beta = 0,266$; $p = 0,007$). Na ravni povezanosti izstopajo še zveze med kognitivnimi strategijami (KS) ter empatijo (SR3) in usmerjenostjo v učenje (SR14), kjer je Spearmanova $\rho > 0,6$, kar potrjuje, da socialno-kognitivni in učnomotivacijski elementi SR delujejo kot ključni mehanizmi SRU.

Po razredih se kaže konsistenten upad NM, KS in SRU: 6. razred dosega višje ocene kot 7. in zlasti 8. razred (*post hoc* z Bonferronijevo korekcijo: npr. KS 6. > 8., $p = 0,003$; SRL 6. > 8., $p = 0,002$; učinki $\epsilon^2 \approx 0,20$ – $0,21$). Pri samoučinkovitosti (SU) razlike med 6. in 8. razredom niso statistično pomembne ($p = 0,06$), kar nakazuje, da se zniževanje SRU po razredih ne odraža nujno v nižji subjektivni učinkovitosti. Korelacijska matrika potrjuje sistematične, večinoma zmerne pozitivne povezave med domenami SR (SR1–SR14) in gradniki SRU (SU, NM, KS, SRL), medtem ko je zveza s testno anksioznostjo (TA) šibkejša in selektivna.

Skupni sklep je, da didaktični scenariji, ki sistematično vključujejo empatijo, natančno oblikovanje problemskih izzivov in usmerjenost v učenje ter ponujajo varno polje za eksperimentiranje, neposredno krepijo samonadzor, planiranje in evalvacijo učenja.

Praktično to zagovarja kurikularno umeščanje SR kot celostnega pristopa (ne le niza aktivnosti) s poudarkom na problemski strukturi nalog, socialno-kognitivni interakciji in iterativni refleksiji.

Vendar opozarjamo na omejitve: neslučajnostni vzorec, samoocene, odstopanja od normalnosti (uporaba neparametričnih testov) in kontekst pandemičnih zapiranj šol, ki lahko vplivajo na prenosljivost ugotovitev.

Zaključimo lahko, da v 6.–8. razredu SR je obetaven vzvod za SRU; ciljno načrtovane intervencije, ki naslavlajo SR11, SR5 in SR3, so najprimernejše za izboljšanje SRL, medtem ko SU zahteva dodatne, specifične podpore za daljši časovni horizont.

V nadaljevanju podajmo tudi konkretne smernice za uvajanje snovalskega razmišljanja (SR) v izobraževalni proces, utemeljene na celotni študiji in podporni literaturi. Jedro priporočil izhaja iz ugotovitve, da SR statistično napoveduje višjo samoregulacijo učenja (SRL), posebej prek oblikovanja problema (SR11), praktične inteligence/preoblikovanja (SR5) in empatije (SR3),

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

pri čemer je vpliv SR11 najmočnejši ($R^2 \approx 0,36$; $\beta_{SR11} = 0,266$; $p = 0,007$). Hkrati je uporaba kognitivnih strategij (KS) najtesneje povezana z empatijo (SR3) in usmerjenostjo v učenje (SR14) ($p > 0,6$), kar kaže na mehanizem prenosa $SR \rightarrow SRU$ skozi socialno-kognitivne in motivacijske elemente.

Skladno z meta-analizami SRL je učinek največji, ko učitelji eksplicitno modelirajo strategije in učencem zagotavljajo cikle načrtovanja–spremljanja–vrednotenja v avtentičnih nalogah (npr. problemsko naravnani pouk).

Smernice za učitelje - didaktična izvedba

- Uokvirite pouk v dvojni cikel $SR \times SRL$. Učni sklop strukturirajte kot: *Empatija* → *Oblikuj problem* → *Ideiraj* → *Prototipiraj/testiraj* → *Reflektiraj*, pri čemer vsako fazo spremlja *Načrtuj* → *Spremljaj* → *Vrednoti* (*think-aloud* modeliranje, rubrike sprotnega spremljanja).
- Ciljno krepite »veliko trojico« napovednikov SRL: (1) SR11 – oblikovanje problema: uvodna analiza deležnikov, kriterijev uspeha, omejitev; učenci pišejo *definicijo problema v 1–2 stavkih* in ga med iteracijami izboljšujejo. (2) SR5 – preoblikovanje/praktična inteligenca: zahtevajte vsaj *dve različni prototipni rešitvi* in *evidence log*, kjer utemeljijo izbire in prilagoditve. (3) SR3 – empatija: uporabite *empatijske intervjuje, zemljevide empatije*, persone; učenci sproti beležijo vpogleda in kako ti spreminjajo rešitev.
- Strategije SRL učite eksplicitno in predmetno-specifično. Vpeljite mini-lekcije (5–10 min) o postavljanju ciljev, izbiri strategij, samopreverjanju razumevanja in naknadni evalvaciji; učinek takih pristopov je v OŠ dosledno pozitiven.
- Vzpostavite rutine »dokazov učenja«. Uporabljajte *učne dnevnike/learning diary, exit-ticket* z vprašanji »Kaj sem poskusil? Kaj bom naslednjič spremenil?« ter *metakognitivne kontrolne seznane*.
- Ocenjevanje integrirajte z iteracijo. Uporabite *formativno ocenjevanje* v vsaki SR-fazi (npr. rubrika za definicijo problema, rubrika za prototip, rubrika za refleksijo), končno oceno pa vežite na napredek in utemeljene odločitve.
- Načrtujte diferenciacijo po razredu. Ker 6. razred praviloma kaže višje NM/KS/SRL kot 8. razred, uvodoma ponudite več strukture starejšim skupinam (npr. predloge za načrtovanje in refleksijo) in postopno opuščajte opore.
- Ne mešajte ciljev za TA. Testna anksioznost ni povezovana z domenami SR; zanjo načrtujte ločene, emocionalno-regulativne intervencije (normalizacija napake, mikro-kviz z nizkim vložkom, dihalne tehnike).

Smernice za učence - operativne navade

- Pred nalogo (Načrtuj): v paru opravita kratek empatijski intervju; napišita *problem v 1–2 stavkih* in *SMART cilj*; izberita dve strategiji (npr. načrt prototipa + kontrolni seznam kakovosti).
- Med nalogo (Spremljaj): vodita *evidence log* (kaj deluje/ne deluje); preizkusita vsaj 2 prototipa; uporabita »*checkpoint 10–2–1*« (10 idej → 2 rešitvi → 1 prototip za test).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Po nalogi (Vrednoti): izpolni *refleksijski list*: kaj sem se naučil, kaj bom naslednjič storil drugače, katere dokaze imam za svojo odločitev; posodobi problem statement in naslednje korake.
- Vadi empatijo in usmerjenost v učenje: ob vsaki iteraciji zapiši *vpogled uporabnika* in *eno izboljšavo rešitve*; preveri, katera učna strategija ti je najbolj pomagala in zakaj.
- Ravnaj z nejasnostjo: ko »obtičiš«, uporabi *tri vprašanja*: (1) Kaj je neznano? (2) Kateri eksperiment bi najhitreje prinesel povratno informacijo? (3) Kaj bom spremenil v 15 minutah?
- Samopreizkus KS + SRU: preveri, ali si uporabil strategije za razumevanje (povzemanje, vprašanja, preverjanje kriterijev) in ali si spremljal napredek glede na cilj.

V raziskavi so SR11, SR5 in SR3 najmočnejši napovedniki SRL, zato ciljne aktivnosti v teh domenah največ prispevajo k rasti samoregulacije; hkrati SR3 in SR14 vodita do višje uporabe KS, kar je skladno z učinki eksplicitnega poučevanja SRL v OŠ. Pristop je skladen z dokaznimi smernicami iz literature ter okvirji snovalskega razmišljanja, ki kombinirajo problemsko strukturiranje, prototipiranje in refleksijo v jasne učne korake.

Omejitve in opombe za prakso: Rezultati študije temeljijo na samoocenjevanju in neslučajnostnem vzorcu; priporočamo kombinacijo samoocen z opazovanji in artefakti *učenja* ter postopno validacijo z dosežki.

Za trdnejše sklepanje o vzročnosti predlagamo za prihodnje raziskave longitudinalni, klastersko randomizirani preizkus pouka po modelu snovalskega razmišljanja z več merjenji (pred–po–sledilno), kjer bi mediacijske analize preverile, ali oblikovanje problema in empatija posredujeta učinke na samoregulacijo. V drugi smeri potrebujemo multimetodno triangulacijo (samoocene, opazovanja, učni artefakti, dosežki, sproti vprašalniki, analitika učenja) ter preverjanje merilne invariantnosti, da objektivno ovrednotimo spremembe in veljavnost mer. Tretji korak je raziskava prenosljivosti in stroškovne učinkovitosti v praksi z iterativnim uvajanjem v različnih predmetih in razredih, oceno robnih učinkov ter modeli podpore učiteljem (mikro-usposabljanja, mentorstvo, učne skupnosti).

Literatura in viri

- Anderson, N. (2012). Design thinking: Employing an effective multidisciplinary pedagogical framework to foster creativity and innovation in rural and remote education. *Australian & International Journal of Rural Education*, 22(2), 43–52.
- Arianto, F., Yulyani, N. in Yuniawatika. (2024). Evaluating metacognitive strategies and self-regulated learning to predict primary school students' self-efficacy and problem-solving skills in science learning. *European Journal of Educational Research*, 13(3), 1405–1418.
- Avsec, S. (2020). Investigation into design thinking in mechanical engineering student. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 18(2), 91–96.
- Avsec, S. (2021). Snovalsko razmišljanje v visokošolskem tehniškem izobraževanju. V *Inovativno učenje in poučevanje za kakovostne kariere diplomantov in odlično visoko šolstvo: Specialne didaktike v visokošolskem prostoru* (str. 9–27). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Avsec, S. in Jagiełło-Kowalczyk, M. (2021). Investigating possibilities of developing self-directed learning in architecture students using design thinking. *Sustainability*, 13(8), 4369. http://pefprints.pef.uni-lj.si/6673/1/Avsec_Investigating.pdf
- Aydin, U. (2019). Test anxiety: Gender differences in elementary school students. *European Journal of Educational Research*, 8(1), 123–134. <https://www.eu-jer.com/test-anxiety-gender-differences-in-elementary-school-students>
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191–215. <https://educational-innovation.sydney.edu.au/news/pdfs/Bandura%201977.pdf>
- Beghetto, R. A. (2009). Correlates of intellectual risk taking in elementary school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 210–223. <https://doi.org/10.1002/tea.20270>
- Bevk, M. (2018). *Odnos učencev do tehnike in tehnologije ter okolja: Povezovalni vidiki za vzdržno okolje* [Magistrsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Bidjerano, T. (2005). *Gender differences in self-regulated learning* (ED490777). ERIC. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED490777.pdf>
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92.
- Brown, T. in Wyatt, J. (2009). Design thinking for social innovation. *Stanford Social Innovation Review*, 8(1), 31–35. <https://doi.org/10.48558/58Z7-3J85>
- Carroll, M. idr. (2014). Student teams in search of design thinking. V *Design thinking research: Building innovation eco-systems* (str. 11–34). Springer International Publishing.
- Carroll, M., Goldman, S., Britos, L., Koh, J., Royalty, A. in Hornstein, M. (2010). Destination, imagination and the fires within: Design thinking in a middle school classroom. *International Journal of Art & Design Education*, 29(1), 37–53.
- Coleman, E. idr. (2019). Design thinking among first-year and senior engineering students: A cross-sectional, national study measuring perceived ability. *Journal of Engineering Education*, 1–16. <https://doi.org/10.1002/jee.20298>
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D. R. in Edström, K. (2014). *Rethinking engineering education: The CDIO approach* (2. izd.). Springer.
- Creswell, J. W. in Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5. izd.). Sage.
- d.school–old.stanford.edu. (2017). *An introduction to design thinking process guide*. <https://web.stanford.edu/~mshanks/MichaelShanks/files/509554.pdf>
- Dosi, C., Rosati, F. in Vignoli, M. (2018). Measuring design thinking mindset. *International Design Conference – Design 2018*. <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0493>
- Duncan, T. G. in McKeachie, W. J. (2005). The making of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire. *Educational Psychologist*, 40(2), 117–128. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4002_6
- Eccles, J. S., Midgley, C., Wigfield, A., Buchanan, C. M., Reuman, D., Flanagan, C. in Mac Iver, D. (1993). Negative effects of traditional middle schools on students' motivation. *The Elementary School Journal*, 93(5), 553–574. <https://www.jstor.org/stable/1001828>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Guna, T. (2024). *Snovalsko razmišljanje za spodbujanje samoregulacijskega učenja pri pouku tehnike in tehnologije* [Magistrsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Khamis, H. (2008). Measures of association: How to choose? *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 24(3), 155–162.
- Kock, N. (2015). Common method bias in PLS-SEM: A full collinearity assessment approach. *International Journal of e-Collaboration*, 11(4), 1–10. <http://doi.org/10.4018/ijec.2015100101>
- Krivograd, V. J. (2022). *Razumevanje in odnos učencev osnovne šole do tehnike in tehnologije* [Magistrsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Kwek, D. in Hong, S. (2011). Innovation in the classroom: Design thinking for 21st century learning. Stanford University.
- Lazarides, R., Viljaranta, J., Aunola, K., Pesu, L. in Nurmi, J.-E. (2017). Longitudinal effects of student-perceived classroom support on motivation: A latent change model. *Frontiers in Psychology*, 8, 417. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00417>
- Lenhard, W. in Lenhard, A. (2016). Computation of effect sizes. *Psychometrika*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17823.92329>
- Lin, L., Shen, S., Shadiev, R. in Yu, M. (2025). Review of research on design thinking in K–12 education. *Educational Research Review*, 47, 100682. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100682>
- Lor, R. (2017). Design thinking in education: A critical review of literature [konferenčna predstavitev]. Asian Conference on Education & Psychology, Bangkok, Thailand, 24.–26. maj (str. 36–68).
- Marentič-Požarnik, B. (2000). *Psihologija učenja in pouka*. Ljubljana: DZS.
- Maryani, I., Estriningrum, U. in Nuryana, Z. (2023). Self-regulated learning and creative thinking skills of elementary school students in distance education during the COVID-19 pandemic. *Creativity Studies*, 16(2), 496–508. <https://doi.org/10.3846/cs.2023.15278>
- Modic, K. (2016). *Učni stili, odnos do tehnike in ustvarjalnost učencev 6. in 9. razreda osnovne šole* [Magistrsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Moretti, M. (2019). Cronbach alfa. <https://statisticneanalize.com/cronbach-alfa-koeficient/> (11. februar 2023)
- Olid-Luque, M., Rodríguez-Fernández, A. in Garrido-Fernández, M. (2025). Impact of self-regulated learning programs in primary school: A systematic review. *Psychology in the Schools*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1002/pits.23352>
- Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in Psychology*, 8, 422. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>
- Panke, S. (2019). Design thinking in education: Perspectives, opportunities and challenges. *Open Education Studies*, 1(1), 281–306. <https://doi.org/10.1515/edu-2019-0022>
- Pečjak, S. (2012a). Metakognitivne sposobnosti pri učenju: Struktura in njihov razvoj. *Vzgoja in izobraževanje*, 43(6), 4–9.
- Pečjak, S. (2012b). Razvoj metakognitivnih sposobnosti pri učenju in vloga učitelja. *Vzgoja in izobraževanje*, 43(6), 10–17.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Pečjak, S. in Košir, K. (2003). Pojmovanje in uporaba učnih strategij pri samoregulacijskem učenju pri učencih osnovne šole. *Psihološka obzorja*, 12(4), 49–70. http://psiholoska-obzorja.si/arhiv_clanki/2003_4/pecjak_kosir.pdf
- Penov, L. (2019). *Samoregulativno učenje pri vsebinah tehnike in tehnologije* [Magistrsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In *Handbook of self-regulation* (str. 451–502). San Diego, CA: Academic Press.
- Pintrich, P. R. (2004). A conceptual framework for assessing motivation and self-regulated learning in college students. *Educational Psychology Review*, 16(4), 385–407. <https://doi.org/10.1007/s10648-004-0006-x>
- Pintrich, P. R. in De Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33–40. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.33>
- Pintrich, P. R. idr. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. ERIC. <https://eric.ed.gov/?id=ED338122>
- Razzouk, R. in Shute, V. (2012). What is design thinking and why is it important? *Review of Educational Research*, 82(3), 330–348. <https://doi.org/10.3102/0034654312457429>
- Rea, L. M. in Parker, R. A. (1992). *Designing and conducting survey research*. Jossey-Bass.
- REDlab (Stanford University). (n. d.). *Research in Education & Design (REDlab)*. <https://web.stanford.edu/group/redlab/> (1. november 2025)
- Scheer, A., Noweski, C. in Meinel, C. (2012). Transforming constructivist learning into action: Design thinking in education. *Design and Technology Education: An International Journal*, 17(3), 8–19. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ996067.pdf>
- Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*, 48, 1273–1296.
- Tomec, E., Pečjak, S. in Peklaj, C. (2006). Kognitivni in metakognitivni procesi pri samoregulaciji učenja. *Psihološka obzorja*, 15(1), 75–92. http://psiholoska-obzorja.si/arhiv_clanki/2006_1/tomec.pdf
- Urbas, N. (2020). *Snovalsko razmišljanje učencev od 6. do 8. razreda osnovne šole* [Magistrsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- von Thienen, J. P. A., Weinstein, T. J. in Meinel, C. (2023). Creative metacognition in design thinking: Exploring theories, educational practices, and their implications for measurement. *Frontiers in Psychology*, 14, 1157001. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1157001>
- Yu, Z. in Deng, X. (2022). A meta-analysis of gender differences in e-learners' self-efficacy, satisfaction, motivation, attitude, and performance across the world. *Frontiers in Psychology*, 13, 897327. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.897327>
- Zhang, L., Jiang, Y. in Chen, J. (2023). Longitudinal interrelations among self-efficacy, interest value, and effort cost in adolescent students' English achievement and future choice intentions. *Learning and Instruction*, 84, 101627. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2023.102176>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Zimmerman, B. J. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: An overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3–17.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich in M. Zeidner (ur.), *Handbook of self-regulation* (str. 13–40). Academic Press.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2
- Zimmerman, B. J. in Bandura, A. (1994). Impact of self-regulatory influences on writing course attainment. *American Educational Research Journal*, 31(4), 845–862. <https://doi.org/10.2307/1163397>
- Zimmerman, B. J. in Martinez-Pons, M. (1986). Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies. *American Educational Research Journal*, 23(4), 614–628.
- Zimmerman, B. J. in Martinez-Pons, M. (1990). Student differences in self-regulated learning: Relating grade, sex, and giftedness to self-efficacy and strategy use. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 51–59. <https://eric.ed.gov/?id=EJ442294>
- Zimmerman, B. J. in Moylan, A. R. (2009). Self-regulation: Where metacognition and motivation intersect. In D. J. Hacker, J. Dunlosky in A. C. Graesser (ur.), *Handbook of metacognition in education* (str. 299–315). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Žerak, U., Juriševič, M. in Pečjak, S. (2020). Differences in students' self-regulated learning according to their age and gender. *Contemporary Topics in Education*, 4(1), 149–164. http://www.pef.uni-lj.si/fileadmin/Datoteke/CRSN/PhD/Education-IV_Part-I.pdf

RAZVOJ DIGITALNIH KOMPETENC MLADIH SKOZI IZKUSTVENO UČENJE ROBOTIKE IN ELEKTRONIKE Z UMETNO INTELIGENCO

DEVELOPMENT OF YOUNG PEOPLE'S DIGITAL SKILLS THROUGH EXPERIMENTAL LEARNING OF ROBOTICS AND ELECTRONICS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Rok Gabrovšek in David Rihtaršič

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Prispevek predstavlja razvoj treh interdisciplinarnih izobraževalnih programov, namenjenih razvoju digitalnih kompetenc in pismenosti o umetni inteligenci med učenci na različnih stopnjah izobraževanja in učitelji. Izobraževanja so nastala kot odgovor na razširjenost uporabe tehnologije umetne inteligence v šolskem prostoru in hkratno pomanjkljivo poznavanje osnovnih mehanizmov njenega delovanja. Zasnovana so bila v okviru pobude JR MLADI 2025–2026 in temeljijo na evropskem kompetenčnem modelu DigComp 2.2 ter ogrodju ED-AI Lit, ki poudarja ključne elemente pismenosti o umetni inteligenci, kot so razumevanje tehnologije, etična presoja, kritično mišljenje in avtonomna uporaba. Programi s tem predstavljajo celovit pristop k razvoju sodobnih digitalnih in UI kompetenc, ki podpirajo vključujočo in odgovorno uporabo umetne inteligence v izobraževanju.

Izobraževanja povezujejo koncepte umetne inteligence s praktičnimi nalogami in resničnimi problemi. Prvi program uvaja osnovno algoritmično razmišljanje in razumevanje nevronske mreže skozi začetno robotiko in programiranje v jeziku C++. Drugi program povezuje programirljivo elektroniko s strojnimi vidom za razvoj naprav, ki z uporabo umetne inteligence rešujejo resnične probleme. Tretji program, namenjen učiteljem, se osredotoča na izdelavo UI tutorjev z uporabo Pythona in brezkodega okolja platform n8n ter spodbuja kritično razmišljanje o pedagoških in etičnih dimenzijah uporabe umetne inteligence v izobraževanju.

Izobraževanja temeljijo na praktičnih didaktičnih pristopih, sodelovalnem učenju in uporabi UI tutorjev za podporo pri samoregulaciji učenja in refleksiji. Z vključevanjem pismenosti o umetni inteligenci v avtentične in smiselne učne kontekste udeleženci ne pridobivajo le tehničnih znanj, temveč razvijajo tudi kritično in etično zavedanje o delovanju in vplivu sistemov umetne inteligence.

Ključne besede: UI pismenost, digitalne kompetence, izobraževalni program, izkustveno učenje.

Abstract

The paper presents the design and implementation of experiential learning programs that foster digital and artificial intelligence competencies among students and teachers through interdisciplinary programs. In response to the increasing use of AI technologies and the limited understanding of their mechanisms and ethical implications among students and teachers, the study develops three

educational programs that integrate AI literacy with hands-on technical learning. The programs were created within the framework of the JR MLADI 2025–2026 initiative, aligned with the European DigComp 2.2 competence model and the ED-AI Lit framework, emphasizing core components of AI literacy.

Each program connects AI concepts with tangible applications. The first program introduces basic algorithmic thinking and neural networks through beginner robotics and programming in C++. The second program integrates programmable electronics (ESP32, camera modules) and machine learning (Edge Impulse) to develop AI-based devices for real-world problem solving. The third program, aimed at teachers, focuses on creating AI tutors using Python and no-code platforms (n8n), fostering critical reflection on the pedagogical and ethical dimensions of AI use in education.

The pedagogical design emphasizes learning-by-doing, collaborative problem-solving, and the use of AI tutors to support self-regulated learning and reflection. By embedding AI literacy within meaningful contexts, participants not only acquire technical skills but also develop critical and ethical awareness of AI systems.

Key words: AI literacy, digital competences, educational program, experiential learning.

Uvod

Umetna inteligenca (UI) je postala sestavni del sodobnega vsakdana. Algoritmi prilagajajo vsebine, ki jih beremo in gledamo, priporočajo glasbo, novice ali izobraževalne vire glede na naše navade; telefoni prepoznajo naš obraz, pametne naprave uravnavajo temperaturo, razsvetljava in porabo energije, medtem ko nosljive tehnologije spremljajo zdravstvene kazalnike in opozarjajo na odstopanja. Umetna inteligenca podpira tudi prometne in navigacijske sisteme, prepozna vzorce v medicinskih slikah, avtomatizira finančne transakcije ter omogoča prevajanje in komunikacijo v realnem času. Vedno pogostejše pa z umetno inteligenco komuniciramo neposredno, prek klepetalnih robotov in virtualnih pomočnikov, ki odgovarjajo na vprašanja, pripravljajo vsebine ali pomagajo pri učenju (Carrasco Ramírez in Islam, 2024; Zhu, 2025).

Raziskava o uporabi generativne umetne inteligence med mladimi v Sloveniji (Licardo idr., 2025) je pokazala, da večina učencev, dijakov in študentov UI orodja uporablja predvsem za šolske namene, pri iskanju idej, pripravi nalog, razlagi učne snovi in organizaciji informacij. Čeprav UI orodja dojemajo kot koristen pripomoček za učenje, več kot polovica dijakov svoje razumevanje delovanja generativnih modelov ocenjuje kot slabo ali ničelno. Mladi orodja uporabljajo intuitivno, brez razumevanja njihovih omejitev, tveganj ali etičnih implikacij.

Podobne rezultate prinašajo raziskave med študenti, ki kažejo, da je uporaba pogosto zgolj instrumentalna, za reševanje nalog ali iskanje hitrih odgovorov, medtem ko reflektivni in etični vidiki ostajajo v ozadju (Jereb in Urh, 2024). Učitelji (Licardo idr., 2025) poročajo o pomanjkanju znanja, didaktičnih smernic in primerov dobre prakse za vključevanje UI v pouk. Čeprav večina prepozna njen potencial predvsem za individualizacijo učenja, pogosto nimajo ustrezne podpore in izkušenj za pedagoško smiselno uporabo.

V luči razkoraka med razširjenostjo uporabe umetne inteligence in njenim razumevanjem je izobraževanje o UI pismenosti izjemnega pomena (Licardo idr., 2025; Walter, 2024), saj se uporabniki sicer lahko hitro srečajo s pastmi in izzivi, ki jih prinaša nepoučena uporaba UI. Med najpomembnejšimi izzivi so prekomerno zanašanje na odgovore in posledično zmanjšanje

kritičnega mišljenja (Zhai idr., 2024), pristranskost algoritmov (Akgun in Greenhow, 2024) ter pojav halucinacij v odgovorih umetne inteligence (Zhang idr., 2024).

Sistematično izobraževanje o delovanju umetne inteligence, oblikovanju pozivov (promptov) in različnih načinih uporabe (Chiu idr., 2024) uporabnikom omogoča boljše razumevanje tehnologije, kar pripomore h kritičnemu vrednotenju UI odgovorov, prepoznavanju napak ali pristranskosti ter učinkovitejši rabi orodij.

Kljub izraženi potrebi in velikemu potencialu za personalizirano učenje (Pratama idr., 2023), inteligentno tutorstvo (Baillifard idr., 2024), avtomatsko ocenjevanje (Gobrecht idr., 2024) in administrativno podporo (Parycek idr., 2023) formalna integracija umetne inteligence v šolske sisteme ostaja na nizki ravni (Chen idr., 2019). Pogosteje gre za neformalno uporabo, ki je odvisna od odnosa, prepričanja in pripravljenosti posameznih učiteljev (Acosta-Enriquez idr., 2024; Zhao idr., 2024; Licardo idr., 2025).

Pri formalni integraciji izstopa Kitajska, kjer učence že od šestega leta starosti sistematično izobražujejo o umetni inteligenci v skladu z obveznim učnim načrtom (Knox, 2020; The AI Track, 2024). Ostale države lovijo zaostanek z raznimi pilotnimi projekti, kot je AI+ v Evropi (Bellas idr., 2022). V Sloveniji pa ostaja usposabljanje redko, tako je na primer le 13 % srednješolcev prejelo kakršnokoli šolsko izobraževanje o umetni inteligenci (Licardo idr., 2025).

Jasna potreba po poučevanju o umetni inteligenci in povečanju tehnološke pismenosti (Wang, 2023) je pripeljala do razvoja številnih tečajev, modulov in didaktičnih okvirjev, ki učencem, dijakom in študentom omogočajo pridobivanje znanj, ki jih formalni šolski sistemi še ne vključujejo sistematično (Sabuncuoğlu, 2020; Su idr., 2022; Rupnik in Avsec, 2024). Celosten pristop k poučevanju UI pismenosti predstavljata okvir ED-AI Lit (Allen in Kendeou, 2024), predstavljen v preglednici 1, in univerzalni modul UI pismenosti (De Silva idr., 2024), ki izpostavljata štiri temeljne dimenzije: znanje o umetni inteligenci, reševanje problemov, etična uporaba ter inovativnost in podjetnost.

Preglednica 1: Okvir ED-AI Lit za poučevanje UI pismenosti

Komponenta	Opis
1. Znanje	Razumevanje, kako UI deluje (algoritmi, podatki, strojno učenje).
2. Evalvacija	Kritično vrednotenje UI (pristranskost, zanesljivost, viri)
3. Sodelovanje	Sodelovanje z UI in ljudmi (pozivi, timsko delo)
4. Kontekstualizacija	Uporaba UI v realnih kontekstih (šola, delo, družba)
5. Avtonomija	Samostojnost pri uporabi UI (refleksija, odločanje)
6. Etika	Etična zavest (pravičnost, zasebnost, transparentnost)

Kakovostni okvirji za osvojitev znanja o umetni inteligenci tako združujejo temeljno znanje, praktično delo, razmislek o etiki in interdisciplinarno integracijo. Ti elementi zagotavljajo, da študenti umetno inteligenco ne le uporabljajo, ampak tudi razumejo, kako deluje, znajo ovrednotiti rezultate in se obnašajo odgovorno pri njeni uporabi.

Med izobraževalnimi pristopi, ki najbolj celostno obravnavajo učenje o umetni inteligenci in dosegajo dobre rezultate, izstopajo tisti, ki vključujejo projektno delo, raziskovalno učenje in interdisciplinarnost (Su idr., 2023). Dober primer je AI+ projekt, ki je zasnovan kot 128-urno izobraževanje o umetni inteligenci, oblikovano po načelih projektnega učenja in praktičnih

pristopov. Program ne ostaja na teoretični ravni, temveč vključuje praktične naloge in projekte, ki povezujejo umetno inteligenco z robotiko, vgrajenimi sistemi in mobilnimi tehnologijami. Učenci spoznavajo ključna področja umetne inteligence: zaznavanje, delovanje, predstavitev znanja, sklepanja, strojno učenje, kolektivno inteligenco ter etične in družbene vidike uporabe. Vsaka učna enota vključuje konkreten izziv, ki ga učenci rešujejo v skupinah s pomočjo pametnih telefonov, senzorjev in robotov, kar omogoča neposredno povezavo med teoretičnimi koncepti in realnimi aplikacijami. Odločitev za vključevanje robotike izhaja iz želje, da bi učenci umetno inteligenco doživeli kot oprijemljivo in uporabno tehnologijo, ne le kot abstraktno programsko orodje. Tak pristop povečuje motivacijo, sodelovanje in razumevanje, saj učenci opazujejo rezultate svojega dela v realnem času in razvijajo kompetence reševanja problemov, timskega dela ter kritičnega mišljenja. AI+ projekt tako predstavlja primer dobre prakse, ki združuje tehnološko, kognitivno in etično dimenzijo učenja o umetni inteligenci (Bellás idr., 2022).

Namen in cilji

Na podlagi navedenih raziskav je razvidno, da mladi za uspeh v hitro razvijajočem se svetu ter za ohranjanje konkurenčnosti nujno potrebujejo razumevanje umetne inteligence in sposobnost njene odgovorne uporabe. Za razvoj teh kompetenc ni dovolj poznavanje osnovne rabe orodij umetne inteligence, temveč tudi razumevanje načina njihovega delovanja, omejitev in tveganj ter sposobnost kritičnega vrednotenja rezultatov, ki jih ponujajo.

Ker se formalni izobraževalni sistemi le počasi prilagajajo tehnološkim spremembam, prenos znanja o umetni inteligenci trenutno v veliki meri sloni na posameznih učiteljih, njihovi pripravljenosti in usposobljenosti. Kot učinkovit in prilagodljiv pristop k zmanjševanju teh vrzeli se kažejo neformalne izobraževalne delavnice, ki mladim omogočajo, da na praktičen in izkustven način spoznajo osnovne principe umetne inteligence ter razvijejo kompetence za njeno odgovorno in ustvarjalno uporabo.

Potrebo po takšnih izobraževanjih so prepoznali tudi na Ministrstvu za digitalno preobrazbo, ki je v okviru projekta JR MLADI 2025–2026 posebno pozornost namenilo prav razvoju znanj o umetni inteligenci. Namen sklopa B so utemeljili takole: »Namen sklopa B je mladim zagotoviti priložnosti za spoznavanje uporabe in učenje o umetni inteligenci. Udeleženci bodo razvijali spretnosti in znanja ter spoznavali zanimive poklice prihodnosti, ki se razvijajo na področju IKT in so povezani z umetno inteligenco« (Ministrstvo za digitalno preobrazbo, 2025).

V skladu s temi izhodišči smo si zadali cilj oblikovati medpredmetne izobraževalne programe, ki sledijo najnovejšim smernicam in zahtevam projekta ter omogočajo izobraževanje učencev, dijakov, študentov in učiteljev za odgovorno, kritično in ustvarjalno uporabo umetne inteligence.

Metoda

Pri načrtovanju izobraževalnega programa smo upoštevali več pogojev in predpostavk, ki so bistveno vplivali na njegovo zasnovo in izvedbo. Formalni pogoji razpisa JR Mladi so zahtevali preplet teoretičnih in praktičnih vidikov učenja z glavnim ciljem dviga digitalnih kompetenc

mladih. Program je moral pokrivati vseh pet področij digitalnih kompetenc po okviru DigComp 2.2 ter razvijati več posameznih kompetenc znotraj teh področij.

Druge pomembne postavke v razpisnih pogojih so:

- Trajanje: ≥ 22 ur
- Oblika: neformalna, interaktivna, praktična
- Jezik: slovenščina in jezik narodne skupnosti (kjer velja)
- Metodologija: kombinacija prakse in teorije, zabavni izzivi, skupinsko delo
- Ciljna skupina: otroci in mladi do 29 let
- Izvedba: živo, hibridno ali na daljavo

Razpis je posebej poudarjal, da morajo aktivnosti v programu vključevati spoznavanje osnovnih pojmov, konceptov, algoritmov in orodij umetne inteligence ter programerskih izzivov, ki temeljijo na UI. Med možnimi oblikami izvedbe so bile izpostavljene tudi delavnice in hekatloni, ki omogočajo udeležencem reševanje resničnih izzivov s pomočjo umetne inteligence. Razpis je določal še nekaj dodatnih pogojev, kot je uporaba specifičnega gradiva in vsebin, vendar bomo za namen tega prispevka podrobnosti zanemarili.

Pri oblikovanju programa smo upoštevali predznanje in značilnosti ciljne skupine. Na podlagi raziskav smo predpostavili, da udeleženci večinoma nimajo poglobljenega znanja o umetni inteligenci, temveč poznajo le osnovne pojave oblike, kot so klepetalni roboti ali prepoznavanje obrazov, in osnovno uporabo. Zato je bil program zasnovan tako, da postopno vodi udeležence od osnovnih konceptov do bolj kompleksnih struktur UI, pri čemer je osrednji poudarek na spoznavanju tehnologije skozi praktične in izkustvene naloge.

Sledili smo primerom dobrih praks in se odločili za interdisciplinarno povezovanje vsebin umetne inteligence z robotiko in elektroniko. Tak pristop omogoča konkreten prikaz temeljnih principov UI na primerih iz resničnega sveta. Pri tem smo se oprli na bogate izkušnje iz preteklih tehniških delavnic, kjer smo uspešno preučevali učinke izkustvenega učenja na področju robotike in elektronike (Rihtaršič idr., 2016; Susman in Rihtaršič, 2022). Poudarek je bil na izkustvenem in sodelovalnem učenju, kjer udeleženci pridobivajo znanje z neposrednim delom, eksperimentiranjem, skupinskim reševanjem problemov in refleksijo lastnih spoznanj.

Pri oblikovanju ciljev izobraževalnih programov smo upoštevali tudi kontekst in specifike naše vsebine. Primarni cilj je udeležencem predstaviti temeljne principe umetne inteligence in razvijati UI pismenost, sekundarni pa podajati znanja in veščine s področja elektronike in robotike. Za vsako izmed izobraževanj smo določili splošne in operativne cilje, ki jih naj udeleženci dosežejo po zaključku programa. Hkrati smo iz okvira DigComp 2.2 izluščili ključne digitalne kompetence, ki jih program razvija, ter opredelili načine, kako jih bomo dosegli. Celoten seznam ciljev in vključenih kompetenc je predstavljen v poglavju z rezultati, skupaj z opisom izvedbe izobraževanj.

Za zagotavljanje učinkovitosti programa je bila posebna pozornost namenjena sprotnemu preverjanju znanja. To se izvaja predvsem med praktičnimi nalogami, kjer udeleženci aktivno sodelujejo pri izvajanju dejavnosti. Učni cilji so oblikovani tako, da jih je večino mogoče preveriti neposredno ob delu z orodji, s katerimi udeleženci izvajajo naloge.

Metode preverjanja vključujejo:

- pregled izdelkov (vezja, programi, delovanje naprav),
- opazovanje in spremljanje dela udeležencev,
- pogovor o nalogah in razlago rešenih problemov,
- samoevalvacijo s pomočjo UI klepetalnega robota, ki omogoča preverjanje znanja,
- pisno preverjanje ob zaključku izobraževanja.

Tak pristop zagotavlja, da udeleženci ne le osvojijo teoretično znanje, ampak ga tudi praktično uporabijo, razumejo in kritično ovrednotijo.

Rezultati

Rezultat našega dela so tri izobraževalne delavnice, namenjene mladim in učiteljem, prek katerih udeleženci spoznavajo temelje umetne inteligence ter razvijajo digitalne kompetence prihodnosti.

Delavnice vključujejo:

- delavnico za mlade – povezovanje robotike in umetne inteligence,
- delavnico za mlade – povezovanje elektronike in umetne inteligence,
- delavnico za učitelje – uporaba umetne inteligence za tutorstvo.

V nadaljevanju so predstavljeni vsebinski sklopi, cilji, ključne aktivnosti in digitalne kompetence, ki jih udeleženci razvijajo skozi izvedbo posamezne delavnice.

Izobraževalni program: Uporaba digitalnih tehnologij z umetno inteligenco – izkustveno učenje na primeru začetne robotike

Celostna izvedba izobraževalnega programa »Uporaba digitalnih tehnologij z umetno inteligenco« traja 22 ur in je razdeljen v štiri vsebinske sklope. Program postopno vodi učence od razumevanja osnov algoritmov do konstrukcije preprostih nevronske mreže ter vključuje elemente izkustvenega učenja, projektnega dela in uporabe UI tutorja. Cilj programa je razvijati digitalne kompetence po modelu DigComp 2.2, spodbujati kritično in sistemsko mišljenje ter omogočiti samostojno učenje z digitalno podporo. Učinkovitost izvajanja je bila preverjena s predtestom in potestom, ki je omogočil kvantitativno merjenje prirasta znanja na področjih programiranja, razumevanja digitalnih tehnologij in uporabe umetne inteligence v praksi.

Sklop 1: Algoritmi in programi (5 ur)

Prvi sklop uvaja učence v logično mišljenje in strukturiranje postopkov z uporabo robota Cubetto. Učenci spoznajo pojem algoritma kot zaporedje jasno definiranih korakov za reševanje problema, oblikujejo diagrame poteka in uporabljajo koncept funkcije za optimizacijo ponavljajočih se ukazov. Učni proces temelji na izkustvenem učenju z manipulacijo fizičnih programskih blokov, kar omogoča razumevanje abstraktnih pojmov skozi konkretno izkušnjo. Sklop razvija zlasti kompetence:

- informacijska in podatkovna pismenost (1.1–1.3): iskanje, vrednotenje in upravljanje informacij;
- ustvarjanje digitalnih vsebin (3.1): razvoj lastnih programskih struktur;

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- reševanje problemov (5.1, 5.2): analiziranje in optimizacija algoritmov. Učne dejavnosti potekajo v skupinah, kar spodbuja sodelovanje in refleksijo o učinkovitosti rešitev.

Sklop 2: Reševanje problemov in uporaba digitalne tehnologije (5 ur)

V drugem sklopu učenci preidejo iz fizičnega programiranja v blokovno programiranje v okolju Ardublockly. Uporabijo krmilnik Arduino UNO in modularno zbirko Fischertechnik za sestavo mobilnega robota. Poudarek je na praktični uporabi digitalnih vhodov in izhodov, pogojnih stavkov in funkcij. Učenci eksperimentirajo z zaznavanjem ovir in avtomatizirajo odziv robota, kar krepi razumevanje programske logike in senzorske interakcije. Ključne kompetence vključujejo:

- komunikacijo in sodelovanje (2.1–2.3): skupinsko programiranje in deljenje rezultatov;
- programiranje (3.4): ustvarjanje kompleksnejših programov v blokovnem okolju;
- reševanje tehničnih problemov (5.1): diagnostika in odpravljanje napak. Metoda kombinira projektno učenje in timsko eksperimentiranje, kar omogoča aktivno gradnjo znanja.

Sklop 3: C++ konstrukti in programsko-strojna interakcija (8 ur)

Tretji sklop predstavlja prehod v tekstovno programiranje v jeziku C++. Učenci uporabljajo funkcije pinMode(), digitalWrite() in digitalRead() za upravljanje digitalnih vhodov in izhodov ter analogRead() za branje analognih senzorjev. Vpeljejo zanke (for) in pogojne stavke (if), s katerimi gradijo vedenjske modele robota – od izogibanja oviram do sledenja črti. Ključna inovacija sklopa je uporaba UI tutorja, ki deluje kot inteligentni digitalni pomočnik: učencem omogoča ponavljanje razlag, dodatna pojasnila ter sprotno razreševanje težav, kadar učitelj ne more nuditi individualne pomoči. Ta pristop spodbuja samoregulacijo učenja, hkrati pa razvija kompetence:

- programiranje in ustvarjanje digitalnih vsebin (3.4),
- sodelovanje prek digitalnih tehnologij (2.2),
- varnost in spletni bonton (4.2, 4.3). Vsebina sklopa temelji na izkustveni gradnji znanja in vzporedni uporabi blokovnega in tekstovnega jezika, kar zmanjšuje kognitivno obremenitev in povečuje prenos znanja.

Sklop 4: Nevronske mreže in umetna inteligenca (4 ure)

Zadnji sklop predstavlja uvod v umetno inteligenco in nevrnske mreže v kontekstu robotike. Učenci zgradijo model umetnega nevrona z elektronskimi komponentami: svetlobni senzor predstavlja vhod, krmilnik Arduino UNO s programom zagotavlja prenosno funkcijo, LED pa izhodni signal nevrona. S potenciometrom uravnavajo koeficient prenosne funkcije in s tem simulirajo proces učenja. Nato LED zamenjajo z motorjem in omogočijo robotu odziv na svetlobne dražljaje. Z dodajanjem drugega svetlobnega senzorja in nevrona ustvarijo preprosto nevronske mreže, ki robotu že omogoča sledenje črti. Sklop združuje eksperimentalno delo, refleksijo in digitalno ozaveščanje, saj učenci spoznajo osnovne koncepte umetne inteligence ter razumejo pomen uteži, prenosnih funkcij in prilagajanja. Razvijane kompetence vključujejo:

- informacijsko pismenost (1.1–1.3): iskanje in vrednotenje podatkov o komponentah,
- ustvarjanje in integracijo digitalnih vsebin (3.1–3.3): programiranje robotskih modelov,
- varnost in etično rabo (4.1–4.3): varna in odgovorna uporaba digitalnih tehnologij,

Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

- inovativno reševanje problemov (5.1–5.3): razvoj prilagodljivega robota z nevronske mrežo. UI tutor učencem nudi dodatne razlage o delovanju umetnih nevronske mreže in spodbuja refleksijo o etični in varni uporabi UI orodij.

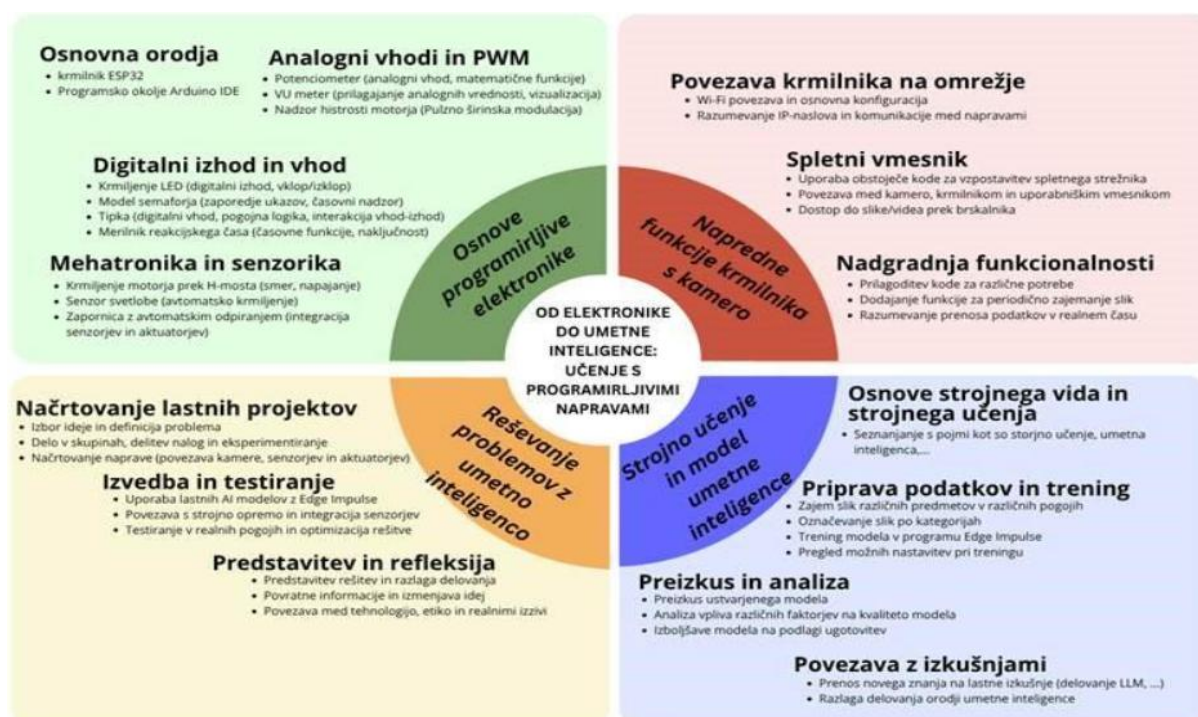
Didaktična zasnova in posebnosti izobraževanja

Program se od tradicionalnega pouka razlikuje po visoki stopnji integracije digitalnih tehnologij z načeli izkustvenega učenja, saj učenci spoznavajo koncepte prek konkretnih manipulacij, eksperimentiranja in refleksije. Posebna inovacija je uporaba UI tutorja, ki deluje kot inteligentni digitalni pomočnik in učencem omogoča samostojno učenje, ponavljanje razlag ter sprotno razreševanje težav, kadar učitelj ne more nuditi individualne pomoči. Tak pristop spodbuja aktivno udeležbo učencev, samoregulacijo učenja ter kritično mišljenje o delovanju tehnologij, s katerimi se srečujejo.

Izobraževalni program: Od elektronike do umetne inteligence – učenje s programirljivimi napravami

Izobraževalni program (slika 1) je namenjen udeležencem z osnovnošolskim znanjem s področja elektrotehnike (osnovne količine, električni krog, osnovne meritve) in je primeren za učence višjih razredov osnovne šole ter starejše. Sestavljen je iz štirih sklopov, od katerih se prva dva osredotočata na področje elektronike, tretji na strojni vid in umetno inteligenco, zadnji pa združuje vse pridobljene kompetence v samostojnem projektu.

Program je skrbno zasnovan po okvirju ED-AI Lit (Allen in Kendeou, 2024), ki vključuje šest ključnih komponent: (1) znanje, (2) evalvacija, (3) sodelovanje, (4) kontekstualizacija, (5) avtonomija in (6) etika. S tem okvirjem program učencem omogoča ne le tehnično razumevanje, temveč tudi kritično in odgovorno uporabo umetne inteligence v resničnih okoljih.



Slika 1: Vsebina izobraževalnega programa

Sklop 1: Osnove programirljive elektronike (6 ur)

Prvi sklop uvaja učence v svet programirljive elektronike z uporabo krmilnika ESP32 in okolja Arduino IDE. Učenci spoznajo osnovne elektronske komponente (LED, tipke, potenciometer, svetlobni senzor) ter se naučijo sestaviti preprosta vezja in jih krmiliti s programom.

Učne dejavnosti vključujejo postopno reševanje praktičnih nalog, kjer učenci razvijajo razumevanje osnovnih funkcij krmilnika in logike avtomatizacije. Začnejo z enostavnimi vajami, kot sta krmiljenje LED in izdelava semaforja, pri čemer spoznajo zaporedje ukazov in časovni nadzor. Nadaljujejo z uporabo tipk in pogojev if/else, s katerimi ustvarijo interaktivne programe za odzivanje na uporabnikove vnose. S pomočjo serijske komunikacije spremljajo podatke v realnem času in spoznajo diagnostični pomen ukazov Serial.print() ter funkcijo millis() za merjenje časa. Nato preidejo na analogne vhode, kjer s potenciometrom in funkcijo analogRead() izvedejo meritve in zgradijo VU meter za prikaz intenzivnosti signala. V naslednjem koraku spoznajo krmiljenje motorjev prek H-most vezja in nadzor hitrosti s pulzno-širinsko modulacijo, s čimer osvojijo osnovne principe avtomatizacije. Zaključna naloga sklopa je izdelava avtomatske zapornice, ki združuje senzor, motor in logiko pogojev, kar učencem omogoča, da povežejo vso predhodno znanje v delujoč, samostojen sistem. Kompetence, ki jih razvija ta sklop, so predvsem naslednje:

- Informacijska in podatkovna pismenost (1.1–1.3): razumevanje, interpretacija in uporaba podatkov iz senzorjev ter spremljanje rezultatov meritev v realnem času.
- Ustvarjanje digitalnih vsebin (3.1, 3.4): načrtovanje in programiranje funkcionalnih elektronskih sistemov z uporabo osnovnih in naprednih programskih struktur (zanke, pogoji, funkcije).
- Reševanje problemov (5.1, 5.2, 5.3): prepoznavanje tehničnih izzivov, iskanje učinkovitih rešitev ter ustvarjalna uporaba tehnologije za razvoj lastnih, delujočih naprav.

Sklop 2: Napredne funkcije krmilnika s kamero (3 ure)

V drugem sklopu učenci nadgradijo svoje znanje in se seznanijo z uporabo kamere OV2640 ter povezovanjem krmilnika ESP32 v brezžično omrežje. Učijo se vzpostaviti spletni strežnik, ki prikazuje sliko ali video v realnem času, in spoznajo, kako programska logika sodeluje s strojno opremo pri prenosu podatkov.

Dejavnosti vključujejo:

- konfiguracijo povezave brezžičnega omrežja in kamere,
- zajemanje in shranjevanje slik,
- nadgradnjo obstoječih programov za različne scenarije,
- analizo in razumevanje delovanja spletnega vmesnika.

Ključne kompetence, ki jih učenci v tem delu razvijajo, so:

- Informacijska in podatkovna pismenost (1.1–1.3): razumevanje in upravljanje podatkov, ki jih ustvarja kamera, ter njihova uporaba v omrežnem okolju.
- Ustvarjanje digitalnih vsebin (3.1, 3.4): razvoj in prilagajanje programske kode za povezovanje kamere in spletnega strežnika.
- Varnost (4.2): ozaveščanje o varni rabi omrežij in zaščiti podatkov pri delu z napravami, povezanimi v brezžično omrežje.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Reševanje problemov (5.1, 5.3): odpravljanje tehničnih napak in ustvarjalno prilagajanje kode za doseg stabilnega prenosa slike.

Sklop 3: Strojno učenje in modeli umetne inteligence (7 ur)

Tretji sklop predstavlja prehod v področje strojnega učenja in umetne inteligence na praktični ravni. Učenci se naučijo zbirati in označevati podatke, jih uvažati v platformo Edge Impulse, trenirati preprost model in ga prenesti na krmilnik ESP32. S tem spoznajo, kako parametri, kakovost in količina podatkov vplivajo na delovanje modela.

Aktivnosti vključujejo:

- pripravo nabora slik predmetov za prepoznavanje,
- razvrščanje in označevanje slik po kategorijah,
- nastavitve modela in spremljanje procesa treniranja,
- prenos modela na krmilnik ter testiranje v realnem okolju.

Učenci se naučijo prepoznati vpliv osvetlitve, razmerja med kategorijami in parametrov modela na uspešnost delovanja. Ob tem se seznanijo tudi z etičnimi vidiki uporabe umetne inteligence, pristranskostjo, zasebnostjo in odgovornim odločanjem:

- Informacijska in podatkovna pismenost (1.1–1.3): zbiranje, organiziranje in vrednotenje kakovosti podatkov, potrebnih za treniranje modelov.
- Ustvarjanje digitalnih vsebin (3.1, 3.4): priprava in prilagajanje modelov umetne inteligence na platformi Edge Impulse.
- Varnost (4.2, 4.3): razumevanje pomena zasebnosti, odgovorne rabe podatkov in etičnih vprašanj pri razvoju UI modelov.
- Reševanje problemov (5.1, 5.3): prilagajanje parametrov modela glede na rezultate, odpravljanje napak in izboljševanje natančnosti delovanja.

Sklop 4: Reševanje problemov z umetno inteligenco (6 ur)

V zadnjem sklopu učenci združijo vsa pridobljena znanja, elektroniko, programiranje in modele umetne inteligence ter jih uporabijo pri razvoju lastne naprave. Delo poteka v manjših skupinah po principu projektnega učenja, kjer učenci sami izberejo problem in oblikujejo napravo, ki ga rešuje s pomočjo umetne inteligence.

Primeri projektov vključujejo pametne zapornice, senzorje gibanja s prepoznavo slike, pametne ključavnice in števec obiskovalcev. Učenci pri tem uporabljajo UI tutorja, ki jim nudi pomoč, razlago in povratne informacije o tehničnih ter etičnih vprašanjih.

Poseben poudarek je na kritičnem razmišljanju o delovanju in učinkih umetne inteligence: zakaj modeli delujejo različno, kako podatki vplivajo na rezultate in kaj pomenijo koncepti pristranskosti in transparentnosti v praksi. S tem učenci razvijajo kompetence sodelovanja, inovativnosti, refleksije in odgovorne uporabe UI, od DigComp 2.2 kompetenc pa razvijajo:

- informacijska in podatkovna pismenost (1.1–1.3): uporaba podatkov iz modelov umetne inteligence pri načrtovanju in preizkušanju delujočih naprav;
- komunikacija in sodelovanje (2.1, 2.3): delo v skupinah, izmenjava idej, razdelitev vlog in skupno reševanje tehničnih izzivov;
- ustvarjanje digitalnih vsebin (3.1, 3.4): razvoj delujočih prototipov, ki povezujejo senzorje, aktuatorje in UI modele;

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Varnost in etika (4.2, 4.3): refleksija o zasebnosti, pristranskosti in odgovorni rabi umetne inteligence v realnih kontekstih;
- reševanje problemov in inovativnost (5.1, 5.3): samostojno iskanje rešitev, testiranje, optimizacija in ustvarjalna uporaba UI tutorja kot podpornega orodja pri učenju.

Didaktična zasnova in posebnosti izobraževanja

Program se, podobno kot prejšnji izobraževalni modul, opira na interdisciplinarni pristop, s to razliko da povezuje vsebine elektronike, programiranja in umetne inteligence v celovit učni proces. Učenci pri delu uporabljajo UI tutorja, ki spodbuja samostojno razmišljanje, postopno reševanje problemov in refleksijo o lastnih postopkih. Namesto da bi prejeli neposredne rešitve, jih tutor vodi skozi proces raziskovanja in preverjanja idej, kar krepi njihovo razumevanje in samozavest pri učenju.

Ključna posebnost programa je, da učenci na praktičen način spoznajo, kako nastajajo modeli umetne inteligence, od zbiranja in označevanja podatkov do treniranja in testiranja modelov, ter to znanje povežejo z lastnimi izkušnjami uporabe jezikovnih modelov in drugih oblik UI, s katerimi se srečujejo v vsakdanjem življenju. Tak pristop spodbuja kritično in odgovorno uporabo digitalnih tehnologij, saj učenci razumejo, kako modeli delujejo, zakaj včasih odpovedo in kako človekova vloga ostaja ključna pri njihovem smiselni in etični uporabi.

Izobraževalni program: UI tutor – digitalni pomočnik za učitelje prihodnosti

Program je namenjen učiteljem, ki jih zanima uporaba umetne inteligence pri pouku, še posebej uporaba tutorjev, zasnovanih na osnovi jezikovnih modelov. Udeleženci spoznajo, kako lahko umetna inteligenca podpira učenje od osnov razumevanja velikih jezikovnih modelov in oblikovanja pozivov do izdelave lastnih UI tutorjev, primernih za pedagoško rabo.

Program temelji na izkustvenem in projektno zasnovanem pristopu, kjer udeleženci skozi praktično delo razvijajo svoje tutorje, pri tem pa postopno razumejo tehnično ozadje, pedagoške možnosti in omejitve uporabe umetne inteligence v izobraževanju. Učenje poteka tako, da vsak učitelj izhaja iz lastnega področja poučevanja, kar omogoča izdelavo konkretnih uporabnih izdelkov.

Tekom izobraževanja poudarjamo kritično razumevanje delovanja umetne inteligence ter odgovorno uporabo in etiko pri digitalnem poučevanju, s čimer program spodbuja razvoj digitalne pismenosti, ustvarjalnosti in pedagoške inovativnosti. Program je zasnovan skladno z evropskim okvirjem digitalnih kompetenc DigComp 2.2 in celostno pokriva vseh pet področij kompetenc.

Sklop 1: Uvod, preverjanje predznanja in kompetenc (1 ura)

Udeleženci se seznani s potekom programa, cilji in pričakovanji. S pomočjo vprašalnika in kratkega preizkusa ocenijo svoje predhodno znanje o umetni inteligenci in stopnjo razvitosti digitalnih kompetenc.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Sklop 2: Uvod v umetno inteligenco in jezikovne modele (2 uri)

Udeleženci spoznajo temeljne koncepte generativne umetne inteligence in velikih jezikovnih modelov. Spoznajo delovanje orodij, kot sta ChatGPT in NotebookLM, razpravljajo o njihovi vlogi v izobraževanju ter kritično premislijo prednosti in omejitve teh tehnologij.

Sklop 3: Osnove Pythona in izdelava UI tutorja (6 ur)

Udeleženci se naučijo osnov programiranja v jeziku Python in izdelajo preprostega UI tutorja v terminalnem okolju. Spoznajo uporabo osnovnih ukazov, spremenljivk, pogojev in funkcij ter nato integracijo z OpenAI API-jem. Razumejo pomen parametrov, kot so temperatura, tokeni in kontekst, ter preizkusijo vpliv teh nastavitev na odzive tutorja. Delo poteka skozi kombinacijo razlage, individualnega programiranja in diskusije.

Sklop 4: Vizualna gradnja UI tutorjev z brezkodnimi orodji (8 ur)

Udeleženci spoznajo brezkodno orodje za avtomatizacijo n8n, s katerim lahko vizualno gradijo lastne UI tutorje. Naučijo se povezovati posamezna vozlišča (*nodes*), oblikovati tokove (*flows*) in vzpostaviti povezavo z jezikovnimi modeli preko API. Poseben poudarek je na oblikovanju in strukturiranju učnega gradiva, do katerega ima tutor dostop, saj kakovostno pripravljeno gradivo pomembno vpliva na natančnost in uporabnost njegovih odgovorov.

V praktičnem delu udeleženci razvijejo tutorja, ki zna odgovarjati na vprašanja, shranjevati zgodovino pogovorov in dostopati do zunanjih virov, kot so zbirke učnih gradiv ali podatkovne baze. Svoje rešitve izvažajo v obliki json datotek, jih delijo z drugimi in preizkušajo v simuliranih učnih situacijah, kjer raziskujejo, kako UI tutorji podpirajo učenje ter kako jih je mogoče prilagoditi različnim učnim ciljem in skupinam učencev.

Sklop 5: Hekatron in predstavitev rešitev (6 ur)

Udeleženci v skupinah razvijejo naprednejšega UI tutorja, prilagojenega konkretni učni situaciji ali predmetu. Svoje rešitve predstavijo drugim, jih argumentirajo in prejmejo povratno informacijo. V diskusiji ovrednotijo delovanje tutorjev, njihovo uporabnost in možnosti nadaljnjega razvoja.

Sklop 6: Evalvacija, refleksija in zaključek (1 ura)

Udeleženci primerjajo svoje znanje in kompetence pred začetkom in po zaključku programa. Izvedejo samoevalvacijo digitalnih kompetenc in reflektirajo, kako lahko pridobljeno znanje prenesejo v pedagoško prakso.

Didaktična zasnova in posebnosti izobraževanja

Program temelji na izkustvenem učenju, kjer udeleženci skozi ustvarjanje, preizkušanje in refleksijo spoznajo, kako delujejo umetno inteligentni sistemi, ki jih sicer v praksi pogosto uporabljajo kot »črne škatle«. Podobno kot pri ostalih dveh programih je tudi tukaj pristop interdisciplinaren, saj povezuje predmetna področja učiteljev z digitalnimi tehnologijami, programiranjem, pedagoškim načrtovanjem in etičnimi vidiki umetne inteligence.

Diskusija

Pri zasnovi izobraževalnih programov smo se oprli na okvir ED-AI Lit (Allen in Kendeou, 2024), ki opredeljuje šest ključnih komponent UI pismenosti v izobraževanju: znanje, evalvacijo, sodelovanje, kontekstualizacijo, avtonomijo in etiko. Ta okvir smo uporabili kot didaktično ogrodje, ki je usmerjalo tako oblikovanje ciljev kot strukturiranje posameznih učnih dejavnosti v vseh treh delavnicah.

Komponenta znanja je bila razvijana postopno od spoznavanja osnov algoritmov in elektronskih vezij do razumevanja konceptov umetnih nevronske mreže in uporabe orodij za strojno učenje. V učiteljskem programu se je znanje razširilo na razumevanje delovanja jezikovnih modelov in delovanja pozivov kot osnove za učinkovito sodelovanje z umetno inteligenco.

Komponenta evalvacije se je uresničevala prek refleksije in sprotnega preverjanja rezultatov. Udeleženci so analizirali natančnost modelov, razpravljali o vplivu kakovosti podatkov na rezultate ter kritično ocenjevali odgovore, ki jih je ponujal UI tutor. Učitelji so pri tem spoznavali, kako kvaliteta gradiva, pristranskost ali pomanjkanje konteksta vplivata na kakovost pedagoških interakcij.

Sodelovanje je bilo prisotno na dveh ravneh: v timskem delu med udeleženci, kjer so skupaj gradili rešitve in izmenjavali ideje, ter v sodelovanju z UI tutorjem, kjer so oblikovali in preizkušali učinkovite pozive. Tak pristop je spodbujal komunikacijo, skupinsko učenje in zavest o soodvisnosti med človekom in strojem.

Pri komponenti kontekstualizacije smo skrbeli, da so bile vse naloge umeščene v realne in relevantne situacije, npr. razvoj pametne zapornice, senzorja gibanja s prepoznavo slike ali tutorja, ki pomaga pri učenju. Udeleženci so tako spoznavali pomen umetne inteligence v širšem družbenem in poklicnem kontekstu.

Komponenta avtonomije se je izrazila skozi izbrane oblike dela in uporabo UI tutorja kot orodja za samoregulacijo učenja. Udeleženci so lahko samostojno raziskovali, ponavljali razlage in preizkušali ideje, pri čemer jih je tutor vodil skozi proces razmišljanja, namesto da bi ponujal takojšnje rešitve. S tem smo dosegli višjo stopnjo samostojnosti in odgovornosti za lastno učenje.

Nazadnje je bila komponenta etike vgrajena v vse vsebinske sklope tako skozi razprave o pravičnosti, zasebnosti in pristranskosti podatkov, kot tudi v pedagoškem kontekstu, kjer so učitelji razmišljali o odgovorni rabi umetne inteligence v učilnici. Etika ni bila predstavljena kot ločena tema, temveč kot integralni del vsake učne izkušnje.

Vsi izobraževalni programi so trenutno še v izvajanju (slika 2), zato rezultatov preverjanja znanja še ne moremo predstaviti. Zasnovani pa so tako, da vključujejo predtest in potest, s katerima bomo kvantitativno spremljali prirast znanja na področjih algoritmičnega mišljenja, programiranja in razumevanja osnov umetne inteligence. O rezultatih bomo poročali po zaključku programa.



Slika 2: Vzdušje med izvedbo izobraževalnega programa

Na podlagi temeljite didaktične zasnove, vključitve inovativnih digitalnih orodij ter prvih odzivov učencev in učiteljev pričakujemo obetavne in znanstveno relevantne rezultate, ki bodo prispevali k razumevanju vloge UI tutorjev pri izkustvenem učenju v začetni robotiki ter k razvoju novih pedagoških modelov uporabe umetne inteligence v neformalnem izobraževanju.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Predhodne raziskave na področju umetne inteligence v izobraževanju poudarjajo pomen interdisciplinarnosti in celostnega pristopa k razvoju UI pismenosti, ki povezuje tehnično znanje z etičnim razumevanjem, kritičnim mišljenjem in praktično uporabo (Allen in Kendeou, 2024; De Silva idr., 2024; Su idr., 2023). Z upoštevanjem uveljavljenega okvirja ED-AI Lit smo v zasnovanih programih dosegli uravnoteženo vključevanje ključnih elementov, znanja, evalvacije, sodelovanja, konteksta, avtonomije in etike ter tako spodbudili celosten razvoj UI pismenosti.

Jedro naših programov temelji na interdisciplinarnosti in praktičnem delu, saj se je tak pristop izkazal kot učinkovit način za razumevanje kompleksnosti umetne inteligence. Povezovanje umetne inteligence z robotiko, elektroniko in programiranjem spodbuja razvoj temeljnih STEM kompetenc, kot so analitično mišljenje, ustvarjalnost in reševanje problemov. Učenje tako postane bolj konkretno, izkustveno in motivacijsko privlačno.

Glede na raziskave učenci umetno inteligenco že uporabljajo, predvsem za šolske namene, vendar pogosto brez razumevanja njenega ozadja in posledic. S takimi izobraževanji jim omogočamo, da spoznajo načine delovanja umetne inteligence, razvijejo razumevanje etične uporabe ter jo znajo uporabljati kot orodje za poglobljanje znanja, ne pa kot nadomestilo zanj. Povečanje UI pismenosti med mladimi zagotavlja, da bo umetna inteligenca v izobraževanju povečevala človeške sposobnosti, namesto da bi jih nadomeščala, ter da bodo prihodnje generacije ohranile sposobnost samostojnega mišljenja, raziskovanja in inoviranja.

Menimo, da lahko predstavljeni programi služijo kot dober primer za nadaljnji razvoj in širitev izobraževanj o umetni inteligenci v Sloveniji in širše. Želimo si, da bi se v prihodnje pripravilo še več podobnih programov z različnih STEM področij ter da bi se umetna inteligenca postopno vključila v šole tudi formalno. Na ta način bi lahko dosegli, da se čim večje število mladih celostno izobrazi na področju umetne inteligence, saj verjamemo, da bo UI pismenost ena najpomembnejših veščin prihodnosti.

Literatura in viri

- Acosta-Enriquez, B. G., Arbulu Ballesteros, M. A., Guzman Valle, M. de los Á., Morales Angaspilco, J. E., Blanco-García, L. E., Campoverde Ventura, G., Castañeda Requejo, J. D. in Carranza Torre, M. (2025). Determinants of AI use in university teachers: The role of leadership, teaching concerns, and constructivist pedagogical beliefs. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 4834893. <https://doi.org/10.1155/hbe2/4834893>
- Akgun, S. in Greenhow, C. (2022). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, 2(3), 431–440. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7>
- Allen, L. K. in Kendeou, P. (2023). ED-AI Lit: An interdisciplinary framework for AI literacy in education. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 11(1), 3–10. <https://doi.org/10.1177/23727322231220339>
- Avsec, S. in Rupnik, D. (2025). From transformative agency to AI literacy: Profiling Slovenian technical high school students through the five big ideas lens. *Systems*, 13(7), 562. <https://doi.org/10.3390/systems13070562>
- Baillifard, A., Gabella, M. in Lavenex, P. B. (2025). Effective learning with a personal AI tutor: A case study. *Education and Information Technologies*, 30(1), 297–312. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12888-5>
- Bellas, F., Guerreiro-Santalla, S., Naya, M. in Duro, R. J. (2023). AI curriculum for European high schools: An embedded intelligence approach. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 33(2), 399–426. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00315-0>
- Carrasco Ramírez, J. G. in Islam, M. M. (2024). Utilizing artificial intelligence in real-world applications. *Journal of Artificial Intelligence General Science*, 2(1), 14–19.
- Chen, L., Chen, P. in Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Chiu, T. K. F., Ahmad, Z., Ismailov, M. in Sanusi, I. T. (2024). What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them. *Computers and Education Open*, 6, 100171. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100171>
- De Silva, D., Jayatilleke, S., El-Ayoubi, M., Issadeen, Z., Moraliyage, H. in Mills, N. (2024). The human-centred design of a universal module for artificial intelligence literacy in tertiary education institutions. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 6(2), 1114–1125. <https://doi.org/10.3390/make6020051>
- Gobrecht, A., Tuma, F., Möller, M., Zöller, T., Zakhvatkin, M., Wuttig, A., Sommerfeldt, H. in Schütt, S. (2024). Beyond human subjectivity and error: A novel AI grading system. *arXiv preprint arXiv:2405.04323*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.04323>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Jereb, E. in Urh, M. (2024). The use of artificial intelligence among students in higher education. *Organizacija*, 57(4), 333–345. <https://doi.org/10.2478/orga-2024-0024>
- Knox, J. (2020). Artificial intelligence and education in China. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 298–311. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1754236>
- Licardo, M., Kranjec, E., Lipovec, A., Dolenc, K., Arcet, B., Flogie, A., Plavčak, D., Ivanuš Grmek, M., Bednjički Rošar, B., Sraka Petek, B. in Laure, M. (2025). Generativna umetna inteligenca v izobraževanju: Analiza stanja v primarnem, sekundarnem in terciarnem izobraževanju. Univerzitetna založba Univerze v Mariboru. <https://doi.org/10.18690/um.pef.1.2025>
- Macar, U., Castleman, B., Mauchly, N., Jiang, M., Aouissi, A., Aouissi, S., Maayah, X., Erdem, K., Ravindranath, R., Clark-Sevilla, A. in Salleb-Aouissi, A. (2023). Teenagers and artificial intelligence: Bootcamp experience and lessons learned. *arXiv preprint arXiv:2312.10067*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.10067>
- Ministrstvo za digitalno preobrazbo. (2025, 28. februar). Javni razpis za financiranje izobraževanj otrok in mladih za krepitev digitalnih kompetenc ter spodbujanje in promocijo naravoslovnih in tehničnih poklicev za leti 2025 in 2026 (JR MLADI 2025-2026). <https://www.gov.si/zbirke/javne-objave/dodaj-javna-objava-250228102347/>
- Ng, D. T. K., Su, J., Leung, J. K. L. in Chu, S. K. W. (2023). Artificial intelligence (AI) literacy education in secondary schools: A review. *Interactive Learning Environments*, 32(10), 6204–6224. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2255228>
- Parycek, P., Schmid, V. in Novak, A. S. (2024). Artificial intelligence (AI) and automation in administrative procedures: Potentials, limitations, and framework conditions. *Journal of the Knowledge Economy*, 15, 8390–8415. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01433-3>
- Pratama, M. P., Sampelolo, R. in Lura, H. (2023). Revolutionizing education: Harnessing the power of artificial intelligence for personalized learning. *Klasikal: Journal of Education, Language Teaching and Science*, 5(2), 350–357. <https://doi.org/10.52208/klasikal.v5i2.877>
- Rihtaršič, D., Avsec, S., in Kocijancic, S. (2016). Experiential learning of electronics subject matter in middle school robotics courses. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(2), 205–224. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9310-7>
- Sabuncuoğlu, A. (2020). Designing one-year curriculum to teach artificial intelligence for middle school. V Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '20) (str. 96–102). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3341525.3387364>
- Su, J., Ng, D. T. K. in Chu, S. K. W. (2023). Artificial intelligence (AI) literacy in early childhood education: The challenges and opportunities. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100124. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100124>
- Susman, K. in Rihtaršič, D. (2022). Teaching about electric current and resistance with a 'Blinker'. *Physics Education*, 57(2), 025023. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac45c7>
- The AI Track Team. (2025, 10. marec). China mandates AI education nationwide by 2025, with Beijing leading early implementation. *AI Impact & Use Cases*. <https://theaitrack.com/china-mandates-ai-education/>
- Walter, Y. (2024). Embracing the future of artificial intelligence in the classroom: The relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. *International Journal of*

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Educational Technology in Higher Education, 21(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3>

- Wang, N. in Lester, J. (2023). K-12 education in the age of AI: A call to action for K-12 AI literacy. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 33(2), 228–232. <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00358-x>
- Zhai, C., Wibowo, S. in Li, L. D. (2024). The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: A systematic review. *Smart Learning Environments*, 11(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00316-7>
- Zhang, Y., Li, Y., Cui, L., Cai, D., Liu, L., Fu, T., Huang, X., Zhao, E., Zhang, Y., Chen, Y., Wang, L., Luu, A. T., Bi, W., Shi, F. in Shi, S. (2025). Siren's song in the AI ocean: A survey on hallucination in large language models. *Computational Linguistics. Advance online publication*. <https://doi.org/10.1162/COLI.a.16>
- Zhao, J., Li, S. in Zhang, J. (2025). Understanding teachers' adoption of AI technologies: An empirical study from Chinese middle schools. *Systems*, 13(4), 302. <https://doi.org/10.3390/systems13040302>
- Zhu, C. (2025). Artificial intelligence applications in everyday life. *Applied and Computational Engineering*, 121, 191–197. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/2025.20074>

OTROK IN INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKA TEHNOLOGIJA V PREDŠOLSKEM OBDOBJU

PRESCHOOL CHILDREN'S ENGAGEMENT WITH INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

Lara Ivič, Brina Kurent in Stanislav Avsec

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Informacijsko-komunikacijska tehnologija (IKT) v vrtcu lahko pomembno vpliva na vzgojno-izobraževalni proces. Otrokom omogoča, da skozi uporabo digitalnih orodij raziskujejo, se učijo ter razvijajo različne spretnosti, vzgojitelji pa imajo s pomočjo IKT možnost oblikovati bolj raznolike in prilagojene učne pristope. Namen raziskave je bil raziskati stališča vzgojiteljev ter staršev predšolskih otrok do uporabe IKT ter ugotoviti, kakšne kompetence imajo vzgojitelji za vključevanje IKT v svoje delo. V teoretičnem delu smo opredelili pojem IKT. Osrednji del teoretičnega dela je posvečen uporabi IKT v šolskih prostorih, zlasti v predšolski vzgoji. Teoretični del tako nudi celostni vpogled v priložnosti in izzive, ki jih prinaša uporaba IKT v predšolski vzgoji. Empirični del temelji na dveh raziskavah, izvedenih z anketnim vprašalnikom. Ena je bila izvedena med vzgojitelji ter druga med starši otrok v predšolskem obdobju. Raziskano je, kako vzgojitelji zaznavajo potencial IKT za izvajanje dejavnosti v vrtcu in kako zaznavajo vključenost IKT v vsakodnevne dejavnosti z otroki. Proučene so tudi kompetence vzgojiteljev za uporabo IKT – tako s strokovno-tehničnega vidika, kot tudi z vidika pedagoške ustreznosti in pripravljenosti na digitalno vključevanje v delo z otroki. Prav tako je proučeno, kako starši predšolskih otrok ocenjujejo primernost uporabe IKT v predšolskem obdobju. Ugotovili smo, da imajo vzgojitelji v vrtcih omejeno razvite kompetence za vpeljevanje IKT v pedagoško delo z otroki. Vzgojitelji uporabo računalnika povezujejo s formalnimi oziroma načrtovanimi dejavnostmi. Opazili smo, da je televizija medij, ki je med otroki najbolj priljubljen in se ga poslužujejo najpogosteje. Prav tako smo opazili, da je med otroki bolj priljubljena uporaba pretežno nedigitalnih oblik pri dejavnostih.

Ključne besede: informacijsko-komunikacijska tehnologija, predšolska vzgoja, vzgojitelji, starši predšolskih otrok, vzgoja in izobraževanje.

Abstract

Information and Communication Technology (ICT) in kindergarten can significantly influence the educational process. It enables children to explore, learn, and develop various skills through the use of digital tools. Educators, on the other hand, can use ICT to design more diverse and personalized teaching approaches. The aim of the research was to explore the attitudes of preschool educators and parents toward the use of ICT, as well as to determine the competencies that educators possess for integrating ICT into their work. In the theoretical part, we defined the concept of ICT. The central focus was on the use of ICT in educational settings, particularly in early childhood education. The theoretical

section provides a comprehensive overview of the opportunities and challenges that the use of ICT presents in preschool education. The empirical part is based on two studies conducted using a questionnaire – one among preschool educators and the other among parents of preschool children. The research examined how educators perceive the potential of ICT for carrying out activities in kindergartens and how they perceive its integration into daily activities with children. Educators' competencies for using ICT were analyzed from both a professional-technical perspective and in terms of pedagogical suitability and readiness for digital integration in working with children. Additionally, the study explored how parents of preschool children assess the appropriateness of ICT use during the preschool period. The findings revealed that preschool educators possess only limited competencies for implementing ICT in their pedagogical work with children. Educators tend to associate computer use with formal or planned activities. It was observed that television is the most popular medium among children and is used most frequently. Furthermore, it was noted that children generally prefer activities that involve predominantly non-digital forms of engagement.

Key words: information and communication technology, preschool education, preschool teachers, parents of preschool children, education.

Informacijsko-komunikacijska tehnologija in predšolsko obdobje

Informacijsko-komunikacijska tehnologija (IKT) vključuje različne naprave in sisteme, s pomočjo katerih je mogoče informacije shranjevati, obdelovati, prenašati, prejemati ter ponovno priklicati (Portal OVŠ, 2018). Gre torej za programsko in strojno opremo, ki omogoča zbiranje, shranjevanje, uporabo, obdelavo in prenos podatkov (Zupan, 2024).

V sodobnih časih pa se IKT nanaša predvsem na informacijsko-komunikacijske tehnologije, ki so se razvile iz telekomunikacijske in računalniške industrije (Senica, 2010).

Prva oblika komunikacije, ki ni potekala iz oči v oči, se je razvila pred približno 4.000 leti. To je bila komunikacija z dimnimi signali, za katero se je kasneje razvila komunikacija z bobni. Na ta način so lahko ljudje med seboj komunicirali, tudi ko niso bili fizično drug poleg drugega. Z odkritjem električne energije pa se je pričel hiter razvoj tehnologije (Zakrajšek, 2016). Kot piše Zakrajšek (2016), so IKT od leta 1970, še posebej po letu 1995, močno vplivale na spremembe v družbi in s tem tudi na izobraževalni sistem.

Z vse večjo razširjenostjo digitalnih tehnologij so se z njimi zelo zgodaj začeli srečevati tudi majhni otroci (Ata-Aktürk in Akman, 2024).

Tehnologija v vzgoji in izobraževanju

Živimo v obdobju intenzivnega tehnološkega napredka, ki je močno zaznamoval številna področja človeškega delovanja. Kljub temu pa se vzgojno-izobraževalni sistem pogosto ne razvija enako hitro in na marsikaterem področju še vedno temelji na zastarelih pristopih (Apter, 1971). Spoznava se, da s starimi načini in sredstvi ni več mogoče napredovati (Apter, 1971). Namesto vprašanja, ali vključiti digitalne tehnologije v izobraževalni proces, se danes razprave osredotočajo na iskanje najučinkovitejših načinov njihove uporabe za doseganje kurikularnih ciljev (Lepičnik Vodopivec in Hmelak, 2022).

Raziskave o uporabi IKT v slovenskih šolah izpostavljajo, da je glavna ovira za bolj razširjeno uporabo računalnikov pomanjkanje finančnih sredstev in ustrezne programske opreme. Posledično se zaradi tega računalniki pri rednem pouku uporabljajo precej redko, pogosteje

pa pri interesnih dejavnostih. Poleg tega je težava tudi neustrezna usposobljenost učiteljev za vključevanje IKT v učni proces. Rezultati raziskave iz leta 2013 so pokazali, da učitelji IKT najpogosteje vključujejo v pouk takrat, ko so prepričani v svoje računalniške sposobnosti (Zakrajšek, 2016).

Informacijsko-komunikacijska tehnologija v vrtcu

V Sloveniji vzgojitelji pri svojem delu sledijo Kurikulumu za vrtce (1999). Ta je zasnovan tako, da strokovnim delavcem omogoča večjo avtonomijo (*Kurikulum za vrtce*, 1999). Tako kot IKT postaja del vsakdana odraslih, postaja del vsakdana tudi predšolskih otrok. S smiselnim vključevanjem le-te v izvedbeni kurikulum vrtca strokovni delavci razvijajo digitalno pismenost. Če želimo otroke pripraviti na življenje v 21. stoletju, se je potrebno zavedati pomembnosti zgodnjega učenja otrok in razvijanja življenjsko pomembnih kompetenc (Kurent in Avsec, 2023).

Ena izmed nalog strokovnega delavca je, da zna ustvarjati spodbudno vzgojno-učno okolje, v katero sodi tudi smiselna uporaba IKT. Z namenom doseganja digitalne pismenosti so bile leta 2016 izdane *Smernice za uporabo IKT v vrtcu* (Usar in Jerše, 2016). V *Smernicah za uporabo IKT v vrtcu* je izpostavljenih pet kurikularnih načel, ki kažejo načine za uresničevanje ciljev povezanih z uvajanjem porajajoče se digitalne pismenosti (Usar in Jerše, 2016):

- Načelo enakih možnosti in upoštevanja različnosti med otroki ter načelo multikulturalizma
- Načelo spoštovanja zasebnosti in intimnosti
- Načelo sodelovanja s starši
- Načelo sodelovanja z okoljem
- Načelo aktivnega učenja in zagotavljanja možnosti verbalizacije in drugih načinov izražanja

Z letošnjim letom pa je bila sprejeta posodobljena verzija Kurikuluma za vrtce (2025), ki vključuje tudi področje medijske pismenosti. Novi Kurikulum za vrtce (2025) tako odraža družbene spremembe, tehnološki razvoj in vse večjo prisotnost digitalne tehnologije v vsakdanjem življenju otrok. To potrjuje, da se področje IKT ne le hitro razvija, temveč postaja tudi vedno bolj umeščeno v vzgojo in izobraževanje.

Avtorici Zore in Lepičnik-Vodopivec (2005) navajata pomembnost vključevanja računalnika v delo z otroki. Z vključevanjem računalnika v pedagoško delo z otroki prispevamo k uresničevanju določenih ciljev in načel, opredeljenih v kurikulumu za vrtce. Uporaba IKT omogoča raznolikost pristopov in metod pri delu, kar lahko spodbuja celostni razvoj otrok.

Majhni otroci so vse pogosteje v stiku z različnimi informacijsko-komunikacijskimi napravami, zato so vrsta, kakovost ter primernost teh vsebin ključnega pomena. Strokovnjaki tako svetujejo, da otroci v predšolskem obdobju računalnik uporabljajo največ 20 do 40 minut naenkrat (McDougall, 2010).

Avtorji v *Smernicah za uporabo zaslonov pri otrocih in mladostnikih* (2021) odsvetujejo uporabo zaslonov za nagrajevanje oz. kaznovanje, uspavanje, preusmeritev pozornosti, za animacijo in tako dalje. Prav tako naj bo uporaba zaslonov v vrtčevskem okolju omejena in premišljena – lahko predstavljajo dopolnitev načrtovane dejavnosti. Pomembno je, da strokovni delavci otrokom služijo kot pozitiven zgled in se izogibajo uporabi digitalnih naprav v njihovi prisotnosti, otroke pa naj usmerjajo k oblikovanju zdravih navad pri uporabi tehnologije (Vintar Spreitzer idr., 2021).

Prednosti in slabosti uporabe digitalne tehnologije za otroke

V sodobnem digitalnem svetu tehnologija igra pomembno vlogo v vsakodnevnem življenju in je prisotna že v času zgodnjega otroštva. Čeprav lahko otrokom nudi številne koristi in spodbudne priložnosti, s seboj prinaša tudi določene izzive (Clover Early Learning, 2024). Ne nadomešča praktičnih spretnosti, kot je pisanje z roko, temveč spodbuja razvoj osnovnega razumevanja in uporabe digitalnih orodij (Woodlands Childcare and Education, n. d.).

Uporaba IKT v vrtcu prinaša številne prednosti, kot na primer omogočanje večje raznolikosti dejavnosti, različne predstavitve in še več. Obstajajo pa tudi pomisleki glede uvajanja IKT v vrtce. Usar in Jarše (2016) v Smernicah za uporabo IKT v vrtcih navajata situacije, kjer je uporaba IKT ustrezna (varna uporaba, spodbujanje višje samopodobe otroka, doseganje zastavljenih ciljev itn.) ter poudarjata, da je uporaba IKT neprimerna, kadar jo v vrtcih uporabljajo kot zapolnilo časa (Kurent in Avsec, 2023). Še več, Kurent in Avsec (2024) v svoji raziskavi pokažeta, da je potrebno optimalno izkušnjo z IKT dobro načrtovati, vključiti inovativne pristope poučevanja, kot je sistemsko razmišljanje, da so lahko učeči ob podpori izobraževalne tehnologije vključeni ne samo na kognitivnem nivoju, temveč tudi na emocionalnem in socialnem.

Med glavnimi negativnimi posledicami pretirane uporabe digitalnih naprav pri otrocih izstopa predvsem dolžina časa, ki ga otroci namenijo igranju računalniških iger, aktivnostim na družbenih omrežjih in gledanju televizije. Vse to lahko vodi do zasvojenosti, socialne izolacije in zmanjšanja medosebnih stikov (Zakrajšek, 2016).

Kako informacijsko-komunikacijska tehnologija vpliva na otroke v vrtcu

Ker digitalno okolje skriva številna tveganja ter negativne posledice, otroški psihologi poudarjajo pomen razvoja socialnih veščin v resničnem svetu, kot sta komuniciranje in vzpostavljanje prijateljstev, še preden otroci samostojno uporabljajo digitalne naprave (ESET, n. d.).

Digitalne tehnologije pa seveda niso sovražnik. Ravno nasprotno, če so uvedene premišljeno, lahko bistveno pripomorejo k razvoju otroka in mu pomagajo pri učenju (ESET, n. d.).

Raziskave kažejo, da majhni otroci bolje usvajajo znanje skozi neposredno interakcijo z odraslimi kot preko vsebin, predstavljenih na zaslonih, saj otroci izkušnje, pridobljene z gledanjem digitalnih vsebin, težje prenesejo v konkretne situacije. V zgodnjem otroštvu ima odziv odraslega na dejanje otroka pomembno vlogo pri učenju, česar otroci ob gledanju videoposnetkov niso deležni. Otroci, mlajši od dveh let, pogosto še ne razumejo v celoti vsebine, predstavljene na zaslonu, in je ne znajo ustrezno uporabiti v praksi kot lahko vsebino, ki je otroku podana v živo. Posledično učenje preko digitalnih naprav v tem obdobju ne dosega enakega učinka kot izkustveno učenje v živo, ob prisotnosti odrasle osebe (Vintar Spreitzer idr., 2021).

Ugotovitve raziskav opozarjajo na neugodne vplive pretirane uporabe zaslonov na razvoj jezikovnih in komunikacijskih sposobnosti pri otrocih. Tisti, ki so televizijo začeli gledati že pred prvim letom starosti in jo gledali več kot dve uri na dan, so imeli bistveno večje tveganje za zaostanek v govorno-jezikovnem razvoju (Vintar Spreitzer idr., 2021).

Namen in cilji

Namen raziskovanja je bil razširiti vpogled v interakcijo otrok z IKT v predšolskem obdobju. Pri tem smo podrobneje analizirali in opredelili IKT kot podporno sredstvo pri izvajanju vsakodnevnih dejavnosti vzgojitelja in otrok.

V sklopu raziskave smo si zastavili naslednje cilje (C1–C4):

C1: Podrobneje analizirati in opredeliti IKT v predšolskem obdobju.

C2: Določiti ključne deležnike, ki bi lahko vplivali na interakcijo otrok z IKT.

C3: Raziskati, kako otrok dojema različne vrste IKT okoli sebe.

C4: Raziskati, kako pojavnost socialnih omrežij vpliva na socialni razvoj otroka.

V skladu s cilji smo si za raziskavo zastavili naslednja raziskovalna vprašanja (RV1–RV4):

RV1: Kako vzgojitelji zaznavajo potencial IKT za dejavnosti v vrtcu?

RV2: Kako vzgojitelji zaznavajo vključenost IKT v dejavnosti z otroki?

RV3: Kakšne so kompetence vzgojiteljev za IKT v vrtcu?

RV4: Kako starši otrok v vrtcu ocenjujejo primernost IKT za predšolsko obdobje?

Metoda

Pri raziskavi, ki je del diplomskega dela (Ivič, 2025), je bila uporabljena kvantitativna metoda zbiranja podatkov. Pripravili smo vprašalnik za vzgojitelje ter vprašalnik za starše. Povezavo do spletnega anketnega vprašalnika, pripravljenega s pomočjo platforme 1KA (<https://1ka.arnes.si/>), smo staršem predšolskih otrok in vzgojiteljem v vrtcih poslali preko elektronske pošte in povezavo delili na družbenih omrežjih (Facebook).

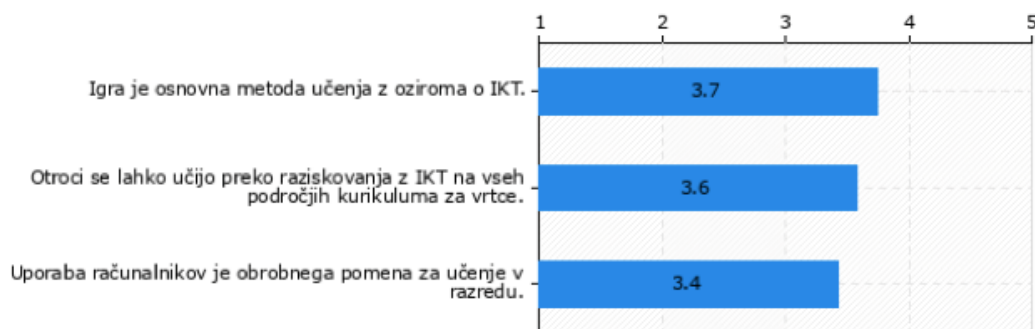
Rezultati obeh raziskav so bili zbrani med 20. 3. 2025 in 25. 6. 2025. Ciljna skupina raziskave so bili vzgojitelji ter starši predšolskih otrok. V anketi za vzgojitelje je sodelovalo 87 vzgojiteljev. V anketi za starše pa jih je sodelovalo 28.

Vprašalnik za starše, ki je del diplomskega dela (Ivič, 2025), je vseboval šest vprašanj, ki so se nanašala na zaznavanje primernosti IKT v vrtcu za njihove otroke, vprašalnik za vzgojitelje pa je vseboval 32 vprašanj. Raziskano je bilo, kako vzgojitelji zaznavajo potencial IKT za izvajanje dejavnosti v vrtcu in kako zaznavajo vključenost IKT v vsakodnevne dejavnosti z otroki. Dobili smo vpogled tudi v kompetence vzgojiteljev za uporabo IKT – tako s strokovno-tehničnega vidika, kot tudi z vidika pedagoške ustreznosti in pripravljenosti na digitalno vključevanje v delo z otroki (Ivič, 2025). Za ocenjevanje zaznave so udeleženci uporabljali 5-stopenjsko Likertovo lestvico (od 1 – sploh se ne strinjam do 5 – popolnoma se strinjam).

Podatke smo obdelali s spletnim orodjem 1KA. Sodelujočim smo zagotovili anonimnost, s klikom na »naslednja stran« pa so podali svoje soglasje za zbiranje, obdelavo in uporabo podatkov.

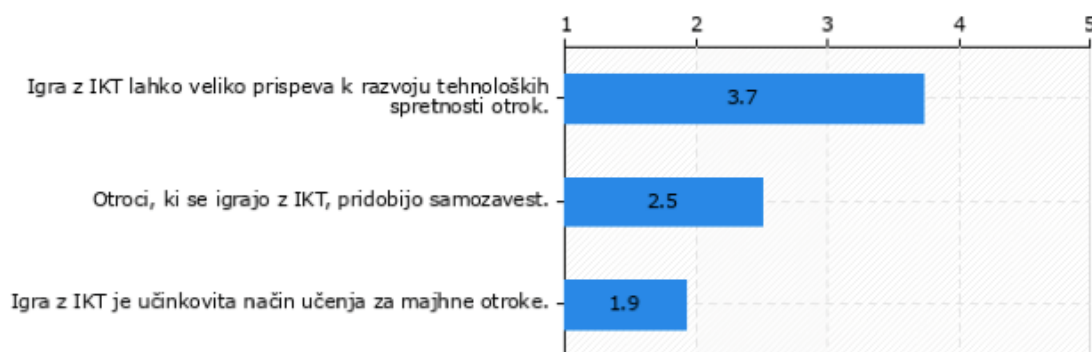
Rezultati

V nadaljevanju predstavljamo rezultate raziskave v obliki grafov.



Graf 1: Učenje z IKT ($n = 87$)

Iz grafa 1 je razvidno, da je najvišjo povprečno oceno prejela trditev »Igra je osnovna metoda učenja z oziroma o IKT« (3,7). Najnižjo povprečno oceno pa je prejela trditev »Uporaba računalnikov je obrobne pomena za učenje v razredu« (3,4). Kljub temu so razlike med povprečnimi ocenami relativno majhne, iz česar lahko vidimo, da so vzgojitelji večinoma enotnega mnenja, da sta raziskovanje in igra temeljni metodi za vključevanje IKT v vrtec.



Graf 2: Igra z IKT ($n = 87$)

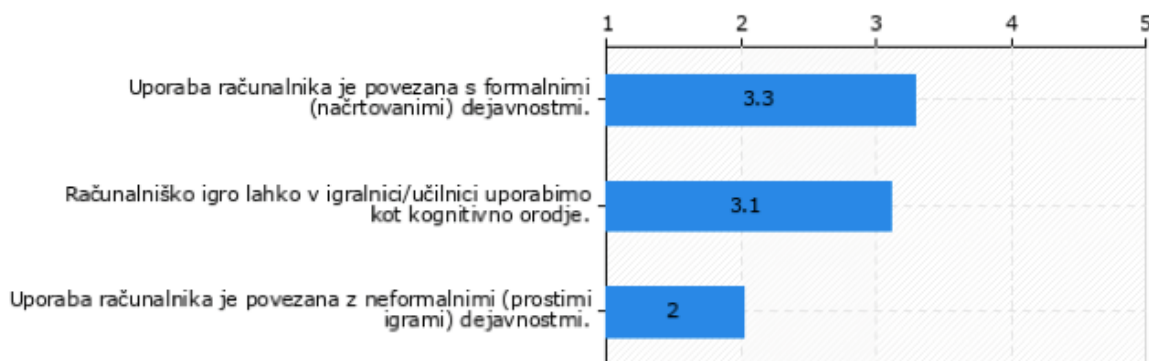
Rezultati v grafu 2 prikazujejo, da so vzgojitelji mnenja, da igra z IKT najbolj prispeva k razvoju tehnoloških spretnosti otrok. Nasprotno pa so bile nižje, torej podpovprečno izražene, stopnje strinjanja pri trditvah »Otroci, ki se igrajo z IKT, pridobijo samozavest« in »Igra z IKT je učinkovit način učenja za majhne otroke«.



Graf 3: IKT in tradicionalna igra otrok ($n = 82$)

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Iz grafa 3 je razvidno, da se anketirani vzgojitelji večinoma strinjajo, da lahko uporaba računalnika negativno vpliva na tradicionalno prosto igro, saj je trditev »Uporaba računalnika predstavlja grožnjo tradicionalni prosti igri« prejela najvišjo povprečno oceno (4,0). Na drugi strani pa je najslabšo stopnjo strinjanja dosegla trditev »IKT je mogoče uporabiti za zamenjavo otroške igre«, kar pomeni, da je trditev podpovprečno ocenjena. To dodatno potrjuje, da vzgojitelji IKT ne dojemajo kot nadomestilo tradicionalne igre, temveč kot grožnjo le-te.



Graf 4: Uporaba računalnika v vrtcu ($n = 82$)

Kot prikazuje graf 4, je trditev »Uporaba računalnika je povezana s formalnimi (načrtovanimi) dejavnostmi« nadpovprečno ocenjena (3,3), kar kaže na to, da vzgojitelji uporabo računalnika najpogosteje umeščajo v čas načrtovanih dejavnosti, kjer ima njegova uporaba jasno izobraževalno nalogo. Nekoliko manj (3,1) je ocenjena trditev »Računalniško igro lahko v igralnici/učilnici uporabimo kot kognitivno orodje«. To nakazuje zmerno strinjanje vzgojiteljev z idejo o uporabi računalniških iger kot učno orodje. Vzgojitelji uporabo računalnika bistveno redkeje povezujejo z neformalnimi dejavnostmi oziroma otrokovim prostim raziskovanjem.

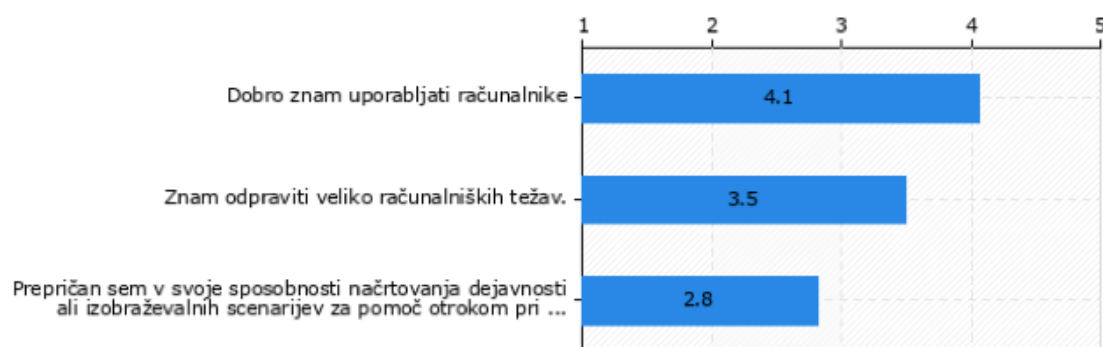


Graf 5: Znanje vzgojiteljev za rabo IKT ($n = 78$)

Trditev »Prepričan sem v svoje sposobnosti vključevanja IKT v dejavnosti v vrtcu« je prejela povprečno oceno 2,9, kar pomeni, da je podpovprečno ocenjena. To kaže na to, da imajo vzgojitelji srednje visoko stopnjo zaupanja vase in svoje sposobnosti za uporabo IKT v vzgojno-izobraževalnem procesu.

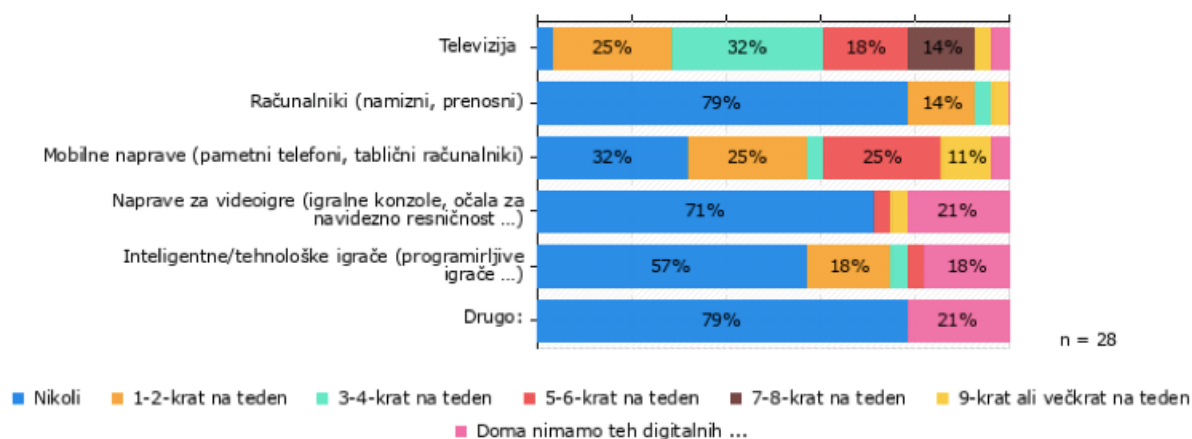
Nekoliko nižjo povprečno oceno (2,7) je prejela trditev »Prepričan sem v svoje znanje o najboljših praksah in strategijah za pomoč otrokom pri učenju z oziroma o IKT« (graf 5). To nakazuje še nekoliko večjo nesamozavest in lahko pomeni, da vzgojitelji čutijo potrebo po dodatnem strokovnem usposabljanju o IKT.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Graf 6: Znanje vzgojiteljev za rabo IKT ($n = 78$)

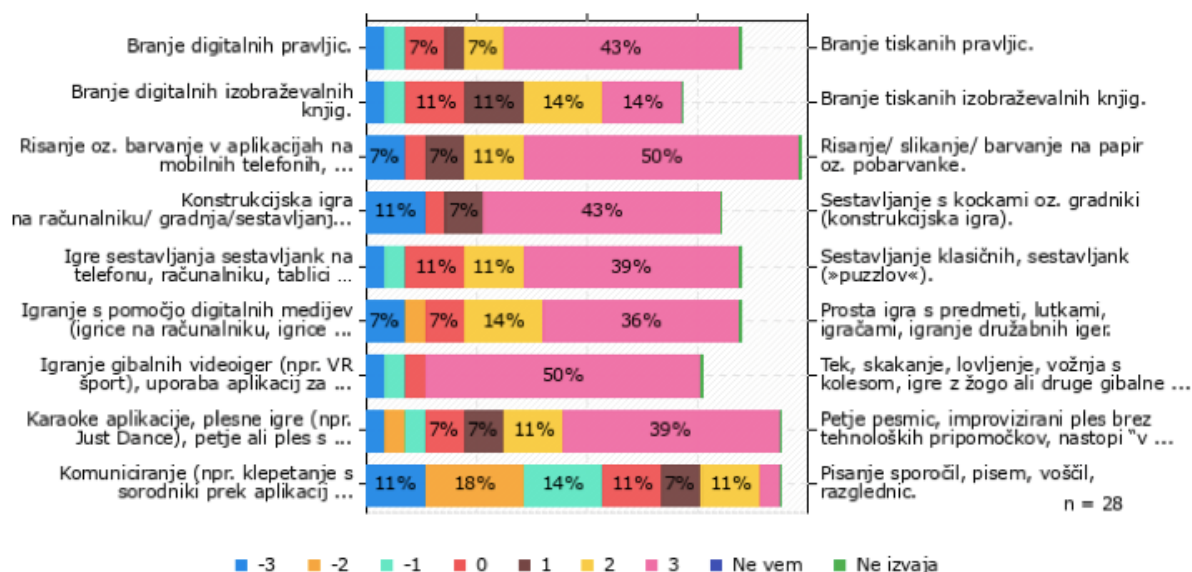
Rezultati iz grafa 6 kažejo visoko stopnjo samozavednosti vzgojiteljev na tem področju in pri osnovni uporabi računalniške opreme. Pri oblikovanju konkretnih dejavnosti z IKT, s katerimi bi tudi otrokom omogočili aktivno učenje s tehnologijo, pa imajo vzgojitelji manjšo samozavednost.



Graf 7: Uporaba medijev na zaslonu pri otrocih ($n = 28$)

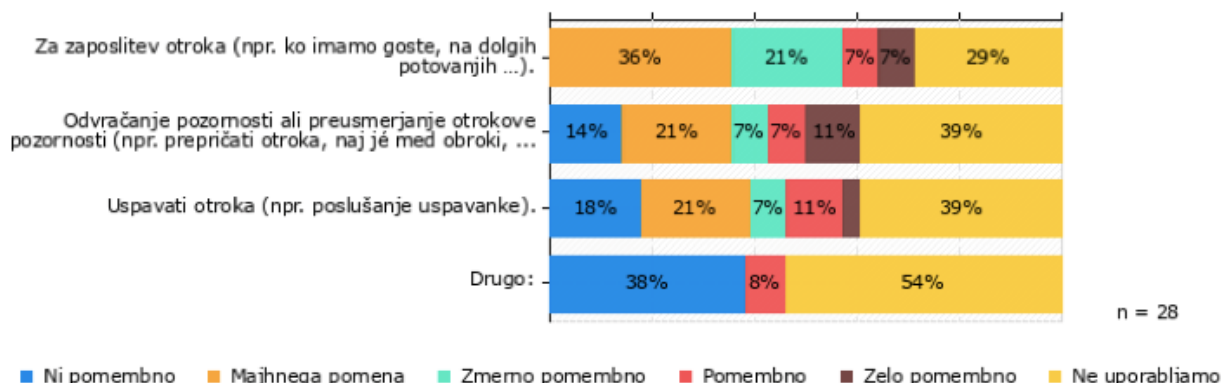
Iz prikazanih rezultatov (graf 7) je razvidno, da je medij, ki ga otroci uporabljajo najpogosteje, televizija, saj večina otrok televizijo gleda od 3 do 4-krat na teden (32 %). Takoj za televizijo so najbolj uporabljeni mediji mobilne naprave (pametni telefoni, tablični računalniki) s povprečno oceno 2,8. Inteligentne/tehnološke igrače se uporabljajo v povprečju od 1 do 2-krat na teden. Najmanj pogosto pa otroci uporabljajo računalnike, kar 79 % jih računalnika ne uporablja.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Graf 8: Izvajanje dejavnosti v pretežno digitalni ali nedigitalni obliki (n = 28)

Na splošno bi lahko rekli, da otroci po večini vse dejavnosti izvajajo v pretežno nedigitalni obliki. Iz grafa 8 lahko razberemo, da so otroci danes izpostavljeni tako digitalnim, kot tudi nedigitalnim oblikam dejavnosti, pri čemer se razmerje med tema dvema oblikama razlikuje glede na tip dejavnosti. Edina dejavnost, pri kateri lahko opazimo, da jo otroci izvajajo bolj v digitalni obliki kot nedigitalni, je komuniciranje. Kar 43 % otrok s sorodniki, prijatelji itn. raje klepeta prek aplikacij kot preko pisem, voščil ali razglednic.



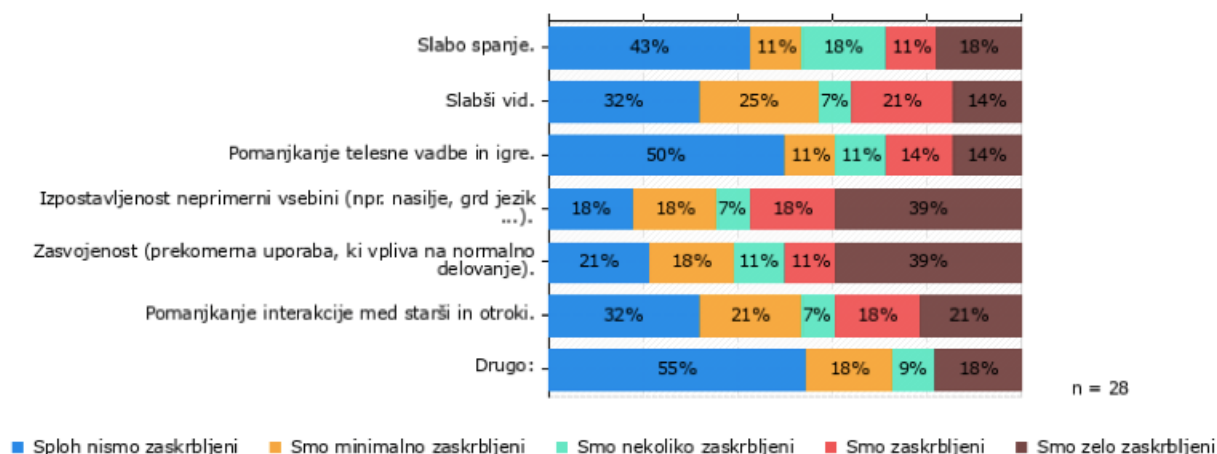
Graf 9: Pomembnost uporabe digitalnih medijev za starše (n = 28)

Večina staršev (36 %) meni, da uporaba digitalnih medijev za namen zaposlitve otroka ni pomembna, 21 % pa temu namenu pripisuje zmern pomen. Kar 29 % jih je navedlo, da tega načina sploh ne uporabljajo.

Pri uporabi digitalnih medijev za odvrčanje oziroma preusmerjanje otrokove pozornosti so mnenja staršev nekoliko razdeljena, kar je razvidno v grafu 9.

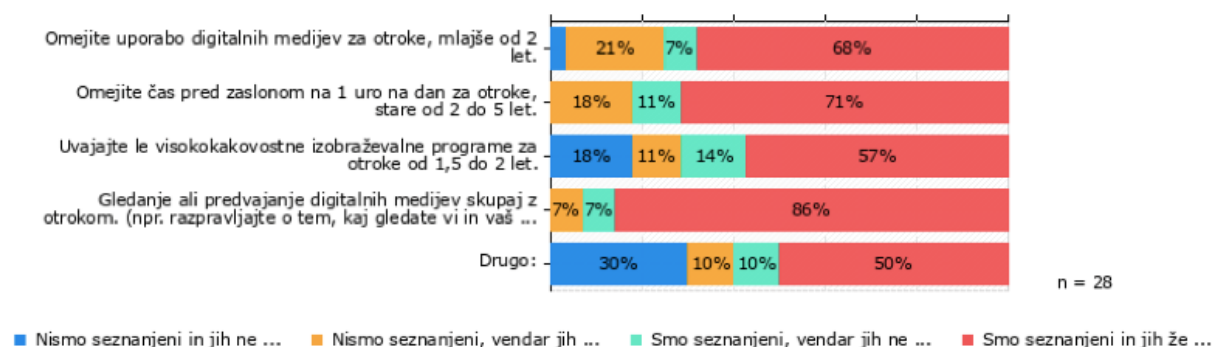
Pri trditvi o pomembnosti uporabe digitalnih medijev za uspavanje otroka največ (39 %) staršev pravi, da tega sploh ne uporabljajo, malo staršev pa temu pripisuje zmern pomen (7 %) oziroma se jim zdi pomembno (11 %).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Graf 10: Skrbi staršev glede uporabe digitalnih medijev pri otroku ($n = 28$)

Najvišjo stopnjo zaskrbljenosti (39 %) so starši izrazili pri izpostavljenosti otroka neprimerni vsebini, kot sta nasilje ali grd in neprimeren jezik, ter zasvojenosti oziroma prekomerni uporabi, ki vpliva na otrokovo normalno delovanje. Ta rezultat kaže na to, da je za starše največji razlog zaskrbljenosti vsebina, s katero se otroci srečujejo prek digitalnih naprav, ter dejstvo, da bi otroci z napravami lahko postali zasvojeni zaradi prekomerne uporabe. V primerjavi z drugimi dejavniki so starši nekoliko manj oziroma sploh niso zaskrbljeni glede vpliva digitalnih medijev na slabo spanje (43 %), slabši vid (32 %) ter pomanjkanje interakcije med starši in otroki (32 %) (graf 10).



Graf 11: Smernice o navadah otrok glede digitalnih medijev ($n = 28$)

Na podlagi navedenih smernic lahko iz rezultatov razberemo, da so starši najbolj naklonjeni smernicam, ki spodbujajo aktivno sodelovanje pri uporabi digitalnih medijev skupaj z otroki. Najvišja stopnja strinjanja s smernicami (86 %) je bila izražena pri trditvi »Gledanje ali predvajanje digitalnih medijev skupaj z otrokom«, kar pomeni, da je več kot polovica staršev s to smernico dobro seznanjena in jo tudi upošteva.

Med navedenimi smernicami je smernica »Uvajajte le visokokakovostne izobraževalne programe za otroke od 1,5 do 2 let« z najnižjo ravno seznanjenosti in upoštevanja (57 %). Prav tako pa je ta smernica edina izmed navedenih, s katero starši niso seznanjeni in je ne upoštevali (18 %) (graf 11).

Diskusija

C1: Podrobneje analizirati in opredeliti IKT v predšolskem obdobju.

IKT v predšolskem obdobju smo opredelili in predstavili v drugem poglavju diplomskega dela (Ivič, 2025). Izpostavili smo pomembnost smiselne in razvojno primerne uporabe IKT v predšolskem obdobju. Poudarili smo pomen strokovnega delavca pri vključevanju IKT v svet otrok ter izpostavili pet kurikularnih načel, ki kažejo načine za uresničevanje ciljev, povezanih z uvajanjem digitalne pismenosti, in so del priročnika *Smernice za uporabo IKT v vrtcu*.

Poudarek je tudi na vprašanjih, zakaj, kako in kdaj računalnik za predšolske otroke. Izpostavili smo, da je, ko otroke seznanjamo s tehnologijo, pomembno izbrati ustrezne metode in oblike dela, zagotoviti ustrezno opremo in imeti kot strokovni delavec ustrezno znanje na tem področju.

C2: Določiti ključne deležnike, ki bi lahko vplivali na interakcijo otrok z IKT.

Na interakcijo otrok z IKT vplivajo različni deležniki. Na podlagi rezultatov raziskave za starše, ki je del diplomskega dela Ivič (2025), vidimo, da so starši prepoznali dejavnike, kot so zabava, komunikacija ter izboljšanje znanja in spretnosti, kot bolj pomembne razloge za uporabo IKT pri otrocih. To kaže, da starši prepoznavajo različne namene uporabe IKT v vsakdanjem življenju otrok, zato jih lahko štejemo med ključne deležnike, ki vplivajo na interakcije otrok z IKT. Rezultati raziskave so pokazali tudi, da imajo vzgojitelji pomembno vlogo pri oblikovanju odnosa otrok do IKT. Analiza je pokazala, da vzgojitelji postavke, ki so povezane s pozitivnimi učinki IKT na otrokovo osebnost (na primer povečanje samozavesti), ocenjujejo nizko, medtem ko postavke, kot so, da IKT ogroža tradicionalno igro, ocenjujejo visoko.

Ključni deležniki niso le otroci in starši, temveč tudi širše družbeno okolje, kot so vrtci, šole, mediji, zdravstveni strokovnjaki, ki s svojim delovanjem in priporočili lahko bodisi spodbujajo zdravo rabo IKT bodisi krepijo tvegana vedenja.

Na otrokovo interakcijo z IKT poleg staršev in vzgojiteljev vplivajo tudi oblikovalci smernic, ki določajo priporočila glede primerne in varne uporabe zaslonov. V *Smernicah za uporabo zaslonov pri otrocih in mladostnikih* (2021) avtorji navajajo časovna priporočila za uporabo zaslonov otrok v prostem času. Splošno vodilo pri uporabi zaslonov naj bo »manj je bolje« (Vintar Spreitzer idr., 2021).

Eden izmed dejavnikov, ki vpliva na interakcijo otrok z IKT, je tudi *Kurikulum za vrtce* (2025), ki predstavlja temeljno strokovno podlago za delo vzgojiteljev. V njem je med področji dejavnosti vključena tudi medijska pismenost, ki zajema osnovno seznanjanje otrok z digitalnimi vsebinami (Kurikulum za vrtce, 2025). Ker mu vzgojitelji pri svojem delu sledijo, ima njegova vsebina neposreden vpliv na pedagoški proces.

C3: Raziskati, kako otrok dojema različne vrste IKT okoli sebe.

S pomočjo raziskave za starše, ki je del diplomskega dela (Ivič, 2025), smo ugotovili, da otroci v svojem domačem okolju uporabljajo le določene IKT naprave. Najpogosteje uporabljena IKT naprava med otroki je televizija, kmalu za njo pa so mobilne naprave. Torej otrokovo dožemanje IKT v veliki meri oblikujejo prav tiste naprave, ki so bolj pogosto prisotne v njihovem vsakdanjem življenju.

Tudi rezultati turške raziskave (Ata-Aktürk in Akman, 2024), ki je proučevala dožemanje otrok različnih vrst IKT, so bili podobni ugotovitvam naše raziskave. Otroci so v risbah prikazovali uporabo IKT za namen komuniciranja, fotografiranja, risanja itn. To lahko povežemo z našimi ugotovitvami, da otroci IKT najpogosteje dojemajo kot sredstvo za sprostitev.

C4: Raziskati, kako pojavnost družbenih omrežij vpliva na socialni razvoj otroka.

Igra na prostem ugodno vpliva na razvoj socialnih veščin pri otrocih, medtem ko je bila uporaba zaslonov povezana s slabšim razvojem socialnih veščin. Otroški psihologi poudarjajo, kako pomembno je, da pred vstopom v digitalni svet pridobimo temeljne spretnosti izven omrežja. Poudarjajo, da morajo biti otroci sposobni komunicirati z vrstniki in razvijati različna prijateljstva, preden začnejo samostojno uporabljati digitalne naprave. Digitalne tehnologije pa seveda niso sovražnik. Ravno nasprotno, če so uvedene premišljeno, lahko bistveno pripomorejo k razvoju otroka. Več v diplomskem delu Ivič (2025).

RV1: Kako vzgojitelji zaznavajo potencial IKT za dejavnosti v vrtcu?

Rezultati raziskave (Ivič, 2025) kažejo precej jasno sliko o odnosu vzgojiteljev do uporabe IKT pri predšolskih otrocih. Vzgojitelji večinoma izražajo zmerno strinjanje z vključevanjem IKT v vzgojno-izobraževalni proces s pomembnimi razlikami glede na obliko in namen uporabe tehnologije. Največje strinjanje izražajo s trditvami, ki poudarjajo pomen igre, raziskovanja in pridobivanja novih spretnosti ter znanj pri vključevanju IKT. Vzgojitelji so najbolj prepričani v to, da mora biti IKT vključena v vzgojni proces preko otrokove naravne aktivnosti – igre. Po drugi strani pa izražajo precejšnjo zadržanost do uporabe IKT kot proste dejavnosti. Veliko nevarnost pa vzgojitelji zaznavajo v tem, da bi tehnologija prehitela tradicionalno igro, ki ima ključno vlogo pri celostnem razvoju otrok. Vzgojitelji torej prepoznavajo IKT kot orodje, ki lahko prispeva k učenju otrok predvsem preko igre in raziskovanja, a se hkrati zavedajo njihovih omejitev in negativnih vplivov. Uporabo IKT želijo ohranjati v načrtovanih dejavnostih, kjer se jim zdi pomembna vloga odraslega, saj ta olajša otrokovo igro z IKT.

RV2: Kako vzgojitelji zaznavajo vključenost IKT v dejavnosti z otroki?

Na podlagi rezultatov raziskave (Ivič, 2025) lahko zaključimo, da se vzgojitelji po večini ne strinjajo ter uporabe računalnika ne povezujejo s prosto igro oziroma prostim raziskovanjem otrok, temveč mora biti njena uporaba premišljena.

Rezultati raziskave kažejo, da se vzgojitelji podpovprečno strinjajo s tem, da mora biti uporaba računalnika vključena v neformalne učne dejavnosti, in se bolj strinjajo s tem, da lahko računalniško igro v vrtcu uporabimo kot metodo poučevanja. Zavedajo se učnega potenciala IKT, vendar ga želijo uporabljati predvsem v ciljno usmerjenih dejavnostih. Uporaba IKT v prosti igri jim je očitno manj blizu, kar odpira vprašanje o potrebah po dodatnem izobraževanju in spoznavanju raznolikih možnosti uporabe tehnologije v vsakdanjih dejavnostih otrok. Na splošno rezultati kažejo, da je uporaba IKT v vrtcih s strani vzgojiteljev še vedno bolj tradicionalno naravnana, s poudarkom na formalnih učnih vsebinah.

RV3: Kakšne so kompetence vzgojiteljev za IKT v vrtcu?

Vzgojitelji kažejo visoko stopnjo samozavesti pri osnovni uporabi IKT, vendar pa pri vključevanju IKT v pedagoško delo izražajo določeno negotovost. Rezultati anketnega vprašalnika kažejo, da se vzgojitelji dobro znajdejo pri splošni uporabi računalnika in pri

odpravljanju osnovnih računalniških težav. Kljub temu pa lahko iz rezultatov opazimo določena področja, kjer vzgojitelji izražajo nižjo stopnjo samozavesti. Ta se še posebej kaže pri nizkem prepričanju vzgojiteljev v svoje znanje o najboljših praksah in strategijah za pomoč otrokom pri učenju z oziroma o IKT. To kaže na izrazitejšo negotovost vzgojiteljev glede uporabe konkretnih pedagoških pristopov pri delu z otroki. Iz rezultatov torej lahko sklepamo, da vzgojitelji dobro obvladajo osnovne digitalne veščine, kar jim omogoča uspešno rabo IKT pri osnovnem delu z digitalno opremo. A se njihova samozavest zmanjša, ko je IKT treba vključiti v sam vzgojno-izobraževalni proces.

RV4: Kako starši otrok v vrtcu ocenjujejo primernost IKT za predšolsko obdobje?

Rezultati raziskave, ki je del diplomskega dela Ivič (2025), kažejo, da so digitalni mediji pomemben del vsakdanjega življenja predšolskih otrok, pri čemer je televizija izpostavljena kot najpogostejše uporabljene medij. Starši kot najpomembnejši namen digitalnih medijev za otroka navajajo izobraževalno vrednost. Zanje pa sem jim zdi, da je uporaba digitalnih medijev najpomembnejša za odvrčanje ali preusmerjanje otrokove pozornosti, uspanje otroka ali pa za zaposlitev otroka. Hkrati rezultati ankete razkrivajo tudi precejšnjo mero zaskrbljenosti med starši. Največja skrb je povezana z izpostavljenostjo neprimerni vsebini ter strah pred zasvojenostjo oziroma prekomerno uporabo. Nekoliko manj izrazito pa so starši zaskrbljeni glede vplivov na zdravje, čeprav raziskave kažejo na spremenjeno strukturo možganov pri predšolskih otrocih, ki so bili prekomerno izpostavljeni zaslonom (*Smernice za uporabo zaslonov pri otrocih in mladostnikih*). Glede na smernice o uporabi digitalnih medijev za otroke so starši najbolj naklonjeni tistim, ki spodbujajo aktivno sodelovanje pri uporabi digitalnih medijev skupaj z otroki. Prav tako pa visoko ocenjujejo tudi potrebo po časovni omejitvi uporabe zaslonov.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

IKT postaja nepogrešljiv del sodobne družbe. IKT ne vpliva zgolj na vsakdanje življenje, temveč prinaša številne prednosti tudi na področju vzgoje in izobraževanja. Uporaba IKT v vzgoji in izobraževanju lahko otrokom omogoča sodobnejše in bolj prilagojene učne metode. S pomočjo različnih programov, aplikacij, računalniških iger se lahko otroci preko igre učijo, raziskujejo svet okoli sebe, pridobivajo nova znanja in konec koncev tudi nove spretnosti. Poleg kognitivnega razvoja pa IKT spodbuja tudi razvoj digitalne pismenosti. Pomembno je, da IKT v vzgoji in izobraževanju uporabljamo premišljeno in ciljno usmerjeno, saj lahko na ta način otrokom pomagamo razvijati številne lastnosti ter spretnosti.

V raziskavi, ki je potekala v okviru diplomskega dela Ivič (2025), smo ugotovili, da imajo vzgojitelji v vrtcih omejeno razvite kompetence za vpeljevanje IKT v pedagoško delo z otroki. Dobro znajo uporabljati računalnike in ostalo tehnologijo, a jim ta ni toliko blizu, ko gre za vpeljevanje le-te v načrtovane dejavnosti, poznavanje konkretnih strategij za pomoč otrokom oziroma na splošno vključevanje IKT v življenje v vrtcu. Dobro bi bilo, da bi se v vrtcih za vzgojitelje uvedla dodatna strokovna usposabljanja na tem področju, saj bi na tak način tehnologijo v vrtcu uporabljali pogostejše in posledično bi bili otroci tako večkrat v stiku z napravami ter razvijali digitalno pismenost in druge spretnosti. Raziskava je pokazala, da vzgojitelji uporabo računalnika povezujejo s formalnimi oziroma načrtovanimi dejavnostmi. Pri prostih dejavnostih uporabo IKT večinoma odklanjajo in jih vanje redkeje vključujejo, saj so mnenja, da je prisotnost odrasle osebe pri uporabi le-te pomembna za ustrezno usmerjanje in

podporo pri uporabi tehnologije. Kljub temu bi lahko v vrtcih uvedli uporabo IKT tudi v času prostih dejavnosti vsaj nekajkrat na teden, kjer bi se vzgojitelji igrali skupaj z otroki in tako odkrivali njihov interes, spoznavali otroke, njihovo razmišljanje ter konec koncev tudi razvoj. Opazili smo, da je televizija medij, ki je med otroki najbolj priljubljen in se ga poslužujejo najpogosteje. Ostale naprave otroci uporabljajo manj. Prav tako pa smo opazili, da je med otroki bolj priljubljena uporaba pretežno nedigitalnih oblik pri dejavnostih. Iz tega lahko sklepamo, da se kljub vse večji prisotnosti digitalnih tehnologij v vsakdanjem življenju starši še vseeno trudijo ohranjati ravnovesje med digitalnimi in nedigitalnimi dejavnostmi pri svojih otrocih.

Literatura in viri

- Ata-Aktürk, A. in Akman, M. B. (2024). What Happens beyond the Screen? Uncovering digital technology perception, usage, and parental mediation among 3–6-year-old Turkish children. *Journal of Child and Family Studies*, 33, 3191–3210. <https://doi.org/10.1007/s10826-024-02888-x>
- Clover Early Learning. (2024). *The Pros and Cons of Technology for Young Children*. <https://cloverearlylearning.com.au/the-pros-and-cons-of-technology-for-young-children/>
- ESET. (n. d.). *Življenjske spretnosti prihodnosti: Kako splet vpliva na razvoj vašega otroka?* <https://saferkidsonline.eset.com/si/article/zivljenjske-spretnosti-prihodnosti-kako-splet-vpliva-na-razvoj-vasega-otroka>
- Kurent, B. in Avsec, S. (2024). Synergizing systems thinking and technology-enhanced learning for sustainable education using the flow theory framework. *Sustainability*, 16(21), 9319. <https://doi.org/10.3390/su16219319>
- Kurent, B. in Avsec, S. (2023). Systems thinking skills and the ICT self-concept in preschool teachers for sustainable curriculum transformation. *Sustainability*, 15(20), 15131. <https://doi.org/10.3390/su152015131>
- Kurikulum za vrtce* (1999). Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport.
- Kurikulum za vrtce* (2025). Ministrstvo za vzgojo in izobraževanje.
- Lepičnik Vodopivec, J. In Hmelak, M. (2022). *Predšolski otrok v digitalni dobi*. <https://www.hippocampus.si/ISBN/978-961-293-205-3.pdf>
- McDougall, A. (2010). *Researching IT in education*. New York.
- Senica, M. (2010). *Ustvarjalni pristopi na področju spodbujanja jezikovnih zmožnosti in smiselna uporaba IKT v vrtcu*: zbornik prispevkov. Ljubljana.
- Usar, K. in Jerše, L. (2016). *Smernice za uporabo IKT v vrtcu*. Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MVI/Dokumenti/Sektor-za-predskolsko-vzgojo/Programi/smernice_za_uporabo_IKT_v_vrtcu.pdf
- Vintar Spreitzer, M., Baš, D., Radšel, A., Anderluh, M., Vreča, M., Reš, Š., Selak, Š., Hudoklin, M., Osredkar, D. (2021). *Smernice za uporabo zaslonov pri otrocih in mladostnikih*. Ljubljana. <https://online.pubhtml5.com/agha/giyr/#p=12>
- Zakrajšek, S. (2016). *Nujne spremembe v osnovni šoli zaradi sodobnih tehnologij*. Ljubljana: Biteks.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Zupan, G. (2024). *Uporaba informacijsko-komunikacijske tehnologije in e-trgovanje v podjetjih.*
<https://www.stat.si/StatWeb/File/DocSysFile/8271>

Woodlands Childcare and Education (n. d.). *Integrating technology in kindergarten.*
<https://woodlandelc.com/parent-articles/integrating-technology-in-kindergarten/>

MNENJA, STALIŠČA IN IZKUŠNJE VZGOJITELJEV PREDŠOLSKIH OTROK S STEAM IZOBRAŽEVANJEM

PRESCHOOL TEACHERS' VIEWS, OPINIONS AND EXPERIENCES WITH STEAM EDUCATION

Nika Gorta, Brina Kurent in Stanislav Avsec

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Prispevek obravnava implementacijo STEAM izobraževanja (znanost, tehnologija, inženirstvo, umetnost in matematika) v predšolskem okolju. Problem raziskave je, da kljub prepoznavanju pomena STEAM pristopa obstajajo omejitve pri njegovi uporabi, kot so pomanjkanje virov, ustreznega usposabljanja vzgojiteljev in kurikularne podpore. Cilj je bil preučiti mnenja, stališča in izkušnje vzgojiteljev ter prepoznati izzive in priložnosti pri vključevanju STEAM dejavnosti v vzgojno-izobraževalne prakse. Teoretični del predstavlja koncept STEAM-a, ki združuje tehnične in ustvarjalne vidike za spodbujanje ustvarjalnosti, kritičnega mišljenja in sodelovanja pri otrocih. Obravnavane so razvojne značilnosti predšolskih otrok, prilagoditev dejavnosti njihovim sposobnostim in primeri dobrih praks v Sloveniji in tujini. Empirični del temelji na kvantitativni in kvalitativni metodologiji. Anketno raziskavo je izpolnilo 87 vzgojiteljev, poglobljeni intervjuji s tremi strokovnjaki pa so omogočili podrobnejši vpogled. Rezultati kažejo, da vzgojitelji prepoznavajo STEAM kot učinkovito orodje za spodbujanje ustvarjalnosti in kritičnega mišljenja, hkrati pa se soočajo z omejitvami, predvsem pomanjkanjem virov in strokovnega usposabljanja. Zaključek poudarja pomen razvoja prilagojenih kurikulumov, sistematičnega izobraževanja vzgojiteljev ter zagotavljanja materialne in sistemske podpore, saj lahko uspešna implementacija STEAM-a bistveno prispeva k celostnemu razvoju otrok in njihovi pripravi na prihodnje izzive.

Ključne besede: STEAM izobraževanje, transformativno izobraževanje, veščine 21. stoletja, digitalna preobrazba, trajnostni razvoj.

Abstract

This paper addresses the implementation of STEAM education (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) in preschool settings. The research problem is that, despite the recognized importance of the STEAM approach, its application is limited by factors such as lack of resources, insufficient teacher training, and limited curricular support. The aim was to examine teachers' opinions, attitudes, and experiences, as well as to identify challenges and opportunities in integrating STEAM activities into early childhood educational practices. The theoretical part presents the concept of STEAM, which combines technical and creative aspects to promote children's creativity, critical thinking, and collaboration. It discusses the developmental characteristics of preschool children, adaptation of activities to their abilities, and examples of best practices in Slovenia and abroad. The empirical part is

based on both quantitative and qualitative methodology. A survey was completed by 87 teachers, and in-depth interviews with three experts provided a more detailed insight. The results show that teachers recognize STEAM as an effective tool for fostering creativity and critical thinking, while facing limitations, primarily lack of resources and professional training. The conclusion emphasizes the importance of developing tailored curricula, systematic teacher education, and providing material and systemic support, as successful implementation of STEAM can significantly contribute to the holistic development of children and prepare them for future challenges.

Keywords: STEAM education, interdisciplinary approach, creativity, critical thinking, educational challenges.

Uvod

STEM izobraževanje združuje štiri discipline: znanost, tehnologijo, inženirstvo in matematiko. Učenci pridobivajo znanje na interdisciplinaren način, ki omogoča reševanje realnih problemov, hkrati pa razvijajo ključne veščine 21. stoletja, kot so kreativno in kritično mišljenje, sodelovanje in reševanje problemov (Razi in Zhou, 2022). STEAM izobraževanje je nadgradnja STEM-a, kjer je umetnost vključena kot ključna komponenta. Dodaja ustvarjalnost, inovativnost in estetsko razmišljanje v znanstveno-tehnološke projekte, hkrati pa spodbuja razvoj domišljije, čustvene inteligence in empatičnega razumevanja. STEAM pristop omogoča učencem, da razvijajo tako tehnične kot ustvarjalne sposobnosti ter se pripravljajo na kompleksne družbene izzive (Razi in Zhou, 2022).

Integracija STEAM-a v izobraževanju kot odgovor na izzive 21. stoletja

Integracija umetnosti v STEM izobraževanje je nujen odziv na potrebe 21. stoletja. Poleg tehničnih veščin je pomemben razvoj višjih miselnih sposobnosti, kot so ustvarjalnost, kritično mišljenje in etično odločanje, ki omogočajo obravnavo globalnih izzivov v gospodarstvu, okolju in kulturi (Taylor, 2016). Avstralski učni načrt za znanost vključuje poleg znanstvenega znanja tudi kritično in ustvarjalno mišljenje ter medkulturno in etično razumevanje. Trajnostni razvoj in vključevanje različnih kulturnih perspektiv sta ključna za pripravo študentov na hitro spreminjajoči se svet (Taylor, 2016). Tehnološki napredek zahteva »tekoče veščine«, kot so sodelovanje, kreativno reševanje problemov in vseživljenjsko učenje, ki so potrebne za prihodnja delovna mesta in delo z naprednimi tehnologijami, kot so umetna inteligenca, biotehnologija in robotika. STEAM izobraževanje omogoča povezovanje štirih dimenzij trajnosti – okoljske, družbene, kulturne in ekonomske – ter spodbuja interdisciplinarno reševanje problemov in etične odločitve (Taylor, 2016). V državah, kot so ZDA, Koreja in Kitajska, STEAM kurikulumi razvijajo inovativne pristope, ki povečujejo vključenost in uspešnost učencev, še posebej tistih iz manj privilegiranih okolij. STEAM nadgrajuje STEM, spodbuja sodelovanje učiteljev različnih področij, prilagaja vsebine potrebam 21. stoletja in razvija ustvarjalnost, inovativnost ter kritično mišljenje, kar je ključno za osebno in poklicno prihodnost študentov (Taylor, 2016).

Samousmerjeno učenje in snovalsko razmišljanje kot podpora STEAM izobraževanju v predšolskem obdobju

Samousmerjeno učenje (SDL) in razmišljanje o dizajnu predstavljata pomembna pristopa za kakovostno izvajanje STEAM-a v predšolskem obdobju, saj omogočata spodbujanje ustvarjalnosti, kritičnega mišljenja in sodelovanja. SDL razvija veščine načrtovanja,

spremljanja in refleksije, medtem ko snovalsko razmišljanje vključuje ustvarjalne in problemsko usmerjene pristope, ki krepijo inovativnost in empatijo (Avsec in Ferk Savec, 2022). Raziskava Kurent in Avsec (2023) se osredotoča na razvoj SDL pri bodočih vzgojiteljih v okviru izobraževanja o dizajnu in tehnologiji ter preučuje vpliv različnih učnih modalitet pred, med in po pandemiji COVID-19. Rezultati kažejo, da kombinacija digitalnih orodij, projektnega dela in reševanja realnih problemov spodbuja motivacijo, kreativno mišljenje ter povezovanje teorije s prakso. Potrebna je prožna kurikularna zasnova, ki vključuje interdisciplinarnost in vzgojitelje ustrezno pripravi na delo v sodobnih učnih okoljih.

Dejavniki razvoja inženirskega razmišljanja pri bodočih vzgojiteljih v kontekstu STEAM izobraževanja

Teoretični in empirični model Avseca in Sajdere (2019) poudarja dejavnike, ki vplivajo na razvoj inženirskega razmišljanja pri bodočih vzgojiteljih. To zajema reševanje kompleksnih problemov, načrtovanje, analiziranje ter kritično in ustvarjalno mišljenje, kar je bistveno za kakovostno implementacijo STEAM-a v predšolski kurikulum. Ključni dejavniki razvoja so kognitivne sposobnosti, tehnične in pedagoške kompetence, motivacija, ustvarjalnost, tehnična pismenost ter sposobnosti samoregulacije in refleksije. Empirični podatki kažejo, da tehnično znanje, ustvarjalnost in motivacija pomembno vplivajo na pripravljenost za uporabo inovativnih pristopov. Praktične in interdisciplinarne vsebine v izobraževalnem procesu spodbujajo razvoj teh spretnosti ter pripravljajo bodoče vzgojitelje na delo s kompleksnimi izzivi. Raziskava ponuja smernice za oblikovanje kakovostnih programov, ki s poudarkom na tehničnih in ustvarjalnih dejavnostih ter reševanju realnih problemov omogočajo, da otroci skozi igro razvijajo tehnično pismenost, logično mišljenje in ustvarjalnost.

STEAM pristop za spodbujanje aktivnega učenja v predšolskem obdobju

Razvoj naravoslovnega mišljenja v zgodnjem otroštvu spodbuja radovednost, ustvarjalnost ter povezuje znanstvene pojme z matematiko in pismenostjo, kar je temelj STEAM izobraževanja. Kljub temu vzgojitelji naravoslovne dejavnosti redkeje vključujejo, predvsem zaradi pomanjkanja časa, virov in znanja (Maier idr., 2013). Raziskave kažejo, da strokovna usposabljanja povečujejo samozavest vzgojiteljev pri poučevanju znanosti in spodbujajo uporabo metod, kot so eksperimentiranje, opazovanje in raziskovalna vprašanja. STEAM integracija združuje znanost, tehnologijo, inženirstvo, umetnost in matematiko ter krepi kognitivne, socialne in čustvene veščine predšolskih otrok. Poseben pomen imajo igra, praktične dejavnosti in raziskovanje, pri čemer umetnost spodbuja ustvarjalnost, tehnologija in inženirstvo pa pogosto ostajata v ozadju (Silva-Hormazábal in Alsina, 2023). Za učinkovito uvajanje STEAM pristopov so ključna strokovna podpora, dostopni viri ter prilagoditev učnega okolja, saj tak pristop otrokom omogoča razvoj kritičnega mišljenja, ustvarjalnosti in veščin reševanja problemov za izzive 21. stoletja (Jovanka idr., 2021).

Namen in cilji

Za vpogled v trenutno stanje mnenj, stališč in prepričanj slovenskih vzgojiteljev ter pomočnikov vzgojiteljev o STEAM izobraževanju smo izvedli empirično raziskavo. Raziskava vključuje diplomirane vzgojitelje in pomočnike vzgojiteljev iz Slovenije. Namen raziskave je preučiti njihov odnos do STEAM izobraževanja ter ugotoviti, kako področja izobraževanja dojemajo v okviru svojega dela z otroki v predšolskem obdobju. Ker podobnih raziskav na območju

Slovenije do sedaj še ni bilo izvedenih, si z analizo pridobljenih podatkov prizadevamo osvetliti trenutno stanje. Pridobljeni rezultati bodo služili kot podlaga za nadaljnji razvoj STEAM pristopa v predšolski vzgoji v Sloveniji. S fokusnim intervjujem smo raziskali, kako vzgojitelji v predšolski vzgoji vključujejo STEAM dejavnosti v svoje delo, kateri so glavni izzivi pri njihovi izvedbi in kakšen vpliv imajo dejavnosti na otroke različnih starostnih skupin. Intervju nam je omogočil vpogled v potrebe vzgojiteljev za bolj kakovostno in pogostejše izvajanje STEAM aktivnosti ter v njihov pogled na pomembnost vključevanja STEAM-a v predšolski kurikulum.

Osrednji namen je bil podati vpogled v uvajanje STEAM strategije v predšolsko obdobje z vidika vzgojiteljev. Z diplomskim delom smo želeli raziskati in preučiti pogled ter stališča vzgojiteljev in strokovnih delavcev do STEAM izobraževanja.

Zastavili smo naslednje cilje (C1–C4):

C1: Predstaviti STEAM izobraževanje v predšolskem obdobju z vidika vzgojiteljev.

C2: Predstaviti razvojne značilnosti otrok.

C3: Predstaviti primere dobrih praks STEAM izobraževanja doma in po svetu.

C4: Kritično analizirati trenutno stanje in predstaviti priložnosti za smiselno implementacijo STEAM izobraževanja v slovenskem vrtcu.

V skladu s cilji smo zastavili naslednja raziskovalna vprašanja (RV1–RV5):

RV1: Kakšna so bila mnenja in stališča vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih o izvajanju dejavnosti na področju STEAM?

RV2: Kakšne so bile izkušnje vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih (prijetne/negativne) z vključevanjem dejavnosti STEAM v predšolsko obdobje?

RV3: Kakšno je bilo zadovoljstvo in počutje vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih ob izvajanju STEAM dejavnosti?

RV4: Kakšna je bila usposobljenost vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih za izvajanje dejavnosti STEAM?

RV5: Kako pogosto so vzgojitelji vključevali metode značilne za STEAM izobraževanje v dejavnosti predšolske vzgoje in kakšno pomembnost so posvečali tem izbranim metodam?

RV6: Kako so vzgojitelji doživljali STEAM izobraževanje, katere ovire so zaznavali pri njegovi implementaciji?

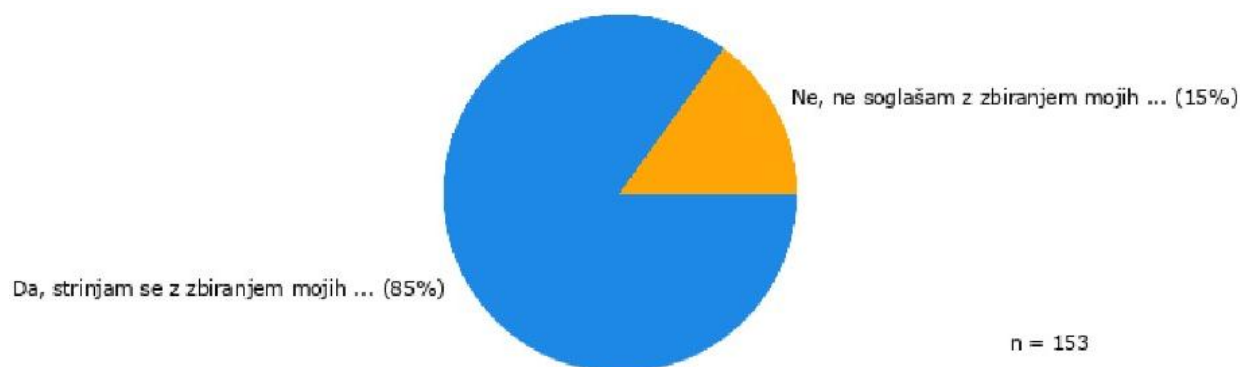
Metoda

V raziskavi, ki je del diplomskega dela Gorta (2025), je uporabljen empirični pristop, ki je združeval kvantitativne in kvalitativne metode. Rezultati so bili zbrani med 8. 10. in 17. 11. 2024 s spletno anketo ter fokusnim intervjujem. Vzorec je bil naključen in je obsegal slovenske vzgojitelje ter pomočnike vzgojiteljev, stare od 20 do 65 let. Od 153 vključenih je anketo v celoti rešilo 87 udeležencev, kar predstavlja 57 % vseh, ki so začeli z izpolnjevanjem. Anketa je bila oblikovana v treh sklopih: stališča in izkušnje vzgojiteljev s STEAM pristopom, dejavniki izvajanja dejavnosti (viri, čas, pogostost) ter demografski podatki. Pri oblikovanju vprašalnika smo se oprli na tuje raziskave in ga prilagodili slovenskemu predšolskemu okolju. Odgovori so bili vrednoteni na 5-stopenjski Likertovi lestvici. Podatki so analizirani z orodjem 1KA, pri čemer je uporabljena opisna statistika in grafični prikazi. Odgovori iz fokusnega intervjuja so obdelani

s pomočjo vsebinske analize, ki je omogočila poglobljen vpogled v stališča in potrebe vzgojiteljev glede izvajanja STEAM pristopa v predšolski praksi.

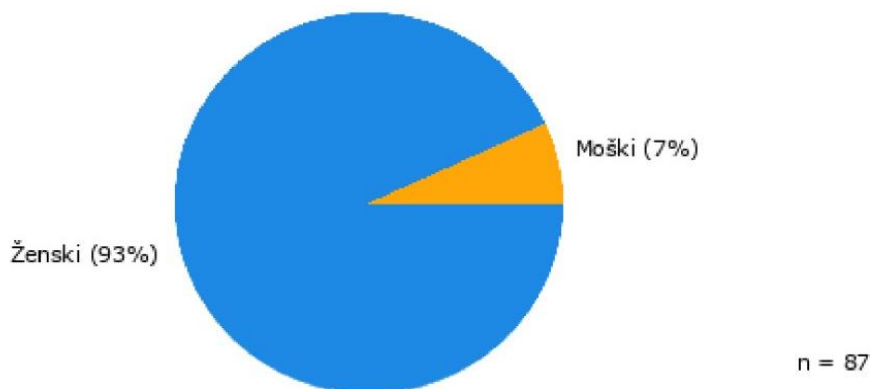
Rezultati

V raziskavi je sodelovalo 153 anketirancev. Kot je razvidno iz grafa 1, 23 anketirancev (15 % vseh sodelujočih) ni podalo soglasja za obdelavo njihovih podatkov, zato je bilo za nadaljnjo obdelavo podatkov na voljo 130 anketirancev, kar predstavlja 85 % vseh sodelujočih.



Graf 1: Soglasje za zbiranje podatkov (n = 153)

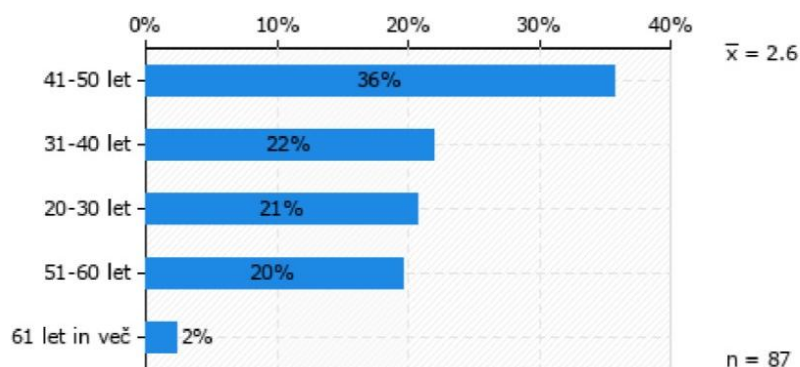
V raziskavi (graf 2) je sodelovalo 87 vzgojiteljev in pomočnikov, od tega jih je bilo kar 93 % ženskega spola in 7 % moških.



Graf 2: Spol anketirancev (n = 87)

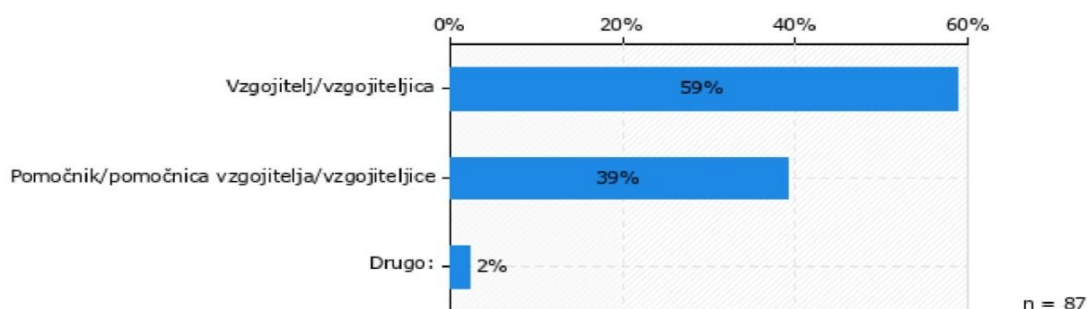
V raziskavi (graf 3) so sodelovali udeleženci različnih starostnih skupin. Največ anketirancev (36 %) je bilo starih med 41 in 50 let, sledili so stari med 31 in 40 let (22 %). Starostna skupina od 20 do 30 let je predstavljala 21 % anketirancev, medtem ko je bilo starejših od 61 let le 2 %.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



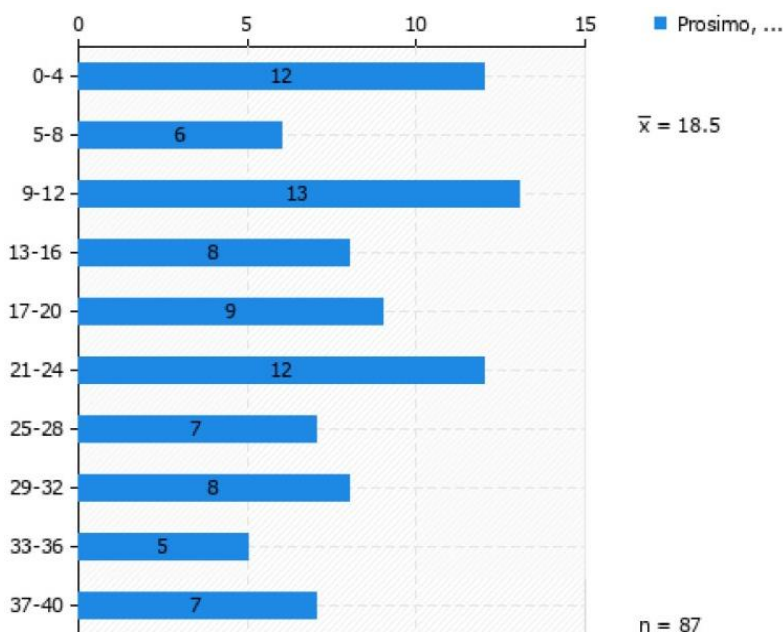
Graf 3: Starost anketirancev ($n = 87$)

V raziskavi (graf 4) so sodelovali diplomirani vzgojitelji predšolskih otrok in pomočniki vzgojiteljev predšolskih otrok. Podatki v grafu predstavijo, da je med udeleženci prevladovalo 51 diplomiranih vzgojiteljev, kar predstavlja 59 %. Pomočnikov vzgojiteljev je bilo 34, kar pomeni 39 % delež, medtem ko sta preostala 2 % pripadala kategoriji »drugo«.



Graf 4: Delovno mesto anketirancev ($n = 87$)

V raziskavi (graf 5) so anketiranci sami navedli svojo delovno dobo. Po analizi podatkov je bila povprečna delovna doba udeležencev 18,5 leta.



Graf 5: Delovna doba anketirancev ($n = 87$)

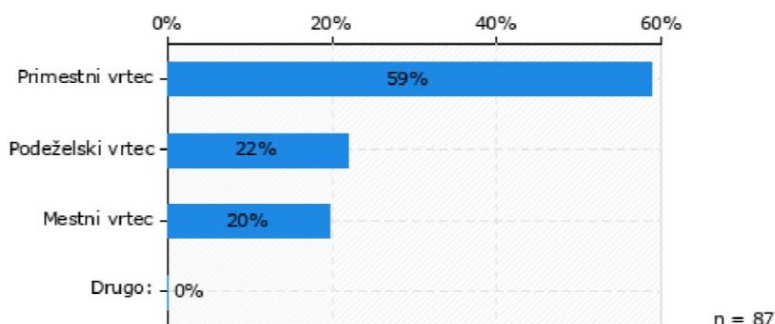
*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

V raziskavi (preglednica 1) smo preučevali starost otrok, s katerimi vzgojitelji in pomočniki vzgojiteljev delajo. Največ anketirancev dela z otroki, starimi 3–4 leta (14,9 %) in 5–6 let (14,9 %), sledijo skupine 2–4 leta in 3–6 let (po 11,5 %). Manj anketirancev pokriva skupine 1–2 leti (8 %), 1–3 leta (6,9 %) in 4–6 let (3,4 %). Rezultati kažejo, da so vzgojitelji vključeni v delo z različnimi starostnimi skupinami otrok.

Preglednica 1: Starost otrok v skupini anketirancev ($n = 87$)

	Frekvenca	%	Kumulativni %
1 do 2 leti	7	8	17,8
1 do 3 leta	6	6,9	24,7
2 do 3 leta	6	6,9	31,6
2 do 4 leta	10	11,5	43,1
3 do 4 leta	13	14,9	58,0
3 do 5 let	8	9,2	67,2
3 do 6 let	10	11,5	78,7
4 do 5 let	9	10,3	89,0
4 do 6 let	3	3,4	92,4
5 do 6 let	13	14,9	100,0
Skupaj	87	100,0	

V raziskavi (graf 6) smo preverjali lokacijo vrtca, kjer so zaposleni udeleženci. Največ anketirancev 51 (59 %) dela v primestnih vrtcih. V mestnih vrtcih je zaposlenih 17 udeležencev, kar predstavlja 20 %, na podežlju pa deluje 19 anketirancev, kar pomeni 22 %.



Graf 6: Lokacija vrtca anketirancev ($n = 87$)

Mnenja in stališča vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih o izvajanju dejavnosti na področju STEAM

Na osnovi vprašalnika smo opredelili kategorije STEAM vsebin, metod, oblik itd. in izbrali ciljne trditve za posamezno kategorijo po lestvici od sploh se ne strinjam do popolnoma se strinjam.

Izvajanje dejavnosti

RV1: Kakšna so mnenja in stališča vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih o izvajanju dejavnosti na področju STEAM?

Rezultati ankete kažejo, da vzgojitelji v veliki meri prepoznajo pozitivne učinke STEAM dejavnosti v predšolski vzgoji (preglednica 2). Večina se strinja, da takšne dejavnosti

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

spodbujajo zanimanje otrok za naravoslovje, tehniko, umetnost, matematiko in inženirstvo, kar potrjujejo ugotovitve Silve Hormazábal in Alsine (2023). Prav tako podpirajo večjo prisotnost teh tem v kurikulumu, saj krepijo ustvarjalnost, kritično mišljenje in reševanje problemov (Avsec in Ferik Savec, 2022). Pomembno vlogo ima tudi ustrezno oblikovan prostor, ki otrokom omogoča avtonomijo in praktično raziskovanje (Bazler in Van Sickle, 2020). Anketiranci se večinoma strinjajo, da STEAM izboljšuje učne pristope, matematične in jezikovne spretnosti ter socialni razvoj otrok, pri čemer raziskave potrjujejo pomen raziskovalnega in sodelovalnega učenja (Maier idr., 2013; Jovanka idr., 2021; Alghamdi, 2023). Prepričanja, da so STEAM vsebine prezahtevne za mlajše otroke ali da zahtevajo pismenost, so večinsko zavrnjena, saj otroci znanje pridobivajo predvsem skozi igro, izkušnjo in eksperimentiranje (Avsec in Sajdera, 2019; Silva-Hormazábal in Alsina, 2023). Skupno gledano rezultati potrjujejo, da STEAM dejavnosti celostno prispevajo k razvoju otrok – od ustvarjalnosti do socialnih in kognitivnih spretnosti – ter so primerne že v zgodnjem otroštvu.

Preglednica 2: Rezultati izvajanja dejavnosti

Postavke	Odzivi vzgojiteljev in strokovnih delavcev
Legenda: ■ sploh se ne strinjam ■ se ne strinjam ■ sem nevtralen ■ se strinjam ■ popolnoma se strinjam	
T1: Predšolske dejavnosti STEAM zelo pomagajo spodbujati zanimanje otrok za naravoslovje, tehniko in tehnologijo, inženirstvo, umetnost in matematiko v poznejših razredih.	14% 31% 55%
T3: V predšolskem izobraževanju bi se morale obravnavati veliko več naravoslovnih, tehnoloških, inženirskih, umetnostnih in matematičnih tem.	19% 43% 30%
T4: Zelo pomembno je, da je v igralnici »območje STEAM«, kjer lahko otroci prosto raziskujejo in ustvarjajo.	17% 47% 32%
T7: Dejavnosti, povezane s STEAM-om, zelo pomagajo izboljšati pristope predšolskih otrok k učenju	31% 37% 28%
T15: Dejavnosti, povezane s STEAM-om, zelo pomagajo izboljšati matematične spretnosti predšolskih otrok.	31% 34% 29%
T16: Sploh ni primerno, da bi otrokom v zgodnjem otroštvu predstavljali teme s področja STEAM.	38% 33% 11% 13% 4%
T17: Dejavnosti, povezane s STEAM-om, zelo pomagajo izboljšati jezikovne spretnosti predšolskih otrok.	35% 37% 27%
T23: Majhni otroci se o temah STEAM sploh ne morejo učiti, dokler ne znajo brati.	22% 11% 19% 35% 13%
T26: Dejavnosti, povezane s tematiko STEAM, zelo pomagajo izboljšati socialne spretnosti predšolskih otrok.	25% 41% 32%
T34: Dejavnosti, povezane s STEAM-om, zelo pomagajo izboljšati ustvarjalnost predšolskih otrok.	18% 34% 47%

Izkušnje z vključevanjem

RV2: Kakšne so izkušnje vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih (prijetne/negativne) z vključevanjem dejavnosti STEAM v predšolsko obdobje?

Rezultati kažejo, da vzgojitelji prepoznavajo koristi STEAM pristopa, a se soočajo z izzivi, predvsem pomanjkanjem časa in virov (preglednica 3). Kar 69 % anketirancev potrjuje, da jim druge obveznosti otežujejo izvedbo STEAM dejavnosti, kar potrjujejo tudi Maier idr. (2013), saj priprava raziskovalnih aktivnosti zahteva več časa kot druge naloge. Hkrati večina vzgojiteljev meni, da se otroci najbolje učijo z eksperimentiranjem in manipulacijo materialov, kar potrujeta Silva-Hormazábal in Alsina (2023). Časovna zahtevnost priprave je bila dodatno potrjena pri polovici anketirancev (T12), kar se ujema z ugotovitvami Bazlerja in Van Sicklea (2020), da priprava eksperimentov zahteva natančno načrtovanje in prilagoditve gradiv. Kljub tem oviram vzgojitelji opažajo visoko radovednost otrok (T20) in pogosto izvajajo preproste eksperimente, kot je preizkušanje plovnosti predmetov (T29). To potrjuje pomen zgodnjega raziskovanja in učenja skozi igro (Avsec in Sajdera, 2019; Jovanka idr., 2021). Skupno rezultati nakazujejo, da STEAM spodbuja radovednost, eksperimentiranje, reševanje problemov in kreativnost otrok, vendar uspešna implementacija zahteva dodatno podporo, usposabljanja in ustrezne vire.

Preglednica 3: Rezultati izkušenj z vključevanjem

Postavke	Odzivi vzgojiteljev in strokovnih delavcev
Legenda: ■ sploh se ne strinjam ■ se ne strinjam ■ sem nevtralen ■ se strinjam ■ popolnoma se strinjam	
T5: Glede na druge zahteve je v dnevu premalo časa za obravnavo tem s področja STEAM.	
T6: Majhni otroci se najbolje učijo z eksperimentiranjem s snovmi in manipuliranjem z materiali in predmeti.	
T12: Priprava na učne dejavnosti STEAM mi vzame veliko več časa kot pri drugih dejavnostih.	
T20: Majhni otroci so zelo radovedni glede konceptov in pojavov STEAM.	
T29: Zelo pogosto prikazujem eksperimentalne postopke (npr. primerjanje plovnosti predmetov) s svojimi predšolskimi otroki.	

Zadovoljstvo in počutje

RV3: Kakšno je zadovoljstvo in počutje vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih ob izvajanju STEAM dejavnosti?

Rezultati kažejo, da se večina vzgojiteljev dobro počuti pri izvajanju dejavnosti, povezanih z raziskovanjem naravoslovnih tem (T2), kar potrjujejo tudi raziskave (Bazler in Van Sickle, 2020). Pri optiki (T8) in izdelavi preprostih izdelkov (T9) so odgovori bolj mešani, kar nakazuje potrebo po dodatnem usposabljanju in materialni podpori (Silva-Hormazábal in Alsina, 2023). Dejavnosti z živo naravo (T13) imajo visoko podporo, saj otroci ob opazovanju razvijajo raziskovalne spretnosti (Maier idr., 2013). Projektno učenje s

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

tehnološkimi vsebinami (T14) prav tako uživa pozitiven odziv, saj praktične naloge spodbujajo aktivno sodelovanje otrok (Avsec in Ferk Savec, 2022). Pri trajnostnih temah (T21) in matematiki (T27) so vzgojitelji nekoliko manj samozavestni, kar kaže na potrebo po dodatnem usposabljanju (Jovanka, Sumantri, Dhieni in Karnadi, 2021). Raziskovanje pojavov, kot sta vreme in vesolje (T30), prinaša mešane odzive, saj je uspešno vključevanje naravoslovnih vsebin odvisno od dostopnih gradiv (Alghamdi, 2023). Kljub temu večina vzgojiteljev meni, da znajo oblikovati ustrezne pristope za izvajanje STEAM dejavnosti (T31). Ustvarjalno-umetniške vsebine (T33) pa potrjujejo pomen domišljije in ustvarjalnosti pri otrocih (Silva-Hormazábal in Alsina, 2023). Skupno ugotovitve kažejo, da se vzgojitelji samozavestno lotevajo STEAM dejavnosti, posebej naravoslovnih, tehničnih in umetniških, nekoliko manj pa matematičnih in trajnostnih, pri čemer so glavni izzivi čas, pomanjkanje virov in dodatna strokovna podpora (preglednica 4).

Preglednica 4: Rezultati zadovoljstva in počutja

Postavke	Odzivi vzgojiteljev in strokovnih delavcev
Legenda: ■ sploh se ne strinjam ■ se ne strinjam ■ sem nevtralen ■ se strinjam ■ popolnoma se strinjam	
T2: Zelo udobno se počutim, ko vodim učne dejavnosti, ki temeljijo na raziskovanju in so povezane s fizikalnimi in energetskimi naravoslovnimi temami (npr. sila teže, plini, tekočine, trdne snovi).	
T8: Zelo udobno se počutim, če lahko spodbujam učne dejavnosti, ki temeljijo na raziskovanju in so povezane z optiko (npr. svetloba, barva, vid).	
T9: Zelo udobno se počutim, če lahko spodbujam učne dejavnosti, ki temeljijo na snovanju in izdelavi izdelkov (npr. tehnična vzgoja, umetnost).	
T13: Zelo udobno se počutim, če lahko vodim učne dejavnosti, ki temeljijo na raziskovanju in so povezane z naravoslovnimi temami (npr. živa bitja, rastline, živali).	
T14: Zelo udobno se počutim, ko vodim dejavnosti projektnega učnega dela oz. snovanja izdelkov, povezane s temami s področja tehnike in tehnologije.	
T21: Počutim se zelo udobno, ko vodim učne dejavnosti, ki temeljijo na raziskovanju in so povezane s temami trajnostnega razvoja.	
T27: Zelo udobno se počutim, ko vodim učne dejavnosti, ki temeljijo na raziskovanju in so povezane z matematičnimi temami (oblike, števila ...).	
T28: Zelo uživam pri izvajanju dejavnosti, povezanih s STEAM, s svojimi predšolskimi otroki.	
T30: Zelo udobno se počutim, ko vodim učne dejavnosti, ki temeljijo na raziskovanju in so povezane z Zemljo (Sonce, Luna, zvezde, vreme ...).	
T31: Sploh me ne moti nered, ki nastane pri izvajanju praktičnih dejavnosti STEAM.	
T33: Zelo udobno se počutim, če lahko spodbujam učne dejavnosti, ki temeljijo na ustvarjanju, snovanju in so povezane z umetnostjo.	

Usposobljenost vzgojiteljev

RV4: Kakšna je usposobljenost vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih za izvajanje dejavnosti STEAM?

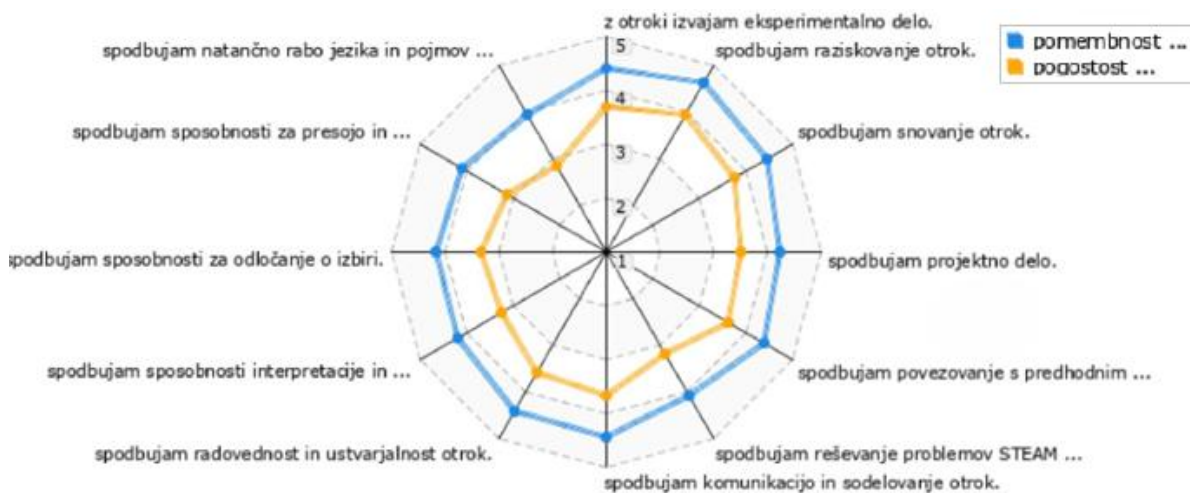
Rezultati kažejo, da se vzgojitelji pri izvajanju STEAM dejavnosti pogosto soočajo z vprašanjem sodelovanja, virov in usposobljenosti (preglednica 5). Pri sodelovanju z drugimi strokovnimi delavci (T10) več kot polovica izraža strinjanje, kar potrjuje pomen timskega dela (Bazler in Van Sickle, 2020). Pri uporabi različnih materialov, kot so kocke in vsakodnevni predmeti (T11), je podpora visoka (78 %), saj ti spodbujajo ustvarjalnost (Silva-Hormazábal in Alsina, 2023). Tudi pri uporabi osnovnih znanstvenih pripomočkov (T18) večina izraža samozavest, čeprav četrtna ostaja nevtralna. Bolj izstopa izziv razlage znanstvenih metod otrokom (T19), kjer skoraj polovica vzgojiteljev čuti nelagodje, kar potrjuje potrebo po dodatnem usposabljanju (Avsec in Ferk Savec, 2022). Kljub temu vzgojitelji aktivno zbirajo materiale za dejavnosti (T22: 61 % strinjanja), ideje črpajo iz sodelovanja in opazovanja otrok (T24) ter vključujejo knjige in slikanice (T25), ki podpirajo zanimanje za znanost (Alghamdi, 2023). Največji izziv ostaja pomanjkanje gradiv in materialov (T32), kar omejuje kakovost izvajanja STEAM pristopa. Skupno pa rezultati potrjujejo pripravljenost vzgojiteljev, da kljub omejitvam iščejo rešitve in aktivno vključujejo STEAM v vsakodnevno prakso.

Preglednica 5: Rezultati usposobljenosti vzgojiteljev

Postavke	Odzivi vzgojiteljev in strokovnih delavcev
Legenda: ■ sploh se ne strinjam ■ se ne strinjam ■ sem nevtralen ■ se strinjam ■ popolnoma se strinjam	
T10: O idejah in vprašanjih v zvezi z učenjem in dejavnostmi na področju STEAM zelo pogosto razpravljam z drugimi vzgojitelji in ostalimi strokovnimi delavci.	
T11: Za dejavnosti STEAM uporabljam vse možne vrste materialov (npr. kocke, igrače, škatle ...).	
T18: Zelo neprijetno mi je uporabljati znanstvene pripomočke/orodja, kot so tehtnice, ravnila in povečevalna stekla, ko vodim dejavnosti STEAM.	
T19: Zelo neprijetno mi je govoriti z majhnimi otroki o metodah znanstvenega raziskovanja (npr. postavljanje hipotez, napovedovanje, eksperimentiranje).	
T22: Zelo pogosto zbiram materiale in predmete za uporabo pri dejavnostih STEAM.	
T24: Vse ideje oz. zamisli za praktične dejavnosti v vrtcu dobim iz početja, govorjenja, spraševanja otrok iz skupine.	
T25: Zelo pogosto vključujem razne knjige in slikanice s področja STEAM pri bralni dejavnosti.	
T32: Za izvajanje dejavnosti STEAM nimam na voljo dovolj gradiv in materialov.	

Pogostost vključevanja značilnih metod za STEAM

RV5: Kako pogosto vzgojitelji vključujejo metode, značilne za STEAM izobraževanje, v dejavnosti predšolske vzgoje in kakšno pomembnost posvečajo tem izbranim metodam?



Graf 7: Rezultati vključevanja metod ($n = 87$)

Rezultati raziskave prikazujejo, da vzgojitelji metode STEAM izobraževanja ocenjujejo kot zelo pomembne, a jih zaradi časovnih ali materialnih omejitev nekoliko redkeje uporabljajo. Najvišje ocene pomembnosti so bile pri metodah, ki spodbujajo ustvarjalnost (4,8), reševanje problemov (4,7), eksperimentiranje (4,6) in raziskovanje otrok (4,5). Pogostost uporabe teh metod je bila nekoliko nižja, med 3,8 in 4,1. Metode, kot so načrtovanje (4,3), projektno delo (4,3), povezovanje s predhodnim znanjem (4,2), komunikacija in sodelovanje otrok (4,4) ter podpora jeziku in izražanju (4,2), so prav tako visoko ocenjene, a se redkeje izvajajo (3,4–3,8). Podobno velja za spodbujanje odločanja, izbire (4,0; 3,4) in interpretacije ter refleksije (4,1; 3,4) (graf 7). Rezultati kažejo, da vzgojitelji prepoznavajo pomen metod, ki spodbujajo ustvarjalnost, raziskovanje, reševanje problemov in sodelovanje, vendar jih v praksi nekoliko manj pogosto vključujejo. Glavni izzivi so časovna zahtevnost in omejen dostop do ustreznih virov, kar poudarja potrebo po dodatni podpori in usposabljanju za sistematično implementacijo STEAM metod v predšolski vzgoji.

Fokusni intervju vzgojiteljev

Fokusni intervjuji so bili izvedeni z namenom pridobitve poglobljenega vpogleda v stališča, izkušnje in doživljanje vzgojiteljev pri izvajanju STEAM dejavnosti v predšolskih ustanovah. Raziskovali smo, kako pogosto vzgojitelji vključujejo STEAM aktivnosti v svoj načrt, katere metode in vsebine uporabljajo ter s kakšnimi izzivi se pri tem soočajo. Intervjuji so osvetlili učinke STEAM dejavnosti na otroke, vključno z njihovo angažiranostjo, radovednostjo in razvojem ključnih veščin. Poudarek je bil na zaznavanju podpore, ki bi jo vzgojitelji potrebovali za kakovostnejše in pogostejše izvajanje tovrstnih aktivnosti, ter na njihovem pogledu na vključevanje STEAM pristopa v predšolski kurikulum.

Doživljanje vzgojiteljev

1. Kako pogosto vpeljujete STEAM dejavnosti v vaš učni načrt? Katere aktivnosti so vključene?
2. Kaj menite, zakaj se STEAM izobraževanje (ne) izvaja pogosteje v predšolskih ustanovah? Kateri so ključni razlogi za to?
3. Katera področja STEAM-a (znanost, tehnologija, inženirstvo, umetnost, matematika) najpogosteje povezujete v vaših dejavnostih? Imate kakšen poseben poudarek na določenem področju?
4. Ali lahko navedete primere dejavnosti, ki ste jih izvedli in ki vključujejo več STEAM področij hkrati? Kako so otroci nanje reagirali?
5. Kako ocenjujete, katera STEAM dejavnost je primerna za določeno starostno skupino otrok? Imate pri tem določene kriterije?
6. Se vam zdi, da so otroci pri teh dejavnostih bolj angažirani in radovedni kot pri drugih vrstah aktivnosti? Zakaj da ali ne?
7. Kakšno podporo bi potrebovali, da bi lahko pogosteje ali bolj kakovostno izvajali STEAM dejavnosti?
8. Kako pomembno se vam zdi, da je STEAM izobraževanje vključeno v predšolski kurikulum? Kakšne učinke menite, da bi imelo na dolgoročen razvoj otrok?

Pogostost izvajanja STEAM dejavnosti se razlikuje glede na starost otrok. Skupina 4–6 let jih izvaja nekajkrat mesečno, 2–4-letniki občasno, najmlajši (1–2 leti) pa večkrat na teden, predvsem preproste senzorične aktivnosti. Glavni razlogi za manj pogosto izvajanje so pomanjkanje časa, nezadostna usposobljenost in potreba po prilagoditvi vsebin starostni skupini. Pri povezovanju področij STEAM vzgojiteljice najpogosteje združujejo znanost in umetnost, matematika se pojavlja pri srednji skupini, tehnologija in inženirstvo pa sta manj zastopana. Angažiranost otrok je odvisna od starosti in svobode pri raziskovanju; prosto eksperimentiranje se izkaže za ključni dejavnik. Vzgojiteljice poudarjajo potrebo po dodatni podpori, kot so materiali in tehnološki pripomočki, prilagojeni starosti otrok, saj bi to olajšalo kakovostno izvajanje STEAM dejavnosti. Pomembnost STEAM-a v predšolski vzgoji prepoznavajo vse vzgojiteljice, saj spodbuja radovednost, ustvarjalnost in veščine reševanja problemov že od zgodnjega otroštva.

Diskusija

V tem poglavju je zapisano doseganje zastavljenih ciljev (C1–C4) in odgovori na raziskovalna vprašanja (RV1–RV6).

C1: Predstaviti STEAM izobraževanje v predšolskem obdobju z vidika vzgojiteljev.

STEAM izobraževanje je interdisciplinarni pristop, ki združuje znanost, tehnologijo, inženirstvo, umetnost in matematiko ter spodbuja ustvarjalnost, kritično mišljenje in raziskovalne veščine (Razi in Zhou, 2022; Taylor, 2016). Rezultati raziskave kažejo, da slovenski vzgojitelji prepoznavajo njegov potencial, zlasti pri spodbujanju radovednosti in povezovanju znanja različnih disciplin. Poudarili so, da STEAM razvija otrokovo sposobnost reševanja problemov preko igre in praktičnih izkušenj (Silva-Hormazábal in Alsina, 2023). Po mnenju Maier idr. (2013) so vzgojiteljeva naravnost in stališča do naravoslovnih vsebin ključna za uspešno implementacijo. Kljub temu vzgojitelji pogosto nimajo dovolj znanja za zahtevnejše tehnične in

naravoslovne vsebine, kar omejuje polno uporabo STEAM-a (MacDonald idr., 2021), zato je potrebna dodatna podpora in usposabljanje.

C2: Predstaviti razvojne značilnosti otrok.

Predšolski otroci so v obdobju hitrega razvoja kognitivnih, socialnih in motoričnih sposobnosti (Lally in Valentine-French, 2019). Vzgojitelji so poudarili, da je STEAM učinkovit pri spodbujanju radovednosti in raziskovalnega duha, saj igra in praktično učenje omogočata povezovanje teoretičnih konceptov z vsakdanjim življenjem. Dejavnosti, kot sta eksperimentiranje z naravnimi materiali ali raziskovanje okolja, krepijo interdisciplinarno razmišljanje že v zgodnjem otroštvu (Taylor, 2016), pri čemer je pomembna tudi vzgojiteljeva podpora in prilagodljivost dejavnosti (Spektor-Levy idr. 2013).

C3: Predstaviti primere dobrih praks STEAM izobraževanja doma in po svetu.

Empirični rezultati kažejo, da vzgojitelji poznajo in prilagajajo nekatere dobre prakse svojemu lokalnemu okolju, na primer gradnjo z LEGO kockami ali ustvarjanje preprostih strojev, ki spodbujajo tehnično ustvarjalnost in sodelovanje otrok. Te aktivnosti so skladne z mednarodnimi primeri, kot je avstralski program »Little Scientists«, ki vključuje eksperimentalno učenje (Little Scientists, 2021). MacDonald idr. (2021) poudarjajo, da prilagoditev globalnih praks lokalnim potrebam povečuje relevantnost in vključenost. Kljub temu so slovenski vzgojitelji omejeni zaradi pomanjkanja virov in usposobljenosti.

C4: Kritično analizirati trenutno stanje in predstaviti priložnosti za smiselno implementacijo STEAM izobraževanja v slovenskih vrtcih.

Raziskava je pokazala, da vzgojitelji prepoznavajo pomen STEAM izobraževanja, a navajajo izzive, kot so pomanjkanje časa, virov in strokovne podpore. Ti rezultati so skladni z ugotovitvami Thibauta idr. (2018), ki poudarjajo potrebo po sistematični podpori, vključno z usposabljanjem, razvojem kurikulumu in dostopom do orodij. MacDonald idr. (2021) dodajajo, da krepitev vzgojiteljeve samozavedi spodbuja uporabo STEAM metod. Kljub omejitvam so vzgojitelji pripravljeni vključevati STEAM dejavnosti, kar odpira možnosti za nove izobraževalne programe in delavnice.

RV1: Kakšna so mnenja in stališča vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih o izvajanju dejavnosti na področju STEAM?

Raziskava je pokazala, da imajo vzgojitelji na splošno pozitivna stališča do STEAM izobraževanja, ki ga vidijo kot pomemben pristop za celostni razvoj otrok, povezovanje disciplin ter spodbujanje kreativnosti in kritičnega mišljenja. Poudarili so, da praktične izkušnje omogočajo trajnejše in smiselnejše učenje, kar potrujeta Silva-Hormazábal in Alsina (2023). Hkrati so izrazili pomisleke glede lastne usposobljenosti pri tehničnih in naravoslovnih vsebinah ter izpostavili potrebo po dodatnem usposabljanju, kar je skladno z ugotovitvami Alghamdi (2023).

RV2: Kakšne so izkušnje vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih (prijetne/negativne) z vključevanjem STEAM dejavnosti v predšolsko obdobje?

Vzgojitelji so izkušnje z vključevanjem STEAM-a opisali kot mešane. Pozitivni učinki so se pokazali pri motivaciji otrok, sodelovanju in radovednosti, pri dejavnostih, kot so gradnja

preprostih strojev, eksperimentiranje z naravnimi materiali in opazovanje naravnih pojavov (Jovanka idr., 2021). Negativne izkušnje so povezane s časovnimi omejitvami in pomanjkanjem materialnih virov, saj priprava zahtevnejših aktivnosti zahteva veliko časa in ustrezne pripomočke, kar omejuje implementacijo STEAM pristopa (Thibaut idr., 2018).

RV3: Kakšno je zadovoljstvo in počutje vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih ob izvajanju STEAM dejavnosti?

Rezultati kažejo, da so vzgojitelji na splošno zadovoljni pri izvajanju STEAM dejavnosti, predvsem ko opazijo pozitiven vpliv na otroke. Dejavnosti, kot so gradnja modelov, ustvarjanje vzorcev ali opazovanje naravnih procesov, spodbujajo raziskovanje, ustvarjalnost in izboljšujejo povezanost z otroki ter vzdušje v skupini (Silva-Hormazábal in Alsina, 2023). Stres se pojavlja, kadar primanjkuje virov ali otroci težje sledijo kompleksnejšim aktivnostim, kar kaže na potrebo po prilagajanju dejavnosti razvojni stopnji otrok (Lally in Valentine-French, 2019).

RV4: Kakšna je usposobljenost vzgojiteljev in pomočnikov v slovenskih vrtcih za izvajanje dejavnosti STEAM?

Raziskava je pokazala, da se večina vzgojiteljev ne počuti dovolj kompetentnih za izvajanje kompleksnejših STEAM dejavnosti, predvsem zaradi pomanjkanja znanja o tehničnih in naravoslovnih vsebinah, kar vpliva na samozavest pri načrtovanju aktivnosti (Alghamdi, 2023). Izražena je bila potreba po praktičnih delavnicah in usposabljanjih z vključitvijo primerov dobrih praks iz tujine, ki bi olajšala implementacijo STEAM-a v vsakodnevno delo.

RV5: Kako pogosto vzgojitelji vključujejo metode značilne za STEAM izobraževanje v dejavnosti predšolske vzgoje in kakšno pomembnost posvečajo tem izbranim metodam?

Vzgojitelji so metode STEAM izobraževanja uporabljali redno, predvsem v obliki enostavnih dejavnosti, kot so gradnja z LEGO kockami, eksperimentiranje z vodo ali raziskovanje narave. Kompleksnejše aktivnosti z uporabo tehnologije ali inženirskih konceptov so bile redkejšje zaradi pomanjkanja virov, časa in usposobljenosti (Bazler in Van Sickle, 2020). Vzgojitelji so se osredotočali predvsem na raziskovanje in ustvarjalnost, kar je bistvo STEAM pristopa.

RV6: Kako vzgojitelji doživljajo STEAM izobraževanje, katere ovire zaznavajo pri njegovi implementaciji?

Vzgojitelji so STEAM doživljali kot pozitiven pristop za celostni razvoj otrok, vendar so pri implementaciji zaznavali ovire, kot so pomanjkanje virov, časovne omejitve in nezadostna kurikularna podpora. Pogosto niso imeli ustreznih materialov ali dovolj časa za pripravo dejavnosti, kar je omejevalo njihov obseg in kakovost. Kljub temu so izrazili pripravljenost za vključevanje STEAM-a ob ustrezni podpori, vključno z usposabljanji, dostopom do virov in sodelovanjem z drugimi strokovnimi delavci (Jovanka idr., 2021).

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Sistemske razmišljanje in interdisciplinarni pristopi, kot je STEAM izobraževanje, predstavljajo enega ključnih odgovorov na izzive 21. stoletja. Z vključevanjem naravoslovja, tehnologije, inženirstva, umetnosti in matematike v predšolsko obdobje se spodbuja celostni razvoj otrok

ter krepi ustvarjalno, kritično in socialno mišljenje. Namen diplomskega dela je bil raziskati, kako vzgojitelji razumejo pomen STEAM pristopa in kakšne so njihove izkušnje pri njegovi implementaciji. Raziskava je bila izvedena z anketnim vprašalnikom in intervjuji, v katerih so sodelovali vzgojitelji različnih starostnih skupin. Rezultati kažejo, da vzgojitelji prepoznajo pozitiven vpliv STEAM dejavnosti na razvoj otrok, zlasti na spodbujanje radovednosti, raziskovalnega duha, ustvarjalnosti in boljšega razumevanja sveta. Hkrati pa so opozorili na ovire, kot so pomanjkanje strokovnega usposabljanja, materialnih virov ter institucionalne podpore. Uporabna vrednost raziskave se kaže v dveh smereh: za vzgojitelje ponuja konkretna izhodišča, kako lahko z interdisciplinarnimi dejavnostmi obogatijo pedagoško prakso, za odločevalce pa predstavlja spodbudo k sistematičnemu vključevanju STEAM vsebin v predšolske kurikule ter zagotavljanju ustreznih pogojev za njihovo izvajanje. Tako raziskava prispeva k obojestranski poravnavi med teorijo in prakso ter odpira prostor za kakovostnejši razvoj predšolske vzgoje.

Literatura in viri

- Alghamdi, A. A. (2023). Exploring early childhood teachers' beliefs about STEAM education in Saudi Arabia. *Early Childhood Education Journal*, 51(3), 247–256. <https://doi.org/10.1007/s10643-021-01303-0>
- Avsec, S. in Ferik Savec, V. (2022). Mapping the relationships between self-directed learning and design thinking in pre-service science and technology teachers. *Sustainability*, 14(14), 8626. <https://doi.org/10.3390/su14148626>
- Avsec, S. in Sajdera, J. (2019). Factors influencing pre-service preschool teachers' engineering thinking: Model development and test. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(3), 639–659. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9486-8>
- Bazler, J. in Van Sickle, M. (2020). *Cases on STEAM education in practice*. IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-5225-2334-5
- Jovanka, D. R., Sumantri, M. S., Dhieni, N. in Karnadi, E. (2021). Early childhood educators' attitude toward STEAM and online learning as 21st-century skills. *Indonesian Journal of Early Childhood Education Studies*, 10(2), 128–135. <https://doi.org/10.15294/ijeces.v10i2.47862>
- Kurent, B. in Avsec, S. (2023). Examining pre-service teachers' regulation in distance and traditional preschool design and technology education. *Heliyon*, 9(2), e13738. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13738>
- MacDonald, A., Danaia, L., Sikder, S. in Huser, C. (2021). Early childhood educators' beliefs and confidence regarding STEM Education. *International Journal of Early Childhood*, 53(3), 241–259. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/s13158-021-00295-7>
- Maier, M. F., Greenfield, D. B. in Bulotsky-Shearer, R. J. (2013). Development and validation of a preschool teachers' attitudes and beliefs toward science teaching questionnaire. *Early Childhood Research Quarterly*, 28(2), 366–378. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2012.09.003>
- Razi, A. in Zhou, G. (2022). STEM, iSTEM, and STEAM: What is next? *International Journal of Technology in Education*, 5(1), 1–29. <https://doi.org/10.46328/ijte.119>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Silva-Hormazábal, M. in Alsina, Á. (2023). Exploring the impact of integrated STEAM education in early childhood and primary education teachers. *Education Sciences*, 13(8), 842. <https://doi.org/10.3390/educsci13080842>
- Spektor-Levy, O., Baruch, Y. K. in Mevarech, Z. (2013). Science and Scientific Curiosity in Pre-school—The teacher's point of view. *International Journal of Science Education*, 35(13), 2226-2253. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.631608>
- Taylor, P. C. S. (2016). Why is a STEAM curriculum perspective crucial to the 21st century? V *Research Conference 2016* (str. 89–93). Melbourne: Australian Council for Educational Research.
- Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W. in Depaepe, F. (2018). The influence of teachers' attitudes and background on the implementation of STEM education in schools. *Teaching and Teacher Education*, 71, 190–205. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.12.014>

SISTEMSKO RAZMIŠLJANJE VZGOJITELJEV IN STOKOVNIH DELAVCEV V VRTCU

SYSTEMS THINKING OF PRESCHOOL TEACHERS AND PROFESSIONAL STAFF IN KINDERGARTENS

Lana Lunder, Brina Kurent in Stanislav Avsec

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Sistemske razmišljanje v vrtcu lahko pomembno vpliva na kakovost vzgojno-izobraževalnega procesa. Vzgojiteljem in strokovnim delavcem omogoča, da celostno obravnavajo kompleksne situacije, izboljšajo načrtovanje dejavnosti, spodbujajo reševanje problemov in podpirajo razvoj otrokovega kritičnega in analitičnega mišljenja. Namen raziskave je bil raziskati stališča vzgojiteljev do uporabe sistemskega razmišljanja ter ugotoviti, kako pogosto in na kakšen način ga vključujejo v svoje delo. V teoretičnem delu smo opisali značilnosti sistemskega razmišljanja, lastnosti dobrega sistemskega misleca ter metode za njegovo merjenje in ocenjevanje. Predstavili smo primere dobre prakse in sistemskega razmišljanja v Kurikulu za vrtce (1999) ter izpostavili ključne kompetence, ki jih vzgojitelji potrebujejo za uspešno izvajanje tega pristopa. V raziskavi smo uporabili kvantitativni raziskovalni pristop in podatke zbrali z anketnim vprašalnikom, ki je zajemal tri sklope: samooceno vedenja vzgojiteljev in strokovnih delavcev pri izboljšavah, samooceno vedenja pri tehnični vzgoji ter oceno pomembnosti in zaznavanja pravil sistemskega razmišljanja po modelu DSRP. Rezultati so pokazali, da imajo vzgojitelji dobro razvite osnovne vidike sistemskega razmišljanja, kot je razumevanje vzročno-posledičnih povezav in odnosov, manj pa prepoznavajo variacije in večkratne vzroke. Na sistemskega razmišljanje pozitivno vplivata starost vzgojiteljev in lokacija vrtca, pri čemer boljše rezultate dosegajo starejši vzgojitelji in tisti iz podeželskih vrtcev. Po modelu DSRP, ki zajema pravila razlikovanja, sistemov, odnosov in perspektiv, so pravila odnosov in razlikovanj ocenjena kot najpogostejše zaznana in uporabljena. Sistemskega razmišljanje je sicer dobro razvito, vendar so možnosti za izboljšave zlasti pri refleksiji, uporabi različnih perspektiv in bolj poglobljenem pristopu.

Ključne besede: sistemskega razmišljanje, predšolska vzgoja, tehnična vzgoja, vzgojitelji in strokovni delavci, veščine in kompetence.

Abstract

Systems thinking in kindergartens can significantly impact the quality of the educational process. It enables preschool teachers and professional staff to address complex situations holistically, improve activity planning, promote problem-solving, and support the development of children's critical and analytical thinking. The purpose of the study was to explore preschool teachers' attitudes towards the use of systems thinking and to determine how frequently and in what ways they incorporate it into their work. In the theoretical part, we described the characteristics of systems thinking, the traits of a good

systems thinker, and methods for its measurement and evaluation. We presented examples of good practice and the role of systems thinking in the Kindergarten Curriculum (1999), highlighting the key competencies that preschool teachers need to successfully apply this approach. The study used a quantitative research approach, collecting data via a questionnaire that included three sections: self-assessment of preschool teachers' and professional staff's behavior in making improvements, self-assessment of behavior in technical education, and evaluation of the importance and perception of the rules of systemic thinking according to the DSRP model. The results showed that preschool teachers have well-developed basic aspects of systemic thinking, such as understanding cause-and-effect relationships and connections, but are less skilled in recognizing variations and multiple causes. Systems thinking is positively influenced by the age of preschool teachers and the location of the kindergarten, with older teachers and those from rural kindergartens achieving better results. According to the DSRP model, which includes the rules of distinctions, systems, relationships, and perspectives, the rules of relationships and distinctions are the most commonly perceived and used. Although systems thinking is generally well-developed, there is room for improvement, particularly in reflection, the use of different perspectives, and a more in-depth approach.

Key words: systems thinking, preschool education, technical education, preschool teachers and professional staff, skills and competencies.

Sistemsko razmišljanje

Arnold in Wade (2015) sta sistemske razmišljanje definirala kot niz sinergijskih analitičnih veščin, ki se uporabljajo za izboljšanje sposobnosti prepoznavanja in razumevanja sistemov, napovedovanja njihovega vedenja in oblikovanja sprememb, da bi dosegli želene učinke. Te veščine delujejo skupaj kot sistem. Sistemske razmišljanje je sestavljeno iz treh osnovnih sestavin: elementov (značilnosti), medsebojnih povezav (kako se te značilnosti medsebojno povezujejo in vplivajo druga na druga) in funkcije ali namena. Najmanj očitno, a pogosto najpomembnejši del sistema je ravno njegova funkcija ali namen, ki določa vedenje sistema (Arnold in Wade, 2015). Del sistemskega razmišljanja je tudi ustvarjalnost, kjer sistemske razmišljanje ustvarja okvir, ki spodbuja ustvarjalnost in usmerja inovacije iz kaotičnih situacij ter razkriva povezave in neodvisnost med idejami. Ustvarjalnost se pri sistemskega razmišljanju kaže tudi pri kreativnem reševanju problemov (Avsec, 2021).

Ključne dimenzije sistemskega razmišljanja, na podlagi katerih so Moore idr. (2010) tudi napisali lestvico za merjenje sistemskega razmišljanja, so:

- Zaporedje dogodkov
- Vzročno zaporedje
- Možnost večkratnih vzrokov
- Različne vrste variacij (naključne/posebne)
- Povratne informacije
- Medsebojna povezanost dejavnikov
- Vzorci odnosov

Cavana in Maani (2000) sta navedla pet ključnih faz za uspešno uvedbo sistemskega razmišljanja, ki vključujejo naslednje korake:

1. Strukturiranje problema:
 - o Identificiranje problemov ali vprašanj, ki so pomembna za vodstvo.
 - o Zbiranje predhodnih informacij in podatkov.
2. Modeliranje vzročnih zank:
 - o Identificiranje glavnih spremenljivk.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Priprava grafov vedenja skozi čas (referenčni model).
 - Razvijanje diagrama vzročnih zank (diagram vplivov).
 - Analiziranje vedenja zank skozi čas.
 - Identificiranje arhetipov sistemov.
 - Identificiranje ključnih vzvodov.
 - Razvijanje intervencijskih strategij.
3. Dinamično modeliranje:
- Razvijanje sistemskega zemljevida ali bogate slike.
 - Določanje vrst spremenljivk in sestavljanje diagramov zalog in tokov.
 - Zbiranje podrobnih informacij in podatkov.
 - Razvijanje simulacijskega modela.
 - Simuliranje pogojev stabilnega stanja.
 - Ponovno ustvarjanje vedenja referenčnega modela (osnovni primer).
 - Validiranje modela.
 - Izvajanje analize občutljivosti.
 - Oblikovanje in analiziranje politik.
 - Razvijanje in preizkušanje strategij.
4. Načrtovanje scenarijev in modeliranje:
- Načrtovanje splošnega obsega scenarijev.
 - Identificiranje ključnih dejavnikov sprememb in glavnih negotovosti.
 - Zgraditev prisilnih in učnih scenarijev.
 - Simuliranje scenarijev z modelom.
 - Ocenjevanje robustnosti politik in strategij.
5. Implementacija in organizacijsko učenje:
- Priprava poročila in predstavitve za vodstvo.
 - Komuniciranje rezultatov in vpogledov predlagane intervencije deležnikom.
 - Razvijanje mikrosveta in učnega laboratorija na podlagi simulacijskega modela.
 - Uporaba učnega laboratorija za preučevanje mentalnih modelov in omogočanje učenja v organizaciji.

Te faze predstavljajo smernice, ki jih je mogoče prilagoditi glede na specifične potrebe organizacije in zapletenost problema. Ni nujno, da se izvedejo vse faze in koraki; izbira je odvisna od narave problema in pripravljenosti organizacije, da vложи napor v ta proces.

Značilnosti dobrega sistemskega misleca

Frakes in Linder (2011) pravita, da sistemski mislec razmišlja o kratkoročnih in dolgoročnih posledicah svojih dejanj, kar pomeni, da predvideva ne le neposredne rezultate, ampak tudi dolgoročne učinke. Spreminja perspektivo, da bi videl različne poglede znotraj sistema, in se osredotoča na celotno »veliko sliko« namesto na podrobnosti posameznih delov. Pri svojem delu išče vzorce v podatkih in prepoznava trende skozi čas, kar mu pomaga razumeti naravno dinamiko sistema. Sposoben je delovati v dvoumnih situacijah in zna ravnati v nasprotujočih si okoliščinah, pri čemer si vzame čas za razumevanje kompleksnosti sistema pred sprejetjem odločitve. Redno preverja rezultate svojih dejanj in jih po potrebi prilagaja, kar mu omogoča stalno učenje in izboljševanje. Prepoznava povezave med različnimi vprašanji znotraj sistema in išče majhna dejanja, ki lahko povzročijo velike spremembe. Zaveda se, da se akumulacije lahko počasi kopičijo ali izčrpavajo skozi čas bodisi v konkretnih (npr. denar) ali abstraktnih (npr. zaupanje) oblikah. Sistemski mislec je pripravljen dvomiti o svojih osnovnih prepričanjih,

ker ve, da lahko ta omejujejo njegovo razmišljanje. Prav tako se zaveda, da so meje v sistemih poljubne, zato preverja njihovo smiselnost. Kritično razmišlja o vzročnosti, ne le korelaciji, in se osredotoča na razumevanje dinamičnih odnosov med deli sistema. Pri svojem delu je previden pri sprejemanju zmagovalno/porazne drže, saj se izogiba pristopom »ničelne vsote«, ki ne upoštevajo medsebojne odvisnosti znotraj sistema. Razmišlja tudi o neželenih posledicah svojih dejanj in vedno vidi sebe kot del sistema, ki ga preučuje, saj razume, da njegovo vedenje vpliva na sistem. Na koncu prepozna, da struktura sistema določa njegovo vedenje in se osredotoča na izboljšanje strukture, namesto da bi iskal krivce, ko gre kaj narobe.

Merjenje in ocenjevanje systemskega razmišljanja

V eni od raziskav na področju razvoja systemskega razmišljanja pri predšolskih otrocih so avtorji razvili posebno merilno lestvico, prilagojeno otrokom, starim od štiri do šest let (Feriver idr., 2019). Ta lestvica je bila zasnovana tako, da omogoča oceno, kako dobro otroci razumejo pomembne vidike systemskega razmišljanja. Merilna lestvica ocenjuje osem ključnih vidikov systemskega razmišljanja pri predšolskih otrocih. To so: prepoznavanje skritih dimenzij sistema, prepoznavanje vzročnosti, prepoznavanje in razumevanje povratnih zank, razumevanje dinamičnega vedenja, videnje celote, razumevanje mehanizmov sistemov, predvidevanje prihodnosti in identifikacija intervencijskih točk.

Eden od načinov za spodbujanje systemskega razmišljanja je tudi pristop, ki temelji na modelu DSRP (*Distinctions, Systems, Relationships, Perspectives*). S pomočjo modela so avtorji raziskave (Taylor, Calvo-Amodio in Well, 2020) ocenili napredek systemskega razmišljanja pri učencih iz višjih razredov osnovne šole in srednješolcih. Model DSRP izpostavlja štiri ključne komponente systemskega razmišljanja: razlikovanja (*distinctions*), sisteme (*systems*), odnose (*relationships*) in perspektive (*perspectives*).

V omenjeni raziskavi so učenci najprej narisali sistem akvarija, nato pa so se naučili uporabljati koncepte za prepoznavanje elementov, interakcij in vlog/namenov. Po tem so še enkrat narisali sistem akvarija, rezultati pa so pokazali, da se je njihovo systemsko razmišljanje izboljšalo med prvim in drugim risanjem. DSRP model je bil uporabljen kot orodje za spodbujanje in ocenjevanje systemskega razmišljanja, kjer so se učenci osredotočili na razlikovanja (D) kot prepoznavanje elementov, odnose (R) kot prepoznavanje interakcij in perspektive (P) kot prepoznavanje vlog/namenov v sistemu akvarija. Čeprav učenci niso bili neposredno poučeni o konceptu sistemov (S), je bilo njihovo razumevanje sistema ocenjeno kot celota razlikovanj, odnosov in perspektiv. Avtorji raziskave so tako razvili orodje za ocenjevanje teh štirih komponent kot del procesa systemskega razmišljanja.

Systemsko razmišljanje v predšolskem obdobju

V izobraževanju postaja vse bolj pomembno, da se otroke pripravi na potrebe 21. stoletja, kjer so med veščinami 21. stoletja naštet: kritično mišljenje, reševanje problemov, ustvarjalnost, sodelovanje ... Današnji čas je poln izzivov in hitrih sprememb, ki zahtevajo, da otroci gledajo na svet celostno in uporabljajo systemsko razmišljanje, kar je pomembno tudi za razumevanje in uporabo tehnoloških produktov in sistemov. Za to pa morajo biti tudi primerno usposobljeni vzgojitelji in učitelji (Kurent in Avsec, 2023).

Nekateri raziskovalci menijo, da otroci še niso sposobni systemskega razmišljanja. To utemeljujejo z raziskavami, ki kažejo, da tudi odrasli pogosto nimajo te sposobnosti. Pri tem

sklepajo, da če pogosto odrasli ne zmorejo sistemsko razmišljati, potem tega ne moremo pričakovati niti od otrok. Druga skupina raziskovalcev pa verjame, da imajo otroci naravno sposobnost za sistemsko razmišljanje. Menijo, da otroci že intuitivno prepoznavajo povezave in odvisnosti med stvarmi, še preden se o tem učijo v šoli (Gillmeister, 2017).

Za poučevanje in razumevanje sistemskega razmišljanja se uporabljajo različna orodja. Med najpreprostejša sodijo zemljevidi zalog in tokov, grafi vedenja skozi čas in povratne zanke. Zemljevidi zalog in tokov opisujejo delovanje sistema, medtem ko grafi vedenja skozi čas in povratne zanke prikazujejo odnose med elementi. Vendar pa so te veščine pri majhnih otrocih lahko omejene zaradi njihove razvojne stopnje:

Zemljevidi zalog in tokov prikazujejo, kateri dejavniki (»zaloge«) v sistemu s časom naraščajo ali upadajo. Pri majhnih otrocih lahko pričakujemo, da bodo takšne vzorce prepoznali iz izkušenj, npr. pri uporabi kopalne kadi. Zaloga je v tem primeru voda, dotok voda iz pipe, odtok pa voda, ki zapusti kad.

Grafi vedenja čez čas pomagajo se osredotočiti na vzorce sprememb skozi čas namesto na ločene dogodke, kar vodi v pogovore o tem, kako in zakaj nekaj spreminja. Pri majhnih otrocih lahko to veščino sistemskega razmišljanja opazimo v pripovedovanju zgodb o njihovih lastnih izkušnjah ali zgodbah iz otroške literature.

Diagrami povratnih zank (ali vzročni diagrami) prikazujejo, kako struktura sistema vpliva na vedenje znotraj sistema. Pri majhnih otrocih so povratne zanke morda še nepoznane, lahko pa jih razumejo skozi preproste povezave, kot so odnos med utrujenostjo in spanjem ali lakoto in hranjenjem (Gillmeister, 2017).

Primeri dobre prakse v vrtcu

V nadaljevanju bomo predstavili primere dejavnosti v vrtcu, kjer otroci razvijajo sistemsko razmišljanje.

Primer 1: Skupina otrok se igra s klančinami, kockami in žogo, ki jo želijo čim hitreje spustiti po klančini. Za to razvijejo načrt in eno stran klančine dvignejo, da ustvarijo večjo silo. Ocenijo razpoložljive materiale, izberejo najprimernejše in preizkusijo rešitev. Ob tem razvijajo veščine, kot so oblikovanje hipotez, izbira ustreznih materialov, sodelovanje in dogovarjanje v skupini. Igra tako spodbuja razvoj sistemskega razmišljanja (Kodo kids, 2018).

Sobočan (2016) je v svojem diplomskem delu predstavila primere sistemov, ki jih lahko obravnavamo že v vrtcu. Poudarila je vzročno-posledične in grafične prikaze sprememb v dinamičnih sistemih. Primeri vključujejo naravoslovne vsebine in dogajanja v naravi in družbi.

Primer 2: Otroci ocenjujejo količino listja na drevesu v različnih letnih časih, in to prikažejo na grafu. Najprej določijo točke in jih povežejo, saj se količina listja spreminja neprekinjeno.

Primer 3: Pri obravnavi prehranjevalnega spleta (proizvajalci, potrošniki prvega in drugega reda) otroci razmišljajo sistemsko z vprašanji, kot sta: »Ali bi štoklja preživel na območju, kjer ni sonca in padavin?« ali »Ali bi volk preživel na območju, kjer ni srn?«.

Primer 4: Malavašič (2018) je v svojem magistrskem delu predstavila model poučevanja sistemskega razmišljanja za učence 4. razreda pri predmetu družba s poudarkom na

gospodarstvu. Model temelji na modelu hierarhičnega systemskega razmišljanja po Assarafu in Orionu. Razvoj systemskega razmišljanja je bil spremljan skozi napredek pri oblikovanju pojmovnih mrež, kjer so učenci po skupinah beležili nove pojme in povezave med njimi.

Primer 5: V eni od raziskav so systemsko razmišljanje razvijali oz. opazovali preko knjige *The Water Hole* avtorja Graema Basa. V raziskavo so bili vključeni otroci stari 4–6 let. Vsakemu otroku posebej je raziskovalec prebral knjigo in ga že med branjem spraševal vprašanja: od kje je prišla voda, kaj se je spremenilo, kam je odšla voda ... Po prebrani zgodbi pa so sledila vprašanja: o čem govori zgodba, kaj so v zgodbi počele živali, zakaj otrok misli, da so živali pile, odšle, zakaj je vode manj, kaj se je zgodilo, ko se je število živali povečalo ... Navodilo je bilo tudi, da otrok nadaljuje zgodbo in zgodbi da naslov. Z naštetimi vprašanji in navodili so se pri otrocih dotaknili naslednjih veščin systemskega razmišljanja: prepoznavanje skritih dimenzij, vzročnosti, povratnih zank, dinamičnega vedenja, videnje celote, razumevanje mehanizmov sistemov, predvidevanje prihodnosti in prepoznavanje intervencijskih točk (Feriver idr., 2019). Na ta način lahko tudi ocenimo systemsko razmišljanje otrok, kar smo opisali tudi pod naslovom Merjenje in ocenjevanje systemskega razmišljanja.

Systemsko razmišljanje v Kurikulu za vrtce

V vrtcih so pri delu z otroki prepoznane aktivne metode, kot so snovalsko razmišljanje, projektno in izkustveno učenje ter systemsko razmišljanje, ki otroke preko različnih poti vodijo do novega znanja, spretnosti in stališč. Vključitev pristopa systemskega razmišljanja v kurikulum predšolske vzgoje ima lahko pomembno vlogo za razvoj kompetenc za trajnostni razvoj, zlasti pri spodbujanju kritičnega mišljenja in reševanja problemov. Kljub temu je uporaba systemskega razmišljanja v izobraževalnih okoljih še vedno v zgodnji fazi, saj tudi mnogi visoko izobraženi odrasli še nimajo zadostnih sposobnosti za to vrsto razmišljanja (Kurent in Avsec, 2023).

V izhodiščih za prenovo Kurikula za vrtce systemsko razmišljanje ni posebej omenjeno, ampak lahko njegove temelje prepoznamo že v teoretskih spoznanjih o razvoju in učenju malčkov in otrok. Zapisano je, da se razvoj in učenje otrok na vseh področjih (spoznavnem, moralnem, čustvenem ...) odvijata v območju bližnjega razvoja (OBR). Pri tem ima kompetentnejši posameznik pomembno vlogo, saj otroka spodbuja k uporabi strategij za reševanje problemov, ki jih ta še ne more samostojno oblikovati, a jih bo kasneje lahko uporabljal v novih in različnih okoljih. Med načeli prenove Kurikula za vrtce, ki usmerjajo prenovo kurikula, lahko temelje systemskega razmišljanja prepoznamo v načelu vključevanja medpodročnih dejavnosti. Omenjeno je spodbujanje reševanja problemov in kritičnega mišljenja (Antič idr., 2022).

Tudi v samem Kurikulu za vrtce (1999) systemsko razmišljanje ni omenjeno, lahko pa med besedilom opazimo posamezne elemente systemskega razmišljanja. Že na samem začetku je zapisano, da otrok svet dojema celostno, se uči in razvija v aktivni povezavi s svojim socialnim in fizičnim okoljem in razvija lastno družbenost in individualnost, ko je v vrtcu v interakciji z vrstniki in odraslimi. Med načeli lahko v načelu uravnoteženosti zasledimo poudarjanje spoznavanja osnovnih konceptov skozi zgodovino in različne poglede, kar jim pomaga razumeti, da lahko na isti problem obstajajo različni odgovori, kar spodbuja systemsko razmišljanje. Iz načela razvojno-procesnega pristopa pa lahko povzamemo, da je cilj učenja v predšolskem obdobju proces, pri katerem se spodbujajo otrokove lastne strategije razmišljanja, izražanja in dožemanja, ki so značilna za določeno obdobje. V kurikulumu se poudarjata reševanje konkretnih problemov in spodbujanje otrok k zastavljanju vprašanj, delitvi

izkušenj, idej ... Vsako področje kurikula za vrtce vsebuje elemente, ki lahko prispevajo k razvoju sistemskega razmišljanja (Kurikulum za vrtce, 1999).

Veščine in kompetence za vzgojitelje za uspešno izvajanje sistemskega razmišljanja

Vzgojitelji, ki želijo učinkovito implementirati sistemsko razmišljanje, potrebujejo naslednje posebne kompetence:

- Poznavanje principov sistemskega razmišljanja: Temeljito razumevanje konceptov, kot so povratne zanke, sinergije, medsebojne povezave in celostni pristop k problemom.
- Analitične in kritične miselne sposobnosti: Sposobnost analiziranja kompleksnih sistemov, prepoznavanja vzorcev in razumevanja, kako različni deli sistema vplivajo drug na drugega.
- Sposobnost načrtovanja in omogočanja učnih procesov: Zmožnost oblikovanja priprav, ki spodbujajo sistemsko razmišljanje, ter vodenje aktivnosti, ki krepijo te veščine pri otrocih.
- Komunikacijske veščine: Jasno in učinkovito prenašanje kompleksnih idej ter spodbujanje odprtega dialoga med otroci.
- Sodelovalne veščine: Delo v interdisciplinarnih timih in spodbujanje sodelovanja med otroci za skupno reševanje problemov.
- Fleksibilnost in prilagodljivost: Pripravljenost sprejeti nove pristope in prilagoditi učne metode glede na potrebe sistema.
- Tehnološka pismenost: Uporaba orodij in programov, ki lahko pomagajo pri modeliranju in vizualizaciji sistemov (Kurent in Avsec, 2024).

Namen in cilji

Z raziskavo smo želeli raziskati oziroma preučiti pogled in stališča vzgojiteljev in strokovnih delavcev do sistemskega razmišljanja.

V sklopu raziskave smo si zastavili cilje (C1–C3):

C1: Predstaviti in opredeliti sistemsko razmišljanje.

C2: Predstaviti primere dobrih praks sistemskega razmišljanja v vrtcu.

C3: Na primeru vzgojiteljev in strokovnih delavcev raziskati razširjenost sistemskega razmišljanja in pomembnost le-tega za optimizacijo dela v vrtcu.

V skladu s cilji smo si zastavili naslednja raziskovalna vprašanja (RV1–RV4):

RV1: Kakšno je stanje in kakšne so posebnosti sistemskega razmišljanja med vzgojitelji in strokovnimi delavci v vrtcu?

RV2: Kako različne spremenljivke vplivajo na sistemsko razmišljanje vzgojiteljev in strokovnih delavcev (starost vzgojitelja, starost otrok v oddelku, delovna doba, lokacija vrtca)?

RV3: Kakšna je razvitost sistemskega razmišljanja vzgojiteljev in strokovnih delavcev pri dejavnostih tehnične vzgoje v vrtcu?

RV4: Kako vzgojitelji in strokovni delavci ocenjujejo pomembnost in pogostost zaznavanja posameznih pravil sistemskega razmišljanja pri dejavnostih tehnične vzgoje v vrtcu?

Metoda

V raziskavi, ki je del diplomskega dela Lunder (2025), smo izvedli empirično raziskavo z deskriptivno in kavzalno-neeksperimentalno metodo ter uporabili kvantitativni raziskovalni pristop.

Podatke za raziskavo smo zbirali od 9. 10. 2024 do 18. 11. 2024. Vzorec raziskave je bil slučajnostni, saj so bili vanjo vključeni naključno izbrani vzgojitelji in drugi strokovni delavci v vrtcu, ki so predstavljali ciljno skupino raziskave. Skupno je baza podatkov zajemala 412 enot, ampak je 238 udeležencev odstopilo od reševanja vprašalnika. 22 anketirancev se ni strinjalo s soglasjem za zbiranje podatkov in so bili preusmerjeni na konec vprašalnika. Tako je vprašalnik uspešno izpolnilo 152 anketirancev, od tega jih je do konca vprašalnika prišlo 77, kar predstavlja dokončen vzorec za analizo.

Tehnika zbiranja podatkov je bila anketa, ki je bila ustvarjena na spletnem portalu 1KA. Vprašalnik, ki je del prilog diplomske naloge Lunder (2025), je bil sestavljen iz dveh delov. Prvi del je vseboval 3 različne sklope vprašanj, pri katerih je prvi sklop zajemal 20 postavk lestvice systemskega razmišljanja, ki so jo razvili Mary A. Dolansky, Shirley M. Moore, Patrick A. Palmieri in Mamta K. Singh (2020) in so lestvico uporabili pri merjenju systemskega razmišljanja zdravstvenih strokovnjakov in študentov. V drugem sklopu naše ankete je bilo 9 postavk namenjenih za samooceno pogostosti vedenja pri izvajanju tehnične vzgoje v vrtcu. Ta vprašanja nam lahko pomagajo razumeti, kako vzgojitelji in strokovni delavci dojemajo, izvajajo in vrednotijo systemsko razmišljanje v svoji vsakodnevni praksi pri dejavnostih tehnične vzgoje. Trditve so bile narejene na osnovi raziskave Kurent in Avsec (2023). V tretjem sklopu vprašanj je bilo 8 postavk za oceno pomembnosti in pogostosti zaznavanja elementov systemskega razmišljanja po modelu DSRP (Cabrera in Cabrera, 2019). Anketiranci so v prvem in drugem sklopu ovrednotili postavke s 6-stopenjsko Likertovo lestvico (0 pomeni »nikoli« in 5 pomeni »vedno«). V tretjem sklopu pa so ovrednotili pomembnost s 5-stopenjsko Likertovo lestvico (1 pomeni »sploh ni pomembno« in 5 »zelo pomembno«) in pogostost zaznavanj prav tako s 5-stopenjsko Likertovo lestvico (1 pomeni »sploh ni zaznati« in 5 »vedno zaznam«). Drugi del vprašalnika je vseboval vprašanja o demografskih podatkih anketiranca, in sicer o spolu, starosti, delovni dobi, delovnem mestu, starosti otrok v njihovem oddelku in o lokaciji vrtca, v katerem so zaposleni.

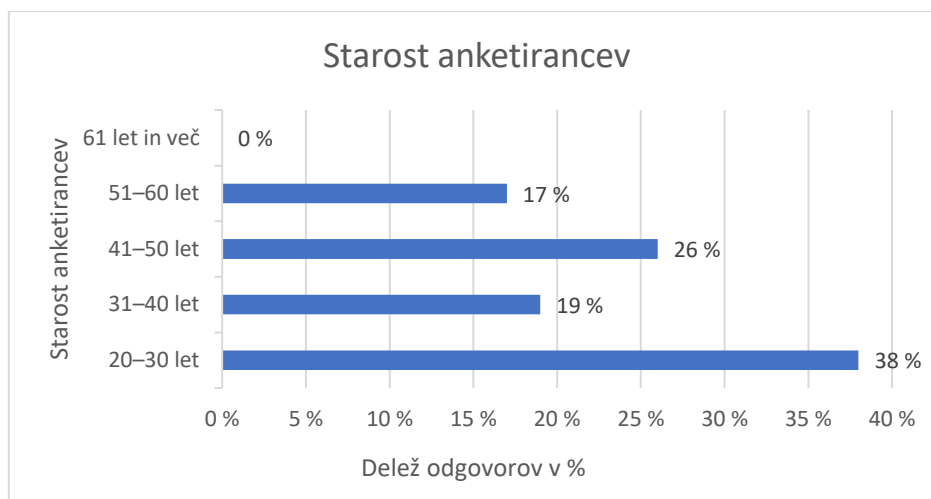
Anketirancem smo povezavo do ankete, pripravljene s platformo 1KA, poslali po elektronski pošti in povezavo delili na družabnih omrežjih (Facebook). Povezava je bila dostopna na povezavi: <https://1ka.arnes.si/a/e955233b>. Anketirancem smo zagotovili anonimnost, pred izpolnjevanjem vprašalnika pa so podali soglasje za zbiranje, obdelavo in uporabo njihovih podatkov. Vse analize smo izvedli s programsko opremo SPSS v.25, uporabili pa smo Shapiro-Wilk test za preverjanje normalnosti porazdelitve podatkov, McDonald's omega za preverjanje zanesljivosti lestvice, večkratno linearno regresijo za analizo vpliva demografskih spremenljivk na dosežek systemskega razmišljanja in Levenov test za preverjanje homogenosti varianc. Uporabili smo tudi ANCOVA za ugotavljanje razlik med skupinami ob upoštevanju kovariat in post-hoc teste z Bonferronijevim popravkom, da smo bolj natančno opredelili razlike med posameznimi skupinami glede na lokacijo.

Rezultati

V drugem delu anketnega vprašalnika so anketiranci odgovarjali na vprašanja o demografskih podatkih. Na ta vprašanja je odgovorilo 77 anketirancev, od tega 76 žensk in 1 moški.

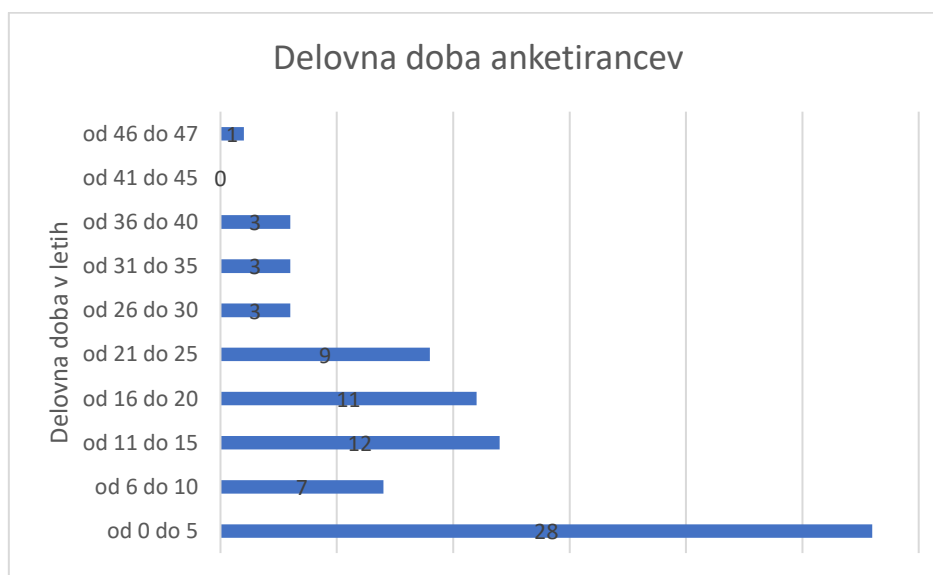
Med anketiranci je bilo 33 vzgojiteljev, kar predstavlja 43 % sodelujočih, in 44 pomočnikov vzgojiteljev, kar predstavlja 57 %. Ostali strokovni delavci niso sodelovali.

Anketiranci v raziskavi so bili različnih starosti. Iz grafa 1 lahko razberemo, da je bilo največ anketirancev starih od 20 do 30 let (38 %) in najmanj starih od 51 do 60 let (17 %).



Graf 1: Starost anketirancev ($n = 77$)

Anketirance smo spraševali tudi po njihovi delovni dobi, da bi dobili uvid v njihove izkušnje dela z otroki. Iz grafa 2 lahko povzamemo, da večina anketirancev spada v skupine z manj delovnimi izkušnjami, in sicer z delovno dobo do 25 let.



Graf 2: Delovna doba anketirancev ($n = 77$)

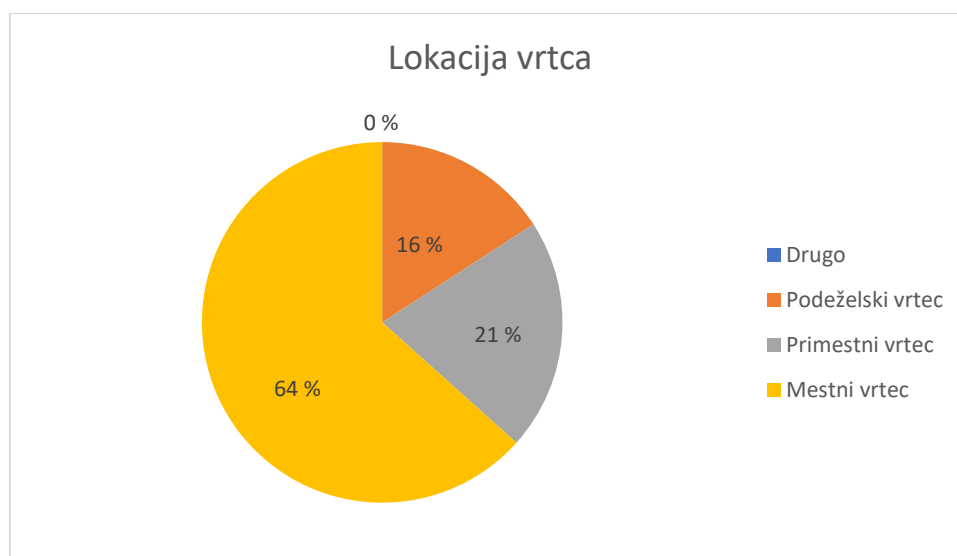
Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva in umetne inteligence za trajnostno družbo

V anketi so morali anketiranci napisati starost otrok, s katerimi trenutno delajo. Za boljši pregled smo odgovore združili v tri starostne skupine. Iz preglednice 1 lahko razberemo, da 36 % anketirancev dela z otroki, starimi od 1 do 3 let, 31 % z otroki, starimi od 3 do 4 leta, in 33 % anketirancev dela z otroki, starimi od 4 do 6 let. Rezultati kažejo, da so vse tri skupine približno enako zastopane.

Preglednica 1: Starostne skupine otrok, s katerimi delajo anketiranci

	Frekvenca	%	Kumulativni %
Od 1 do 3 leta	28	36,4	36,4
Od 3 do 4 let	24	31,2	67,5
Od 4 do 6 let	25	32,5	100,0
Skupaj	77	100,0	

Iz grafa 3 lahko vidimo, da je več kot polovica anketirancev zaposlenih v mestnih vrtcih (64 %), veliko manj jih je v primestnih vrtcih (21 %), najmanj pa jih je v podeželskih vrtcih (16 %).



Graf 3: Lokacija vrtca anketirancev ($n = 77$)

Razvitost systemskega razmišljanja vzgojiteljev in strokovnih delavcev v vrtcu

V nadaljevanju bomo prikazali stanje systemskega razmišljanja med vzgojitelji in strokovnimi delavci v vrtcu.

Na vprašanje o tem, kako pogosto izvajajo določena vedenja, ko želijo narediti izboljšavo pri delu oz. pri dejavnostih v vrtcu, je odgovorilo 94 anketirancev.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Graf 4: Pogostost vedenj pri izboljšavah dela ali dejavnosti vrtcu ($n = 94$)

Rezultati kažejo, da anketiranci pri izboljšavah dejavnosti v vrtcu največ pozornosti namenjajo majhnim spremembam, ki lahko prinesejo pomembne rezultate, in razumevanju poteka dogodkov (graf 4).

Vse postavke so ocenjene nad srednjo vrednostjo lestvice (2,5), kar pomeni, da vzgojitelji pogosto upoštevajo elemente sistemskega razmišljanja. Visoke ocene za postavke, kot so razumevanje vzročno-posledičnih povezav, upoštevanje odnosov med člani delovne skupine in delovanje v skladu z vizijo organizacije, kažejo, da se zavedajo povezanosti med različnimi dejavniki in vplivi, ki jih imajo njihova dejanja.

Nižje ocenjene postavke kažejo, da vzgojitelji in strokovni delavci redkeje uporabljajo nove ali nekonvencionalne pristope ter se manj ukvarjajo z dolgoročnimi učinki svojih dejanj. Prav tako manj razmišljajo o širšem ozadju težav in o kulturnem ozadju svojega delovnega okolja.

Sklepamo, da so nižje ocenjene postavke v merjenem vzorcu povezane z manjšo prožnostjo in odprtostjo vzgojiteljev ter strokovnih delavcev do inovativnih ali manj tradicionalnih oblik dela. To pomeni, da se vzgojitelji in strokovni delavci v praksi redkeje poslužujejo novih, nepreizkušenih pristopov, raje pa ostajajo pri tistih, s katerimi so že seznanjeni ali ki so splošno uveljavljeni. Hkrati se manj osredotočajo na dolgoročne posledice svojih dejavnosti, kar lahko pomeni, da pri načrtovanju ali izvajanju posegov in aktivnosti redkeje upoštevajo dolgoročno spreminjanje razmer, potreb otrok oziroma skupnosti. Poleg tega manj razmišljajo o širšem kontekstu težav. To lahko nakazuje na pomanjkanje refleksije o sistemskih, družbenih in kulturnih dejavnikih, ki vplivajo na delo z otroki. Takšen pristop bi lahko bil omejen bolj na vsakdanje, neposredno reševanje problemov, pri čemer se spregledajo širše okoliščine – na primer različne kulturne tradicije, vrednote, norme ali socialni dejavniki, ki oblikujejo izkušnje in potrebe posameznika ali skupine. Interpretacija teh ugotovitev je, da so nižje ocene pokazatelj manjše inovativnosti, krajše časovne usmerjenosti in manjše občutljivosti za kulturno in širše družbeno ozadje v delovanju obravnavanih vzgojiteljev in strokovnih delavcev.

Povezanost demografskega ozadja in sistemskega razmišljanja vzgojiteljev in strokovnih delavcev v vrtcu

V analizi rezultatov smo kot odvisno spremenljivko upoštevali skupni dosežek sistemskega razmišljanja (SR) vzgojiteljev in strokovnih delavcev, ki so sodelovali v raziskavi SR_{skupaj}. Neodvisne spremenljivke pa so bile starost udeležencev, delovna doba, starost otrok, s katerimi anketiranci delajo v vrtcu, ter lokacija vrtca. Za izračun koeficienta zanesljivosti testnih postavk smo uporabili McDonald's omega, ki znaša 0,92, kar pomeni visoko zanesljivost (Pituch in Stevens, 2015).

S Shapiro-Wilk testom smo preverili, ali je niz podatkov odvisne spremenljivke skladen z normalno porazdelitvijo, kar nam test tudi potrdi ($p > 0,05$). Tudi mera asimetrije (*skeweness*) in mera sploščenosti (*kurtosis*) sta znotraj dovoljenega področja, da lahko privzamemo, da je niz podatkov normalno porazdeljen ($\pm 1,5$) (Tabachnick in Fidell, 2013).

Na podlagi preverjenih podatkov smo izvedli deskriptivno analizo za skupni dosežek sistemskega razmišljanja (SR_{skupaj}) in delovno dobo (preglednica 2).

Preglednica 2: Deskriptivna analiza za skupni dosežek sistemskega razmišljanja in delovno dobo

	SR_{skupaj}	Delovna doba
<i>M</i> (aritmetična sredina)	72,03	13,32
<i>SD</i> (standardni odklon)	12,28	10,36
Koeficient asimetrije	-0,46	0,68
Standardna napaka asimetrije	0,27	0,27
Koeficient sploščenosti	-0,48	-0,49
Standardna napaka sploščenosti	0,54	0,54
Minimalna vrednost	44,00	1,00
Maksimalna vrednost	96,00	38,00

Iz preglednice 2 lahko razberemo, da je povprečna ocena za sistemsko razmišljanje (SR_{skupaj}) 72,03, kar pomeni, da imajo vzgojitelji in strokovni delavci, ki so sodelovali v anketi, na splošno dobro razvito sposobnost sistemskega razmišljanja. Minimalni dosežek je bil 44 točk, medtem ko maksimalni visokih 96 točk. Glede na standardni odklon je ta sposobnost pri nekaterih manj, pri nekaterih pa bolj razvita, a večina anketirancev je dosegla nadpovprečne rezultate.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Pri delovni dobi je povprečje 13 let, ampak so razlike med anketiranci velike ($SD = 10,37$). Večina anketirancev ima krajšo delovno dobo, kar bi lahko vplivalo na razvitost systemskega razmišljanja.

Z večkratno linearno regresijo smo preučili odnos med odvisno spremenljivko in neodvisnimi spremenljivkami. V analizi je bila odvisna spremenljivka »skupni dosežek systemskega razmišljanja«, neodvisne spremenljivke pa vključujejo starost, leta izkušenj, starost otrok v vrtcu in lokacijo vrtca. Koeficienti regresijske analize (β) prikazujejo moč in smer vpliva posamezne neodvisne spremenljivke na odvisno spremenljivko.

Na podlagi vrednosti R^2 (preglednica 3), ki prikazuje, koliko variabilnosti odvisne spremenljivke pojasnjujejo neodvisne spremenljivke, ugotavljamo, da je $R^2 = 0,23$, kar pomeni 23 % pojasnjene variance. To lahko ocenimo kot srednjo moč pojasnitvenega modela (Cohen idr., 2003). P -vrednost je manjša od izbranega nivoja značilnosti ($p < 0,05$), kar kaže na to, da je vpliv določene neodvisne spremenljivke na odvisno spremenljivko statistično značilen. Preglednica 4 tudi prikazuje, da neodvisne spremenljivke (lokacija, starost, starost otrok in delovna doba) statistično značilno vplivajo na skupni dosežek systemskega razmišljanja ($p = 0,001$), kar pomeni, da te spremenljivke pomembno vplivajo na rezultate.

Preglednica 3: Povzetek regresijskega modela

Model		1
R		0,48 ^a
R^2		0,23
Prilagojeni R^2		0,19
Standardna napaka		11,07
Statistika sprememb	Sprememba R^2	0,23
	Sprememba F	5,38
Spremembe v statistiki	df_1	4
	df_2	72
	p	0,001

a Neodvisne spremenljivke: lokacija, starost, starost otrok, delovna doba.

Preglednica 4: Rezultati regresijske analize za systemsko razmišljanje

Model		Nestandardizirani koeficienti		Standardizirani koeficienti	t	p -vrednost
		B	Standardna napaka	β		
1	Neodvisne spremenljivke	59,12	4,64		12,75	0,000
	Starost vzgojiteljev	4,83	2,22	0,45	2,18	0,03
	Delovna doba	-0,06	0,24	-0,05	-0,24	0,82
	Starost otrok	-1,91	1,54	-0,13	-1,24	0,22
	Lokacija	4,42	1,71	0,27	2,59	0,01

Iz preglednice 4 vidimo, da starost vzgojiteljev ($p = 0,03$) in lokacija vrtca ($p = 0,01$) pomembno vplivata na skupni dosežek systemskega razmišljanja (SR_{skupaj}), delovna doba in starost otrok, s katerimi delajo vzgojitelji, pa vpliva nista pokazali.

Starost vzgojiteljev ima pozitiven vpliv na systemsko razmišljanje ($\beta = 0,45$), prav tako lokacija vrtca ($\beta = 0,27$). Na podlagi rezultatov vidimo, da so starejši vzgojitelji in strokovni delavci dosegli višje rezultate pri skupnem dosežku systemskega razmišljanja in lahko rečemo, da izkušnje in s tem drugačni pristopi vplivajo na systemsko razmišljanje. Razlike v rezultatih

sistemskega razmišljanja med lokacijami pa bi lahko bile posledica dostopa do virov, usposabljanj ali specifičnih kulturnih vplivov. Nasprotno pa delovna doba ($p = 0,82$) in starost otrok ($p = 0,22$) nista imeli pomembnega vpliva na sistemsko razmišljanje. To pomeni, da daljša delovna doba sama po sebi ne izboljša sistemkega razmišljanja, prav tako starost otrok, s katerimi delajo, ne igra pomembne vloge.

Za določitev vpliva lokacije na SR smo uporabili ANCOVA test. ANCOVA omogoča izolacijo vpliva lokacije vrtca na sistemsko razmišljanje ob upoštevanju ključnih kovariat, kot sta starost in izkušnje vzgojiteljev, s čimer omogoči bolj natančno oceno razlik med skupinami. Po prilagoditvi za kovariate ANCOVA oceni, ali obstajajo statistično značilne razlike v povprečjih odvisne spremenljivke med različnimi skupinami (v našem primeru med različnimi lokacijami vrtcev). Z upoštevanjem kovariat se poveča moč testa, saj odstrani nepotrebno variabilnost v podatkih.

Večina anketirancev dela v mestnih vrtcih (49), medtem ko jih 16 dela v primestnih vrtcih in 12 v podeželskih vrtcih (preglednica 5).

Preglednica 5: Deskriptivna statistika za skupni dosežek sistemkega razmišljanja glede na lokacijo vrtca

Odvisna spremenljivka: SR _{skupaj}			
Lokacija	Aritmetična sredina	Standardni odklon	N
Mestni	70,08	12,82	49
Primestni	72,75	10,39	16
Podeželski	79,08	10,32	12
Skupaj	72,03	12,28	77

Rezultati analize kažejo, da so vzgojitelji in strokovni delavci iz podeželskih vrtcev dosegli najvišje povprečje (79,08), sledijo tisti iz primestnih vrtcev (72,75), najnižje povprečje pa so imeli vzgojitelji in strokovni delavci iz mestnih vrtcev (70,08).

Razpršenost ocen je bila največja v mestnih vrtcih (12,82), kar kaže na bolj raznolike rezultate in najmanjša v podeželskih vrtcih (10,32), kjer so bile ocene bolj podobne.

Za preverjanje, ali imajo skupine enake variabilnosti odvisne spremenljivke, smo uporabili Levenov test, ki je statistični test za ugotavljanje homogene variabilnosti (homoscedastičnosti) med skupinami v analizi variance (ANOVA, ANCOVA ali drugih).

Preglednica 6: Rezultati Levanovega testa enakosti varianc napak

Levenov test enakosti varianc napak ^a			
Odvisna spremenljivka: SR _{skupaj}			
F	df1	df2	p
0,40	2	74	0,670

^a Neodvisne spremenljivke: lokacija, starost, starost otrok, delovna doba.

Levenov test za preverjanje homogenosti varianc med skupinami je imel p -vrednost 0,67, kar pomeni, da ne moremo zavrniti hipoteze o homogenosti varianc (preglednica 6). Zato smo nadaljevali analizo s klasično ANCOVA, saj je predpostavka homogenih varianc izpolnjena.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 7: Testi učinkov med skupinami

Odvisna spremenljivka: SR_{skupaj}						
Vir	Tip III Vsota kvadratov	df	Povprečni kvadrat	F	p-vrednost	Parcialni eta kvadrat
Popravljen model	2675,85 ^a	5	535,17	4,32	0,002	0,233
Intercept	32471,03	1	32471,03	262,25	0,000	0,787
Starost vzgojiteljev	552,12	1	552,12	4,46	0,038	0,059
Delovna doba	4,45	1	4,45	0,04	0,850	0,001
Starost otrok	213,65	1	213,65	1,73	0,193	0,024
Lokacija	856,00	2	428,00	3,46	0,037	0,089
Napaka	8791,03	71	123,82			
Vsota vrednosti	411067,00	77				
Popravljen skupna variabilnost	11466,88	76				

Iz preglednice 7 lahko vidimo, da starost vzgojiteljev in strokovnih delavcev pojasnjuje 5,9 % variance v sistemskem razmišljanju, kar kaže na majhen, a pomemben vpliv. Lokacija vrtca pa pojasnjuje 8,9 % variance, kar nakazuje, da okolje, kjer se vrtec nahaja (mestni, primestni, podeželski), zmerno vpliva na sistemsko razmišljanje.

Ker so bile razlike med lokacijami statistično pomembne, smo uporabili post-hoc teste, da smo določili, med katerimi lokacijami te razlike obstajajo.

Preglednica 8: Post-hoc analiza razlik v skupnem dosežku sistemskega razmišljanja glede na lokacijo vrtca

Odvisna spremenljivka: SR_{skupaj}						
(I) Lokacija	(J) Lokacija	Povprečna razlika (I-J)	Standardna napaka	p-vrednost ^b	95 % interval zaupanja za razliko ^b	
					Spodnja meja	Zgornja meja
Mestni	Primestni	-2,93	3,24	1,00	-10,88	5,01
	Podeželski	-9,52*	3,66	0,03	-18,50	-0,54
Primestni	Mestni	2,93	3,24	1,00	-5,01	10,88
	Podeželski	-6,59	4,38	0,41	-17,32	4,15
Podeželski	Mestni	9,52*	3,66	0,03	0,54	18,50
	Primestni	6,59	4,38	0,41	-4,15	17,32

Na podlagi ocenjenih marginalnih sredin.

* Razlika v sredinah je statistično značilna na ravni 0,05.

^b Prilagoditev za večkratne primerjave: Bonferronijev popravek.

Iz preglednice 8 lahko vidimo, da je razlika v skupnem dosežku sistemskega razmišljanja med mestnimi in podeželskimi vrtci statistično pomembna ($p = 0,03$), pri čemer imajo podeželski vrtci v povprečju višje dosežke. Razlike med mestnimi in primestnimi ter med primestnimi in podeželskimi vrtci pa niso bile statistično pomembne ($p > 0,05$).

Razvitost sistemskega razmišljanja vzgojiteljev in strokovnih delavcev pri tehnični vzgoji

Na vprašanje o tem, kako pogosto izvajajo določena vedenja pri dejavnostih tehnične vzgoje, je odgovorilo 86 anketirancev.



Graf 5: Pogostost vedenj pri dejavnostih tehnične vzgoje v vrtcu ($n = 86$)

Rezultati kažejo, da se vzgojitelji pri dejavnostih tehnične vzgoje najbolj osredotočajo na prilagajanje dejavnosti glede na odzive otrok in vključujejo različne elemente razvoja (socialni, čustveni, telesni ...). To pomeni, da vzgojitelji razumejo, da se morajo prilagajati otrokom in celostno pristopiti k njihovem razvoju. Vzgojitelji dajejo pomen tudi preteklim izkušnjam, kar jim omogoča, da izboljšajo nove dejavnosti. Manj pogosto upoštevajo širši kontekst pri problemskem pouku ali izkustvenem učenju, prav tako redkeje uravnotežijo aktualne cilje in dolgoročne dosežke otrok in povezujejo več dejavnikov med seboj, kar pomeni, da se vzgojitelji bolj osredotočajo na trenutne naloge in rezultate, čeprav so te postavke še vedno ocenjene relativno visoko. Najnižje ocenjeno je bilo spodbujanje otrok k razmišljanju o odnosih in povezavah, kar je za sistemsko razmišljanje zelo pomembno, in pa ocenjevanje in ovrednotenje vplivov po končanih dejavnostih, kar pomeni, da so vzgojitelji bolj osredotočeni na izvajanje dejavnosti kot pa na refleksijo in s tem možnosti za izboljšave. So bili pa vsi elementi sistemskega razmišljanja še vedno ocenjeni nad srednjo vrednostjo (2,5), kar pomeni, da je sistemsko razmišljanje še vedno pogosto uporabljeno pri dejavnostih tehnične vzgoje (graf 5). Na splošno rezultati kažejo, da se vzgojitelji pri tehnični vzgoji bolj osredotočajo na neposredno otrokovo učenje in razvoj in manj na refleksijo in s tem povratne informacije.

Pomembnost in pogostost izvajanja pravil sistemskega razmišljanja pri dejavnostih tehnične vzgoje v vrtcu

Na vprašanje o pomembnosti in pogostosti zaznave pravil sistemskega razmišljanja je odgovorilo 79 anketirancev. Ocene so bile podane na lestvici od 1 do 5, pri čemer je srednja vrednost 3. Vse postavke so bile ocenjene nad srednjo vrednostjo, kar kaže na to, da so anketiranci te elemente ocenili kot precej pomembne in pogosto zaznane pri dejavnostih

tehnične vzgoje v vrtcu. Vsa pravila sistemskega razmišljanja so vzgojiteljicam in strokovnim delavkam bolj pomembna, kot pa jih dejansko zaznavajo pri svojem delu. Ocene med pomembnostjo in pogostostjo zaznavanja pa so med seboj skladne, kar kaže na to, da vzgojiteljice in strokovne delavke pogosteje pri dejavnostih tehnične vzgoje zaznavajo tista pravila, ki se jim tudi zdijo bolj pomembna.

S slike 1 je razvidno, da je postavka »*Že majhna sprememba, npr. pri izdelku ali vedenju, lahko povzroči veliko boljše delovanje ali počutje*« ocenjena kot najbolj pomembna (4,2) in tudi kot najpogostejše zaznana (4). Nasprotno pa je bila postavka »*Namenjanje večje pozornosti posameznim delom naloge, ne pa toliko njeni pomembnosti/namenskosti*« ocenjena najnižje za pomembnost (3,5) in za pogostost zaznavanja (3,3) pri dejavnostih tehnične vzgoje v vrtcu. Ostale postavke, kot so »*Povezave in odnosi med predmeti ali idejami*«, »*Upoštevanje mnenja drugih, preden se sprejme končna odločitev*«, »*Organizacija/grupiranje predmetov ali idej*«, »*Vsak predmet, del ali ideja je sama po sebi unikum*«, »*Gledanje na predmete ali ideje tako z žive (ljudje, skupine, živali) kot tudi nežive plati oz. perspektive (ekonomska, zgodovinska, tehnična)*« ter »*Razlikovanje/selekcioniranje predmetov, idej oz. posameznih delov*«, so ocenjene za pomembnost med 3,9 in 3,6 ter za pogostost zaznavanja med 3,4 in 3,8.



Slika 3: Pogled na pomembnost in pogostost zaznavanja pravil sistemskega razmišljanja pri dejavnostih tehnične vzgoje v vrtcu

Rezultati kažejo, da vzgojitelji kot najbolj pomembno ocenjujejo vpliv majhnih sprememb, ki lahko prinesejo pomembne rezultate, kar je tudi najpogostejše zaznano pri njihovem delu. Prav tako pogosto opažajo pomen povezav med predmeti, idejami in drugim, kar kaže na to, da razumejo, kako različni deli skupaj prispevajo k uspehu.

Postavke, kot so organizacija idej, upoštevanje mnenja drugih in prepoznavanje stvari kot unikatnih, so ocenjene kot pomembne in pogosto zaznane. To kaže, da vzgojitelji znajo naloge razdeliti na smiselne dele, vključiti različna mnenja pri odločanju in prepoznati edinstvenost vsakega predmeta ali ideje, kar jim pomaga pri načrtovanju in izvedbi dejavnosti.

Kot manj pomembno in redkeje zaznano pa so ocenjene postavke, ki vključujejo razmišljanje z različnih zornih kotov in osredotočanje na podrobnosti. To kaže na to, da vzgojitelji večjo pozornost namenjajo celotnemu procesu dejavnosti in medsebojnim povezavam kot pa podrobnostim in različnim pogledom na dejavnost.

Diskusija

V tem poglavju je zapisano doseganje zastavljenih ciljev (C1–C3) in odgovori na raziskovalna vprašanja (RV1–RV4).

C1: Predstaviti in opredeliti sistemsko razmišljanje.

Sistemsko razmišljanje smo opredelili kot nabor analitičnih veščin, ki izboljšujejo sposobnost prepoznavanja in razumevanja sistemov, napovedovanja njihovega vedenja in oblikovanja sprememb za doseg želenih učinkov (Arnold in Wade, 2015). Gre za način razmišljanja, ki vključuje medsebojno povezanost in odvisnost delov sistema, kar omogoča boljše razumevanje in upravljanje celote (Mulej in Potočan, 2006). Med najbolj pomembne dimenzije sodijo zaporedje dogodkov, vzročno zaporedje, možnost večkratnih vzrokov, različne vrste variacij (naključne/posebne), povratne informacije, medsebojna povezanost dejavnikov in vzorci odnosov (Dolansky idr., 2020). Podrobneje je sistemsko razmišljanje predstavljeno v uvodu prispevka in diplomskem delu Lunder (2025).

C2: Predstaviti primere dobrih praks sistema razmišljanja v vrtcu.

Dobre prakse, ki spodbujajo razvoj sistema razmišljanja pri predšolskih otrocih, temeljijo na igri, raziskovanju in spodbujanju otrok k razmišljanju o povezavah v vrtcu. Najbolj izstopajo dejavnosti, ki spodbujajo preizkušanje idej in analiziranje odnosov med deli sistema (igra s klančinami in žogo), opazovalne naloge in grafično prikazovanje podatkov, pri čemer otroci prepoznavajo vzorce in povezave (spreminjanje količine lista v različnih letnih časih) in uporaba zgodb in pri tem primernih vprašanj za razvijanje sistema razmišljanja. Primeri dobrih praks so podrobneje predstavljeni v uvodu prispevka in tretjem poglavju diplomskega dela Lunder (2025).

C3: Na primeru vzgojiteljev in strokovnih delavcev raziskati razširjenost sistema razmišljanja in pomembnost le-tega za optimizacijo dela v vrtcu.

Razširjenost in pomembnost sistema razmišljanja smo raziskali s pomočjo anketnega vprašalnika, kjer smo si zastavili štiri raziskovalna vprašanja. Raziskava je pokazala, da imajo vzgojitelji in strokovni delavci dobro razvite osnovne vidike sistema razmišljanja. Po modelu DSRP pa so vzgojitelji in strokovni delavci kot bolj pomembno in zaznano ocenili pravilo razlikovanja in odnosov, manj pomembno in zaznano pa pravilo sistemov in perspektiv.

RV1: Kakšno je stanje in kakšne so posebnosti sistema razmišljanja med vzgojitelji in strokovnimi delavci v vrtcu?

Iz rezultatov lahko povzamemo, da so pri vzgojiteljih in strokovnih delavcih najbolj prisotne ključne dimenzije sistema razmišljanja (Moore idr., 2010), kot so razumevanje zaporedja dogodkov, vzročno zaporedje in medsebojna povezanost. Vzgojitelji in strokovni delavci se zavedajo pomena majhnih sprememb in razumevanja poteka dogodkov, kar je skladno z omenjenimi dimenzijami. Višje ocene so dobile tudi postavke, ki se nanašajo na povezanost dejavnikov in odnose. Manj pogosto pa pri svojem delu vzgojitelji in strokovni delavci uporabljajo dimenzije, ki se nanašajo na prepoznavanje različnih vrst variacij in možnost večkratnih vzrokov, kar pomeni, da na situacije ne gledajo dovolj široko in celostno. Lahko rečemo, da vzgojitelji in strokovni delavci uporabljajo osnovne vidike sistema razmišljanja, kar je naravno povezano z njihovim delom, kjer prilagajajo dejavnosti potrebam otrok in

sodelujejo v timu. Malo manj pogosto pa uporabljajo inovativne pristope, reflektirajo svoje delo ali prepoznavajo večkratne vzorce in različne variacije. Čeprav so rezultati nadpovprečni in kažejo, da je sistemsko razmišljanje pri vzgojiteljih in strokovnih delavcih dobro razvito v osnovnih vidikih, pa bi lahko izboljšali širši in globlji pogled.

Če primerjamo rezultate skupnega dosežka sistemskega razmišljanja vzgojiteljev in strokovnih delavcev z rezultati raziskave, ki je uporabila enako lestvico za ocenjevanje sistemskega razmišljanja pri študentih in zdravstvenih delavcih (Moore idr., 2010), ugotovimo, da vzgojitelji dosegajo 72,03 %, kar presega povprečne rezultate vseh študentov (70,5 %) in študentov medicine (70,13 %). Kljub temu pa zaostajajo za študenti zdravstvene nege (76,25 %) in študenti javnega zdravja (78,88 %). V primerjavi z zdravstvenimi delavci vzgojitelji prav tako zaostajajo za povprečjem vseh zdravstvenih delavcev (76,38 %), zdravstvenih delavcev z več kot 5 leti izkušenj (77,25 %) in tistih z izkušnjami v izboljšanju kakovosti (78,5 %). Specialist za izboljšanje kakovosti pa dosega najvišji rezultat (85,88 %). Zanimivo bi bilo raziskati tudi razlike med vzgojitelji in pomočniki vzgojiteljev, saj bi tako lahko dobili vpogled v vpliv izobrazbe na sistemsko razmišljanje. Raziskava pri zdravstvenih delavcih je pokazala, da imajo tisti z naprednimi izkušnjami in specializirano izobrazbo (npr. specialisti za izboljšanje kakovosti z dosežkom 85,88 %) bolj razvito sistemsko razmišljanje kot manj izkušene skupine (npr. vsi študenti z dosežkom 70,5 %). Kljub temu pa so določene skupine študentov, kot so študenti javnega zdravja (78,88 %), dosegli višje rezultate kot povprečni zdravstveni delavci (76,38 %), kar kaže na vpliv usmerjenega in specializiranega izobraževanja na razvoj sistemskega razmišljanja.

RV2: Kako različne spremenljivke vplivajo na sistemsko razmišljanje vzgojiteljev in strokovnih delavcev (starost, starost otrok v oddelku, delovna doba, lokacija vrtca)?

Rezultati kažejo, da na sistemsko razmišljanje vzgojiteljev in strokovnih delavcev vplivata njihova starost in lokacija vrtca, medtem ko delovna doba in starost otrok, s katerimi delajo, nista imeli pomembnega vpliva. Starost vzgojiteljev in strokovnih delavcev ima pozitiven vpliv, saj starejši vzgojitelji in strokovni delavci dosegajo višje rezultate, kar lahko pripišemo njihovim izkušnjam in s tem različnim pristopov. Lokacija vrtca prav tako vpliva na dosežke sistemskega razmišljanja. Vzgojitelji in strokovni delavci iz podeželskih vrtcev so pokazali boljše rezultate v primerjavi z mestnimi, kar lahko pripišemo majhnosti vrtcem, kar omogoča bolj osebne odnose med vzgojitelji, otroki in starši in s tem bolj celostni pristop k razmišljanju in reševanju problemov. V podeželskih vrtcih je lahko problem tudi dostopnost do določenih virov, kar pomeni, da morajo biti vzgojitelji bolj kreativni, kar je pomembno za sistemsko razmišljanje, saj s tem najdejo bolj inovativne ideje za reševanje problemov ali izzivov. Kot pravi Avsec, (2021) je del sistemskega razmišljanja tudi ustvarjalnost, ki se kaže tudi pri kreativnem reševanju problemov. Tudi dostop do narave, ki je v podeželskih vrtcih lahko večji, omogoča globlje razumevanje povezanosti med različnimi elementi sistema, medtem ko tradicionalne vrednote in skupnostna povezanost prispevajo k iskanju rešitev, ki koristijo celotni skupnosti.

Raziskava med zdravstvenimi delavci (Moore idr., 2010) je pokazala, da so tisti z daljšimi delovnimi izkušnjami dosegli boljše rezultate pri sistemskem razmišljanju, kar v našem primeru ni dokazano, saj delovna doba sama po sebi ni pokazala pomembnega vpliva na razvitost sistemskega razmišljanja.

RV3: Kakšna je razvitost sistemskega razmišljanja vzgojiteljev in strokovnih delavcev pri dejavnostih tehnične vzgoje v vrtcu?

Glede na rezultate iz grafa 4 in grafa 5 lahko zaključimo, da tehnična vzgoja pozitivno vpliva in doprinese k sistemskemu razmišljanju, saj so rezultati pri dejavnostih tehnične vzgoje višji kot pa pri splošnih dejavnostih in delu v vrtcu. Rezultati raziskave (graf 5) kažejo, da vzgojitelji in strokovni delavci najbolj pogosto prilagajajo dejavnosti odzivom otrok in z uporabo različnih elementov (socialni, čustveni, telesni razvoj) zagotavljajo celostni pristop k razvoju otroka, kar kaže na vzgojiteljevo sposobnost razmišljanja v smislu sistemov in o povezavah in na prilagodljivost in povratne zanke, ki so pomembni elementi sistemskega razmišljanja. Poleg tega vzgojitelji in strokovni delavci pogosto upoštevajo zgodovinski vidik in pretekle izkušnje, kar kaže na dobro razumevanje povratnih zank. Najmanj pogosto pa vzgojitelji in strokovni delavci pri dejavnostih tehnične vzgoje ovrednotijo vplive po končanih dejavnostih, kar pomeni, da ne dajejo poudarka na povratne informacije in refleksijo, ampak so bolj osredotočeni na samo izvedbo dejavnosti. Ostale postavke so še vedno relativno dobro ocenjene, kar pomeni, da vzgojitelji elemente sistemskega razmišljanja pri dejavnostih tehnične vzgoje velikokrat uporabljajo, več poudarka bi lahko dali še na sodelovanje z ostalimi sodelavci in na spodbujanje otrok k razmišljanju o povezavah in odnosih okoli njih.

Če pogledamo značilnosti sistemskega misleca po Anderson in Johnson (1997), lahko vidimo, da vzgojitelji in strokovni delavci pogosto kažejo te značilnosti, kot je razmišljanje o »veliki sliki«, kar lahko povežemo z vključevanjem različnih elementov otrokovega razvoja pri načrtovanju dejavnosti. Prav tako se prilagajajo odzivom otrok, kar kaže na to, da se vzgojitelji in strokovni delavci zavedajo svojega vpliva na sistem in dajejo pomen sprotnemu prilagajanju. Manj pogosto pa uravnotežijo kratkoročne cilje z dolgoročnimi učinki in redkeje spodbujajo otroke k razmišljanju o povezavah.

RV4: Kako vzgojitelji in strokovni delavci ocenjujejo pomembnost in pogostost zaznavanja posameznih pravil sistemskega razmišljanja pri dejavnostih tehnične vzgoje v vrtcu?

Po modelu DSRP (*Distinctions, Systems, Relationships, Perspectives*), ki izpostavlja 4 pravila sistemskega razmišljanja: razlikovanja, sisteme, odnose in perspektive (Taylor, Calvo-Amodio in Well, 2020), so vzgojitelji in strokovni delavci ocenili pomembnost in pogostost zaznavanja omenjenih pravil pri dejavnostih tehnične vzgoje v vrtcu. Rezultati raziskave (slika 1) kažejo, da vzgojitelji in strokovni delavci v vrtcih ocenjujejo pravila sistemskega razmišljanja kot pomembna in jih pogosto zaznavajo pri svojih dejavnostih tehnične vzgoje, kar sklepamo po ocenah, ki so bile vse nad srednjo vrednostjo (3). Pravilo razlikovanja (*distinctions*) in odnosov (*relationships*) sta ocenjeni bolje kot sistemi (*systems*) in perspektive (*perspectives*). Pod pravilo razlikovanja sodita postavki »Vsak predmet, del ali ideja je sama po sebi unikum« in »Razlikovanje/selekcioniranje predmetov, idej oz. posameznih delov«, kar pomeni, da vzgojitelji dobro razumejo pomen prepoznavanja razlik med elementi in se zavedajo, da je vsak del dejavnosti pomemben. Postavki »Povezave in odnosi med predmeti, idejami« in »Že majhna sprememba, npr. pri izdelku ali vedenju, lahko povzroči veliko boljše delovanje ali počutje« sodita pod pravilo odnosov in sta najbolje ocenjeni postavki, kar pomeni, da vzgojitelji in strokovni delavci dobro razumejo pomembnost odnosov in povezav med različnimi elementi in se zavedajo majhnih sprememb, ki prinesejo dobre rezultate. Nasprotno sta pravili sistemov in perspektiv ocenjeni malo nižje. Pod pravilo sistemov sodi postavka »Organizacija/grupiranje predmetov ali idej«, ki je ocenjena višje kot

pa postavka »Namenjanje večje pozornosti posameznim delom naloge, ne pa toliko njeni pomembnosti/namenskosti«, ki je ocenjena najnižje. To kaže na to, da vzgojitelji dajejo prednost bolj celotnemu procesu kot pa podrobnostim pri posameznih dejavnostih. To je lahko koristno za splošno organizacijo dejavnosti, ampak bi lahko ob osredotočanju na podrobnosti izboljšali rezultate. Pod pravilo perspektiv pa sodita postavki »Upoštevanje mnenja drugih, preden se sprejme končna odločitev« in »Gledanje na predmete ali ideje tako z žive kot tudi nežive plati«, ki kažeta na to, da vzgojitelji malo manj pozornosti dajejo na gledanje z različnih zornih kotov, kar bi ob večji uporabi upoštevanja več perspektiv lahko prispevalo k večji inovativnosti in raznolikosti rešitev pri dejavnostih.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Sistemske razmišljanje je priročno za razumevanje in reševanje kompleksnih problemov, saj z njim na problem gledamo širše, prepoznavamo povezave med elementi in mislimo na dolgoročne posledice, kar privede do boljše rešitve. Ta pristop je pomemben tudi v vrtcu, ker lahko pripomore k boljšemu načrtovanju in izvajanju dejavnosti, prav tako pa se tudi pri otrocih začne razvijati ta vrsta razmišljanja, ki ga otrok ponotranji in mu pomaga pri reševanju izzivov.

V raziskavi, ki je potekala v okviru diplomskega dela Lunder (2025), smo ugotovili, da imajo vzgojitelji in strokovni delavci v vrtcih dobro razvite osnovne vidike sistemskega razmišljanja, kot so razumevanje dogodkov, vzročno-posledične povezave in prilagajanje dejavnosti potrebam otrok. Iz rezultatov smo videli, da tehnična vzgoja v vrtcu pripomore k sistemskemu razmišljanju, kar pomeni, da ga vzgojitelji in strokovni delavci pri tovrstnih dejavnostih bolj pogosto uporabljajo. Kljub temu smo opazili, da vzgojitelji in strokovni delavci redkeje uporabljajo inovativne pristope in manj pogosto reflektirajo svoje delo, kar je povezano s povratnimi informacijami, ki so pomemben element sistemskega razmišljanja, saj bi z večjim poudarkom na povratnih informacijah vzgojitelji in strokovni delavci lahko svoje delo še izboljšali. Raziskava je pokazala, da na sistemsko razmišljanje vpliva starost vzgojiteljev, saj se je pri starejših vzgojiteljih in strokovnih delavcih razvitost sistemskega razmišljanja povečala. Prav tako so rezultati pokazali, da so vzgojitelji in strokovni delavci iz podeželskih vrtcev imeli boljšo razvitost sistemskega razmišljanja, kar lahko pripišemo bolj kreativnemu iskanju rešitev zaradi manj dostopnih virov, večji povezanosti med sodelavci in starši, saj so podeželski vrtci po navadi manjši.

Literatura in viri

- Anderson, V. in Johnson, L. (1997). *Systems thinking basics: From concepts to causal loops*. Pegasus Communications. https://people.sabanciuniv.edu/atilgan/CEM-Spring17/Books/6.Anderson-Johnson_SystemsThinkingBasics.pdf
- Antič, S., Berčnik, S., Cotič, J., Marjanovič Umek, L., Hmelak, M., Hohnjec, D., Hudovernik, S., Jaunik, M., Jerše, L., Klobasa, H., Kovaček, B., Kovačič Prah, M., Kristan, A., Madronič, P., Pirc Podgoršek, Š., Pustoslemšek, J., Sivec, M., Štirn Janota, P. in Zore, N. (2022). *Izhodišča za prenovu kurikulumu za vrtce* (Spletna izd.). Zavod Republike Slovenije za šolstvo. http://www.zrss.si/pdf/izhodišca_za_prenovo_KZV.pdf
- Arnold, R. D. in Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Computer Science*, 44, 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Avsec, S. (2021). Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja. Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani. http://pefprints.pef.uni-lj.si/6788/1/Avsec_monografija%2Dv3.pdf
- Cabrera, D. in Cabrera, L. (2019). What is systems thinking? V M. Spector, B. Lockee in M. Childress (ur.), *Learning, design, and technology*. Springer. [10.1007/978-3-319-17727-4_100-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17727-4_100-1)
- Cavana, R. Y. in Maani, K. E. (2000). *A methodological framework for integrating systems thinking and system dynamics*. Victoria University of Wellington. https://www.researchgate.net/publication/228942200_A_methodological_framework_for_integrating_systems_thinking_and_system_dynamics
- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G. in Aiken, L. S. (2003). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (3rd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Dolansky, M. A., Moore, S. M., Palmieri, P. A. in Singh, M. K. (2020). Development and validation of the systems thinking scale. *Journal of General Internal Medicine*, 35(8), 2314–2320. <https://doi.org/10.1007/s11606-020-05830-1>
- Feriver, S., Olgan, R., Teksöz, G. in Barth, M. (2019). Systems thinking skills of preschool children in early childhood education contexts from Turkey and Germany. *Sustainability*, 11(5), 1478. <https://doi.org/10.3390/su11051478>
- Frakes, J. in Linder, N. (2011). A new path to understanding systems thinking. *The Systems Thinker*, 21(8), 1–5. <https://thesystemsthinker.com/wp-content/uploads/pdfs/220801pk.pdf>
- Gillmeister M., K. (2017). *Development of Early Conceptions in Systems Thinking in an Environmental Context: An Exploratory Study of Preschool Students' Understanding of Stocks & Flows, Behavior Over Time and Feedback* [Doktorska disertacija]. The University at Buffalo, State University of New York. <https://www.proquest.com/docview/1925350861>
- Kurent, B. in Avsec, S. (2023). Systems thinking skills and the ICT self-concept in preschool teachers for sustainable curriculum transformation. *Sustainability*, 15(20), 15131. <https://doi.org/10.3390/su152015131>
- Kurikulum za vrtce* (1999). Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport.
- Lunder, L. (2025). *Sistemska razmišljanje vzgojiteljev in strokovnih delavcev v vrtcu* [Diplomsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta. <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?lang=slv&id=166720>
- Malavašič, U. (2018). *Razvoj sistemskega mišljenja pri družbi v 4. razredu* [Magistrsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta. <http://pefprints.pef.uni-lj.si/id/eprint/5230>
- Moore, S. M., Dolansky, M. A., Singh, M., Palmieri, P. in Alemi, F. (2010). *The systems thinking scale*. Unpublished manuscript. https://case.edu/nursing/sites/default/files/2018-04/STS_Manual.pdf
- Pituch, K. A. in Stevens, J. P. (2015). *Applied multivariate statistics for the social sciences: analyses with SAS and IBM's SPSS* (6th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315814919>
- Sobočan, T. (2016). *Vpeljava konceptov sistemskega mišljenja v predšolskem obdobju* [Diplomsko delo]. Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta. <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?lang=slv&id=64844>
- Tabachnick, B. G. in Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed., str. XXXI, 983). Pearson. https://hisp.html.ch/pluginfile.php/77114/mod_resource/content/0/Using%20Multivariate%20Statistics%20%28Tabachnick%20and%20Fidell%29.pdf

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Taylor, S., Calvo-Amodio, J. in Well, J. (2020). A method for measuring systems thinking learning. *Systems*, 8(2), 11. <https://doi.org/10.3390/systems8020011>

RAZVIJANJE GRAFOMOTORIKE PREDŠOLSKIH OTROK S POMOČJO DIDAKTIČNIH IGER IN PRIPOMOČKOV

DEVELOPING GRAPHOMOTOR SKILLS IN PRESCHOOL CHILDREN THROUGH DIDACTIC GAMES AND TOOLS

Klavdija Založnik, Brina Kurent in Stanislav Avsec

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Prispevek obravnava pomen razvijanja grafomotorike pri predšolskih otrocih ter preučuje učinkovitost različnih didaktičnih pripomočkov in iger pri njenem spodbujanju. Cilj raziskave je bil opredeliti grafomotoriko kot pomembno področje otroškega razvoja, analizirati prisotnost tovrstnih dejavnosti v vrtcu ter preizkusiti lastno oblikovane didaktične pripomočke za postopni razvoj grafomotoričnih spretnosti.

V teoretičnem delu so predstavljene ključne sestavine grafomotorike in njene povezave s pisanjem. Praktični del je bil izveden v obliki trimesečnega sistematičnega opazovanja otrok, starih 3–6 let. Uporabljeni so bili lastno izdelani didaktični pripomočki: delovni listi različnih težavnosti, geo plošča z elastikami, »Čutim, kako rišem/pišem«, Magnetni labirint, igra »Ne dotakni se žice!« in igra »Nariši, kar kocka pove«. Rezultati so pokazali, da so otroci skozi čas napredovali – izboljšali so natančnost črt, sposobnost sledenja navodilom, prostorsko orientacijo in trajanje usmerjene pozornosti. Igre so delovale kot močna motivacija, pri mlajših otrocih pa so bile nujne dodatna podpora in demonstracija. Ugotovitve potrjujejo, da je z načrtovano, sistematično in igrivo uporabo prilagojenih pripomočkov mogoče pomembno prispevati k razvoju grafomotorike v predšolskem obdobju.

Ključne besede: grafomotorika, predšolski otroci, didaktični pripomočki, fina motorika, koordinacija oko–roka, igra, razvoj pisanja.

Abstract

Article examines the importance of developing graphomotor skills in preschool children and explores the effectiveness of various didactic tools and games in supporting this development. The aim of the research was to define graphomotor skills as a significant area of child development, analyze the presence of such activities in kindergarten, and test self-designed didactic tools intended for the gradual development of graphomotor abilities.

The theoretical part presents the key components of graphomotor skills and their connection to writing. The practical part was carried out as a three-month systematic observation of children aged 3–6 years. The following self-made didactic tools were used: worksheets of varying levels of difficulty, a geoboard with rubber bands, *I Feel How I Draw/Write*, a magnetic maze, the game *Don't Touch the Wire!* and the

game *Draw What the Dice Say*. The results showed that the children progressed over time – they improved line accuracy, ability to follow instructions, spatial orientation, and duration of focused attention. The games served as strong motivation, while younger children required additional support and demonstration. The findings confirm that with planned, systematic, and playful use of adapted tools, it is possible to make a significant contribution to the development of graphomotor skills in the preschool period.

Keywords: graphomotor skills, preschool children, didactic tools, fine motor skills, eye–hand coordination, play, writing development.

Uvod

Grafomotorika je temeljno področje razvoja predšolskega otroka, saj gre za gibalno sposobnost, ki omogoča oblikovanje potez in črk ter orientacijo na papirju (Žerdin, 2000a). Zajema skupek spretnosti in veščin, potrebnih za usmerjanje pisanja in oblikovanje črt ter znakov (Žerdin, 1996). V predšolskem obdobju otroci postopno razvijajo prijem pisala, risanje osnovnih oblik in nadzor nad potezami, kar tvori podlago za kasnejše učenje pisanja (Žerdin, 1996). Slabše razvite grafomotorične spretnosti se lahko kasneje odrazijo kot težave pri pisanju in učenju, zato je zgodnja podpora ključna (Trapić, 2022). Vzgojitelj ima pri načrtovanju in izvedbi dejavnosti pomembno vlogo ter mora biti pozoren na zgodnje znake težav (Trapić, 2022). Otroci z izzivi na tem področju potrebujejo dosledne, kratke in sistematične vaje, ki temeljijo na igri in dvigu motivacije (Ivačić Seneković, 2024). Pri izbiri igrac so pomembni preprostost, varnost, estetska ustreznost in starosti prilagojene možnosti večvrstne igre (Kuret, 1959). Didaktične igrace spodbujajo mišljenje in ciljne spretnosti, vendar lahko pretirana strukturiranost omejuje otrokovo ustvarjalnost (Marjanovič Umek in Zupančič, 2006).

V diplomskem delu predstavljamo šest didaktičnih pripomočkov za spodbujanje grafomotorike in preverjamo njihov vpliv v vrtcu: Magnetni labirint, Ne dotakni se žice, geo plošča z elastikami, Nariši, kar kocka pove, Čutim, kako rišem/pišem ter delovni listi za grafomotoriko. Namen je pokazati, kako načrtovane, igrive in razvojno prilagojene dejavnosti prispevajo k učinkovitemu razvijanju grafomotoričnih spretnosti ter kako vzgojitelji to področje vidijo in vključujejo v prakso.

Definicija in pomen grafomotorike

Grafomotorika je sestavni del pisanja in hkrati predpriprava nanj. Začne se z zgodnjimi izkušnjami čečkanja in risanja, ko otrok s prstom ali pisalom pušča sled na površini; te dejavnosti postopno vodijo do nadzorovanih potez in oblik (Regvar, 1990). V vrtcu zato ciljno spodbujamo dejavnosti, ki krepijo zavedanje potez, orientacijo na papirju in nadzor gibanja.

Avtorji grafomotoriko razumejo kot skupek sposobnosti, veščin in spretnosti, potrebnih za oblikovanje in usmerjanje pisanja (Žerdin, 1996; 2000a). Vključuje zaznavo grafičnega simbola, namero posnemanja ter usklajevanje vidnih, motoričnih in miselnih procesov (Baloh, 2019). V praksi to pomeni: otrok zazna lik, ga prostorsko umesti ter s kontroliranim gibom izvede ustrezno potezo. Grafomotorika je tesno povezana s fino motoriko, saj so finomotorične spretnosti potrebne za razvoj grafomotorike, in te so: pincetni prijem, koordinacija oko-roka, dobro razviti gibi prstov in dlani. Sistematične grafomotorične izkušnje so jedro oblikovanja črk, linij in celotnega rokopisa (Regvar, 1990).

Razvoj grafomotorike in dejavniki, ki vplivajo nanjo

Otroci pisalo pogosto začnejo uporabljati že med 12. in 18. mesecem, sprva raziskovalno in spontano; pozneje se spretnost razvija s strukturiranim učenjem in vajo. Sled pisala ter spodbudno okolje motivirata otrokovo izražanje, ustvarjalnost in samozavest (Žerdin, 2000a; Trapić, 2022).

Grafomotorika poteka po treh razvojnih fazah (Sakulac, 2007):

- **Predkaligrafska faza:** zajema prvo spoznavanje s pisali in odkritje, da pisalo pušča sled. Začne se že v prvem letu, ko otrok kot »pisalo« uporabljaja prst in z senzomotoričnimi izkušnjami raziskuje okolje. Gibi rok so še nenačrtovani, prijem je praviloma s pestjo, otrok pa ob risanju navadno nima vnaprejšnjega cilja oziroma pomena narisane (Žerdin, 1996; 2011). Ključno je, da dejavnost doživlja prijetno in v njej uživa.
- **Kaligrafska faza:** Kaligrafska faza se začne z učenjem črk in sistematičnim opismenjevanjem v 1. razredu osnovne šole (Trapić, 2022). V tem obdobju otrok čim bolj posnema zapisovanje in oblikovanje grafičnih likov/črk (Žerdin, 2011). O predstopnjah lahko govorimo že v vrtcu: okrog 3. leta oblikuje krog, okrog 4. leta pa linije povezuje v preproste oblike (npr. kvadrat) (Trapić, 2022). Prvo posnemanje črk je predvsem obravnavanje črk kot oblik in nov izziv, pogosto z zrcaljenjem ali neustrezno orientacijo. Med 6. in 7. letom starosti črke dobijo pravi pomen – ključni gradniki pisnega jezika (Sakulac, 2007; Žerdin, 2000a).
- **Individualizacija rokopisa:** med 9. in 10. letom pisava dobi osebne značilnosti; risbe postajajo natančnejše in bogatejše (Žerdin, 1996, 2011).

Dejavniki, ki vplivajo na razvoj grafomotorike, so:

- **Mišični tonus:** omogoča nam pokončno držo in gibanje, od njega je odvisno tudi, kako bo otrok držal pisalo. Za pravilen prijem, ki zahteva primerno napetost mišic bo otrok zrel šele po 6. letu (Žerdin, 2000b).
- **Stranskost/ročnost:** otrokova prednostna roka.
- **Telesna shema in prostorska orientacija:** je zavedanje lastnega telesa, orientacije na njem, položaja v prostoru in zmožnosti gibanja. Otrok najprej raziskuje svoje telo in se uči orientacije na njem, nato položaj telesa v prostoru in šele na koncu orientacije na papirju (Žerdin, 2000b).
- **Okolje in motivacija:** dostop do pisal in spodbude pospešujejo preizkušanje in učenje (Žerdin, 2000b).
- **Perceptivno-kognitivne zmožnosti:** vidno/slušno zaznavanje in razločevanje, pozornost, zaporedno procesiranje ter razumevanje (Sakulac, 2007; Žerdin, 1996; Grginič, 2009).

Povezava grafomotorike z razvojem pisanja – priprava na pisanje

Pisanje je veščina, ki zahteva razumevanje postopkov, opazovanje in veliko vaje do avtomatizacije (Žerdin, 2000b). Sestavljajo ga tri ravni: **jezikovna** (vsebina in zgradba besedila), **pravopisna** (pravila, črkopis) in **grafomotorična** (oblikovanje in povezovanje črk) – pri slednji se otrok najprej uči različnih ravnih in krivuljnih potez v vseh smereh.

V okviru grafomotorične priprave na pisanje so ključni elementi (Baloh, 2019):

- **Drža pisala:** Pisalo držimo med palcem in kazalcem, naslonjeno na sredinec, približno dva prsta od konice; zgornji del sloni na robu dlani. Pri pisanju se premikata predvsem rama in komolec, zapestje ostaja mirno. Razvoj poteka od močnega pestnega prijema (1–1,5 leta)

k oprijemu s pestjo (2–3 leta), pri čemer se premika predvsem cela roka. Sledi statični triprstni prijem (3,5–4 leta) in zreli dinamični triprstni prijem (4,5–6 let) z gibanjem prstov in odprtim lokom med palcem in kazalcem.

- **Položaj roke in telesa:** Roka, ki piše drsi po podlagi, druga roka pa drži list. Sedimo vzravnan in stopala so na tleh (Žerdin, 1996; Baloh, 2019).
- **Orientacija na papirju:** Pri otroku najprej razvijamo in utrjujemo orientacijo na lastnem telesu (dvigni levo roko), nato v prostoru (Kaj je pod mizo?) in šele na koncu, ko ti dve orientaciji osvoji, sledi orientacija na papirju (V zgornji desni rob nariši sonce) (Ropič in Frančeškin, 1999).
- **Poteze za črke:** vodoravne/navpične/poševne črte, krogi, loki, zanke, vijuge. Poteze učimo **od velikih k majhnim** potezam (Žerdin, 2000b).
- **Gibalno-grafične vaje:** njihov cilj je razvoj grafičnega zavedanja (črk, znakov, vzorcev) in njihovega pomnjenja, ročnih spretnosti, koordinacije oko-roka ter orientacije na papirju (Grginič, 2009). Učinkovitost je največja, ko so naloge otrokom zanimive in kratke, otroci z več težavami pa potrebujejo dosledne, vsakodnevne in sistematčne vaje (Jereb, 2022).

Takšna sistematična, postopna in motivacijsko podprta priprava zmanjšuje kasnejše težave pri hitrosti, čitljivosti in vzdržljivosti pisanja ter podpira uspešno opismenjevanje. V obdobju predopismenjevanja želimo otroke pripraviti na opismenjevanje, zato urimo otrokove spretnosti in sposobnosti pomnjenja, pozornosti, motivacije, orientacije, motorike, grafomotorike, drže telesa in pisala (Baloh, 2019).

Povezava grafomotorike s fino motoriko

Razvoj grafomotorike je tesno povezan z razvojem drobnih gibov (fine motorike), zato poleg grafomotoričnih dejavnosti vključujemo tudi nizanje perlic, rezanje, plastelin, barvanje in risanje (Regvar, 1990). Grafomotorika predstavlja najvišjo stopnjo fine motorike; njeno obvladovanje pomeni zrelost in diferenciranost motorike prstov (Bavčar in Lavrenčič, 1996). Brez dobro razvitega pincetnega prijema in sproščene roke otrok ne zmore pravilno držati pisala, gibanje ni tekoče, pisava pa je okorna, stisnjena in slabše berljiva. Pomanjkljiva fina motorika (npr. šibek tonus, nepravilen prijem) zato vodi v težave pri grafomotoriki in pisanju. Sočasno s fino motoriko se razvija koordinacija oko-roka – usklajeno delovanje vida in roke za natančno izvedbo nalog (npr. sledenje črti) – ki je ključna za pisanje in risanje (Trapič, 2022).

Didaktične igre in igrače

Didaktične igre in pripomočki pomembno spodbujajo celostni razvoj, saj združujejo učenje z igro in omogočajo izkustveno pridobivanje znanja, hkrati pa krepijo interes, pozornost, samostojnost, samokontrolo in upoštevanje navodil. Igra je otrokova notranje motivirana dejavnost, prek katere spontano premaguje ovire in gradi izkušnje, zato je naravna podlaga za učenje. Didaktična igra je posebej strukturirana igra z vzgojno-izobraževalnim namenom, ki podpira razvoj mišljenja, branja, pisanja in številskih pojmov. Pri izbiri mora vzgojitelj upoštevati starost in razvojno stopnjo, da otrok razume pravila in jim lahko sledi. V praksi zajema nabor dejavnosti za čutno zaznavanje, usmerjeno pozornost in hitro reakcijo, namenski spomin ter utrjevanje znanja, pa tudi sestavljanke, ki podpirajo oblikovanje pojmov. Po namenu jih pogosto razvrščamo na igre vlog, igre s pravili in konstruktorske igre, ki vključujejo naloge z jezikovnega, matematičnega, gibalnega in drugih področij. Ker so didaktične igrače pogosto

visoko strukturirane, lahko ob neustrezni rabi omejujejo ustvarjalnost, zato je smiselno ponujati raznolike igrače in jih uvajati sistematično, ne naključno. Ključ sta jasna, privlačna pravila in postopno stopnjevanje zahtevnosti, ki spodbujata sodelovanje, motivacijo, pozornost in vztrajnost. Tako zasnovane igre razvijajo logično mišljenje, reševanje problemov, ustvarjalnost, jezikovne in socialne veščine ter omogočajo opazovanje posledic lastnega vedenja. Cilji naj bodo vnaprej določeni in preverljivi, da ob koncu lahko ovrednotimo usvojena znanja in povezovanje novih izkušenj z obstoječim znanjem.

Namen in cilji

Glavni namen diplomskega dela je bil preveriti nivo grafomotoričnih spretnosti otrok starih 3–6 let. S pomočjo izdelanih iger in didaktičnih pripomočkov smo poleg spretnosti otrok preverjali tudi njihov namen, funkcionalnost in vpliv na razvoj grafomotorike.

Cilji (C1–C3):

- C1: Opredeliti pomen grafomotorike in njenega razvoja v predšolskem obdobju.
- C2: Analizirati dosedanje izkušnje, mnenja in pogostost uporabe grafomotoričnih dejavnosti, pripomočkov in igrač za spodbujanje grafomotoričnega razvoja.
- C3: Vpeljati zasnovane didaktične pripomočke in igrače za razvijanje grafomotorike v vrtce ter oceniti njihovo učinkovitost.

Hipoteze (H1–H6):

- H1: Več kot polovici anketirancev je grafomotorika pomembna za vključevanje pri svojem delu v vrtcu.
- H2: Večina anketirancev je kot najpomembnejši vidik pri izbiri igrač za urjenje grafomotorike izbrala uporabnost.
- H3: Največ anketirancev opaža največ težav pri koordinaciji oko-roka in v nepravilni drži svinčnika.
- H4: Večini anketirancev je ključni element pri razvijanju grafomotorike krepitev mišic in dlani.
- H5: Večini otrok bodo igre predstavljale veliko motivacijo, potrebovali pa bodo vsaj minimalne usmeritve za igro.
- H6: Vsaj pri polovici otrok bo opažen napredek (predvsem v razvijanju občutka za smer in linije, ter pri daljši motivaciji za igro) v razvoju grafomotorike pri igranju z izdelanimi didaktičnimi pripomočki.

Metoda

Uporabili smo naslednje raziskovalne metode dela: zbiranje virov in literature, študij in analiza virov, deskriptivna metoda teoretičnih izsledkov, metoda ankete in anketnih vprašalnikov za strokovne delavce v vrtcih, zasnova, izdelava in preizkušanje didaktičnih pripomočkov in igrač za razvijanje grafomotorike, opazovanje otrok pri igri in beleženje napredka s pomočjo ček liste, statistična obdelava podatkov in evalvacija.

Vzorec sestavlja 79 strokovnih delavcev iz vrtcev po Sloveniji. Za preizkušanje zasnovanih in izdelanih didaktičnih pripomočkov in igrač so bili vključeni predšolski otroci iz ene skupine (3–4 leta) in dva otroka iz skupine starosti 5–6 let.

Za potrebe evalvacije dejavnosti smo uporabili naslednje samorazvite didaktične igrače in pripomočke: igri »Ne dotakni se žice« in »Čutim, kako rišem/pišem«, delovni listi za razvijanje grafomotoričnih spretnosti, Magnetni labirint, geo plošča z elastikami in »Nariši, kar kocka pove«.

V nadaljevanju opisujemo ugotovitve anketnega vprašalnika ter zasnovo in pomen šestih izdelanih iger in didaktičnih pripomočkov. Vseh šest didaktičnih pripomočkov smo preizkušali v vrtcu, kjer smo opazovali otroke stare 3–6 let. Opazovanje je potekalo na vsakodnevni ravni (ali 2–3-krat tedensko), ček liste pa smo zapisovali tedensko. S pomočjo opazovanja in ček list smo spremljali napredek grafomotoričnih spretnosti pri otrocih.

Rezultati

Anketni vprašalnik je izpolnilo 79 strokovnih delavcev v slovenskih vrtcih. Ugotavljali smo mnenja, izkušnje in prakso vzgojiteljev pri spodbujanju grafomotorike v vrtcih. Glavne ugotovitve so predstavljene na sliki 1.

Ključne ugotovitve ankete o grafomotoriki v vrtcih

- Pomen grafomotorike:
Vzgojitelji jo ocenjujejo kot zelo pomembno.

- Izbira didaktičnih igrač:
Varnost je najpomembnejša, cena najmanj pomembna.

- Dostop do virov:
Večina ima dober dostop, a med vrtci obstajajo razlike.

- Težave v praksi:
Težave opažajo vsi; najpogosteje nepravilna drža pisala in togost prstov.

- Pogosto spregledano:
Krepitev mišic dlani in koordinacija oko-roka.

Slika 4: Ključne ugotovitve ankete

V nadaljevanju opisujemo zasnovo in pomen šestih izdelanih iger in didaktičnih pripomočkov.

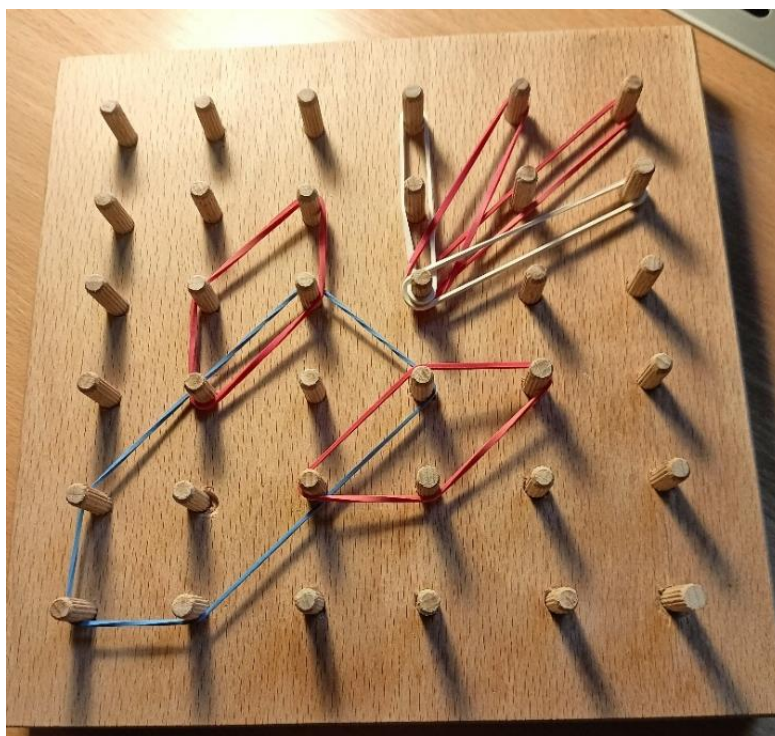
Magnetni labirint je didaktični pripomoček, zasnovan na igriv način, ki otrokom predstavlja izziv. Otrok razvršča kroglice po barvi in/ali številu, hkrati pa uri svojo grafomotoriko. Otrok z magnetnim svinčnikom vodi kroglice po utorih do ustrezne košare. K urjenju grafomotorike prispeva z razvijanjem koordinacije oko-roka, spodbujanjem usmerjenega gibanja in posledično zagotavlja nadzor nad gibom roke, kar pripravi na pravilno držo pisala (slika 2).



Slika 5: Magnetni labirint

Pri igri »Magnetni labirint« smo otrokom omogočili svoboden, samoiniciativen dostop: igro smo na kratko predstavili v jutranjem krogu, nato so jo po želji jemali s police, mi pa smo jih tri mesece dnevno opazovali. Na začetku opazovanja so otroci »svinčnik« držali s celo pestjo in zelo poševno, zato magnet ni zanesljivo prijel kroglic; pogosto so zapuščali poti, kroglice so jim padale nazaj, razvrščali so predvsem po barvi in do cilja prihajali brez premisleka, kar je pri nekaterih povzročilo hitro odnehanje – čeprav jih je delovanje magneta zelo privlačilo. Ko smo razložili delovanje magneta in izvedli preproste vaje (hoja po črti, zlaganje kock na črto ...), se je njihova igra postopno preoblikovala. Ob koncu trimesečnega obdobja so otroci labirint samostojno in z zanimanjem uporabljali, večina je pisalo držala stabilno in bolj pokončno (pri nekaterih že triprstni prijem), vodenje po poteh je bilo zanesljivo, kroglice so ušle le redko, pot do košare so predhodno premislili ali si s prstom zarisali potek, poleg barv pa so začeli razvrščati tudi po številu in kroglice samostojno šteti do 10. Napredek se je jasno kazal v boljši koordinaciji oko–roka, natančnosti, nadzoru gibov, vztrajnosti in usmerjeni pozornosti, igra pa je hkrati spodbujala radovednost in razumevanje delovanja magneta.

Geo plošča je pripomoček, kjer otrok napenja elastike na lesene mozničke in s tem ustvarja sliko. Poleg izdelka smo izdelali tudi kartice, ki so otroku lahko v pomoč in za idejo, kaj »narisati« s pomočjo elastik. Izdelek krepi mišice prstov dlani in zapestja, pripomore k orientaciji v prostoru in prepoznavanju geometrijskih oblik (slika 3).



Slika 6: Geo plošča z elastikami

Pri didaktičnem pripomočku **geo plošča** smo otrokom tri mesece omogočali svobodno, samostojno uporabo (občasno tudi ciljno ponudbo otrokom s šibkejšo fino motoriko). Na začetku so elastike napenjali nespretno in z obema rokama, prijem je bil negotov, plošča jim je drsela, elastike so se pogosto »izstrelile«, vzorci so bili kratki, prekrivajoči in omejeni na sredino plošče, vztrajnost pa nizka. Ob koncu trimesečnega obdobja so elastike napenjali natančno s **pincetnim prijemom**, z drugo roko stabilizirali ploščo, pravilno ocenili razdalje med mozniroma in elastike snemali pri mozniku, zato napak skoraj ni bilo. Uporabljali so **več moznikov in celotno površino**, manj prekrivali v plasteh, pogosto tudi vzkižno napenjali ter ustvarjali lastne vzorce (kartice s predlogami so ostale le občasna pomoč). Vzoredno so se izrazito izboljšali **fin motorika prstov, koordinacija oko-roka, prostorska orientacija, natančnost prijema** ter **osredotočenost in vztrajnost**.

»**Čutim, kako rišem/pišem**« je didaktični pripomoček, ki je senzorično in taktilno zasnovan, hkrati pa uri drobne gibe in posledično tudi grafomotoriko. Pripomoček je sestavljen iz štirih lesenih pladnjev, ki vsebujejo snov za risanje. V enem pladnju je mivka, v drugem je koruzni zdrob, v tretjem pa ješprenj. Četrty pladenj je namenjen raznim pripomočkom za igranje (palčka, avtomobilček, ki pušča sledi, različne teksture, različne slikovne kartice). Otrok si izbere en pladenj in vanj riše ali piše s prstom in se igra z izbrano snovjo. Izdelek uri finomotoriko, koordinacijo oko-roka, vključuje taktilne zaznave, otrok se uči primernih pritiskov na podlago in pridobiva občutek za smer in oblikovanje (črk) v prostoru (slika 4).



Slika 7: »Čutim, kako rišem/pišem«

Pri didaktičnem pripomočku »Čutim, kako rišem/pišem« smo otrokom tri mesece omogočili svobodno, samostojno uporabo pladnjev z različnimi materiali in jih tedensko opazovali. Na začetku so najpogosteje izbirali mivko (lahko drsenje), v ješprenju pa so zaradi neenakomerne, »zrnate« podlage nastajale prekinjene poteze; pogosto so le presipavali material, hitro izgubljali pozornost, črte in oblike so bile nepopolne, občasno je material padel iz pladnja, vsebina risbe pa je bila manj smiselna. Pozneje smo kot nadgradnjo dodali paličico za risanje in različne podlage pod material, vendar je ostal poudarek na spontanem, izkustvenem raziskovanju. Ob koncu opazovanja so otroci samozavestno izbirali tudi zahtevnejše teksture (zdrob, ješprenj), poteze so bile bolj nadzorovane, tekoče in vidne, risali so prepoznavne oblike in figure, nekateri že črke ali njihove elemente, pri delu so vztrajali, sledili navodilom in pogosteje predlagali lastne ideje. Napredek se je jasno kazal v fini motoriki prstov, koordinaciji oko-roka, natančnosti in orientaciji na površini ter v daljši usmerjeni pozornosti in samostojnem pristopu.

Delovni listi za spodbujanje grafomotorike so sestavljeni iz raznolikih nalog, ki jih lahko razporedimo po težavnostih. Delovni listi so namenjeni večkratni uporabi, saj so plastificirani. Naloge spodbujajo raznolike spretnosti, ki spadajo pod grafomotorične spretnosti, kot so npr. risanje spiral, zank, ravnih črt, vijugastih črt, krogov, polkrogov, povezovanje pik v celoto, iskanje prave poti v labirintu, prostorska orientacija, simetrija ... Vse naloge so oblikovane tako, da so otrokom privlačne in zabavne ter da grafomotorične spretnosti pridobivajo skozi situacije (risbe), ki so otrokom blizu (polžja hišica, cirkuški šotor, žabe, dežnik ...). K urjenju grafomotorike prispevajo z razvojem finomotoričnih spretnosti, koordinacije, kontrole nad pisalom, urjenjem vizualno-prostorske orientacije, razvijanjem različnih linij in kognitivnih spretnosti (slika 5).



Slika 8: Delovni listi za grafomotoriko

Didaktični pripomoček smo pri otrocih (individualno, 2–3-krat tedensko, 3 mesece) uporabljali v umirjenem okolju in tedensko beležili napredek. Na začetku so otroci izbirali najlažje naloge, pozornost je hitro popuščala, navodila smo morali pogosto ponavljati, črte so bile tresoče in prekinjene, risanje je bilo impulzivno in mimo črt, pri labirintih pa so »hodili čez zidove«. Ob koncu so naloge opravljali z več vztrajnosti in zbranosti, navodil skoraj nismo več ponavljali, razvili so strategije (počasnejše risanje, sledenje s prstom), črte so bile bolj tekoče in nadzorovane, labirinte so večinoma reševali pravilno, pogosteje so samostojno izbirali srednje težke in težje naloge, pri motivno privlačnih listih pa so bili posebej vztrajni. Najzahtevnejši vzorci (npr. zanke, spirale) so ostali izziv, a so jih poskušali reševati s pomočjo. Dodatno sta dva starejša otroka (5 in 6 let) že od začetka izkazovala samostojnost in hitro napredovala na najtežje naloge; labirinte sta ob koncu reševala s premišljeno strategijo in izbirala predvsem zahtevne liste.

Pri igri »**Nariši, kar kocka pove**« lahko otrok izbere, s katero predlogo se bo igral. Na predlogo z narisano človeško glavo otrok riše frizuro, na predlogo z barvnimi krogi pa povezuje enake barve kroge med seboj tako, kot pove kocka. Igra se igra tako, da otrok vrže kocko, ki mu pokaže barvo, zatem pa vrže še drugo kocko, ki mu pove, kakšno črto mora narisati. Če je izbral predlogo frizure, človeku nariše lase s tako črto in barvo, kot je pokazala kocka. Če je izbral predlogo barvnih krogov, otrok poveže kroge iste barve, kot je pokazala kocka s tako

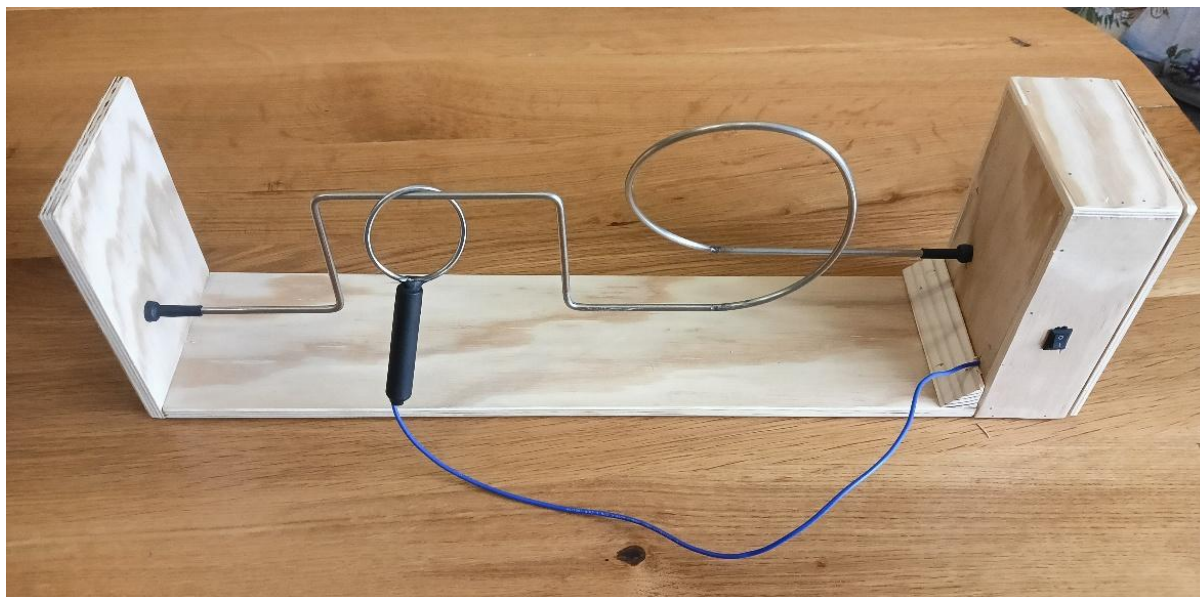
črto, kot je pokazala druga kocka. Pri tej igri otroci vadijo različne linije, urijo koordinacijo, prostorsko predstavo, orientacijo na papirju in držo pisala (slika 6).



Slika 9: »Nariši, kar kocka pove«

Pri omenjenem didaktičnem pripomočku so otroci na začetku pri obeh različicah delovali impulzivno: pri **barvnih krogih** so brez načrta povezovali najbližje pare, pogosto čez druge kroge, črte so bile stisnjene, tresoče in z neenakomernim pritiskom; pri **frizurah** pa vzorca s kocke niso znali prenesti na list, črte so risali skoraj izključno navzgor in zgostili v majhnem delu prostora, **zanke** pa so bile največja težava. Med ponavljajočo igro (visoka motivacija, še posebej pri barvnih krogih in brisanju z gobico) so začeli samostojno prepoznavati znake na kocki, razvijati **strategije** (počasnejše risanje, sledenje s prstom, vnaprejšnje načrtovanje poti, pri dveh tudi vrtenje lista za pravilno orientacijo) ter bolj upoštevati navodila. Ob **koncu opazovanja** so črte postale **bolj tekoče, natančne in nadzorovane**, pri krogih so pogosteje najprej poiskali pare in si zamislili pot (manj naključnih prečkanj), pri frizurah pa so črte **enakomerneje razporedili po celotni površini** ter jih risali v več smereh (navzgor, navzdol, poševno). Čeprav so zanke ostale najzahtevnejše, so bili poskusi strukturirani in bliže vzorcu na kocki.

Igra **»Ne dotakni se žice!«** je pripomoček za razvijanje grafomotorike, saj otroci urijo svoje gibe v zapestju in roki, hkrati pa so pozorni na linije. Igra poteka tako, da otrok vodi obroček okrog žice, pri čemer se ne sme dotakniti žice. Ko se otrok dotakne žice, mu zapiska. Igra je zastavljena na zabaven način, saj zvočni odzivi in izziv igro naredijo privlačno. Igra razvija fino motoriko, koordinacijo oko-roka, prostorsko orientacijo, natančnost in potrpežljivost, izboljša nadzor nad gibom roke in spodbuja učenje iz napak (samoregulacijo) (slika 7).



Slika 10: »Ne dotakni se žice«

Igro smo otrokom predstavili in demonstrirali v jutranjem krogu. Na začetku je bila naloga za večino zelo zahtevna: gibanje z obročkom je bilo **sunkovito in nepredvidljivo**, držali so ga **z obema rokama** in **prenizko**, pogosto so šli skozi ostre ovinke »na silo«, zvočni signal pa je izzval **burne odzive** (preplah, smeh), kar je prekinjalo potek – povprečno je bilo **več kot 10 dotikov na poskus**. Ker igra po naravi **ne dopušča veliko verbalnega usmerjanja**, so otroci spontano začeli **iskati lastne rešitve**: stabilnejši prijem (prehod na **enoročno vodenje** s **podporo druge roke na zapestju**), **upočasnjevanje** pred zahtevnimi odseki, **kratki postanki**, **predhodni vizualni pregled poti** in **nagib glave** za boljši kot pogleda; število dotikov se je v srednji fazi zmanjšalo na približno **5–7 na poskus**. V zadnjem mesecu je napredek postal očiten: drža je bila bolj **čvrsta in stabilna**, tempo **počasnejši in bolj enakomeren**, povprečno **4–5 dotikov** na poskus, pri dveh otrocih pa tudi poskusi z **0–1 dotikom**; zvočnega signala niso več doživljali kot preplah, temveč kot **nevtralen povratni podatek**, po katerem so **umirjeno nadaljevali**. Dodatno sta otroka, stara **5 in 6 let**, že od začetka kazala **večji nadzor** (enoročni prijem z **iztegnjenim kazalcem** za fino usmerjanje), **načrtovala** pot pred pričetkom in hitro napredovala do **0–1 dotika**. Najmlajšemu (3 leta) je bila igra **prezahtevna** in se je igro igral, kadar ja sam želel (ga nismo več opazovali).

Diskusija

V raziskovalnem delu smo si zadali tri temeljne cilje in šest hipotez, povezane z razumevanjem, prepoznavanjem in spodbujanjem grafomotoričnega razvoja pri predšolskih otrocih (glej tudi poglavje Namen in cilji).

Cilj 1: Opredeliti pomen grafomotorike in njenega razvoja v predšolskem obdobju. Z analizo literature, pedagoških izhodišč in empiričnih opažanj smo potrdili, da grafomotorika kot temeljna veščina vključuje držo pisala, koordinacijo oko-roka, prostorsko orientacijo in orientacijo na papirju, mišični nadzor ter da jo je treba razvijati celostno in premišljeno.

Cilj 2: Analizirati izkušnje, mnenja in pogostost uporabe grafomotoričnih dejavnosti, pripomočkov in igrac. Anketa med vzgojitelji je pokazala, da grafomotoriko prepoznavajo kot

pomemben del prakse, pogostost, strategije in dostop do pripomočkov pa se razlikujejo; najpogosteje izpostavljajo uporabnost pripomočkov, težave pa vidijo predvsem v okornosti roke in nepravilni drži pisala.

Cilj 3: Vpeljati zasnovane didaktične pripomočke in igrače ter oceniti njihovo učinkovitost. S sistematičnim individualnim preizkušanjem (3 mesece) smo spremljali natančnost, koncentracijo, koordinacijo, strategije reševanja, držo pisala, risanje črt in razumevanje nalog; pri večini otrok se je pokazal napredek v vztrajnosti, orientaciji potez, nadzoru gibanja in motivaciji.

Hipoteze (rezultati):

- **H1:** Več kot polovici anketirancev je grafomotorika pomembna za vključevanje pri delu v vrtcu – **potrjeno**.
- **H2:** Najpomembnejši vidik pri izbiri igrač je uporabnost – **zavrnjeno** (anketiranci so na prvo mesto postavili varnost; uporabnost je 3.).
- **H3:** Največ težav je pri koordinaciji oko-roka in nepravilni drži svinčnika – **delno potrjeno** (najpogostejša je nepravilna drža; sledijo okornost/negibljivost dlani in zapestja).
- **H4:** Ključni element pri razvijanju grafomotorike je krepitev mišic in dlani – **potrjeno**.
- **H5:** Igre so za večino otrok visoko motivacijske, potrebne so minimalne usmeritve – **potrjeno**.
- **H6:** Vsaj pri polovici otrok bo opažen napredek (občutek za smer/linije, daljša motivacija) – **potrjeno** (napredek v orientaciji, pozornosti, natančnosti in koordinaciji).

Sklep: Cilji so bili doseženi, večina hipotez potrjena. Raznoliki, razvojno prilagojeni pripomočki ob usmerjeni podpori učinkovito spodbujajo grafomotoriko. S sistematičnim uvajanjem in ponavljanjem dejavnosti že v predšolskem obdobju izboljšujemo pripravljenost na šolo in samozavest pri zgodnjem učenju pisanja.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Raziskava ima jasno uporabno vrednost za STEM v vrtcu: nizkocenovni, lastno izdelani pripomočki v skupino prinašajo inženirski pristop »načrtuj–izdelaj–preizkusi–izboljšaj« ter raziskovalno učenje, saj otroci delujejo kot mali raziskovalci, ki postavljajo hipoteze (katera pot, kakšen prijem), preizkušajo rešitve in reflektirajo izid. Sistematično, 2–3-krat tedensko opazovanje z vnaprej določenimi kriteriji (natančnost, razumevanje navodil, strategije ...) deluje kot prenosljiv model formativnega vrednotenja v STEM. Posamezne igre odpirajo ključne naravoslovno-tehniške vsebine: Magnetni labirint k magnetizmu in modeliranju poti; »Ne dotakni se žice« k električnemu krogu, nadzoru gibov in regulaciji; geo-plošča k geometriji in prostorski predstavi; kocka k pravilom, zaporedjem in osnovam kombinatorike; senzorični pladnji k lastnostim materialov (zrnatost, trenje) ter opazovanju; delovni listi k algoritmičnemu sledenju korakom. Dokazani učinki (večja natančnost, orientacija, vztrajnost, strategije) so prečne spretnosti, ki neposredno podpirajo kasnejše učenje naravoslovja, tehnologije in matematike. Ker so dejavnosti stopnjevane in individualno vodene, so primerne za starost 3–6 let in ohranjajo visoko motivacijo. Ker so pripomočki zasnovani tako, da je njihovo izdelavo mogoče prilagoditi zmožnostim tistega, ki jih bo izdelal, je prenos v prakso hiter. Skupina lahko postane »mini STEM laboratorij«, učitelj pa zlahka vključi tudi sodelovanje staršev.

Literatura in viri

- Baloh, B. (2019). *Od črte do črke. Priročnik k delovnemu zvezku za razvoj grafomotoričnih spretnosti in sposobnosti*. ZTT EST.
- Bavčar, H. in Lavrenčič, A. (1996). *MOS, Vaje motorike, orientacije in smeri. Delovni zvezek za učence*. Ajdovščina: Osnovna šola.
- Grginič, M. (2009). *Kako do pismenosti v prvem razredu osnovne šole*. Izolit.
- Ivačič Senekovič, A. (2024). Grafomotorika. *Strokovna revija Realka s področja predšolske vzgoje, osnovnošolskega in srednješolskega izobraževanja in izobraževanja odraslih*, (34), 12–19.
- Jereb, S. (2022). Grafomotorika in primeri dejavnosti za razvoj grafomotorike pri urah dodatne strokovne pomoči v predšolskem obdobju. *Strokovna revija Realka s področja predšolske vzgoje, osnovnošolskega in srednješolskega izobraževanja in izobraževanja odraslih*, (15), 178–188.
- Kuret, N. (1959). *Igra in igrača*. Založba Obzorja.
- Marjanovič Umek, L. in Zupančič, M. (2006). *Psihologija otroške igre: od rojstva do vstopa v šolo*. Znanstvenoraziskovalni inštitut Filozofske fakultete.
- Regvar, B. (1990). *Malček in pisava*. Ljubljana: samozaložba.
- Ropič, M. in Frančeskin, J. (1999). Pridobivanje in utrjevanje orientacije. V M. Ropič (ur.), *Danes rišem, jutri pišem: Priročnik za učitelje in vzgojitelje v 1. razredu devetletne osnovne šole*. Rokus Klett.
- Sakulac, G. (2007). Grafomotorika. V B. Vrbovšek (ur.), *Porajajoča se pismenost v predšolskem obdobju*. Ljubljana: Supra.
- Trapič, S. (2022). Grafomotorika v predšolskem obdobju. *Vzgojiteljica: revija za dobro prakso v vrtcih*, XXIV(3), 12–14.
- Žerdin, T. (1996). *Ringa, ringa raja; priročnik za gibalno-grafične vaje*. Mladinska knjiga.
- Žerdin, T. (2000a). Grafomotorika kot sestavni del pisanja. V M. Križaj Ortar (ur.), *Slovenščina v 1. triletju devetletne osnovne šole*. Izolit.
- Žerdin, T. (2000b). Motnje pri začetnem opismenjevanju. V M. Križaj Ortar, (ur.), *Slovenščina v 1. triletju devetletne osnovne šole*. Izolit.
- Žerdin, T. (2011). *Motnje v razvoju jezika, branja in pisanja*. Bravo.

APLIKACIJA iNATURALIST KOT ORODJE ZA SPODBUJANJE OBČANSKE ZNANOSTI IN VZGOJE IN IZOBRAŽEVANJA ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ

iNATURALIST APPLICATION AS A TOOL TO PROMOTE CITIZEN SCIENCE AND EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Žan Rode, Tanja Gregorčič

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

V kontekstu podnebnih sprememb, izgube vrstne pestrosti in degradacije ekosistemov postaja vključevanje občanske znanosti v izobraževanje vse bolj pomembno. Namen prispevka je na študiji primera uporabe aplikacije iNaturalist v osnovnošolskem izobraževalnem okolju pridobiti vpogled v uporabnost projektov občanske znanosti v pedagoške namene ter na podlagi izkušenj bodočih učiteljev oblikovati osnutek smernic za vključevanje tovrstnih projektov v izobraževanje. V raziskavi je sodelovalo 47 učencev in 134 študentov programov Razredni pouk in Dvopredmetni učitelj. Pred dejavnostjo je za iNaturalist slišala skoraj polovica učencev, le tretjina pa ga je že uporabljala za pedagoške namene. Zanimanje za samostojno raziskovanje organizmov je izpostavila manj kot tretjina učencev. Večina učencev je pri dejavnosti uživala in tri četrtine jih je ocenilo, da so se nekaj novega naučili. Med pozitivne vidike so uvrstili raziskovanje, uporabo tehnologije, socialno interakcijo in pridobivanje novih znanj, med negativne pa vremenske razmere, mrčes in zahtevnost same dejavnosti. Podobno so študentje kot ključne pozitivne vidike izpostavili spoznavanje novih vrst, enostavno uporabo aplikacije in delo na prostem, medtem ko so težave videli predvsem pri določanju organizmov in tehničnih omejitvah. Ugotovitve potrjujejo, da lahko iNaturalist in podobni projekti občanske znanosti, če so ustrezno načrtovani, učinkovito spodbujajo zanimanje za naravoslovje, usmerjajo pozornost in razvijajo ključne kompetence za trajnostni razvoj, kot sta kritično in sistemsko mišljenje ter aktivno državljanstvo.

Ključne besede: občanska znanost, iNaturalist, osnovna šola, tehnologija.

Abstract

In the context of climate change, biodiversity loss and ecosystem degradation, integrating citizen science into education is becoming increasingly important. The aim of this paper is to use a case study of the use of the iNaturalist app in a primary school educational setting to gain insight into the usefulness of citizen science projects for pedagogical purposes and to draw on the experiences of future teachers to draft guidelines for integrating such projects into education. 47 pupils and 134 students of the Primary teaching and Two-Subject Teacher programmes participated in the study. Almost half of the pupils had heard of iNaturalist before the activity and only a third had used it for pedagogical purposes. Less than a third of pupils indicated an interest in exploring organisms independently. Most pupils enjoyed the activity and three quarters of them considered that they had learnt something new. Positive aspects included exploration, use of technology, social interaction and learning new skills, while negative aspects included weather conditions, insects and the difficulty of the activity itself. Similarly, university students highlighted learning about new species, ease of use of the app and working outdoors as key positive

aspects, while they saw difficulties mainly in identifying organisms and technical limitations. The findings confirm that iNaturalist and similar citizen science projects, if properly designed, can effectively stimulate interest in science, focus attention and develop key competences for sustainable development, such as critical and systems thinking and active citizenship.

Key words: citizen science, iNaturalist, lower secondary school, technology.

Uvod

V današnjem svetu, v katerem se hkrati soočamo s posledicami podnebnih sprememb, izgubo vrstne pestrosti ter degradacijo ekosistemov (Steffen idr., 2015), je sistematično ozaveščanje javnosti o vzrokih, posledicah in možnih odgovorih na te izzive bistvenega pomena. Skozi ozaveščanje o tovrstnih problemih lahko ljudje prepoznajo povezavo med lastnim delovanjem, lokalnim okoljem in globalnimi procesi – na ta način se poveča verjetnost spreminjanja navad in ravnanj (Ardoin idr., 2020). Občanska znanost (angl. *citizen science*) je v tem kontekstu lahko uporabno orodje ne le za ozaveščanje, ampak tudi za prispevanje k znanosti (McKinley idr., 2017).

V slovenskem prostoru se za pojem *citizen science* uporablja več izrazov, med najpogostejšimi so občanska znanost, državljanska znanost, ljubiteljska znanost ter participativna znanost (Atelšek idr., 2025). Raznolikost poimenovanj odraža prožnost in večplastnost te dejavnosti – ne samo, da se v Sloveniji uporablja več pojmov, pojem je različno definiran od države do države (Haklay idr., 2021). Skozi ta različna poimenovanja lahko dobimo vpogled v različne vidike te dejavnosti (Eitzel idr., 2017) – »občanska znanost« nakazuje na vključevanje državljanov v znanstveno raziskovanje, »ljubiteljska znanost« kaže na tradicijo amaterskega raziskovanja, ki izhaja iz neke notranje motivacije po raziskovanju, »participativna znanost« pa nakazuje na soustvarjanje raziskav z različnimi deležniki. V tem prispevku bomo zaradi jasnosti uporabljali najbolj ustaljen izraz »občanska znanost« (Mlinar, 2021), pri čemer preostale izraze obravnavamo kot sopomenke.

Sodelovanje javnosti v znanosti lahko obsega več različnih nivojev. Poznamo prispevne (angl. *contributory*), sodelovalne (angl. *collaborative*) ter soustvarjalne (angl. *co-created*) projekte. Prispevni projekti so ustvarjeni s strani znanstvenikov, vloga prostovoljcev je predvsem prispevanje podatkov po vnaprej določenih protokolih (npr. terenska opazovanja, fotografije, enostavne meritve). Sodelovalni projekti so zopet ustvarjeni s strani znanstvenikov, vloga prostovoljcev je večja – prispevanje in zbiranje podatkov, kot tudi analiza in diseminacija podatkov. Soustvarjalni projekti predstavljajo najvišji nivo sodelovanja med znanstveniki in prostovoljci, saj so oblikovani sodelovalno – občani so aktivno vključeni v celoten proces raziskovanja (Bonney idr., 2009).

V okviru biološkega raziskovanja – na katerega se osredotoča tudi osrednja dejavnost tega prispevka – je spremljanje prisotnosti vrst časovno in finančno zahtevno (Pringle idr., 2025). Občanska znanost tu predstavlja pomembno dopolnilo. Z vključevanjem prostovoljcev v zbiranje podatkov (npr. fotografije z geolokacijo, sporočanje opažanj npr. v okviru projektov, kot sta Invazivke in Srna (Kmetec, 2022; Ogris, 2025), ter beleženje opažanj na platformah, kot sta iNaturalist ali eBird) lahko razširimo prostorsko dosegljivost ter povečamo frekvenco opazovanj (Fink idr., 2020; Mason idr., 2025). V praksi se kot učinkovita kaže kombinacija klasičnih popisov z namernim vzorčenjem in množičnih, prostovoljskih prispevkov: prvi zagotavljajo kalibracijo in referenčne podatke, drugi pa dopolnjujejo sliko z visoko številčnostjo

in gostoto opazovanj skozi čas (Robinson idr., 2020; Zulian idr., 2021). Občanska znanost pridobiva zagon, sploh v današnjem času sodobnih tehnologij, kjer je dostop do interneta in mobilnih naprav s kvalitetnimi kamerami dobro zagotovljen (Land-Zandstra idr., 2021).

Pri izobraževanju otrok je eden izmed ključnih dejavnikov učenja interes, za katerega je že mnogo raziskav pokazalo, da vpliva na pozornost, cilje ter nivoje učenja učencev (Hidi in Renninger, 2006; Randler in Bogner, 2007). Seveda si želimo, da bi učenci že imeli interes za raziskovanje v naravoslovnih znanostih, vendar ta vidik pogosto manjka (Hidi in Harackiewicz, 2000). Kadar interesa za naravoslovne vede učenec sam po sebi nima, ima učitelj vlogo, da ta interes vzbudi. Aivelo in Huovelin (2020) seveda opozarjata, da se učenci v projekte občanske znanosti pogosto vključijo na pobudo šole ali učitelja, in ne zaradi lastne notranje motivacije ali interesa. Kljub temu avtorja sodelovanje učencev ocenjujeta pozitivno, zlasti v okviru učenja z raziskovanjem: takšna izkušnja poveča verjetnost ponovne udeležbe ali nadaljnjega sodelovanja v projektih – sploh, če je dejavnost daljša (Aivelo in Huovelin, 2020). Tovrstne aktivnosti lahko vplivajo na različne nivoje interesa – po Hidi in Renninger (2006) definiramo štiri nivoje interesa, to so sproženi situacijski interes, ki ga lahko sprožijo npr. presenetljive informacije ali zanimive naloge in pride od zunanjih spodbud ter lahko vodi v ponovno udejstvovanje v določeni dejavnosti; vzdrževani situacijski interes, ki se podaljša z ohranjanjem pozornosti in vztrajanjem pri zunanje podprtih dejavnostih – npr. projektno ali sodelovalno delo. Sčasoma lahko s tem privedemo do pojavitve individualnega interesa, kjer učenci začnejo razvijati pozitivne občutke, pomnjenja informacij in vrednot in končno do dobro razvitega individualnega interesa, ki predstavlja dolgoročno možnost ponovnega udejstvovanja v določeni dejavnosti. Za dobro razviti notranji interes je značilno, da je znanje poglobljeno, notranja motivacija in prizadevanje, ki se zdi lahko. Randler in Bogner (2007) pokažeta, da so učenci na začetku bolj zainteresirani, če so raziskovalne naloge povezane z realnimi, socio-ekonomskimi vprašanji. Aivelo in Huovelin (2020) predlagata, da dolgotrajni interes podpremo s ponovljenimi izvedbami dejavnosti. In prav ta iterativnost je pogosto vgrajena v projekte občanske znanosti (ponavljajoči se cikli opazovanja – zbiranja podatkov – analize – diseminacije). Za šolsko uporabnost občanske znanosti to pomeni: oblikovati avtentična raziskovalna vprašanja, ki naslavlajo lokalne probleme, učencem zagotoviti jasne protokole in delno izbiro nalog, zagotavljati učencem povratne informacije, kako njihovi prispevki in podatki vplivajo na znanost ter načrtovati več zaporednih izvedb skozi šolsko leto. Takšna zasnova hkrati blaži začetno zunanje vstopanje v projekt in krepi notranjo motivacijo za nadaljnje učenje in sodelovanje.

iNaturalist je med najbolj uporabljenimi platformami za občansko znanost, ki uporabnikom omogoča beleženje, deljenje in prepoznavanje opažanj živega sveta, ki jih podpirajo napreden algoritem za prepoznavanje vrst (angl. *computer vision*) in aktivna globalna skupnost (*About · iNaturalist*, b. d.; Hernawati idr., 2020). Poleg vloge pri spremljanju in raziskovanju biotske raznovrstnosti je iNaturalist postal pomembno izobraževalno orodje, saj učencem in učiteljem omogoča izvajanje različnih dejavnosti na področju raziskovanja, s čimer spodbuja ozaveščenost o biotski raznovrstnosti in okoljsko pismenost (Herodotou idr., 2024; Morell idr., 2021; Ricca in Cheung, 2021). iNaturalist s svojo obsežno podatkovno zbirko z milijoni opažanj ponuja priložnosti za vključevanje učenja na prostem v učne načrte, saj podpira dejavnosti, kot so BioBlitz in skupinski projekti, ki povezujejo poučevanje v razredu z raziskavami v resničnem svetu (Cederqvist in Thorén Williams, 2023; Echeverria idr., 2021; Niemiller idr., 2021). Aplikacija se čedalje bolj pogosto uporablja v pedagoškem kontekstu, saj omogoča zanimive učne izkušnje, spodbuja zavedanje o raznolikosti vrst in skozi tehnologijo

olajša učenje in prepoznavanje novih vrst (Altrudi, 2021; Aristeidou idr., 2021; Rode in Torkar, 2023).

Namen in cilji

Namen prispevka je na študiji primera uporabe aplikacije iNaturalist v osnovnošolskem vzgojno izobraževalnem okolju pridobiti vpogled v uporabnost projektov občanske znanosti z namenom vzgoje in izobraževanja. Zanimalo nas je, kakšen interes učenci že imajo za raziskovanje in naravoslovje, kot tudi, kako dobro poznajo pestrost travnika pred samo dejavnostjo. Po izvedeni dejavnosti nas je zanimalo, ali so učenci v dejavnosti uživali – s konkretnimi razlogi, zakaj oziroma zakaj ne, ter ali so bili nad organizmi, ki so jih skozi dejavnost našli in spoznali, presenečeni.

Ker je bil končni cilj prispevka osnovati smernice uporabe projektov občanske znanosti z aplikacijo iNaturalist v osnovnošolskem vzgojno izobraževalnem obdobju, smo poleg konkretnega primera uporabe v osnovni šoli želeli pridobiti tudi vpogled v uporabnost aplikacije s strani bodočih učiteljev. V ta namen smo s študenti programov Dvopredmetni učitelj (vezave z biologijo) in Razredni pouk izvedli daljšo dejavnost (dvomesečni BioBlitz) z uporabo aplikacije iNaturalist, po kateri smo od študentov pridobili povratne informacije o sami izvedbi in uporabnosti tovrstnih dejavnosti v osnovnošolskem vzgojno izobraževalnem obdobju.

Metoda

Naš vzorec so predstavljali učenci osnovne šole v osrednji Sloveniji ($N = 47$). 29 učencev je bilo v času dejavnosti v 6., 18 učencev pa v 7. razredu.

V okviru naravoslovnega dne so učenci izvedli raziskovanje travnika z uporabo slikovnih določevalnih ključev ter aplikacijo iNaturalist. Pred ter po dejavnosti so izpolnili vprašalnik, s katerim smo pred dejavnostjo pridobili podatke o interesu učencev za raziskovanje organizmov v njihovi okolici in interesu za naravoslovje. Učenci so morali tudi navesti, kateri so njihovi najljubši organizmi ter njihova pričakovanja glede pestrosti travnika, ki ga bodo raziskovali – katere organizme pričakujejo, da jih bodo med vzgojno izobraževalno dejavnostjo našli.

Takoj po končani dejavnosti so učenci odgovorili na zaprti vprašanji, če so pri dejavnosti uživali ter ali se jim zdi, da so se kaj novega naučili. Z odprtimi vprašanji (1. Kaj ti je bilo pri dejavnosti všeč, 2. Kaj ti pri dejavnosti ni bilo všeč ter 3. Ali si bil/a glede organizmov, ki si jih našel/našla, presenečen? Zakaj oziroma zakaj ne), smo želeli pridobiti povratno informacijo učencev o dejavnosti.

Drugi del vzorca so predstavljali študentje in študentke 1. letnika dodiplomskih študijskih programov Razredni učitelj ($N = 82$) in Dvopredmetni učitelj – vezave z biologijo ($N = 52$).

Ker je bil naš namen, da se bodoči učitelji podrobneje spoznajo z delovanjem aplikacije, so sodelovali v 2-mesečnem Bioblitzu, kjer so morali zabeležiti določeno število organizmov. Število zahtevanih vrst organizmov je bilo prilagojeno za posamezno študijsko smer. Ker se študentje na programu Dvopredmetni učitelj bolj podrobno spoznajo z različnimi živalskimi ter rastlinskimi vrstami, so imeli študentje bolj obsežne kriterije za zahtevane organizme. Zabeležiti so morali vsaj 5 vrst žuželk, 2 vrsti praproti, 5 vrst golosemenk in 10 vrst

kritosemenk. V celoti so morali zabeležiti vsaj 30 različnih prostoživečih vrst živali, rastlin in gliv. Študentje programa Razredni učitelj so dejavnost izvajali skupaj z izdelavo herbarijev, kar so odražali tudi njihovi kriteriji. V celoti so morali zabeležiti 2 vrsti praprotnic ter 18 vrst cvetočih vrst rastlin.

Po izvedeni dejavnosti so vsi študentje odgovorili na tri odprta vprašanja: 1. Kaj vam je bilo pri dejavnosti všeč, 2. Kaj vam pri dejavnosti ni bilo všeč in 3. Predlagajte, kako bi dejavnost izboljšali.

Za analizo podatkov in izdelavo grafičnih prikazov smo uporabili statistični program Jamovi, verzija 2.6. Odgovore na odprta vprašanja o najljubših vrstah in o dejavnostih smo kodirali induktivno.

Rezultati

Dejavnost z učenci

Za aplikacijo iNaturalist je pred izvedbo vzgojno izobraževalne dejavnosti slišala skoraj polovica (46,5 %) učencev, le okoli tretjina (29,8 %) je aplikacijo že uporabljala v pedagoškem kontekstu. Manj kot tretjina učencev (26 %) je potrdila, da v prostem času radi raziskujejo organizme v svoji okolici. Pozitiven odnos do pouka naravoslovja sta izrazili slabi dve tretjini (59 %).

Zanimalo nas je, katere vrste organizmov so učencem všeč ter kako dobro poznajo pestrost travnika – na lokaciji, kjer se je vzgojno izobraževalna dejavnost odvijala. Učence smo vprašali, kateri je njihov najljubši organizem, in več kot tri četrtine (79 %) navedb je izpostavljala živali. Od vseh navedb živali je bilo več kot polovica navedb v splošnem smislu (žival, ptice, pajek ...), nekateri učenci pa so navajali bolj podrobno – okoli petina domače oz. v Sloveniji živeče vrste živali (krava, medved, bober, človeška ribica) ter ena petina eksotične živali – npr. lama, kit glavač, slon. Manjši delež navedb (19 %) je navajalo rastlino kot najljubši organizem. Več kot polovica vseh navedb rastlin je navajala rastline v splošnem smislu (le izraz rastline), preostanek navedb pa se je vrtelo okoli bolj eksotičnih okrasnih rastlin – bonsai, kaktus in monstera. Noben učenec ni navedel domače oz. slovenske rastline.

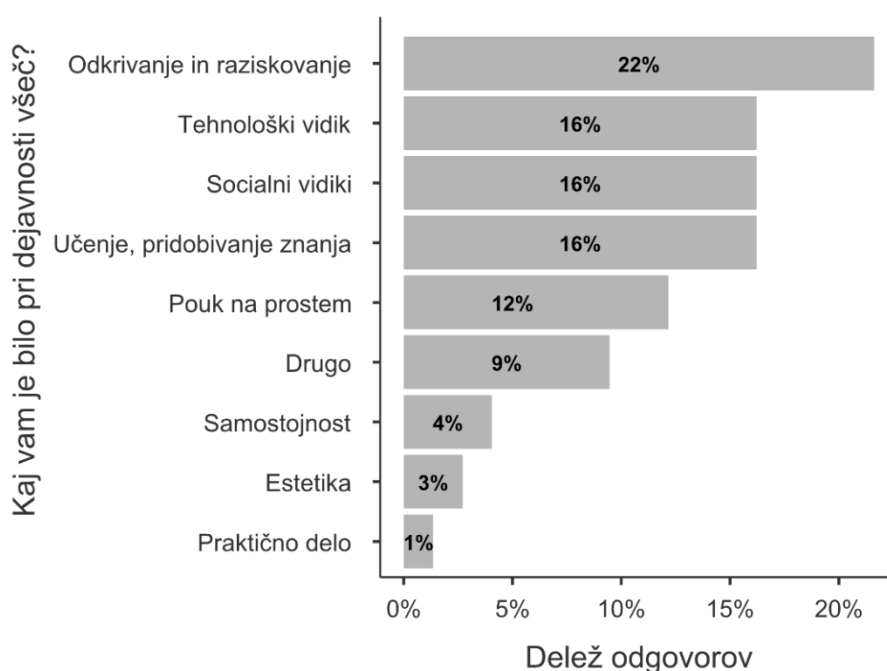
Pestrosti travnika so se učenci v določeni meri zavedali, saj so pričakovali tako rastline (34 %) kot živali (23 %), tretjina učencev pa je navedla predstavnike tako kraljestva rastlin, kot tudi živali (30 %). Ker vsak učenec ni navedel le enega organizma, temveč so jih pogosto navajali več, smo kategorizirali tudi posamezne navedene organizme. Polovica vseh navedenih organizmov je bila iz predstavnikov rastlin (49 %), polovica pa iz predstavnikov živali (48 %) – le 2 % navedb je bilo drugih – neživi predmeti ali na splošno vsa živa bitja. Od vseh navedb rastlin so nekateri učenci navajali splošno (rastline) – 28 %, nekateri pa poimensko (npr. marjetica, hrast, trava, ivanjščica) – 21 %. Precej večji delež živali je bil naveden poimensko (npr. maček, lazar, mravlja, muha, gosence) – 39 %, le manjši delež navedb je bilo v splošnem smislu (živali) – 8 %.

Po dejavnosti so učenci odgovorili na vprašanja o zadovoljstvu z vzgojno izobraževalno dejavnostjo. Zanimalo nas je, ali se jim zdi, da so se pri dejavnosti kaj novega naučili. Kar

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

89 % učencev je odgovorilo, da so pri dejavnosti uživali, in tri četrtine (74 %) učencev je potrdilo, da so se pri vzgojno izobraževalni dejavnosti nekaj novega naučili.

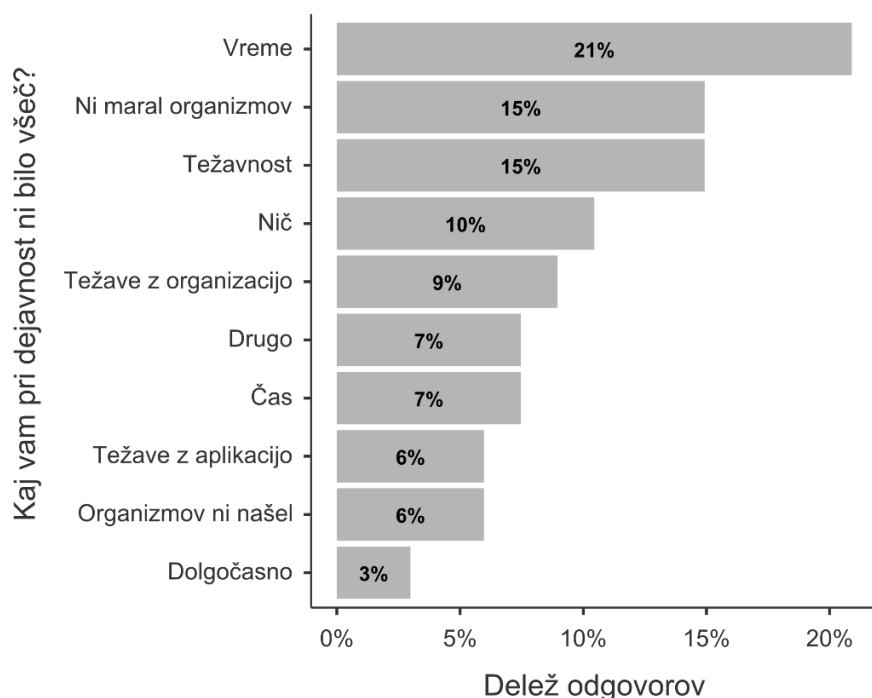
Pri odprtih vprašanjih o pozitivnih in negativnih vidikih so kot najbolj pozitivni vidik učenci izpostavili odkrivanje in raziskovanje (22 % navedb). Tu so učenci pogosto uporabljali besedo raziskovanje – »... da smo raziskovali okolico...«, »Raziskovanje rož.« in tako dalje. Drugi pogosti vidiki, ki so jih učenci izpostavili so bili tehnološki vidik dejavnosti (16 %), socialni vidik dejavnosti (16 %) ter učenje in pridobivanje novih znanj (16 %) (slika 1). Tehnološki vidik se navezuje predvsem na komentarje o uporabi aplikacije, učencem je bilo všeč, da jim je aplikacija podala informacije o organizmih. Enako pogosto je bil izpostavljen tudi socialni vidik – delo s prijatelji in delo v skupinah, izpostavili so tudi učenje in pridobivanje novih znanj. Na tej točki so učenci izpostavljali, da so se naučili imen organizmov, ki jih prej niso poznali, in da so spoznavali naravo in okolico.



Slika 11: Deleži odgovorov učencev glede na vidike dejavnosti, ki so jim bili všeč

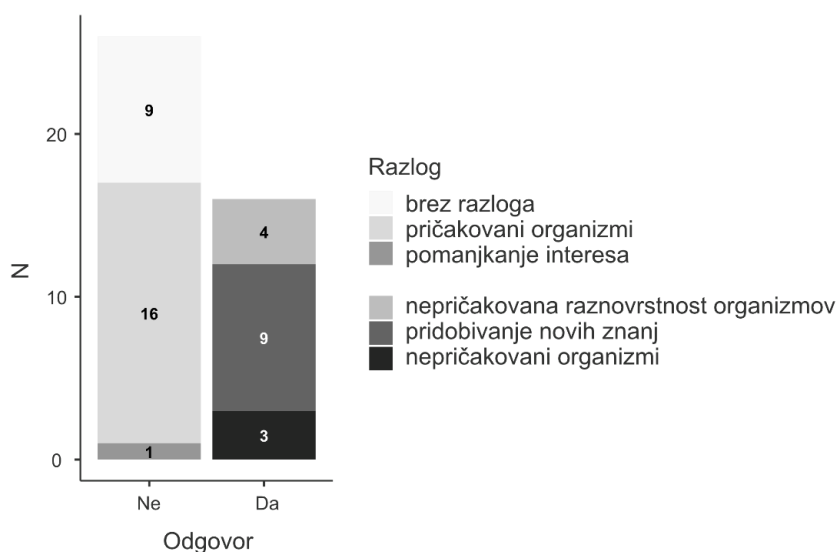
Najbolj pogosto naveden negativen vidik dejavnosti, ki so ga učenci izpostavili, je bil vreme – 21 % navedb (slika 2). Učenci so izpostavljali močno sonce in vročino, pogosto so poleg vremena navedli tudi težavnost same dejavnosti (daljše obdobje hoje, pisanje). V povezavi s samo lokacijo in okoljem so učenci pogosto omenjali organizme, ki so jih motili pri delu – komarje, ki so jih pikali, ter rastline, ki so jih bodle, ko so sedeli na travi.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Slika 12: Deleži odgovorov učencev glede na vidike dejavnosti, ki jim niso bili všeč

Na sliki 3 prikazujemo razdelitev odgovorov na vprašanje glede presenetljivosti organizmov, ki so jih učenci zabeležili. Pri tem vprašanju smo odgovore kategorizirali v pozitivne ter negativne z dodatnimi induktivno ugotovljenimi kategorijami, ki opisujejo razlog. Slabi dve tretjini vprašanih (61 %) učencev je na vprašanje odgovorilo negativno – da nad najdenimi organizmi niso bili presenečeni. Najbolj pogost razlog je bil, da so našli organizme, ki so jih že prej poznali. Pri 39 % učencev, ki so izrazili presenečenje nad organizmi, je bil najbolj pogost razlog pridobivanje novih znanj o vrstah in njihovih imenih – torej, da so spoznali vrste organizmov in njihova imena, ki jih prej niso poznali. Nekaj učencev je izpostavilo tudi presenečenje nad biotsko pestrostjo okolja, ki so ga raziskovali.

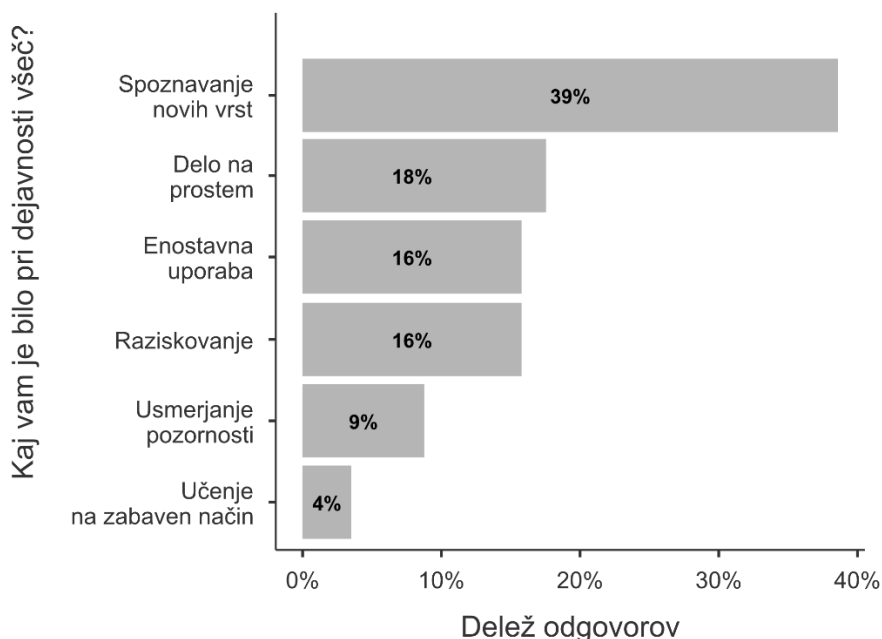


Slika 13: Odgovori na vprašanje o presenetljivosti najdenih organizmov. Odgovori so bili najprej kategorizirani na da/ne (ali so izrazili presenečenje nad organizmi, ali ne), nato pa so bili odgovori kategorizirani za vpogled v posamezne razloge

Dejavnost s študenti

Študentje in študentke prvih letnikov študijskih programov Razredni pouk ter Dvopredmetni učitelj (vezave z biologijo) smo v raziskavo vključili, ker smo želeli pridobiti tudi njihovo mnenje o uporabnosti aplikacije iNaturalist v izobraževanju. Ker je bil naš namen, da se študentje podrobneje spoznajo z aplikacijo, je bila njihova dejavnost oblikovana nekoliko drugače – skozi daljše časovno obdobje. Z namenom zagotovitve ustrezne udeležnosti in interakcije z aplikacijo smo študentom postavili tudi določene kriterije o potrebni količini zabeleženih vrst organizmov. Po dejavnosti so študentje odgovorili na tri odprta vprašanja.

S slike 4 je razvidno, da so študentje v izvedeni dejavnosti kot najbolj pozitivno izpostavili spoznavanje novih vrst, ki jih prej še niso poznali (39 %). Tu so študentje in študentke navajali različne vidike – spoznavanje imen za vrste, ki so jih že opazili oziroma s katerimi se dnevno srečujejo, ampak jih še ne poznajo. V tej kategoriji so izpostavljali tudi spoznavanje biotske pestrosti, ki se je prej niso zavedali. Poleg navedenega, najbolj izpostavljenega vidika so izpostavili tudi enostavno uporabo aplikacije (16 %) – predvsem so tukaj izpostavljali vidik uporabe računalniškega vida za prepoznavo in določanje organizmov, kar jim je olajšalo spoznavanje vrst. Del študentov je navedlo tudi delo na prostem (16 %) ter raziskovanje (16 %) kot najbolj pozitiven vidik dejavnosti. Predvsem so tu izpostavljali dejstvo, da so bili skozi dejavnost na nek način »prisiljeni« oziroma spodbujeni, da so se odpravili ven in raziskovali naravo. Pogosto so izpostavili tudi, da jim je dejavnost usmerila pozornost na naravo in biotsko pestrost.

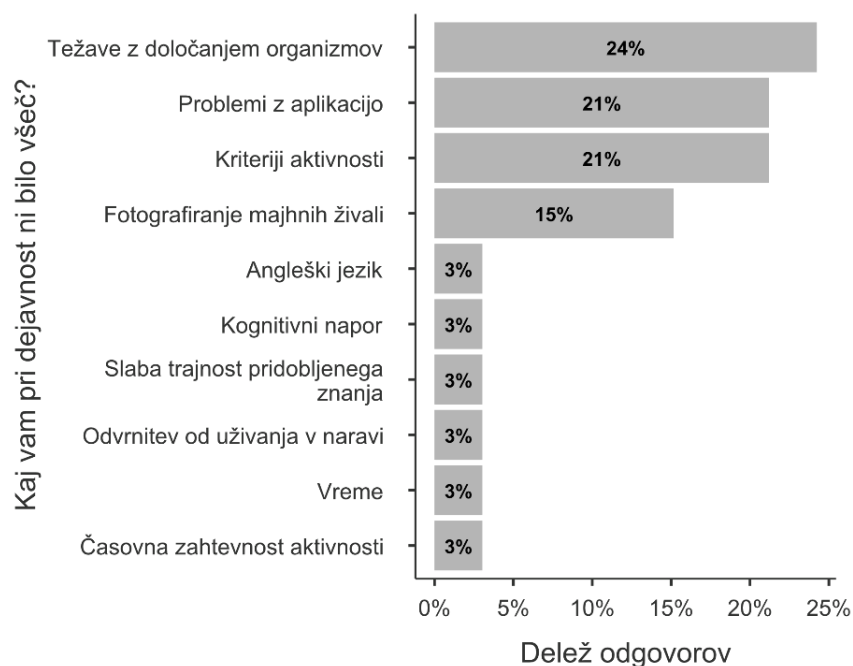


Slika 14: Deleži odgovorov študentov glede na vidike dejavnosti, ki so jim bili všeč

Kot najbolj negativne vidike (slika 5) so študentje izpostavili težave z določanjem organizmov (24 %). Ti vidiki so se nanašali predvsem na probleme pri pravilni določitvi organizma s strani aplikacije. Drug najbolj izpostavljen negativen vidik so bili razni problemi z aplikacijo (21 %), ki so se nanašali na težave pri vpisu; nekaj študentov je navedlo razlog, da uporabniški vmesnik za njih ni bil intuitiven. Nekaj študentov je imelo probleme pri določanju dreves in majhnih živali (15 %) – pri drevesih ni bilo navedenega nobenega razloga, le da jih je bilo težko določati, so

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

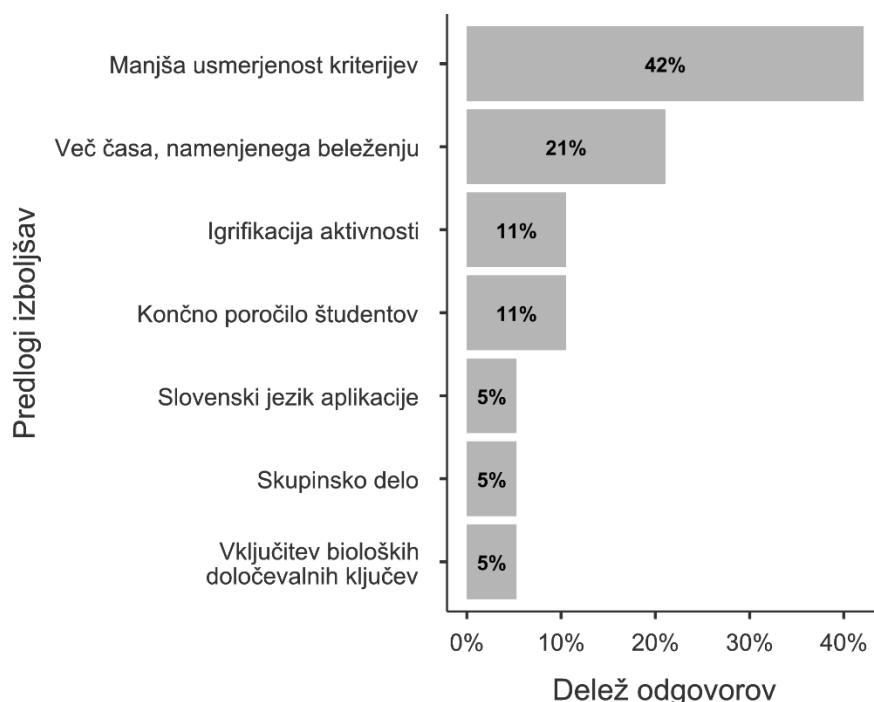
pa pri majhnih živalih študentje izpostavljali njihovo hitrost – posledično jih je težje ujeti v objektiv in tako tudi težje določiti. Kar nekaj študentov se ni strinjalo s postavljenimi kriteriji števila potrebnih zabeleženih vrst organizmov (21 %) – v veliki večini so izrazili nestrinjanje s količino vrst organizmov, ki so jih morali zabeležiti, nasploh pa so izpostavljali kriterije za količino zabeleženih vrst rastlin – štirje od sedmih študentov, ki so kot negativni vidik navedli kriterije, so specifično omenili rastline.



Slika 15: Deleži odgovorov študentov glede na vidike dejavnosti, ki jim niso bili všeč

Posledično je kot najbolj pomembno izboljšavo (slika 6) slaba polovica študentov predlagala bolj ohlapne oz. manj usmerjene kriterije (42 %). Tu so bolj natančno predlagali več različnih vrst in manjšo usmerjenost v specifične skupine organizmov. Predlagali so tudi večjo usmerjenost v živalske vrste oziroma manjšo usmerjenost v rastline. Drugi najbolj izpostavljen predlog za izboljšavo je bil več časa, namenjenega beleženju (21 %), kjer so pogosto izpostavljali, da je bilo večkrat skozi potek dejavnosti deževno vreme, ki jim je onemogočalo raziskovanje v naravi – predlagana izboljšava tako omogoči večjo verjetnost za izogib slabemu vremenu. Manjši delež študentov je predlagal tudi igrifikacijo dejavnosti, v obliki tekmovanja za kvantiteto določenih vrst in organizmov, izpostavili pa so tudi primernost končnega poročila oziroma pregleda zabeleženih vrst.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Slika 16: Predlogi študentov za izboljšavo dejavnosti

Diskusija

Naši rezultati nakazujejo, da lahko iNaturalist predstavlja učinkovito orodje za vključevanje učencev v občansko znanost in spodbujanje njihovega zanimanja za raziskovanje narave ter izboljševanja digitalnih kompetenc. Čeprav je bila skoraj polovica učencev z aplikacijo že seznanjena, jo je v pedagoškem kontekstu uporabljala manj kot tretjina. Ta seznanjenost z aplikacijo je lahko tudi navidezna, saj so učenci pred izvedbo s strani njihovih učiteljev bili obveščeni o izvajanju raziskave in z orodjem, s katerim bodo dejavnost izvajali – prejeli so tudi navodila, da si aplikacijo naložijo. S tem lahko razlagamo veliko seznanjenost otrok z iNaturalistom. Vsekakor pa lahko potrdimo, da ima aplikacija v šolskem prostoru še neizkoriščen potencial kljub njegovi razširjenosti v znanstveni in občanski javnosti (Herodotou idr., 2024; Ricca in Cheung, 2021). Pomembno je izpostaviti precejšno razliko med splošnim interesom učencev za naravoslovje (59 % učencev je navedlo, da jim je predmet všeč) in njihovim interesom za samostojno raziskovanje organizmov (26 %). To potrjuje ugotovitve Aivela in Huovelin (2020), da notranja motivacija učencev pogosto ni izhodišče za sodelovanje v projektih občanske znanosti, temveč je tu ključna vloga šole in učitelja.

Pred začetkom dejavnosti smo učence vprašali, če radi raziskujejo organizme v svoji okolici. Le slaba tretjina je odgovorila, da se te dejavnosti radi udeležujejo – tako bi lahko pričakovali, da se bo tudi uživanje v tovrstni dejavnosti v okviru šole približevalo tretjini, kar pa se ni pokazalo. Namesto tega je velika večina učencev dejavnost ovrednotila kot pozitivno. Iz tega lahko sklepamo, da lahko avtentične raziskovalne naloge in učenje z raziskovanjem spodbudijo zanimanje in pripomorejo k oblikovanju pozitivne učne izkušnje (Randler in Bogner, 2007).

Zanimivi so bili tudi odgovori učencev glede njihovih najljubših organizmov, kjer so bile živali navedene v veliki večini (več kot četrtina učencev), rastline pa so bile zelo zapostavljene. Nekaj

učencev je navajalo živali, ki smo jih kategorizirali kot domače, medtem ko niti en učenec ni navedel kake rastline, ki jih lahko najdemo v slovenskem okolju. Če so že navajali rastline, je bilo to v splošnem smislu. To je precej zaskrbljujoča informacija, ki prikazuje zapostavljenost rastlin v dojemanju učencev – pojem, ki je poznan kot razlika v zavedanju o rastlinah (angl. *plant awareness disparity*) – v preteklosti poznano kot rastlinska slepota (angl. *plant blindness*), ki opisuje težnjo ljudi, da manj opazijo in cenijo rastline v primerjavi z živalmi (Pany idr., 2022; Parsley, 2020; Wandersee in Schussler, 1999, 2001). Dejstvo, da učenci niso navedli nobene domače rastline, je pomembno, saj rastline predstavljajo ključen del ekosistemov, zato je povečevanje zavedanja o njihovem obstoju in pomenu bistveno ter pripomore k vzgoji in izobraževanju za trajnostni razvoj (Sanders, 2007) – cilja trajnostnega razvoja 14 in 13 govorita o življenju pod vodo in na kopnem ter izgubi vrstne pestrosti – če želimo naše učence voditi v smer, kjer bodo lahko delovali v pozitivni smeri za reševanje problemov, se morajo najprej zavedati, da organizmi, ki so ogroženi in ki so pomembni za ohranjanje našega planeta, sploh obstajajo. Seveda je na tej točki pomembno, da omenimo odgovore o zavedanju o pestrosti travnika, saj so učenci navajali tako rastline, kot tudi živali, ne le v splošnem smislu, temveč tudi bolj podrobno – specifične predstavnike. Tukaj lahko opazimo pomen usmerjanja pozornosti (Pany idr., 2022; Wandersee in Schussler, 2001), saj so ob razmisleku učenci že pred dejavnostjo navedli rastline kot organizme, ki jih najbolj pričakujejo – kar nakazuje, da je že sama dejavnost usmerila pozornost učencev k rastlinam.

Po dejavnosti so učenci tudi samoevalvirali dejavnost. Velik del učencev je odgovorilo zelo pozitivno, da so v dejavnosti uživali, tri četrtine je tudi potrdila, da so se pri dejavnosti nekaj novega naučili. Seveda se moramo zavedati, da gre tukaj za samoevalvacijo in le-ta ne odraža dejanskega znanja. V ta namen bi bilo v prihodnosti primerno podrobneje raziskati tudi dejansko usvojeno znanje o vrstni pestrosti in sposobnosti identifikacije. Kljub temu je to pomembna informacija, saj ta samoevalvacija odraža nek nivo samoučinkovitosti o temi dejavnosti – raziskovanja, odkrivanja in učenja novih organizmov. Tudi, če se učenci dejansko niso nekaj novega naučili, je pozitivna samoocena lahko tista pozitivna izkušnja, ki jih bo vodila k ponovnemu udejstvovanju v tovrstnih dejavnostih. V povezavi s tem se lahko obrnemo tudi na odgovore učencev na vprašanje o pozitivnih vidikih dejavnosti. Največji delež učencev je poudarilo, da so uživali v raziskovanju okolice, narave in organizmov, takoj za tem so bili izpostavljeni vidiki tehnologije (uporabe aplikacije), socialni vidik in pridobivanje novih znanj. Večina teh vidikov se neposredno povezuje s samo dejavnostjo – raziskovanje, uporaba tehnologije in pridobivanje novih znanj. Socialni vidik je seveda del vsakega terenskega dela. Manjši del učencev je izpostavljalo tudi pouk na prostem ter samostojnost – lastnosti, ki zopet niso značilne le za to dejavnost, ampak na terensko delo v splošnem smislu.

Negativni vidiki, ki so jih učenci izpostavljali, so se v veliki večini navezovali na samo okolje, kjer se je dejavnost izvajala – vreme, hojo do lokacije, komarji in bodeče rastline na sami lokaciji. V času izvedbe dejavnosti je bilo vreme sončno, brez oblaka in temperature so bile visoke. Na lokaciji raziskovanja je bilo prisotnih tudi nekaj dreves, katerih sence se je poslužilo kar nekaj učencev. Hoja do lokacije dejavnosti je trajala približno pol ure po ravnini. Če bi se želeli izogniti, bi seveda lahko dejavnost preoblikovali, da bi jo izvedli v okolici šole, po drugi strani so bili učenci na ta način primorani k raziskovanju okolja, ki ga drugače ne bi raziskovali. Na ta način so dobili vpogled v pestrost travnika, nad katero je del učencev izrazil presenečenje. Poudariti je tudi potrebno, da lahko vse te negativne vidike, ki so jih učenci izpostavili, premagamo z večkratno ponovitvijo tovrstnih terenskih dejavnosti – ko bi učenci pridobili izkušnje in odpornost na morebitne neprijetne vidike dela v okolju (temperatura,

podlaga, razdalje). Omenjali smo že njihovo presenečenje nad najdenimi organizmi. Učenci so že pred dejavnostjo izrazili določeno mero zavedanja o pestrosti travnika, zato ni presenetljivo, da jih večji del ni izrazilo presenečenja nad najdenimi organizmi. Kljub temu je še vedno dobra tretjina učencev izrazila presenečenje nad pestrostjo travnika in organizmi, ki jih prej še niso poznali. Analiza odgovorov na vprašanja o pozitivnih in negativnih vidikih učencev kaže, da so tovrstne dejavnosti motivirajoče, kar je skladno z ugotovitvami, da sodobne digitalne platforme omogočajo avtentične raziskovalne priložnosti in povečujejo okoljsko pismenost (Altrudi, 2021; Aristeidou idr., 2021).

Naš cilj v tem prispevku je bil tudi osnovati smernice uporabe projektov občanske znanosti z aplikacijo iNaturalist v osnovnošolskem vzgojno izobraževalnem obdobju. V ta namen smo poleg primera uporabe v osnovni šoli želeli pridobiti tudi vpogled v uporabnost aplikacije s strani bodočih učiteljev. Študentje so podobno kot učenci poudarili spoznavanje novih vrst in imen organizmov, ki jih prej niso poznali. Prav tako so izpostavljali enostavno uporabo aplikacije in primoranoost k delu na prostem – vidiki, ki so jih izpostavljali tudi učenci. Študentje pri negativnih vidikih niso izpostavljali vidikov dela na terenu – tu težko izpeljujemo razlog, saj je bila njihova dejavnost daljša – morda je razlog prav izkušnje, saj so skozi svoje izobraževanje študentje imeli več možnosti za pridobivanje tovrstnih izkušenj. Nekaj komentarjev glede izboljšave dejavnosti je govorilo o daljši dejavnosti, kjer bi imeli več možnosti za izogib deževnemu vremenu. Študentje so večkrat izpostavili probleme z aplikacijo, redkeje so to izpostavili učenci. Tu zopet težko sklepamo o razlogih. Morda je tehnologija učencem v osnovnošolskem vzgojno izobraževalnem obdobju bolj intuitivna, morda je bil razlog ta, da so študentje imeli 90 minut uvodnega spoznavanja z aplikacijo, medtem ko so učenci skozi celotno dejavnost imeli mentorje, ki so jim bili na voljo pri reševanju morebitnih problemov, ki so nastali pri uporabi. Vsekakor obstaja preprosta rešitev reševanja problemov z aplikacijo – daljša uporaba in večkratna vodena uporaba aplikacije.

Na koncu moramo izpostaviti komentarje na postavljene kriterije dejavnosti. Študentje so se zelo pogosto navezovali na rastline kot neprimeren objekt dejavnosti. Tu zopet opazimo pojav razlike v zavedanju rastlin in živali. Ne moremo trditi, da se študentje ne zavedajo obstoja rastlin, toda koncept zavedanja o rastlinah je po Dünser in Pany (2024) sestavljen iz več dimenzij – znanje in razumevanje o rastlinah, pozornost za rastline in odnosov do rastlin. V odgovorih študentov lahko opazimo predvsem odnos do rastlin, saj z izražanjem želje na večji fokus na živali nakazujejo na slabši odnos do rastlin.

Naše ugotovitve kažejo, da se učenci in študentje kljub morebitnim začetnim omejitvam hitro vključijo v proces raziskovanja – iNaturalist pa jim nudi orodje, ki olajša ta proces in jim odpre vrata v aktivno raziskovanje svoje okolice. Predlogi študentov za izboljšanje dejavnosti se povezujejo z ugotovitvami Aivela in Huovelin (2020), saj so predlagali daljšo dejavnost, kjer bi imeli več časa – po razlagi avtorjev je iterativnost ključ za uspešno integracijo projektov občanske znanosti v šolski prostor, saj tako učenci dobijo priložnost večkratnega izobraževanja, izognemo se pa tudi problemom, kot je slabo vreme. Ob enkratni dejavnosti je odvisnost od dobrih vremenskih pogojev velika, kot se je pokazalo tudi pri naši izvedbi, kjer je bil najbolj izpostavljen problem prav vreme, saj smo dejavnost izvajali na prostem, ob močnem soncu. Ob daljši oz. večkratni izvedbi, bi se temu lahko izognili, saj bi si učenci lahko izbrali pogoje, ki jim najbolj ustrezajo in dejavnost izvedli takrat. Težko izvlečemo zaključke ob primerjavi dveh različnih skupin, ampak če primerjamo negativne vidike dejavnosti študentov,

ki so dejavnost izvajali skozi 1–2 meseca, je bilo vreme navedeno le v 3% primerov, medtem ko je bil to pri učencih glavni razlog.

Študentje so izpostavili enostavnost uporabe aplikacije kot zelo pozitivno lastnost. To enostavnost so izpostavili že mnogi avtorji (Cederqvist in Thorén Williams, 2023; Echeverria idr., 2021; Niemiller idr., 2021). Prav ta vidik je eden glavnih razlogov, zakaj so lahko tovrstne aplikacije primerne za uporabo, sploh za nestrokovnjake (*About · iNaturalist*, b. d.; Hernawati idr., 2020). Orodja, ki pomagajo pri določanju, skupaj z aktivno globalno skupnostjo, ki potrjujejo določitve in pogosto tudi razložijo, zakaj so določeno vrsto določili, lahko znižajo vstopni prag v raziskovanje in prepoznavanje organizmov.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Cilj našega prispevka je bil pridobiti vpogled v uporabnost aplikacije iNaturalist v osnovnošolskem vzgojno izobraževalnem obdobju kot orodje za vključevanje projektov občanske znanosti v pouk ter oblikovati osnutek smernic za njihovo vključevanje v pouk. Ta cilj smo poskušali doseči z analizo vzgojno-izobraževalne dejavnosti v osnovnošolskem kontekstu, kjer smo dejavnost izvedli v obliki naravoslovnega dne.

Rezultate, pridobljene z osnovnošolci, smo nato podkrepili še z povratnimi informacijami bodočih učiteljev. Iz rezultatov in pregledane literature tako lahko izluščimo nekaj usmeritev. Prvič, učencem in bodočim učiteljem je potrebno zagotoviti avtentične raziskovalne naloge občanske znanosti v lokalnem okolju, saj to lahko poveča občutek smiselnosti in notranjo motivacijo učečih. Drugič, potrebno je vključevati rastline oz. usmerjati pozornost učencev in študentov k rastlinam, da zmanjšamo razliko v zavedanju o rastlinah in živalih. Uporaba iNaturalista je za ta namen primerna, saj so majne in hitro premikajoče živali problematične za fotografijo, rastline pa so pri miru in predstavljajo lažji subjekt za fotografijo. Tretjič, dejavnosti naj bodo ponavljajoče in razporejene čez daljše vzgojno izobraževalno obdobje, saj s tem krepijo dolgoročen interes. Četrto, fleksibilni kriteriji in zadosten čas izvajanja dejavnosti omogočajo večjo uspešnost pri beleženju opažanj ter zmanjšujejo občutek frustracije, saj imajo sodelujoči na ta način dovolj časa, da se seznani s protokoli opažanja ter delovanjem aplikacije.

Naše ugotovitve tudi potrjujejo, da lahko projekti občanske znanosti z uporabo aplikacije iNaturalist pomembno prispevajo k vzgoji in izobraževanju za trajnostni razvoj, saj lahko tovrstni način učenja kvalitetno vključimo v 4 področja VITR – *Preoblikovanje učnih okolij, Krepitev kompetenc izobraževalcev, Opolnomočenje in mobilizacija mladih* ter *Pospeševanje delovanja na lokalni ravni*. Občanska znanost omogoča učencem in bodočim učiteljem, da neposredno raziskujejo lokalne okoljske probleme, kot sta upad vrstne pestrosti in vplive človekovega delovanja na ekosisteme, ter jih povezujejo z globalnimi procesi spreminjanja okolja. Ne samo, da na ta način spodbujamo zanimanje za naravoslovje, temveč razvijamo tudi ključne kompetence za trajnostni razvoj – kritično in sistemsko mišljenje ter aktivno državljanstvo. Če so projekti ustrezno načrtovani, učencem in bodočim učiteljem omogočajo vpogled v procese znanstvenega raziskovanja, krepijo zavedanje o odgovornem ravnanju z okoljem in jih vključujejo v širšo znanstveno ter družbeno skupnost, ki si prizadeva za bolj trajnostno prihodnost.

Literatura in viri

- About · iNaturalist. (b. d.). iNaturalist. Pridobljeno 16. novembra 2024, s <https://www.inaturalist.org/pages/about>
- Aivelo, T. in Huovelin, S. (2020). Combining formal education and citizen science: A case study on students' perceptions of learning and interest in an urban rat project. *Environmental Education Research*, 26(3), 324–340. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1727860>
- Altrudi, S. (2021). Connecting to nature through tech? The case of the iNaturalist app. *Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies*, 27(1), 124–141. <https://doi.org/10.1177/1354856520933064>
- Ardoyn, N. M., Bowers, A. W. in Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Aristeidou, M., Herodotou, C., Ballard, H. L., Young, A. N., Miller, A. E., Higgins, L. in Johnson, R. F. (2021). Exploring the participation of young citizen scientists in scientific research: The case of iNaturalist. *PLOS ONE*, 16(1), e0245682. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245682>
- Atelšek, S., Fajfar, T., Jemec Tomazin, M., Trojar, M. in Žagar Karer, M. (2025, 03). *Ljubiteljska znanost | ZRC SAZU*. ZRC SAZU. <https://isjfr.zrc-sazu.si/sl/terminologisce/svetovanje/ljubiteljska-znanost>
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J. in Wilderman, C. C. (2009). *Public participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education* (No. ERIC Document No. ED519688). Center for Advancement of Informal Science Education. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED519688.pdf>
- Cederqvist, A.-M. in Thorén Williams, A. (2023). An exploratory case Study on student teachers' experiences of using the AR app seek by iNaturalist when learning about plants. V P. Zaphiris in A. Ioannou (ur.), *Learning and Collaboration Technologies* (Let. 14041, str. 33–52). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34550-0_3
- Dünser, B. in Pany, P. (2024). *The Plant Awareness Inventory*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11271.61601>
- Echeverria, A., Ariz, I., Moreno, J., Peralta, J. in Gonzalez, E. M. (2021). Learning plant biodiversity in nature: The use of the citizen–Science platform iNaturalist as a collaborative tool in secondary education. *Sustainability*, 13(2), 735. <https://doi.org/10.3390/su13020735>
- Eitzel, M. V., Cappadonna, J. L., Santos-Lang, C., Duerr, R. E., Virapongse, A., West, S. E., Kyba, C. C. M., Bowser, A., Cooper, C. B., Sforzi, A., Metcalfe, A. N., Harris, E. S., Thiel, M., Haklay, M., Ponciano, L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F. M., Dörler, D. ... Jiang, Q. (2017). Citizen science terminology matters: Exploring key terms. *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.5334/cstp.96>
- Fink, D., Auer, T., Johnston, A., Ruiz-Gutierrez, V., Hochachka, W. M. in Kelling, S. (2020). Modeling avian full annual cycle distribution and population trends with citizen science data. *Ecological Applications*, 30(3), e02056. <https://doi.org/10.1002/eap.2056>
- Haklay, M. (Muki), Dörler, D., Heigl, F., Manzoni, M., Hecker, S. in Vohland, K. (2021). What is citizen science? The challenges of definition. V K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson in K. Wagenknecht (ur.), *The Science of Citizen*

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Science* (str. 13–33). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_2
- Hernawati, D., Chaidir, D. M. in Meylani, V. (2020). The use of iNaturalist on learning courses of zoology vertebrates for prospective biology teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1), 012064. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012064>
- Herodotou, C., Ismail, N., I. Benavides Lahnstein, A., Aristeidou, M., Young, A. N., Johnson, R. F., Higgins, L. M., Ghadiri Khanaposhtani, M., Robinson, L. D. in Ballard, H. L. (2024). Young people in iNaturalist: A blended learning framework for biodiversity monitoring. *International Journal of Science Education, Part B*, 14(2), 129–156. <https://doi.org/10.1080/21548455.2023.2217472>
- Hidi, S. in Harackiewicz, J. M. (2000). Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research*, 70(2), 151. <https://doi.org/10.2307/1170660>
- Hidi, S. in Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
- Kmetec, U. (2022, 18. julij). SRNA: Nova aplikacija za beleženje opazanj divjadi in drugih vrst prostoživečih živali. *Lovska zveza Slovenije*. <https://www.lovska-zveza.si/2022/07/18/srna-nova-aplikacija-za-belezenje-opazanj-divjadi-in-drugih-vrst-prostozivecih-zivali/>
- Land-Zandstra, A., Agnello, G. in Gültekin, Y. S. (2021). Participants in citizen science. V K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson in K. Wagenknecht (ur.), *The Science of Citizen Science* (str. 243–259). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_13
- Mason, B. M., Mesaglio, T., Barratt Heitmann, J., Chandler, M., Chowdhury, S., Gorta, S. B. Z., Grattarola, F., Groom, Q., Hitchcock, C., Hoskins, L., Lowe, S. K., Marquis, M., Pernat, N., Shirey, V., Baasanmunkh, S. in Callaghan, C. T. (2025). iNaturalist accelerates biodiversity research. *BioScience*, b1af104. <https://doi.org/10.1093/biosci/b1af104>
- McKinley, D. C., Miller-Rushing, A. J., Ballard, H. L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S. C., Evans, D. M., French, R. A., Parrish, J. K., Phillips, T. B., Ryan, S. F., Shanley, L. A., Shirk, J. L., Stepenuck, K. F., Weltzin, J. F., Wiggins, A., Boyle, O. D., Briggs, R. D., Chapin, S. F.,... Soukup, M. A. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation*, 208, 15–28. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.015>
- Mlinar, Z. (2021). Kaj nam prinašata koncept in gibanje občanska znanost/citizen science? *Časopis za kritiko znanosti*, 49(282).
- Morell, M. F., Cigarini, A. in Senabre Hidalgo, E. (2021). *A framework for assessing the commons qualities of citizen science: Comparative analysis of five digital platforms*. <https://doi.org/10.31235/osf.io/pv78g>
- Niemiller, K. D. K., Davis, M. A. in Niemiller, M. L. (2021). Addressing 'biodiversity naivety' through project-based learning using iNaturalist. *Journal for Nature Conservation*, 64, 126070. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126070>
- Ogris, N. (2025). *Spletna aplikacija Invazivke: Različica 5.0*. Gozdarski inštitut Slovenije. <https://www.invazivke.si>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Pany, P., Meier, F. D., Dünser, B., Yanagida, T., Kiehn, M. in Möller, A. (2022). Measuring students' plant awareness: A prerequisite for effective botany education. *Journal of Biological Education*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2159491>
- Parsley, K. M. (2020). Plant awareness disparity: A case for renaming plant blindness. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*, 2(6), 598–601. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10153>
- Pringle, S., Dallimer, M., Goddard, M. A., Le Goff, L. K., Hart, E., Langdale, S. J., Fisher, J. C., Abad, S.-A., Ancrenaz, M., Angeoletto, F., Auat Cheein, F., Austen, G. E., Bailey, J. J., Baldock, K. C. R., Banin, L. F., Banks-Leite, C., Barau, A. S., Bashyal, R., Bates, A. J. ... Davies, Z. G. (2025). Opportunities and challenges for monitoring terrestrial biodiversity in the robotics age. *Nature Ecology & Evolution*, 9(6), 1031–1042. <https://doi.org/10.1038/s41559-025-02704-9>
- Randler, C. in Bogner, F. X. (2007). Pupils' interest before, during, and after a flum dealing with ecological topics and its relationship with achievement. *Educational Research and Evaluation*, 13(5), 463–478. <https://doi.org/10.1080/13803610701728295>
- Ricca, P. M. C. in Cheung, H. C. A. (2021). Sighting of the rare jellyfish *Anomalorhiza shawi* Light, 1921 in a marine protected area of Hong Kong. *Check List*, 17(2), 701–707. <https://doi.org/10.15560/17.2.701>
- Robinson, O. J., Ruiz-Gutierrez, Viviana., Reynolds, M. D., Golet, G. H., Strimas-Mackey, M., in Fink, D. (2020). Integrating citizen science data with expert surveys increases accuracy and spatial extent of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 26(8), 976–986. <https://doi.org/10.1111/ddi.13068>
- Rode, Ž. in Torkar, G. (2023). The iNaturalist application in biology education: A systematic review. *International Journal of Educational Methodology*, 9(4), 725–744. <https://doi.org/10.12973/ijem.9.4.725>
- Sanders, D. L. (2007). Making public the private life of plants: The contribution of informal learning environments. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1209–1228. <https://doi.org/10.1080/09500690600951549>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B. in Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Wandersee, J. H. in Schussler, E. E. (1999). Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), 82–86. <https://doi.org/10.2307/4450624>
- Wandersee, J. H. in Schussler, E. E. (2001). Toward a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin*, 47(1), 2–9.
- Zulian, V., Miller, D. A. W. in Ferraz, G. (2021). Integrating citizen-science and planned-survey data improves species distribution estimates. *Diversity and Distributions*, 27(12), 2498–2509. <https://doi.org/10.1111/ddi.13416>

UČNI PROGRAMI S ČEBELAMI KOT ORODJE VZGOJE IN IZOBRAŽEVANJA ZA TRAJNOSTNI RAZVOJ: UČINKI NA ZNANJE IN INTERES UČENCEV

BEES IN EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: IMPACTS ON STUDENTS' KNOWLEDGE AND INTEREST IN NATURE

Petra Bezeljak Červ

Univerza na Dunaju

Povzetek

Raziskava obravnava učne programe s čebelami kot učinkovito orodje vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj (VITR) ter njihov vpliv na znanje in zanimanje učencev za naravo. Namen raziskave je bil preučiti učinke poldnevne učne intervencije na prostem z medonosnimi in divjimi čebelami na učence avstrijskih neakademiških srednjih šol ($N = 250$). V kvantitativni raziskavi je bilo znanje o čebelah in zanimanje za naravo merjeno pred intervencijo, neposredno po njej in tri mesece po njej. Rezultati kažejo, da program statistično pomembno vpliva na izboljšanje znanja o čebelah, vendar učinek po treh mesecih ni bil ohranjen. Intervencija ni imela vpliva na povečanje zanimanja za naravo, kar nakazuje, da so za trajnejše učinke potrebne daljše in poglobljene izobraževalne intervencije. Ugotovljeno je bilo, da več časa, preživetega v naravi, pozitivno vpliva na zanimanje za naravo, medtem ko ima čas pred zasloni negativen vpliv. Rezultati potrjujejo pomen neposrednih izkušenj z živimi organizmi, kot so čebele, pri razvoju okoljskega znanja in ozaveščenosti ter pomen vključevanja kombiniranih, tudi digitalnih učnih pristopov v pedagoško prakso za krepitev okoljskih kompetenc in trajnostnega vedenja učencev.

Ključne besede: izobraževanje in vzgoja za trajnostni razvoj, čebele, učenje v naravi, zanimanje za naravo, čas preživet pred zasloni, čas preživet v naravi.

Abstract

The study examines educational programs involving bees as an effective tool for Education for Sustainable Development (ESD) and their impact on students' knowledge and interest in nature. The research aimed to investigate the effects of a half-day outdoor educational intervention with honeybees and wild bees on Austrian lower secondary school students ($N = 250$). In this quantitative study, knowledge about bees and interest in nature were measured before, immediately after, and three months after the intervention. The results indicate that the program had a statistically significant positive effect on students' knowledge about bees; however, this effect was not sustained after three months. The intervention did not increase students' interest in nature, suggesting that longer and more in-depth educational experiences are necessary for more lasting outcomes. It was found that spending more time in nature has a positive influence on students' interest in nature, whereas screen time has a negative effect. The findings confirm the importance of direct experiences with living organisms, such as bees, in developing environmental knowledge and awareness, as well as the need to integrate combined, including digital, learning approaches into pedagogical practice to strengthen environmental competences and promote sustainable behavior among students.

Key words: education for sustainable development (ESD), bees, interest in nature, outdoor learning, time in nature, screen time.

Uvod

Podnebna kriza in izguba biotske raznovrstnosti sodita med največje izzive sodobnega časa, za katere je v veliki meri odgovoren človek (Bullon-Cassis, 2025; IPCC 2023; Steffen idr., 2015). Ti vplivi se še posebej jasno kažejo v upadanju številčnosti žuželk. Napovedi kažejo, da v prihodnjih desetletjih kar 40 % vseh vrst žuželk grozi izumrtje, kar je posledica dejavnikov, kot so podnebne spremembe, intenzivno kmetijstvo, onesnaževanje okolja, invazivne vrste in urbanizacija (Hallmann idr., 2017; Sánchez-Bayo in Wyckhuys, 2019).

Kar 70 % od 128 za človeka najpomembnejših rastlinskih vrst v prehrani je odvisnih od opraševanja medonosnih in divjih čebel. Zaščita (divjih) čebel pa lahko ne le stabilizira biotsko raznovrstnost, temveč tudi pozitivno vpliva na človekovo dobrobit in zdravje (Potts idr., 2016; Senapathi idr., 2015). Ključen je odgovoren in trajnosten odnos do narave, pri čemer imajo izobraževanje, izkušnje z naravo in čustvene vezi z naravo osrednjo vlogo (Gebhard idr., 2021; Otto in Pensini, 2017; Torkar, 2013). Bistveno je združevanje čustvenih in kognitivnih razsežnosti, saj se zgolj posredovanje znanja zaradi »vrzeli med znanjem in vedenjem« izkaže kot nezadostno za trajne spremembe vedenja in pripravljenosti za zaščito okolja (Kollmuss in Agyeman, 2002; Meske, 2011; Wibeck, 2014).

Med mladimi je opazna vse večja odtujenost od narave, ki jo spodbujajo sodobni načini življenja, zlasti digitalizacija in urbanizacija, kar vodi v zmanjšanje zanimanja za naravo in občutka povezanosti z njo (Chawla, 2020; Soga in Gaston, 2016). Študije pa hkrati kažejo, da lahko programi okoljskega izobraževanja in neposredne izkušnje z naravo – npr. s čebelami – pomembno prispevajo k spodbujanju prookoljskega ravnanja (Gebhard idr., 2021). Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj (VITR) se zato uveljavlja kot osrednji pristop k reševanju okoljskih problemov. Učečim vseh starosti se ponuja znanje, spretnosti, vrednote in stališča, ki so potrebna za spodbujanje trajnostnega razvoja in prookoljskega delovanja (Otto idr., 2020; Torkar, 2014). VITR je vseživljenjski proces učenja, ki posameznikom omogoča sprejemanje utemeljenih odločitev in izvajanje individualnih ter kolektivnih ukrepov za aktivno reševanje nacionalnih in globalnih izzivov, kot sta podnebne spremembe in izguba biotske raznovrstnosti (UNESCO, 2020).

Zanimanje za naravo pri učencih

Raziskave kažejo, da sta visoka stopnja zanimanja za naravo in močna povezanost z naravo pomembna dejavnika za okoljsko ozaveščenost in prookoljsko vedenje (Chawla in Gould, 2020; Cheng in Monroe, 2012; Kollmuss in Agyeman, 2002; Whitburn idr., 2020). Povezanost z naravo je konstrukt, ki opisuje posameznikovo čustveno razmerje, vez ali bližino do narave in vključuje tako vrednotenje kot razumevanje povezave z drugimi živimi bitji (Mayer in Frantz, 2004; Nisbet idr., 2008; Soga in Gaston, 2016). Temelji na hipotezi biofilije, ki predpostavlja, da je povezanost človeka z naravo prirojena (Kellert in Wilson, 1993).

V raziskavah izobraževanja in didaktike ima interes osrednjo vlogo, saj je dokazano pozitivno povezan z učnim uspehom in dosežki (Krapp, 1992). Učni procesi, ki jih spremlja zanimanje, so praviloma trajnejši, saj z njimi povezana pozitivna čustva dokazano krepijo pomnjenje snovi (Krapp, 2007). Tudi pri razvoju in ohranjanju okoljskega znanja ima zanimanje za naravo pomembno vlogo, enako kot pri oblikovanju vrednot in stališč (Uitto idr., 2011). Raziskave

kažejo, da so mladi bolj pripravljeni na okolju prijazno vedenje, če jih narava zanima in jo dojemajo kot vredno zaščite (Cheng in Monroe, 2012). Guiney in Oberhauser (2009) sta ugotovila, da sta zanimanje za naravo v otroštvu ter naravne dejavnosti in izkušnje v adolescenci glavni razlog, da se odrasli kasneje prostovoljno vključujejo v varstvo narave (Chawla in Gould, 2020).

Povezanost z naravo in zanimanje za naravo se obravnavata kot relativno stabilni lastnosti, ki pa ju oblikujejo osebne izkušnje z naravo in socialni vplivi (Gebhard idr., 2021; Meske, 2011; Schultz, 2002). Programi VITR, ki vključujejo izkušnje v naravi, lahko ciljano krepijo povezanost z naravo in zanimanje zanjo ter bi zato morali biti trajno vključeni v formalne in neformalne izobraževalne programe (Bezeliak idr., 2023; Ernst in Theimer, 2011; Fränkel idr., 2019; Kossack in Bogner, 2012; Otto in Pensini, 2017).

Mladi z večjim dostopom do narave in več izkušnjami v naravnem okolju kažejo močnejšo povezanost z naravo ter večjo pripravljenost, da jo varujejo tudi v odrasli dobi (Barrable in Booth, 2020; Chawla in Gould, 2020; Evans idr., 2018). Za zanimanje za naravo pri otrocih in mladostnikih so na voljo podobni rezultati, čeprav je obstoječih podatkov bistveno manj (Holstermann idr., 2010; Uitto idr., 2011). Kar zadeva ciljno usmerjene izobraževalne intervencije, se zdi, da imajo programi VITR posebej močan in dolgotrajen vpliv na odnos do narave pri mlajših učencih (Braun in Dierkes, 2017; Liefländer in Bogner, 2014; Sellmann-Risse idr., 2025). Nekateri raziskave že kratke, ciljno usmerjene stike z naravo opisujejo kot učinkovite (Ernst in Theimer, 2011), druge pa poudarjajo potrebo po daljših in intenzivnejših izkušnjah v naravi (Rožman idr., 2025). Skupno tem raziskavam je, da so pozitivne izkušnje z naravo in pogost stik z njo ključni za razvoj povezanosti z naravo in zanimanja zanjo (Cheng in Monroe, 2012; Mayer idr., 2009; Nisbet idr., 2011).

Namen in cilji

Kljub naraščajočemu zanimanju za teme s področja VITR ter za čebelo kot posrednico teh vsebin je na tem področju trenutno na voljo le malo raziskav. Predstavljena raziskava je prva tovrstna študija, izvedena z učenci 6. in 7. razreda neakademiških srednjih šol v Avstriji. Glavni cilj raziskave je bil preučiti učinke poldnevne učne intervencije na prostem z medonosnimi in divjimi čebelami na znanje o čebelah in zanimanje za naravo. Poleg tega sta bila znanje o čebelah in zanimanje za naravo obravnavana v povezavi s časom, preživetim v naravi, in časom, preživetim pred zasloni, saj prejšnje raziskave kažejo na vse večjo oddaljenost od narave ter na naraščajočo uporabo digitalnih tehnologij (Larson idr., 2018).

Glavna raziskovalna vprašanja (RV) so bila:

RV1: V kolikšni meri poldnevna učna intervencija na prostem z medonosnimi in divjimi čebelami prispeva k povečanju zanimanja za naravo pri učencih 6. in 7. razreda osnovne šole?

RV2: V kolikšni meri učenci 6. in 7. razreda osnovne šole po poldnevni učni intervenciji na prostem z medonosnimi in divjimi čebelami izkazujejo višjo raven znanja o čebelah?

RV3: Kakšen je vpliv časa preživetega v naravi na zanimanje učencev za naravo?

RV4: Kakšen je vpliv časa preživetega pred zasloni na zanimanje učencev za naravo?

Na podlagi pregleda obstoječe literature so bile postavljene tudi naslednje hipoteze (H):

H1: Z učnimi aktivnostmi na prostem z medonosnimi in divjimi čebelami se poveča zanimanje učencev za naravo.

H2: Z učnimi aktivnostmi na prostem z medonosnimi in divjimi čebelami se poveča znanje učencev o čebelah.

H3: Učenci, ki preživijo v naravi več časa, izkazujejo večje zanimanje za naravo.

H4: Učenci, ki preživijo več časa pred zasloni, izkazujejo nižje zanimanje za naravo.

Metode

Postopek zbiranja podatkov

Raziskava je bila izvedena v okviru projekta »Drug od drugega – drug za drugega: Okoljska vzgoja v učilnici«, ki sta ga vodila avstrijska okoljska organizacija Umweltdachverband in Avstrijski center za didaktiko biologije Univerze na Dunaju (AECC Biologie). Projekt predstavlja prvo longitudinalno raziskavo na področju VITR, izvedeno v neakademskih srednjih šolah v Avstriji. Namen raziskave je bil s pomočjo intervencij v naravi prispevati k razvoju okoljske ozaveščenosti učencev.

Opisana raziskava se osredotoča na intervencijo »Bee.Ed. On Tour«, ki je učencem omogočila neposreden stik z medonosnimi in divjimi čebelami. Preučeni so bili učinki intervencije na zanimanje učencev za naravo ter na njihovo znanje o čebelah. V poldnevnem programu je sodelovalo 250 učencev 7. razreda. Podatki so bili zbrani s tremi meritvami; eno pred intervencijo (pre-test) in dvema po intervenciji (post-test I in post-test II).

Vzorec

V raziskavi so sodelovale štiri neakademske srednje šole z Dunaja in okolice, skupaj dvanajst razredov. Ob začetku študije so bili učenci v 6., ob intervenciji v 7., ob izvedbi zaključnega post-testa II pa v 8. razredu. Skupno je sodelovalo 250 učencev, starih med 11 in 15 let ($M = 12,08$; $SD = 0,85$), med katerimi je bilo 44,6 % deklet. Socialno-ekonomsko in migracijsko ozadje imata na Dunaju pomembno vlogo pri izbiri šole, saj je vpis na neakademske srednje šole pogosto povezan z nižjim socialno-ekonomskim statusom in migracijskim ozadjem (Statistik Austria, 2021). Med udeleženci je 14,4 % doma govorilo izključno nemško, 50,4 % nemško in še en dodatni jezik, 34,4 % pa izključno druge jezike. Kot kontrolna skupina ($N = 74$) so sodelovali učenci dveh dunajskih šol, ki so se pri rednem pouku sicer ukvarjali s tematiko čebel, niso pa sodelovali pri ekskurzijah.

Potek raziskave

Zanimanje za naravo je bilo merjeno z lestvico interes za naravo (Neurohr idr., 2023), ki obsega 18 trditev, ocenjenih na 5-stopenjski Likertovi lestvici (0 = »sploh ne drži« do 4 = »popolnoma drži«) z dodatno možnostjo »ne morem oceniti«. Za vsakega učenca je bil izračunan povprečni rezultat, ki je bil uporabljen v analizah. Znanje o čebelah je bilo preverjeno z vprašalnikom (Schönfelder in Bogner, 2017a), ki je bil prilagojen s 27 na 9 vprašanj, deloma tudi jezikovno poenostavljenih. Učenci so izmed štirih ponujenih odgovorov izbrali pravilnega ali označili možnost »ne vem«. Čas v naravi in pred zasloni je bil beležen v urah na dan (od 0 do več kot 5 ur). Odgovori na ti dve vprašanji so bili za potrebe te raziskave

poenostavljeni v dve skupini, pri čemer je bila narejena razlika med malo (do 2 uri) oziroma veliko časa (2 uri in več), preživetega v naravi oziroma pred zasloni.

Intervencija

Intervencija je potekala na bližnjih zelenih površinah posameznih šol in je temeljila na interaktivnih, raziskovalnih dejavnostih, ki so spodbujale zaznavanje preko različnih čutil ter aktivno udeležbo učencev. Program je vključeval izdelavo »zemljevida zvokov«, razpravo o odnosu do čebel, neposredno opazovanje čebel. Povezava med opraševanjem in tvorbo plodov je bila ponazorjena z Darwinovim eksperimentom na jablani. V nadaljevanju je bilo obravnavano izumiranje čebel, predstavljeno s scenarijem »piknik brez čebel«, zaključni del pa je bil namenjen razpravi o možnih ukrepih za pomoč čebelam ter vlogi posameznika.

Obdelava podatkov

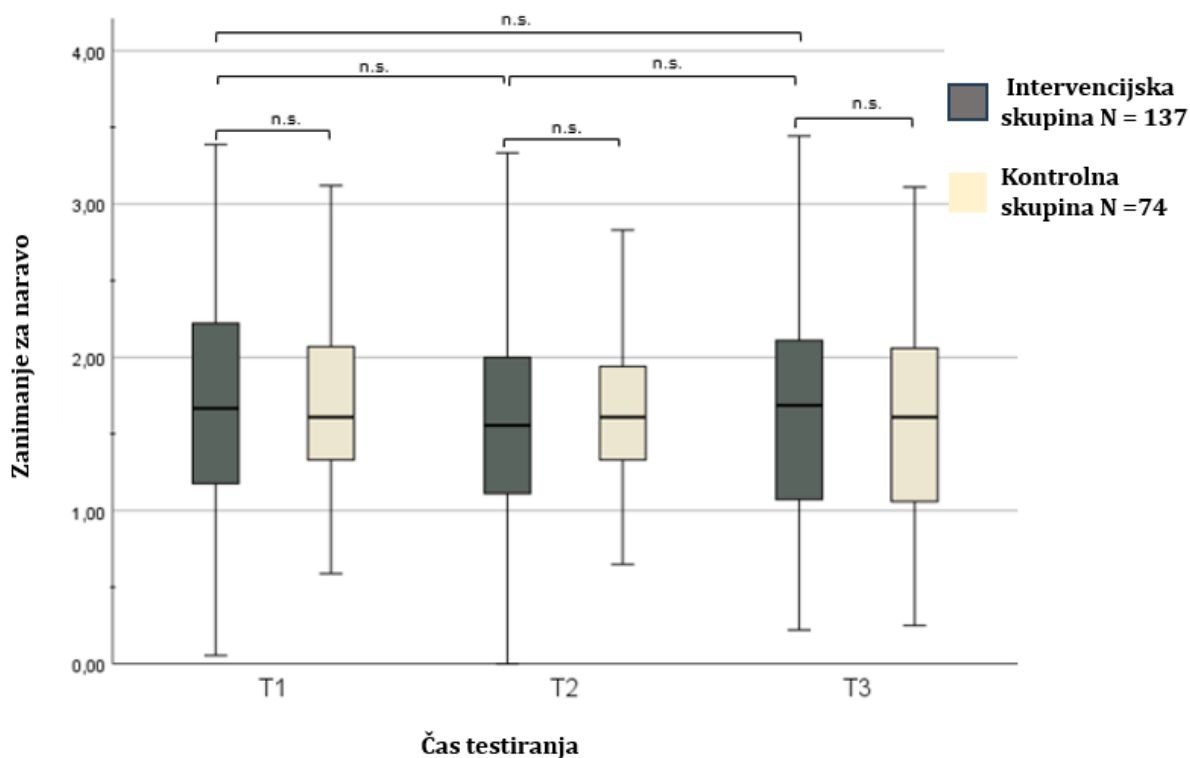
Za kvantitativno analizo je bil uporabljen program IBM SPSS Statistics 27. Vključeni so bili le podatki učencev, ki so pri vseh treh merjenjih (pre-test, post-test I, post-test II) oddali veljavno izpolnjen vprašalnik. Hipoteze (H1, H2) so bile preverjene z deskriptivnimi in inferenčnimi statističnimi metodami. Normalnost podatkov je bila preverjena s Shapiro-Wilkovim testom in Q-Q diagrami. Ob normalni porazdelitvi in izpolnjenih pogojih sferičnosti je bila uporabljena enofaktorska ANOVA z večkratnimi meritvami, v nasprotnem primeru Friedmanov test. V vseh primerih so bili izvedeni tudi post-hoc testi. Pri primerjavi intervencijske in kontrolne skupine je bil ob normalnosti podatkov in homogenosti varianc uporabljen t-test, v nasprotnem primeru pa Mann-Whitneyjev U-test. Za preverjanje vpliva časa v naravi in pred zasloni (H3, H4) so bili uporabljeni podatki post-testa I, odgovori pa razvrščeni v dve skupini (malo/veliko časa). Analiza je bila izvedena s t-testom oziroma Mann-Whitneyjevim U-testom. Rezultati so bili interpretirani kot statistično značilni pri $p < 0,05$. Izračunane so bile tudi velikosti učinkov (Cohen's d ; r).

Rezultati

Rezultati so razdeljeni v štiri vsebinske sklope: zanimanje za naravo, znanje o čebelah, povezava časa pred zasloni z zanimanjem za naravo in povezava časa v naravi z zanimanjem za naravo.

Zanimanje za naravo

Rezultati analize variance (ANOVA) kažejo, da intervencija ni imela statistično pomembnega vpliva na zanimanje za naravo ($F(2,27) = 2,102$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,02$). Alternativna hipoteza (H1), da intervencija povečuje zanimanje za naravo, je bila zato zavrnjena. Analiza variance ni pokazala pomembnih razlik v povprečjih med časovnimi točkami ($F(2,14) = 0,77$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,01$), kar potrjujejo tudi pari Bonferronijevih primerjav ($p > 0,05$). Primerjava med intervencijsko ($N = 137$) in kontrolno skupino ($N = 74$) prav tako ni pokazala statistično pomembnih razlik. T-testi za neodvisne vzorce niso pokazali statistično pomembnih razlik (T1: $t(213) = 0,18$, $p > 0,05$; T2: $t(197,278) = 1,06$, $p > 0,05$; T3: $t(209) = -0,58$, $p > 0,05$) (slika 1).

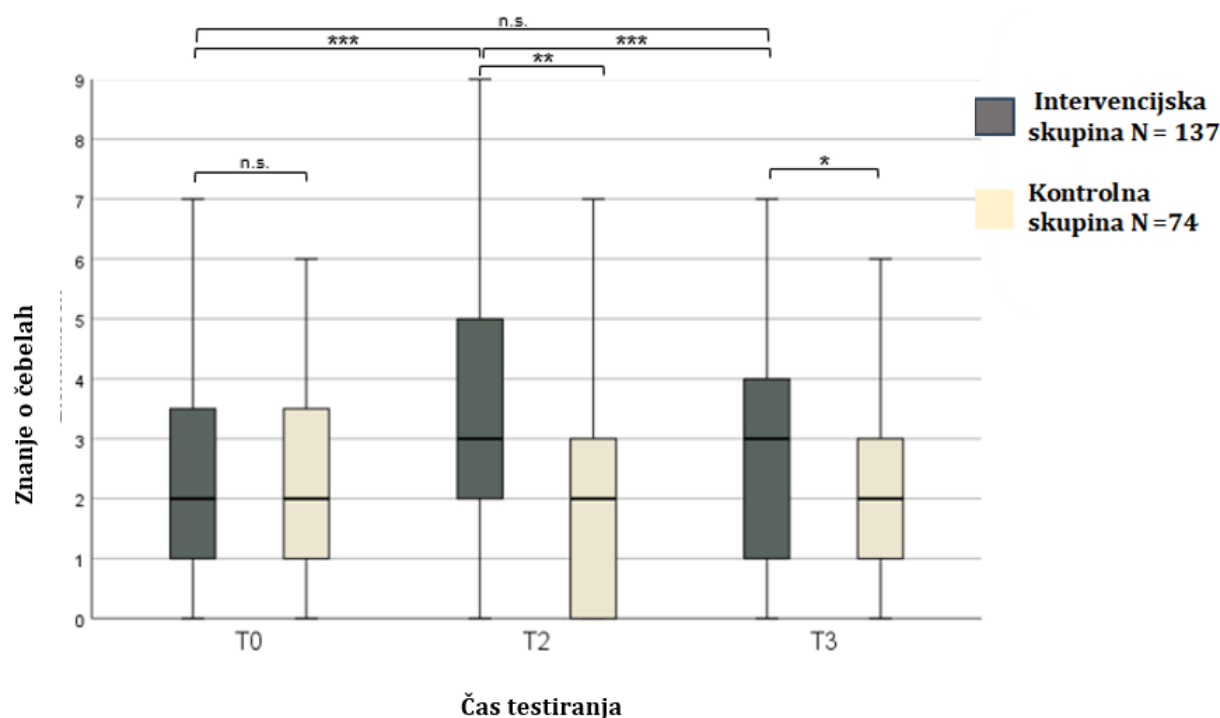


Slika 1: Diagrami predstavljajo porazdelitev intervencijske in kontrolne skupine glede na povprečne vrednosti zanimanja za naravo v merilnih obdobjih T0, T1 in T2 (n.s. = ni statistično značilno, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Znanje o čebelah

Friedmanov test je pokazal statistično značilne razlike v znanju o čebelah med posameznimi meritvami ($X^2(2) = 37,626$, $p < 0,001$, $N = 148$), zaradi česar je bila ničelna hipoteza zavrnjena, potrjena pa alternativna hipoteza (H2). Rezultati kažejo na pomembne razlike tako med pre-testom in post-testom I ($z = -0,63$, $p < 0,001$), kot tudi med post-testom I in post-testom II ($z = 0,47$, $p < 0,001$). Analiza potrjuje statistično pomembno povečanje znanja po intervenciji s čebelami. Vendar dolgoročnega učinka ni bilo mogoče ohraniti, saj se je znanje v obdobju štirih mesecev po intervenciji zmanjšalo in tudi v primerjavi s pred testom ni bilo mogoče zaznati statistično pomembnih razlik. Učinek med pre-testom in post-testom I je bil šibek ($r = 0,05$). V kontrolni skupini ($N = 74$) Friedmanov test in parne primerjave niso pokazali statistično pomembnih razlik v znanju o čebelah med posameznimi časovnimi točkami ($p > 0,05$). V primerjavi med skupinama je Mann-Whitneyjev U-test pokazal, da pri pre-testu razlik ni bilo ($p > 0,05$), medtem ko sta se pri prvem in drugem post-testu pojavile statistično značilne razlike v prid intervencijski skupini (T2: $p < 0,001$; T3: $p < 0,05$). To kaže, da je imela intervencija s čebelami statistično pomemben, a časovno omejen učinek na znanje učencev (slika 2).

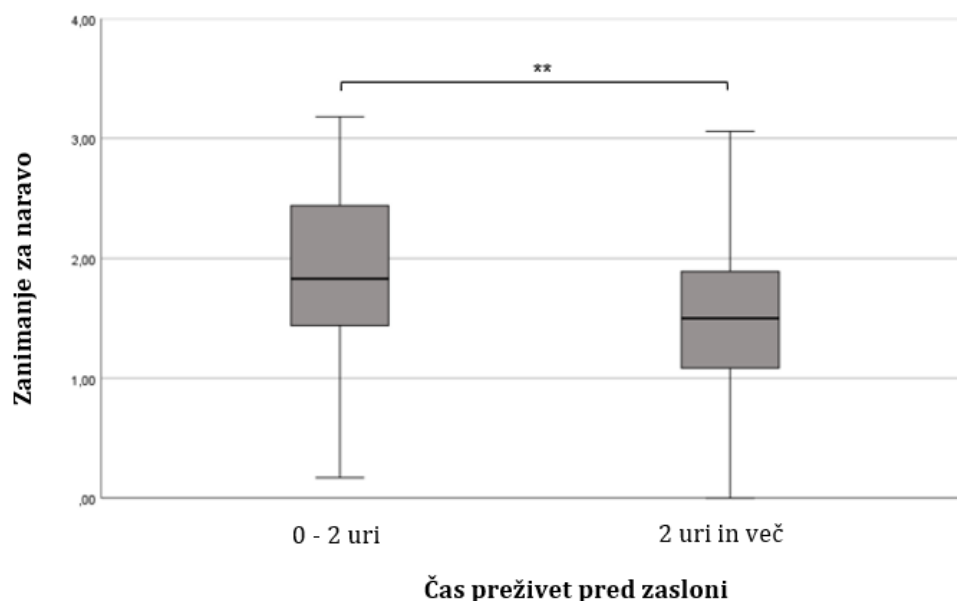
*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*



Slika 2: Diagram predstavlja porazdelitev vrednosti na testu o znanju o čebelah med udeleženci intervencijske in kontrolne skupine v merilnih obdobjih T0, T1 in T2 (n.s. = ni statistično značilno, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Povezava med časom pred zasloni in zanimanjem za naravo

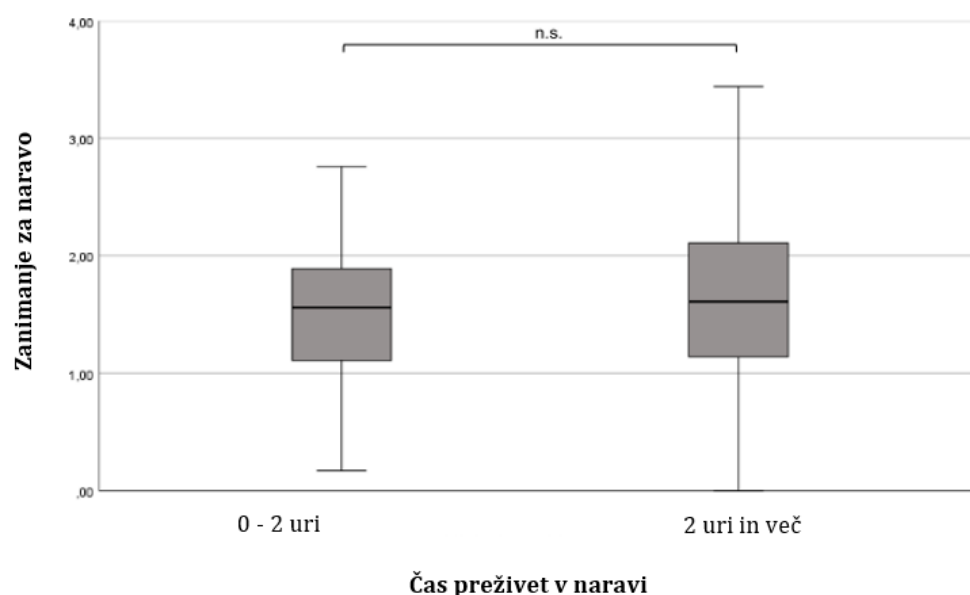
Na vprašanje o času pred zaslonom na dan je veljaven odgovor v povezavi z naravnim interesom podalo 212 od skupno 250 učencev. Za analizo je bil čas pred zaslonom razvrščen v dve skupini: do 2 uri na dan kot malo ter 2 ali več ur na dan kot veliko časa pred zaslonom. Učenci, ki pred zaslonom preživijo manj časa ($N = 61$), so dosegli višjo povprečno vrednost na testu zanimanja za naravo kot tisti, ki pred zaslonom preživijo veliko ur ($N = 151$). Mann-Whitneyjev U-test je pokazal statistično značilno razliko med skupinama glede izraženosti zanimanja za naravo ($U = 3290,50$, $Z = -3,253$, $p < 0,01$). Učenci, ki pred zaslonom preživijo manj časa, izkazujejo večje zanimanje za naravo. Velikost učinka se uvršča v srednje območje ($r = 0,223$) (slika 3).



Slika 3: Diagram povprečnih vrednosti zanimanja za naravo pri učencih z malo (0–2 uri) in veliko (2 ali več ur) časa, preživetega pred zaslonom na dan (n.s. = ni statistično značilno, ** $p < 0,01$).

Povezava med časom, preživetim v naravi, in zanimanjem za naravo

Na vprašanje o času, preživetem v naravi, je odgovorilo 218 učencev. Rezultati so bili razdeljeni v dve skupini: do 2 uri na dan ($N = 73$) oziroma 2 ali več uri na dan ($N = 145$). Levenov test je potrdil homogenost varianc, zato je bil za preverjanje hipoteze uporabljen parametrični t-test (Levene-test: $F(1,216) = 1,54$, $p > 0,05$, $N = 218$). Analiza ni pokazala statistično pomembnih razlik med skupinama glede njihovega zanimanja za naravo ($t(216) = -0,95$, $p > 0,05$) (slika 4).



Slika 4: Diagram povprečnih vrednosti zanimanja za naravo pri učencih z malo (0–2 uri, $N = 73$, $Mdn = 1,56$) in veliko (2 ali več ur, $N = 145$, $Mdn = 1,61$) vsakodnevnega stika z naravo (n.s. = ni statistično značilno).

Diskusija

Diskusija je razdeljena v tri vsebinske sklope: zanimanje za naravo, znanje o čebelah ter povezava med zanimanjem za naravo s časom, preživetim v naravi oziroma pred zasloni.

Znanje o čebelah

Rezultati raziskave kažejo, da so učenci v pre-testu dosegli nizko raven znanja o čebelah. Podobne ugotovitve poročajo tudi Schönfelder in Bogner (2017a) ter Cho in Lee (2017), ki opozarjajo na razširjene napačne predstave učencev o čebelah. Intervencija s čebelami je kljub temu prinesla statistično pomembno izboljšanje znanja. Takšni rezultati potrjujejo pomen zunajšolskih učnih okolij in praktičnih dejavnosti za spodbujanje učenja (Braun in Dierkes, 2019; Sattler in Bogner, 2017). Ključni dejavnik pri tem je bil stik z živimi organizmi, ki omogoča neposredno in čustveno učno izkušnjo (Klingenberg, 2014; Silva in Minor, 2017).

Kljub začetnemu uspehu se učinek ni ohranil tri mesece po intervenciji, kar je v nasprotju z raziskavami, ki potrjujejo trajnejše učinke daljših programov (Bogner, 1998; Schönfelder in Bogner, 2018). Možni razlogi so kratko trajanje intervencije (pol dneva). Prejšnje študije poudarjajo, da dolgotrajnejši programi (npr. šolski čebelarski krožki) obetajo večje in trajnejše učinke (Braun in Dierkes, 2017; Möller, 2022). Kljub omejitvam je bila potrjena hipoteza, da lahko izobraževalne intervencije prispevajo k izboljšanju znanja o čebelah. Največji napredek je bil zaznan pri vprašanih o izumiranju čebel in možnostih človekovega vpliva, kar kaže na krepitev okoljskega zavedanja.

Zanimanje za naravo

Rezultati raziskave kažejo, da je bilo zanimanje za naravo pri učencev pred intervencijo nizko do srednje izraženo. Podobne ugotovitve navajata tudi Holstermann idr. (2010) pri nemških učencih. Ena izmed možnih razlag za šibek interes je starost udeležencev, saj raziskave potrjujejo, da se zanimanje za naravo v adolescenci zmanjšuje, nato pa postopoma spet narašča v obdobju po adolescenci (Olsson in Gericke, 2016). Razlike se kažejo tudi pri zanimanju za čebele: mlajši učenci poročajo o višjem interesu kot starejši (Bögeholz in Leske, 2008; Schönfelder in Bogner, 2017a).

Poldnevna intervencija z vsebinami o čebelah ni povzročila statistično značilnega povečanja zanimanja za naravo. To odstopa od drugih raziskav, v katerih so poglobljene dejavnosti z živimi organizmi pozitivno vplivale na zanimanje za naravo (Holstermann idr., 2010; Schönfelder in Bogner, 2018). Eden izmed razlogov je lahko v sami izvedbi: učenci niso opazovali medonosnih čebel pri čebelnjakih, temveč so spoznavali divje in medonosne čebele na travnikih v okolici šol. Poleg tega imajo različne živalske vrste različen učinek na interes; pri insektih pogosto prevladujejo negativne asociacije, kot sta strah in odpor, kar lahko zmanjšuje pozitivne čustvene odzive (Kokott in Scheersoi, 2022). Čeprav pričujoča intervencija ni imela trajnega vpliva, druge raziskave potrjujejo potencial čebel kot medija za razvoj zanimanja in posledično tudi za krepitev proekološkega vedenja (Neurohr idr., 2023). Dolgotrajnejše in intenzivnejše programe, kot so šolski vrtovi ali interesne skupine, je zato mogoče razumeti kot učinkovitejšo strategijo za spodbujanje zanimanja za naravo (Braun in Dierkes, 2017).

Povezava zanimanja za naravo s časom, preživetim v naravi oziroma pred zasloni

Učenci, ki preživijo več časa v naravi, ne izkazujejo večjega zanimanja zanjo v primerjavi s sovrstniki, ki v naravnem okolju preživijo manj časa. Možen razlog za to odstopanje je subjektivna ocena časa, preživetega v naravi, saj so nekateri učenci obiske parkov zaradi snemanja videoposnetkov razumeli hkrati kot stik z naravo in kot čas, preživet pred zasloni. Povprečje dnevno preživetih ur na prostem je bilo višje kot v primerljivih raziskavah (Larson idr., 2018). Raziskave sicer dosledno kažejo, da več časa, preživetega v naravnem okolju, pozitivno vpliva na zanimanje za naravo (Neurohr idr., 2023). Vendar je bil v teh študijah čas v naravi opredeljen natančneje, na primer preko članstva v organizacijah, kar omogoča bolj diferencirano analizo. V naši raziskavi je bila upoštevana zgolj količina časa v naravi, zaradi česar so lahko ostale pomembne informacije spregledane. Zato bi bile smiselne dodatne kvalitativne raziskave.

Rezultati raziskave kažejo, da imajo učenci 8. razreda visoko stopnjo uporabe zaslonov, saj kar 33,02 % udeležencev pred njimi preživi več kot pet ur dnevno. Podobne ugotovitve navajajo tudi druge raziskave, ki opozarjajo na povečano rabo digitalnih medijev med mladostniki (Rideout, 2015; Rideout idr., 2010). Eden izmed razlogov za obsežno rabo je vzdrževanje socialnih stikov prek tehnologije, kar je v tem starostnem obdobju posebej pomembno. V literaturi so izpostavljeni tako negativni kot pozitivni učinki digitalnih medijev. Nekatere raziskave navajajo, da povečana uporaba zaslonov zmanjšuje čas, preživet v naravi, ter interes zanjo (Dotterweich in Lude, 2025; Larson idr., 2018; Pergams in Zaradic, 2007). Rezultati naše študije potrjujejo to povezavo: učenci, ki pred zasloni preživijo več kot dve uri dnevno, izkazujejo statistično značilno nižji interes za naravo. To je mogoče razložiti z zmanjšano prisotnostjo v naravnem okolju, kar posledično vodi v manjše zanimanje (Pergams in Zaradic, 2007). Po drugi strani pa raziskave opozarjajo tudi na priložnosti digitalnih tehnologij pri spodbujanju zanimanja za naravo. Kawas idr. (2020) so razvili aplikacijo za otroke in mladostnike, s katero so uspešno povečali situacijski interes za naravo. Mladostniki digitalne vire prepoznavajo tudi kot pomemben kanal za pridobivanje znanja o biotski raznovrstnosti, saj internet uvrščajo takoj za šolo kot najpomembnejši vir informacij. Sklepno lahko poudarimo, da uporaba zaslonov med mladostniki narašča in vpliva na njihove interese ter vedenje. Čeprav rezultati potrjujejo negativno povezavo med obsegom uporabe zaslonov in interesom za naravo, hkrati opozarjajo na potencial digitalnih tehnologij kot orodja za spodbujanje okoljske ozaveščenosti. Za celovitejše razumevanje bo v prihodnjih raziskavah potrebna natančnejša diferenciacija glede namenov in oblik uporabe digitalnih medijev.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Rezultati naše raziskave kažejo, da so lahko izobraževalne intervencije s pomočjo živih organizmov, v našem primeru čebel, učinkovite. Posebej velja poudariti, da se znanje o čebelah pri udeležencih intervencije v primerjavi s sovrstniki, ki so obiskovali redni pouk, statistično značilno povečalo. Poleg že znanih pozitivnih učinkov učnih čebelnjakov (Möller, 2022; Schönfelder in Bogner, 2017b) se je pokazalo, da so ravno tako učinkoviti tudi programi s čebelami, izvedeni na zelenih površinah v bližini šole. Prednost tovrstnih ekskurzij je tudi v tem, da zahtevajo manj organizacijskih priprav kot obiski učnih čebelnjakov. Kot alternativni pristop se omenja virtualni čebelnjak, ki se je v preteklih raziskavah izkazal kot enako učinkovit pri razvijanju zanimanja in znanja o čebelah (Schönfelder in Bogner, 2017b).

Naši rezultati nakazujejo, da učenci s poldnevnimi ekskurzijami ne osvojijo dolgoročnega znanja, saj se je po treh mesecih izkazalo, da imajo učenci raven znanja enako kot pred izvedbo učne intervencije. Če želimo doseči trajnejšo spremembo v znanju, pa tudi v zanimanju za okolje, so nujne dolgotrajnejše izkušnje z naravo, v našem primeru povezane s čebelami. Šolski čebelarski krožki, ki potekajo neposredno v okolici šole, predstavljajo odlično možnost, saj omogočajo enostavnejši dostop do čebelarstva. Udeležba v takšnih dejavnostih praviloma krepi zanimanje za čebele ter ima pozitiven vpliv na prokoljsko vedenje (Möller, 2022). Rezultati raziskav potrjujejo spodbujanje aktivnega preživljanja časa v naravi – tako med poukom kot v okviru obšolskih dejavnosti in prostega časa, saj je ključnega pomena za razvijanje prokoljskega vedenja, kar je eden izmed ciljev VITR. V šolskem prostoru to omogočajo šolski vrtovi in čebelnjaki, zasnovani v skladu z načeli VITR (Jäkel, 2021; Strgar idr., 2025).

Sočasno se v življenju mladih vse izraziteje krepi vloga digitalnih medijev, kar potrjujejo tudi rezultati naše raziskave, saj udeleženci velik del svojega prostega časa preživijo pred zasloni. Ker je tehnologija danes neločljiv del vsakdanjega življenja, jo je smiselno obravnavati tudi kot priložnost za učenje in raziskovanje. Digitalni mediji lahko v izobraževalnem procesu – tudi pri obravnavi tematike čebel – prispevajo k pridobivanju znanja ter spodbujajo zanimanje za naravo (Kawas idr., 2020; Schönfelder in Bogner, 2018). Poseben potencial imajo aplikacije za prepoznavanje vrst, ki učence spodbujajo k neposrednim stikom z naravo tudi zunaj šolskega okolja (Dotterweich in Lude, 2025; Rode in Torkar, 2023; Schmidt in Tang, 2020). Tehnologija ima zato pomembno vlogo tudi v šolskem kontekstu, saj digitalni mediji predstavljajo neločljiv del sveta učencev.

Literatura in viri

- Barrable, A. in Booth, D. (2020). Nature connection in early childhood: A quantitative cross-sectional study. *Sustainability*, 12(1), 375. <https://doi.org/10.3390/su12010375>
- Bezeljak, P., Torkar, G. in Möller, A. (2023). Understanding Austrian middle school students' connectedness with nature. *The Journal of Environmental Education*, 54(3), 181–198. <https://doi.org/10.1080/00958964.2023.2188577>
- Bögeholz, S. in Leske, S. (2008). Biologische vielfalt regional und weltweit erhalten–Zur bedeutung von naturerfahrung, interesse an der natur, bewusstsein über deren gefährdung und verantwortung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 167–184.
- Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *The Journal of Environmental Education*, 29(4), 17–29. <https://doi.org/10.1080/00958969809599124>
- Braun, T. in Dierkes, P. (2017). Connecting students to nature - how intensity of nature experience and student age influence the success of outdoor education programs. *Environmental Education Research*, 23, 949. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1214866>
- Braun, T. in Dierkes, P. (2019). Evaluating three dimensions of environmental knowledge and their impact on behaviour. *Research in Science Education*, 49, 1365. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9658-7>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Bullon-Cassis, L. (2025). Who gets to shape climate futures? Voice, representation, and urban experimentation at the Paris Climate Academy. *Global Perspectives*, 6(1), 143126. <https://doi.org/10.1525/gp.2025.143126>
- Chawla, L. (2020). Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. *People and Nature*, 2(3), 619–642. <https://doi.org/10.1002/pan3.10128>
- Chawla, L. in Gould, R. (2020). Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. *People and nature (Hoboken, N.J.)*, 2, 642. <https://doi.org/10.1002/pan3.10128>
- Cheng, J. C. H. in Monroe, M. C. (2012). Connection to nature: Children's affective attitude toward nature. *Environment and Behavior*, 44(1), 31–49. <https://doi.org/10.1177/0013916510385082>
- Cho, Y. in Lee, D. (2017). 'Love honey, hate honey bees': reviving biophilia of elementary school students through environmental education program. *Environmental Education Research*, 24, 1–16. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1279277>
- Dotterweich, M. in Lude, A. (2025). Nature experience with digital technologies—Potentials, challenges, and examples. V *Nature Experience and Education* (str. 321–333). Springer.
- Ernst, J. in Theimer, S. (2011). Evaluating the effects of environmental education programming on connectedness to nature. *Environmental Education Research*, 17, 598. <https://doi.org/10.1080/13504622.2011.565119>
- Evans, G. W., Otto, S. in Kaiser, F. G. (2018). Childhood origins of young adult environmental behavior. *Psychological Science*, 29, 687. <https://doi.org/10.1177/0956797617741894>
- Fränkel, S., Sellmann-Risse, D. in Basten, M. (2019). Fourth graders' connectedness to nature - Does cultural background matter? *Journal of Environmental Psychology*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.101347>
- Gebhard, U., Lude, A., Möller, A. in Moormann, A. (2021). *Naturerfahrung und bildung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://books.google.at/books?id=JOuMzgEACAAJ>
- Guiney, M. S. in Oberhauser, K. S. (2009). Conservation volunteers' connection to nature. *Ecopsychology*, 1(4), 187–197. <https://doi.org/10.1089/eco.2009.0030>
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H. in Hörren, T. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Holstermann, N., Grube, D. in Bögeholz, S. (2010). Hands-on activities and their influence on students' interest. *Research in Science Education*, 40(5), 743–757.
- IPCC (2023). (Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Issue.
- Jäkel, L. (2021). *Faszination der vielfalt des lebendigen-didaktik des draußen-lernens*. Springer.
- Kawas, S., Kuhn, N. S., Tari, M., Hiniker, A. in Davis, K. (2020). "Otter this world": can a mobile application promote children's connectedness to nature? Proceedings of the Interaction Design and Children Conference, London, United Kingdom. <https://doi-org.uaccess.univie.ac.at/10.1145/3392063.3394434>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Kellert, S. R. in Wilson, E. O. (1993). *The Biophilia Hypothesis* (Let. 4). Island Press.
- Klingenberg, K. (2014). 'Primärerfahrung' with living animals in contrast to educational videos: a comparative intervention study. *Journal of biological education*, 48(2), 105–112. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.849285>
- Kokott, J. in Scheersoi, A. (2022). Insektenvielfalt erfahrbar machen–Bildungsangebote zur Interessenförderung bei Jugendlichen. V *Naturerfahrung und Bildung* (str. 309–335). Springer. [10.1007/978-3-658-35334-6_17](https://doi.org/10.1007/978-3-658-35334-6_17)
- Kollmuss, A. in Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- Kossack, A. in Bogner, F. X. (2012). How does a one-day environmental education programme support individual connectedness with nature? *Journal of biological education*, 46, 187. <https://doi.org/10.1080/00219266.2011.634016>
- Krapp, A. (1992). Interesse, lernen und leistung. Neue forschungsansätze in der pädagogischen psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38(5), 747–770.
- Krapp, A. (2007). An educational–psychological conceptualisation of interest. *International journal for educational and vocational guidance*, 7(1), 5–21.
- Larson, L. R., Szczytko, R., Bowers, E. P., Stephens, L. E., Stevenson, K. T. in Floyd, M. F. (2018). Outdoor time, screen time, and connection to nature: Troubling trends among rural youth? *Environment and Behavior*, 51, 991. <https://doi.org/10.1177/0013916518806686>
- Liefländer, A. K. in Bogner, F. (2014). The effects of children's age and sex on acquiring pro-environmental attitudes through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 45, 105–117. <https://doi.org/10.1080/00958964.2013.875511>
- Mayer, F. S. in Frantz, C. M. (2004). The connectedness to nature scale: A measure of individuals' feeling in community with nature. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 515. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.10.001>
- Mayer, F. S., Frantz, C. M., Bruehlman-Senecal, E. in Dolliver, K. (2009). Why is nature beneficial?: The role of connectedness to nature. *Environment and Behavior*, 41(5), 607–643. <https://doi.org/10.1177/0013916508319745>
- Meske, M. (2011). *Natur ist für mich die welt*. Springer.
- Möller, A. (2022). Naturerfahrung mit bienen. V *Naturerfahrung und Bildung* (str. 283–307). Springer.
- Neurohr, A.-L., Pasch, N., Otto, S. in Möller, A. (2023). Measuring adolescents' level of interest in nature: a promising psychological factor facilitating nature protection. *Frontiers in Psychology*, 14, 1186557. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1186557>
- Nisbet, E. K., Zelenski, J. M. in Murphy, S. A. (2008). The nature relatedness scale: linking individuals' connection with nature to environmental concern and behavior. *Environment and Behavior*, 41(5), 715–740. <https://doi.org/10.1177/0013916508318748>
- Nisbet, E. K., Zelenski, J. M. in Murphy, S. A. (2011). Happiness is in our nature: Exploring nature relatedness as a contributor to subjective well-being. *Journal of Happiness Studies: An Interdisciplinary Forum on Subjective Well-Being*, 12(2), 303–322. <https://doi.org/10.1007/s10902-010-9197-7>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Olsson, D. in Gericke, N. (2016). The adolescent dip in students' sustainability consciousness—Implications for education for sustainable development. *The Journal of Environmental Education*, 47(1), 35–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00958964.2015.1075464>
- Otto, I. M., Donges, J. F., Cremades, R., Bhowmik, A., Hewitt, R. J., Lucht, W., Rockström, J., Allerberger, F., McCaffrey, M., Doe, S. S. P., Lenferna, A., Morán, N., van Vuuren, D. P., in Schellnhuber, H. J. (2020). Social tipping dynamics for stabilizing Earth's climate by 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(5), 2354–2365. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900577117>
- Otto, S. in Pensini, P. (2017). Nature-based environmental education of children: Environmental knowledge and connectedness to nature, together, are related to ecological behaviour. *Global Environmental Change*, 47, 94. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.009>
- Pergams, O. in Zaradic, P. (2007). Videophilia: Implications for Childhood Development and Conservation. *Journal of Developmental Processes*, 2, 130–144.
- Rideout, V. (2015). *The common sense census: Media use by tweens and teens*. https://www.common sense media.org/sites/default/files/research/report/census_researchreport.pdf
- Rideout, V. J., Foehr, U. G. in Roberts, D. F. (2010). *Generation M²: Media in the lives of 8-to 18-year-olds*. Henry J. Kaiser Family Foundation.
- Rode, Ž. in Torkar, G. (2023). The iNaturalist Application in Biology Education: A Systematic Review. *International Journal of Educational Methodology*, 9(4), 725–744. <https://doi.org/10.12973/ijem.9.4.725>
- Rožman, H., Kokalj, I. in Torkar, G. (2025). Students' environmental attitudes and the outcomes of their participation in a 1-week programme in a centre for school and outdoor education in Slovenia. V *Risk and Outdoor Play: Listening and Responding to International Voices: Part 1* (str. 179–193). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-96-5455-0_11
- Sánchez-Bayo, F. in Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Sattler, S. in Bogner, F. X. (2017). Short-and long-term outreach at the zoo: Cognitive learning about marine ecological and conservational issues. *Environmental Education Research*, 23(2), 252–268. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1144173>
- Schmidt, J. T. in Tang, M. (2020). Digitalization in education: challenges, trends and transformative potential. V *Führen und managen in der digitalen transformation: Trends, best practices und herausforderungen* (str. 287–312). Springer.
- Schönfelder, M. in Bogner, F. (2017a). How to sustainably increase students' willingness to protect pollinators. *Environmental Education Research*, 24(3), 461–473. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1283486>
- Schönfelder, M. in Bogner, F. (2017b). Individual perception of bees: Between perceived danger and willingness to protect. *PLOS ONE*, 12(6), e0180168. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180168>
- Schönfelder, M. L. in Bogner, F. X. (2018). How to sustainably increase students' willingness to protect pollinators. *Environmental Education Research*, 24(3), 461–473. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1283486>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Schultz, P. (2002). Inclusion with Nature: The psychology of human-nature relations. V I. P. in S. P. W. Schultz (ur.), *Psychology of Sustainable Development* (str. 61–78). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0995-0_4
- Sellmann-Risse, D., Fränkel, S. in Basten, M. (2025). Nature experiences and their importance for the development of nature connectedness in primary school students. V *Nature Experience and Education* (str. 227–241). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-47762-2_14
- Silva, A. in Minor, E. S. (2017). Adolescents' experience and knowledge of, and attitudes toward, bees: Implications and recommendations for conservation. *Anthrozoös*, 30(1), 19–32.
<https://doi.org/10.1080/08927936.2017.1270587>
- Soga, M. in Gaston, K. (2016). Extinction of experience: The loss of human-nature interactions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14, 94–101. <https://doi.org/10.1002/fee.1225>
- Statistik Austria. (2021). Statistisches jahrbuch: Migration & integration: Zahlen, daten, indikatoren 2021. https://www.bundestkanzleramt.gv.at/dam/jcr:d9b292a5-3457-4cff-aa80-58d92c46f3f8/stat_jahrbuch_migration_u_integration_2021.pdf
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W. in De Wit, C. A. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855.
<https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Strgar, J., Torkar, G. in Strgulc Krajšek, S. (2025). The purpose of the school garden is more than just growing plants. *Journal of biological education*, 1–13.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2025.2489512>
- Torkar, G. (2013). Live what you teach in teach what you live: Student views on the acceptability of teachers' value-related statements about sustainability and climate change. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 3, 45–58. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1129488.pdf>
- Torkar, G. (2014). Learning experiences that produce environmentally active and informed minds. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2014.03.002>
- Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J., Byman, R. in Meisalo, V. (2011). Secondary school students' interests, attitudes and values concerning school science related to environmental issues in Finland. *Environmental Education Research*, 17(2), 167–186.
<https://doi.org/10.1080/13504622.2010.522703>
- UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: a roadmap*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.54675/YFRE1448>
- Whitburn, J., Linklater, W. in Abrahamse, W. (2020). Meta-analysis of human connection to nature and proenvironmental behavior. *Conservation Biology*, 34(1), 180–193. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/cobi.13381>
- Wibeck, V. (2014). Enhancing learning, communication and public engagement about climate change—some lessons from recent literature. *Environmental Education Research*, 20(3), 387–411. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.812720>

ZNANJE IN ODNOS ČETRTOŠOLCEV DO OHRANJANJA OKOLJA: IZSLEDKI TIMSS IN IMPLIKACIJE ZA PEDAGOŠKO PRAKSO

KNOWLEDGE AND ATTITUDES OF FOURTH-GRADERS TOWARDS ENVIRONMENTAL CONSERVATION: TIMSS RESULTS AND IMPLICATIONS FOR EDUCATIONAL PRACTICE

Gregor Torkar in Tanja Gregorčič

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

TIMSS 2023 omogoča mednarodno primerjavo naravoslovnega znanja, stališč do ohranjanja okolja in okoljskega delovanja. Cilj prispevka je s pomočjo raziskave TIMSS analizirati naravoslovno znanje in odnos slovenskih četrtošolcev do ohranjanja okolja. Analiza 11 vprašanj o okoljskih stališčih in delovanju kaže, da je naravoslovno znanje slovenskih četrtošolcev povezano s stališči do ohranjanja okolja, ne pa tudi z okoljskim delovanjem. Rezultati tudi empirično potrjujejo razkorak med znanjem, stališči in delovanjem. Opozarjajo tudi, da večina četrtošolcev neredno izvaja okoljska delovanja, kot sta varčevanje z vodo in recikliranje. Prispevek poda predloge za kakovostnejšo implementacijo tematike v vzgojno-izobraževalne procese z namenom doseganja kompetenc za trajnostnost.

Ključne besede: TIMSS, odnos do okolja, naravoslovno znanje, četrti razred, osnovna šola.

Abstract

TIMSS 2023 enables international comparison of science knowledge, environmental attitudes, and environmental actions. The aim of this paper is to analyse Slovenian fourth graders' science knowledge and their attitudes toward environmental preservation using data from the TIMSS study. An analysis of 11 questions on environmental attitudes and actions shows that science knowledge among Slovenian fourth graders is related to their attitudes toward environmental preservation, but not to their environmental actions. The results also empirically confirm the gap between knowledge, attitudes, and actions. They further indicate that most fourth graders do not regularly engage in environmental practices such as water conservation and recycling. The paper provides suggestions for better implementation of this topic in educational processes, with the goal of developing sustainability competencies.

Key words: TIMSS, attitudes towards environment, science knowledge, fourth grade, primary school.

Uvod

Človeška dejavnost vse bolj vpliva na naravne sisteme, od katerih je odvisno vse življenje. Posledice človeškega vpliva na biološko-fizikalne meje Zemlje so zaskrbljujoče in nekateri to obdobje imenujejo antropocen. Wolff idr. (2020) trdijo, da antropocen zahteva pristnejše izobraževanje; spremembo v smeri bolj celostnega, transformativnega in na trajnost usmerjenega pristopa. Otroci, ki so danes vpisani v osnovne šole, bodo v bližnji prihodnosti morali delovati kot okoljsko ozaveščeni državljani (Palmer in Neal, 1994; Torkar, 2014). V svojih javnih (npr. kot zagovorniki, volivci) in zasebnih vlogah (npr. kot učenci, potrošniki, delavci) bodo morali varovati naravne vire (Gunckel idr., 2012). Globalni odziv naravoslovnih pedagogov na vse večji vpliv človeka je njihov poziv k večjemu poudarku na okoljski pismenosti v učnih načrtih (Bybee, 2008).

Razumevanje, kako poteka učenje in kaj spodbuja okoljsko delovanje, je prav tako pomembno kot sama okoljska informacija (Palmer in Neal, 1995). Že leta 1975 je bila na delavnici Organizacije Združenih narodov za izobraževanje, znanost in kulturo (UNESCO) v Beogradu sprejeta izjava o ciljih okoljske vzgoje, ki še danes predstavlja glavno usmeritev tega področja. Cilj okoljske vzgoje je razviti svetovno populacijo, ki se zaveda okoljskih vprašanj, jih razume ter premore znanje, spretnosti, stališča, motivacijo in predanost, da posamično in kolektivno deluje za reševanje obstoječih problemov in preprečevanje novih. Končni cilj okoljske vzgoje je spodbuditi dejanja, usmerjena v reševanje okoljskih izzivov. Če je namen okoljske vzgoje pomagati otrokom pri učenju in skrbi za okolje, morajo tisti, ki so odgovorni za uresničevanje teh ciljev, poznati oblike učnih izkušenj, ki spodbujajo dejavno in informirano razmišljanje (Palmer in Neal, 1994).

Osnovna šola je ključno obdobje za pridobivanje naravoslovnega znanja, saj odraščajoči mladostniki usvajajo učne vsebine, ki bodo oblikovale njihovo razmišljanje o pomembnih vprašanjih v njihovem lokalnem okolju (Schaap in van Steenbergen, 2002). Številne raziskave se osredotočajo tudi na okoljska stališča in okoljsko delovanje učencev (npr. Baierl idr., 2021; Johnson in Činčera, 2015; Maurer idr., 2020; Olson in Gericke, 2016; Roczen idr., 2014; Torkar idr., 2020, 2021; Wiseman in Bogner, 2003). Vendar pa primanjkuje raziskav, ki bi povezovalе naravoslovno znanje, okoljska stališča in delovanja, kar je bil glavni cilj pričujoče raziskave.

V Sloveniji so vsebine o človekovem vplivu na okolje vključene v učne načrte naravoslovnih predmetov v osnovni in srednji šoli. V učnih načrtih za osnovno šolo v Sloveniji temo obravnavamo obširno v različnih razredih, predvsem pri naravoslovnih predmetih (Kolar idr., 2011; Skvarč idr., 2011; Vodopivec idr., 2011). Učni načrti obravnavajo različne pojave in procese v živih in neživih sistemih narave (npr. transpiracija, fotosinteza, izhlapevanje, podtalnica) ter vplive človeka (npr. onesnaževanje zraka, tal in voda, varčevanje z vodo, obnovljivi viri energije). Naravoslovni predmeti poudarjajo tudi pomen narave znanosti, ki postopoma razvija znanstveno in kritično mišljenje učencev.

Namen in cilji

Cilj prispevka je s pomočjo raziskave TIMSS 2023 primerjati dosežke slovenskih četrtošolcev v naravoslovnem znanju z njihovimi okoljskimi stališči in okoljskim delovanjem. Na osnovi

izsledkov želimo oblikovati priporočila za kakovostnejšo implementacijo trajnostnega razvoja v osnovnošolsko izobraževanje.

Metoda

Mednarodna raziskava trendov znanja matematike in naravoslovja (Trends in International Mathematics and Science Study - TIMSS) je redna mednarodna raziskava znanja matematike in naravoslovja, ki jo vodi mednarodni raziskovalni center TIMSS & PIRLS na univerzi Boston College v ZDA v tesnem sodelovanju z vodstvom IEA v Amsterdamu in s Podatkovnim centrom v Hamburgu. Raziskava prinaša dragocene podatke o okoliščinah matematike in naravoslovja, zbrane od učencev, staršev, učiteljev in ravnateljev, ter splošne informacije o nacionalnih izobraževalnih sistemih in učnih načrtih. Mednarodna primerjalna narava raziskave omogoča državam, da primerjajo svojo uspešnost z drugimi, kar spodbuja globalni dialog o najboljših praksah v teh predmetih (Japelj Pavešić idr., 2024).

V raziskavi TIMSS 2023 za četrtošolce je sodelovalo 59 držav. V tem prispevku primerjamo dosežke slovenskih četrtošolcev na področju naravoslovnega znanja in odnosa do ohranjanja okolja. V slovenskem vzorcu je sodelovalo 149 osnovnih šol, skupaj 4.746 učencev in učenk četrtega razreda iz 269 razredov. Povprečna starost učencev je bila 10 let. Stratifikacija vzorca je potekala glede na velikost šol in štiri regijska območja (zahodna, osrednja, jugovzhodna in vzhodna Slovenija). Podatki o učencih so bili izmenjani anonimno, s pomočjo kodiranja. Preizkus so učenci reševali na šolskih računalnikih ali na prenosnikih s platformo PI (Japelj Pavešić idr., 2024).

TIMSS razvršča naravoslovne naloge v tri domene: živa narava, neživa narava in veda o Zemlji. V raziskavi preverjajo tudi odnos učencev do ohranjanja okolja. Učenci so odgovarjali na pet trditev na štiristopenjski lestvici (zelo se strinjam, strinjam se, ne strinjam se, sploh se ne strinjam), kjer so označili, kako zelo cenijo ohranjanje okolja (Japelj Pavešić idr., 2024). Učenci so ocenili tudi svoje okoljsko delovanje. Odgovorili so na šest trditev na štiristopenjski lestvici (nikoli, včasih, skoraj vsak dan, vsak dan).

Vir podatkov za našo študijo je bil nabor podatkov TIMSS 2023, dostopnih na spletni strani <https://timss2023.org/data/>, kjer smo analizirali podatke učencev 4. razreda. V prispevku je podana deskriptivna statistika za enajst vprašanj o okoljskih stališčih in okoljskem delovanju. Narejena je primerjava s povprečnimi dosežki v naravoslovnem znanju za slovenske četrtošolce.

Rezultati

Rezultati so razdeljeni na dve podpoglavji. V prvem podpoglavju analiziramo stališča slovenskih četrtošolcev do ohranjanja okolja. V drugem podpoglavju pa analiziramo njihovo okoljsko delovanje.

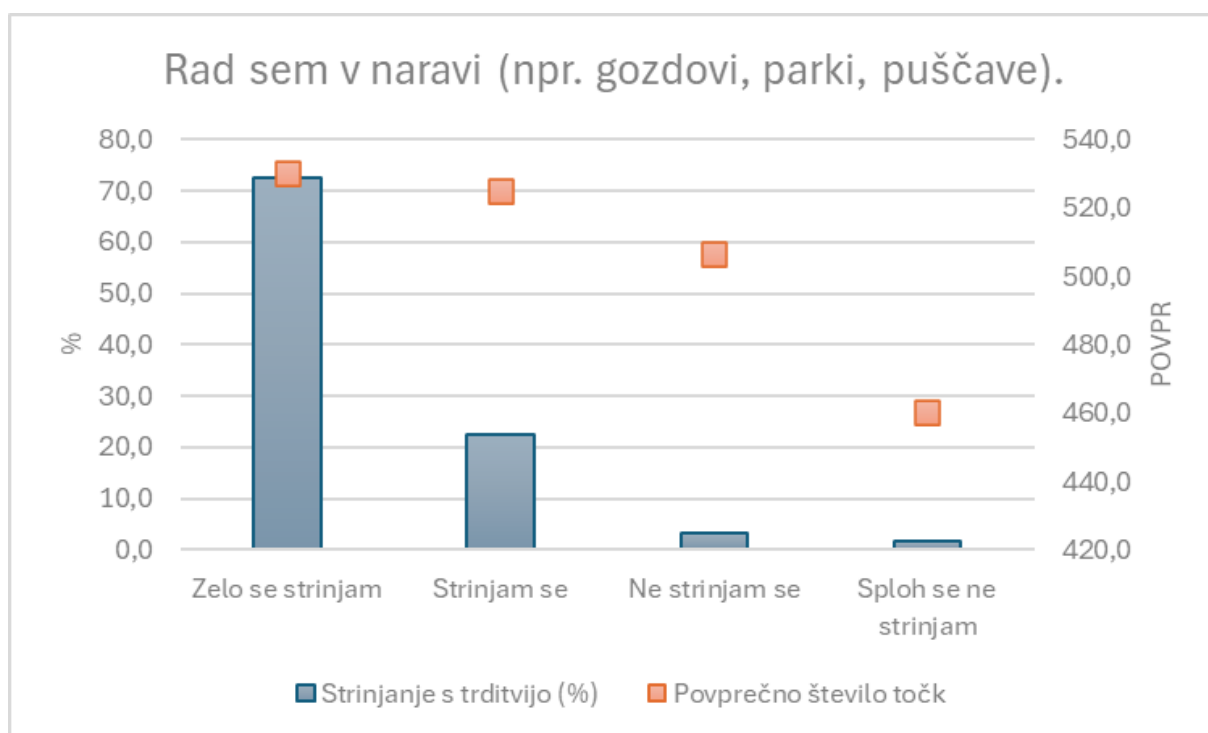
Stališča do ohranjanja okolja

Iz grafov (slike 1–5) je razvidno, da imajo slovenski četrtošolci zelo pozitivna stališča do ohranjanja okolja. Največje strinjanje so izrazili pri trditvah »Rad sem v naravi (npr. gozdovi, parki, puščave)«, kjer se 72,4 % vprašanih zelo strinja s trditvijo (slika 1), in »Žalosten sem, ko

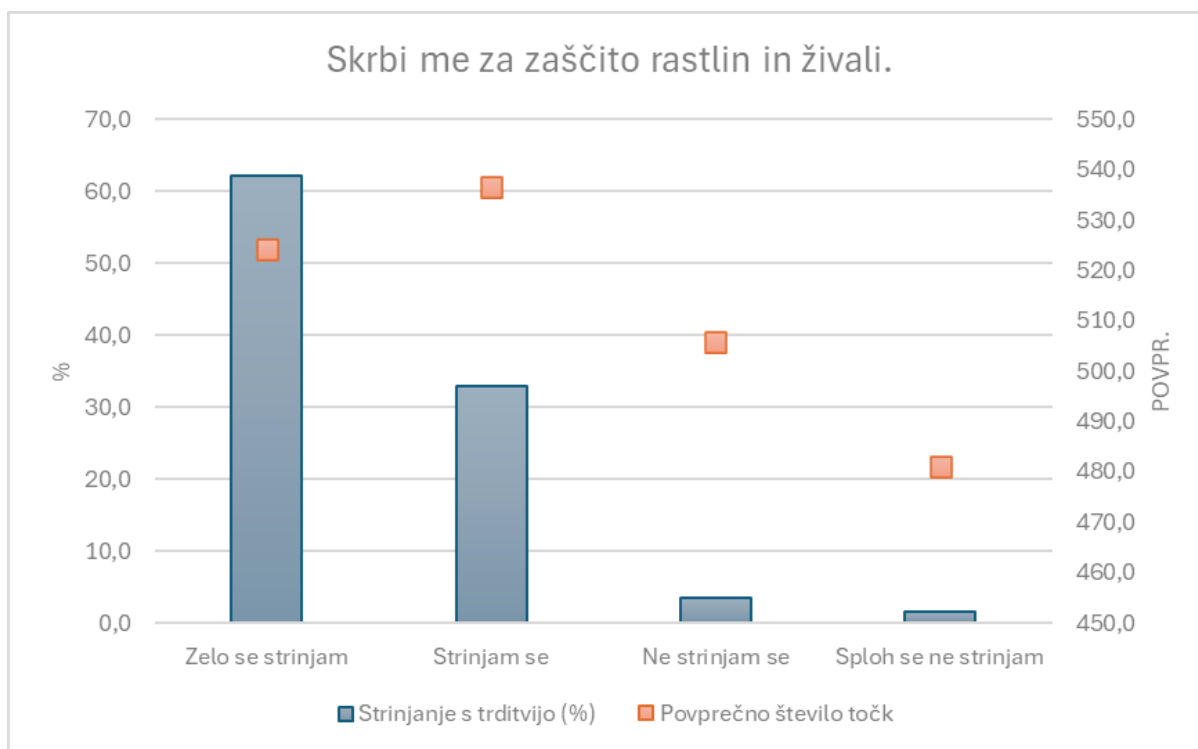
je narava uničena«, kjer se 68,8 % vprašanih zelo strinja s trditvijo (slika 3). Le pri trditvi »Spopadanje s podnebnimi spremembami bi moralo biti visoka prioriteta« se zelo strinja manj kot polovica vprašanih (slika 5).

Opazno je tudi, da se zelo strinjajo ali strinjajo s stališči učenci, ki so dosegli višje povprečno število točk oziroma izkazujejo boljše naravoslovno znanje. Ta ugotovitev najizraziteje velja za trditve: »Rad sem v naravi (npr. gozdovi, parki, puščave)« (slika 1), »Žalosten sem, ko je narava uničena« (slika 3) in »Rad raziskujem, katere vrste rastlin in živali živijo v moji okolici« (slika 4).

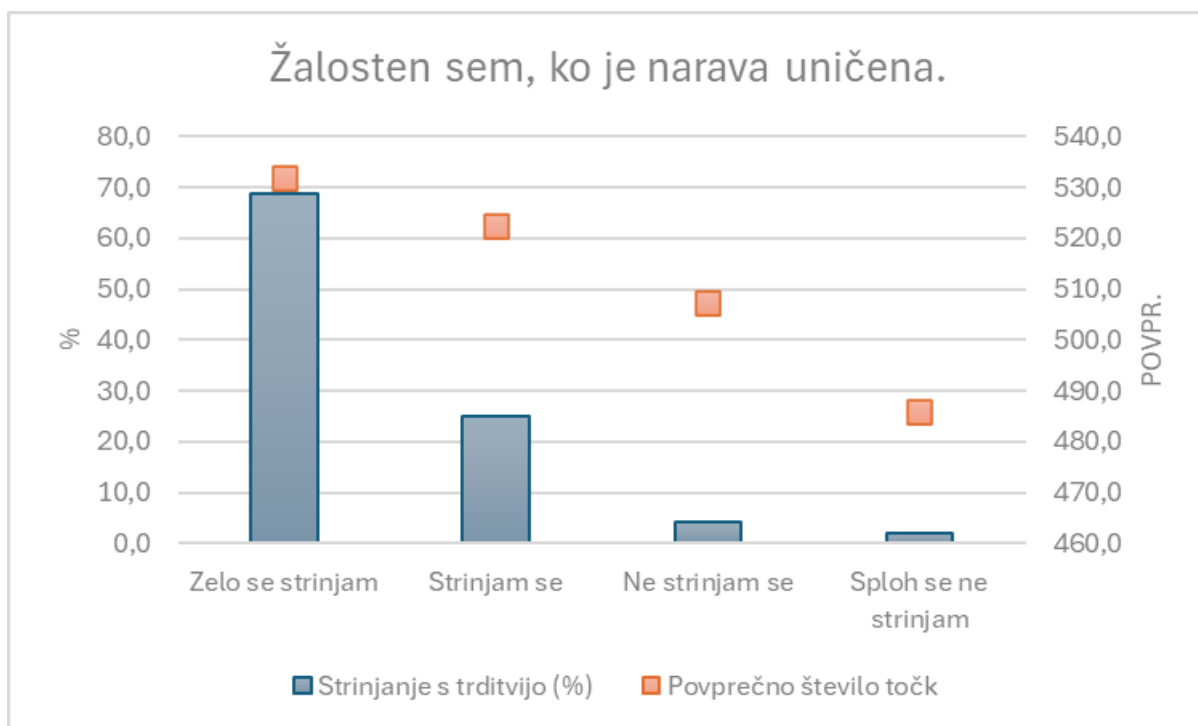
Manj jassen pa je trend povezav med stališči in znanjem pri trditvah »Skrbi me za zaščito rastlin in živali« (slika 2) in »Spopadanje s podnebnimi spremembami bi moralo biti visoka prioriteta« (slika 5), kjer učenci z najbolj pozitivnimi stališči ne izkazujejo najboljšega naravoslovnega znanja. Predvsem je to izrazito pri trditvi o podnebnih spremembah, kjer imajo učenci, ki se ne strinjajo s trditvijo o prioritetni skrbi za problematiko, celo nekoliko višje naravoslovne dosežke. Razlike so sicer majhne.



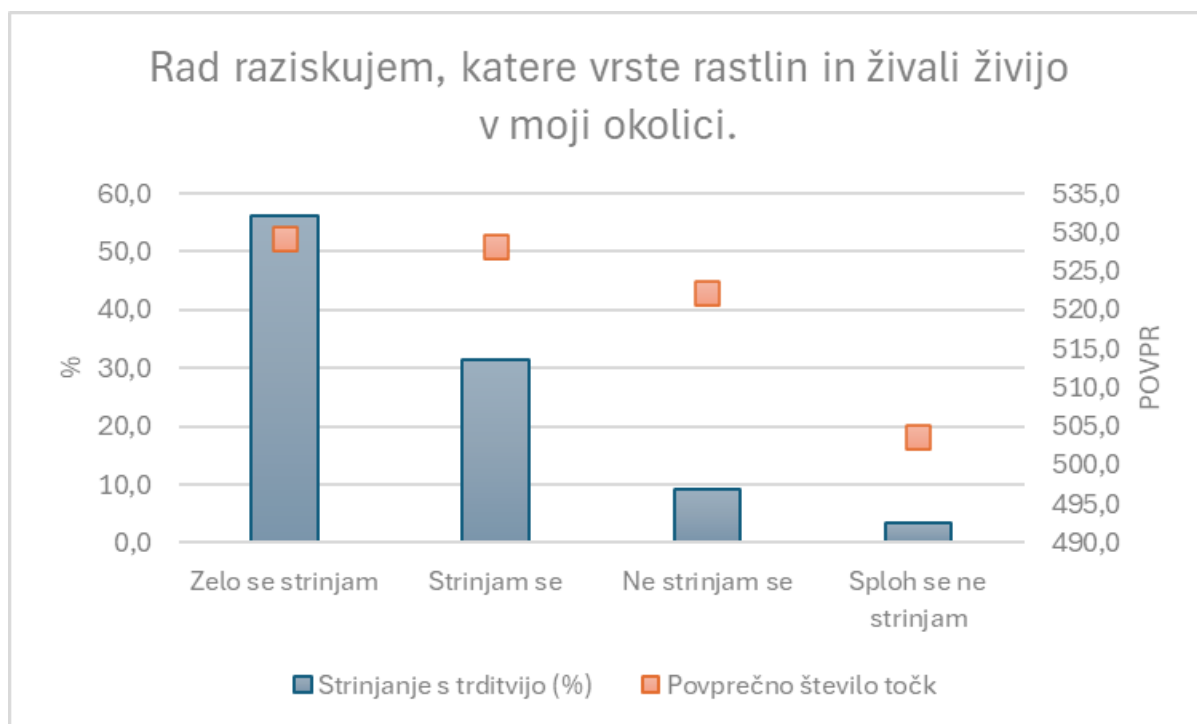
Slika 1: Trditev »Rad sem v naravi.«



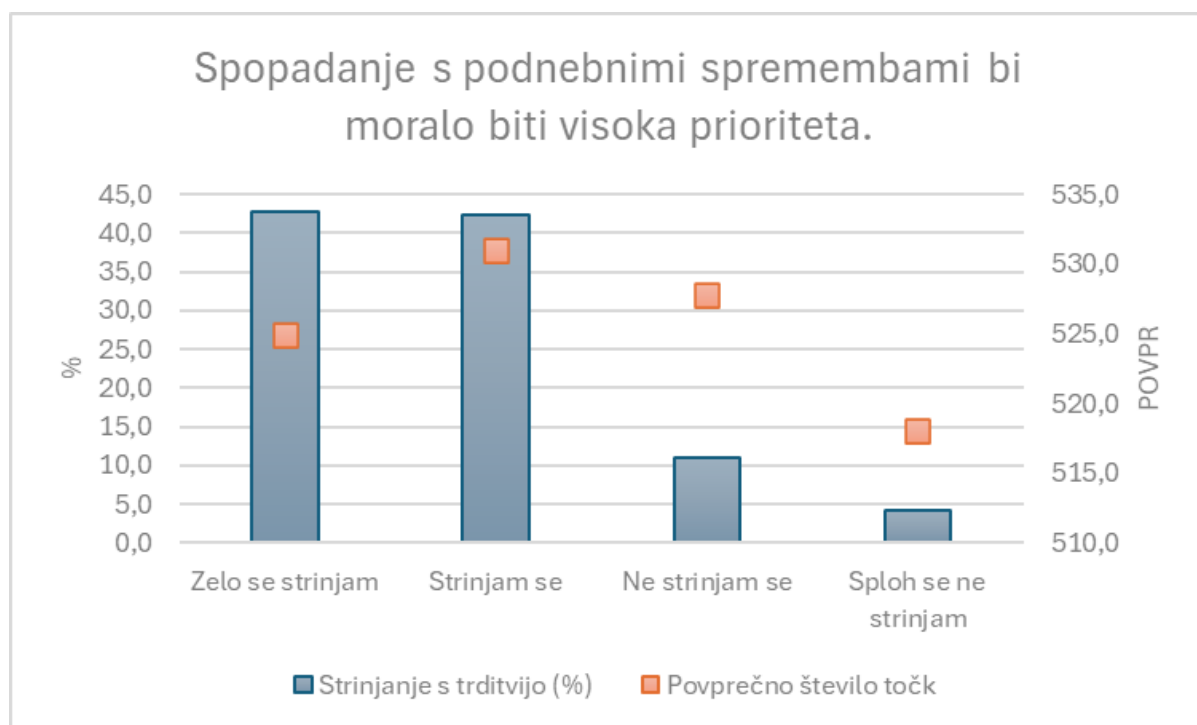
Slika 2: Trditev »Skrbi me za zaščito rastlin in živali.«



Slika 3: Trditev »Žalosten sem, ko je narava uničena.«



Slika 4: Trditev »Rad raziskujem, katere vrste rastlin in živali živijo v moji okolici.«



Slika 5: Trditev »Spopadanje s podnebnimi spremembami bi moralo biti visoka prioriteta.«

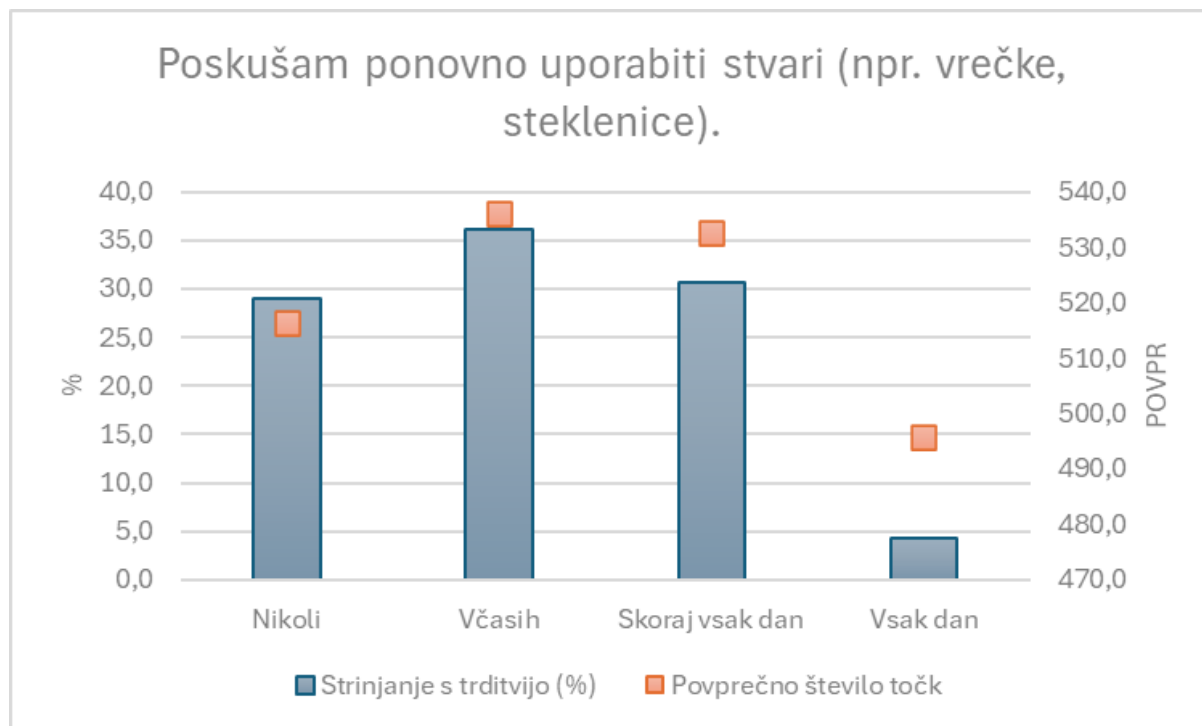
Okoljsko delovanje

Iz grafov (slike 6–11) je razvidno, da slovenski četrtošolci različno pogosto izvajajo izpostavljena okoljska delovanja. Vsak dan ali skoraj vsak dan si več kot polovica (52,7 %) vprašanih prizadeva sodelovati v skupinskih dejavnostih za pomoč okolju. Visok je tudi delež

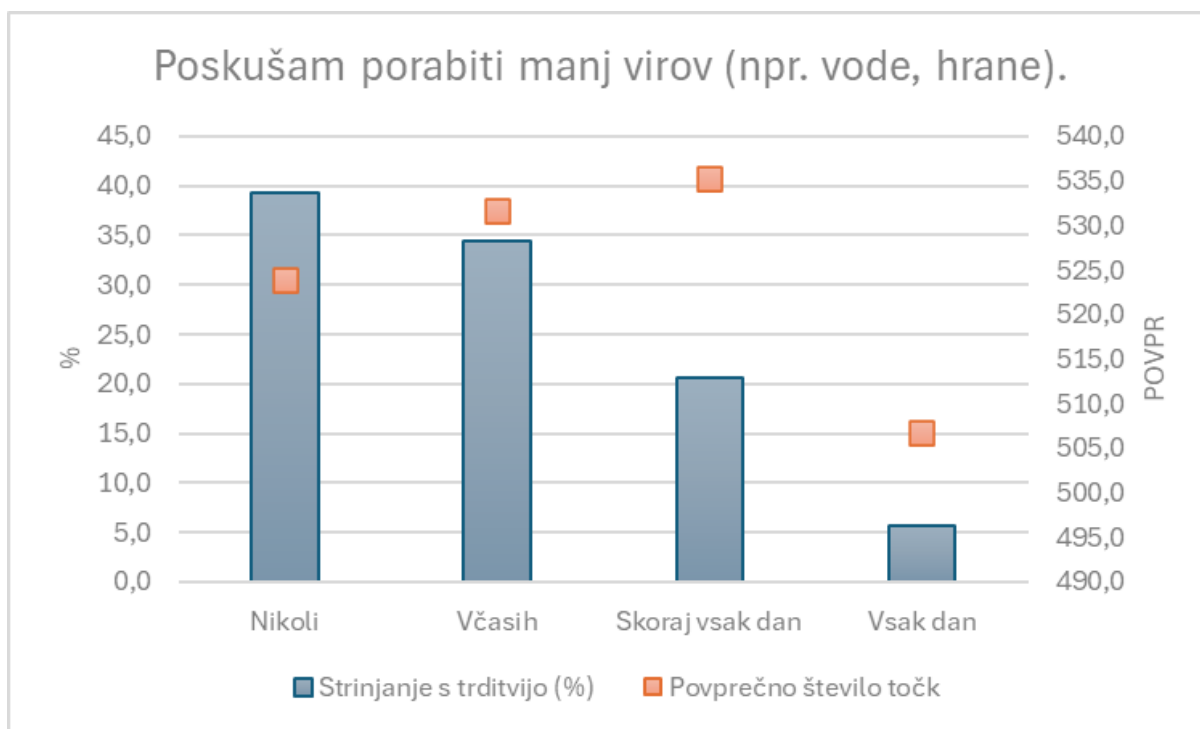
*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

tistih, ki vsak dan ali skoraj vsak dan govori o tem, kako pomagati okolju (41,2 %), ter se poskuša se učiti o okoljskih težavah (39,7 %). Nižji pa so deleži tistih učencev, ki se vsak dan ali skoraj vsak dan trudijo ponovno uporabiti stvari (35,0 %) in porabiti manj virov (26,3 %). Proaktivno delovanje v odnosu do vrstnikov zajema trditev: »Povem svojim prijateljem, kadar počnejo stvari, ki škodujejo okolju.« Delež učencev, ki trdi, da dejanje izvaja vsak dan ali skoraj vsak dan, je 30,5 %.

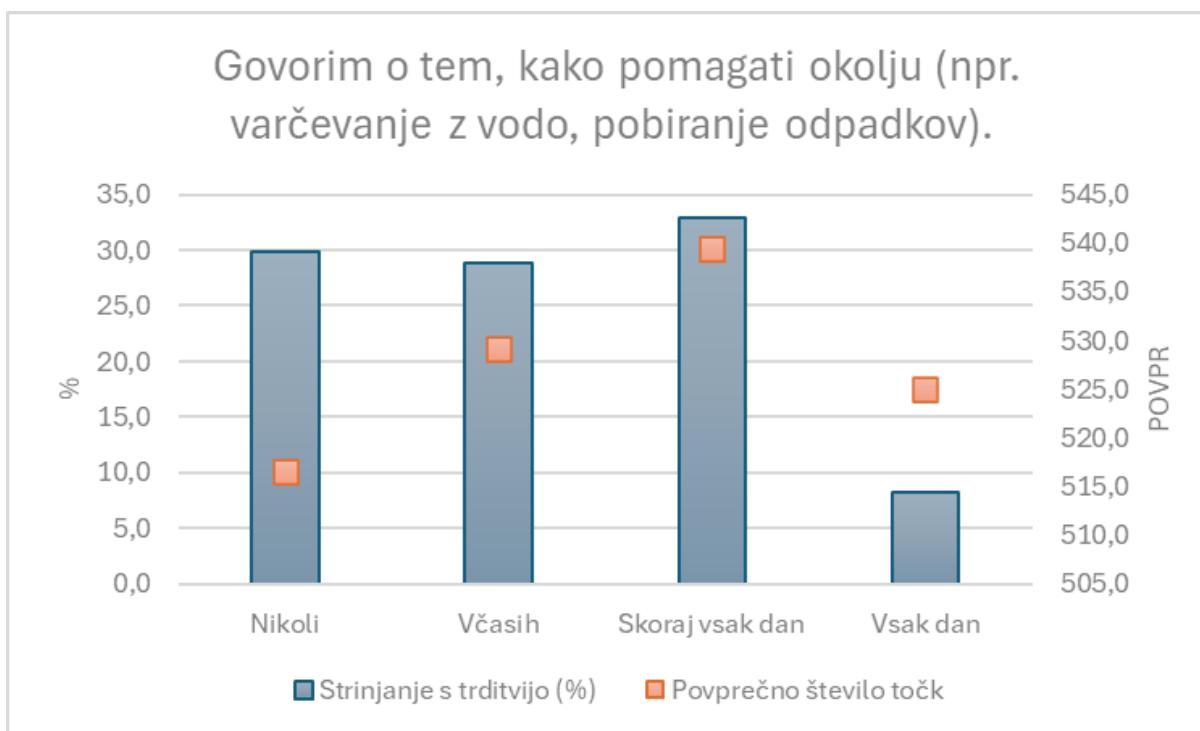
Iz grafov ni opaziti jasnih povezav med okoljskim delovanjem in naravoslovnim znanjem četrtošolcev.



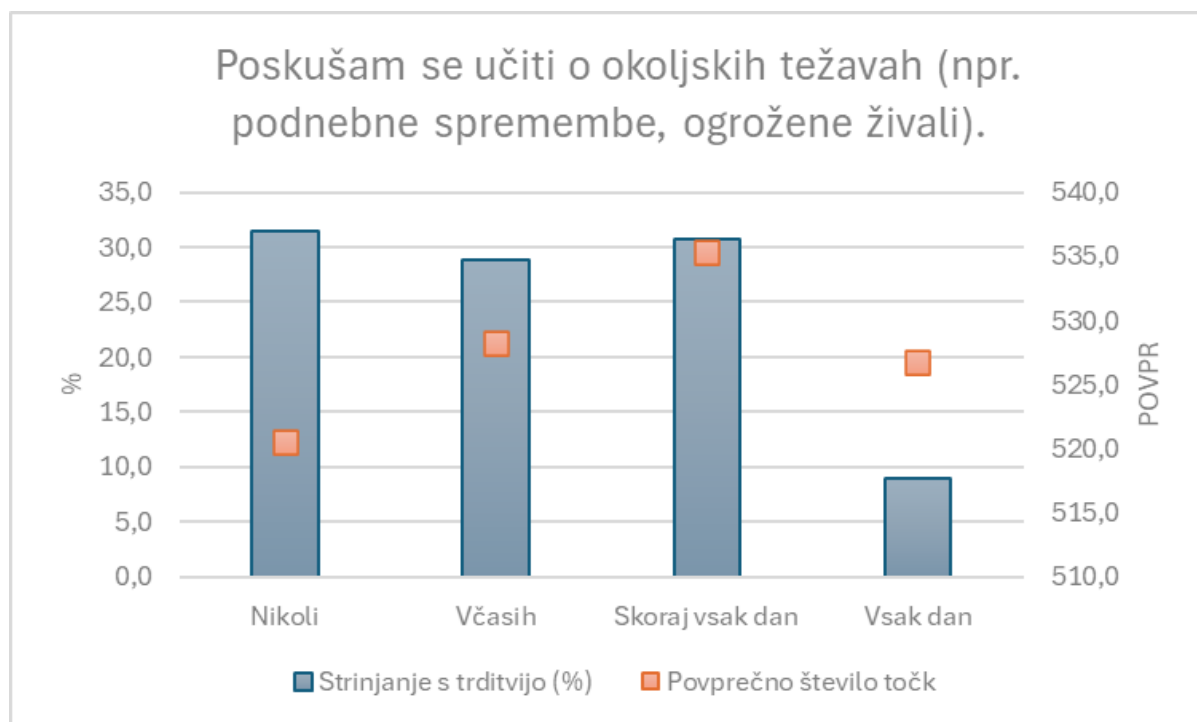
Slika 6: Trditev »Poskušam ponovno uporabiti stvari.«



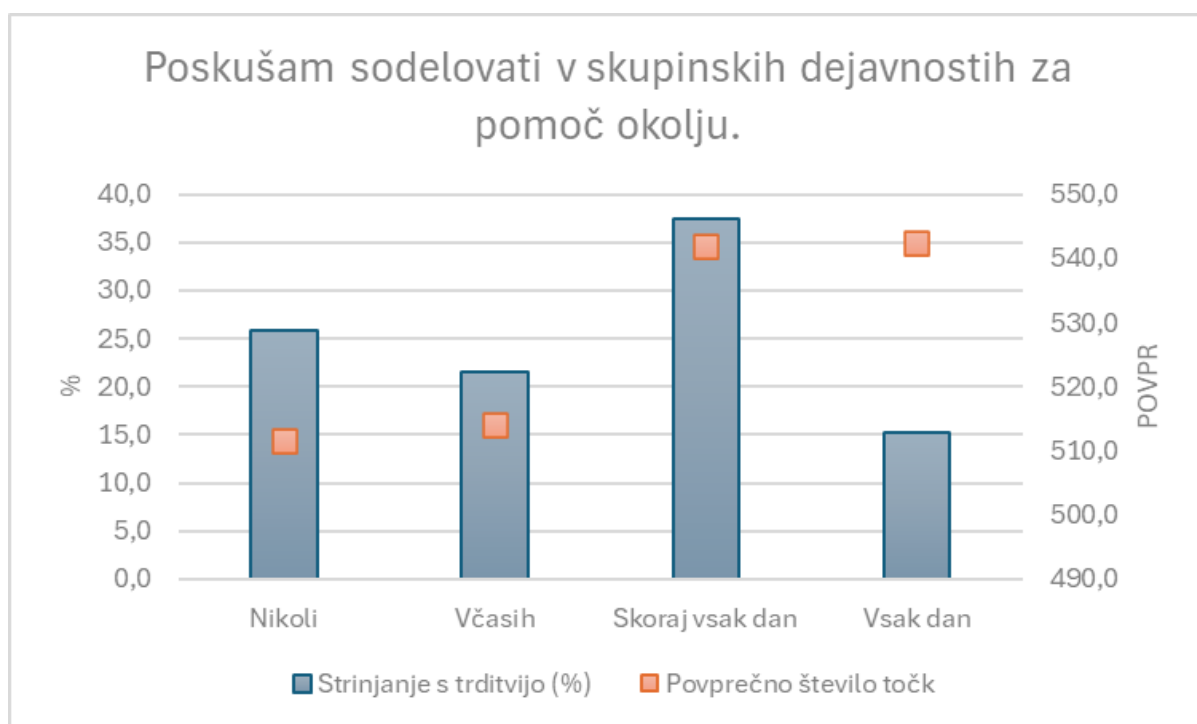
Slika 7: Trditev »Poskušam porabiti manj virov.«



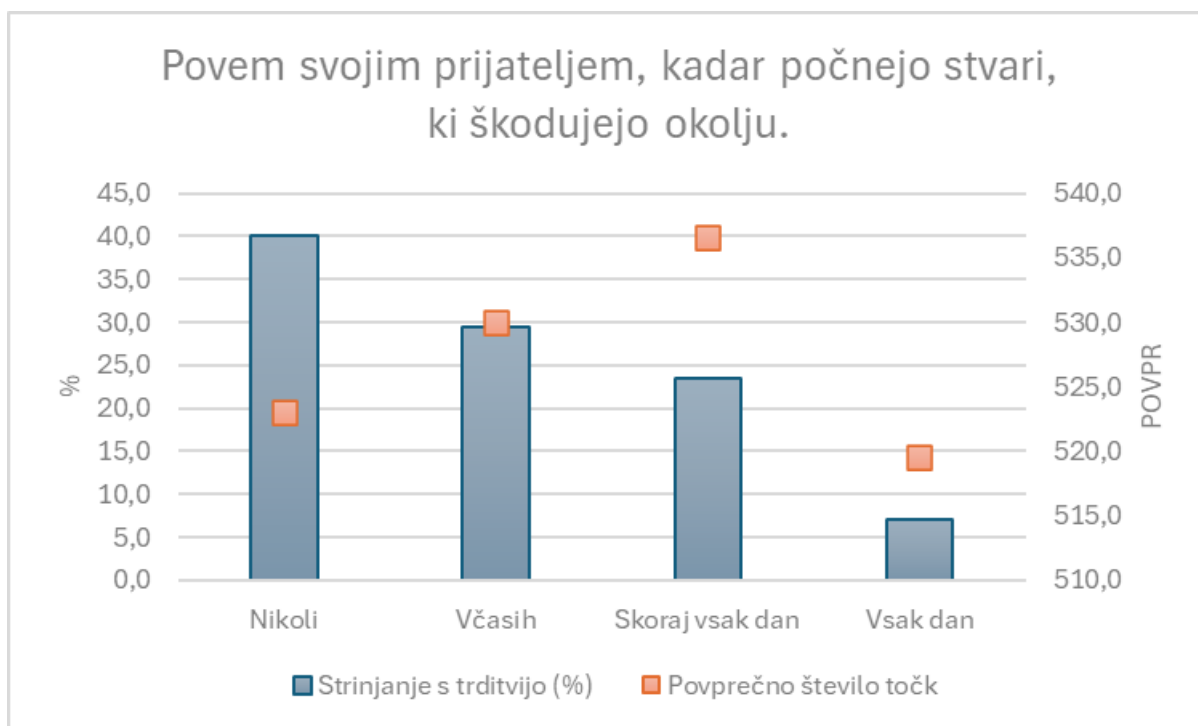
Slika 8: Trditev »Govorim o tem, kako pomagati okolju.«



Slika 9: Trditev »Poskušam se učiti o okoljskih težavah.«



Slika 10: Trditev »Poskušam sodelovati v skupinskih dejavnostih za pomoč okolju.«



Slika 11: Trditev »Povem svojim prijateljem, kadar počnejo stvari, ki škodujejo okolju.«

Diskusija

Raziskava TIMSS 2023 je ugotavljala stališča učencev do ohranjanja okolja in okoljsko delovanje. Japelj Pavešić idr. (2024) ugotavljajo, da slovenski četrtošolci, ki visoko cenijo ohranjanje okolja, izkazujejo v povprečju višje okoljsko znanje. Podrobnejša analiza, ki jo predstavlja pričujoča raziskava, pritrjuje, da je naravoslovno znanje povezano z okoljskimi stališči, kar pa se na žalost ne potrjuje pri okoljskem delovanju slovenskih četrtošolcev. Predvsem je naravoslovno znanje četrtošolcev pozitivno povezano s stališči, ki odražajo njihov interes za spoznavanje narave (npr. raziskovanje živali in rastlin, sprehodi v naravi) in čustvovanje (npr. žalost nad uničenjem narave). Ta ugotovitev je spodbudna, saj tudi druge empirične raziskave, na primer Schneiderhan-Opel in Bogner (2021), poudarjajo močno povezavo med kratkoročnim in dolgoročnim ekološkim znanjem ter okoljskimi vrednotami. Sedmošolci, ki so dosegli višje rezultate pri znanju, so izražali izrazitejšje prookoljske vrednote, kar izpostavlja nujnost vključevanja okoljskih vrednot v načrtovanje vzgojno-izobraževalnih programov za trajnostni razvoj.

Manj izrazita pa je povezava med naravoslovnim znanjem in trditvijo o podnebnih spremembah. Razlike so sicer majhne, vendar lahko nakazujejo na problem dojemanja in sprejemanja kompleksnejših okoljskih problemov. Jacobson in Wilensky (2006) poudarjata, da morajo imeti učenci dovolj priložnosti za učenje o kompleksnih sistemih, saj jim to pomaga pri njihovem razumevanju. Okoljski pojavi in procesi so učencem bolj predstavljeni in razumljeni, kadar postane njihova sistemska narava izrecna (Korfiatis, 2018; Torkar in Kraševac, 2014). Frick idr. (2004) so razumevanje naravnih stanj ekosistema in procesov v njem opredelili kot sistemsko znanje. Sistemsko mišljenje pa je niz veščin, ki jih je mogoče poučevati ločeno, hkrati pa tudi učna strategija, ki pri razumevanju in napovedovanju naravnih pojavov ali kompleksnih umetnih sistemov izrecno upošteva značilnosti sistema (Verhoeff idr., 2018).

Skrb za okolje in trajnostni razvoj temelji na dinamičnem prepletu dveh človekovih pozicij v naravi, ki lahko povzročata kognitivno disonanco – pozicija ohranjanja in pozicija uporabe oziroma izkoriščanja narave. Okoljska stališča lahko – čeprav ne vedno – napovedujejo posameznikovo ravnanje v okolju, vendar empirične raziskave navadno zaznavajo le šibke zveze oziroma velik razkorak med znanjem, izrečenim in dejanji. Razkorak je odvisen od številnih notranjih (npr. vrednote, izobrazba, izkušnje, spol, starost) in zunanjih (npr. infrastruktura, ekonomski status) dejavnikov (Kollmuss in Agyeman, 2002).

Iz rezultatov je razvidno, da slovenski četrtošolci različno pogosto prakticirajo navedena okoljska delovanja, kar je pričakovano, saj je nekatera navedena delovanja težko izvajati vsak dan oziroma so zelo odvisna od okoliščin (npr. za trditev »Povem svojim prijateljem, kadar počnejo stvari, ki škodujejo okolju« 7 % četrtošolcev pravi, da to počnejo vsak dan). Na problematiko razkoraka med govoriti in delovati, ki jo izpostavljata Kollmuss in Agyeman (2002), opozarja primerjava odgovorov na trditvi: »Govorim o tem, kako pomagati okolju (npr. varčevanje z vodo, pobiranje odpadkov)« in »Poskušam porabiti manj virov (npr. vode, hrane)«; o problematiki jih govori 41,2 % vprašanih skoraj vsak dan ali vsak dan, medtem ko jih to skoraj vsak dan ali vsak dan udejanja 15,9 % manj vprašanih.

Nekatera navedena delovanja so individualne narave, kot sta varčevanje s porabo vode in hrane ali ponovna uporaba nakupovalne vrečke in steklenic. Druga delovanja so kolektivna, kot je poučevanje prijateljev o škodljivih ravnanjih do okolja. Individualne iniciative in kolektivna ukrepanja sta tudi kompetenci, opredeljeni v kompetenčnem okvirju GreenComp, na področju kompetenc ukrepanja za trajnostnost (Ahačič idr., 2024; Bianchi idr., 2022). Ukrepanje za trajnostnost vključuje tri ključne razsežnosti: politično angažiranost, kjer posamezniki razumejo politični sistem, prepoznajo odgovornost za netrajnostna dejanja in zahtevajo ustrezne trajnostne politike, kolektivno ukrepanje, ki pomeni sodelovanje z drugimi za doseg sprememb, ter individualno iniciativo, kjer posameznik prepozna svojo vlogo in aktivno prispeva k boljši prihodnosti skupnosti in planeta (Ahačič idr., 2024; Bianchi idr., 2022).

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Raziskava TIMSS 2023 kaže, da so okoljska stališča slovenskih četrtošolcev povezana z njihovim naravoslovnim znanjem, vendar ta povezava ni potrjena pri njihovem dejanskem okoljskem delovanju. Kljub temu da učenci pogosto izražajo okoljsko naravnana stališča, dejansko delovanje pogosto zaostaja, kar potrjuje razkorak med znanjem, stališči in dejanji.

Razkorak med govoriti in delovati za varovanje okolja opozarja na vlogo družine in šole pri vzgoji otrok. Več pozornosti je potrebno nameniti zgodnejšemu in doslednejšemu uvajanju otrok v okoljska delovanja v družini in šoli. V šoli je na prvem mestu potrebno zagotoviti ustrezno učno okolje (tudi šolsko infrastrukturo), ki bo spodbujalo tovrstna delovanja (npr. ravnanje s hrano, trajnostna mobilnost, varčevanje z viri). Ne gre pa zanemariti tudi drugih področij, ki jih izpostavlja VITR kažipot (UNESCO, 2022), kot sta izobraževanje učiteljev in večja participatornost mladih v procesih vzgoje in izobraževanja. Sodeč po odgovorih učencev je pri pouku preveč poudarka na pogovoru oziroma premalo na dejanskem delovanju za okolje, kar je skladno z ugotovitvami iz raziskave Torkar (2014).

Po vsem svetu snovalci politik in praktiki na področju okoljske vzgoje in vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj iščejo načine, kako s pomočjo izobraževanja in komunikacije prispevati k

bolj trajnostni prihodnosti. Pogosto se znajdejo med dvema pristopoma: instrumentalnim (sprememba vedenja) in emancipatornim (osebni razvoj posameznika). Tudi okoljska delovanja, ki jih preverja raziskava TIMSS, lahko po Walsu idr. (2008) razdelimo na instrumentalna, ki stremijo k spreminjanju vnaprej določenih okoljskih vedenj (npr. »Poskušam uporabiti manj virov«), ter emancipatorna, ki skušajo vključiti udeležence v aktivni dialog za doseg okoljskih ciljev in akcij (npr. »Poskušam sodelovati v skupinskih dejavnostih za pomoč okolju«).

Strokovnjaki (npr. Wals idr., 2008; Torkar, 2014; Činčera idr., 2020) se zavzemamo za premik od instrumentalizma k aktivnemu državljanstvu – torej k ustvarjanju prostora, kjer lahko državljani prevzamejo večjo odgovornost za trajnostno prihodnost. V praksi okoljske vzgoje in VITR se pogosto nagibamo k mešanju različnih strategij in metod spremljanja ter vrednotenja, kar je lahko praktično, vendar zahteva premislek, saj temeljijo na različnih predpostavkah. Zato je ključno, da snovalci politik najprej jasno opredelijo naravo želenih sprememb in stopnjo gotovosti glede teh sprememb. Wals idr. (2008) izpostavljajo dve ključni vprašanji: »Kaj želimo spremeniti?« in »Kako prepričani smo, da je to prava sprememba?« Odgovori vplivajo na zasnovo pedagoških intervencij, raven vključenosti deležnikov ter izbiro pristopov izobraževanja, komunikacije in spremljanja učinkov.

V tem kontekstu je potrebno tudi ponovno premisliti vzgojno-izobraževalne vsebine in didaktiko pri predmetih, kot so gospodinjstvo, tehnika in tehnologija, spoznavanje okolja ter naravoslovje in tehnika, kjer bi lahko okoljska delovanja obravnavali bolj sistematično in dosledno. Ključno pa je tudi, da VITR postane celostna usmeritev celotne šole, ne pa odgovornost le enega ali nekaj učiteljev.

Literatura in viri

- Ahačič, K., Banjac, M., Baškarad, S., Belasić, I., Bergoč, Š., Bešter, J., Borota, B., Bratina, K., Brečko, B. N., Breznik, I., Brodnik, A., Čop, J., Gorenc, J., Gradišek, P., Grušovnik, T., Holcar, A., Jerko, A., Jurak, G., Klančnik, B. ... Zupan, B. (2024). *Skupni cilji in njihovo umeščanje v učne načrte in kataloge znanj* (spletna izd.). Zavod Republike Slovenije za šolstvo.
https://www.zrss.si/pdf/skupni_cilji.pdf
- Baierl, T. M., Johnson, B. in Bogner, F. X. (2021). Assessing environmental attitudes and cognitive achievement within 9 years of informal earth education. *Sustainability*, 13(7), 3622.
<https://doi.org/10.3390/su13073622>
- Bianchi, G., Pisiotis, U. in Cabrera Giraldez, M. (2022). *GreenComp The European sustainability competence framework*. Evropska komisija.
<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC128040>
- Bybee, R. W. (2008). Scientific literacy, environmental issues, and PISA 2006: The 2008 Paul F-Brandwein lecture. *Journal of Science Education and Technology*, 17(6), 566–585.
<https://doi.org/10.1007/s10956-008-9124-4>
- Činčera, J., Romero-Ariza, M., Zabic, M., Kalaitzidaki, M. in del Consuelo Díez Bedmar, M. (2020). Environmental citizenship in primary formal education. V *Conceptualizing environmental citizenship for 21st century education* (str. 163–177). Springer International Publishing.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Frick, J., Kaiser, F. G. in Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behavior: Exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality and Individual differences*, 37(8), 1597–1613. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2004.02.015>
- Gunckel, K. L., Covitt, B. A., Salinas, I. in Anderson, C. W. (2012). A learning progression for water in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 843–868. <https://doi.org/10.1002/tea.21024>
- Jacobson, M. J. in Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 11–34. https://psycnet.apa.org/doi/10.1207/s15327809jls1501_4
- Japelj Pavešić, B., Novak, J. in Blaznik, L. (2024). *Znanje matematike in naravoslovja med četrtošolci v Sloveniji in po svetu*. Pedagoški inštitut.
- Johnson, B. in Činčera, J. (2015). Examining the relationship between environmental attitudes and behaviour in education programmes. *Sociální Studia/Social Studies*, 12(3), 97–111. <https://doi.org/10.5817/SOC2015-3-97>
- Kolar, M., Krnel, D. in Velkavrh, A. (2011). Program osnovna šola. Spoznavanje okolja. Učni načrt. Zavod RS za šolstvo. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_spoznavanje_okolja_pop.pdf
- Kollmuss, A. in Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior?. *Environmental education research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- Maurer, M., Koulouris, P. in Bogner, F. X. (2020). Green awareness in action—how energy conservation action forces on environmental knowledge, values and behaviour in adolescents' school life. *Sustainability*, 12(3), 955. <https://doi.org/10.3390/su12030955>
- Olsson, D. in Gericke, N. (2016). The adolescent dip in students' sustainability consciousness—Implications for education for sustainable development. *The Journal of Environmental Education*, 47(1), 35–51. <https://doi.org/10.1080/00958964.2015.1075464>
- Palmer, J. in Neal, P. (1994). *The handbook of environmental education*. Routledge.
- Roczen, N., Kaiser, F. G., Bogner, F. X. in Wilson, M. (2014). A competence model for environmental education. *Environment and Behavior*, 46(8), 972–992. <https://doi.org/10.1177/0013916513492416>
- Schaap, W. in Van Steenbergen, F. (2002). *Ideas for water awareness campaigns*. Global Water Partnership.
- Schneiderhan-Opel, J. in Bogner, F. X. (2021). Cannot see the forest for the trees? Comparing learning outcomes of a field trip vs. a classroom approach. *Forests*, 12(9), 1265. <https://doi.org/10.3390/f12091265>
- Skvarč, M., Glažar, S. A., Marhl, M., Skribe Dimec, D., Zupan, A. in Cvahte, M. (2011). Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje. Učni načrt. Zavod RS za šolstvo.
- Torkar, G. (2014). Learning experiences that produce environmentally active and informed minds. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 69, 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2014.03.002>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Torkar, G., Debevec, V., Johnson, B. in Manoli, C. C. (2021). Assessing children's environmental worldviews and concerns. *CEPS journal*, 11(1), 49–65. <https://doi.org/10.26529/cepsj.793>
- Torkar, G., Fabijan, T. in Bogner, F. X. (2020). Students' care for dogs, environmental attitudes, and behaviour. *Sustainability*, 12(4), 1317. <https://doi.org/10.3390/su12041317>
- Torkar, G. in Krašovec, U. (2019). Students' attitudes toward forest ecosystem services, knowledge about ecology, and direct experience with forests. *Ecosystem services*, 37, 100916. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100916>
- UNESCO. (2022). *Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj: kažipot*. (str. III, 68). UNESCO; Slovenska nacionalna komisija za UNESCO.
- Verhoeff, R. P., Waarlo, A. J. in Boersma, K. T. (2008). Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Journal of Science Education*, 30(4), 543–568. <https://doi.org/10.1080/09500690701237780>
- Vodopivec, I., Papotnik, A., Gostinčar Blagotinšek, A., Skribe Dimec, D. in Balon, A. (2011). *Program osnovna šola. Naravoslovje in tehnika. Učni načrt*. Zavod RS za šolstvo. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_naravoslovje_in_tehnika.pdf
- Wiseman, M. in Bogner, F. X. (2003). A higher-order model of ecological values and its relationship to personality. *Personality and Individual differences*, 34(5), 783–794. [https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/S0191-8869\(02\)00071-5](https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/S0191-8869(02)00071-5)
- Wolff, L. A., Skarstein, T. H. in Skarstein, F. (2020). The mission of early childhood education in the Anthropocene. *Education Sciences*, 10(2), 27. <https://doi.org/10.3390/educsci10020027>

VKLJUČENOST CILJEV TRAJNOSTNEGA RAZVOJA V UČNE NAČRTE OSNOVNOŠOLSKIH PREDMETOV

INTEGRATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS INTO PRIMARY SCHOOL SUBJECT CURRICULA

Stojan Kostanjevec, Nika Štrukelj in Martina Erjavšek

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Trajnostni razvoj predstavlja enega ključnih izzivov sodobne družbe, pri čemer 17 ciljev trajnostnega razvoja (CTR) ponuja celovit okvir za njegovo uresničevanje na različnih ravneh. Namen raziskave je bil identificirati operativne cilje, povezane s 17 CTR, v učnih načrtih obveznih osnovnošolskih predmetov. V raziskavi smo preučevali učne načrte obveznih osnovnošolskih predmetov od prvega do devetega razreda. S kvalitativno vsebinsko analizo in kvalitativno raziskovalno metodo so bili pridobljeni podatki o tem, v katerih učnih načrtih obveznih osnovnošolskih predmetov se pojavijo operativni cilji, vezani na 17 CTR. Rezultati raziskave so pokazali, da se operativni učni cilji, vezani na vsebine 17 CTR, pojavijo v učnih načrtih angleščine, biologije, domovinske in državljanske kulture in etike, družbe, fizike, geografije, gospodinjstva, kemije, likovne umetnosti, naravoslovja, naravoslovja in tehnike, spoznavanja okolja, tehnike in tehnologije, zgodovine in športne vzgoje. V učnih načrtih slovenščine, matematike, italijanščine, nemščine in glasbene umetnosti omenjenih ciljev ni zaznati. Največkrat se vsebine CTR pojavijo pri geografiji in spoznavanju okolja. Med posameznimi cilji izstopata 11. cilj – trajnostna mesta in skupnosti – ter 12. cilj – odgovorna poraba in proizvodnja, ki se v učnih načrtih pojavljata najpogosteje. Raziskava poudarja potrebo po večji integraciji CTR v učne načrte ter spodbujanju medpredmetnega povezovanja trajnostnih vsebin.

Ključne besede: osnovna šola, učni načrti, učni cilji, trajnostni razvoj, cilji trajnostnega razvoja.

Abstract

Sustainable development represents one of the foremost challenges of contemporary society, with the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) providing a comprehensive and globally recognized framework for their realization at multiple levels. The objective of this study was to identify operational objectives related to the 17 SDGs within the curricula of compulsory primary school subjects. The analysis encompassed curricula from the first to the ninth grade of primary education. Employing qualitative content analysis and a qualitative research method, the study generated data on the extent to which operational objectives aligned with the 17 SDGs are integrated into specific subject curricula. The findings indicate that operational learning objectives connected to the SDGs are incorporated into the curricula of English, biology, civic and citizenship education and ethics, social studies, physics, geography, home economics, chemistry, visual arts, natural sciences, science and technology, environmental studies, technology and engineering, history, and physical education. In contrast, such

objectives were not identified in the curricula of Slovene, mathematics, Italian, German, or music education. SDG-related content were most often found in the curricula of geography and environmental studies. Among the individual goals, Goal 11 (Sustainable Cities and Communities) and Goal 12 (Responsible Consumption and Production) were most frequently represented. The study highlights the imperative of enhancing the integration of the SDGs into school curricula and of promoting interdisciplinary approaches that foster systematic engagement with sustainability-related content.

Key words: primary school, curricula, learning objectives, sustainable development, sustainable development goals.

Uvod

Sodobna družba se sooča z izjemnimi okoljskimi izzivi, ki jih povzročajo prekomerno izkoriščanje naravnih virov, onesnaževanje in degradacija ekosistemov. Takšno delovanje ne ogroža le narave in živih bitij, temveč neposredno vpliva tudi na človekov obstoj in blaginjo prihodnjih generacij. V odgovor na te izzive je Organizacija združenih narodov v okviru Agende 2030 opredelila 17 ciljev trajnostnega razvoja (CTR), ki predstavljajo temeljni okvir za preoblikovanje družbe v trajnostno naravnano skupnost. Trajnostni razvoj tako ni zgolj vprašanje nazora, temveč obveza in dolžnost, ki temelji na odgovornem in premišljenem ravnanju z naravnimi viri ter spoštovanju življenja kot takšnega (Krek in Metljak, 2015).

Slovenija se je zavezala doseganju vseh 17 CTR Agende 2030. Prvi prostovoljni pregled uresničevanja ciljev Agende 2030 je bil izveden leta 2017, drugič je Slovenija svoja prizadevanja za uresničevanje ciljev trajnostnega razvoja predstavila leta 2020. Napredek od zadnje predstavitve je bilo moč zaznati skoraj pri vseh CTR. Največje pozitivne spremembe spremljamo pri doseganju prvega cilja – odprava vseh oblik revščine. Podatki kažejo, da se je stopnja tveganja revščine in stopnja socialne izključenosti z 19,2 % zmanjšala na 16,2 %. Narasel je delež kmetijskih površin, namenjenih ekološki pridelavi. Napredek je opazen tudi pri povečanju recikliranja komunalnih odpadkov (Republike Slovenije GOV.SI, 2023a).

Izobraževalni sistem igra ključno vlogo pri uresničevanju CTR, saj z vsebinami učnih načrtov oblikuje zavest in kompetence mladih generacij. Učni načrti, ki jih potrjuje Strokovni svet Republike Slovenije za izobraževanje, ne vključujejo le smernic za pouk posameznih predmetov, temveč tudi širše izobraževalne aktivnosti, ki so vključene v razširjeni program osnovne šole (Republika Slovenija GOV.SI, 2023b). Namen raziskave je bil identificirati operativne učne cilje, povezane s cilji trajnostnega razvoja, v učnih načrtih obveznih osnovnošolskih predmetov ter ugotoviti, katere vsebine CTR se obravnavajo in kako pogosto se pojavljajo. Raziskava je bila izvedena s kvalitativno vsebinsko analizo vseh učnih načrtov obveznih predmetov v osnovni šoli v Sloveniji. Pridobljeni rezultati ponujajo vpogled v trenutno vključenost vsebin CTR v osnovnošolske učne načrte ter prispevajo k razumevanju, kako lahko izobraževalni sistem podpira trajnostni razvoj v prihodnje.

Cilji trajnostnega razvoja

CTR predstavljajo jasno opredeljene smernice in namene, ki usmerjajo posameznike, skupine ali organizacije pri doseganju zelenih rezultatov trajnostnega razvoja. V izobraževalnem kontekstu so cilji ključni, saj učencem in učiteljem omogočajo, da natančno določijo, kaj je treba doseči, katere kompetence razviti in katere spremembe v vedenju ali razumevanju

spodbujati. Dobro zastavljeni cilji ne le strukturirajo učenje, ampak tudi omogočajo merjenje napredka ter vrednotenje učinkovitosti poučevanja.

V okviru vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj (VITR) imajo cilji še posebej velik pomen. VITR ni le prenos znanja, temveč tudi oblikovanje vrednot, odnosov in odgovornega ravnanja posameznikov do okolja, družbe in gospodarstva. Cilji v tem kontekstu usmerjajo učence k razumevanju kompleksnih globalnih izzivov, razvijanju kritičnega mišljenja, sodelovanja ter sprejemanju trajnostnih odločitev v vsakdanjem življenju. Brez jasno opredeljenih ciljev bi bilo težko zagotoviti, da izobraževanje za trajnostni razvoj resnično prispeva k spremembam, ki jih naša družba nujno potrebuje.

193 držav je sprejelo 17 CTR, ki predstavljajo jasno spodbudo vsem vključenim ne glede na njihov gospodarski ali ekonomski status, da začnejo sprejemati ukrepe za doseganje blaginje in si prizadevajo za varovanje okolja (Organizacija združenih narodov, 2023).

CTR so predstavljeni v nadaljevanju.

1. Odprava revščine: preprečiti skrajno revščino, zagotoviti socialno zaščito in enake možnosti za ranljive skupine, zmanjšati vplive naravnih in gospodarskih kriz na revne.
2. Odprava lakote: omogočiti dostop do zadostne, hranilno ustrezne hrane, zmanjšati zaostanek v rasti otrok in izboljšati kmetijski donos ob trajnostni proizvodnji.
3. Zdravje in dobro počutje: zmanjšati umrljivost mater in otrok, preprečevati epidemije, izboljšati duševno zdravje, univerzalno zdravstveno pokritost in zmanjšati vplive onesnaženja.
4. Kakovostno izobraževanje: zagotoviti enakovreden dostop do osnovnega, srednjega, tehničnega in visokošolskega izobraževanja, spodbujati pismenost in znanje o trajnostnem razvoju.
5. Enakost spolov: odpraviti vse oblike diskriminacije in nasilja nad ženskami, otroške poroke, omogočiti enakopravno participacijo v politiki, gospodarstvu in lastništvu zemljišč.
6. Čista voda in sanitarna ureditev: omogočiti dostop do čiste pitne vode, ustrezne higiene in sanitarnih razmer, zmanjšati onesnaževanje in trajnostno upravljati vodne vire.
7. Cenovno dostopna in čista energija: zagotoviti dostop do sodobne in obnovljive energije, povečati energetske učinkovitost in podpreti energetskega infrastrukturo v razvoju.
8. Dostojno delo in gospodarska rast: spodbujati trajnostno gospodarsko rast, podjetništvo, dostojna delovna mesta, odpravo prisilnega dela in otroškega dela.
9. Industrija, inovacije in infrastruktura: razviti zanesljivo infrastrukturo, trajnostno industrializacijo, inovacije in dostop do tehnologije ter interneta, zlasti v manj razvitih državah.
10. Zmanjšanje neenakosti: zmanjšati dohodkovne in socialne razlike, spodbujati vključenost vseh ljudi in omogočiti varne migracije.
11. Trajnostna mesta in skupnosti: zagotoviti cenovno dostopna, varna in trajnostna mesta, dostop do komunalnih storitev, javnih površin in kakovostnega okolja.

12. Odgovorna poraba in proizvodnja: učinkovita raba naravnih virov, zmanjšanje odpadkov, recikliranje, trajnostna proizvodnja in potrošnja ter ozaveščanje ljudi.
13. Podnebni ukrepi: zmanjševati podnebne spremembe, uvajati pripravljenost na naravne nesreče in podpirati države v razvoju pri podnebnih ukrepih.
14. Življenje v vodi: ohranjati in obnoviti morske ekosisteme, zmanjšati onesnaževanje, prelov in nezakoniti ribolov ter zaščititi obalne vode.
15. Življenje na kopnem: ohranjati kopenske ekosisteme, biotsko raznovrstnost, zmanjševati krčenje gozdov, preprečevati divji lov in invazivne vrste.
16. Mir, pravica in močne institucije: spodbujati mir, pravico in močne institucije, preprečevati nasilje, korupcijo in kršitve človekovih pravic.
17. Partnerstva za cilje: krepitev globalnega sodelovanja, mobilizacija finančnih in tehničnih sredstev ter podpora trajnostnemu razvoju vseh držav (Organizacija združenih narodov, 2023).

Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj

VITR ima ključno vlogo pri uresničevanju ciljev trajnostnega razvoja, saj zagotavlja znanje, spretnosti, vrednote in stališča, potrebna za odgovorno ravnanje z okoljem in trajnostni razvoj družbe. Pomembnost VITR je bila že izpostavljena v Agendi 21, medtem ko so leta 2005 Združeni narodi pod okriljem DVITR (Desetletje vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj) poskušali trajnostne vrednote, načela in prakse vključiti v vzgojo in izobraževanje. DVITR je sledil Globalnemu akcijskemu načrtu (GAP) o VITR, ki je danes integriran v Agendo 2030 (Rieckmann, 2017). Sodobni dokument VITR za 2030 se navezuje na 4. CTR – kakovostno izobraževanje – in ga izvaja UNESCO kot vodilna agencija na tem področju. Njegov glavni doprinos je poudarjanje pomena vzgoje in izobraževanja za gradnjo bolj trajnostnega sveta. Cilj je spodbuditi vlade k preoblikovanju vzgojno-izobraževalnega sistema, da bi do leta 2030 povečali delež mladih in odraslih, ki obvladajo temeljne pismenosti in matematične spretnosti. Odgovorno ravnanje z okoljem je namreč odvisno od posameznikovega znanja, ozaveščenosti, razumevanja vsebin, stališč in vrednot (Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj: kažipot, 2022).

Vključevanje vsebin trajnostnega razvoja v vzgojno-izobraževalni sistem ne zadeva le posameznih predmetov, temveč šolo kot celoto, pri čemer se povezujejo družboslovni, naravoslovno-tehnični in humanistični vidiki (Krek in Metljak, 2015; Hendrikse, 2022). Tovrstna znanja mladim omogočajo kritično vrednotenje uveljavljenih vzorcev sodobnega sveta, pri čemer imajo ključno vlogo učitelji, ki učencem pomagajo pri oblikovanju moralnih prepričanj in razreševanju vprašanj, povezanih s trajnostnim razvojem (Torkar, 2013).

Okoljska vzgoja se lahko v vzgojno-izobraževalnem sistemu vključuje na tri načine: kot samostojen predmet, kot del interdisciplinarnega predmetnega področja ali kot sestavni del večine predmetov (multidisciplinarni način). V Evropski uniji manj kot polovica držav uporablja samostojni predmet, najpogosteje pa se okoljska vzgoja izvaja multidisciplinarno, predvsem v okviru naravoslovnih predmetov. V Sloveniji prevladuje interdisciplinarni način, kjer se vsebine vključujejo v okvir določenega števila ur pri posameznih predmetih (Potočnik, Golob in Sikošek, 2010). Posredovanje znanja temelji na aktivnem učenju, ki

spodbuja kritično mišljenje in mentalno aktivnost učencev, saj je ustrezna ekološka pismenost ključna za razumevanje trajnosti (Torkar, 2014).

Empirične raziskave potrjujejo raznolikost vključevanja vsebin trajnostnega razvoja v učne načrte. Raziskava v Turčiji je pokazala, da se največ operativnih ciljev, povezanih s cilji trajnostnega razvoja, pojavi v 8. razredu osnovne šole, pri čemer prevladujejo cilji pridobivanja novih znanj in razumevanja, okoljska dimenzija pa je najbolj izpostavljena (Tatlilioğlu, 2019).

VITR za 2030 izpostavlja pet prednostnih področij delovanja: razvoj politik, preoblikovanje učnih okolij, poglobljanje kompetenc izobraževalcev, opolnomočenje lokalnih skupnosti in mladih ter pospeševanje delovanja na lokalni ravni (Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj: kažipot, 2022). Ti pristopi so ključni za učinkovito integracijo trajnostnega razvoja v vse ravni izobraževalnega sistema in za spodbujanje trajnostnega vedenja mladih generacij.

Slovenska nacionalna Komisija za pripravo skupnih ciljev in njihovo umeščanje v učne načrte in kataloge znanj je pri pripravi kurikularnega dokumenta leta 2023 določila pet področij skupnih ciljev: digitalne kompetence, jezik, državljanstvo, kultura in umetnost, podjetnost, trajnostni razvoj ter zdravje in dobrobit. Znotraj teh področij je izbrala kompetence in zanje določila temeljne cilje, ki jih predmetne kurikularne komisije smiselno umeščajo med predmetne cilje in standarde znanja v učne načrte predmetov ter v didaktična priporočila ob prenovi učnih načrtov predmetov v obveznem izobraževanju. S tem je Komisija poudarila pomen VITR, ki ga opredeljuje kot vseživljenjski, celostni in transformativni proces, ki vključuje učne vsebine, pedagoške pristope, učne rezultate in učniško okolje in razvija spoznavne, socialne, emocionalne in vedenjske kompetence, ki omogočajo odgovorno odločanje za okoljsko, gospodarsko in družbeno trajnost. (Skupni cilji in njihovo umeščanje v učne načrte in kataloge znanja, 2024).

Tudi Evropski okvir kompetenc za trajnostnost izpostavlja štiri ključna področja: (1) poosebljanje vrednot trajnostnosti, (2) sprejemanje kompleksnosti trajnostnosti, (3) zamišljanje trajnostnih prihodnosti in (4) ukrepanje za trajnostnost. Ta pristop omogoča učencem in odraslim, da razvijejo kompetence za informirano odločanje in aktivno ukrepanje v smeri trajnostne prihodnosti (Bianchi, Pisiotis in Cabrera, 2022).

Namen in cilji

Namen raziskave je bil identificirati operativne cilje, povezane s 17 CTR, v obstoječih učnih načrtih obveznih osnovnošolskih predmetov. Tema je za raziskovanje pomembna, saj je aktualna in do sedaj v takšni obliki še ni bila raziskana. V sklopu Agende 2030 je bil predstavljen dokument Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj, ki poudarja pomen vzgoje in izobraževanja za gradnjo bolj trajnostnega sveta (Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj: kažipot, 2022). Z raziskavo smo ugotavljali, koliko so v učne načrte obveznih osnovnošolskih predmetov vključene vsebine, povezane s 17 CTR. Rezultati raziskave lahko prispevajo h kakovostnejši prenovi učnih načrtov osnovnošolskih predmetov, ki jo usmerja tudi Komisija za pripravo ciljev in je v okviru enega od petih področij skupnih ciljev v procesu prenove poudarila pomen trajnostnega razvoja (Skupni cilji in njihovo umeščanje v učne načrte in kataloge znanja, 2024).

V okviru ciljev raziskave smo oblikovali naslednja raziskovalna vprašanja:

RV1: V katerih učnih načrtih obveznih osnovnošolskih predmetov se pojavijo operativni cilji, vezani na 17 CTR?

RV2: Katere vsebine 17 CTR se pojavljajo v operativnih ciljih učnih načrtov obveznih osnovnošolskih predmetov?

RV3: Kateri od 17 CTR se najpogosteje in kateri najredkeje pojavijo v učnih načrtih?

Metoda

Raziskava je temeljila na kvalitativni raziskovalni metodi s kvalitativno vsebinsko analizo dokumentov.

Vzorec

Vzorec je bil izbran namensko. Vključeval je učne načrte obveznih osnovnošolskih predmetov od prvega do devetega razreda, ki so bili dostopni v spletni obliki in na spletnem portalu Digitalni učni načrti (<https://dun.zrss.augmentech.si/#/>).

Opis postopka zbiranja podatkov

Za identifikacijo vsebin, vezanih na 17 CTR, je bila uporabljena kvalitativna vsebinska analiza dokumentov, ki je zajemala pregled učnih načrtov obveznih osnovnošolskih predmetov. Analizo smo izvedli na dva načina, najprej s pomočjo ugotavljanja prisotnosti določenih ključnih besed v operativnih učnih ciljih osnovnošolskih predmetov (deduktiven pristop). Pri tem je bil uporabljen seznam ključnih besed, ki so ga oblikovali avtorji raziskave *Izobraževanje učiteljev za trajnostni razvoj: Analiza kurikula dveh študijskih programov Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani* (Rožman, Fiel'ardh, Košak Babuder, Javornik, Fujii in Torkar, 2023). Analiza s ključnimi besedami je bila izvedena na učnih načrtih, ki so objavljeni v spletni obliki na strani Digitalni učni načrti (<https://dun.zrss.augmentech.si/#/>). Ta spletna stran omogoča iskanje operativnih učnih ciljev in vsebin z uporabo ključnih besed. Temu je sledila kvalitativna vsebinska analiza učnih načrtov, ki je temeljila na predhodni teoretični obravnavi 17 CTR, na katero smo se pri identifikaciji operativnih ciljev sklicevali (induktivni pristop). Podrobne informacije in razlago o 17 CTR smo pridobili v knjigi *Spremenimo svet: agenda za trajnostni razvoj do leta 2030* (Justinek, Novalija, Šekoranja in Štrukelj, 2015) in v dokumentu *The sustainable development goals report* (United Nations, 2022). Pridobljeni podatki obeh analiz so bili pregledani s strani dveh strokovnjakov, s pomočjo katerih je bil sprejet konsenz o ustrezni opredelitvi povezanosti posameznega operativnega učnega cilja v učnem načrtu s 17 CTR. Podatki so bili obdelani na deskriptivni ravni.

Rezultati

S kvalitativno vsebinsko analizo dokumentov smo pridobili podatke o operativnih učnih ciljih, vezanih na 17 CTR, ki so bili navedeni v učnih načrtih obveznih osnovnošolskih predmetov. V preglednici 1 so predstavljeni rezultati analize CTR glede na posamezni predmet.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 1: Vključenost CTR v operativne cilje obveznih osnovnošolskih predmetov

Predmet	Število operativnih ciljev predmeta, ki so povezani s CTR	CTR
TJA	1	10. cilj
BIO	8	2., 3., 6., 11., 12., 13., 14., 15. cilj
DKE	6	4., 5., 8., 10., 11., 16. cilj
DRU	9	3., 4., 8., 10., 11., 12., 13., 15., 16. cilj
FIZ	2	7., 13. cilj
GEO	14	2., 3., 4., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16. cilj
GUM	/	/
GOS	5	3., 5., 6., 10., 11., 12. cilj
ITA	/	/
KEM	5	3., 7., 11., 12., 13. cilj
LUM	1	12. cilj
MAT	/	/
NAR	9	2., 3., 6., 7., 11., 12., 13., 14., 15. cilj
NIT	11	2., 3., 4., 6., 7., 10., 11., 12., 13., 14., 15. cilj
NEM	/	/
SLJ	/	/
SPO	13	1., 2., 3., 4., 5., 8., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16. cilj
TIT	7	3., 7., 9., 11., 12., 13., 15. cilj
ZGO	7	5., 8., 9., 10., 11., 12., 16. cilj
ŠPO	5	3., 10., 11., 12., 15. cilj

Legenda: SPO – Spoznavanje okolja, TJA – Tuji jezik – angleščina, BIO – Biologija, DRU – Družba, DKE – Domovinska in državljanska vzgoja ter etika, FIZ – Fizika, GEO – Geografija, GOS – Gospodinjstvo, ITA – Italijanščina, KEM – Kemija, LUM – Likovna umetnost, MAT – Matematika, NIT – Naravoslovje in tehnika, SLJ – Slovenščina, TIT – Tehnika in tehnologija, ZGO – Zgodovina, ŠPO – Šport, NAR – Naravoslovje in tehnika.

Operativni cilji, vezani na 17 CTR, se pojavijo pri 15 predmetih: TJA, BIO, DKE, DRU, FIZ, GEO, GOS, KEM, LUM, NAR, NIT, SPO, TIT, ZGO in ŠPO. Pri tretjini rednih predmetov v predmetniku osnovne šole (SLJ, MAT, ITA, NEM in GUM) nismo zasledili operativnih ciljev, vezanih na vsebine 17 CTR. Največ CTR se obravnava pri predmetu GEO in predmetu SPO (preglednica 1). V nadaljevanju podrobneje predstavljamo vsebine 17 CTR glede na predmete GEO, SPO, NIT, kjer se pojavlja več CTR in pri predmetu GOS, ki obravnava več področij, v katere je mogoče vključevati CTR.

Pri predmetu GEO se v operativnih učnih ciljih pojavijo vsebine o pomenu varne in zdrave hrane, stalnega napredka na področju kmetijstva za izboljšanje naravnih razmer za kmetovanje (2. CTR) ter vsebine, vezane na zastrupitve s hrano (3. CTR). Pri predmetu se obravnavajo tudi vsebine o pomenu znanja za možnost zaposlovanja v EU ter vsebine o načelih trajnostnega razvoja in odgovornega ravnanja z okoljem (4. CTR). Učenci pri tem predmetu spoznajo konkretno problematiko preskrbe z vodo v Avstraliji in problem onesnaževanja podtalnice (6. CTR); energetske vire v Sloveniji ter pomen energije za človeka in družbo (7. CTR); gospodarsko zmogljivost in usmerjenost Indije, Avstralije, Severne Amerike in Zahodne Evrope; pomen podnebnih in rastlinskih pasov za gospodarstvo in poselitev, pomen polarnih območij ter trgovine za gospodarski razvoj Slovenije (8. CTR). Vsebine pri predmetu Geografija so vezane tudi na pomen industrije za človeka in vpliv le-te na okolje ter vpliv tehnološkega razvoja in postindustrijske dobe na pokrajino (9. CTR). Učenci se srečajo z vsebinami o rasnem razlikovanju, verski različnosti, asimilaciji, integraciji in segregaciji različnih kultur ter pomenu migracij za medkulturne stike in dialog (10. CTR).

Spoznajo pomen ohranjanja in spoštovanja slovenske naravne in kulturne dediščine ter razvijajo občutek pripadnosti slovenski državi. Pri predmetu GEO se obravnava tudi vsebine o varni udeležbi posameznika v prometu (11. CTR), učenci spoznajo pomen industrije za človeka in vplive le-te na okolje (12. CTR) in obravnavajo pomen varovanja ogroženih območji (13. CTR), onesnaženost morja, pomen rek za prebivalstvo (14. CTR) in krčenje Amazonskega pragozda ter obravnavajo posledice tovrstnega ravnanja (15. CTR). Poleg tega obravnavajo pomen stališč in vrednot, kot so spoštovanje drugih narodov in kultur ter mednarodno sodelovanje (16. CTR).

Analiza učnih načrtov je pokazala, da se pri predmetu SPO obravnavajo vsebine, vezane na odpravo revščine (1. CTR), pomen hrane za človekovo preživetje, ustrezno prehranjenost in telesni razvoj (2. CTR) ter vsebine, povezane s posledicami, ki jih ima kmetijstvo na naše okolje (2. CTR). Obravnavajo se tudi vsebine, vezane na ohranjanje zdravja ljudi, zdravo prehrano, higieno in duševno zdravje ter varno udeležbo v prometu (3. CTR). Učenci spoznajo značilnosti trajnostnega razvoja in pomen kakovostnega izobraževanja za možnost zaposlitve (4. CTR). Obravnava se problematika enakosti med spoloma (5. CTR), vsebine, vezane na pomen sodelovanja Slovenije z drugimi državami (8. CTR), učenci pa spoznajo tudi različne oblike družinskih skupnosti ter razvijajo strpen odnos do njih in ovrednotijo pomen svobodne izbire posameznika ne glede na spol in spoštovanje drugačnosti (10. CTR). Pri predmetu Spoznavanje okolja se obravnavajo glavni onesnaževalci okolja, ustrezno ravnanje z odpadki ter pomen dediščine (11. CTR). Obravnava se vloga posameznika pri ohranjanju naravnega okolja, recikliranje in vpliv potrošništva na okolje (12. CTR). Učenci spoznajo glavne onesnaževalce vode, zraka in tal (13. CTR) ter se srečajo s problematiko onesnaževanja morja (14. CTR). Promet obravnavajo kot enega od onesnaževalcev prsti (15. CTR), vsebine, vezane na pomen pravil v družbi, človekove pravice in dolžnosti ter vrste nasilja pa so povezane s 16. CTR.

Pri predmetu NIT, ki se izvaja v 4. in 5. razredu, učenci spoznajo človeško telo in medsebojno odvisnost živih bitij pri prehranjevanju (2. CTR). 3. CTR, ki vključuje področje zdravja, je obravnavan z vsebinami o skrbi za zdravje, ukrepih za preprečevanje bolezni in nesreč, ki jih predstavlja promet in neprimerno ravnanje z električnimi napravami. Pri predmetu učenci obravnavajo pomen trajnostnega razvoja, ki zagotavlja kakovostno izobraževanje o trajnostnem razvoju (4. CTR). 6. CTR obravnava varovanje voda in učenci se seznani s problematiko onesnaževanja voda ter utemeljijo pomen varovanja voda. Obravnava virov energije in obnovljivih virov je povezana s 7. CTR. Obravnava vsebin o nujnosti sodelovanja in medsebojni strpnosti med ljudmi se povezuje z 10. CTR. Ravnanje z odpadki v naseljih in problematika onesnaženosti zraka v mestih je vsebina, ki jo vključuje 11. CTR. O odgovorni pridelavi in proizvodnji se učenci seznani pri obravnavi ravnanja z odpadno embalažo in recikliranjem različnih materialov, kar je povezano z 12. CTR. Podnebne ukrepe (13. CTR) obravnavajo pri vsebinah o posledicah človekovega nenehnega poseganja v naravno okolje. Cilj predmeta je, da učenci znajo napovedati posledice človekovega nenehnega poseganja v naravno okolje, kamor uvrščamo tudi vode, učenci pa tudi vrednotijo učinke posegov, kar je povezano s 14. CTR, ki obravnava življenje v vodi. Obravnava vsebin 15. CTR je povezana z obravnavo življenja na kopnem in učenci se seznani s pomenom prsti in preprečevanjem onesnaževanja kopnega.

Pri predmetu GOS, ki je v predmetniku osnovne šole v 5. in 6. razredu, so obravnavane vsebine, ki so povezane s šestimi CTR. Vsebine, vezane na ohranjanje zdravja posameznika

z uravnoteženo prehrano, ustrezno higieno zob, lastno higieno, skrbjo za duševno zdravje, ustrezno obutvijo, preprečevanjem nesreč, športno aktivnostjo in počitkom ter ukrepi ob zastrupitvi s hrano so povezane s 3. CTR. Obravnavajo se vsebine, vezane na delitev dela znotraj družine (5. CTR). Učenci spoznajo pomen ustrezne uporabe sanitarij, skrb za zmanjševanje onesnaženosti okolja (6. CTR) in obravnavajo pojem pripadnost (10. CTR). Učenci se seznaniijo z različnimi vrstami odpadkov, pravilnim ravnanjem z njimi in recikliranjem (11. CTR), ovrednotijo prispevek oglaševanja k nezdravemu potrošništvu in pomen oglaševanja izdelkov. Učenci obravnavajo pravilno ravnanje s kuhinjskimi odpadki in ekološko čiščenje ter obravnavajo pojma proizvodnja in poraba (12. CTR) (preglednica 2).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 2: CTR glede na predmet v osnovnošolskem izobraževanju

CTR	Predmet
1 ODPRAVA REVŠČINE 	SPO
2 ODPRAVA LAKOTE 	BIO, GEO, NAR, NIT in SPO
3 ZDRAVJE IN DOBRO POČUTJE 	BIO, DRU, GEO, GOS, KEM, NAR, NIT, SPO, TIT in ŠPO
4 KAKOVOSTNO IZOBRAŽEVANJE 	DKE, NIT, DRU, GEO in SPO
5 ENAKOST SPOLOV 	DKE, SPO, GOS in ZGO
6 ČISTA VODA IN SANITARNA UREDITEV 	BIO, GEO, GOS, NAR in NIT
7 CENOVNO DOSTOPNA IN ČISTA ENERGIJA 	FIZ, GEO, KEM, NAR, NIT in TIT
8 DOSTOJNO DELO IN GOSPODARSKA RAST 	DKE, GEO, SPO, DRU in ZGO
9 INDUSTRIJA, INOVACIJE IN INFRASTRUKTURA 	GEO, TIT in ZGO
10 ZMANJŠANJE NEENAKOSTI 	TJA, DKE, DRU, GEO, GOS, NIT, SPO, ZGO in ŠPO
11 TRAJNOSTNA MESTA IN SKUPNOSTI 	BIO, DKE, DRU, GEO, GOS, KEM, NAR, NIT, SPO, TIT, ZGO in ŠPO

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

	BIO, DRU, GEO, GOS, KEM, LUM, NAR, NIT, SPO, TIT, ZGO in ŠPO
	BIO, DRU, FIZ, GEO, KEM, NAR, NIT, SPO in TIT
	BIO, GEO, NAR, NIT in SPO
	BIO, DRU, GEO, NAR, NIT, SPO, TIT in ŠPO
	DKE, DRU, GEO, SPO in ZGO
	/

Legenda: SPO – Spoznavanje okolja, TJA – Tuji jezik – angleščina, BIO – Biologija, DRU – Družba, DKE – Domovinska in državljanska vzgoja ter etika, FIZ – Fizika, GEO – Geografija, GOS – Gospodinjstvo, ITA – Italijanščina, KEM – Kemija, LUM – Likovna umetnost, MAT – Matematika, NIT – Naravoslovje in tehnika, SLJ – Slovenščina, TIT – Tehnika in tehnologija, ZGO – Zgodovina, ŠPO – Šport, NAR – Naravoslovje in tehnika.

Umeščenost CTR v operativne učne cilje obveznih osnovnošolskih predmetov

Analiza učnih načrtov obveznih osnovnošolskih predmetov kaže, da so CTR v različnem obsegu in na različne načine integrirani v operativne učne cilje. V nadaljevanju je podan pregled vsebinske umestitve posameznih CTR.

1. CTR: Odprava revščine

Vsebina prvega cilja se pojavlja zgolj pri predmetu SPO, kjer je revščina obravnavana kot družbeni problem, ki ga je mogoče reševati s solidarnostjo, sodelovanjem in medsebojno pomočjo.

2. CTR: Odprava lakote

Ta cilj je vključen v predmete BIO, GEO, NAR, NIT ter SPO. V ospredju je pomen hrane za človekovo preživetje, ustrezno prehranjenost in telesni razvoj.

3. CTR: Zdravje in dobro počutje

Najširše zastopan cilj, ki je prisoten v predmetih BIO, DRU, GOS, KEM, NAR, NIT, SPO, TIT ter ŠPO. V operativnih ciljih se obravnavajo ohranjanje zdravja, prehrana, higiena, duševno zdravje, prometna varnost ter vplivi onesnaženja okolja na zdravje.

4. CTR: Kakovostno izobraževanje

CTR je vključen v DKE, NIT, DRU, GEO in SPO. Poudarek je na spoznavanju konceptov trajnostnega razvoja, razen pri SPO, kjer je obravnava širša.

5. CTR: Enakost spolov

Vsebina cilja je vključena v DKE, SPO, GOS in ZGO. Pri DKE se razlikuje med biološkim in družbeno-kulturnim spolom, pri SPO pa so poudarjene enakopravne vloge spolov.

6. CTR: Čista voda in sanitarna ureditev

Ta cilj se pojavlja v naravoslovnih predmetih BIO, GEO, GOS, NAR in NIT, kjer so obravnavani vzroki in posledice onesnaževanja voda.

7. CTR: Cenovno dostopna in čista energija

Prisoten je v predmetih fizika FIZ, GEO, KEM, NAR, NIT in TIT. Vsebina zajema obnovljive in neobnovljive vire energije, alternativne vire ter vlogo sonca kot glavnega energetskega vira.

8. CTR: Dostojno delo in gospodarska rast

CTR je zajet v DKE, GEO, SPO, DRU in ZGO. Poudarjena je povezanost gospodarskih razmer z naravnimi pogoji, prometom in politiko, pa tudi posledice gospodarskih kriz.

9. CTR: Industrija, inovacije in infrastruktura

Pojavlja se pri GEO, TIT in ZGO, z vsebinami o tehnološkem razvoju, industrializaciji ter njihovih učinkih na okolje in družbo.

10. CTR: Zmanjševanje neenakosti

CTR je vključen v širok nabor predmetov: TJA, DKE, DRU, GEO, GOS, NIT, SPO, ZGO in ŠPO. Poudarjene so medkulturne razlike, stereotipi, pomen strpnosti, dialoga, sodelovanja in pomoči v skupnosti.

11. CTR: Trajnostna mesta in skupnosti

Cilj je vključen v predmete BIO, DKE, DRU, GEO, GOS, KEM, NAR, NIT, SPO, TIT, ZGO in ŠPO. V ospredju so varovanje naravne in kulturne dediščine, prometna varnost, vplivi umetnih snovi na okolje ter delovanje človeških skupnosti.

12. CTR: Odgovorna poraba in proizvodnja

Cilj se pojavlja pri predmetih BIO, DRU, GEO, GOS, KEM, LUM, NAR, NIT, SPO, TIT, ZGO in ŠPO. Vsebine obsegajo ravnanje z odpadki, reciklažo, nevarne snovi, trajnostno

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

gospodarjenje z naravnimi viri, ozaveščanje o trajnostnem razvoju ter praktične dejavnosti (npr. recikliranje pri LUM).

13. CTR: Podnebni ukrepi

CTR je vključen v BIO, DRU, FIZ, GEO, KEM, NAR, NIT, SPO in TIT. Učenci obravnavajo posledice človekovega delovanja na okolje ter spoznavajo ukrepe za njegovo varovanje in vlogo posameznika pri tem.

14. CTR: Življenje v vodi

Cilj se pojavlja pri BIO, GEO, NAR, NIT in SPO, kjer so obravnavane posledice onesnaženja morij ter pomen biotske pestrosti v vodnih ekosistemi.

15. CTR: Življenje na kopnem

CTR je zajet v BIO, DRU, GEO, NAR, NIT, SPO, TIT in ŠPO. Vsebine se nanašajo na vpliv človeka na kopenske ekosisteme, pomen ohranjanja biotske pestrosti ter posledice sečnje gozdov.

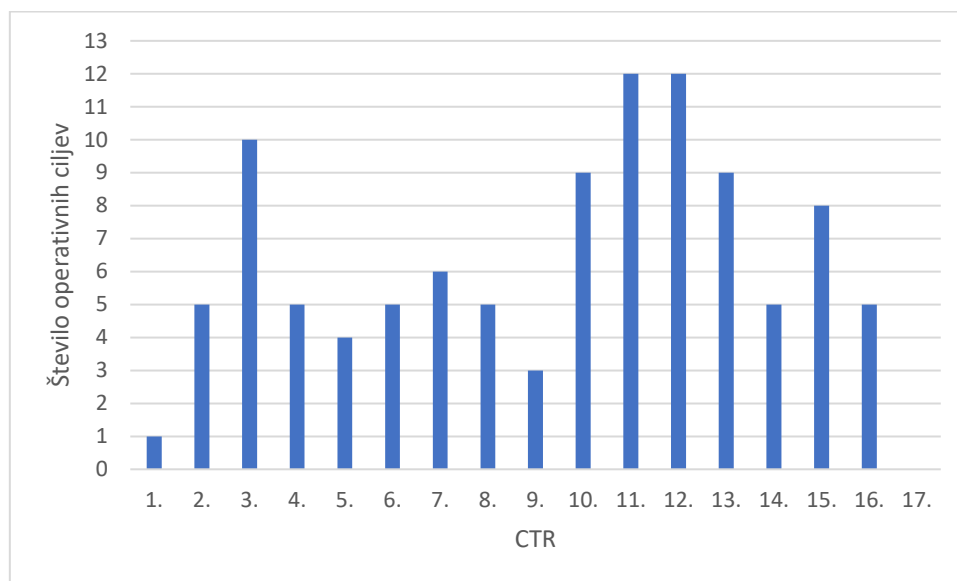
16. CTR: Mir, pravičnost in močne institucije

Cilj je vključen v predmete DKE, DRU, GEO, SPO in ZGO. Poudarjene so človekove pravice, pravna enakost, pomen družbenih pravil, delovanje institucij in nevladnih organizacij ter prepoznavanje nasilja.

17. CTR: Partnerstva za doseganje ciljev

V obveznih predmetih niso identificirani operativni cilji, neposredno vezani na ta CTR.

Ugotovljeno je bilo, da se v operativnih ciljih osnovnošolskih obveznih predmetov najpogosteje pojavijo operativni cilji, vezani na 11. cilj – trajnostna mesta in skupnosti ter 12. cilj – odgovorna poraba in proizvodnja. Pogosto se pojavljajo tudi cilji, povezani s 3. CTR – zdravje in dobro počutje, ocenjujemo, da pa se manj pogosto pojavljajo cilji, ki so vsebinsko povezani z 2. CTR – odprava lakote, 4. – kakovostno izobraževanje, 5. – enakost spolov, 6. – čista voda, 7. – cenovno dostopna in čista energija, 8. – dostojno delo in gospodarska rast, 9. – razvoj industrije, inovacij in infrastrukture, 14. – življenje v vodi, 16. – mir, pravičnost in močne institucije in 17. – partnerstva za doseganje CTR, najmanj pogosto, samo enkrat pa se pojavi 1. CTR – odprava revščine, ki se obravnava pri predmetu SPO (Graf 1).



Graf 1: Število operativnih ciljev v učnih načrtih glede na CTR

Diskusija

Rezultati raziskave kažejo, da so CTR v učne načrte obveznih predmetov slovenske osnovne šole vključeni selektivno in neenakomerno. Na prvo raziskovalno vprašanje (RV1) lahko odgovorimo, da operativni cilji, povezani s CTR, prevladujejo v naravoslovnih in družboslovnih predmetih (BIO, GEO, SPO, DRU, GOS, DKE), medtem ko jih v učnih načrtih MAT, SLJ, ITA, NEM, GUM ni zaznati.

Takšna razporeditev je bila ugotovljena tudi v mednarodnih raziskavah, kjer ugotavljajo, da so trajnostne vsebine pogosto vključene v naravoslovne in družboslovne predmete (Biström in Lundström, 2021; Hendrikse, 2022), kar odpira vprašanje celostne vključenosti trajnostnih vsebin v vse predmete, saj izobraževanje za trajnostnost zahteva tudi kulturni, umetniški in jezikovni vidik (UNESCO, 2022); tem izhodiščem sledi tudi prenova učnih načrtov predmetov v slovenski osnovni šoli, saj so načrtovalci prenove predvideli sklop ciljev, ki bi obravnavali trajnostni razvoj pri vseh predmetih (Skupni cilji in njihovo umeščanje v učne načrte in kataloge znanja, 2024).

Drugo raziskovalno vprašanje (RV2) se je osredotočilo na vsebinski razpon CTR. Analiza je pokazala, da so najpogostejše zastopane vsebine, povezane z zdravjem in dobrim počutjem (3. CTR), trajnostnimi mesti in skupnostmi (11. CTR) ter odgovorno porabo in proizvodnjo (12. CTR). Te vsebine učencem omogočajo razumevanje pomena zdravega življenjskega sloga, vpliva človeka na okolje in odgovornega ravnanja z naravnimi viri. Podobne vsebinske poudarke izpostavljajo tudi druge raziskave (Bianchi idr., 2022; Jimenez idr., 2017; Tatlıoğlu, 2019), ki opozarjajo, da se trajnostne vsebine v izobraževalnih sistemih pogosto usmerjajo v okoljsko in potrošniško dimenzijo. Vendar rezultati istočasno razkrivajo pomanjkljivo obravnavo socialnih CTR, kot so odprava revščine (1. CTR), enakost spolov (5. CTR) in partnerstva za doseganje ciljev (17. CTR). To nakazuje na obrobno umeščenost tem, ki so ključne za razvoj socialne pravičnosti, enakosti in globalnega državljanstva, čeprav ravno te dimenzije UNESCO (2005, 2022) opredeljuje kot osrednje za transformativni značaj izobraževanja za trajnostnost.

Tretje raziskovalno vprašanje (RV3) je analiziralo pogostost pojavljanja posameznih CTR. Najbolj zastopana sta 11. CTR (trajnostna mesta in skupnosti) ter 12. CTR (odgovorna poraba in proizvodnja), najmanj pa 1. CTR (odprava revščine), ki je zaznan zgolj pri enem predmetu (SPO). Podobne razlike se pojavljajo tudi v tujih raziskavah, kjer okoljske in gospodarske vsebine prevladujejo, socialne pa ostajajo zapostavljene (Arslan in Curle, 2021; Torkar, 2013). To kaže na neskladje med deklariranimi globalnimi cilji Agende 2030 in dejansko implementacijo v nacionalni kurikulum.

Primerjava rezultatov z mednarodnimi raziskavami potrjuje, da slovenski kurikulum sledi svetovnim trendom, kjer prevladuje okoljska dimenzija trajnosti, medtem ko socialni in etični vidiki ostajajo v ozadju (Jimenez idr., 2017; Tatlılıoğlu, 2019). UNESCO (2022) in Evropski okvir kompetenc za trajnostnost (Bianchi idr., 2022) poudarjata nujnost uravnovešenega vključevanja vseh treh dimenzij – okoljske, socialne in gospodarske – ter razvoj kritičnega mišljenja, sodelovanja, empatije in etične odgovornosti.

Ocenjujemo, da so za učinkovito implementacijo CTR v osnovnošolsko izobraževanje ključni v nadaljevanju navedeni ukrepi.

CTR je treba vključevati v vse učne predmete. Vsebine trajnostnega razvoja ne bi smele ostati omejene na naravoslovne in družboslovne predmete, temveč bi morale biti vključene tudi v jezikovne, umetniške in matematične predmete (UNESCO, 2022).

Pri trajnostnem izobraževanju je potrebno uravnoveženje okoljskih, socialnih in gospodarskih vsebin. Trenutno prevladuje okoljska dimenzija, zato je treba več pozornosti nameniti socialnim vprašanjem, kot so revščina, enakost spolov, človekove pravice in globalna pravičnost (Arslan in Curle, 2021; Torkar, 2013).

Medpredmetno povezovanje in projektno delo je pomembno za celostni pristop k trajnostnemu izobraževanju. Medpredmetno povezovanje omogoča, da se trajnostna problematika obravnava celostno in z različnih strokovnih vidikov. CTR naj postanejo povezovalni element različnih predmetov in dejavnosti, ki se izvajajo v osnovni šoli. Interdisciplinarni projekti, kot so šolski vrtovi, raziskave lokalne skupnosti ali akcije zmanjševanja odpadkov, omogočajo, da učenci teorijo povežejo s prakso (Tatlılıoğlu, 2019).

Trajnostno izobraževanje je treba podpreti z didaktičnimi materiali, ki so prilagojeni kognitivni stopnji razvoja otrok. Za uspešno implementacijo in obravnavo CTR pri pouku je nujno razvijati programe ustreznega strokovnega izobraževanja, priročnike, primere dobrih praks in gradiva, ki učiteljem olajšajo integracijo trajnostnih vsebin (Jimenez idr., 2017).

V okviru trajnostnega izobraževanja je treba spodbujati aktivno državljanstvo. Pouk naj preseže kognitivni vidik in spodbuja učence k dejanskemu ukrepanju – prostovoljstvu, sodelovanju z lokalnimi skupnostmi, oblikovanju pobud za trajnostne izboljšave v šoli in širšem okolju (UNESCO, 2022).

Ob zavedanju, da ima posameznik vpliv na globalne probleme okolja, je treba vsebine obravnavati tudi v kontekstu globalne problematike trajnostnega razvoja. Učne načrte je treba usklajevati s priporočili UNESCO (2005, 2022), Evropskim okvirom kompetenc za trajnostnost (Bianchi, Pisiotis in Cabrera, 2022) in nacionalnimi strategijami, kar bo omogočilo sistematično, dolgoročno in primerljivo vključevanje trajnostnih vsebin v izobraževalni proces.

Celostna in sistematična integracija CTR v učne načrte osnovnošolskih predmetov predstavlja temelj za oblikovanje odgovornih, kritično mislečih in proaktivnih državljanov. Šole s tem ne zagotavljajo zgolj prenosa znanja, temveč vzpostavljajo učne skupnosti trajnostnega razvoja, ki mlade pripravljajo na soočanje z globalnimi izzivi in ustvarjanje pravičnejše ter trajnostne družbe.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Pridobljeni rezultati so odraz trenutne vključenosti vsebin 17 CTR v učne načrte obveznih osnovnošolskih predmetov. Rezultati lahko služijo kot eno izmed izhodišč in usmeritev pri vključevanju vsebin, vezanih na 17 CTR, v proces aktualizacije učnih načrtov osnovnošolskih predmetov. Spremembe učnih načrtov morajo biti usmerjene v obravnavo vsebin z vidika trajnostnega razvoja, nanašajoč se na CTR. Pri tem bi bilo smiselno vključevanje medpredmetnega povezovanja, kjer se obravnavajo vsebine posameznega CTR, npr. cilj 6: čista voda in sanitarna ureditev; obravnava cilja z zgodovinskega (predmet ZGO), geografskega (predmet GEO) in družboslovnega (predmet DRU) vidika. Pri predmetu GOS vidimo možnost za spremembe učnega načrta v tem, da bi se vsebine s področja prehrane, tekstila in potrošnje obravnavale z vidika trajnosti, zdravja in odgovorne potrošnje. V učnih načrtih tujih predmetov bi se vsebine trajnostnega razvoja lahko obravnavale s pomočjo slušnega in bralnega razumevanja. Vključevali bi jih lahko tudi v naravoslovne, tehnične, kulturne in športne dneve ter šole v naravi. Možnost za obravnavo predstavljajo tudi izbirni predmeti. V celostnem pristopu oblikovanja trajnostnega izobraževanja je potrebno usklajeno načrtovanje, da se vključuje vseh 17 CTR in hkrati preprečuje podvajanje vsebin in ciljev.

Literatura in viri

- Arslan, S. in Curle, S. (2021). Sustainable development goals in the English language high school curriculum in Turkey. *European Journal of Education*, 56(4), 681–695.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ejed.12473>
- Bianchi, G., Pisiotis, U., Cabrera, M. (2022). *GreenComp: Evropski okvir kompetenc za trajnostnost*. Zavod Republike Slovenije za šolstvo. <https://www.zrss.si/pdf/greencomp.pdf>
- Biström, E. in Lundström, R. (2021). Textbooks and action competence for sustainable development: an analysis of Swedish lower secondary level textbooks in geography and biology. *Environmental education research*, 27(2), 279–294.
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/13504622.2020.1853063?needAccess=true>
- Digitalni učni načrti*. (b. d.). <https://dun.zrss.augmentech.si/#/>
- Hendrikse, M. (2022). *There is not planet B: a content analysis of education for sustainable development in Norwegian primary school EFL textbooks*.
<https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/bitstream/handle/11250/3021174/Hendrikse.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jimenez, J. D., Lerch, J. in Bromley, P. (2017). Education for global citizenship and sustainable development in social science textbooks. *European Journal of Education*, 52(4), 460–476.
<https://eds-p-ebSCOhost-com.nukweb.nuk.uni-lj.si/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=2364d0bf-ad2b-4797-a7ca-3d9874c73b6a%40redis>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Justinek, G., Novalija, A., Šekoranja, D. in Štrukelj, M. (ur.). (2015). *Spremenimo svet: agenda za trajnostni razvoj do leta 2030 = Transforming our world : the 2030 agenda for sustainable development*. Center za evropsko prihodnost; = Centre for European Perspective.
- Krek, J. in Metljak, M. (2015). *Bela knjiga o vzgoji in izobraževanju v Republiki Sloveniji 2011*. Zavod RS za šolstvo. <https://pismenost.acs.si/wp-content/uploads/2017/09/Bela-knjiga-o-vzgoji-in-izobra%C5%BEevanju-v-RS-2011.pdf>
- Organizacija združenih narodov. (2023). *Cilji trajnostnega razvoja*. https://unis.unvienna.org/unis/sl/topics/sustainable_development_goals.html
- Potočnik, K., Golob, N. in Sikošek, D. (2010). Ali program Ekošola prispeva k odgovornejšemu ravnanju učencev tretjega triletnja? *Revija Za Elementarno Izobraževanje*, 3(2/3), 47–62. <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=52464>
- Republika Slovenija GOV.SI. (2023a). *Ravnanje z odpadki*. <https://www.gov.si teme/ravnanje-z-odpadki/>
- Republika Slovenija GOV.SI. (2023b). *Programi in učni načrti v osnovni šoli*. <https://www.gov.si teme/programi-in-ucni-nacrti-v-osnovni-soli/>
- Rieckmann, M. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*; UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
- Rožman, H., Fiel'ardh, K., Košak Babuder, M., Javornik, K., Fujii, H. in Torkar, G. (2023). Izobraževanje učiteljev za trajnostni razvoj. *Sodobna pedagogika*, 74(3), 71–89. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-8FFGKBXK>
- Skupni cilji in njihovo umeščanje v učne načrte in kataloge znanja*. (2024). Zavod Republike Slovenije za šolstvo. http://www.zrss.si/pdf/skupni_cilji.pdf
- Tatlilioğlu, E. (2019). *Analysis of science curriculum and textbooks in terms of sustainable development goals: a case study*. <https://open.metu.edu.tr/handle/11511/44253>
- Torkar, G. (2013). Live What You Teach & Teach What You Live: Student Views on the Acceptability of Teachers' Value-Related Statements about Sustainability and Climate Change. *CEPS Journal*, 3(1), 45–58. http://pefprints.pef.uni-lj.si/1388/1/cepsj_3_1_pp45-58-Torkar.pdf
- Torkar, G. (2014). O ekološki pismenosti, trajnosti in pomenu aktivnih (transformativnih) metod učenja in poučevanja. V T. Devjak (ur.), *Partnerstvo Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani in vzgojno-izobraževalnih inštitucij* (str. 153–161). Pedagoška fakulteta, Ljubljana. http://pefprints.pef.uni-lj.si/2501/1/Torkar_O_ekoloski.pdf
- United Nations. (2022). *The sustainable development goals report*. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf>
- UNESCO. (2005). *United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005–2014)*. International Implementation Scheme. UNESCO.
- UNESCO. (2022). *Education for Sustainable Development: Roadmap*. UNESCO.
- Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj: kažipot*. (2022). UNESCO; Slovenska nacionalna komisija za UNESCO. https://www.zrss.si/pdf/VITR_za_2030.pdf

ODNOS ZAPOSLENIH IN ŠTUDENTOV NA EKOFAKULTETAH DO IZVAJANJA DEJAVNOSTI PROGRAMA

ATTITUDES OF EMPLOYEES AND STUDENTS AT ECO-FACULTIES TOWARDS THE IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM ACTIVITIES

Martina Erjavšek, Sara Malenšek in Stojan Kostanjevec

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Trajnostni razvoj zahteva celostne pristope v vzgoji in izobraževanju, ki vključujejo razvoj trajnostnih vrednot, veščin in vedenj 21. stoletja. Program Ekošola v Sloveniji povezuje izobraževalne ustanove na vseh ravneh izobraževanja. Fakultete, ki so vključene v program Ekošola se imenujejo ekofakultete. V raziskavi se je ugotavljalo, kakšen je odnos študentov in zaposlenih na ekofakultetah v Sloveniji do trajnostno usmerjenega vedenja. Za zbiranje podatkov je bil uporabljen spletni anketni vprašalnik. Vzorec je vključeval 139 študentov in 59 zaposlenih z različnih ekofakultet v Sloveniji. Študentje in zaposleni izkazujejo pozitiven odnos do vključenosti v program Ekošola ter izvajanja aktivnosti, povezanih s trajnostnim razvojem na fakulteti. Vendar pa udeleženci slabo poznajo konkretne dejavnosti programa, ki se izvajajo na fakulteti, zeleno zastavo kot simbol ekofakultet ter dejavnosti ekoodborov, zadolženih za njihovo izvedbo na posameznih fakultetah. V aktivnosti ekofakultet se vključujejo redko, stališča o pomenu okoljske ozaveščenosti pa se med skupinama razlikujejo. Rezultati raziskave so pokazali, da zaposleni in študentje izkazujejo interes za trajnostne usmeritve fakultet, a je njihovo vključevanje v uresničevanje načel trajnostnega vedenja slabo, kar predstavlja pomembno izhodišče za nadgradnjo programa Ekošola, z namenom spodbujanja večje vključenosti ter udejanjanja trajnostnih vedenj med študenti in zaposlenimi.

Ključne besede: Ekofakulteta, trajnostni razvoj, trajnostno vedenje, program Ekošola.

Abstract

Sustainable development requires integrative approaches in education that foster sustainable values, competencies, and behaviors relevant to the challenges of the 21st century. In Slovenia, the Eco-School program connects educational institutions at all levels, including higher education. Faculties that participate in this program are referred to as Eco-Faculties. The present study explores the attitudes of students and staff at Eco-Faculties in Slovenia towards sustainability-oriented behavior and their engagement in related activities. Data were collected through an online questionnaire, with a sample consisting of 139 students and 59 staff members across several faculties. The results indicate that both groups generally express positive attitudes towards the Eco-School program and recognize the importance of implementing sustainability-related activities at the faculty level. Nevertheless, awareness of specific program activities, the symbolic role of the Green Flag, and the responsibilities of eco-committees remains low. Participation in Eco-Faculty activities is infrequent, and perceptions regarding

the significance of environmental awareness differ between students and staff. Despite a shared interest in sustainability, the study highlights a gap between expressed attitudes and actual involvement in sustainable practices. These findings underscore the need to enhance the Eco-School program in higher education by promoting active engagement and fostering the consistent adoption of sustainable behaviors among both students and faculty members.

Key words: Eco-faculty, sustainable development, sustainable behavior, Eco-School Program.

Trajnostni razvoj

Trajnostni razvoj predstavlja enega od ključnih izzivov sodobne družbe, saj povezuje varovanje okolja, socialno pravičnost in gospodarsko učinkovitost. Njegova implementacija zahteva aktivno sodelovanje posameznikov, institucij in drugih družbenih akterjev. Pomembno je, da so posamezniki opremljeni z znanjem, veščinami in vrednotami, ki spodbujajo trajnostno vedenje. Programi, kot je Ekošola, omogočajo praktično povezavo teorije in dejanj ter prispevajo k oblikovanju trajnostno ozaveščenih posameznikov.

V literaturi obstajajo številne opredelitve trajnostnega razvoja in trajnosti. Enotne definicije ni, zato prihaja do različnih interpretacij (Owens in Legere, 2015). V angleščini se uporabljata izraza *sustainable development* in *sustainability* (Sedmak, 2009), kar kaže na terminološko neenotnost.

Evropska komisija je v okviru *GreenComp* trajnost opredelila kot »prednostno razvrščanje potreb vseh življenjskih oblik in planeta z zagotavljanjem, da človekova dejavnost ne presega omejitev planeta« (Bianchi idr., 2023, str. 32). Torkar (2014, str. 155) trajnost razume kot »sposobnost dolgoročnega vzdrževanja raznolikosti in produktivnosti biosistemov v prostoru in času«, Solís-Espallargas idr. (2019, str. 2) pa kot »koncept, cilj in strategijo, ki usklajuje družbeno pravičnost, ekološko celovitost in blaginjo vseh živih sistemov na planetu«. Trajnost vključuje kulturne, okoljske, zdravstvene, socialne, znanstvene in tehnološke razsežnosti (Christie idr., 2013). Večina avtorjev (Bezeljak idr., 2020; Christie idr., 2013; Erjavšek idr., 2014; Holden idr., 2014; Kostanjevec, 2015; Lepičnik Vodopivec idr., 2023; Marentič Požarnik, 2014; Owens in Legere, 2015; Sedmak, 2009; Skribe Dimec, 2014; Veselaj in Torkar, 2017) izhaja iz splošno sprejete definicije Brundtlandove komisije iz leta 1987, kjer je trajnostni razvoj opredeljen kot »razvoj, ki zadovoljuje potrebe sedanjih generacij, ne da bi ogrozil možnosti prihodnjih generacij, da bodo tudi te lahko zadovoljevale svoje potrebe« (World commission on environment and development, 1987, str. 43). Namen trajnosti ni le ohranjanje virov, temveč predvsem sprememba stališč in ravnanj ljudi, ki jih spodbuja k razmisleku o njihovi vlogi v okolju (Bianchi, 2023).

Trajnostni razvoj temelji na treh stebrih: ekonomskem, socialnem in okoljskem (Allen, 2022; Bezeljak idr., 2020; Marentič Požarnik, 2014; Sedmak, 2009; Skribe Dimec, 2014). Ti so tesno povezani in morajo delovati uravnoteženo (Bianchi idr., 2023). V praksi se trajnostni razvoj pogosto povezuje predvsem z okoljem, zlasti s podnebnimi spremembami, izgubo biotske raznovrstnosti in degradacijo narave (Sedmak, 2009). Okolje je namreč izhodišče, od katerega sta odvisna družba in gospodarstvo (Skribe Dimec, 2014). Bezeljak idr. (2020) poudarjajo, da preživetje ljudi temelji na odnosu do narave. S trajnostnim življenjskim slogom lahko posameznik uravnoteži svojo porabo z zmoglostjo narave, da se obnavlja. To potrjuje soodvisnost družbe, gospodarstva in okolja.

V tem kontekstu so bili oblikovani cilji trajnostnega razvoja (CTR), ki predstavljajo globalni načrt za spodbujanje trajnostnega razvoja. Leta 2015 je bilo sprejetih 17 ciljev, ki celostno obravnavajo ključne globalne izzive, kot so revščina, lakota, neenakost in degradacija okolja (Eco-Schools, 2023). Cilji so usmerjeni tudi v izboljšanje zdravja in izobraževanja, spodbujanje gospodarske rasti ter učinkovito odzivanje na podnebne spremembe, pri čemer posebno pozornost namenjajo ohranjanju gozdov in oceanov (The 17 goals, b. d.). Sprejeti so bili kot univerzalna zaveza, ki velja tako za razvite države, kot tudi za države v razvoju, njihov namen pa je preoblikovanje sveta v okolje brez revščine, lakote, bolezni in pomanjkanja, v katerem so zagotovljeni splošna pismenost, kakovostno izobraževanje na vseh ravneh, tehnično in poklicno usposabljanje, dobro duševno zdravje in splošno dobro počutje ljudi. Posebno mesto imajo tudi spoštovanje človekovih pravic, enakost spolov ter dostop do varne hrane, primerne bivališča in trajnostnih virov energije (Justinek idr., 2015). Slovenija se je zavezala k uresničevanju vseh 17 ciljev ter sprejela številne strateške dokumente, med katerimi je ključno uresničevanje Agende 2030, ki povezuje ekonomski, socialni in okoljski vidik trajnostnega razvoja (Justinek idr., 2015; Uresničevanje Agende 2030, 2023).

Okoljsko izobraževanje

Številne evropske države okoljsko izobraževanje obravnavajo kot del izobraževanja za trajnostni razvoj, ki temelji na procesno usmerjenem, participativnem in akcijskem učnem pristopu (Veselaj in Torkar, 2017). Z uveljavljanjem koncepta trajnostnega razvoja se je okoljska vzgoja razširila iz ozkega okvira skrbi za naravo na kompleksne odnose med naravo, človekom, družbo in ekonomijo (Marentič Požarnik, 2014). Ker so okoljski problemi pogosto družbenoekonomske narave, povezani s konflikti interesov in prekomernim izkoriščanjem virov, je vloga vzgoje in izobraževanja pri ozaveščanju in oblikovanju kompetenc za trajnostno prihodnost ključnega pomena (Marentič Požarnik, 2014; Bianchi idr., 2023).

Evropska komisija je oblikovala okvir kompetenc *Green Comp*, s katerim spodbuja države članice k vključevanju trajnostnih vsebin v učne načrte splošnega in poklicnega izobraževanja. Formalno in neformalno okoljsko izobraževanje posameznikom omogočata razumevanje povezanosti med človekom in okoljem ter vplivata na odnos, vedenje in pogled na svet (Clayton in Myers, 2009, v Torkar, 2013). Uspešnost je močno odvisna od pedagoškega kadra, ki s svojim znanjem in zgledom oblikuje stališča mladih ter jih spodbuja k reševanju okoljskih izzivov (Lah, 2002; Plut, 2002). Okoljske vsebine so najpogostejše vključene v osnovnošolske učne načrte naravoslovnih in družboslovnih predmetov. Njihov namen je ozaveščanje učencev o vrednoti okolja, spodbujanje kritičnega mišljenja o povezanosti naravnega, družbenega in kulturnega okolja ter razumevanje vpliva kakovostnega okolja na zdravje in trajnostni razvoj (Veselaj in Torkar, 2017).

Trajnostno vedenje in vzgoja za trajnostni razvoj

Posameznikovo vedenje je tesno povezano z njegovim odnosom do trajnostnih praks, subjektivnimi normami in zaznano vedenjsko kontrolo (Swaim idr., 2014). Vzgoja za trajnostni razvoj se ne osredotoča le na prenos znanja, temveč tudi na oblikovanje vrednot, motivacije in dejanskega vedenja. Čeprav višja raven znanja o okoljskih vprašanjih ne pomeni nujno tudi večje pripravljenosti za prookoljsko vedenje (Kollmuss in Agyeman, 2002; Levine in Strube, 2012), raziskave kažejo, da dolgotrajno izobraževanje prispeva k pozitivnemu odnosu do okolja in večji pripravljenosti na vedenjske spremembe.

Trajnostni razvoj je v zadnjih dveh desetletjih postal osrednja tema visokega šolstva na svetovni ravni (Larrán Jorge idr., 2016). Visokošolske izobraževalne ustanove so postale ključne za prehod javnega sektorja, podjetij in civilne družbe k trajnostnemu razvoju (Chaleta idr., 2021; Larrán Jorge idr., 2016). Številne univerze so se s podpisom mednarodnih deklaracij zavezale, da bodo upoštevale CTR v svoji izobraževalni politiki in praksi. To pomeni, da omenjene cilje vključujejo v učne načrte različnih študijskih predmetov, raziskovalne projekte in družbene iniciative (Chaleta idr., 2021; Solís-Espallargas idr., 2019). Na fakultetah je zato ključno, da prispevajo k usposobljenosti diplomantov za pozitiven odnos do trajnostnega razvoja (Busquets idr., 2021). Poleg tega, da fakultete spodbujajo pridobivanje znanja in vpeljavajo inovativnih rešitev, s prevzemanjem odgovornosti za poseganje v okoljska in družbena vprašanja pomembno vplivajo na ozaveščanje, izobraževanje in usposabljanje prihodnjih generacij ter širše družbe (Chaleta idr., 2021; Leal Filho idr., 2019; Lozano idr., 2013; Solís-Espallargas idr., 2019), s tem pa prispevajo k ustvarjanju trajnostne prihodnosti (Dyball idr., 2015). Velik vpliv na ohranjanje okolja v prihodnosti bodo imeli predvsem študentje. Po mnenju Erjavšek idr. (2014) in Zsóka idr. (2013) je zato nujno, da se vsebine, povezane s trajnostnim razvojem, vključijo tudi na terciarno raven izobraževanja. Tako bodo študentje usvojili ustrezno znanje in veščine, ki jim omogočajo prispevanje k trajnostnemu razvoju. Poleg tega bodo pridobili sposobnosti, odnos in vrednote, ki omogočajo ustrezen poklicni razvoj v okviru trajnostnega razvoja (Busquets idr., 2021). Visokošolske ustanove imajo tako dvojno vlogo: z raziskovanjem in inovacijami prispevajo k reševanju družbenih in okoljskih izzivov, hkrati pa usposablajo diplomante, ki bodo kot bodoči strokovnjaki, učitelji ali odločevalci imeli ključen vpliv na oblikovanje trajnostne prihodnosti (Busquets idr., 2021; Sammalisto idr., 2015).

Program Ekošola

Program Ekošola je mednarodno uveljavljen program celostne okoljske vzgoje in izobraževanja, namenjen spodbujanju in večanju ozaveščenosti o trajnostnem razvoju med otroki, učenci in dijaki skozi njihov vzgojno-izobraževalni program ter aktivno udejstvovanje v lokalni skupnosti in širše (Ekošola, b. d.a, odst. 1). V program so vključene različne vzgojno-izobraževalne ustanove: vrtci, osnovne in srednje šole, centri šolskih in obšolskih dejavnosti ter dijaški domovi, pa tudi nekatere fakultete. Program temelji na metodologiji sedmih korakov, katerih uspešna implementacija je nagrajena z mednarodnim priznanjem zelena zastava, ki predstavlja najvišje javno priznanje slovenskim ustanovam za okoljevarstveno delovanje v skladu z merili FEE (angl. *Foundation for Environmental Education*) (Ekošola, b. d.a).

V Sloveniji je v mednarodni program trenutno vključenih sedem fakultet – pet javnih fakultet Univerze v Ljubljani (UL), Univerze v Mariboru (UM) in Univerze na Primorskem (UP) ter dve zasebni fakulteti. Ekofakultete program izvajajo po metodologiji sedmih korakov z namenom uresničevanja Agende Združenih narodov in celovite obravnave trajnostnega razvoja, pri čemer podpirajo načela izobraževanja za trajnostni razvoj in usklajevanje s CTR (Eco-Schools, 2023). Prva slovenska fakulteta, ki se je vključila v program, je bila Pedagoška fakulteta v Ljubljani, ki je leta 2014 pridobila zeleno zastavo (Ekofakulteta, b. d.). Fakulteta izvaja aktivnosti, povezane z ravnanjem z odpadki ter trajnostno oskrbo z vodo in energijo (Kostanjevec idr., 2016), trajnostne vsebine pa so vključene tudi v različne predmete študijskih programov (Kostanjevec, 2015; Erjavšek idr., 2014). V istem študijskem letu se je programu pridružila Fakulteta za organizacijske vede Univerze v Mariboru, kjer trajnostne vsebine vključujejo v predmete, kot sta *Okoljevarstveni inženiring* in *Zeleni informacijski sistemi*. Poleg

rednih predmetov študenti in zaposleni sodelujejo v zbiralnih, čistilnih ter ozaveščevalnih akcijah ter skrbijo za promocijo trajnostnega razvoja na znanstvenih konferencah in v strokovnih publikacijah (UM, Fakulteta za organizacijske vede, 2018). Leta 2017 se je pridružila Ekonomska fakulteta UL, ki si prizadeva za večjo ozaveščenost o trajnostnem razvoju v akademskem in širšem okolju (UL, Ekonomska fakulteta, b. d.). Leto 2020 je pomenilo vključitev prve zasebne fakultete – Fakultete za podjetništvo GEA College, ki je že leto kasneje prejela zeleno zastavo (Projekti, b. d.). V študijskem letu 2021/2022 je program sprejela tudi Fakulteta za dizajn v Ljubljani, ki z različnimi projekti spodbuja trajnostne prakse, kot so uporaba okolju prijaznih materialov, zmanjševanje zavržene hrane ter ponovna uporaba odpadnega tekstila (Zaključeni projekti Ekošole 2022/2023, 2023). Leta 2022 sta se programu priključili še Pedagoška fakulteta Univerze na Primorskem (Prva Eko fakulteta na UP, 2022) in Fakulteta za logistiko Univerze v Mariboru (UM, Fakulteta za logistiko, b. d.). Slednja trajnostne vsebine prenaša predvsem na področje prometa in transporta, hkrati pa cilje trajnostnega razvoja vključuje v raziskovalno dejavnost, organizacijsko upravljanje in pedagoški proces. Posebno pozornost namenja izobraževanju študentov v povezavi s 17 CTR.

Namen in cilji

Z raziskavo se je ugotavljalo, kakšen je odnos študentov in zaposlenih na ekofakultetah v Sloveniji do trajnostno usmerjenega vedenja. Glede na namen raziskave so bila oblikovana naslednja raziskovalna vprašanja:

- RV1: Kako dobro študentje in zaposleni na ekofakultetah poznajo program Ekošola in aktivnosti, ki se izvajajo v njegovem okviru?
- RV2: Kakšen je odnos študentov in zaposlenih na ekofakultetah do aktivnosti, ki se izvajajo v okviru programa Ekošola?
- RV3: Kakšno je trajnostno usmerjeno vedenje študentov in zaposlenih na ekofakultetah?

Metoda

Raziskava je temeljila na deskriptivni metodi pedagoškega raziskovanja z uporabo kvantitativnega pristopa. Podatki so bili zbrani s spletnim anketnim vprašalnikom, da bi pridobili vpogled v izvajanje programa Ekošola na posameznih Ekofakultetah v Sloveniji. Raziskava je bila izvedena ob upoštevanju etičnih načel pedagoškega raziskovanja.

Kvantitativna raziskava je temeljila na neslučajnostnem namenskem vzorčenju. V raziskavo je bilo vključeno 139 študentov (70,2 %) in 59 zaposlenih (29,8 %) s 7 ekofakultet, ki sodelujejo v programu Ekošola (preglednica 1). Največ udeležencev je bilo s fakultete 6 (107 študentov, 40 zaposlenih). S fakultet 1, 2, 3, 4, 5 in 7 je sodelovalo manj udeležencev, kar je razvidno iz preglednice 2. Podatki z nekaterih fakultet niso bili pridobljeni zaradi odločitev fakultet o neposredovanju anketnih vprašalnikov.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 1: Struktura vzorca anketirancev glede na njihovo vlogo na Ekofakulteti

Skupina*	f	f %
1	139	70,2
2	59	29,8
Skupaj	198	100

*Skupina 1 – študenti na ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na ekofakultetah.

Preglednica 2: Struktura vzorca študentov in zaposlenih glede na ekofakulteto

Ekofakulteta	Skupina *	f	f %
Fakulteta 1	1	15	10,8
	2	5	8,5
Fakulteta 2	1	0	0,0
	2	10	16,9
Fakulteta 3	1	1	0,7
	2	0	0,0
Fakulteta 4	1	2	1,4
	2	2	3,4
Fakulteta 5	1	1	0,7
	2	1	1,7
Fakulteta 6	1	107	77,0
	2	40	67,8
Fakulteta 7	1	13	9,4
	2	1	1,7

*Skupina 1 – študenti na ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na ekofakultetah.

Podatki so bili zbrani prek spletnega anketnega vprašalnika, oblikovanega v orodju 1KA, med 18. 6. 2024 in 12. 7. 2024. Predhodno so bila pridobljena soglasja študentskih svetov in referatov fakultet ter zagotovljena anonimnost udeležencev. Zaradi neodzivnosti nekaterih fakultet je bil vprašalnik dodatno razposlan preko Facebook skupine »Študenti in diplomanti UP PEF«. Anketni vprašalnik je bil zasnovan na predhodni raziskavi Žabkar (2016) in sestavljen iz dvajsetih vprašanj: osem zaprtega tipa, šest odprtega tipa in šest Likertovih lestvic. Končna oblika je bila potrjena s strani nacionalne koordinatorke programa Ekošola in koordinatorjev vseh sedmih fakultet.

Podatki so bili urejeni v programu Microsoft Excel in analizirani v IBM SPSS Statistics. Za opis podatkov je bila uporabljena deskriptivna statistika, za preverjanje razlik med skupinami pa inferenčna statistika. Za nenormalno porazdeljene podatke je bil uporabljen neparametrični Mann-Whitneyjev test. Statistična značilnost je bila določena pri $\alpha \leq 0,05$. Rezultati so predstavljeni v preglednicah in opisno v besedilu.

Rezultati

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati raziskave, ki prikazujejo poznavanje, odnos in trajnostno vedenje študentov ter zaposlenih na ekofakultetah v Sloveniji v povezavi s programom Ekošola.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 3: Poznavanje programa Ekošola med študenti in zaposlenimi na ekofakultetah

Skupina*	Da		Ne	
	f	f %	f	f %
1	52	37,4	87	62,6
2	54	91,5	5	8,5
Skupaj	106	53,5	92	46,5

*Skupina 1 – študenti na ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na ekofakultetah.

Rezultati so pokazali (preglednica 3), da večina študentov (62,6 %) ni seznanjena s sodelovanjem njihove fakultete v programu Ekošola, medtem ko zaposleni izkazujejo visoko stopnjo poznavanja (91,5 %). Med skupinama je opazna razlika v poznavanju programa Ekošola, kar nakazuje potrebo po usmerjenih informativnih aktivnostih med študenti. Glede na celotni vzorec študentov in zaposlenih se je izkazalo, da več kot polovica anketirancev (53,5 %) pozna program Ekošola.

Preglednica 4: Povezanost študentov in zaposlenih s programom Ekošola na ekofakulteti

Vloga na fakulteti	Skupina*	f	f %
Sem koordinator programa Ekošola.	1	1	0,7
	2	2	3,4
Sem član ekoodbora.	1	1	0,7
	2	5	8,5
Sem vodja projekta v okviru programa Ekošola (npr. Hrana ni za tjavendan).	1	1	0,7
	2	1	1,7
Nič od navedenega.	1	137	98,6
	2	52	88,1

*Skupina 1 – študenti na ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na ekofakultetah.

Ugotovljeno je bilo, da večina študentov (98,6 %) in zaposlenih (88,1 %) ni aktivno vključena v program Ekošola. Le majhen delež zaposlenih opravlja funkcije koordinatorja (3,4 %), člana ekoodbora (8,5 %) ali vodje projekta (1,7 %), medtem ko je aktivnih študentov le 0,7 % (preglednica 4). Ti podatki nakazujejo nizko stopnjo vključevanja, kar poudarja potrebo po sistematičnem spodbujanju vključevanja študentov in zaposlenih v koordinacijo, delo ekoodbora ter vodenje projektov znotraj programa.

Preglednica 5: Poznavanje mednarodnega priznanja programa Ekošola – zelena zastava med študenti in zaposlenimi na ekofakultetah

Skupina*	Da		Ne	
	f	f %	f	f %
1	32	23,0	107	77,0
2	27	45,8	32	54,2
Skupaj	59	29,8	139	70,2

*Skupina 1 – študenti na Ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na Ekofakultetah.

Rezultati so pokazali (preglednica 5), da večina študentov (77,0 %) in več kot polovica zaposlenih (54,2 %) ni seznanjena z dejstvom, da je njihova fakulteta pridobila zeleno zastavo. Skupno 70,2 % anketirancev ne pozna priznanja zelena zastava, kar kaže na nizko splošno ozaveščenost in nakazuje potrebo po ozaveščanju študentov in zaposlenih o mednarodnem priznanju za okoljevarstveno delovanje fakultete.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 6: Poznavanja ekoodbora med študenti in zaposlenimi na ekofakultetah

Skupina*	Da		Ne	
	f	f %	f	f %
1	16	11,5	123	88,5
2	29	49,2	30	50,8
Skupaj	45	22,7	153	77,3

*Skupina 1 – študenti na ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na ekofakultetah

Večina študentov (88,5 %) in polovica zaposlenih (50,8 %) ni seznanjena, da na fakulteti deluje ekoodbor, v katerega so vključeni študenti, profesorji in vodstvo. Poznavanje delovanja ekoodbora med zaposlenimi znaša 49,2 %, med študenti pa le 11,5 %, kar nakazuje nizko splošno ozaveščenost (preglednica 6). Ti rezultati poudarjajo potrebo po promociji ekoodbora, vključno s predstavitvami in aktivnostmi, ki bi spodbujale sodelovanje študentov in zaposlenih v okviru programa Ekošola.

Preglednica 7: Poznavanje aktivnosti programa Ekošola med študenti in zaposlenimi na ekofakultetah

Aktivnost	Skupina*	f	f %
Ločeno zbiranje odpadkov	1	130	93,5
	2	58	98,3
Ponovna uporaba odpadnih materialov	1	36	25,9
	2	21	35,6
Zbiralne akcije (oblačila, igrače, zamaški, baterije, papir ...)	1	71	51,1
	2	42	71,2
Čistilne akcije	1	28	20,1
	2	11	18,6
Projekt Hrana ni za tjavendan	1	20	14,4
	2	13	22,0
Projekt Tradicionalni slovenski zajtrk	1	85	61,2
	2	46	78,0
Projekt Dan brez avtomobila	1	19	13,7
	2	19	32,2
Spodbujevalni napisi za manjšo porabo pitne vode, papirja in ugašanje luči	1	81	58,3
	2	38	64,4
Vključevanje vsebin o trajnostnem razvoju v študijske predmete	1	37	26,6
	2	38	64,4
Raziskovalna dejavnost	1	25	18,0
	2	26	44,1
Predavanja strokovnjakov s področja trajnostnega razvoja	1	17	12,2
	2	29	49,2
Projekt Mladi poročevalci za okolje	1	5	3,6
	2	5	8,5
Izobraževanje študentov in zaposlenih na temo trajnostnega razvoja	1	35	25,2
	2	29	49,2
Drugo	1	3	2,2
	2	2	3,4

*Skupina 1 – študenti na ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na ekofakultetah

Ugotovljeno je bilo, da je med študenti (93,5 %) in zaposlenimi (98,3 %) najbolj prepoznavna aktivnost ločeno zbiranje odpadkov, sledita projekt Tradicionalni slovenski zajtrk (61,2 % študentov; 78 % zaposlenih) in zbiralne akcije (51,1 % študentov; 71,2 % zaposlenih). Več kot polovica obeh skupin pozna tudi spodbujevalne napise za manjšo porabo pitne vode, papirja in ugašanje luči, kar kaže na splošno dobro prepoznavnost ključnih aktivnosti

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

programa. Med zaposlenimi je visoka tudi prepoznavnost vključevanja vsebin o trajnostnem razvoju v študijske predmete (64,4 %), med študenti pa je ta aktivnost manj prepoznavna (26,6 %). Najmanj prepoznavna aktivnost je projekt Mladi poročevalci za okolje (3,6 % študentov; 8,5 % zaposlenih), kar nakazuje potrebo po večji promociji in predstavitvi tega projekta (preglednica 7).

Pod možnost *Drugo* so trije študenti navedli: »*Ne poznam programa Ekošola; Ne poznam nobene aktivnosti*«, kar kaže na to, da nekateri študentje sploh niso seznanjeni z aktivnostmi in programom Ekošola. Nekateri zaposleni poznajo poleg projekta Dan brez avtomobila tudi aktivnosti, ki se nanašajo na trajnostno mobilnost. Dva zaposlena pa sta pod možnost *Drugo* namreč navedla: »*Izposoja koles za zaposlene, ko potrebujejo prevoz v času delavnika za službene namene; Kolesarimo v službo*«.

Preglednica 8: Vključenost študentov in zaposlenih v aktivnosti programa Ekošola na ekofakultetah

Skupina*	Da		Ne	
	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
1	27	19,4	112	80,6
2	31	52,5	28	47,5
Skupaj	58	29,3	140	70,7

*Skupina 1 – študenti na ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na ekofakultetah

V aktivnosti programa Ekošola, ki se izvajajo na fakultetah, se lahko vključujejo tako študenti kot zaposleni. Ugotavljalo se je, v kolikšni meri se študentje in zaposleni vključujejo v aktivnosti, ki se v okviru programa Ekošola izvajajo na njihovi fakulteti. Iz preglednice 8 je razvidno, da se večina študentov (80,6 %) ne vključuje v aktivnosti programa Ekošola, medtem ko se več kot polovica zaposlenih (52,5 %) vanj aktivno vključuje.

Študenti (19,4 %) in zaposleni (52,5 %), ki se aktivno vključujejo v program Ekošola, so zapisali, da ločujejo odpadke, sodelujejo pri projektu Tradicionalni slovenski zajtrk, čistilnih, zbiralnih in dobrodelnih akcijah, varčujejo s porabo papirja, vode in energije, sodelujejo v ekoodboru, se udeležujejo predavanj in izobraževanj o trajnostnem razvoju.

Preglednica 9: Stališča študentov in zaposlenih na ekofakultetah o stopnji okoljske ozaveščenosti študentov

S*	Stopnja okoljske ozaveščenosti študentov										M*	Povprečni rang	Mann-Whitneyjev test	
	Zelo nizka (1)		Nizka (2)		Niti nizka niti visoka (3)		Visoka (4)		Zelo Visoka (5)					
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %		$\bar{R}$	U	α
1	8	5,9	18	13,3	65	48,1	41	30,4	3	2,2	3,10	90,32	3013,000	0,006
2	1	1,7	3	5,2	25	43,1	26	44,8	3	5,2	3,47	112,55		

*S – Skupina 1: študenti na ekofakultetah; Skupina 2: zaposleni na ekofakultetah; *M – povprečna vrednost, izračunana na osnovi 5-stopenjske Likertove lestvice (1 – zelo nizka; 2 – nizka; 3 – niti nizka niti visoka; 4 – visoka; 5 – zelo visoka)

Ugotovljeno je bilo (preglednica 9), da študenti svojo stopnjo okoljske ozaveščenosti ocenjujejo nižje ($M = 3,10$), kot jo ocenjujejo zaposleni ($M = 3,47$), pri čemer so ugotovljene razlike

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

statistično značilne ($U = 3013,000$; $\alpha = 0,006$). To nakazuje, da zaposleni študentom pripisujejo višjo raven okoljske ozaveščenosti, kot jo ti prepoznavajo pri sebi.

Preglednica 10: Stališča študentov in zaposlenih na ekofakultetah o stopnji okoljske ozaveščenosti zaposlenih

S*	Stopnja okoljske ozaveščenosti zaposlenih										M*	Povprečni rang	Mann-Whitneyjev test	
	Zelo nizka (1)		Nizka (2)		Niti nizka niti visoka (3)		Visoka (4)		Zelo visoka (5)				U	α
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %				
1	3	2,3	7	5,3	53	40,5	60	45,8	8	6,1	3,48	92,54	3477,000	0,414
2	1	1,8	3	5,3	20	35,1	28	49,1	5	8,8	3,58	99,00		

*S – Skupina 1: študenti na ekofakultetah; Skupina 2: zaposleni na ekofakultetah; *M – povprečna vrednost, izračunana na osnovi 5-stopenjske Likertove lestvice (1 – zelo nizka; 2 – nizka; 3 – niti nizka niti visoka; 4 – visoka; 5 – zelo visoka)

Rezultati so pokazali (preglednica 10), da študenti okoljsko ozaveščenost zaposlenih ocenjujejo nekoliko nižje ($M = 3,48$) kot zaposleni sami ($M = 3,58$), pri čemer razlike niso statistično značilne ($U = 3477,000$; $\alpha = 0,414$). To pomeni, da obe skupini zaznavata podobno raven okoljske ozaveščenosti zaposlenih, kar kaže na relativno skladnost v percepciji med študenti in zaposlenimi.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 9: Stališča študentov in zaposlenih do pomembnosti vključenosti fakultete v program Ekošola in izvajanje aktivnosti, povezanih s trajnostnim razvojem

Trditev	Skupina*	Sploh ni pomembno (1)		Ni pomembno (2)		Niti ni niti je pomembno (3)		Pomembno (4)		Zelo pomembno (5)		M*	Povprečni rang	Mann-Whitneyjev test	
		f	f %	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %		$\bar{R}$	U	α
Fakulteta je vključena v program Ekošola.	1	3	2,3	3	2,3	17	13,0	72	55,0	36	27,5	4,03	89,63	3095,000	0,040
	2	0	0,0	2	3,5	4	7,0	27	47,4	24	42,1	4,28	105,70		
Na fakulteti se izvajajo aktivnosti, povezane s trajnostnim razvojem.	1	0	0,0	2	1,5	10	7,6	61	46,6	58	44,3	4,34	90,33	3187,500	0,076
	2	0	0,0	0	0,0	3	5,3	21	36,8	33	57,9	4,53	104,08		

*Skupina 1 – študenti na ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na ekofakultetah; *M – povprečna vrednost, izračunana na osnovi 5-stopenjske Likertove lestvice (1 – sploh ni pomembno; 2 – ni pomembno; 3 – niti ni pomembno niti je pomembno; 4 – pomembno; 5 – zelo pomembno)

Ugotovljeno je bilo (preglednica 11), da zaposleni pomembnosti vključenosti fakultete v program Ekošola pripisujejo nekoliko večji pomen kot študenti, pri čemer so razlike statistično značilne ($U = 3095,000$; $\alpha = 0,040$). Pri oceni izvajanja aktivnosti, povezanih s trajnostnim razvojem, razlike med skupinama niso bile statistično značilne ($U = 3187,500$; $\alpha = 0,076$), kar pomeni, da obe skupini pripisujeta tem aktivnostim podobno raven pomembnosti.

V raziskavi se je ugotavljalo, kakšno je stališče študentov in zaposlenih do različnih vedenj uporabnikov stavbe fakultete. Študenti in zaposleni so na Likertovi lestvici od 1 do 5 ocenili, kako pomembna se jim zdijo trajnostna vedenja. Iz preglednice 12 je razvidno, da je po mnenju študentov najbolj pomembna skrb za čim manjšo količino zavržene hrane ($M = 3,79$). Zaposleni večjo pomembnost pripisujejo trditvi *varčevanje s porabo papirja za tiskanje* (npr. dvostransko tiskanje in kopiranje, uporaba recikliranega papirja) ($M = 3,58$). Zaposlenim se najbolj pomembno zdi pravilno ločevanje odpadkov ($M = 3,81$). Rezultati raziskave kažejo, da se 74,4 % študentom in 68,4 % zaposlenim zdi zelo pomembno ugašanje luči v praznih prostorih. 79,1 % študentom in 80,7 % zaposlenim se zdi zelo pomembno, da se pravilno ločujejo odpadki. 79,8 % študentom in 71,9 % zaposlenim se zdi zelo pomembno varčevanje s pitno vodo. 80,6 % študentom in 66,7 % zaposlenim se zdi zelo pomembna tudi skrb za čim manjšo količino zavržene hrane. Študenti (71,3 %) in zaposleni (61,4 %) so ocenili, da se jim zdi zelo pomembna tudi skrb za urejeno in čisto okolico fakultete. Ugotovljeno je bilo, da imajo študenti in zaposleni na ekofakultetah pozitiven odnos do trajnostnih vedenj in aktivnosti, ki se izvajajo na fakulteti v okviru programa Ekošola. Študentom in zaposlenim je zelo pomembno pravilno ločevanje odpadkov, ugašanje luči v praznih prostorih fakultete, varčevanje s pitno vodo, skrb za čim manjšo količino zavržene hrane, skrb za urejeno in čisto okolico fakultete ter varčevanje s porabo papirja za tiskanje in papirnatih brisačk v toaletnih prostorih fakultete. Pozitiven odnos so študentje in zaposleni izrazili tudi do uporabe javnega prevoza, kolesa in hoje do fakultete.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 10: Stališča študentov in zaposlenih do pomembnosti različnih trajnostnih vedenj uporabnikov stavbe fakultete

Vedenje	Skupina*	Sploh ni pomembno (1)		Ni pomembno (2)		Niti ni niti je pomembno (3)		Pomembno (4)		Zelo pomembno (5)		M*	Povprečni rang	Mann-Whitneyjev test	
		f	f %	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %		$\bar{R}$	U	α
Ugašanje luči v praznih prostorih	1	0	0,0	0	0,0	2	1,6	31	24,0	96	74,4	3,73	95,20	3457,500	0,404
	2	0	0,0	0	0,0	1	1,8	17	29,8	39	68,4	3,67	89,66		
Pravilno ločevanje odpadkov	1	0	0,0	1	0,8	4	3,1	22	17,1	102	79,1	3,74	92,82	3589,000	0,712
	2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	11	19,3	46	80,7	3,81	95,04		
Varčevanje s pitno vodo	1	0	0,0	0	0,0	4	3,1	22	17,1	103	79,8	3,77	95,51	3417,500	0,292
	2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	16	28,1	41	71,9	3,72	88,96		
Uporaba javnega prevoza za prevoz do fakultete	1	0	0,0	2	1,6	16	12,4	54	41,9	57	44,2	3,29	96,36	3307,000	0,235
	2	0	0,0	2	3,5	8	14,0	27	47,4	20	35,1	3,14	87,02		
Uporaba kolesa namesto avtomobila za prevoz do fakultete	1	0	0,0	2	1,6	20	15,5	47	36,4	60	46,5	3,28	95,17	3460,500	0,488
	2	0	0,0	2	3,5	5	8,8	29	50,9	21	36,8	3,21	89,71		
Hoja do fakultete	1	1	0,8	1	0,8	19	14,7	51	39,5	57	44,2	3,26	95,95	3360,500	0,312
	2	0	0,0	2	3,5	8	14,0	27	47,4	20	35,1	3,14	87,96		
Ugašanje računalnika po uporabi	1	0	0,0	2	1,6	11	8,5	53	41,1	63	48,8	3,37	99,68	2879,000	0,010
	2	1	1,8	2	3,5	13	22,8	21	36,8	20	35,1	3,00	79,51		
Skrb za čim manjšo količino zavržene hrane	1	0	0,0	0	0,0	2	1,6	23	17,8	104	80,6	3,79	97,72	3131,500	0,029
	2	0	0,0	1	1,8	3	5,3	15	26,3	38	66,7	3,58	83,94		
Varčevanje s porabo papirnatih brisačk v toaletnih prostorih fakultete	1	1	0,8	1	0,8	10	7,8	53	41,1	64	49,6	3,38	94,17	3589,500	0,775
	2	0	0,0	0	0,0	4	7,0	27	47,4	26	45,6	3,39	91,97		

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Vedenje	Skupina*	Sploh ni pomembno (1)		Ni pomembno (2)		Niti ni niti je pomembno (3)		Pomembno (4)		Zelo pomembno (5)		M*	Povprečni rang $\bar{R}$	Mann-Whitneyjev test	
		f	f %	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %			U	α
Varčevanje s porabo papirja za tiskanje	1	0	0,0	1	0,8	6	4,7	53	41,1	69	53,5	3,47	91,10	3367,500	0,297
	2	0	0,0	0	0,0	2	3,5	20	35,1	35	61,4	3,58	98,92		
Skrb za urejeno in čisto okolico fakultete	1	0	0,0	0	0,0	2	1,6	35	27,1	92	71,3	3,70	96,30	3315,500	0,187
	2	0	0,0	0	0,0	1	1,8	21	36,8	35	61,4	3,60	87,17		

*Skupina 1 – študenti na ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na ekofakultetah; *M – povprečna vrednost, izračunana na osnovi 5-stopenjske Likertove lestvice (1 – sploh ni pomembno; 2 – ni pomembno; 3 – niti ni pomembno niti je pomembno; 4 – pomembno; 5 – zelo pomembno)

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 11: Stališča študentov in zaposlenih o programu Ekošola

Trditev	Skupina*	Sploh se ne strinjam (1)		Se ne strinjam (2)		Niti se ne strinjam niti se strinjam (3)		Se strinjam (4)		Povsem se strinjam (5)		M*	Povprečni rang	Mann-Whitneyjev test	
		f	f %	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %		$\bar{R}$	U	α
Trajnostne vsebine so v zadostni meri vključene v študijske programe.	1	7	5,5	45	35,4	40	31,5	22	17,3	13	10,2	2,91	83,05	2419,500	<0,001
	2	1	1,8	4	7,1	22	39,3	29	51,8	0	0,0	3,41	112,29		
Vključujem se v trajnostne dejavnosti, ki se izvajajo na fakulteti.	1	26	20,5	34	26,8	35	27,6	25	19,7	7	5,5	2,63	77,51	1716,000	<0,001
	2	0	0,0	4	7,1	17	30,4	26	46,4	9	16,1	3,71	124,86		
Na fakulteti se izvaja dovolj dejavnosti v povezavi s trajnostjo.	1	7	5,5	30	23,6	53	41,7	31	24,4	6	4,7	2,99	86,38	2842,500	0,023
	2	1	1,8	8	14,3	22	39,3	22	39,3	3	5,4	3,32	104,74		
Študentje so na fakulteti dobro obveščeni o programu Ekošola.	1	39	30,7	52	40,9	26	20,5	9	7,1	1	0,8	2,06	76,07	1533,000	<0,001
	2	1	1,8	12	21,4	26	46,4	15	26,8	2	3,6	3,09	128,13		
Zaposleni so na fakulteti dovolj ozaveščeni o programu Ekošola.	1	11	8,7	22	17,3	70	55,1	22	17,3	2	1,6	2,86	88,63	3128,000	0,164
	2	4	7,1	12	21,4	19	33,9	20	35,7	1	1,8	3,04	99,64		
Trajnostne vsebine me zanimajo.	1	6	4,7	13	10,2	29	22,8	61	48,0	18	14,2	3,57	82,75	2381,500	<0,001
	2	2	3,6	3	5,4	5	8,9	23	41,1	23	41,1	4,11	112,97		

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Trditev	Skupina*	Sploh se ne strinjam (1)		Se ne strinjam (2)		Niti se ne strinjam niti se strinjam (3)		Se strinjam (4)		Povsem se strinjam (5)		M*	Povprečni rang	Mann-Whitneyjev test	
		f	f %	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %		$\bar{R}$	U	α
Želim se vključevati v aktivnosti programa Ekošola.	1	12	9,4	17	13,4	39	30,7	54	42,5	5	3,9	3,18	85,45	2724,500	0,008
	2	2	3,6	2	3,6	20	35,7	21	37,5	11	19,6	3,66	106,85		
Profesorji prispevajo k prepoznavnosti programa Ekošola.	1	21	16,5	44	34,6	41	32,3	16	12,6	5	3,9	2,53	77,00	1651,000	<0,001
	2	0	0,0	7	12,5	19	33,9	19	33,9	11	19,6	3,61	126,02		
Okoljska vzgoja vpliva na moje trajnostno vedenje.	1	3	2,4	7	5,5	20	15,7	76	59,8	21	16,5	3,83	89,37	3222,000	0,260
	2	2	3,6	6	10,7	4	7,1	28	50,0	16	28,6	3,89	97,96		
Okoljska vzgoja vpliva na moja stališča o trajnostnem razvoju.	1	4	3,1	8	6,3	15	11,8	76	59,8	24	18,9	3,85	89,67	3260,500	0,320
	2	2	3,6	5	8,9	5	8,9	27	48,2	17	30,4	3,93	97,28		

*Skupina 1 – študenti na ekofakultetah; Skupina 2 – zaposleni na ekofakultetah; *M – povprečna vrednost, izračunana na osnovi 5-stopenjske Likertove lestvice (1 – sploh se ne strinjam; 2 – se ne strinjam; 3 – niti se ne strinjam niti se strinjam; 4 – se strinjam; 5 – povsem se strinjam)

Ugotavljala so se tudi stališča zaposlenih o programu Ekošola. Študenti in zaposleni so na Likertovi lestvici od 1 do 5 ocenili, v kolikšni meri se strinjajo z navedenimi trditvami. Rezultati raziskave (preglednica 13) so pokazali, da se po večini študentje (40,9 %) ne strinjajo s trditvijo, da so trajnostne vsebine v zadostni meri vključene v študijske programe, medtem ko so zaposleni (51,8 %) izrazili večje strinjanje s to trditvijo. Poleg tega se študenti (71,6 %) ne strinjajo s trditvijo, da so študentje na fakulteti dobro obveščeni o programu Ekošola. 46,4 % zaposlenih je izrazilo srednje strinjanje s tem, da so študentje na fakulteti dobro obveščeni o programu Ekošola. 51,1 % študentov se tudi ne strinja, da profesorji prispevajo k prepoznavnosti programa Ekošola. Zaposleni (53,5 %) so se v večji meri strinjali, da profesorji prispevajo k prepoznavnosti programa Ekošola, medtem ko se 51,1 % študentov s tem ni strinjalo. Zaposleni (62,5 %) se v večji meri vključujejo v trajnostne aktivnosti, medtem ko se 47,3 % študentov ne vključuje v trajnostne aktivnosti. Tako študenti (41,7 %) kot zaposleni (39,3 %) se srednje strinjajo, da se na fakulteti izvaja dovolj dejavnosti v povezavi s trajnostnim razvojem. 55,1 % študentov je izrazilo srednje strinjanje s trditvijo, da so zaposleni na fakulteti dovolj ozaveščeni o programu Ekošola, medtem ko so zaposleni (37,5 %) izrazili večje strinjanje. Študente (62,2 %) in zaposlene (82,2 %) trajnostne vsebine zanimajo. Prav tako se študenti (46,4 %) in zaposleni (57,1 %) želijo vključevati v aktivnosti programa Ekošola. Študenti (76,3 %) in zaposleni (78,6 %) se strinjajo, da okoljska vzgoja vpliva na njihovo trajnostno vedenje in stališča o trajnostnem razvoju (študenti = 78,7 %; zaposleni = 78,6 %).

Rezultati raziskave so pokazali, da imajo študenti in zaposleni različna stališča do programa Ekošola. Ugotovljeno je bilo, da se zaposleni bolj vključujejo v trajnostne dejavnosti, ki se izvajajo na fakulteti kot študenti. Zaposleni imajo bolj pozitivna stališča do dobre obveščenosti študentov o programu Ekošola kot študentje. Zaposleni so izrazili večje strinjanje z izvajanjem zadostnega števila dejavnosti v povezavi s trajnostjo na fakulteti kot študenti. Zaposleni se bolj kot študenti strinjajo, da so trajnostne vsebine v zadostni meri vključene v študijske programe. Študenti se po večini ne strinjajo, da profesorji prispevajo k prepoznavnosti programa Ekošola. Zaposleni in študenti so izrazili pozitivna stališča do zanimanja za trajnostne vsebine in želje po vključevanju v aktivnosti programa Ekošola. Študenti in zaposleni se strinjajo, da okoljska vzgoja vpliva na njihovo trajnostno vedenje in stališča o trajnostnem razvoju. Študenti se strinjajo, da zaposleni niso dovolj ozaveščeni o programu Ekošola.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 12: Pogostost uresničevanja trajnostnih ravnanj študentov in zaposlenih

Trajnostno ravnanje	Skupina*	Nikoli (1)		Zelo redko (2)		Včasih (3)		Pogosto (4)		Vedno (5)		M*	Povprečni rang <i>R</i>	Mann-Whitneyjev test	
		<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %			<i>U</i>	<i>α</i>
Izbiram okolju prijazne materiale (npr. e-gradiva, recikliran papir) za študijske potrebe/delo na fakulteti.	1	5	4,0	15	11,9	38	30,2	55	43,7	13	10,3	3,44	87,68	3047,000	0,170
	2	1	1,8	6	10,9	13	23,6	26	47,3	9	16,4	3,65	98,60		
Izklopim električne naprave, ko jih ne uporabljam.	1	3	2,4	4	3,2	10	7,9	61	48,4	48	38,1	4,17	89,15	3231,500	0,430
	2	2	3,6	1	1,8	4	7,3	23	41,8	25	45,5	4,24	95,25		
Ločujem odpadke.	1	1	0,8	1	0,8	1	0,8	45	35,7	78	61,9	4,57	88,04	3091,500	0,165
	2	0	0,0	1	1,8	0	0,0	14	25,5	40	72,7	4,69	97,79		
Če ne vem, kam spada določen odpad, ga zavržem med mešane odpadke.	1	1	0,8	6	4,8	35	27,8	51	40,5	33	26,2	3,87	89,47	3272,500	0,530
	2	0	0,0	4	7,3	11	20,0	24	43,6	16	29,1	3,95	94,50		
Pozoren/-na sem, da v predavalnici ugašam luči, če nikogar ni v prostoru.	1	7	5,6	6	4,8	25	19,8	33	26,2	55	43,7	3,98	79,75	2048,000	<0,001
	2	1	1,8	1	1,8	0	0,0	8	14,5	45	81,8	4,73	116,76		
V toaletnih prostorih fakultete sem pozoren/-na na porabo papirnatih brisačk.	1	2	1,6	3	2,4	13	10,3	65	51,6	43	34,1	4,14	84,10	2595,500	0,003
	2	0	0,0	0	0,0	3	5,5	21	38,2	31	56,4	4,51	106,81		
Medtem ko si umivam zobe, zaprem vodo.	1	1	0,8	4	3,2	1	0,8	16	12,7	104	82,5	4,73	90,14	3357,000	0,606
	2	0	0,0	0	0,0	2	3,6	6	10,9	47	85,5	4,82	92,96		
Pozoren/-na sem na porabo pitne vode.	1	1	0,8	1	0,8	10	7,9	53	42,1	61	48,4	4,37	83,65	2538,500	<0,001
	2	0	0,0	0	0,0	2	3,6	12	21,8	41	74,5	4,71	107,85		

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Trajnostno ravnanje	Skupina*	Nikoli (1)		Zelo redko (2)		Včasih (3)		Pogosto (4)		Vedno (5)		M*	Povprečni rang $\bar{R}$	Mann-Whitneyjev test	
		f	f %	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %			U	α
Za prevoz do fakultete uporabljam javni prevoz (avtobus, vlak, taksi).	1	18	14,3	9	7,1	18	14,3	32	25,4	49	38,9	3,67	103,51	1888,500	<0,001
	2	17	30,9	16	29,1	10	18,2	5	9,1	7	12,7	2,44	62,34		
Za prevoz do fakultete uporabljam kolo namesto avtomobila.	1	54	42,9	17	13,5	15	11,9	22	17,5	18	14,3	2,47	94,99	2962,000	0,099
	2	32	58,2	8	14,5	2	3,6	4	7,3	9	16,4	2,09	81,85		
Na fakulteto hodim peš.	1	25	19,8	6	4,8	23	18,3	31	24,6	41	32,5	3,45	106,88	1464,000	<0,001
	2	36	65,5	5	9,1	9	16,4	1	1,8	4	7,3	1,76	54,62		
Pozoren/-na sem na količino zavržene hrane.	1	1	0,8	2	1,6	5	4,0	57	45,2	61	48,4	4,39	89,78	3311,000	0,594
	2	0	0,0	1	1,8	4	7,3	20	36,4	30	54,5	4,44	93,80		
Pozoren/-na sem na to, da pri tiskanju porabim čim manjšo količino papirja.	1	2	1,6	8	6,3	18	14,3	49	38,9	49	38,9	4,07	84,98	2706,500	0,012
	2	0	0,0	0	0,0	4	7,3	21	38,2	30	54,5	4,47	104,79		

*Skupina 1 – skupina študentov na ekofakultetah; Skupina 2 – skupina zaposlenih na ekofakultetah; *M – povprečna vrednost, izračunana na osnovi 5-stopenjske Likertove lestvice (1 – nikoli; 2 – zelo redko; 3 – včasih; 4 – pogosto; 5 – vedno).

Ugotavljalo se je, kako pogosto študenti in zaposleni uresničujejo trajnostna ravnanja. Rezultati raziskave (preglednica 14) so pokazali, da študenti (54,0 %) in zaposleni (63,7 %) pogosto uporabljajo okolju prijazne materiale (npr. e-gradiva, recikliran papir) za študijske potrebe oziroma delo na fakulteti. Študenti (86,5 %) in zaposleni (87,3 %) pogosto izklopijo vse električne naprave, ko jih ne potrebujejo. 97,6 % študentov in 98,2 % zaposlenih skoraj vedno ločuje odpadke. Medtem ko v primeru, če ne vedo, kam spada določen odpadki, ga 66,7 % študentov in 72,7 % zaposlenih zavrže med mešane odpadke. Študenti (69,9 %) in zaposleni (96,3 %) so skoraj vedno pozorni, da v predavalnici ugasnejo luči, če nikogar ni v prostoru. Študenti (85,7 %) in zaposleni (94,6 %), so v toaletnih prostorih fakultete pogosto pozorni na porabo papirnatih brisačk ter na porabo pitne vode (90,5 % študenti; 96,3 % zaposleni). Študenti (95,2 %) in zaposleni (96,4 %) medtem ko si umivajo zobe, skoraj vedno zaprejo vodo. 64,3 % študentov za prevoz do fakultete skoraj vedno uporablja javni prevoz (avtobus, vlak, taksi), medtem ko 60 % zaposlenih javnega prevoza nikoli ne uporablja. Študenti (56,7 %) in zaposleni (72,7 %) nikoli ne kolesarijo do fakultete. Zaposleni (65,5 %) na fakulteto nikoli ne hodijo peš, medtem ko študenti (57,1 %) skoraj vedno. Študenti (93,6 %) in zaposleni (90,9 %) so skoraj vedno pozorni na količino zavržene hrane. Zaposleni (92,7 %) so skoraj vedno pri tiskanju pozorni na to, da porabijo čim manjšo količino papirja, medtem ko so študenti (77,8 %) nekoliko manj pogosto pozorni na porabo papirja pri tiskanju.

Rezultati kažejo, da se študentje in zaposleni na ekofakultetah v praksi večinoma vedejo trajnostno. Pri tem študenti bolj pogosto kot zaposleni za prevoz do fakultete uporabljajo javni prevoz in na fakulteto hodijo peš. Študenti in zaposleni so skoraj vedno pozorni na to, da zaprejo vodo, ko si umivajo zobe, in so pozorni na količino zavržene hrane. Študenti in zaposleni za prevoz do fakultete nikoli ne uporabijo kolesa namesto avtomobila. Pogosto študenti in zaposleni odpadke, za katerega ne vedo, kam spada, zavržejo med mešane odpadke, kar ni ravno spodbuden podatek, saj se v koših za mešane odpadke tako znajdejo papir, embalaža, steklo in biološki odpadki.

V raziskavi se je ugotavljalo, kakšne predloge za izboljšavo trajnostnega vedenja predlagajo študenti in kakšne zaposleni, zato se je udeležence z ekofakultet v Sloveniji prosilo, da navedejo vsaj tri načine, s katerimi bi bilo mogoče vedenje izboljšati. Identificirani predlogi so se nanašali na ozaveščanje in izobraževanje za trajnostni razvoj, vključevanje trajnostnih vsebin v študijske predmete in proces, predavanja strokovnjakov, zgledno ravnanje zaposlenih, vključevanje v aktivnosti, delavnice, dogodke in projekte programa Ekošola, namestitvev košev za ločevanje odpadkov z ustreznimi oznakami, dosledno upoštevanje opozorilnih napisov za varčevanje z vodo, papirjem in energijo, promocijo programa Ekošola (letaki, plakati, socialna omrežja), spodbujanje trajnostne mobilnosti, podporo vodstva fakultete ter nagrajevanje zavzetega ravnanja (npr. dodatek pri plači ali napredovanje zaposlenih) in sodelovanje v trajnostnih aktivnostih.

Diskusija

Na osnovi pridobljenih rezultatov so predstavljene ključne ugotovitve, ki odgovarjajo na raziskovalna vprašanja. Diskusija izpostavlja stopnjo poznavanja programa Ekošola, odnos študentov in zaposlenih do njegovih aktivnosti ter trajnostno usmerjeno vedenje na fakultetah. Ugotovitve ponujajo vpogled v razlike med obema skupinama anketirancev in izpostavljajo področja, kjer bi bilo treba v prihodnje nameniti več pozornosti. Na ta način prispevajo k boljšemu razumevanju vloge visokošolskih ustanov pri spodbujanju trajnostnega razvoja.

RV1: Kako dobro študentje in zaposleni na ekofakultetah poznajo program Ekošola in aktivnosti, ki se izvajajo v njegovem okviru?

Rezultati kažejo, da več kot tri petine študentov (62,6 %) ni seznanjenih z vključenostjo svoje fakultete v program Ekošola, medtem ko velika večina zaposlenih (91,5 %) to informacijo pozna. Sklepati je mogoče, da je ozaveščanje študentov o programu pomanjkljivo in da bi bilo v prihodnje treba več pozornosti nameniti obveščanju. Večina študentov (98,6 %) in zaposlenih (88,1 %) se ne vključuje v koordinacijo programa, delovanje ekoodbora ali vodenje projektov, kar je razumljivo glede na nizko stopnjo prepoznavnosti med študenti. Posledično je velik delež študentov (88,5 %) in polovica zaposlenih (50,8 %) neinformiranih o delovanju ekoodbora. Za povečanje vključenosti bi bilo smiselno okrepiti predstavitev njegove vloge ter s tem spodbuditi sodelovanje, pri čemer bi imela pomembno vlogo privlačna promocija in zanimive aktivnosti. Nadalje se je ugotovilo, da so študenti (77,0 %) in zaposleni (54,2 %) slabo seznanjeni z zeleno zastavo, mednarodnim priznanjem za okoljsko delovanje fakultet. Zato bi bilo priporočljivo povečati prepoznavnost tega priznanja med obema skupinama. Med aktivnostmi programa je najbolj prepoznavno ločevanje odpadkov, ki ga navaja velika večina študentov (93,5 %) in zaposlenih (98,5 %). Dobro so poznani tudi projekti, kot so Tradicionalni slovenski zajtrk, zbiralne akcije (npr. oblačila, baterije, papir), spodbujevalni napisi za varčevanje z vodo, energijo in papirjem ter vključevanje vsebin trajnostnega razvoja v študijske predmete. Najmanj prepoznaven ostaja projekt Mladi poročevalci za okolje (študenti 3,6 %, zaposleni 8,5 %), kar je verjetno posledica pomanjkljive promocije. Ugotovljeno je bilo, da je poznavanje programa med študenti nizko, med zaposlenimi pa bistveno višje. Fakultete bi morale zato nameniti več pozornosti predstavitvi programa predvsem študentom ter jih spodbujati k aktivnejši vključitvi. Podobno navaja Fošner (2025), ki poudarja, da kljub osnovnemu znanju o trajnostnem razvoju obstajajo pomembne vrzeli v razumevanju učinkovitosti različnih trajnostnih praks med slovenskimi študenti, kar potrjuje potrebo po dodatnem izobraževanju in ozaveščanju.

RV2: Kakšen je odnos študentov in zaposlenih na ekofakultetah do aktivnosti, ki se izvajajo v okviru programa Ekošola?

Univerze imajo pomembno vlogo pri ozaveščanju in usposabljanju študentov ter širše družbe o trajnostnem razvoju (Chaleta idr., 2021; Leal Filho idr., 2019; Lozano idr., 2013; Solís-Espallargas idr., 2019). Posameznikov odnos do trajnostnih praks pomembno vpliva na njegovo vedenje (Swaim idr., 2014). Rezultati kažejo, da študenti ($M = 3,10$) svojo okoljsko ozaveščenost ocenjujejo nižje kot zaposleni ($M = 3,47$). Po drugi strani zaposleni ($M = 3,58$) ocenjujejo ozaveščenost zaposlenih nekoliko višje kot študenti ($M = 3,48$). Prav tako zaposleni ($M = 4,28$) pripisujejo večjo pomembnost vključenosti fakultete v program Ekošola kot študenti ($M = 4,03$). Obe skupini pa izpostavljata pomembnost izvajanja aktivnosti, povezanih s trajnostnim razvojem (študenti $M = 4,34$; zaposleni $M = 4,53$). Sklepati je mogoče, da imajo tako študenti kot zaposleni po večini pozitiven odnos do vključevanja fakultet v program Ekošola in izvajanja povezanih aktivnosti. Podobno navaja tudi Žabkar (2016), ki je raziskovala odnos študentov Pedagoške fakultete do programa. Ugotovljeno je bilo, da imajo študenti in zaposleni na ekofakultetah pozitiven odnos do trajnostnih vedenj uporabnikov stavbe fakultete in aktivnosti, ki se na fakulteti izvajajo v okviru programa Ekošola. Izkazalo se je, da je študentom ($M = 3,79$) najbolj pomembna skrb za čim manjšo količino zavržene hrane, zaposlenim ($M = 3,81$) pa ločevanje odpadkov. Poleg tega je študentom in zaposlenim pomembno ugašanje luči v praznih prostorih fakultete, varčevanje s pitno vodo, skrb za urejeno

in čisto okolico fakultete ter varčevanje s porabo papirja za tiskanje in papirnatih brisačk v toaletnih prostorih fakultete. Pozitiven odnos so študentje in zaposleni izrazili tudi do uporabe javnega prevoza, kolesa in hoje do fakultete. Ugotovitve tako kažejo na pozitivno naravnost obeh skupin do trajnostnega vedenja, pri čemer zaposleni izkazujejo nekoliko višjo stopnjo naklonjenosti programu Ekošola. Na fakultetah bi bilo zato treba nameniti več pozornosti usposabljanju študentov za razvoj pozitivnega odnosa do trajnostnega razvoja (Busquets idr., 2021).

RV3: Kakšno je trajnostno usmerjeno vedenje študentov in zaposlenih na ekofakultetah?

Rezultati kažejo, da se študenti in zaposleni vedejo trajnostno, vendar so med skupinama opazne nekatere razlike. Zaposleni so pogostejše kot študenti pozorni na ugašanje luči v praznih prostorih (študenti $M = 3,98$; zaposleni $M = 4,73$), racionalno porabo papirja pri tiskanju (študenti $M = 4,07$; zaposleni $M = 4,47$) ter zmanjševanje porabe papirnatih brisačk (študenti $M = 4,14$; zaposleni $M = 4,51$) in pitne vode (študenti $M = 4,37$; zaposleni $M = 4,71$). Po drugi strani študenti pogostejše kot zaposleni uporabljajo javni prevoz ($M = 3,67$; zaposleni $M = 2,44$) ter hodijo peš na fakulteto ($M = 3,45$; zaposleni $M = 1,76$). Spodbudno je, da skoraj vsi študenti (97,6 %) in zaposleni (98,2 %) redno ločujejo odpadke, kar potrjuje visoko stopnjo ozaveščenosti o pomenu ravnanja z odpadki. Manj ugodno pa je, da več kot tri petine študentov (66,7 %) in zaposlenih (71,7 %) odpadke, za katere niso prepričani, kam sodijo, odložijo med mešane, kar pomeni, da so v mešanih odpadkih prisotni tudi papir, embalaža, steklo ali biološki odpadki. Ugotovljeno je bilo, da se predlogi študentov in zaposlenih, s katerimi bi izboljšali trajnostno vedenje študentov in zaposlenih, nanašajo na različna področja, in sicer: vzgojo in izobraževanje za trajnostni razvoj, trajnostno vedenje zaposlenih, promocijo trajnostnega vedenja in programa Ekošola, vključevanje študentov v dejavnosti in projekte programa Ekošola, ločevanje odpadkov, varčevanje s porabo papirja, vode, energije in hrane ter spodbujanje trajnostne mobilnosti študentov.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Na podlagi ugotovitev je mogoče zaključiti, da je za učinkovito spodbujanje trajnostnega vedenja na ekofakultetah ključno okrepiti ozaveščanje in izobraževanje študentov ter zaposlenih o programu Ekošola in njegovih aktivnostih. Povečanje promocije programa, omogočanje aktivnega vključevanja študentov v projekte in delovanje ekoodborov ter vključevanje trajnostnih vsebin neposredno v izobraževalni proces lahko prispevajo k večji zavzetosti udeležencev. Prav tako je pomembno spodbujati racionalno rabo virov, ločevanje odpadkov, varčevanje z energijo in vodo ter trajnostno mobilnost, saj ti ukrepi krepijo praktične veščine in odgovorno vedenje. Rezultati raziskave zagotavljajo uporabne smernice za fakultete pri oblikovanju trajnostnih učnih praks in politik, ki prispevajo k dolgoročnemu uresničevanju trajnostnih principov v akademskem okolju.

Literatura in viri

Allen, L. (8. 12. 2022). *What are the Three Pillars of Sustainability?* Treehugger.
<https://www.treehugger.com/what-are-the-three-pillars-of-sustainability-5189295>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Andersson, K., Jagers, S. C., Lindskog, A. in Martinsson, J. (2013). Learning for the future? Effects of education for sustainable development (ESD) on teacher education students. *Sustainability*, 5(12), 5135–5152. <https://doi.org/10.3390/su5125135>
- Bezelj, P., Scheuch, M. in Torkar, G. (2020). Understanding of Sustainability and Education for Sustainable Development among Pre-Service Biology Teachers. *Sustainability*, 12(17), 6892. <https://doi.org/10.3390/su12176892>
- Bianchi, G., Pisiotis, U. in Cabrera, M. (2023). *GreenComp, Evropski okvir kompetenc za trajnostnost*. Zavod RS za šolstvo.
- Blok, V., Wesselink, R., Studynka, O. in Kemp, R. (2015). Encouraging sustainability in the workplace: A survey on the pro-environmental behaviour of university employees. *Journal of cleaner production*, 106, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.063>
- Busquets, P., Segalas, J., Gomera, A., Antúnez, M., Ruiz-Morales, J., Albareda-Tiana, S. in Miñano, R. (2021). Sustainability education in the Spanish higher education system: Faculty practice, concerns and needs. *Sustainability*, 13(15), 8389. <https://doi.org/10.3390/su13158389>
- Chaleta, E., Saraiva, M., Sebastião, L., Cid, M., M. Diniz, A., Leal, F., Quaresma, P. in Rato, L. (2021). University teachers' conceptions of the university and the place of sustainability. *Sustainability*, 13(4), 1955. <https://doi.org/10.3390/su13041955>
- Christie, B. A., Miller, K. K., Cooke, R. in White, J. G. (2013). Environmental sustainability in higher education: how do academics teach? *Environmental Education Research*, 19(3), 385–414. <https://doi.org/10.1080/13504622.2012.698598>
- Dyball, M. C., Wang, A. F. in Wright, S. (2015). (Dis)Engaging with sustainability: evidence from an Australian business faculty. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 28(1), 69–101. <https://doi.org/10.1108/AAAJ-05-2014-1692>
- Eco-schools. (2023). *EcoCampus*. <https://www.ecoschools.global/ecocampus-about>
- Education. (b. d.). United Nations. <https://sdgs.un.org/topics/education>
- Ekofakulteta. (b. d.). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta. <https://www.pef.uni-lj.si/o-fakulteti/ekofakulteta/>
- EKOŠOLA. (b. d.). Fakulteta za dizajn, Samostojni visokošolski zavod. <https://fd.si/ekosola>
- Ekošola. (b. d.a). *Predstavitev Ekošole*. <https://ekosola.si/predstavitev-ekosole/>
- Erjavšek, M., Kostanjevec, S. in Lovšin Kozina, F. (2014). Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj na Pedagoški fakulteti Ljubljana - primer študijskega programa Gospodinjstvo z vezavami. *Vzgoja in izobraževanje*, 45(4), 31–36. <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-K3N4BCPF/eb0f928e-40c5-41a8-86c3-5227cc996c44/PDF>
- Fakulteta za dizajn, Samostojni visokošolski zavod. (b. d.). *Ekoakcijski načrt*. <https://fd.si/wp-content/uploads/2022/09/Plan-za-spletno-stran-21-22.pdf>
- Fissi, S., Romolini, A., Gori, E. in Contri, M. (2021). The path toward a sustainable green university: The case of the University of Florence. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123655. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123655>
- Fošner, A. (2025). Sustainability literacy as a key to a better future: A look at higher education. *Sustainability*, 17(3), 987. <https://doi.org/10.3390/su17030987>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Holden, E., Linnerud, K. in Banister, D. (2014). Sustainable development: Our common future revisited. *Global environmental change*, 26, 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.006>
- Justinek, G., Novalija, A., Šekoranja, D. in Štruklj, M. (ur.). (2015). *Spremenimo svet: Agenda za trajnostni razvoj do leta 2030. Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Center za evropsko prihodnost; Centre for European Perspective.
- Kollmuss, A. in Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental education research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- Kostanjevec, S. (2015). *Okoljski projekti v izobraževalnih ustanovah - primer Pedagoške fakultete v Ljubljani*. V-STRENGTH International Virtual Conference on Green Jobs and Work Related Competences in Chemical Engineering (str. 154–166). <http://pefprints.pef.uni-lj.si/3279/>
- Kostanjevec, S., Žabkar, N. in Erjavšek, M. (2016). Vključevanje študentov Pedagoške fakultete v program Ekošola. The inclusion of the Faculty of Education students in the Eco-school programme. V M. Orel (ur.), *Mednarodna konferenca EDUvision: Sodobni pristopi poučevanja prihajajočih generacij* (str. 135–142). EDUvision. http://www.eduvision.si/Content/Docs/Zbornik%20prispevkov%20EDUvision_2016_SLO.pdf
- Lah, A. (2002). Aktualne okoljske teme in izobraževanje. V A. Lah (ur.), *Izobraževanje o okolju za okolje prihodnosti* (str. 13–24). Svet za varstvo okolja Republike Slovenije.
- Larrán Jorge, M., Herrera Madueño, J., Calzado, Y. in Andrades, J. (2016). A proposal for measuring sustainability in universities: a case study of Spain. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 17(5), 671–697. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2015-0055>
- Lepičnik Vodopivec, J., Mezgec, M. in Šindić, A. (2023). Pojmovanje trajnosti in njeno uresničevanje v realnem vrtčevskem okolju z vidika vzgojiteljic. V J. Lepičnik Vodopivec in M. Mezgec (ur.), *Vseživljenjsko učenje odraslih za trajnostni razvoj in digitalni preboj* (str. 145–160). Založba Univerze na Primorskem.
- Levine, D. S. in Strube, M. J. (2012). Environmental Attitudes, Knowledge, Intentions and Behaviors Among College Students. *The Journal of Social Psychology*, 152(3), 308–326. <https://doi.org/10.1080/00224545.2011.604363>
- Lozano, R., Lukman, R., Lozano, F. J., Huisinigh, D. in Lambrechts, W. (2013). Declarations for sustainability in higher education: becoming better leaders, through addressing the university system. *Journal of cleaner production*, 48, 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.006>
- Marentič Požarnik, B. (2014). Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj – kje smo ob koncu »desetletja VITR«. *Vzgoja in izobraževanje*, 45(4), 5–13. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-WXVTFDKHb>
- Marentič Požarnik, B., Furlan, M. in Silan, D. (2017). Vzgoja za trajnostno prihodnost. *Didakta*, 25(191), 2–5. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-R1LRV267>
- Owens, K. A. in Legere, S. (2015). What do we say when we talk about sustainability? Analyzing faculty, staff and student definitions of sustainability at one American university. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(3), 367–384. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-06-2013-0055>
- Plut, D. (2002). Vzgoja in izobraževanje za naravo in okolje. V A. Lah (ur.), *Izobraževanje o okolju za okolje prihodnosti* (str. 8–12). Svet za varstvo okolja Republike Slovenije.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Projekti. (b. d.). GEA College. <https://gea-college.si/trajnost-in-gea-college/projekti/>

Prva EKO fakulteta na Univerzi na Primorskem. (16. 11. 2022). Univerza na Primorskem, Pedagoška fakulteta. <https://www.pef.upr.si/sl/novice/2022111611193703/prva-eko-fakulteta-na-univerzi-na-primorskem>

Ramos, T. B., Caeiro, S., Van Hoof, B., Lozano, R., Huisinigh, D. in Ceulemans, K. (2015). Experiences from the implementation of sustainable development in higher education institutions: Environmental Management for Sustainable Universities. *Journal of Cleaner Production*, 106, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.110>

Sammalisto, K., Sundström, A. in Holm, T. (2015). Implementation of sustainability in universities as perceived by faculty and staff—a model from a Swedish university. *Journal of Cleaner Production*, 106, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.015>

Sedmak, S. (2009). Izobraževanje za trajnostni razvoj – opredelitev področja. V S. Sedmak (ur.), *Danes za jutri. Razmišljanja o vzgoji in izobraževanju za trajnostni razvoj* (str. 21–38). Fakulteta za management. <https://www.fm-kp.si/zalozba/ISBN/978-961-266-061-1.pdf>

Silan, D. (2014). Ekošola kot način življenja, ekošola kot standard. *Vzgoja in izobraževanje*, 45(4), 41–44. <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-QFVCM7VF/26076104-732b-4b97-ac23-1f0a4ffc3854/PDF>

Skribe Dimec, D. (2014). Prihodnji učitelji razrednega pouka o vzgoji in izobraževanju za trajnostni razvoj. *Vzgoja in izobraževanje*, 45(4), 26–30. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-WVGLHN84>

Solís-Espallargas, C., Ruiz-Morales, J., Limón-Domínguez, D. in Valderrama-Hernández, R. (2019). Sustainability in the university: A study of its presence in curricula, teachers and students of education. *Sustainability*, 11(23), 6620. <https://doi.org/10.3390/su11236620>

Swaim, J. A., Maloni, M. J., Napshin, S. A. in Henley, A. B. (2014). Influences on student intention and behavior toward environmental sustainability. *Journal of Business Ethics*, 124(3), 465–484. <https://doi.org/10.1007/s10551-013-1883-z>

Šindić, A., Barbarev, K., Gavriloski, M. in Vodopivec, J. L. (2021). Predisposition Towards Sustainable Behaviour Among Students in the Pre-school Education Study Programme. *Journal of Elementary Education*, 14(3), 357–372. <https://doi.org/10.18690/rei.14.3.357-372.2021>

The 17 goals. (b. d.). United Nations. <https://sdgs.un.org/goals>

Torkar, G. (2013). Live what you teach & teach what you live: Student views on the acceptability of teachers' value-related statements about sustainability and climate change. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 3(1), 45–58. <https://doi.org/10.26529/cepsj.250>

Torkar, G. (2014). Learning experiences that produce environmentally active and informed minds. *NJAS:Wageningen Journal of Life Sciences*, 69(1), 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2014.03.002>

UNESCO. (b. d.). *Sustainable development*. <https://www.unesco.org/en/sustainable-development>

Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta. (b. d.). *Ekošola*. http://www.ef.uni-lj.si/druzben_a_odgovornost_in_integriteta/ekoSola

Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko. (b. d.). *Strategija trajnostnega razvoja*. <https://fl.um.si/wp-content/uploads/2023/08/strategija.pdf>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede. (23. 7. 2018). *Vključevanje trajnostnega razvoja v program fakultete*. ZelenaSlovenija.si. <https://www.zelenaslovenija.si/zeleno-omrežje/vkljucevanje-trajnostnega-razvoja-v-program-fakultete/>
- Uresničevanje Agende 2030. (2023). Gov.si. <https://www.gov.si/zbirke/projekti-in-programi/uresnicevanje-agende-2030/>
- Veselaj, Z. in Torkar, G. (2017). The acceptability of teachers' value related statements about sustainable development and climate change among non-Science and science major students from Kosovo. *European Journal of Sustainable Development*, 6(1), 221–232. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2017.v6n1p221>
- Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj, kažipot – VITR za 2030. (2022). Zavod republike Slovenije za šolstvo. https://www.zrss.si/pdf/VITR_za_2030.pdf
- World commission on environment and development. (1987). <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/server/api/core/bitstreams/a475333a-2123-4655-8e16-108d1dcd477f/content>
- Zaključeni projekti EKOŠOLE za leto 2022/2023. (28. 9. 2023). Fakulteta za dizajn, Samostojni visokošolski zavod. <https://fd.si/zakljuceni-projekti-ekosole-za-leto-22-23.html>
- Zsóka, Á., Szerényi, Z. M., Széchy, A. in Kocsis, T. (2013). Greening due to environmental education? Environmental knowledge, attitudes, consumer behavior and everyday pro-environmental activities of Hungarian high school and university students. *Journal of Cleaner Production*, 48, 126–138. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.030>
- Žabkar, N. (2016). *Odnos študentov do izvajanja programa Ekošola na Pedagoški fakulteti* [Diplomsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.

**VPLIV TIMSKEGA POUČEVANJA UČITELJEV PREDMETNEGA POUKA IN
IZVAJALCEV DODATNE STROKOVNE POMOČI NA SOCIALNO VKLJUČENOST
UČENCEV S PRIMANJKLJAJI NA POSAMEZNIH PODROČJIH UČENJA**

**THE IMPACT OF TEAM TEACHING OF SUBJECT TEACHERS AND ADDITIONAL
PROFESSIONAL SUPPORT PROVIDERS ON SOCIAL INCLUSION OF
STUDENTS WITH SEVERE SPECIFIC LEARNING DIFFICULTIES**

Katarina Kaja Hršak¹ in Milena Košak Babuder²

Center Janeza Levca Ljubljana, ¹ Univerza v Ljubljani², Pedagoška fakulteta

Povzetek

V prispevku je predstavljen pomen timskega poučevanja med predmetnim učiteljem in izvajalcem dodatne strokovne pomoči (DSP) pri delu z učenci s primanjkljaji na posameznih področjih učenja (PPPU) v izobraževalnem programu osnovne šole z dodatno strokovno pomočjo. V ospredje postavlja potrebo po večjem vključevanju učencev s PPPU v razredno okolje tudi pri izvedbi DSP, saj se ta v praksi še vedno pogosto izvaja izven razreda, kar ni v skladu z inkluzivnimi načeli. Prispevek temelji na empirični raziskavi, v kateri so bili anketirani predmetni učitelji, izvajalci DSP ter učenci. Rezultati raziskave kažejo, da večina strokovnih delavcev timsko poučevanje prepoznava kot koristno za učence s PPPU – tako z vidika učne učinkovitosti kot socialne vključenosti. Kljub pozitivnim stališčem in občuteni usposobljenosti za izvajanje, pa se pristopi timskega poučevanja le redko uporabljajo, predvsem zaradi pomanjkanja časa za načrtovanje. Prispevek poudarja, da osebna izkušnja s timskim poučevanjem pozitivno vpliva na stališča učiteljev in učencev ter krepi prepričanje o njegovi učinkovitosti pri spodbujanju učne motivacije in vključevanja učencev s PPPU.

Ključne besede: timsko poučevanje, izvajalci dodatne strokovne pomoči, predmetni učitelji, učenci s primanjkljaji na posameznih področjih učenja, socialna vključenost.

Abstract

The article discusses the importance of team teaching between subject teachers and additional professional support providers when working with pupils with severe specific learning difficulties (SpLD) in primary school educational programs with additional professional support. It highlights the need for greater inclusion of pupils with severe SpLD in the classroom environment, including during the implementation of additional professional support, as this is still often conducted outside the classroom in practice, which does not align with inclusive principles. The article is based on empirical research involving surveys with subject teachers, additional professional support providers, and pupils. The research results show that most professionals recognize team teaching as beneficial for pupils with SpLD, both for learning effectiveness and social inclusion. Despite positive attitudes and a perceived readiness to implement team teaching, such approaches are rarely used, mainly due to a lack of time for planning. The article emphasizes that personal experience with team teaching positively impacts the

attitudes of teachers and pupils and strengthens the belief in its effectiveness in promoting learning motivation and the inclusion of pupils with SpLD.

Key words: team teaching, additional professional assistance providers, subject teachers, pupils with severe specific learning difficulties, social inclusion.

Uvod

Inkluzivno izobraževanje je v zadnjih desetletjih postalo temeljna usmeritev nacionalnih in mednarodnih dokumentov, kot so Salamanška deklaracija (1994), Konvencija ZN o pravicah oseb s posebnimi potrebami (2006) ter Bela knjiga o vzgoji in izobraževanju (Krek in Metljak, 2011). Osrednje načelo teh dokumentov je zagotavljanje kakovostnega in dostopnega izobraževanja za vse učence, pri čemer se šolski sistemi preoblikujejo tako, da sprejemajo raznolikost in omogočajo polno participacijo učencev s posebnimi potrebami.

V slovenskem prostoru so učenci s primanjkljaji na posameznih področjih učenja (PPPU) najštevilčnejša skupina učencev s posebnimi potrebami, saj predstavljajo več kot 40 % vseh učencev, usmerjenih v izobraževalni program osnovne šole z dodatno strokovno pomočjo (MIZŠ, 2022). Gre za skupino, ki jo je mogoče opredeliti kot učence z izrazitimi specifičnimi učnimi težavami, ki pomembno vplivajo na uspešnost pri učenju, ne glede na to, da imajo običajno razvite intelektualne sposobnosti (Magajna idr., 2014).

Težave učencev s PPPU se kažejo predvsem na področju bralnih, pisnih, pravopisnih in računskih spretnosti, pogosto pa so povezane tudi s šibkostmi v izvršilnih funkcijah, pozornosti, kratkoročnem in delovnem spominu ter jezikovnem procesiranju. Takšne težave zahtevajo prilagojene metode poučevanja, dodatna pojasnila in specifične strategije učenja, ki učencem omogočajo, da kljub primanjkljajem razvijajo potenciale in uspešno sodelujejo v izobraževalnem procesu (Kavkler, 2011; Kavkler idr., 2008). Zaradi kompleksne narave težav je podpora v razredu ključnega pomena, saj učenci z učnimi težavami ali posebnimi potrebami pogosteje doživljajo socialno izključenost, kar lahko vodi v dolgotrajne negativne učinke na njihovo psihološko in socialno funkcioniranje (McConaughy idr., 1994, v Schmidt, 2001).

Timsko poučevanje kot oblika inkluzivne podpore

Timsko poučevanje kot sodelovanje med učiteljem in izvajalcem dodatne strokovne pomoči (DSP) se uveljavlja kot eden izmed najbolj učinkovitih pristopov za podporo učencem s posebnimi potrebami v razredu. Gre za pedagoški model, ki omogoča usmerjanje na vse učence – tako tiste s težavami kot tiste brez – znotraj posameznega učnega predmeta (Beane, 1997, Conderman, 2011, oba v Hurd in Weilbacher, 2017; Cook in Friend, 1995; Friend, 2008; Friend in Cook, 2014; Friend idr., 2010; Polak, 2007; Schmidt, 2001).

Uspešnost timskega poučevanja je tesno povezana s pripravljenostjo šol in strokovnih delavcev na sodelovanje. Murawski in Dieker (2004) poudarjata, da je za uspešno implementacijo ključno, da vodstvo šole zagotovi ustrezne informacije in spodbuja učitelje k proaktivni pripravi. Timsko poučevanje omogoča prepletanje kompetenc strokovnjakov z različnih področij, kar vodi do bolj celostne obravnave učenca in hkrati zmanjšuje slabosti individualne oblike pomoči izven razreda, kot so stigma, razdrobljenost podpore in

pomanjkanje predmetnega znanja izvajalca DSP (Basso in McCoy, 2009, v Friend in Cook, 2014; Polak, 2014).

Učenci s PP imajo tako dostop do strokovne razlage učne snovi in do prilagoditev, ki jih potrebujejo za uspešno učenje (Kim idr., 2006, v Friend in Cook, 2010; Polak, 2014). Poleg tega timsko poučevanje koristi tudi nadarjenim učencem, učencem s povprečnimi dosežki ter tistim z blažjimi učnimi težavami, ki niso vključeni v DSP, a imajo posebne potrebe (Gerber in Popp, 2000, v Friend in Cook, 2014). Prisotnost dveh strokovnjakov v razredu omogoča boljše odzivanje na raznolike potrebe, spodbuja socialne interakcije in zmanjšuje etiketiranje učencev s PP ter izvajalcev DSP (Schmidt, 2001).

Izvajalci timskega poučevanja poročajo o občutku kolegialne podpore, skupnem učenju in emocionalni opori (Murawski in Dieker, 2008, v Friend in Cook, 2014). Pomembno je, da učitelj in izvajalec DSP skupaj načrtujeta, izvajata in evalvirata učni proces, kar poudarjajo tudi Anliker idr. (2010) ter številni drugi avtorji (Arcaro, 1996; Buckley, 2000; Chivers, 1995; DiPardo, 1999; vsi v Polak, 2007; Murawski in Dieker, 2004; Schmidt, 2001).

Skupno gledano, timsko poučevanje predstavlja sodoben, inkluziven in strokovno utemeljen pristop, ki ne le izboljšuje učne izide učencev s PP, temveč prispeva k večji kakovosti pouka za vse učence.

Timsko načrtovanje

Timsko načrtovanje med učiteljem in izvajalcem dodatne strokovne pomoči (DSP) predstavlja temelj kakovostnega timskega poučevanja, saj omogoča usmerjeno pedagoško delovanje k posameznemu učencu. V procesu načrtovanja strokovna delavca analizirata učne potrebe in dosežke učencev, oblikujeta individualizirane programe, prilagojene učnim zmožnostim, ter spremljata napredek in iščeta ustrezne rešitve (Polak, 2007). Pomembna je tudi jasna identifikacija njunih vlog, delitev pričakovanj in usklajevanje stališč glede naslavljanja potreb vseh učencev (Dieker, 2001).

Raznolike spretnosti in znanja timskih partnerjev omogočajo diferenciacijo razlage za heterogen razred (Murawski in Dieker, 2004), ob tem pa se vzpostavlja vzajemen odnos, ki koristi tako učiteljema kot učencem (Trent idr., 2003, v Sileo, 2011). Za učinkovito izrabo časa je priporočljivo, da učitelj in izvajalec DSP določita stalen termin za načrtovanje, pripravita pregled učne snovi in ciljev ter se dogovorita o poteku ure, vlogah in prilagoditvah. Pomembno je, da se izogibata nestrinjanju pred učenci ter uporabljata jasne neverbalne znake za komunikacijo in vodenje skupine (Murawski in Dieker, 2004).

Osnovni koraki timskega načrtovanja se prekrivajo s splošnimi elementi načrtovanja pouka, kot so izbira ciljev, zasnova dejavnosti, priprava pripomočkov ter opredelitev načina vrednotenja (Kyriacou, 1997, v Polak, 2007). Buckley (2000, v Polak, 2007) dodaja pomen ustvarjalnosti, fleksibilnosti in upoštevanja različnih učnih stilov ter dejavnikov okolja in osebnostnih značilnosti učiteljev. Ključno je tudi načrtovanje evalvacije, ki vključuje razmislek o tem, kdo, kdaj in kako bo evalviral učinke pouka ter kako se bodo ti nadgrajevali.

Izbira pristopa timskega poučevanja je odvisna od številnih dejavnikov, kot so število učencev, zahtevnost snovi, časovne omejitve in kompetence strokovnih delavcev

(Friend in Cook, 2014). Učinkovito timsko načrtovanje tako predstavlja dinamičen proces, ki zahteva strokovno usklajenost, jasno komunikacijo in skupno odgovornost za učni proces.

Timsko poučevanje

Timsko poučevanje predstavlja osrednji del sodelovanja med učiteljem in izvajalcem dodatne strokovne pomoči (DSP) v razredu. Gre za fleksibilen model, kjer se vloge med strokovnima delavcema lahko dinamično izmenjujejo, med učno uro pa se lahko uporablja eden ali več pristopov, odvisno od izobraževalnih ciljev in potreb učencev (Pulec Lah in Košir, 2015; Schmidt, 2001). Ključna elementa timskega poučevanja sta stalna izmenjava informacij in jasna razdelitev odgovornosti.

Friend in Cook (2007, v Friend, 2008; Friend in Cook, 2014) sta opredelili šest osnovnih pristopov timskega poučevanja, ki jih je Pulec Lah in Košir (2015) razporedila glede na stopnjo aktivne vloge izvajalca DSP – od najbolj aktivne do najbolj podporne. Poleg obstoječih pristopov sta dodali še enega, ki predvideva, da izvajalec DSP prevzame del vodenja razreda v krajšem delu učne ure, medtem ko učitelj deluje v podporni vlogi. S tem se razširi spekter možnosti za aktivno vključevanje izvajalca DSP v pouk.

Pristopi, kot so vzporedno poučevanje, poučevanje po postajah ali skupinah, sprotne podpora in pomoč ter poučevanje enega s pomočjo drugega, omogočajo prilagajanje razmeram v razredu in potrebam učencev. Razporeditev teh pristopov po stopnji aktivne vloge izvajalca DSP je smiselna z vidika inkluzivnega poučevanja, saj omogoča večjo fleksibilnost in strokovno usklajenost med sodelujočima učiteljema.

Timska evalvacija

Timska evalvacija kot končna etapa timskega poučevanja predstavlja pomembno izhodišče za nadaljnje sodelovanje med učiteljem in izvajalcem DSP. Za njeno kakovost je ključno, da sta vzgojno-izobraževalni cilji natančno opredeljeni že v fazi načrtovanja, saj ti služijo kot smernice za sistematično vrednotenje učinkov pouka. Evalvacija obsega tako skupno refleksijo pedagoškega dela z vidika doseganja ciljev, kot tudi evalvacijo dogajanja v timu. Prva vključuje analizo doseženih ciljev, uporabljenih didaktičnih pristopov, motivacije učencev, razredne interakcije, napredka pri medpredmetnem povezovanju ter učinkovitosti uporabljenih metod in pripomočkov (Polak, 2007). V evalvacijo je smiselno vključiti tudi učence, saj njihovo mnenje kot neposrednih udeležencev pouka prispeva k bolj celostni sliki o učinkih timskega poučevanja. Evalvacija dogajanja v timu temelji na refleksiji, ki se lahko izvaja v obliki pogovorov, zapisov ali diskusij, in vključuje vidike medosebnih odnosov, spoštovanja, sodelovanja, občutka pripadnosti ter razvoja komunikacijskih in analitičnih spretnosti (Buckley, 2000, v Polak, 2007). Takšna evalvacija ne prispeva le k izboljšanju pouka, temveč tudi k razvoju kakovostnega timskega dela.

Socialna vključenost učencev s PPPU

Timsko poučevanje je tesno povezano tudi z vprašanjem socialne vključenosti, ki predstavlja enega izmed ključnih ciljev inkluzivnega izobraževanja. Socialna vključenost učencev s posebnimi potrebami (PP), kamor sodijo tudi učenci s PPPU, je rezultat prepleta značilnosti učenca, razredne skupine in učiteljev (Pulec Lah in Košir, 2015). Status učenca sam po sebi

ne določa njegove vključenosti, temveč je ta v največji meri odvisna od vedenja učenca in njegovih socialnih spretnosti (Schwab idr., 2013, v Pulec Lah in Košir, 2015). Socialne spretnosti se kažejo v konkretnih vedenjih v specifičnih situacijah, socialne sposobnosti pa v širšem obsegu kompetenc, ki vključujejo zaznavanje socialnih signalov, izbiro ustreznega odziva in učinkovito posredovanje vedenja (Schmidt, 2001).

Za socialno vključenost so pomembni tudi procesi opolnomočenja, ki učencem s PP omogočajo aktivno sodelovanje, sprejemanje odgovornosti ter razvijanje samoodločanja (Kolar in Vrhovski Mohorič, 2015). Povezana je tudi s prosocialnimi veščinami vrstnikov ter z razredno povezanostjo, zato naj bi šole načrtno spodbujale socialno-učne interakcije in sodelovanje vseh učencev (Lebarič idr., 2006; Schwab idr., 2013, v Pulec Lah in Košir, 2015).

Pomembno vlogo imajo učitelji, saj njihova prepričanja, znanje in vsakodnevno ravnanje odločilno vplivajo na sprejetost in participacijo učencev s PP. Naklonjenost, ki jo učitelji izražajo v interakcijah z učenci, pri poučevanju ter v sodelovanju s strokovnimi delavci DSP je ključna za uspešno socialno vključevanje (Schwab idr., 2013, von Garderen idr., 2012, oba v Pulec Lah in Košir, 2015).

Uspešno uresničevanje inkluzivnega izobraževanja je odvisno od povezovanja pedagoške in strokovne podpore v razredu. Timsko poučevanje predstavlja pomembno pot do večje socialne vključenosti učencev s PPPU, saj združuje predmetno znanje učitelja in specialnopedagoško podporo izvajalca DSP. S tem ne prispeva le k izboljšanju učnih dosežkov, temveč tudi k večji participaciji, sprejetosti in razvoju občutka pripadnosti pri vseh učencih v razredu.

Namen in cilji

Namen raziskave, ki je del magistrskega dela Hršak (2023), je bil z akcijskim raziskovanjem proučiti timsko poučevanje predmetnih učiteljev in izvajalcev dodatne strokovne pomoči (DSP) kot obliko podpore učencem s primanjkljaji na posameznih področjih učenja (PPPU). Osredotočili smo se na prednosti in slabosti timskega poučevanja, stališča strokovnih delavcev pred in po izkušnji ter na njegov vpliv na socialno vključenost učencev s PPPU. Poseben poudarek je bil namenjen tudi doživljanju timskega poučevanja z vidika učencev. V prispevku obravnavamo izbrana raziskovalna vprašanja, ki se nanašajo na zaznane prednosti in slabosti, stališča strokovnih delavcev ter doživljanje timskega poučevanja, medtem ko preostala vprašanja, ki so del širše raziskave, niso vključena v analizo.

Zastavili smo si naslednja raziskovalna vprašanja:

RV 1: Kje predmetni učitelji in izvajalci DSP vidijo prednosti in slabosti timskega poučevanja kot ene izmed oblik izvajanja DSP?

RV 2: Kakšna stališča imajo o tiskem poučevanju izvajalci DSP in kakšna predmetni učitelji pred in po izkušnji timskega poučevanja?

RV 3: Kako predmetni učitelji in izvajalci DSP ocenjujejo vpliv takšne izvedbe DSP na socialno vključenost učencev s PPPU?

RV 4: Kako timsko poučevanje dojemajo učenci s PPPU in kako ostali učenci?

Metoda

Raziskava je bila zasnovana kot akcijsko raziskovanje, saj smo želeli proučiti timsko poučevanje predmetnih učiteljev in izvajalcev dodatne strokovne pomoči (DSP) ter spremljati spremembe v njihovih stališčih pred in po neposredni izkušnji, hkrati pa vključiti tudi doživljanje učencev. Pri tem smo uporabili kvantitativno-kvalitativni raziskovalni pristop.

V raziskavi je sodelovalo 151 strokovnih delavcev, med njimi 112 izvajalcev dodatne strokovne pomoči (DSP) (74,2 %) in 39 predmetnih učiteljev (25,8 %), ki poučujejo v 6.–9. razredu. Zaradi majhnega vzorca so bili v analizo vključeni tudi delno izpolnjeni vprašalniki, skupno jih je bilo rešenih 93. Med izvajalci DSP je 61,6 % stalno prisotnih na šoli, 38,4 % pa mobilnih. Po izobrazbi prevladujejo specialni in rehabilitacijski pedagogi (42,9 %), sledijo inkluzivni pedagogi (15,2 %), socialni pedagogi (12,5 %) in pedagogi (9,8 %). Drugi imajo raznoliko pedagoško izobrazbo. Med predmetnimi učitelji jih je največ poučevalo slovenščino ($N = 13$), tuji jezik ($N = 11$) in matematiko ($N = 9$). Večina strokovnih delavcev je bila ženskega spola (142 oz. 95,3 %), zato spol ni bil upoštevan v nadaljnjih analizah. Po delovni dobi so največji delež predstavljali tisti z 1–3 leti delovnih izkušenj (37,7 %), večinoma izvajalci DSP. Predmetni učitelji so imeli večinoma 7–18 let delovne dobe. Več kot polovica strokovnih delavcev (54,4 %) je študij zaključila po predbolonjskem sistemu, medtem ko jih je 45,6 % diplomiralo po bolonjskem sistemu. Med predmetnimi učitelji so prevladovali diplomanti predbolonjskega študijskega programa, saj jih je kar 94,7 % zaključilo študij po tem sistemu. Nasprotno pa so med izvajalci DSP večji delež (59,5 %) predstavljali diplomanti bolonjskega študijskega programa. V raziskavo so bili vključeni tudi učenci s primanjkljaji na posameznih področjih učenja (PPPU) ($N = 4$) in njihovi sošolci ($N = 54$), ki so po uri ovrednotili svojo izkušnjo.

Za namene raziskave so bili oblikovani trije vprašalniki. Prvi vprašalnik je bil spletni anketni vprašalnik za predmetne učitelje in izvajalce DSP, oblikovan z orodjem 1KA. Poleg demografskih podatkov je zajemal predvsem vprašanja o prednostih in slabostih timskega poučevanja ter o tem, kako strokovni delavci ocenjujejo njegov vpliv na socialno vključenost učencev s PPPU. Vključeval je vprašanja zaprtega in polodprtega tipa, pri katerih so imeli anketirani možnost dodati tudi lastne primere. Drugi vprašalnik je bil namenjen parom predmetnih učiteljev in izvajalcev DSP, ki so v okviru akcijske raziskave izvedli uro timskega poučevanja. Vprašalnik so izpolnili dvakrat – pred izvedbo in po njej –, kar je omogočilo primerjavo stališč strokovnih delavcev pred neposredno izkušnjo in po njej. Vprašanja so bila oblikovana na Likertovi lestvici in so se nanašala na naklonjenost, usposobljenost in motiviranost za timsko poučevanje ter na izkušnje pri delu v paru. Tretji vprašalnik je bil namenjen učencem, ki so sodelovali pri uri timskega poučevanja, za kar je bilo pridobljeno soglasje staršev. Pripravili smo dve različici: eno za učence s PPPU in drugo za njihove sošolce. Vprašalnik je vseboval odprta vprašanja o tem, kaj jim je bilo pri uri timskega pouka všeč in kaj so doživeli kot moteče. Na ta način smo pridobili dragocen vpogled v to, kako učenci s PPPU in njihovi sošolci dojemajo timsko poučevanje ter kakšne razlike opažajo v primerjavi z običajnim poukom (RV 8).

Kvantitativne podatke smo obdelali s programom SPSS, uporabili smo opisno statistiko (frekvence, odstotke, aritmetične sredine, standardne odklone) ter preverili statistično značilnost razlik s pomočjo neparametričnih testov (Mann-Whitneyjev in Kruskal-Wallisov test). Za poglobitev vpogleda v doživljanje timskega pouka smo kvalitativne podatke analizirali s kvalitativno vsebinsko analizo, ki je omogočila prepoznavo ključnih vsebinskih vzorcev v

odgovorih strokovnih delavcev in učencev. Statistično značilnost smo vrednotili na ravni tveganja 5 %. Rezultati so predstavljeni v obliki preglednic in opisnih interpretacij.

Rezultati z diskusijo

Izpostavljene prednosti in slabosti timskega poučevanja med predmetnimi učitelji in izvajalci DSP

V sklopu prvega raziskovalnega vprašanja nas je zanimalo, kje predmetni učitelji in izvajalci DSP vidijo prednosti in slabosti timskega poučevanja kot ene izmed oblik izvajanja DSP.

Anketirane strokovne delavce smo vprašali, kje vidijo prednosti ter ovire in slabosti timskega poučevanja kot ene izmed oblik izvajanja DSP, pri čemer so lahko označili več možnosti. Na vprašanja? je odgovorilo 63 izvajalcev DSP in 28 predmetnih učiteljev, skupaj 91 strokovnih delavcev.

Rezultati, predstavljeni v preglednici 1, kažejo, da je največji delež strokovnih delavcev kot prednost timskega poučevanja izpostavil učinkovitejše nudenje strokovne pomoči in podpore učencem s PPPU. To prednost je izbralo 82,5 % izvajalcev DSP in 75 % predmetnih učiteljev, kar skupaj predstavlja 80,6 % vseh anketiranih. Sledila je prednost sprotne izmenjave povratnih informacij o delu z učenci, ki jo je izbralo 77,4 % vseh strokovnih delavcev, pri čemer je bil delež predmetnih učiteljev (82,1 %) celo višji kot pri izvajalcih DSP (74,6 %). Med pogostejše izbrani prednostmi so bili tudi celosten pogled na primanjkljaje učencev, skupno reševanje težav ter izboljšanje sodelovanja med učitelji.

Statistična analiza s Pearsonovim χ^2 preizkusom je pokazala, da obstajajo statistično pomembne razlike med skupinama strokovnih delavcev pri nekaterih prednostih. Izvajalci DSP so v primerjavi s predmetnimi učitelji pogostejše izbrali prednosti, kot so takojšnje specifične prilagoditve učencem s PPPU (73 % DSP in 50 % učiteljev; $\chi^2 = 4,572$; $p = 0,033$), vzajemna podpora (73 % DSP in 46,4 % učiteljev; $\chi^2 = 6,010$; $p = 0,014$), strokovni razvoj (71,4 % DSP in 42,9 % učiteljev; $\chi^2 = 6,762$; $p = 0,009$), možnost nudenja pomoči več učencem v razredu (65,1 % DSP in 35,7 % učiteljev; $\chi^2 = 6,785$; $p = 0,009$) ter boljša socialna vključenost učencev s PPPU v razredno sredino (57,1 % DSP in 32,1 % učiteljev; $\chi^2 = 4,847$; $p = 0,028$). Te razlike so bile statistično značilne, kar kaže na različno zaznavanje koristi timskega poučevanja glede na vlogo strokovnega delavca.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 1: Frekvenčna in strukturna porazdelitev izbranih prednosti timskega poučevanja glede na delovno mesto

Izbrane prednosti timskega poučevanja	Predmetni učitelji		Izvajalci DSP		Skupaj	
			<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
1. Učinkovitejše nudenje strokovne pomoči in podpore učencem s PPPU	21	75,0	52	82,5	75	80,6
2. Sprotna izmenjava povratnih informacij o delu z učenci s PPPU	23	82,1	47	74,6	72	77,4
3. Celosten pogled na primanjkljaje učencev	19	67,9	48	76,2	69	74,2
4. Skupno reševanje težav	20	71,4	47	74,6	69	74,2
5. Izboljšanje sodelovanja med učiteljem DSP in predmetnim učiteljem	16	57,1	45	71,4	63	67,7
6. Bolj sistematično načrtovanje nudenja podpore in pomoči učencem s PPPU	15	53,6	45	71,4	62	66,7
7. Takojšnje specifične prilagoditve učencem s PPPU	14	50,0	46	73,0	62	66,7
8. Vzajemna podpora	13	46,4	46	73,0	61	65,6
9. Strokovni razvoj	12	42,9	45	71,4	59	63,4
10. Boljše razumevanje razlage s strani učencev s PPPU	14	50,0	44	69,8	59	63,4
11. Več idej za delo z učenci s PPPU	16	57,1	36	57,1	54	58,1
12. Možnost nudenja pomoči več učencem v razredu	10	35,7	41	65,1	53	57,0
13. Bolj poglobljena evalvacija dela in doseženih ciljev	15	53,6	34	54,0	50	53,8
14. Boljša socialna vključenost učencev s PPPU v razredno sredino	9	32,1	36	57,1	46	49,5
15. Osebnostni razvoj	10	35,7	28	44,4	40	43,0
16. Večja motivacija za delo z učenci s PPPU	10	35,7	26	41,3	36	38,7
17. Boljša ustvarjalnost	7	25,0	27	42,9	34	36,6
18. Delitev odgovornosti	6	21,4	25	39,7	31	34,1
19. Delitev nalog	8	28,6	21	33,3	30	32,3
20. Večja predanost ciljem	7	25,0	14	22,2	21	22,6
21. Drugo (navedite): <u>raznovrstnost metod dela</u>	0	0,0	1	1,6	1	1,1

Poleg analize posameznih prednosti smo preučili tudi skupno število izbranih prednosti. Strokovni delavci so v povprečju izbrali 11,26 prednosti ($SD = 5,13$), pri čemer je bila najpogostejša izbira med 6 in 10 prednostmi. Izvajalci DSP so v večjem deležu izbrali med 11 in 15 ter med 16 in 20 prednostmi, medtem ko so predmetni učitelji pogosteje izbrali med 6 in 10. Mann-Whitney U test je pokazal statistično pomembno razliko med skupinama ($U = 591,000$; $p = 0,009$), kar potrjuje, da izvajalci DSP prepoznavajo več prednosti timskega poučevanja kot predmetni učitelji.

Ti rezultati potrjujejo, da strokovni delavci prepoznavajo timsko poučevanje kot učinkovito obliko podpore učencem s PPPU, zlasti v vidikih sodelovanja, prilagajanja in socialne vključenosti. Izvajalci DSP pri tem izkazujejo višjo stopnjo zaznane koristi, kar je skladno z njihovo neposredno vlogo pri delu z učenci s posebnimi potrebami. Ugotovitve neposredno naslavlja raziskovalni vprašanje RV1 in RV3 ter prispevajo k razumevanju strokovnih stališč o učinkovitosti timskega poučevanja.

Anketirani strokovni delavci so izbrali tudi *ovire in slabosti timskega poučevanja* (preglednica 2).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 2: Frekvenčna in strukturna porazdelitev izbranih ovir in slabosti timskega poučevanja glede na delovno mesto

Izbrane slabosti oz. ovire za timsko poučevanje	Izvajalci DSP		Predmetni učitelji		Skupaj	
	f	f %	f	f %	f	f %
1. Pomanjkanje časa za načrtovanje	52	82,5	22	78,6	74	81,3
2. Nenaklonjenost predmetnega učitelja k takšni obliki izvajanja DSP	48	76,2	7	25,0	55	60,4
3. Manj pogosta praksa izvajanja timskega poučevanja kot ene izmed oblik DSP	35	55,6	10	35,7	45	49,9
4. Večja obremenjenost	29	46,0	14	50,0	43	47,3
5. Pomanjkanje časa za evalvacijo	26	41,3	14	42,9	38	41,8
6. Individualna in ne timska priprava IP	26	41,3	7	25,0	33	36,3
7. Večja izpostavljenost učenca s PPPU pred razredom	21	33,3	8	28,6	29	31,9
8. Strah pred timskim poučevanjem	28	44,4	2	7,1	30	33,0
9. Neenakomerna delitev dela	22	34,9	4	14,3	26	28,6
10. Neustrezna podpora drugih sodelavcev	24	38,1	0	0,0	24	26,4
11. Pomanjkanje znanja	20	31,7	4	14,3	24	26,4
12. Pomanjkanje motivacije	21	33,3	2	7,1	23	25,3
13. Neenakomerno porazdeljena odgovornost za dosego ciljev	17	27,0	3	10,7	20	22,0
14. Pomanjkanje prostora za načrtovanje	10	15,9	7	25,0	17	18,7
15. Nenaklonjenost izvajalca DSP k takšni obliki izvajanja DSP	5	7,9	7	25,0	12	13,2
16. Pomanjkanje prostora za evalvacijo	5	7,9	1	3,6	6	6,6
17. Drugo: <i>Organizacijsko zelo zahtevno, saj predmetni učitelj poučuje lahko tudi do 30 učencev s PP na teden po več ur</i>	1	0,9	0	0,0	1	0,7

Anketirani strokovni delavci so kot najpogostejšo oviro timskega poučevanja izpostavili pomanjkanje časa za načrtovanje, kar je izbralo 81,3 % vseh sodelujočih (82,5 % izvajalcev DSP in 78,6 % predmetnih učiteljev). Med pogostejše izbranimi ovirami so bile tudi večja obremenjenost, pomanjkanje časa za evalvacijo ter večja izpostavljenost učenca s PPPU pred razredom. Najmanj pogosto izbrana ovira je bila pomanjkanje prostora za evalvacijo.

Statistična analiza s Pearsonovim χ^2 preizkusom je pokazala statistično pomembne razlike med skupinama strokovnih delavcev pri več zaznanih ovirah timskega poučevanja. Izvajalci DSP so v primerjavi s predmetnimi učitelji pogostejše kot oviro izpostavili strah pred timskim poučevanjem (44,4 % DSP in 7,1 % učiteljev; $\chi^2 = 12,205$; $p = 0,000$), nenaklonjenost predmetnega učitelja k takšni obliki izvajanja DSP (76,2 % DSP in 25 % učiteljev; $\chi^2 = 21,445$; $p = 0,000$), neustrezno podporo drugih sodelavcev (38,1 % DSP in 0 % učiteljev; $\chi^2 = 14,488$; $p = 0,000$), pomanjkanje motivacije (33,3 % DSP in 7,1 % učiteljev; $\chi^2 = 7,040$; $p = 0,008$) ter neenakomerno delitev dela (34,9 % DSP in 14,3 % učiteljev; $\chi^2 = 4,044$; $p = 0,044$). Po drugi strani so predmetni učitelji statistično pomembno pogostejše kot izvajalci DSP izbrali oviro nenaklonjenosti izvajalca DSP k takšni obliki izvajanja DSP (25 % učiteljev in 7,9 % DSP; $\chi^2 = 4,546$; $p = 0,033$). Te razlike nakazujejo na različno zaznavanje sistemskih in medosebnih izzivov, ki spremljajo izvajanje timskega poučevanja, glede na vlogo strokovnega delavca v šolskem okolju.

Za preverjanje razlik med skupinami strokovnih delavcev glede skupnega števila izbranih ovir in slabosti timskega poučevanja smo uporabili neparametrične statistične metode, saj podatki niso bili normalno porazdeljeni (Kolmogorov-Smirnov test). Uporabljen je bil

Mann-Whitney U test za primerjavo med dvema skupinama ter Kruskal-Wallis H test za primerjavo med več kategorijami neodvisnih spremenljivk.

Poleg analize posameznih ovir smo preučili tudi skupno število izbranih ovir in slabosti. Strokovni delavci so v povprečju izbrali 5,55 ovir/slabosti ($SD = 2,796$), najpogosteje med štiri in šest. Izvajalci DSP so izbrali statistično značilno več ovir kot predmetni učitelji ($U = 541,000$; $p = 0,002$). Statistično pomembne razlike so se pokazale tudi glede na zaključek študija – več ovir so izbrali tisti, ki so študij zaključili po bolonjskem sistemu ($U = 708,500$; $p = 0,006$) – ter glede na delovno dobo, kjer so več ovir izpostavili strokovni delavci z manj delovne dobe ($H = 10,911$; $p = 0,028$).

Rezultati kažejo, da izvajalci DSP zaznavajo več ovir pri timskega poučevanju s predmetnimi učitelji, kar je statistično potrjeno tako pri posameznih ovirah kot pri skupnem številu izbranih slabosti. Razlike je mogoče razumeti v kontekstu pogostejšega sodelovanja izvajalcev DSP z razrednimi učitelji ter preteklih izkušenj, v katerih so zaznavali nenaklonjenost predmetnih učiteljev do sodelovanja in do DSP kot takega (Havaj in Polak, 2014). Schmidt (2001) opozarja na razkorak med formalnimi in neformalnimi pričakovanji do izvajalcev DSP ter na visoko stopnjo stresa, ki jo ti strokovni delavci doživljajo pri svojem delu. Poleg tega so več ovir izpostavili strokovni delavci z manj delovne dobe, ki so študij zaključili po bolonjskem sistemu, kar nakazuje na vpliv izkušenj in vključenosti v šolski kolektiv. Kot poudarja Pavlič Škerjanc (2013), je pomisleke možno preseči z dobrim sodelovanjem, ki se gradi postopoma – z izkušnjami, jasnimi pričakovanji in podporo vodstva šole.

Stališča predmetnih učiteljev in izvajalcev DSP o timskega poučevanju

V okviru drugega raziskovalnega vprašanja smo preverjali, *kakšna stališča imajo o timskega poučevanju izvajalci DSP in kakšna predmetni učitelji pred in po izkušnji timskega poučevanja* (preglednica 3).

V raziskavi je sodelovalo osem strokovnih delavcev (štirje izvajalci DSP in štirje predmetni učitelji), ki so pred in po izvedbi timskega poučevanja ocenili 29 stališč na petstopenjski lestvici.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 3: Opisna statistika stališč pred izkušnjo timskega poučevanja (TP) in po njej

Stališča do TP	Pred/ po	M	Mo	SD	Min	Max
Podpora sodelavcev v šolskem timu je pomemben vir delovne motivacije.	Pred	4,75	5	0,463	4	5
	Po	4,63	5	0,518	4	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP prispeva k boljšemu prepoznavanju potreb učencev.	Pred	4,63	5	0,744	3	5
	Po	4,63	5	0,518	4	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP je pomemben dejavnik uspešne inkluzije učencev s PPPU v OŠ.	Pred	4,38	5	0,744	3	5
	Po	4,25	4	0,707	3	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP nudi več možnosti za opazovanje učencev s PPPU pri delu.	Pred	4,25	5	0,886	3	5
	Po	4,63	5	0,518	4	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP nudi več možnosti za hitrejše odzivanje na PP učencev s PPPU.	Pred	4,25	5	0,886	3	5
	Po	5,00	5	0,000	5	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP omogoča boljšo diferenciacijo in individualizacijo učencev s PPPU.	Pred	4,63	5	0,518	4	5
	Po	4,88	5	0,354	4	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP omogoča hitrejše podajanje povratnih informacij učencem s PPPU.	Pred	4,38	5	0,744	3	5
	Po	5,00	5	0,000	5	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP vpliva na razvoj medsebojnega zaupanja.	Pred	4,50	4	0,535	4	5
	Po	4,88	5	0,354	4	5
Pri timskem poučevanju lažje upoštevamo posebne potrebe učencev s PPPU kot pri individualnem poučevanju v razredu.	Pred	4,13	5	1,246	2	5
	Po	4,13	5	1,246	2	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP omogoča večjo aktivnost učencev s PPPU pri učni uri.	Pred	4,13	5	0,991	3	5
	Po	4,13	4	0,835	3	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP omogoča boljšo organizacijo dela z učenci s PPPU pri učni uri.	Pred	4,25	5	0,886	3	5
	Po	4,25	5	1,035	3	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP omogoča izvedbo bolj pestrih dejavnosti pri delu z učenci s PPPU.	Pred	4,25	5	1,165	2	5
	Po	4,00	3	1,069	3	5
Prisotnost predmetnega učitelja in izvajalca DSP v timu je za učence s PPPU prednost.	Pred	4,50	5	0,756	3	5
	Po	4,75	5	0,463	4	5
Pri timskem poučevanju skupaj s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP je kakovost vzgojnega dela z učenci večja.	Pred	4,00	4	1,069	2	5
	Po	4,25	4	0,707	3	5
Pri timskem poučevanju s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP se v timu razvije pristnejša in bolj iskrena komunikacija.	Pred	4,00	3	0,926	3	5
	Po	4,50	5	0,756	3	5
Timsko poučevanje s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP poveča učno motivacijo učencev s PPPU.	Pred	3,88	3	0,991	3	5
	Po	4,38	5	0,744	3	5
Enakovredna razdelitev dela in vlog v timu zmanjšuje verjetnost težav.	Pred	3,75	3	1,165	2	5
	Po	3,75	3	1,165	2	5
Pri timskem poučevanju s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP mora biti delo enakovredno razdeljeno.	Pred	3,00	2	1,069	2	5
	Po	3,63	5	1,302	2	5
Timskemu poučevanju s predmetnim učiteljem/izvajalcem DSP sem naklonjen/a.	Pred	4,88	5	0,354	4	5
	Po	4,88	5	0,354	4	5
Moje izkušnje, vezane na timsko poučevanje z izvajalci DSP/predmetnimi učitelji, so pozitivne.	Pred	4,25	5	0,886	3	5
	Po	4,63	5	0,518	4	5
Timsko poučevanje z izvajalcem DSP/predmetnim učiteljem mi predstavlja osebni izziv.	Pred	3,25	2	1,282	2	5
	Po	3,63	4	0,916	2	5
Timsko poučevanje z izvajalcem DSP/predmetnim učiteljem mi predstavlja strokovni izziv.	Pred	3,38	3	0,744	3	5
	Po	3,63	4	0,518	3	4
Za timsko poučevanje z izvajalcem DSP/predmetnim učiteljem se počutim dovolj usposobljen/a.	Pred	3,75	4	0,886	2	5
	Po	4,13	4	0,641	3	5
Počutim se pomemben/na član/ica tima.	Pred	3,88	4	0,641	3	5
	Po	4,25	4	0,707	3	5
	Pred	4,38	5	0,744	3	5

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Stališča do TP	Pred/ po	M	Mo	SD	Min	Max
Sem visoko motiviran/a za timsko poučevanje z izvajalcem DSP/predmetnim učiteljem.	Po	4,75	5	0,463	4	5
Pri timskem poučevanju bi raje sodeloval/a z osebo, ki jo že poznam in se z njo dobro razumem.	Pred	4,25	5	1,165	2	5
	Po	4,13	5	0,991	3	5
Timsko poučevanje z izvajalcem DSP/predmetnim učiteljem mi dviguje lastno samopodobo.	Pred	3,25	2	1,165	2	5
	Po	3,38	3	1,188	2	5
Timsko poučevanje z izvajalcem DSP/predmetnim učiteljem mi ne predstavlja dodatne in nepotrebne obveznosti.	Pred	3,38	2	1,408	2	5
	Po	3,50	2	1,195	2	5
Timskemu poučevanju z izvajalcem DSP/predmetnim učiteljem,, s katerim imam zelo malo osebnih stikov, se raje izognem.	Pred	2,63	1	1,685	1	5
	Po	1,88	1	1,126	1	4

Rezultati kažejo, da so bili strokovni delavci že pred izvedbo večinoma pozitivno naravnani do timskega poučevanja. Najvišjo povprečno oceno je prejelo stališče, da je podpora sodelavcev v šolskem timu pomemben vir delovne motivacije ($M = 4,75$; $SD = 0,463$), najnižjo pa stališče, da se timskemu poučevanju z osebo, s katero imajo malo osebnih stikov, raje izognejo ($M = 2,63$; $SD = 1,685$). Po izvedbi se je strinjanje s slednjim stališčem še dodatno znižalo ($M = 1,88$; $SD = 1,126$), kar nakazuje večjo odprtost za sodelovanje ne glede na predhodne osebne povezave.

Najvišjo povprečno oceno po izvedbi sta prejeli stališči, da timsko poučevanje omogoča hitrejše odzivanje na posebne potrebe učencev s PPPU in hitrejše podajanje povratnih informacij ($M = 5,00$; $SD = 0,000$). To potrjuje zaznane prednosti sodelovanja med strokovnimi delavci v razredu, zlasti v kontekstu inkluzivnega pouka.

Wilcoxonov test je pokazal statistično pomembno razliko pred izkušnjo timskega poučevanja in po njej pri enem stališču: po izkušnji so strokovni delavci v večji meri menili, da timsko poučevanje povečuje učno motivacijo učencev s PPPU ($Z = -2,000$; $p = 0,046$). Čeprav je bil vzorec majhen, rezultati nakazujejo, da neposredna izkušnja timskega poučevanja lahko okrepi pozitivna stališča strokovnih delavcev in potrdi njegove prednosti.

Prisotnost pozitivnih stališč do timskega dela je v literaturi opredeljena kot eden izmed kazalcev učinkovitih timov (Friend, 2008). Vendar se predanost in pripravljenost za sodelovanje med strokovnimi delavci lahko močno razlikujeta. V našem vzorcu so sodelovali strokovni delavci, ki so že predhodno izkazovali naklonjenost timskemu poučevanju – izvajalci DSP so bili neposredno povabljeni, predmetni učitelji pa izbrani glede na PPPU učencev in najverjetneje tudi na podlagi predhodnih pozitivnih izkušenj sodelovanja.

Literatura pogosto obravnava motivacijo kot pomemben dejavnik timskega poučevanja, predvsem z vidika učiteljev (Chitiyo, 2017; Friend, 2008; Friend in Cook, 2014; Polak, 2000; 2007), medtem ko se motivacija učencev obravnava kot del evalvacije pedagoškega dela in doseganja vzgojno-izobraževalnih ciljev (Friend in Cook, 2014; Polak, 2007). Naši rezultati potrjujejo, da strokovni delavci zaznavajo timsko poučevanje kot dejavnik, ki lahko pozitivno vpliva tudi na motivacijo učencev s PPPU.

Skupno lahko zaključimo, da neposredna izkušnja timskega poučevanja prispeva k utrjevanju pozitivnih stališč strokovnih delavcev, zlasti glede učinkovitosti sodelovanja, odzivanja na potrebe učencev in vpliva na njihovo motivacijo. Tovrstna izkušnja lahko predstavlja pomemben korak k širši implementaciji timskega poučevanja kot kakovostne oblike podpore v inkluzivnem izobraževanju.

Vpliv timskega poučevanja na socialno vključenost učencev

V okviru predzadnjega raziskovalnega vprašanja nas je zanimalo, *kako predmetni učitelji in izvajalci DSP ocenjujejo vpliv izvedbe DSP kot timskega poučevanja izvajalca DSP in predmetnega učitelja na socialno vključenost učencev s PPPU*.

Na vprašanje je odgovorilo 90 strokovnih delavcev, od tega 62 izvajalcev DSP in 28 predmetnih učiteljev. Statistično pomembno večji delež anketiranih (58,9 %) je ocenil, da timsko poučevanje pozitivno vpliva na socialno vključenost učencev s PPPU, kar je bilo potrjeno s χ^2 preizkusom enake verjetnosti ($\chi^2 = 34,522$; $p = 0,000$). Le manjši delež je ocenil negativni vpliv (8,8 %), medtem ko se je 33 % strokovnih delavcev opredelilo nevtravno. Rezultati kažejo, da strokovni delavci zaznavajo timsko poučevanje kot pomemben dejavnik pri vključevanju učencev s PPPU v razredno okolje, kar izpostavljata tudi Pulec Lah in Košir (2015), ki poudarjata, da takšna oblika pouka prispeva k boljši povezanosti med vsebino, izvedbo pomoči in socialno vključenostjo učencev.

Primerjali smo tudi ocene vpliva timskega poučevanja na socialno vključenost učencev s PPPU glede na delovno mesto strokovnih delavcev (preglednica 4).

Preglednica 4: Frekvenčna in strukturna porazdelitev ocen vpliva timskega poučevanja na socialno vključenost učencev s PPPU glede na delovno mesto

Delovno mesto		Ocena vpliva timskega poučevanja na socialno vključenost učencev s PPPU		
		Pozitivno vpliva	Negativno vpliva	Se ne morem opredeliti
Izvajalci DSP	<i>f</i>	34	5	23
	<i>f %</i>	54,8	8,1	37,1
Predmetni učitelji	<i>f</i>	19	3	6
	<i>f %</i>	67,9	10,7	21,4

Primerjava po delovnem mestu kaže, da predmetni učitelji v večjem deležu kot izvajalci DSP ocenjujejo pozitiven vpliv (67,9 % v primerjavi s 54,8 %), medtem ko se je več izvajalcev DSP opredelilo kot neodločenih (37,1 %). Razlike v zaznavanju vpliva so lahko povezane z zaznano kompetentnostjo za delo z učenci s PPPU, saj učitelji pogosto poročajo o občutku nezadostne usposobljenosti za vključevanje teh učencev v redni pouk (Kavkler, 2010; Magajna idr., 2008; Pulec Lah in Košir, 2015). Timsko poučevanje z izvajalcem DSP se zato pogosto dojema kot priložnost za bolj učinkovito vključevanje učencev s posebnimi potrebami.

Primerjali smo tudi ocene vpliva timskega poučevanja na socialno vključenost učencev s PPPU glede na zaključek študija (preglednica 5).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 5: Frekvenčna in strukturna porazdelitev ocen vpliva na socialno vključenost učencev s PPPU glede na zaključek študija

Zaključek študija		Ocena vpliva timskega poučevanja na socialno vključenost učencev s PPPU		
		Pozitivno vpliva	Negativno vpliva	Se ne morem opredeliti
Predbolonjski sistem	<i>f</i>	36	3	13
	<i>f %</i>	69,2	5,8	25,0
Bolonjski sistem	<i>f</i>	17	5	17
	<i>f %</i>	43,6	12,8	43,6
Skupaj	<i>f</i>	53	8	30
	<i>f %</i>	58,2	8,8	33,0

Analiza ocen vpliva timskega poučevanja na socialno vključenost učencev s PPPU glede na zaključek študija je pokazala razlike v porazdelitvi odgovorov. Strokovni delavci, ki so študij zaključili po predbolonjskem sistemu, pogosteje ocenjujejo pozitiven vpliv (69,2 %), medtem ko je pri tistih, ki so študij zaključili po bolonjskem sistemu, delež pozitivnih ocen nižji (43,6 %) in enak deležu neodločenih. Razlike lahko izhajajo iz sprememb v kurikulumu pedagoških študijskih programov, kjer je po bolonjski prenovi večji poudarek na vsebinah, povezanih z inkluzijo, kar lahko vodi v večjo ozaveščenost o kompleksnosti izvedbe in posledično previdnejše ocenjevanje učinkov.

Glede na ključne besede v utemeljitvah ocene pozitivnega vpliva timskega poučevanja na socialno vključenost učencev s PPPU smo odgovore kodirali in razvrstili v pet kategorij, kar nam je omogočilo tudi kvantitativno analizo. Utemeljitev smo nato primerjali glede na delovno mesto strokovnih delavcev (preglednica 6).

Preglednica 6: Frekvenčna in strukturna porazdelitev utemeljitev pozitivnega vpliva glede na delovno mesto

Utemeljitev pozitivnega vpliva		Izvajalci DSP	Predmetni učitelji	Skupaj
Boljša sprejetost izvajalca DSP med vrstniki, saj nudi pomoč vsem, UPPPU manj izpostavljeni	<i>f</i>	9	0	9
	<i>f %</i>	47,4	0,0	33,3
Učinkovitejša podpora učencem s PPPU v razredu, doseganje ciljev tudi na socialnem področju	<i>f</i>	5	4	9
	<i>f %</i>	26,3	50,0	33,3
Pretekle pozitivne izkušnje, pozitivne izkušnje na razredni stopnji	<i>f</i>	2	1	3
	<i>f %</i>	10,5	12,5	11,1
Manj odsotnosti, UPPPU del razreda, enak ostalim, bolje vključen	<i>f</i>	2	2	4
	<i>f %</i>	10,5	25,0	14,8
Drugo	<i>f</i>	1	1	2
	<i>f %</i>	5,3	12,5	7,4
Skupaj	<i>f</i>	19	8	27
	<i>f %</i>	100,0	100,0	100,0

Med 27 strokovnimi delavci, ki so *pozitivni vpliv timskega poučevanja* tudi utemeljili, so izvajalci DSP najpogosteje izpostavili boljšo sprejetost izvajalca DSP med vrstniki, saj nudi pomoč vsem učencem, kar zmanjšuje izpostavljenost učencev s PPPU. Predmetni učitelji pa so v največjem deležu poudarili učinkovitejšo podporo učencem s PPPU v razredu in doseganje ciljev tudi na socialnem področju. Nekateri strokovni delavci so izpostavili tudi manjšo odsotnost učencev od pouka, boljšo vključenost v razredno skupnost ter pretekle pozitivne izkušnje s timskim poučevanjem. Te ugotovitve se skladajo z literaturo, ki poudarja pomen sodelovanja med učitelji za uspešno socialno inkluzijo učencev s posebnimi potrebami

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

(Friend in Cook, 2014; Havaj in Polak, 2014; Lebarič idr., 2006; Polak, 2014; Schwab idr., 2013; Schmidt, 2001; Trent idr., 2003, v Sileo, 2011; von Garderen idr., 2012, v Pulec Lah in Košir, 2015;).

Negativen vpliv timskega poučevanja na socialno vključenost učencev s PPPU je utemeljilo le šest strokovnih delavcev, kar ne omogoča kvantitativne analize. Med razlogi so bili izpostavljeni neprimerno vedenje vrstnikov, norčevanje ter povečana izpostavljenost učencev pred razredom, kar je lahko posebej občutljivo v obdobju pubertete. Vendar so učenci s PPPU že sicer pogosto socialno ranljivi – imajo slabše razvite socialne spretnosti, so manj priljubljeni med vrstniki in se redkeje vključujejo v vrstniške skupine (Caf, 2018; Frostad in Pijl, 2007, Kavale in Forness, 1996, oba v Prah, 2011). Pojavnost socialnih, čustvenih in vedenjskih težav je pri učencih z učnimi težavami bistveno večja kot pri vrstnikih brez teh težav (Cantwell in Baker, 1991, McConaughy idr., 1994, oba v Schmidt, 2001).

Prisotnost izvajalca DSP, ki učenca dobro pozna, lahko v razredu deluje kot varovalni dejavnik, saj omogoča takojšnje odzivanje na stisko in preusmerjanje pozornosti (Lebarič idr., 2006). Ključno je, da se pri izbiri pristopa timskega poučevanja upošteva individualne značilnosti učenca in da je izvedba kakovostno načrtovana. Timsko poučevanje omogoča boljše odzivanje na raznolike potrebe učencev, spodbuja socialne interakcije in zmanjšuje stigmatizacijo (Friend in Cook, 2014; Schmidt, 2001), kar je tudi v skladu z usmeritvami Zakona o usmerjanju otrok s posebnimi potrebami (ZUOPP-1, 2011) in prizadevanji za opolnomočenje učencev s PP (Kolar in Vrhovski Mohorič, 2015).

Nekateri strokovni delavci se niso opredelili glede vpliva timskega poučevanja na socialno vključenost učencev s PPPU. Da bi omogočili kvantitativno analizo, smo njihove utemeljitve neopredeljenosti kodirali in razvrstili v štiri kategorije (preglednica 7).

Preglednica 7: Frekvenčna in strukturna porazdelitev utemeljitev neopredeljenosti glede na delovno mesto

Utemeljitev neopredeljenosti		izvajalci DSP	predmetni učitelji	Skupaj
Odkvisno od učenca oz. njegovih PPPU	<i>f</i>	7	1	8
	<i>f %</i>	50,0	33,3	47,1
Pomanjkanje izkušenj	<i>f</i>	3	1	4
	<i>f %</i>	21,4	33,3	23,5
Odkvisno od pristopa TP	<i>f</i>	3	0	3
	<i>f %</i>	21,4	0,0	17,6
Drugo	<i>f</i>	1	1	2
	<i>f %</i>	7,1	33,3	11,8
Skupaj	<i>f</i>	14	3	17
	<i>f %</i>	100,0	100,0	100,0

Najpogosteje so strokovni delavci – zlasti izvajalci DSP – menili, da je vpliv odkvisen od značilnosti učenca in vrste njegovih primanjkljajev. Nekateri so izpostavili pomanjkanje izkušenj, drugi pa opozorili, da je vpliv odkvisen od izbranega pristopa timskega poučevanja. V primerih, kjer izvajalec DSP ni aktivno vključen v pouk, temveč zgolj spremlja učenca, se pozitivni učinki na socialno vključenost ne izražajo.

V literaturi se poudarja, da je za uspešno socialno vključevanje ključna ustrezna izbira pristopa in kakovostna izvedba timskega poučevanja (Friend in Cook, 2014). Wilson (2008, v Friend in Cook, 2014) opozarja, da pristop »sprotne podpora, pomoč« ni optimalen,

če ne omogoča aktivne vloge obeh strokovnih delavcev. Pomembno je, da se pri načrtovanju pouka upoštevajo individualne značilnosti učenca, vendar se nobene vrste primanjkljajev ne sme vnaprej izključiti kot neprimerne za timsko poučevanje. V skladu z ugotovitvami literature (npr. Lebarič idr., 2006; Schmidt, 2001) je kakovostno sodelovanje med učiteljema ključno za ustvarjanje priložnosti za pozitivne socialne interakcije in zmanjševanje stigmatizacije učencev s posebnimi potrebami.

Statistična analiza (Kullbackov 2^î preizkus) ni pokazala statistično pomembnih razlik med utemeljitvami glede na neodvisne spremenljivke, kar nakazuje, da so zaznave neopredeljenosti razmeroma enakomerno porazdeljene med strokovnimi skupinami.

Dojemanje timskega poučevanja predmetnega učitelja in izvajalca DSP s strani učencev

Kot zadnje raziskovalno vprašanje pa smo si zastavili, *kako timsko poučevanje dojemajo učenci s PPPU in kako ostali učenci*.

V raziskavi je sodelovalo 54 učencev, med njimi štirje učenci s PPPU, ki so bili vključeni v uro timskega poučevanja v okviru akcijske raziskave. Učenci so po izvedeni uri odgovorili na odprti vprašnji o tem, kaj jim je bilo pri uri všeč in kaj jih je motilo. Odgovori so bili kodirani in razvrščeni v pet vsebinskih kategorij za vsako vprašanje (preglednica 8).

Preglednica 8: Frekvenčna in strukturna porazdelitev odgovorov učencev – kaj jim je bilo pri uri timskega poučevanja (TP) všeč

	Kategorije	Učenci s PPPU		Ostali učenci		Skupaj	
		<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
Kaj ti je bilo všeč pri uri TP?	učinkovitejša podpora	2	50	23	46	25	46,3
	zanimive dejavnosti	2	50	16	32	18	33,3
	učinkovitejša razlaga	2	50	13	26	15	27,8
	vse mi je bilo všeč	0	0	12	24	12	22,2
	boljše vzdušje	0	0	4	8	4	7,4

Rezultati kažejo, da učenci s PPPU najpogosteje izpostavljajo učinkovitejšo podporo, zanimive dejavnosti in učinkovitejšo razlago, kar pripisujejo prisotnosti dveh učiteljev v razredu. Tudi ostali učenci so v največjem deležu izpostavili učinkovitejšo podporo (46 %), sledijo zanimive dejavnosti (32 %) in učinkovitejša razlaga (24 %). Nekateri učenci so poudarili, da so zaradi dodatne podpore bolje razumeli snov, imeli popolne zapiske in lažje sledili pouku. Manjši delež učencev je izpostavil boljše vzdušje v razredu, kar nakazuje na pozitivne učinke sodelovanja med učiteljema tudi na socialno klimo (preglednica 9).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 9: Frekvenčna in strukturna porazdelitev odgovorov učencev – kaj jim je bilo na uri timskega poučevanja všeč glede na pare oz. pristope timskega poučevanja

Kaj ti je bilo všeč?	Par 1		Par 2		Par 3		Par 4	
	Hkratno timsko poučevanje		Sprotna podpora, pomoč		Deljeno poučevanje		Deljeno poučevanje	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
zanimive dejavnosti	6	60	2	12,5	5	31,3	5	41,7
učinkovitejša podpora	4	40	14	87,5	2	12,5	5	41,7
učinkovitejša razlaga	2	20	6	37,5	2	12,5	5	41,7
vse mi je bilo všeč	1	10	1	6,3	9	56,3	1	8,4
boljše vzdušje	0	0	0	0	0	0	4	33,3
N	10		16		16		12	

Analiza odgovorov glede na uporabljene pristope timskega poučevanja (hkratno poučevanje, sprotna podpora, deljeno poučevanje) kaže, da so učenci pri hkratnem poučevanju najpogosteje izpostavili zanimive dejavnosti, pri sprotni podpori pa učinkovitejšo podporo (87,5 %). Pri deljenem poučevanju je bil delež odgovorov raznolik, pri čemer je več kot polovica učencev izpostavila, da jim je bilo všeč vse, kar nakazuje na celostno pozitivno izkušnjo.

Ugotovitve potrjujejo, da učenci – tako s PPPU kot brez – prepoznavajo prednosti timskega poučevanja, ki jih izpostavljajo tudi avtorji, kot so Friend in Cook (2014) in Polak (2014). Timsko poučevanje omogoča bolj dostopno razlago, prilagoditve in dodatno podporo, kar koristi ne le učencem s posebnimi potrebami, temveč tudi nadarjenim, učencem s povprečnimi dosežki ter tistim, ki sicer niso vključeni v DSP, a imajo specifične potrebe. Dobesedni zapisi učencev dodatno potrjujejo pozitivne učinke, saj ti izpostavljajo večjo pozornost učiteljev, boljše razumevanje snovi in večjo sproščenost pri delu.

Učence smo tudi povprašali, kaj jih je na uri timskega poučevanja motilo oz. jim ni bilo všeč, pri čemer si njihovi odgovori sledijo od najbolj do najmanj pogostega glede na vse odgovore (skupaj).

Preglednica 10: Frekvenčna in strukturna porazdelitev odgovorov učencev – kaj jih je na uri TP motilo oz. jim ni bilo všeč

Kategorije	Učenci s PPPU		Ostali učenci		Skupaj	
	f	f %	f	f %	f	f %
Kaj te je motilo/ti ni bilo všeč?						
nič me ni motilo/prazno	2	50	32	64	34	63,0
drugo	1	25	8	16	9	16,7
hrup	1	25	6	12	7	13,0
občutek nadzora	0	0	3	6	3	5,6
manj samostojnega dela	0	0	2	4	2	3,7

Na vprašanje, kaj jih je pri uri motilo, je večina učencev – tako s PPPU kot brez – izpostavila, da jih ni motilo nič. Skupno je to navedlo 63 % vseh sodelujočih učencev (50 % učencev s PPPU in 64 % ostalih učencev), kar nakazuje na prevladujoče pozitivno doživljanje učne izkušnje. Med izpostavljenimi slabostmi so se v manjšem deležu pojavili hrup (13 %), občutek nadzora zaradi prisotnosti dveh učiteljev (5,6 %) ter manj samostojnega dela (3,7 %). Pod kategorijo »drugo« (16,7 %) so učenci navedli različne pomisleke, kot so neustrezna izbira dejavnosti, časovna usklajenost med učiteljema, hitenje, nedokončane naloge, domača naloga ter počasno odgovarjanje nekaterih sošolcev (preglednica 10).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Analiza po posameznih parih učiteljev in uporabljenih pristopih timskega poučevanja (preglednica 11) je pokazala določene razlike v doživljanju.

Preglednica 11: Frekvenčna in strukturna porazdelitev odgovorov učencev – kaj jih je pri uri timskega poučevanja motilo oz. jim ni bilo všeč glede na pare oz. pristope TP

Kaj te je motilo/ti ni bilo všeč?	Par 1		Par 2		Par 3		Par 4	
	Hkratno TP		Sprotna podpora, pomoč		Deljeno poučevanje		Deljeno poučevanje	
	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
hrup	2	20	1	6,3	4	25	0	0
občutek nadzora	1	10	2	12,5	0	0	0	0
manj samostojnega dela	1	10	1	6,3	0	0	0	0
drugo	3	30	0	0	1	6,3	5	41,7
nič me ni motilo	4	40	12	75	11	68,8	7	58,3
<i>N</i>	10		16		16		12	

Analiza po posameznih parih učiteljev in uporabljenih pristopih timskega poučevanja (preglednica 11) je pokazala določene razlike v doživljanju. Pri hkratnem poučevanju (par 1) so učenci pogosteje izpostavili hrup (20 %), občutek nadzora (10 %) in manj samostojnega dela (10 %), medtem ko je 30 % učencev navedlo pomisleke pod kategorijo »drugo«. Pri sprotni podpori (par 2) je bil delež negativnih odzivov nižji, vendar so se pojavili občutek nadzora (12,5 %) in hrup (6,3 %). Pri deljenem poučevanju (par 3 in 4) so učenci v največjem deležu izpostavili, da jih ni motilo nič (68,8 % in 58,3 %), pri čemer je par 4 edini, kjer je bil večji delež odgovorov pod »drugo« (41,7 %), kar nakazuje na specifične pomisleke, povezane z izvedbo. Ti rezultati potrjujejo, da je izvedba timskega poučevanja pomemben dejavnik pri doživljanju učne ure, kar poudarjajo tudi Murawski in Dieker (2004), ki opozarjata na pomen jasne strukture ure, usklajenosti med učiteljema in premišljenega načrtovanja.

Čeprav so bile izpostavljene nekatere pomanjkljivosti, so bile te redke in večinoma povezane z organizacijskimi vidiki. Kot navaja Polak (2007), je kakovostna priprava ključna za uspešno izvedbo timskega poučevanja, pri čemer je treba opredeliti cilje, trajanje in vrstni red dejavnosti ter predvideti možne motnje. Kyiacou (1997, v Polak, 2007) poudarja, da se osnovni koraki timskega načrtovanja prekrivajo s temeljnimi elementi načrtovanja pouka, kar zahteva usklajenost in jasnost v izvedbi. Murawski in Dieker (2004) predlagata tudi uporabo »odmorov za možgane« (*brain breaks*) ter univerzalnih neverbalnih signalov za komunikacijo z učenci, kar lahko pripomore k večji učinkovitosti in manjši obremenjenosti med poukom.

Ugotovitve potrjujejo, da učenci – ne glede na pristop timskega poučevanja – prepoznavajo več prednosti kot slabosti, kar dodatno potrjuje smiselnost vključevanja timskega poučevanja v redni pouk. Neposredni odzivi učencev predstavljajo dragocen vpogled v učne izkušnje in hkrati naslavlja pomisleke strokovnih delavcev, ki se morda še odločajo za to obliko sodelovanja. Kot poudarjajo Friend (2008), Kavkler idr. (2008), Pulec Lah in Košir (2015) ter Havaj in Polak (2014), je timsko poučevanje učinkovita oblika podpore, ki koristi ne le učencem s posebnimi potrebami, temveč tudi širšemu krogu učencev v razredu.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Rezultati raziskave potrjujejo ugotovitve številnih avtorjev (Friend in Cook, 2010; Pulec Lah in Košir, 2015; Vršnik Perše, 2016), da timsko poučevanje predstavlja pomembno,

a še vedno premalo uveljavljeno obliko izvajanja dodatne strokovne pomoči za učence s PPPU. Timsko poučevanje med predmetnim učiteljem in izvajalcem dodatne strokovne pomoči (DSP) je učinkovita oblika podpore učencem s primanjkljaji na posameznih področjih učenja (PPPU), ki pozitivno vpliva na učni proces, socialno vključenost in strokovni razvoj sodelujočih učiteljev.

Strokovni delavci v največjem deležu prepoznavajo učinkovitejše nudenje pomoči, sprotno izmenjavo povratnih informacij, možnost takojšnjih prilagoditev, diferenciacijo, vzajemno podporo in boljšo socialno vključenost učencev s PPPU kot ključne prednosti timskega poučevanja. Te ugotovitve potrjujejo tudi številne študije (npr. Friend in Cook, 2014; Havaj in Polak, 2014; Polak, 2007), ki poudarjajo, da sodelovanje med učitelji omogoča bolj celostno obravnavo učenca in večjo fleksibilnost pri poučevanju.

Po drugi strani strokovni delavci kot najpogostejšo oviro izpostavljajo pomanjkanje časa za načrtovanje, kar je v literaturi že večkrat poudarjeno kot sistemski izziv (Friend, 2009; Polak, 2007). Izvajalci DSP pogosteje kot predmetni učitelji zaznavajo nenaklonjenost sodelovanja, nejasnosti pri delitvi odgovornosti, pomanjkanje podpore sodelavcev in občutek ogroženosti, kar potrjujejo tudi ugotovitve Schmidt (2001) in Havaj in Polak (2014).

Pomembna ugotovitev raziskave je, da osebna izkušnja s timskim poučevanjem pomembno vpliva na stališča strokovnih delavcev. Ta so bila do timskega poučevanja že pred izvedbo večinoma pozitivna, po izkušnji pa so se še okrepila. Po izvedbi so se strokovni delavci bolj strinjali z večino stališč, ki poudarjajo učinkovitost sodelovanja, kakovost vzgojnega dela, osebni in strokovni izziv, motivacijo učencev ter medsebojno zaupanje. Pomembno je, da pozitivna izkušnja timskega poučevanja vpliva na spremembo stališč in večjo pripravljenost za sodelovanje, kar potrjujejo tudi Polak (2000), Razdevšek-Pučko (1990) in Žerak in Juriševič (2020). To potrjuje, da neposredna praksa deluje kot močan dejavnik spreminjanja prepričanj in povečuje pripravljenost učiteljev in izvajalcev DSP za nadaljnje timsko sodelovanje.

Z vidika socialne vključenosti je timsko poučevanje prepoznano kot eden ključnih dejavnikov za zmanjševanje stigmatizacije in krepitev občutka pripadnosti učencev s PPPU. Učitelji in izvajalci DSP ocenjujejo, da takšen pouk omogoča večjo participacijo teh učencev, saj niso izločeni iz razreda, temveč enakovredno sodelujejo pri skupnih dejavnostih. Večina strokovnih delavcev ocenjuje, da timsko poučevanje pozitivno vpliva na socialno vključenost učencev s PPPU, zlasti tisti, ki so študij zaključili po predbolonjskem sistemu. Neopredeljeni odgovori so bili povezani z nezadostnimi izkušnjami, pomisleki glede pristopa ali značilnosti učenca. V literaturi se poudarja, da je za uspeh ključna ustrezna izbira pristopa in kakovostna izvedba (Friend in Cook, 2014).

Tudi učenci s PPPU in njihovi sošolci prepoznavajo prednosti timskega poučevanja. Učenci s PPPU so izpostavili občutek varnosti in večjo podporo, njihovi sošolci pa so timsko poučevanje dojemali kot bolj raznoliko, zanimivo in koristno za celoten razred. Najpogosteje so izpostavili učinkovito podporo, zanimive dejavnosti in učinkovitejšo razlago, kar potrjujejo ugotovitve številnih avtorjev (Dieker, 2001; Schmidt, 2001; Murawski in Dieker, 2004; Schwab idr., 2013, v Pulec Lah in Košir, 2015). Večina učencev ni zaznala negativnih vidikov, le manjši delež je izpostavil hrup, občutek nadzora ali pomanjkanje časa za dokončanje nalog.

Za uspešno vključevanje timskega poučevanja v izobraževalni proces je ključno, da šole zagotovijo ustrezne pogoje za njegovo izvajanje. To vključuje sistematično načrtovanje,

časovno podporo in strokovno usposabljanje učiteljev. Pristop timskega poučevanja mora biti premišljeno izbran in prilagojen učencem, učni vsebini ter ciljem pouka. Aktivna vloga obeh strokovnih delavcev je nujna za uspeh, saj zgolj prisotnost izvajalca DSP brez aktivnega sodelovanja ne prispeva k socialni vključenosti učencev.

Pozitivne izkušnje s timskim poučevanjem je treba spodbujati, saj pomembno vplivajo na stališča strokovnih delavcev in njihovo pripravljenost za sodelovanje. Začetek z manjšimi, dobro načrtovanimi primeri sodelovanja lahko predstavlja ključ do širše implementacije. V proces evalvacije je smiselno vključiti tudi učence, saj njihova doživljanja ponujajo dragocen vpogled v učne izkušnje in potrebe. Vodstva šol imajo pri tem pomembno vlogo, saj morajo aktivno spodbujati kulturo sodelovanja, zagotavljati pogoje za timsko delo in vrednotiti njegove učinke. Le z usklajenim delovanjem vseh deležnikov lahko timsko poučevanje postane trajna in kakovostna sestavina sodobnega inkluzivnega izobraževanja.

Sklepno lahko poudarimo, da timsko poučevanje krepi učni proces in socialno vključenost učencev s PPPU, hkrati pa pozitivno vpliva na profesionalni razvoj strokovnih delavcev. Za njegovo širšo uveljavitev bo treba zagotoviti več časa in institucionalne podpore za načrtovanje, dodatna usposabljanja ter ozaveščanje o pozitivnih učinkih, ki jih tak pristop prinaša. Raziskava s tem odpira tudi možnosti za nadaljnje raziskovanje, zlasti v smeri evalvacije dolgoročnih učinkov timskega poučevanja ter iskanja strategij, kako premostiti organizacijske ovire, ki omejujejo njegovo redno izvajanje.

Literatura in viri

- Anliker, B., Lietz, M. in Thommen, B. (2010). Sodelovanje med inkluzivnimi šolskimi specialnimi pedagogi in osnovnošolskimi učitelji. *Defectologica slovenica: revija defektologov in specialnih pedagogov Slovenije*, 18(1), 41–52.
- Caf, B. (2018). Socialne spretnosti in socialna vključenost otrok s posebnimi potrebami ter pozornost učiteljev do otrokovega počutja in vedenja v razredu. *Socialna pedagogika*, 22(3–4), 175–198.
- Chitiyo, J. (2017). Challenges to the use of co-teaching by teachers. *International Journal of Whole Schooling*, 13(3), 55–66.
- Cook, L. in Friend, M. (1995). Co-teaching: Guidelines for creating effective practices. *Focus on Exceptional Children*, 28(3), 1–16. <https://doi.org/10.17161/foec.v28i3.6852>
- Dieker, L. A. (2001). What are the characteristics of “effective” middle and high school co-taught teams for students with disabilities? *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 46(1), 14–23. <https://doi.org/10.1080/10459880109603339>
- Friend, M. (2008). *Special education: Contemporary Perspectives for School Professionals* (2. izd.). Pearson Education.
- Friend, M. in Cook, L. (2014). *Interactions: Collaboration Skills for School Professionals* (7. izd.). Pearson Education.
- Friend, M., Cook, L., Hurley-Chamberlain, D. in Shamberger, C. (2010). Co-teaching: An illustration of the complexity of collaboration in special education. *Journal of Educational and Psychological Consultation*, 20(1), 9–27. <https://doi.org/10.1080/10474410903535380>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Havaj, P. in Polak, A. (2014). Timsko delo izvajalcev dodatne strokovne pomoči in osnovnošolskih učiteljev. V T. Devjak (ur.), *Sodobni pedagoški izzivi v teoriji in praksi* (str. 123–138). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Hršak, K. K. (2023). *Timsko poučevanje izvajalcev dodatne strokovne pomoči in učiteljev predmetnega pouka in njegov vpliv na socialno vključenost učencev s primanjkljaji na posameznih področjih učenja*. [Magistrsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Hurd, E. in Weilbacher, G. (2017). »You want me to do what?« The benefits of co-teaching in the middle level. *Middle Grades Review*, 3(1). <https://scholarworks.uvm.edu/mgreview/vol3/iss1/4>
- Kavkler, M. (2010). Razvoj inkluzivne prakse s pomočjo inkluzivnih timov. V M. Kavkler in I. Adlešič (ur.), *Razvoj inkluzivne prakse s pomočjo inkluzivnih timov* (str. 5–13). Zavod RS za šolstvo.
- Kavkler, M. (2011). Konceptualne osnove obravnave učencev z učnimi težavami. V M. Košak Babuder in M. Velikonja (ur.), *Učenci z učnimi težavami: pomoč in podpora* (str. 8–42). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Kavkler, M., Bregar Golobič, K., Čacinovič Vogrinčič, G., Klug, M., Magajna, L., Pečjak, S. in Vernik, M. (2008). *Navodila za prilagojeno izvajanje programa osnovne šole z dodatno strokovno pomočjo: Primanjkljaji na posameznih področjih učenja*. Zavod RS za šolstvo.
- Kolar, A. in Vrhovski Mohorič, M. (2015). Opolnomočenje učencev s posebnimi potrebami za razvijanje strategij za socialno vključenost. V T. Devjak (ur.), *Vpliv družbenih sprememb na vzgojo in izobraževanje* (str. 115–132). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Krek, J. in Metljak, M. (ur.) (2011). *Bela knjiga o vzgoji in izobraževanju v republiki Sloveniji*. Zavod RS za šolstvo.
- Lebarič, N., Kobal Grum, D. in Kolenc, J. (2006). *Socialna integracija otrok s posebnimi potrebami*. Didakta.
- Magajna, L., Kavkler, M., Čacinovič Vogrinčič, G., Pečjak S. in Bregar Golobič, K. (2008). *Učne težave v osnovni šoli: koncept dela*. Zavod RS za šolstvo.
- Magajna, L., Kavkler, M., Košak Babuder, M., Zupančič Danko, A., Seršen Fras, A. in Rošer Obretan, A. (2014). Otroci s primanjkljaji na posameznih področjih učenja. V N. Vovk-Ornik (ur.), *Kriteriji za opredelitev vrste in stopnje primanjkljajev, ovir oz. motenj otrok s posebnimi potrebami* (str. 23–31). Zavod RS za šolstvo.
- MIZŠ. (2022). Podatki v zvezi z učenci s posebnimi potrebami v osnovnih šolah s prilagojenim izvajanjem in dodatno strokovno pomočjo. <https://www.gov.si/assets/ministrstva/MVI/Dokumenti/Izobrazevanje-otrok-s-posebnimi-potrebami/Statistike-in-analize/Tabela-ucenci-s-posebnimi-potrebami-2015-22.xlsx>
- Murawski, W. W. in Dieker, A. L. (2004). Tips and strategies for co-teaching at the secondary level. *teaching exceptional children*, 36(5), 52–58. <https://doi.org/10.1177/004005990403600507>
- Pavlič Škerjanc, K. (2013). *Timsko poučevanje*. Zavod RS za šolstvo.
- Polak, A. (2007). *Timsko delo*. Modrijan.
- Polak, A. (2014). Timsko delo v dodiplomskem in podiplomskem izobraževanju specialnih in rehabilitacijskih pedagogov kot spodbujevalec refleksije in profesionalnega razvoja. V T. Devjak (ur.), *Partnerstvo Pedagoške fakultete v Ljubljani in vzgojno-izobraževalnih institucij* (str. 105–115). Univerza v Ljubljani Pedagoška fakulteta.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Prah, A. (2011). *Socialne spretnostni učencev s primanjkljaji na posameznih področjih učenja v osnovni šoli* [Magistrsko delo]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Pulec Lah, S. in Košir, J. (2015). Sodelovanje učiteljev in specialnih pedagogov kot dejavnik spodbujanja socialne vključenosti učencev s posebnimi potrebami. V T. Devjak (ur.), *Vpliv družbenih sprememb na vzgojo in izobraževanje* (str. 287–308). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Razdevšek-Pučko, C. (1990). *Vpliv učiteljevih vzgojno-izobraževalnih stališč na njegovo pedagoško delo ter možnost njihovega spreminjanja* [Doktorska disertacija]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Schmidt, M. (2001). *Socialna integracija otrok s posebnimi potrebami v osnovno šolo*. Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta.
- Sileo, M. J. (2011). Co-teaching: Getting to know your partner. *Teaching Exceptional Children*, 43(5), 32–38. <https://doi.org/10.1177/004005991104300503>
- The salamanca statement and framework for action on special needs education. (1994). UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000098427>
- Vršnik Perše, T., Schmidt Krajnc, M., Čagran, B., Košir, K., Hmelak, M., Bratina, T., Licardo, M., Kalan, M. in Lorbek, T. (2016). *Nacionalna evalvacijska študija – Končno poročilo: Evalvacija različnih oblik dodatne strokovne pomoči, ki je otrokom dodeljena v skladu z Zakonom o usmerjanju otrok s posebnimi potrebami*. http://mizs.arhiv-spletisc.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/razvoj_solstva/evalvacija/2017/Por_evalv_sp_ZUOPP_FINAL_170425.pdf
- Zakon o usmerjanju otrok s posebnimi potrebami (ZUOPP-1) (2011). (Uradni list RS, št. 58/11, 40/12 ZUJF in 90/12). <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO5896>
- Združeni narodi. (2006). *Konvencija o pravicah invalidov*. Treaty Series, 2515, 3.
- Žerak, U. in Juriševič, M. (2020). Odnos učiteljev do empirično podprtega poučevanja. *Psihološka obzorja*, 29, 98–106.

ANALIZA RAVNI SAMOREFLEKSIJE POUČEVANJA PRI ŠTUDENTIH MATEMATIKE: POMEN IN IZZIVI

ANALYSIS OF THE LEVEL OF SELF-REFLECTION IN THE TEACHING OF PROSPECTIVE MATHEMATICS TEACHERS: SIGNIFICANCE AND CHALLENGES

Adrijana Mastnak in Vida Manfreda Kolar

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

V prispevku se osredotočamo na eno ključnih kompetenc, ki naj bi jih učitelji razvili že med študijem – to je zmožnost refleksije lastnega poučevanja. Refleksija je neločljiv del učnega procesa učiteljev, saj jim omogoča prepoznavanje močnih in šibkih točk njihovega dela, boljše razumevanje zahtevnosti učiteljskega poklica ter sprotno izboljševanje poučevalne prakse. Za boljše razumevanje globine in kakovosti učiteljeve samorefleksije so številni avtorji razvili modele, ki nam pomagajo ovrednotiti, na kateri ravni refleksije se učitelj nahaja. V prispevku predstavljamo analizo dosežene ravni refleksije pri študentih dvopredmetnega študija matematike. Študija temelji na analizi dnevnikov pedagoške prakse študentov 3. in 4. letnika dveh zaporednih študijskih let. Osredotočili smo se na raven samorefleksije pri izvedbi učnih ur, katere vidike svojega poučevanja študenti zaznavajo kot ključne pri samorefleksiji ter ali prihaja do razlik med 3. in 4. letnikom študija. Rezultati kažejo, da med študenti obeh letnikov ni zaznati razlik v vidikih, ki jih naslavlajo, kot tudi ne pri ravni dosežene refleksije. Približno tretjina študentov ostaja na opisni ravni, medtem ko ostali študenti dosegajo višje ravni – največkrat vrednotenje. Le redki študenti svoje izkušnje povežejo s teoretičnimi izhodišči in podajo utemeljene predloge za izboljšanje poučevanja. Izsledki raziskave kažejo, da bo treba v programe poučevanja bodočih učiteljev bolj sistematično vključevati poučevanje različnih modelov refleksije in razvijati veščine njihove uporabe v praksi.

Ključne besede: študent matematike, pedagoška praksa, refleksija, metakognitivni procesi.

Abstract

The focus of this article is on one of the key competencies that teachers should develop during their studies, namely the ability to reflect on their own teaching. Reflection is an integral part of the teaching process, as it enables teachers to identify the strengths and weaknesses of their work, better understand the demands of the teaching profession, and continuously improve their teaching practice. To better understand the depth and quality of teachers' self-reflection, numerous authors have developed models to help us assess a teacher's current level of reflection. In this article, we present an analysis of the level of reflection achieved by two-subject mathematics students. This study is based on an analysis of teaching practice diaries kept by third- and fourth-year students over two consecutive academic years. We focused on the level of self-reflection in the implementation of lessons, as well as the aspects of

their teaching that students perceive as key in self-reflection, and whether there are differences between the third and fourth years of study. The results show that there are no differences between students in both years regarding the aspects they address or the level of reflection achieved. Around one-third of students remain at the descriptive level of self-reflection, while the rest achieve higher levels, most frequently evaluation. Only a few students link their experiences to theoretical premises and make well-founded proposals for improving teaching. The results of the study indicate that teaching different models of reflection and developing skills for their practical application should be more systematically incorporated into teacher study programmes.

Key words: mathematics students, teacher study programmes, reflection, metacognitive processes.

Uvod

Učiteljevo strokovno znanje

Pojem učiteljevega strokovnega znanja je bil v zadnjih desetletjih predmet številnih razprav. Najvplivnejši je Shulmanov model (1986), ki je poudaril pomen predmetnega znanja. Po Shulmanu (1986) je razumevanje, kako učitelji pridobivajo, organizirajo in posredujejo predmetno znanje, ključno za učinkovito izobraževanje učiteljev. Učiteljevo znanje se ne omejuje zgolj na obvladovanje predmetne vsebine, temveč vključuje tudi didaktične strategije in razumevanje kurikuluma. Shulman razlikuje med tremi osrednjimi področji učiteljskega znanja: strokovno predmetno znanje (*Subject Matter Knowledge* – SMK), didaktično predmetno znanje (*Pedagogical Content Knowledge* – PCK) in kurikularno znanje (*Curricular Knowledge* – CK).

1. Strokovno predmetno znanje pomeni učiteljevo poglobljeno razumevanje dejstev, konceptov in struktur določene discipline (način, kako so koncepti organizirani, pravila za preverjanje veljavnosti znanja).
2. Didaktično predmetno znanje združuje strokovno znanje vsebine s pedagoškimi spretnostmi, vključno z učinkovitimi načini predstavitve konceptov, izbiro primerov in oblikovanjem razlag. Vključuje tudi predvidevanje napačnih predstav ter uporabo strategij za prestrukturiranje razumevanja.
3. Kurikularno znanje pomeni poznavanje učnih gradiv, programov in širšega kurikuluma. Učitelji potrebujejo lateralno znanje (kaj učenci spoznava pri drugih predmetih) in vertikalno znanje (kaj so že spoznali in kaj bodo še spoznali pri istem predmetu), da lahko učinkovito povezujejo učne vsebine in izbirajo najprimernejše vire za različne učne kontekste.

Povzamemo lahko, da učinkovito poučevanje zahteva kompleksno in povezano bazo znanja: poglobljeno predmetno strokovnost, pedagoške spretnosti, prilagojene vsebini, ter informirano razumevanje kurikuluma. Priprava učiteljev mora odražati to kompleksnost in zagotoviti, da so učitelji usposobljeni ne le za obvladovanje svoje predmetne stroke, temveč tudi za kakovostno poučevanje.

Kritiki pa opozarjajo, da Shulmanov model premalo upošteva dinamično naravo učiteljskega znanja in prepričanj (Fennema in Franke, 1992; Petrou in Goulding, 2011), kar je bilo povod za razvoj novih, alternativnih modelov. Fennema in Franke (1992) sta predlagala interaktivni okvir, ki vključuje štiri sestavine: predmetno znanje, pedagoško znanje, poznavanje

učenčevega mišljenja in učiteljeva prepričanja. V tem modelu imajo prepričanja enako pomembno vlogo kot znanje ter so tesno povezana z učiteljevo prakso.

Ball idr. (2008) so Shulmanov okvir razširili v model *Mathematical Knowledge for Teaching* (MKT), ki temelji na empiričnih raziskavah poučevanja matematike. V modelu MKT so matematično znanje razdelili na dve glavni kategoriji: splošno predmetno znanje in specializirano predmetno znanje. Model je bistveno prispeval k razumevanju povezav med učiteljskim znanjem in dosežki učencev, vendar so ga kritizirali, da ne vključuje vidika učiteljevih prepričanj (Petrou in Goulding, 2011).

Najbolj celovit pristop predstavlja model *Mathematics Teacher's Specialised Knowledge* (MTSK), ki so ga razvili Carrillo idr. (2018). Model temelji na analizi pouka, usposabljanja učiteljev in intervjujev ter uvaja novo delitev matematičnega in didaktičnega znanja in je razdeljen na dve glavni področji, ki se nadalje delita na podpodročja:

1. Matematično znanje (MK) – znanje matematike kot discipline, vendar v kontekstu poučevanja. To vključuje:
 - Znanje o temah (KoT): poglobljeno razumevanje matematične vsebine, postopkov, lastnosti, predstavitev in aplikacij.
 - Znanje o strukturi matematike (KSM): razumevanje, kako so različna področja matematike med seboj povezana.
 - Znanje o praktičnih veščinah v matematiki (KPM): poznavanje matematičnega sklepanja, reševanja problemov in postopkov preverjanja veljavnosti.
2. Pedagoško predmetno znanje (PCK) – znanje o tem, kako matematiko poučevati učinkovito. To vključuje:
 - Znanje o poučevanju matematike (KMT): strategije, sredstva, predstavitve in pristope k poučevanju.
 - Znanje o značilnostih učenja matematike (KFLM): razumevanje učenčevega mišljenja, njegovih prednosti in pomanjkljivosti, čustvenih vidikov ter načinov interakcije z vsebino.
 - Znanje o standardih učenja matematike (KMLS): poznavanje pričakovanj in standardov učnega načrta.

Ključna značilnost tega modela je poudarek na povezovanju matematičnega znanja in pedagoškega predmetnega znanja kot dveh enakovrednih in komplementarnih področij, ki skupaj usmerjata učiteljevo prakso. V jedru modela so učiteljeva prepričanja o matematiki in njenem poučevanju, ki hkrati vplivajo na MK in PCK ter se obratno tudi oblikujejo skozi njiju.

Podoben poudarek na vlogi prepričanj in osebnih dimenzij najdemo tudi pri Korthagnu (2004), ki opozarja, da mora izobraževanje učiteljev preseči tehnično usposabljanje in se usmeriti v celostni pristop. Ta celovit pogled je utemeljil z znanim modelom jedra (*onion model*), ki prikazuje različne ravni profesionalne identitete učitelja: od zunanjih, bolj opaznih (vedenje, okolje), do globljih, notranjih ravni (prepričanja, identiteta, poslanstvo). S tem je opozoril, da se strokovno znanje učitelja razvija v tesni povezavi z njegovimi osebnimi vrednotami in razumevanjem lastne vloge.

Skupni imenovalec vseh predstavljenih modelov je spoznanje, da uspešno poučevanje matematike zahteva več kot zgolj obvladovanje algoritmov. Učitelj mora razviti preplet matematičnega in didaktičnega znanja, ki mu omogoča, da vsebine predstavi na različne načine, se prilagaja raznolikim potrebam učencev in učinkovito prepozna ter odpravlja

napačne predstave (Shulman, 1986; Ball idr., 2008; Carrillo idr., 2018). Raziskave obenem kažejo, da je ciljno razvijanje didaktično-matematičnega znanja pogosto učinkovitejše kot zgolj krepitev predmetnega znanja (Zolfaghari, 2020). Medtem ko Shulman (1986), Ball idr. (2008) in Carrillo idr. (2018) sistematično obravnavajo didaktično-strokovno znanje učiteljev. Več avtorjev (npr. Fennema in Franke, 1992; Petrou in Goulding, 2011; Korthagen, 2004) opozarja, da je za razumevanje profesionalnega razvoja učiteljev pomembno vključiti tudi dimenzijo osebnih prepričanj in identitete, saj ti globlji vidiki pomembno usmerjajo, kako učitelji uporabljajo svoje znanje v praksi.

Na osnovi tega se v nadaljevanju osredotočamo na *prepričanja* bodočih učiteljev matematike o njihovem pedagoškem predmetnem znanju, ki se razvijajo vzporedno z oblikovanjem predmetno-specifičnega znanja.

Metakognitivni in samoregulacijski procesi

Poleg strokovnega znanja se sodobno visoko šolstvo sooča z izzivom, kako razvijati metakognitivno zavedanje študentov in kako metakognitivno znanje vključevati v učni proces. S terminom metakognicija naslavljamo zavedanje, spremljanje in uravnavanje lastnega mišljenja. V današnji informacijsko naravnani družbi, ki zahteva prilagodljivost in sposobnost samostojnega učenja, postaja njena vloga še toliko pomembnejša. Tradicionalne akademske spretnosti niso več zadostne; študenti morajo razviti tudi metakognitivne kompetence, če želijo biti uspešni (Balashow idr., 2021).

Psihološke raziskave od Flavella (1979) dalje so pokazale, da metakognicija podpira učinkovito učenje, samoregulacijo in akademski uspeh. Avtorji, kot so Schraw in Moshman (1995), Pintrich (2002) in Schunk (2008), poudarjajo, da metakognicija vključuje tako znanje o kogniciji (razumevanje, kako poteka lastno učenje) kot uravnavanje kognicije (načrtovanje, spremljanje, vrednotenje in prilagajanje strategij). Spodbujanje študentov, da zavestno uravnavajo svoje učne dejavnosti, ne le izboljšuje njihove dosežke, temveč jim tudi pomaga prepoznati in reševati lastne učne težave. Schoenefeld (2016) izpostavlja pomen ustvarjanja učnega okolja, ki omogoča interakcijo in soočanje različnih pogledov, perspektiv in načinov razmišljanja. Samoregulacijo opredeljuje kot eno izmed glavnih področij, ki jih pokriva pojem metakognicija. Po njegovem mnenju so ključni elementi samoregulacije: spremljanje, vrednotenje napredka in ukrepanje na podlagi teh vrednotenj.

Raziskave kažejo, da je metakognitivno zavedanje ključen izobraževalni dejavnik, ki ga je potrebno načrtno razvijati skozi celoten proces visokega šolanja, da se s tem okrepi študentovo učenje in vseživljenjske kompetence. Hattie (2009) je izvedel meta-analizo raziskav o vplivu različnih dejavnikov na akademski uspeh študentov. Kot enega najpomembnejših dejavnikov za izboljšanje dosežkov je prepoznal prav razvoj metakognitivnih spretnosti. Podobno Dunlosky in Metcalfe (2009) poudarjata, da metakognicija študentom pomaga razumeti lastne miselne procese in to zavedanje uporabiti za izboljšanje učenja.

Lester idr. (1989) so izvedli obsežno raziskavo o vlogi metakognicije pri reševanju matematičnih problemov. Ugotovili so, da obstaja dinamična povezava med matematičnimi koncepti in metakognitivnimi procesi, ki jih učenci uporabljajo pri reševanju nalog s temi koncepti. To pomeni, da se procesi nadzora in zavedanja kognitivnih procesov razvijajo vzporedno z razumevanjem matematičnih pojmov. Poučevanje reševanja problemov, še

posebej pa poučevanje metakognicije, bo po vsej verjetnosti učinkovitejše, če bo sistematično organizirano in bo vodeno s strani učitelja.

V novejšem času so Dangin idr. (2023) preučevali povezavo med metakognitivnim zavedanjem, samoregulacijskim učenjem in akademskim uspehom med študenti višjih letnikov univerze v Indoneziji. Njihovi rezultati kažejo, da sta bila tako metakognitivno zavedanje kot samoregulacijsko učenje pomembno in pozitivno povezana z akademskim uspehom. Študenti z močnejšimi spretnostmi spremljanja, načrtovanja in vrednotenja lastnega mišljenja so praviloma dosegali boljše akademske rezultate. Raziskava nakazuje, da kombinacija metakognitivnega zavedanja (kako študenti razmišljajo o učenju in ga uravnavajo) in samoregulacijskega učenja (kako ta nadzor udeležujejo v praksi) omogoča celovitejše razumevanje uspešnosti študentov. Z razvijanjem teh spretnosti lahko izobraževalci pomagajo učencem/študentom, da prevzamejo več nadzora nad lastnim učenjem, ohranjajo motivacijo in vztrajajo ob težavah.

Refleksija

Refleksija velja že dolgo za enega ključnih temeljev strokovne rasti v izobraževanju. Na prvi pogled gre za preprosto razmišljanje o lastnih dejanjih z željo, da bi bili naslednjič boljši. A v resnici se je razvila v bogato in kompleksno področje, ki združuje teorijo, prakso in osebno izkušnjo učitelja. Dewey (1910, 1933) je postavil filozofske temelje reflektivnega mišljenja. Zanj je bila refleksija »aktivno, vztrajno in skrbno razmišljanje o vsakem prepričanju ali obliki znanja v luči razlogov, ki ga podpirajo, in posledic, do katerih vodi«. Refleksijo je zasnoval kot strukturiran proces reševanja problemov: prepoznati problem, ga opredeliti, oblikovati hipoteze, premisliti možnosti in preveriti izide. Dewey je refleksijo povezal z izkušnjo – učenje ni zgolj delovanje, temveč delovanje v kombinaciji s kritičnim mišljenjem. Poleg tega je poudaril pomen odprtosti, odgovornosti in predanosti za pristno refleksijo. Na Deweyja se je navezal Schön (1983), ki je refleksijo umestil v kontekst strokovne prakse. Razlikoval je med tremi vrstami refleksije:

1. Refleksija pred akcijo: zajema vse miselne procese, ki potekajo pred pedagoškim dejanjem.
2. Refleksija med akcijo: dogaja se med dejavnostjo ali učenim trenutkom. Vključuje sprotno odzivanje, prilagajanje in eksperimentiranje. Primer: učitelj med poukom opazi, da so učenci zmedeni, in se odloči, da bo način razlage takoj spremenil. Ključna ideja je, da naj bi se strokovnjaki učili skozi delovanje, tako da svoja dejanja sproti prilagajajo z neposredno refleksijo.
3. Refleksija po akciji: nastopi po zaključeni dejavnosti. Pomeni, da se učitelj ozre nazaj, analizira svoje odločitve, oceni rezultate in načrtuje izboljšave. Primer: po koncu ure učitelj razmisli, zakaj so imeli učenci težave in kako lahko naslednjič pouk izboljša. Ta vrsta refleksije poglobi razumevanje in dolgoročno prispeva k strokovni rasti.

To razlikovanje je učiteljem pomagalo, da refleksije niso več razumeli zgolj kot naknadnega razmišljanja, temveč kot proces, ki lahko usmerja njihova dejanja v realnem času. Omogočilo je premik od učiteljev praktikov k učiteljem kot (samo)kritičnim strokovnjakom – takšnim, ki o svojih dejanjih razmišljajo vnaprej, se zavedajo posledic svojih pedagoških odločitev ter jih nato kritično ocenjujejo in po potrebi ponovno premislijo. Refleksija je tako postala način povezovanja teorije in prakse ter razvijanja prilagodljive strokovnosti.

Več raziskovalcev je razvilo hierarhične modele za opisovanje globine refleksije. Van Manen (1977) je predlagal tehnično, praktično in kritično raven, pri čemer se pot premika od učinkovitosti metod k izpraševanju temeljnih predpostavk in nato k etičnim in političnim implikacijam. Zeichner in Liston (1996) sta ohranila tristopenjski model ter refleksivno poučevanje opredelila kot kritično raziskovanje, ki izprašuje rutine in razmerja moči. Taggart in Wilson (2005) sta predstavila podoben model v obliki piramide – tehnično, kontekstualno in dialektično raven – ter poudarila, da prava refleksija ni linearna, temveč krožna in ponavljajoča. Skupna nit teh pristopov je, da je refleksija hkrati proces in razvojna pot. Dewey jo je razumel kot strukturirano raziskovanje, Schön jo je umestil v profesionalno delovanje, poznejši modeli pa so dodali hierarhične stopnje.

V raziskavah je bilo reflektivno pisanje pogosto uporabljeno kot orodje za spodbujanje refleksije. Jay in Johnson (2002) sta oblikovala tipologijo – opisna, primerjalna in kritična refleksija, ki je bila široko uporabljena. Cohen-Sayag in Fischl (2012) sta pokazala, da lahko strukturirano reflektivno pisanje pomaga bodočim učiteljem razviti poglobljeno razmišljanje, čeprav je napredek močno odvisen od kakovosti povratnih informacij, ki jih prejmejo. Tudi druge študije so oblikovale podobne kategorije reflektivnega pisanja, ki segajo od preprostega opisovanja do napredne analize, ki povezuje prakso s strokovno rastjo. Lane idr. (2014) so predlagali razlikovanje med zgolj opisnim pisanjem in višjimi ravni reflektivnih besedil ter poudarili pomen jasnega usmerjanja študentov, medtem ko so O'Hanlon (1991) ter Abidin idr. (2020) razvili 4-stopenjsko klasifikacijo ravni refleksije, ki poteka od minimalnega zaznavanja do aktivnega prizadevanja za izboljšanje prakse. Njihovi modeli predstavljajo osnovo za naš lastni model reflektivnega pisanja, zato jih v nadaljevnaju podrobneje predstavimo.

O'Hanlon (1991) razlikuje štiri ravni:

1. Opis – opisovanje dejanj in načinov izvedbe.
2. Interpretacija – razmišljanje o tem, zakaj se je nekaj zgodilo, zakaj je bilo dobro ali zakaj ni bilo ustrezno.
3. Vrednotenje – proučevanje posledic dejanj tako za učitelja kot za učence.
4. Povezovanje izkušenj s teorijo – povezovanje praktičnih izkušenj s teoretičnim znanjem.

Podobno Abidin, Budayasa in Khabibah (2020) navajajo štiri ravni, a z nekoliko drugačnimi poudarki:

1. Splošno – ko učitelj situacijo sicer zazna, a se ne vključi v dejansko refleksijo.
2. Opis – ko učitelj opisuje vidike učnega procesa.
3. Argumentacija – ko učitelj izpeljuje sklepe, analizira učni proces in skuša osmisлити izvedene dejavnosti.
4. Doprinos – ko učitelj ne le reflektira, ampak tudi aktivno doprinse k izboljšanju učnega procesa in se vključuje v njegovo razvijanje.

Korthagen (2010) je razvil razumevanje refleksije kot orodje profesionalnega razvoja. Po njegovem mnenju refleksija ni le analitičen pogled na lastno prakso, temveč proces, ki omogoča učiteljem, da povezujejo teorijo in prakso, prepoznavajo vzorce v svojem delovanju in razvijajo globlje zavedanje o lastni učiteljski identiteti. Pomembno je, da začetniki pogosto reflektirajo predvsem izvedbo pouka in odzive učencev, šele kasneje pa se začnejo ukvarjati z globljimi plastmi, kot so prepričanja in identiteta.

Novejše raziskave osvetljujejo področja, ki so v proučevanju učiteljske refleksije še vedno premalo raziskana. Paez idr. (2019) pozivajo k premoščanju vrzeli med teoretičnim

izobraževanjem učiteljev in vsakodnevnimi razmerami v učilnicah, zlasti v slabše opremljenih okoljih. Podobno Olawale in Hendricks (2022) poudarjata, da lahko tudi učitelji z močnim predmetnim znanjem odpovejo, če je njihova samoučinkovitost pri pedagoških praksah šibka. Te študije razkrivajo ponavljajočo se vrzel v raziskavah: pogosto je poudarek na tem, *kaj* naj bi učitelji reflektirali, precej manj pa na tem, *kako* naj bi refleksijo izvajali. Marcos idr. (2011) so podobno ugotovili, da številna besedila refleksijo opisujejo v idealiziranih okvirih, ponujajo pa malo praktičnih smernic. Fox idr. (2019) gredo še dlje in opozarjajo, da lahko refleksija postane »dvorana ogledal«, ki utrjuje obstoječa prepričanja, namesto da bi jih postavljala pod vprašaj.

Navedeni očitki razkrivajo trajno napetost med predstavo o učiteljih kot kritično transformativnih agentih in praktičnimi izzivi izvedbe – časom, usposabljanjem, povratnimi informacijami ter institucionalnimi omejitvami. Premostitev te vrzeli zahteva konkretne, na dokazih utemeljene strategije, kot so strukturirano pisanje in postopno uvajanje, skupaj z zavedanjem širših sistemskih ovir. Refleksija zato ni statični ideal, temveč dinamična, večkrat sporna praksa, ki jo oblikujejo filozofija, pedagogika in politika. Da bi dosegla svoj transformativni potencial, se mora izobraževanje učiteljev premakniti onkraj normativnih idealov k pristopom, ki so hkrati kritično zavzeti in občutljivi za kontekst.

Te kritike poudarjajo trajno razhajanje med vizijo učiteljev kot kritičnih transformativnih izvajalcev in praktičnimi realnostmi izvajanja – časom, usposabljanjem, povratnimi informacijami in institucionalnimi omejitvami. Da bi izobraževanje učiteljev doseglo svoj transformativni potencial, se mora premakniti od predpisanih idealov k pristopom, ki so kritično angažirani in hkrati občutljivi za kontekst.

Namen in cilji

Namen raziskave je nasloviti izpostavljeno raziskovalno vrzel in analizirati, *kako* študenti matematike reflektirajo lastno pedagoško prakso pri pouku matematike. Proučevali bomo torej metakognitivno zavedanje študentov o lastnem pedagoško-predmetnem znanju (PCK). Pri tem nas bo poleg globine refleksije posebej zanimalo, katere vidike PCK bodo študenti najpogosteje reflektirali.

Na osnovi opredelitve raziskovalnega problema smo si zadali 2 cilja (C) raziskave:

C1: proučiti, katere vidike lastne poučevalne prakse študenti dojemajo kot pomembne pri samorefleksiji učnih ur;

C2: kolikšna je raven študentovega metakognitivnega zavedanja v procesu samoevalvacije.

V skladu s cilji raziskave smo si zadali 4 raziskovalna vprašanja (RV):

RV1: Katere vidike lastne poučevalne prakse dojemajo študenti matematike kot pomembne pri samorefleksiji učnih ur?

RV2: Katere vidike lastne poučevalne prakse dojemajo študenti kot svoja močna področja in katere kot svoja šibka področja?

RV3: Kolikšna je raven študentovega metakognitivnega zavedanja v procesu samorefleksije izvedenih učnih ur?

RV4: Ali so razlike v študentovi samorefleksiji lastne poučevalne prakse glede na študentov letnik izobraževanja (3. in 4. letnik)?

Metoda

V empirični raziskavi smo uporabili deskriptivno, kavzalno in neeksperimentalno metodo pedagoškega raziskovanja (Hartas, 2010; Sagadin, 1991). Raziskavo smo zasnovali kot mešani pristop, ki združuje kvalitativne in kvantitativne metode za proučevanje metakognitivnih procesov študentov pri njihovi pedagoški praksi. Kvalitativni pristop smo uporabili za vsebinsko analizo pisnih refleksij, kvantitativni pristop pa za oblikovanje odgovorov na raziskovalna vprašanja. Raziskava je potekala na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani v Sloveniji, in sicer v dveh zaporednih študijskih letih (2023/24 in 2024/25). V vzorec je bilo vključenih 23 študentov matematike (dvopredmetni program matematike), ki smo jih opazovali v 3. in 4. letniku študija v času izvajanja pedagoške prekse iz matematike. Študenti so med izvajanjem pedagoške prakse izpolnjevali dokument Dnevnik pedagoške prakse, ki je vseboval vnaprej pripravljeno predlogo za pisanje učnih priprav in za pisno refleksijo učnih ur. Predloga za pisno refleksijo učne ure je študente usmerjala k prepoznavanju svojih prednosti in slabosti ter k predlaganju izboljšav poučevanja. V pomoč sta jim bili naslednji vprašanji:

1. S katerimi vidiki izvedene ure ste bili posebej zadovoljni?
2. V katerih pogledih in kako bi uro izboljšali?

V primeru, da se je študentu pri izvedeni uri določen vidik/pojav zdel posebej pomemben, so sledile nadaljnje usmeritve za pisanje refleksije:

3. Opišite izbrani vidik/pojav.
4. Kako si razlagate vidik/pojav (vzroki in posledice)? Opišite tudi vaše in mentoričino mnenje o vidiku/pojavu.
5. Kako bi vi v bodoče ravnali pri podobni izkušnji?

Dnevnik prakse posameznega študenta je vseboval 6–8 različnih učnih priprav za matematiko z refleksijo izvedbe. To pomeni, da smo skupno analizirali 343 pisnih refleksij, 174 za 3. letnik in 169 za 4. letnik. Pri odgovarjanju na 1. in 2. raziskovalno vprašanje smo zapise refleksij analizirali z vidika izpostavljenih pomembnih vidikov, šibkih in močnih področij. Kot pomembne vidike smo šteli vse vidike, ki so jih študenti navedli pri odgovoru na 1. in 2. vprašanje. Pri odgovoru na 3. in 4. raziskovalno vprašanje pa smo vključili študentove odgovore na vseh 5 vprašanj. Pri določanju (pomembnih) vidikov študentove refleksije lastne poučevalne prakse smo uporabili induktivni pristop odprtega kodiranja odgovorov na vprašanji 1 in 2 v zapisu refleksije, kar pomeni, da smo kode oblikovali sproti in jih združevali v širše kategorije, pri čemer smo uporabili tematsko kodiranje. Oblikovanje kategorij in podkategorij vidikov študentove refleksije lastne poučevalne prakse je predstavljeno v razdelku rezultati. Pri odgovarjanju na 3. raziskovalno vprašanje smo uporabili zaprto kodiranje, saj smo vnaprej oblikovali prilagojen model za določanje ravni reflektiranega pisanja, ki izhaja iz modelov po O'Hanlon (1991) ter Abidin idr. (2020).

Model razlikuje šest ravni samorefleksije:

1. **Identifikacija** - navedba vidika
2. Opis - opis študentovega/učenčevih dejanj pri izvedeni učni uri
3. **Interpretacija** - opis študentovega razmišljanja o razlogih za izbrane učne odločitve in izvedena dejanja med učno uro
4. **Vrednotenje** - opis študentovega razmišljanja o posledicah izvedenih dejanj med učno uro – tako za študente, kot tudi za učence

5. **Doprinos** - študentovi predlogi za izboljšanje poučevalne prakse:
 - a. brez argumentacije,
 - b. z argumentacijo - študent pojasni svoj predlog izboljšanja poučevalne prakse.
6. **Integracija izkušenj v teorijo** - študent svoje praktične izkušnje pri izvedeni učni uri poveže s teoretičnim znanjem.

Opisani prilagojen model (O'Hanlon, 1991; Abidin idr., 2020) predstavlja analitični okvir za proučevanje stopnje razvoja kompetenc metakognitivnega zavedanja. Model omogoča sistematično spremljanje procesov, s katerimi študent na nižjih ravneh refleksije prepoznava in opisuje lastne pedagoške odločitve. Na višjih ravneh metakognitivnega zavedanja pa jih interpretira, vrednoti njihove učinke na učence in na lastno profesionalno rast, oblikuje predloge za izboljšanje poučevalne prakse, ki jih (lahko) tudi argumentira. Najvišjo raven metakognitivnega zavedanja študent pokaže, če svoje izkušnje tudi integrira v obstoječe teoretske okvire, kar prispeva k poglobljenemu razumevanju razmerja med prakso in teorijo. V okviru opisanega modela so interpretacija, vrednotenje in doprinos zasnovani kot enakovredne ravni samorefleksije. Njihova medsebojna povezanost omogoča študentu, da svoje praktične izkušnje obravnava bolj poglobljeno in celostno.

V nadaljevanju na kratko predstavimo študijski program dvopredmetnega učitelja matematike z vezavami. Predstavljeni so študijski predmeti, pri katerih študenti pridobijo didaktično-matematično znanje (PCK) ter znanje s področja metakognicije in samorefleksije.

Študijski program dvopredmetnega učitelja matematike

Dvopredmetni študijski program matematike je prvostopenjski program, ki študente usposablja za poučevanje matematike v kombinaciji z drugim predmetom (fizika, računalništvo ali tehnika). Program združuje teoretično znanje, didaktične kompetence in praktične izkušnje poučevanja. Vključuje tri didaktične predmete, ki so vsebinsko povezani s postopnim razvojem didaktično-matematičnih kompetenc:

2. letnik: Osnove didaktike matematike: Študenti pridobijo temeljno razumevanje matematičnega znanja, organizacije učnih procesov, reševanja problemov, komunikacije v matematiki, uporabe učbenikov in tehnologije ter pristopov za delo tako z nadarjenimi učenci, kot tudi z učenci s težavami pri učenju.

3. letnik: Didaktika osnovnošolske matematike: Poudarek se premakne na povezovanje matematičnega, pedagoškega in didaktičnega znanja v učnem okolju. Študenti razvijajo veščine načrtovanja in prilagajanja kurikulumu, izbire ustreznih učnih metod ter refleksije lastnega poučevanja.

4. letnik: Poglavlja iz didaktike matematike: Težišče je na razvoju naprednih kompetenc, kot so priprava kurikulumu, vrednotenje in podajanje povratnih informacij, interdisciplinarno sodelovanje, uporaba IKT pri poučevanju ter kontinuirana samorefleksija za izboljšanje prakse.

V 3. in 4. letniku se sistematično razvija tudi refleksija učne prakse. Po izvedenih simulacijah učnih ur ali dejansko izvedenih učnih urah študenti napišejo strukturirano refleksijo, kjer analizirajo, kaj so predvideli med pisanjem priprave in zakaj, kako se je njihovo vedenje izkazalo med poukom, kako pojasnjujejo potek dogodkov med poukom, kako bi spremenili

svojo pripravo ali izvedbo pouka ter kako bi svoja opažanja podprli s teoretičnim znanjem s področja stroke.

Pedagoška praksa poteka v 3. in 4. letniku, vsako leto po dva tedna (en teden pri matematiki in en teden pri drugem predmetu). Študenti morajo samostojno izvesti učne ure matematike ter sodelovati v pedagoški praksi pod mentorstvom učitelja matematike, s katerim po vsaki izvedeni učni uri opravijo ustno refleksijo svojega nastopa.

Rezultate raziskave bomo predstavili v poglavju Rezultati z naslednjimi podpoglavji: Pomembnost vidikov pri refleksiji lastne poučevalne prakse ter njihovo vrednotenje z vidika študenta, Analiza ravni študentovega metakognitivnega zavedanja v procesu samorefleksije ter Primerjava samorefleksije lastne poučevalne prakse glede na študentov letnik izobraževanja.

Rezultati

Pomembnost vidikov pri refleksiji lastne poučevalne prakse ter njihovo vrednotenje z vidika študenta

V prvem razdelku se bomo osredotočili na prvi dve raziskovalni vprašanji, to je, kateri vidiki poučevanja so za študente pomembni in jih v svojih refleksijah učnih ur analizirajo ter kateri med njimi so analizirani kot študentovo močno (*»S katerimi vidiki učne ure ste bili zadovoljni?«*) in kateri kot študentovo šibko področje (*»V katerih pogledih in kako bi uro izboljšali?«*) znanja za poučevanje matematike. Pri analizi pomembnosti vidikov smo v tem razdelku upoštevali analize vseh študentovih refleksij izvedenih učnih ur tako v 3. kot v 4. letniku.

Na podlagi dobljenih kod vsebinske analize refleksij učnih ur študentov smo oblikovali tri glavne kategorije učiteljevega znanja za poučevanje matematike. Prva kategorija je povezana z načrtovanjem učne ure, preostali dve pa z izvedbo poučevanja, in sicer: pedagoško interakcijski vidiki izvedbe pouka in didaktično vsebinski vidiki izvedbe pouka matematike. Pedagoško interakcijski vidiki vključujejo načine, kako učitelj vzpostavlja in vodi interakcijo z učenci ter oblikuje učni prostor. Didaktično vsebinski vidiki pa vključujejo vsebinske in metodične odločitve učitelja pri izvajanju pouka matematike. Kategoriji se torej razlikujeta v tem, da ena poudarja splošno didaktične kompetence, druga pa matematično didaktične kompetence poučevanja. Dobljene kode znotraj kategorij učiteljevega znanja za poučevanje matematike smo nato razdelili v posamezne podkategorije (slika 1).

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Načrtovanje učne ure	Pedagoško interakcijski vidiki poučevanja	Didaktično vsebinski vidiki poučevanja
• Učni cilji • Vsebina in dejavnosti • Spremljanje učencev • Upoštevanje različnosti • Učne metode in oblike • Učna sredstva in pripomočki	• Podajanje navodil • Motiviranje učencev • Organizacija učnega okolja • Komuniciranje z učenci • Nastop in govor	• Jasnost in doseganje učnih ciljev • Izvedba metod in oblik dela • Spremljanje poteka dela učencev • Vsebinska ustreznost obravnave • Primeri in ponazoritve • Vključevanje problemskih znanj

Slika 1: Kategorije in podkategorije učiteljevega znanja za poučevanje matematike

V kategoriji načrtovanje učne ure smo identificirali 6 podkategorij učiteljevega znanja o načrtovanju učne ure. V preglednici 13 so podani primeri študentovih zapisov za posamezne podkategorije znanja.

Preglednica 13: Podkategorije pri načrtovanju učne ure

1. Načrtovanje učne ure		
	Podkategorije PCK	Primer zapisa študenta
1.1	Učni cilji	Ura je bila zahtevna, saj smo obravnavali pravokotne trikotnike v dveh likih. Uro bi razdelila na dva dela ter prerazporedila like tako, da bi v eni uri obravnavali samo deltoid in imeli utrjevanje.
1.2	Vsebina in dejavnosti	Lahko bi pripravila več nalog za utrjevanje novega znanja, saj so nekateri učenci nalogo rešili dokaj hitro.
1.3	Spremljanje učencev	Ura je bila zastavljena dovolj individualno, da sem se res lahko posvetila vsem tipom učencev, vsi so imeli dovolj zadolžitev, primernih njihovim sposobnostim.
1.4	Upoštevanje različnosti učencev	Zadovoljna sem bila z načrtovano diferenciacijo učne ure.
1.5	Učne metode in oblike	Uro bi lahko še dodatno obogatila s sodelovalnim učenjem, kar bi učencem prineslo več motivacije in spodbudilo medsebojno pomoč. Poleg običajnega reševanja nalog bi lahko vključila tudi bolj interaktivne pristope.
1.6	Učna sredstva in pripomočki	Predvsem sem bila zadovoljna s pripravo učnega lista. Učence je dobro vodil skozi ponovitev znanja iz predhodne ure ter prejšnjih let (kot). Na koncu pa se je navezal tudi na novo snov – dolžina krožnega loka. V prihodnje bi lahko načrtovala uporabo več različnih konkretnih modelov za ponazoritev različnih vrst prizem.

V podkategorijo načrtovanja učnih ciljev smo vključili navedbe, v katerih so študenti predlagali spremembe pri načrtovanju učnih ciljev, najpogosteje zmanjšanje števila načrtovanih učnih ciljev. Podkategorija vsebina in dejavnosti se je nanašal na predloge o spremembi vsebine nalog, števila nalog za reševanje ter vsebinsko spremembo kakšne izmed dejavnosti. Pri spremljanju učencev so študenti opisovali, kako so načrtovali sprotno podajanje povratne informacije, načrtovanje izvedbe oblike dela, ki jim je omogočala sprotno spremljanje dela učencev in preverjanja doseganja učnih ciljev. Pri podkategoriji upoštevanja različnosti

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

učencev so študenti navajali, kako so učencem pri načrtovanju ure omogočili različne prilagoditve, predvsem v ustrezni obliki notranje diferenciacije (npr. diferenciarani učni listi). Podkategorija učne metode in oblike se je pri načrtovanju navezovala predvsem na predloge vključitve kakšne druge oblike in metode dela, podkategorija učna sredstva in pripomočki pa na ustrezno izbiro/oblikovanje učnih sredstev in pripomočkov za izvedeno učno uro.

V kategoriji pedagoško interakcijski vidiki poučevanja smo identificirali 5 podkategorij učiteljevega znanja o organizaciji učnega okolja ter vodenja skupine učencev z vidika interakcije z njmi. V preglednici 2 so podani primeri študentovih zapisov za posamezne podkategorije znanja.

Preglednica 14: Podkategorije pedagoško interakcijskega vidika

2. Pedagoško interakcijski vidiki poučevanja		
	Podkategorije PCK	Primer zapisa študenta
2.1	Podajanje navodil	Izboljšala bi to, da bi dijakom dala navodila, naj si delo pri nalogah z razpredelnicami razdelijo med sabo in si pomagajo pri reševanju (vsak reši en del).
2.2	Motiviranje učencev	Pri izvedbi ure sem bil najbolj zadovoljen z uvodno motivacijo pri uri. Zdelo se mi je zdelo dobro, da sem dal tolikšen poudarek na periodične pojave in uporabo kotnih funkcij v vsakdanjem življenju.
2.3	Organizacija učnega okolja	Izboljšala bi samo vodenje razreda, vzdrževanje discipline v razredu. Čim imajo učenci čas med učno uro, si ga sami zapolnijo in nastane nemir v razredu.
2.4	Komuniciranje z učenci	Zadovoljen sem s tem, kako sem na vsa njihova vprašanja znal hitro ter dobro odgovoriti.
2.5	Nastop in govor	Pri tem nastopu sem že začutila, da sem bolj samozavestno in sproščeno vodila učno uro. Zelo sem bila zadovoljna z izražanjem in uporabo matematične terminologije. Z dobro definicijo podatkov, vrednosti in spremenljivk sem pojme lahko ustrezno navajala in tudi učence naučila ustrezne terminologije. Tako smo lahko dobro razumeli in reševali naloge in se pogovarjali v pravilnem matematičnem jeziku.

Podkategorija podajanje navodil je vključevala študentove opise (ne)zadovoljstva z navodili, ki so jih podajali učencem pri izvedeni učni uri, predvsem ali so bila navodila dovolj jasna, kratka ter informativna z vidika učiteljevih pričakovanj. Pri motiviranju učencev so študenti opisovali načine, kako so vzdrževali pozornost učencev med učno uro. Predvsem so se navezovali na pomembnost osmišljanja učne vsebine, njeno povezanost z vsakdanjim življenjem, kot tudi na navedbo razlogov, zakaj so izgubili pozornost učencev med uro. Podkategorija organizacija učnega okolja je vključevala opise zagotavljanja ustreznega delovnega vzdušja (težave z disciplino) ter časovno razporeditev dejavnosti (brez nepotrebnega izgubljanja časa). Komuniciranje z učenci je podkategorija, ki se je navezovala na študentove opise vodenja pogovora z učenci (postavljanje vprašanj, odzivanje na odgovore in vprašanja učencev, vključitev učencev v pogovor). V podkategorijo nastop in govor smo razvrstili študentove opise, ki so se navezovali na študentovo verbalno in neverbalno komunikacijo: pri neverbalni predvsem nastop v razredu (samozavestna drža, sproščenost), pri verbalni pa jezikovno in matematično izražanje študenta, jasnost in razumljivost govora ter poudarjanje pomembnosti govornega.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

V kategoriji didaktično vsebinski vidiki poučevanja smo identificirali 6 podkategorij učiteljevega znanja, ki so se navezovala na vsebinsko in metodično izvedbo pouka matematike. V preglednici 3 so podani primeri študentovih zapisov za posamezne podkategorije znanja.

Preglednica 15: Podkategorije didaktično vsebinskega vidika

3. Didaktično vsebinski vidiki poučevanja		
	Podkategorija PCK	Primer zapisa študenta
3.1	Jasnost in doseganje učnih ciljev	Zadovoljna sem bila, da so učenci na koncu ure tudi usvojili želeno znanje.
3.2	Izvedba metod in oblik dela	Pri organizaciji skupin bi bilo učinkoviteje, če bi učence razdelila v mešane skupine. Namesto tega sem dopustila, da so se učenci razporedili sami, kar je privedlo do tega, da so se fantje posedli skupaj, prav tako pa tudi punce. Načrtovanje začetnega paralelograma na tablo bi lahko izvedla boljše – bolj počasi.
3.3	Spremljanje poteka dela učencev	Zadovoljen sem bil s svojim spremljanjem učencev pri samostojnem delu, ki ga je bilo pri tej uri kar veliko. Menim, da sem učencem tudi hitro in dobro pomagal. Uporabila sem tudi prilagojeno verzijo tehnike formativnega spremljanja za preverjanje doseganja učnih ciljev. Menim, da je ta podala poglobljeno povratno informacijo glede razumevanja učne snovi.
3.4	Vsebinska ustreznost obravnave	Zadovoljna sem s podajanjem nove učne snovi, saj smo res izpeljali obrazce zelo postopno in natančno. Trudila sem se, da so vsi razumeli, zakaj je tak obrazec, in jih spodbujala k razmišljanju ob njegovi uporabi.
3.5	Primeri in ponazoritve	Na začetku uvedbe piramide bi se morala bolj nasloniti na fizične modele piramid in že na njih razložiti posamezne koncepte, preden sem jih razlagala na skicah.
3.6	Vključevanje problemskih znanj	Posebej zadovoljna sem bila z izbiro dobro zasnovanih problemskih nalog, ki smo jih reševali pri uri.

Pri podkategoriji jasnost učnih ciljev so študenti predvsem opisovali aktiviranje potrebnega predznanja, oceno doseganja učnih ciljev, povzemanja spoznanj ob koncu učne ure. Podkategorija učne metode in oblike se je navezovala na študentovo evalvacijo ustreznosti izvedbe le-teh. Študenti so evalvirali predvsem razlago (prehiter tempo razlage), demonstracijo (jasnost, vidnost – npr. prekrivanje table), (ne)učinkovitost dela v skupini, frontalno izvedbo reševanja primerov pred tablo ipd. Pri podkategoriji spremljanje poteka so študenti opisovali, kako so spremljali delo učencev in se nanj odzvali (npr. pri napakah), podajali povratne informacije. Nekateri so opisovali tudi vključene tehnike formativnega spremljanja (npr. vhodno-izhodni lističi, semaforji). Vsebinska ustreznost obravnave se je nanašala na oceno zahtevnosti obravnave, matematično korektnost in razumljivost, ustreznost formuliranja matematičnih trditev, definicij. Primeri in ponazoritve so se nanašali na študentovo uporabo reprezentacij, prehajanja med njimi pri ponazarjanju matematičnih pojmov, kot tudi na izbor primerov pri obravnavi ter njihovo stopnjevanje zahtevnosti. Pri podkategoriji problemska znanja so študenti opisovali vključitev problemskih nalog in vprašanj ter načinov reševanja nekega matematičnega problema.

Z analizo refleksij izvedenih učnih ur smo dobili vpogled v vidike znanja, ki se študentom zdijo pomembni pri poučevanju. V preglednici 4 je prikazana pogostost vidikov, ki jih študenti v svojih

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

refleksijah naslavlja, kot tudi ali to področje naslavlja kot svoje močno ali kot šibko področje znanja.

Preglednica 16: Pogostost izpostavljenih vidikov v refleksijah študentov

Reflektirani vidiki PCK	Močno področje		Šibko področje		Skupaj	
	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
1.1 Učni cilji	0	0,0	1	0,3	1	0,1
1.2 Vsebina in dejavnosti	15	2,6	8	2,2	23	2,5
1.3 Spremljanje učencev	0	0,0	1	0,3	1	0,1
1.4 Upoštevanje različnosti učencev	22	3,9	49	13,7	71	7,6
1.5 Učne metode in oblike	10	1,8	9	2,5	19	2,0
1.6 Učna sredstva in pripomočki	27	4,7	15	4,2	42	4,5
Skupaj: Načrtovanje učne ure	74	13,0	83	23,2	157	16,9
2.1 Podajanje navodil	8	1,4	18	5,0	26	2,8
2.2 Motiviranje učencev	69	12,1	28	7,8	97	10,4
2.3 Organizacija učnega okolja	41	7,2	30	8,4	71	7,6
2.4 Komuniciranje z učenci	75	13,1	28	7,8	103	11,1
2.5 Nastop in govor	12	2,1	5	1,4	17	1,8
Skupaj: Pedagoško interakcijski vidiki	205	35,9	109	30,4	314	33,8
3.1 Jasnost in doseganje učnih ciljev	27	4,7	7	2,0	34	3,7
3.2 Izvedba metoda in oblik dela	39	6,8	39	10,9	78	8,4
3.3 Spremljanje poteka dela učencev	80	14,0	30	8,4	110	11,8
3.4 Vsebinska ustreznost obravnave	75	13,1	45	12,6	120	12,9
3.5 Primeri in ponazoritve	58	10,2	42	11,7	100	10,8
3.6 Vključevanje problemskih znanj	13	2,3	3	0,8	16	1,7
Skupaj: Didaktično vsebinski vidiki	292	51,1	166	46,4	458	49,3

Iz preglednice 4 je razvidno, da študenti v svojih refleksijah izvedenih učnih ur v največjem deležu naslavlja vidike, ki so povezani z izvedbo učne ure (83,1 %), pri čemer je približno polovica (49,3 %) analiziranih vidikov didaktično vsebinskih, približno tretjina vidikov (33,8 %) pa je pedagoško interakcijske narave. Študenti v svojih refleksijah najredkeje naslavlja vidike, povezane z načrtovanjem učne ure. Te vidike običajno izpostavijo pri podajanju predloga izboljšave, ki se navezuje na načrtovanje učne ure.

Pri načrtovanju učne ure je najpogostejše reflektiran vidik upoštevanje različnosti učencev (7,6 %). Ta vidik je najpogostejše izpostavljen kot študentovo šibko področje znanja (13,7 %) in zanj študenti predlagajo izboljšave pri načrtovanju učne ure. Kot močno področje iz te kategorije je največkrat reflektiran vidik načrtovanja uporabe učnih sredstev in pripomočkov (4,7 %). Pri tem študenti največkrat zapišejo, da so bili zadovoljni z izborom učnih pripomočkov ali izdelavo učnih listov.

Med pedagoško interakcijskimi vidiki študenti najpogostejše reflektirajo komuniciranje z učenci (11,1 %) in njihovo motiviranje (10,4 %). Ti dve podkategoriji sta najpogostejše reflektirani kot močni področji znanja (komuniciranje: 13,1 %, motivacija: 12,1 %). Kot šibka področja znanja študenti v največjem deležu reflektirajo organizacijo učnega okolja (8,4 %), pri čemer se najpogostejše osredotočajo na zagotavljanje ustreznega delovnega vzdušja v razredu oz. vzpostavljanje discipline. Prav tako pa študenti kot področje izboljšave pogosto navajajo komuniciranje z učenci (7,8 %) in njihovo motiviranje (7,8 %).

Med didaktično vsebinskimi vidiki po pogostosti reflektiranja izstopajo trije vidiki: vsebinska ustreznost obravnave (12,9 %), spremljanje poteka dela učencev (11,8 %) ter primeri in

ponazoritve (10,8 %). Vsebinska ustreznost obravnave je vidik, ki je najpogostejše reflektiran kot močno (13,1 %) in tudi kot šibko (12,6 %) področje znanja. Študenti vsebinsko ustreznost obravnave reflektirajo tako s perspektive priložnosti za izboljšave kot tudi s perspektive uspešnosti dobro izvedene prakse. Kot najpogostejše izpostavljeno močno področje znanja pa študenti reflektirajo spremljanje poteka dela učencev (14,0 %). Poleg vsebinske ustreznosti obravnave študenti kot šibko področje znanja najpogostejše reflektirajo še uporabo primerov in ponazoritev. Pri tem je najpogostejše izpostavljena tabelska slika (premajhna nazornost, sistematičnost zapisa) ali izkoriščenost modelov za ponazarjanje matematičnih pojmov.

Opozoriti velja na dva didaktično vsebinska vidika, ki jih pri poučevanju študentov izpostavljamo kot pomembna za kakovostno vodenje učne ure, v refleksijah študentov pa sta redko navedena, to sta jasnost in doseganje učnih ciljev (3,7 %) ter vključevanje problemskih znanj (1,7 %).

Analiza ravni študentovega metakognitivenega zavedanja v procesu samorefleksije

Študenti so morali v svoji refleksiji zapisati, s katerimi vidiki so bili pri uri najbolj zadovoljni ter kaj bi izboljšali in kako. Z dodatnimi vprašanji smo jih spodbudili tudi k natančnejšemu opisu izbranega vidika, njegovi razlagi vzrokov in posledic ter k predlogom sprememb pri učni uri. Študentovo refleksijo z vidika ravni metakognitivnega zavedanja smo vrednotili tako, da nas je najprej zanimalo, ali študenti pri izpostavljanju vidikov, s katerimi so bili zadovoljni, ostanejo na opisni ravni ali posegajo tudi po interpretaciji, vrednotenju ter povezovanju teorije s prakso. Pri vidikih, s katerimi niso bili zadovoljni, pa nas je poleg slednjega zanimal tudi doprinos, torej ali podajajo predloge izboljšev ter ali jih tudi podprejo z utemeljitvijo.

Vsega skupaj smo analizirali 343 refleksij (3. in 4. letnik skupaj) izvedenih učnih ur. Študente smo uvrstili v posamezno kategorijo refleksije, če je v refleksiji izpostavil vsaj en vidik, s katerim je bil/ni bil pri učni uri zadovoljen. Pred predstavitvijo rezultatov o ravneh refleksije oz. o vključenih kategorijah v refleksije študentov podajamo nekaj primerov zapisov refleksij za posamezne ravni refleksije.

Raven interpretacije: *»Novo učno vsebino sem poskušal predstaviti čim bolj natančno in jasno, saj menim, da je to nekaj, kar morajo učenci resnično obvladati. Zato sem v učno uro vključil tudi lažje primere. Moj cilj je bil, da učenci najprej obvladajo osnovne primere in nato rešijo težje primere konstrukcij trikotnikov.«*

Raven vrednotenja: *»Pri izvedbi ure sem bil najbolj zadovoljen z uvodno motivacijo pri uri. Zdelo se mi je zelo dobro, da sem dal tolikšen poudarek na periodične pojave in uporabo kotnih funkcij v vsakdanjem življenju. Dijaki so po tem, ko sem jim pokazal graf napovedi plimovanja, dobili ideje, da je morda povezano tudi s kakšnim vremenskim pojavom, potresi, povezali so tudi z nihanjem visokih stolpnic in pa nihanjem napetosti in električnega toka pri dvosmernem toku, saj jim je bilo to že poznano, ker so se nekaj o tem pogovarjali tudi pri enem izmed strokovnih elektrotehniških predmetov.«*

Raven doprinosa z utemeljitvijo: *»Lahko bi pri tabelnem zapisu uporabljala več barv in z barvami pobarvala enako dolge stranice ali kote v trikotnikih. Tako bi bil zapis v zvezek učencev veliko bolj pregleden in bi na skicah hitreje opazili iskane lastnosti.«*

Določen opis refleksije izvedbe učne ure je lahko vseboval elemente različnih ravni refleksije. Podajamo primer zapisa, ki vključuje tako interpretacijo, vrednotenje kot integracijo izkušnje v teorijo:

»Med poukom sem uporabila vse tri vrste predstavitev po Brunerju: enaktivno, ikonično in simbolno. Vsaka reprezentacija je bila ustrezno izbrana in dobro uporabljena z namenom, da bodo učenci lažje vizualizirali določene lastnosti piramide in si jih tako bolje zapomnili. Opazila sem, da so učenci z uporabo modelov lažje razumeli osnovne pojme v piramidi in njene lastnosti. Menim, da je uporaba različnih predstavitev izredno pomembna pri poučevanju, saj so učenci na različnih stopnjah razvoja in potrebujejo različne predstavitve, da pridobijo določeno znanje. Uporaba različnih predstavitev je lahko tudi dober način za pritegnitev pozornosti učencev, v mojem primeru z uporabo žičnega modela piramide. V podobni učni situaciji bi storila enako, saj menim, da so različne predstavitve učencem pomagale razumeti osnovne pojme o piramidi in o lastnostih, ki smo se jih učili v učni uri.«

Preglednica 17: Študentove ravni metakognitivnega zavedanja pri izpostavljanju močnih področij znanja

Raven refleksije pri izpostavljanju močnih področij znanja			
	Raven refleksije	f	f %
Nižje ravni refleksije	Identifikacija	37	11,0
	Opis	89	26,5
Višje ravni refleksije ³	Interpretacija	110	32,7
	Vrednotenje	149	44,3
	Integracija izkušnje v teorijo	12	3,6
Ni refleksije		3	0,9

Iz preglednice 5 je razvidno, da so študenti v večini analiziranih refleksij (99,1 %) zapisali vsaj en vidik, s katerim so pri izvedeni učni uri bili zadovoljni. Pri tem je nekoliko več kot tretjina refleksij (37,5 %) bila na nižji ravni izkazanega metakognitivnega zavedanja, saj je vključevala le navedbo (11,0 %) ali opis vidika (26,5 %), s katerim so bili študenti zadovoljni. V preostalih dveh tretjinah refleksij je poleg opisa ali navedbe vidika študent vključil še vsaj eno izmed višjih ravni refleksije. Pri tem je bila interpretacija prisotna v 32,7 % refleksij. Samo interpretacijo s podanim opisom ali navedbo vidika refleksije pa je bilo zaslediti v 17,0 % refleksij. Vrednotenje je bilo prisotno v 44,3 % vseh refleksij študentov. Samo vrednotenje s podanim opisom ali navedbo vidika refleksija pa v 27,1 % refleksij. Vrednotenje in interpretacija sta se hkrati v refleksijah pojavila v 15,8 %, eno ali drugo pa v 61,3 % vseh refleksij. Integracija izkušnje v teorijo je bila v kombinaciji z drugimi kategorijami refleksije prisotna v 3,6 % refleksij. Vse kategorije pa so bile prisotne v 1,8 % refleksij.

³ V preglednici je naveden delež refleksij, kjer je bila ta kategorija prisotna – lahko tudi v kombinaciji z drugimi kategorijami.

Preglednica 18: Študentove ravni metakognitivnega zavedanja pri izpostavljanju šibkih področij znanja

Raven refleksije pri izpostavljanju šibkih področij znanja			
	Raven refleksije	f	f %
Nižje ravni refleksije	Identifikacija	14	4,1
	Opis	14	4,1
Višje ravni refleksije ⁴	Interpretacija	4	1,2
	Vrednotenje	162	47,2
	Doprinos	246	71,7
	Doprinos z argumentacijo	130	37,9
	Integracija izkušnje v teorijo	1	0,3
Ni refleksije		33	9,6

Iz preglednice 6 je razvidno, da v približno desetini vseh refleksij študentov ni bilo nobenega vidika, ki bi ga pri učni uri izboljšali. Ostale refleksije so bile analizirane v večini (82,2 %) vsaj pri eni kategoriji višje ravni refleksije. Študenti so pri največjem deležu refleksij za vidike, ki jih želijo izboljšati, podali predloge izboljšav (71,7 %), kar je prispevalo k njihovem doprinosu do izboljšanja lastne poučevalne prakse. Pri tem so predloge izboljšav utemeljili v 37,9 % vseh refleksij, kar pomeni, da je bila utemeljenih približno polovica (52,8 %) vseh predlogov izboljšav. Študenti so v približno polovici (47,2 %) vseh refleksij izpostavljene vidike vrednotili, medtem ko je bila interpretacija prisotna le v 1,2 % refleksij.

Primerjava samorefleksije lastne poučevalne prakse glede na študentov letnik izobraževanja

V tem razdelku se bomo osredotočili na 4. raziskovalno vprašanje. Medtem ko smo pri prvih treh vprašanjih obravnavali vse refleksije študentov iz 3. in 4. letnika skupaj, pa nas bo sedaj zanimalo, ali so pri študentih prisotne razlike v samorefleksiji lastne poučevalne prakse glede na letnik študija (3. in 4. letnik). Primerjali bomo tako pomembnost vidikov, ki jih v svojih refleksijah študenti naslavlajo, kot tudi ravni študentovega metakognitivnega zavedanja v procesu samorefleksije.

⁴ V preglednici je naveden delež refleksij, kjer je bila ta kategorija prisotna – lahko tudi v kombinaciji z drugimi kategorijami.

Primerjava pomembnosti reflektiranih vidikov znanja glede na letnik študija

Preglednica 19: Primerjava pomembnosti reflektiranih vidikov glede na letnik študija

Reflektirani vidiki PCK	3. letnik		4. letnik	
	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
1.1 Učni cilji	1	0,2	0	0,0
1.2 Vsebina in dejavnosti	5	1,0	18	4,2
1.3 Spremljanje učencev	1	0,2	0	0,0
1.4 Upoštevanje različnosti učencev	40	8,0	31	7,2
1.5 Učne metode in oblike	12	2,4	7	1,6
1.6 Učna sredstva in pripomočki	30	6,0	12	2,8
Skupaj: Načrtovanje učne ure	89	17,9	68	15,8
2.1 Podajanje navodil	15	3,0	11	2,5
2.2 Motiviranje učencev	58	11,7	39	9,0
2.3 Organizacija učnega okolja	28	5,6	43	10,0
2.4 Komuniciranje z učenci	63	12,7	40	9,3
2.5 Nastop in govor	12	2,4	5	1,2
Skupaj: Pedagoško interakcijski vidiki	176	35,4	138	31,9
3.1 Jasnost in doseganje učnih ciljev	15	3,0	19	4,4
3.2 Izvedba metoda in oblik dela	39	7,8	39	9,0
3.3 Spremljanje poteka dela učencev	58	11,7	52	12,0
3.4 Vsebinska ustreznost obravnave	61	12,3	59	13,7
3.5 Primeri in ponazoritve	46	9,3	54	12,5
3.6 Vključevanje problemskih znanj	13	2,6	3	0,7
Skupaj: Didaktično vsebinski vidiki	232	46,7	226	52,3

Iz preglednice 7 je razvidno, da se vsebina vidikov, ki jih študenti obravnavajo v svojih refleksijah, ob prehodu iz 3. v 4. letnik bistveno ne spremeni. Delež vsebinskih kategorij reflektiranih vidikov ter delež vidikov znotraj posameznih kategorij ostajata približno enaka. Kljub temu pa je mogoče zaznati nekaj manjših razlik, ki jih bomo v nadaljevanju izpostavili: delež kategorije pedagoško interakcijskih vidikov se v 4. letniku nekoliko zmanjša, nekoliko pa se poveča delež kategorije didaktično vsebinskih vidikov.

Pri kategoriji načrtovanja učne ure študenti v 3. letniku v večjem deležu izpostavljajo načrtovanje učnih sredstev in pripomočkov, medtem ko se v 4. letniku v večjem deležu refleksij osredotočajo na načrtovanje vsebine in dejavnosti. Pri pedagoško interakcijskih vidikih naj izpostavimo organizacijo učnega okolja, ki jo v večjem deležu reflektirajo študenti v 4. letniku, medtem ko je vidik komuniciranja z učenci v večjem deležu refleksij naveden v 3. letniku. Pri didaktično vsebinskih vidikih se kot manjša razlika pokaže predvsem vidik primerov in ponazoritev, ki je v nekoliko večjem deležu prisoten v refleksijah 4. letnika. Po drugi strani pa se delež reflektiranja vključevanja problemskih znanj v 4. letniku še nekoliko zmanjša.

Podrobnejša analiza pomembnih vidikov s perspetive močnega oz. šibkega področja razkrije naslednje rezultate.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Preglednica 20: Primerjava močnih in šibkih področij znanja v refleksijah glede na letnik študija

Reflektirani vidiki PCK	Močno področje				Šibko področje			
	3. letnik		4. letnik		3. letnik		4. letnik	
	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
1.1 Učni cilji	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
1.2 Vsebina in dejavnosti	5	1,6	10	3,9	0	0,0	8	4,6
1.3 Spremljanje učencev	0	0,0	0	0,0	1	0,5	0	0,0
1.4 Upoštevanje različnosti učencev	12	3,8	10	3,9	28	15,1	21	12,1
1.5 Učne metode in oblike	6	1,9	4	1,5	6	3,2	3	1,7
1.6 Učna sredstva in pripomočki	19	6,1	8	3,1	11	5,9	4	2,3
Skupaj: Načrtovanje učne ure	42	13,5	32	12,4	47	25,4	36	20,8
2.1 Podajanje navodil	6	1,9	2	0,8	9	4,9	9	5,2
2.2 Motiviranje učencev	43	13,8	26	10,0	15	8,1	13	7,5
2.3 Organizacija učnega okolja	16	5,1	25	9,7	12	6,5	18	10,4
2.4 Komuniciranje z učenci	45	14,4	30	11,6	18	9,7	10	5,8
2.5 Nastop in govor	8	2,6	4	1,5	4	2,2	1	0,6
Skupaj: Pedagoško interakcijski vidiki	118	37,8	87	33,6	58	31,4	51	29,5
3.1 Jasnost in doseganje učnih ciljev	13	4,2	14	5,4	2	1,1	5	2,9
3.2 Izvedba metoda in oblik dela	19	6,1	20	7,7	20	10,8	19	11,0
3.3 Spremljanje poteka dela učencev	46	14,7	34	13,1	12	6,5	18	10,4
3.4 Vsebinska ustreznost obravnave	38	12,2	37	14,3	23	12,4	22	12,7
3.5 Primeri in ponazoritve	26	8,3	32	12,4	20	10,8	22	12,7
3.6 Vključevanje problemskih znanj	10	3,2	3	1,2	3	1,6	0	0,0
Skupaj: Didaktično vsebinski vidiki	152	48,7	140	54,1	80	43,2	86	49,7

V preglednici 8 je prikazana primerjava vidikov refleksij študentov o lastni poučevalni praksi, in sicer glede na njihova močna in šibka področja poučevanja matematike. Pri prehodu iz 3. v 4. letnik se pri navajanju močnih in šibkih področij ne pojavljajo večje razlike v deležu reflektiranja posameznih vidikov. Opaziti je rahel upad deleža refleksij, ki se nanašajo na načrtovanje učne ure kot šibko področje ter pedagoško interakcijske vidike kot močno področje. Didaktično vsebinski vidiki pa se v večjem deležu reflektirajo v 4. letniku kot močno in kot šibko področje.

Znotraj refleksij, povezanih z načrtovanjem učne ure, se v 3. letniku kot močno in kot šibko področje v nekoliko večjem deležu kot v 4. letniku pojavlja vidik učnih sredstev in pripomočkov. Študenti v 3. letniku kot šibko področje v nekoliko večjem deležu navajajo tudi vidik upoštevanja različnosti učencev ter v manjšem deležu vidik vsebine in dejavnosti. Še vedno pa je vidik upoštevanja različnosti učencev v obeh letnikih najpogostejše izpostavljen kot šibko področje pri načrtovanju učne ure. Pri pedagoško interakcijskih vidikih študenti v 3. letniku kot močno področje v večjem deležu kot v 4. letniku navajajo motiviranje učencev in komuniciranje z njimi, v manjšem deležu pa vidik organizacije učnega okolja. Pri reflektiranju šibkih področij prav tako v 4. letniku naraste delež refleksij o organizaciji učnega okolja, zmanjša pa se delež refleksij povezanih s komuniciranjem z učenci. Med didaktično vsebinskimi vidiki je kot močno področje pri študentih 4. letnika v večjem deležu kot pri študentih 3. letnika naveden vidik primeri in ponazoritve. Kot šibko področje pa študenti v 4. letniku v večjem deležu kot študenti 3. letnika reflektirajo spremljanje poteka dela.

Primerjava ravni metakognitivnega zavedanja v procesu samorefleksije glede na letnik izobraževanja

Pri analiziranju študentovih samorefleksij lastne poučevalne prakse nas je tudi zanimalo, ali se pri prehodu iz 3. v 4. letnik spremeni raven študentovega metakognitivnega zavedanja. Analizirali smo refleksije študentovih izvedb učnih ur, in sicer 174 refleksij 3. in 169 refleksij 4. letnika. V preglednicah 9 in 10 podajamo rezultate ravni metakognitivnega zavedanja močnih in šibkih področij znanja glede na letnik študija.

Preglednica 21: Študentove ravni metakognitivnega zavedanja pri izpostavljanju močnih področij znanja glede na letnik študija

Raven refleksije pri izpostavljanju močnih področij znanja					
	Raven refleksije	3. letnik		4. letnik	
		<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
Nižje ravni refleksije	Identifikacija	9	5,2	28	17,3
	Opis	49	28,2	40	24,7
Višje ravni refleksije	Interpretacija	52	29,9	58	35,8
	Vrednotenje	87	50,0	62	38,3
	Interpretacija in vrednotenje	25	14,4	28	17,3
	Integracija izkušnje v teorijo	6	3,4	5	3,1
Ni refleksije		2	1,1	1	0,6

Iz preglednice 9 lahko razberemo, da so študenti v 3. letniku v nekoliko večjem deležu (65,5 %) kot v 4. letniku (57,4 %) pisali refleksije izvedenih učnih ur na višjih ravneh metakognitivnega zavedanja. V 3. letniku je bil nekoliko večji delež refleksij (3. letnik: 50,0 %, 4. letnik: 38,3 %), ki so vključevale vrednotenje. Enako velja za delež refleksij, ki je vključeval interpretacijo ali vrednotenje (3. letnik: 65,5 %, 4. letnik: 56,8 %), sicer pa bistvenih razlik pri prehodu iz 3. v 4. letnik nismo zaznali.

Preglednica 22: Študentove ravni metakognitivnega zavedanja pri izpostavljanju šibkih področij znanja glede na letnik študija

Raven refleksije pri izpostavljanju šibkih področij znanja					
	Raven refleksije	3. letnik		4. letnik	
		<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
Nižje ravni refleksije	Identifikacija	9	5,2	5	3,0
	Opis	4	2,3	10	5,9
Višje ravni refleksije	Interpretacija	2	1,1	2	1,2
	Vrednotenje	93	53,4	69	40,8
	Interpretacija in vrednotenje	0	0,0	0	0,0
	Doprinos	122	70,1	124	73,4
	Doprinos z argumentacijo	71	40,8	59	34,9
	Integracija izkušnje v teorijo	0	0,0	1	0,6
Ni refleksije		15	8,6	18	10,7

Iz preglednice 10 je razvidno, da med študenti ni večjih razlik v reflektiranju šibkih področij znanja. Študenti 3. in 4. letniku so namreč v približno enakem deležu reflektirali izvedene učne ure na višjih ravneh metakognitivnega zavedanja (3. letnik: 83,9 %, 4. letnik: 80,4 %). Če pogledamo posamezne ravni refleksije, prav tako ne zaznamo večjih razlik. V nekoliko večjem deležu so študenti v 3. letniku svoje predloge izboljšav utemeljili (3. letnik: 40,8 %, 4. letnik: 34,9 %) ter tudi v večjem deležu svoja dejanja pri uri vrednotili (3. letnik: 53,4 %, 4. letnik: 40,8 %), medtem ko je raven interpretacije reflektiranih vidikov kot tudi povezovanje

izkušnje s teoretičnimi znanja v obeh letnikih prisotna v neznatnem deležu refleksij izvedenih učnih ur.

Diskusija

Prvi cilj raziskave je bil proučiti, katere vidike lastne poučevalne prakse študenti dojemajo kot pomembne pri samorefleksiji učnih ur. Na osnovi analize študentovih refleksij izvedenih učnih ur, v katerih so morali zapisati, s katerimi vidiki učne ure so zadovoljni in v katerih vidijo priložnosti za izboljšave, smo oblikovali nov model dimenzij učiteljevega znanja. Ta zajema vse vidike, ki so jih študenti reflektirali kot svoja močna ali šibka področja znanja pri izvedenih učnih urah. Model, ki smo ga oblikovali, se deli na tri glavne kategorije, pri čemer je prva kategorija vezana na vidike načrtovanja učne ure, preostali dve pa na izvedbo učne ure. Ta delitev je skladna s Shulmanovim (1986) konceptom pedagoškega predmetnega znanja (PCK), ki združuje poznavanje vsebine, didaktične pristope in kurikularno znanje.

Na načrtovanje učne ure se je navezoval le manjši delež reflektiranih vidikov, precej večji delež pa na oba izvedbena vidika. To se sklada s Korthagen (2010), ki poudarja, da začetniki pogosto razumejo načrtovanje učnih ur bolj formalistično, več pozornosti pa namenijo neposrednim izkušnjam pri izvedbi in odzivom učencev. Vidike, ki so jih študenti naslavljali v povezavi z izvedbo učne ure, smo razdelili v dve kategoriji: pedagoško interakcijski vidiki in vsebinsko didaktični vidiki. Slednje smo prepoznali pri približno polovici vseh reflektiranih učnih ur, kar pomeni, da jim študenti pripisujejo največji pomen. V didaktično vsebinskih vidikih so študenti izpostavili pomen uporabe primerov, ponazoritev in vsebinsko ustreznost obravnave, kar podpira ugotovitve Ball idr. (2008) o tem, da kakovost pouka matematike določa predvsem učiteljeva sposobnost razlage in predstavitve vsebine na različne načine ter predvidevanja napačnih predstav učencev. Med pedagoško interakcijskimi vidiki so študenti v največjem deležu reflektirali motiviranje učencev in komuniciranje z njimi, kar se sklada z raziskavami, ki poudarjajo pomen socialno-emocionalnih kompetenc učitelja za učno uspešnost (Hattie, 2009). Spremljanje poteka dela učencev je bil vidik, s katerim so bili študenti v največjem deležu refleksij zadovoljni, a se je pogosto pojavljal tudi kot predlog izboljšave. Vidiki, s katerimi so bili študenti v večjem deležu zadovoljni, so vsebinska ustreznost obravnave, komuniciranje z učenci ter motiviranje učencev. Vsem tem vidikom v času študija namenimo veliko pozornosti in kaže, da se to odraža na prepričanjih študentov o izvedbi učne ur. Analiza kaže, da se študenti zavedajo in v refleksijah ozaveščejo različne in pomembne vidike za kakovostno poučevanje. Med vidiki pa bi izpostavili tudi vidik vključevanja problemskih znanj, ki je za poučevanje matematike zelo pomemben, a je bil redko reflektiran s strani študentov. Naše ugotovitve kažejo, da študenti največjo pozornost namenjajo ravno vidikom, ki sodijo v področje PCK. To potrjuje, da se pri bodočih učiteljih oblikuje zavedanje, da kakovostno poučevanje presega zgolj obvladovanje predmetne snovi (Ball idr., 2008; Carrillo idr., 2018).

Če povlečemo vzporednice našega modela z MTSK modelom (Carrillo idr., 2018), lahko rečemo, da sodijo vse tri dobljene kategorije našega modela v PCK kategorijo, torej znanje o poučevanju, hkrati pa kategorija načrtovanje učne ure implicitno odraža tudi študentovo matematično znanje (MK) tako v smislu znanja o temi (pri načrtovanju vsebin), strukturi matematike (povezovanje matematičnih pojmov) in miselnih procesih pri matematiki (npr. reševanje matematičnih problemov, sklepanje). Kategorija načrtovanje učne ure se tako najbolj prekriva s kategorijo KMLS. Študent namreč mora pri načrtovanju učne ure imeti znanje

o standardih učenja matematike, torej o načrtovanju pouka (učni cilji, izbira vsebin in dejavnosti, učne metode in oblike, učna sredstva in pripomočki). Delno v tej kategoriji zaznamo tudi KFLM kategorijo, ki se navezuje na znanje o značilnostih učenja matematike (vidik načrtovanja upoštevanja različnosti učencev ter načrtovanja spremljanja učencev). Kategoriji, ki se navezujeta na izvedbo učne ure, pa vključujeta študentovo znanje o poučevanju matematike (KMT). Kategorija pedagoško interakcijski vidiki se bolj osredotoča na vodenje razreda (navodila, motiviranje učencev, komunikacija, govor ...), kategorija vsebinsko didaktični vidiki pa na poučevanje matematike (jasnost ciljev, izvedba uporabljenih oblik in metod dela, vsebinska ustreznost obravnave, primeri in ponazoritve, vključevanje problemskih znanj). Tudi pri teh dveh kategorijah je pomembno učiteljevo matematično znanje, a ga študenti v svojih refleksijah eksplicitno ne navajajo.

Predstavljena analiza kaže, da je model, ki smo ga oblikovali na osnovi študentovih refleksij izvedenih učnih ur, bolj praktično usmerjen, saj operativno razčleni vidike, ki so pomembni za učinkovito poučevanje, medtem ko MTSK model daje teoretični okvir znanja in povezav med matematiko in poučevanjem. Oblikovani model lahko uporabi študent pri samoevalvaciji izvedb učnih ur matematike, kot tudi mentor, ki študente pri praktičnem usposabljanju podpira in usmerja k izboljšanju učne prakse.

Drugi cilj raziskave je bil ugotoviti raven študentovega metakognitivnega zavedanja pri reflektiranju izvedenih učnih ur. Ker gre za refleksije po zaključku učnega procesa, lahko po Schonu (1983) govorimo o refleksiji po akciji. Tudi tu smo razvili lasten model vrednotenja metakognitivnega zavedanja, osnovan na modelih O'Hanlon (1991) in Abidin idr. (2020). Za razliko od O'Hanlon, ki poudarja hierarhično strukturo lastnega modela različnih ravni refleksij, in vsaka naslednja raven reflektiranja vključuje vse prejšnje, so naše ravni modela le delno hierarhično urejene. Razlikujemo med nižjimi in višjimi ravni reflektiranja, vendar pa naslednja raven ne nujno vsebuje zapisov nižjih ravni. To predvsem velja za odnos med ravnema interpretacija in vrednotenje: vrednotenje je bilo v kombinaciji z drugimi kategorijami prisotno v 44,3 % vseh refleksij študentov, samovrednotenje pa v 27,1 % refleksij.

Ugotovili smo, da je bil delež študentovih refleksij na nižjih ravneh refleksije v večjem deležu prisoten pri reflektiranju študentovih močnih kot šibkih področij znanja. Pri šibkih področjih znanja so namreč študenti pri večini učnih ur podali vsaj kakšen predlog izboljšave učne ure. Pri vidikih zadovoljstva z učno uro je v analiziranih refleksijah zaznati več podane interpretacije, torej podajanja razlogov za študentova dejanja pri učni uri. Vrednotenje je bilo prisotno v obeh delih študentove refleksije, vendar pri vidikih zadovoljstva z učno uro kljub vsemu v večjem deležu reflektiranih učnih ur. Tako interpretacija kot vrednotenje sta se pojavila hkrati v refleksiji le pri analiziranju vidikov, s katerimi so študenti pri učni uri bili zadovoljni. Študenti tako večinoma niso premislili vzroka za neuspeh, ampak le kaj bi lahko izboljšali pri učni uri in kako. Podajanje predlogov za izboljšave je bila namreč kategorija, ki je bila prisotna pri približno treh četrtinah vseh refleksij. Pri tem je bila le polovica predlogov tudi utemeljenih. Utemeljitev so bile zasnovane na preteklih izkušnjah, mnenju mentorja, le redko pa z vidika povezovanja izkušnje s teoretičnimi spoznanji. Refleksije so bile torej v tem delu pragmatične in usmerjene v spremembe za izboljšanje na osnovi izkušenj. V obeh delih študentovih refleksij smo namreč zaznali neznaten delež refleksij, v katerih bi študenti svojo izkušnjo reflektirali v integraciji z usvojenimi teoretičnimi znanji. Ta ugotovitev se sklada s spoznanji O'Hanlon (1991), ki poudarja, da do najbolj razvite in najbolj zahtevne ravni reflektiranja, tj. navezovanja na

teoretično znanje, pridejo le strokovno zelo ozaveščeni pedagoški delavci, ki so v svojem profesionalnem razvoju že zelo napredovali.

Pri obeh ciljnih raziskavi nas je tudi zanimalo, ali so razlike v študentovi samorefleksiji lastne poučevalne prakse glede na študentov letnik izobraževanja (3. in 4. letnik). Primerjali smo torej pomembnost vidikov, ki jih v svojih refleksijah študenti naslavljajo, in tudi raven študentovega metakognitivnega zavedanja v procesu samorefleksije.

Pri primerjanju pomembnosti vidikov, ki jih študenti v svojih refleksijah naslavljajo, smo ugotovili, da se pri prehodu iz 3. v 4. letnik vsebinska struktura refleksij bistveno ne spremeni. V 4. letniku se le nekoliko spremeni razmerje kategorij pedagoško interakcijskih in didaktično vsebinskih vidikov. Študenti v 4. letniku nekoliko več pozornosti namenjajo didaktično vsebinskim vidikom in nekoliko manj pedagoško interakcijskim vidikom. Rezultati raziskave tudi kažejo, da študenti ob prehodu v višji letnik ne razvijajo bistveno drugačnega pogleda na lastne močne in šibke strani izvajanja pouka. Med šibkimi področji se v 4. letniku nekoliko zmanjša delež refleksij o načrtovanju učne ure in poveča delež didaktično vsebinskih vidikov. Vendar pa se slednja kategorija v 4. letniku pojavlja tudi kot prevladujoče močno področje. Izpostavili bi še vidik upoštevanja različnosti učencev, ki v obeh letnikih izobraževanja ostaja v visokem deležu reflektiran kot šibko področje znanja.

Pri primerjanju globine študentovih refleksij smo predpostavili, da bo pri študentih ob prehodu iz 3. v 4. letnik zaznati dvig ravni metakognitivnega zavedanja. Rezultati raziskave so pokazali, da med letnikoma ni bistvenih razlik v globini refleksij. Povezave med praktičnimi izkušnjami in teoretičnimi znanji študenti niso vzpostavljali ne v 3. in ne v 4. letniku, kar kaže na pomanjkanje integracije obeh vidikov v proces reflektiranja. V obeh letnikih je prevladovala usmerjenost k navajanju predlogov izboljšav, ki je bila delno tudi utemeljena, a na osnovi izkušenj ali mnenja mentorja pedagoške prakse. Manjše razlike v prid študentom v 3. letniku so se pokazale pri vključevanju interpretacije in vrednotenja v refleksije učnih ur. V tem pogledu so študenti v 3. letniku pisali nekoliko bolj poglobljene refleksije kot v 4. letniku. Razlogov za to je lahko več in niso nujno odraz tega, da študent v 4. letniku ni zmožen napisati refleksije na višji metakognitivni ravni, le pri svojih zapisih v dnevniku prakse tega znanja ni izkazal v tolikšni meri kot v 3. letniku. Lahko pa rečemo, da temu vidiku praktičnega pedagoškega usposabljanja ne pripisuje tolikšne pomembnosti za svojo profesionalno rast.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Na osnovi dobljenih rezultatov podajamo nekaj usmeritev, ki bi jim v času študija bilo potrebno nameniti še več pozornosti in s tem pomagati študentom pri razvijanju njihovega PCK kot tudi metakognitivnih kompetenc, ki jih uporabljajo pri reflektiranju svojih praktičnih izkušenj.

1. **Povezovanje teoretičnih spoznanj s praktičnimi izkušnjami** – vpeljava usmerjenih didaktičnih nalog, ki študente vodijo k razumevanju, kako se teoretična spoznanja lahko aplicirajo in interpretirajo v konkretnih učnih situacijah. Dodatno pozornost bi bilo treba nameniti načrtovanju dejavnosti vključevanja problemskih znanj v pouk ter upoštevanja različnosti med učenci (notranja diferenciacija).
2. **Razvoj višjih ravni refleksije** – poučevanje različnih modelov refleksije in razvijanje veščine njihove uporabe v praksi.
3. **Pri vsebini refleksij študente usmerjati na različne kategorije PCK.**

4. **Spodbujanje kontinuirane refleksije** – oblikovanje nalog, ki študente motivirajo k sprotneemu reflektiranju lastnega dela in hkratni uporabi strokovne literature kot teoretične opore za njihova opažanja.
5. **Izobraževanje mentorjev** – krepitev vloge mentorjev pri praktičnem usposabljanju, ki študente s primernimi vprašanji in usmeritvami o različnih dimenzijah pouka vodijo k poglobljenemu razmisleku o izkušnjah.
6. **Ozaveščanje o pomembnosti poglobljene refleksije za profesionalno rast učitelja.**

Še večji poudarek tem področjem in njihovo sistematično ter kontinuirano vključevanje v izobraževanje lahko omogoči, da študenti pri pisanju svojih refleksij izvedenih učnih ur ne ostajajo le na ravni opisovanja in podajanja predlogov, temveč razvijejo sposobnost kritičnega povezovanja izkušenj z didaktično-teoretičnimi spoznanji, kar predstavlja ključen pogoj za profesionalno rast bodočih učiteljev.

Literatura in viri

- Abidin, K., Budayasa, I. K. in Khabibah, S. (2021). Reflective practice of pre-service mathematics teacher on online learning. *International Joint Conference on STEM Education (IJCSE) 2020, 18–19 November 2020, Yogyakarta, Indonesia*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1957/1/012004>
- Balashov, E., Pasichnyk, I. in Kalamazh, R. (2021). Metacognitive awareness and academic self-regulation of HEI students. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education (IJCRSEE)*, 9(2), 161–172.
- Ball, D. L., Thames, M. H. in Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Carrillo, J., Climent, N., Contreras, L. C., Muñoz-Catalán, M. C., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Vasco, D., Gutiérrez, A., Aguilar-González, Á. in Aguilar, M. S. (2018). The Mathematics Teacher's Specialized Knowledge (MTSK) model. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 21(5), 427–453. <https://doi.org/10.1007/s10857-017-9381-1>
- Cohen-Sayag, E. in Fischl, D. (2012). Reflective writing in pre-service teachers' teaching: What does it promote? *Australian Journal of Teacher Education*, 37(10). <https://doi.org/10.14221/ajte.2012v37n10.1>
- Dangin, A. H. in Setyawan, E. H. (2023). Metacognitive awareness and self-regulated learning toward students' academic achievement: Prediction study. *International Journal of Social Science and Human Research*, 6(11), 6759–6764. <https://doi.org/10.47191/ijsshr/v6-i11-37>
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston, MA: Heath & Co.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Boston, MA: D. C. Heath & Co.
- Dunlosky, J. in Metcalfe, J. (2009). *Metacognition*. SAGE Publications, Inc.
- Fennema, E. in Franke, M. L. (1992). Teachers' knowledge and its impact. V D. A. Grouws (ur.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (str. 147–164). Macmillan.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Fox, R. K., Dodman, S. in Holincheck, N. (2019). Moving beyond reflection in a hall of mirrors: Developing critical reflective capacity in teachers and teacher educators. *Reflective Practice*, 20(3), 367–382. <https://doi.org/10.1080/14623943.2019.1617124>
- Hartas, D. (2010). *Educational research and inquiry: Qualitative and quantitative approaches*. Continuum International Publishing Group.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Jay, J. K. in Johnson, K. L. (2002). Capturing complexity: A typology of reflective practice for teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 18(1), 73–85. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(01\)00051-8](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(01)00051-8)
- Korthagen, F. A. J. (2004). In search of the essence of a good teacher: Towards a more holistic approach in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 20(1), 77–97. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2003.10.002>
- Korthagen, F. A. J. (2010). Teacher reflection: What it is and what it does. V E. G. Pultorak (ur.), *The purposes, practices, and professionalism of teacher reflectivity: Insights for twenty-first-century teachers and students* (str. 377–401). Rowman & Littlefield.
- Lane, R., McMaster, H., Adnum, J. in Cavanagh, M. (2014). Quality reflective practice in teacher education: A journey towards shared understanding. *Reflective Practice*, 15(4), 481–494. <https://doi.org/10.1080/14623943.2014.900021>
- Lester, F., Garofalo, J. in Kroll, D. (1989). The role of metacognition in mathematical problem solving: A study of two grade seven classes. Končno poročilo za National Science Foundation (NSF project MDR-8751664).
- Marcos, J. M., Sanchez, E. in Tillema, H. H. (2011). Promoting teacher reflection: What is said to be done. *Journal of Education for Teaching*, 37(1), 21–36. <https://doi.org/10.1080/02607476.2011.538269>
- O'Hanlon, C. (1991). A risky business? The use of diaries in teachers' action research. V C. O'Hanlon (ur.), *Participatory enquiry in action: The classroom action research network*. University of East Anglia.
- Olawale, B. E. in Hendricks, W. (2024). Mathematics teachers' self-efficacy beliefs and its relationship with teaching practices. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(1), em2392. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14123>
- Páez, D. A., Eudave Muñoz, D., Cañedo Ortiz, T. de J. in Macías Esparza, A. C. (2020). Teachers' reflections on mathematics teaching practices in a vulnerable context. *Multi-Science Journal*, 3(2), 12–19. <https://doi.org/10.33837/msj.v3i2.1204>
- Petrou, M. in Goulding, M. (2011). Conceptualising teachers' mathematical knowledge in teaching. V T. Rowland in K. Ruthven (ur.), *Mathematical knowledge in teaching* (str. 9–26). Springer.
- Pintrich, P. R. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory Into Practice*, 41(4), 219–225. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_3
- Sagadin, J. (1991). *Razprave iz pedagoške metodologije* [Discussions on pedagogical methodology]. Znanstveni inštitut Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani.

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Schoenfeld, A. H. (2016). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics (Reprint). *Journal of Education*, 196(2), 1–38. <https://doi.org/10.1177/002205741619600202>
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
- Schraw, G. in Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351–371. <https://doi.org/10.1007/BF02212307>
- Schunk, D. H. (2008). *Metacognition, self-regulation, and self-regulated learning: Research recommendations*. *Educational Psychology Review*, 20(4), 463–467. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9086-3>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Taggart, G. L. in Wilson, A. P. (2005). *Promoting reflective thinking in teachers: 50 action strategies*. Corwin Press.
- Van Manen, M. (1995). On the epistemology of reflective practice. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 1(1), 33–50. <https://doi.org/10.1080/1354060950010104>
- Zeichner, K. M. in Liston, D. P. (1996). *Reflective teaching: An introduction*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Zolfaghari, M. (2020). Exploring preservice teachers' pedagogical content knowledge of teaching fractions. V A. I. Sacristán, J. C. Cortés-Zavala in P. M. Ruiz-Arias (ur.), *Mathematics education across cultures: Proceedings of the 42nd meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (str. 1703–1707). Cinvestav & AMIUTEM. <https://doi.org/10.51272/pmena.42.2020-270>

OD FIZIKE TEKOČIH KRISTALOV DO ZAŠČITNIH OPTIČNIH FILTROV: PRIMER INTEGRACIJE V STEM POUK

FROM LIQUID CRYSTAL PHYSICS TO PROTECTIVE OPTICAL FILTERS: A CASE OF INTEGRATION INTO STEM EDUCATION

Bernarda Urankar in Mojca Čepič

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Prispevek predstavlja razvoj novega koncepta aktivnega tekočerkristalnega optičnega filtra za zaščito oči pred močnimi svetlobnimi bliski pri elektroobločnem varjenju. Tehnologija izkorišča anizotropne optične lastnosti tekočih kristalov: povečanje intenzitete svetlobnega toka povzroči spremembo napetosti na optičnem preklopniku in prehod strukture iz superzasukane v homeotropno urejeno. Dva superzasukana tekočerkristalna optična preklopnika (STN LCD) v tandemu, v kombinaciji s pravokotno orientiranimi polarizatorji in polimernimi negativno dvolomnimi filmi, omogočata učinkovito spreminjanje optične prepustnosti in visoko zatemnitev zaščitnega filtra, skladno z zahtevami standardov DIN Plus in EN 379.

Raziskava ima pomembno uporabno vrednost za STEM izobraževanje, saj povezuje sodobno optiko, materialno znanost, elektroniko in varnost pri delu. Razvit je bil preprost didaktični model tekočerkristalne celice, sestavljen iz več plasti dvolomne cvetličarske folije in dveh polarizatorjev. Model omogoča vizualno in eksperimentalno predstavitev osnovnih pojavov, kot so anizotropija, dvolomnost in polarizacija svetlobe, ter razlaga delovanja aktivnega LCD-filtra v varilskih očalih in prikazovalnikih.

V STEM pouku se lahko modelska celica uporablja pri demonstracijah in raziskovalnih nalogah, kjer učenci in dijaki preučujejo odvisnost prepustnosti od števila in orientacije plasti, analizirajo različna optična stanja ter opažanja povezujejo z realnimi zaščitnimi in prikazovalnimi napravami. S tem razvijajo razumevanje povezave med fizikalnimi modeli in inženirskim načrtovanjem ter krepijo interese za nadaljnje študije na področju naravoslovja, tehnike in tehnologije.

Ključne besede: tekoči kristali, super zasukana struktura tekočega kristala STN LCD, dvolomnost, model celice, poučevanje.

Abstract

The paper presents the development of a new concept of an active liquid crystal optical filter for eye protection against intense light flashes occurring in arc welding. The technology exploits the anisotropic optical properties of liquid crystals: an increase in light flux intensity causes a change in the voltage applied to the optical switch and a transition of the structure from a supertwisted to a homeotropically aligned state. Two supertwisted nematic liquid crystal optical switches (STN LCDs) arranged in tandem,

in combination with orthogonally oriented polarizers and polymeric optically negative birefringent films, enable efficient control of optical transmittance and high darkening of the protective filter, in accordance with the requirements of the DIN Plus and EN 379 standards.

The research has important practical value for STEM education, as it links modern optics, materials science, electronics and occupational safety. A simple didactic model of a liquid crystal cell was developed, consisting of several layers of birefringent florist's foil and two polarizers. The model enables a visual and experimental presentation of basic phenomena such as anisotropy, birefringence and polarization of light and explains the operation of the active LCD filter in welding goggles and displays.

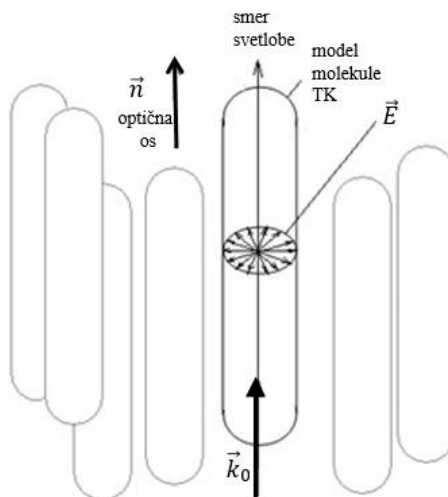
In STEM teaching, the model cell can be used in demonstrations and research projects, in which pupils and students investigate the dependence of transmittance on the number and orientation of layers, analyse different optical states and relate their observations to real protective and display devices. In doing so, they develop an understanding of the link between physical models and engineering design and strengthen their interest in further studies in science, engineering and technology.

Key words: liquid crystals, supertwisted nematic liquid crystal structure (STN LCD), birefringence, model cell, teaching.

Uvod

Tekoči kristali kot osnova aktivnega optičnega filtra

Osrednji gradnik aktivnega tekočerkristalnega optičnega filtra so tekoči kristali. To so snovi, ki se nahajajo v vmesnem stanju med urejeno trdno in neurejeno tekočo fazo. Zanje je značilno, da imajo več faznih prehodov znotraj tekoče faze; zlasti pomembna je nematska faza, v kateri so dolge osi molekul v povprečju urejene v eno prevladujočo smer, medtem ko so težišča molekul razporejena naključno (slika 1).

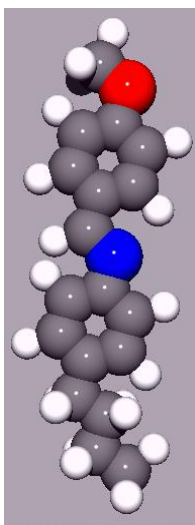


Slika 1: Palični model skupka molekul tekočega kristala v nematski fazi. V tej fazi je smer urejenosti dolgih osi molekul ($\vec{n}$) tudi simetrijska os. Simetrijsko os imenujemo optična os, ko opazujemo optične pojave (Vilfan in Muševič 2002).

To povprečno smer orientacije podolgovatih molekul opišemo z enotskim vektorjem $\vec{n}$, imenovanim direktor. Direktor določa simetrijsko in hkrati optično os snovi. V ravnini, pravokotni na optično os, so vse smeri ekvivalentne, zato tam snov deluje kot izotropna, ko pa

svetloba potuje v smeri pravokotno na to ravnino (torej vzporedno z optično osjo), je pomembna njena polarizacija in pride do izrazite optične anizotropije (Oswald in Pieranski, 2005).

Za raziskavo aktivnega LCD-filtra so ključni termotropni nematski tekoči kristali, pri katerih različne faze nastajajo s spreminjanjem temperature. Tipičen primer je molekula MBBA, ki ima pri segrevanju zaporedne prehode: kristal $\rightarrow$ nematska faza $\rightarrow$ izotropna tekočina. Razlog za pojav tekočerkristalne faze je v tipični »paličasti« obliki molekul: trd osrednji del (aromska jedra) in gibljivi repi (alkilne verige). Pri ustreznem temperaturnem območju so medmolekulske sile dovolj velike, da uredijo smer dolgih osi, a ne tako velike, da bi fiksirale tudi položaj težišča molekul (slika 2) (Kalotni model molekule MBBA, 2014).



Slika 2: Kalotni model tekočerkristalne molekule MBBA, ki je značilne »paličaste« oblike (Kalotni model molekule MBBA, 2014)

Optične lastnosti anizotropnih materialov

Nematski tekoči kristali so optično anizotropni – lomni količnik svetlobe je odvisen od smeri širjenja in od orientacije direktorja. Prav to lastnost – optično anizotropijo – izkoristimo pri modulaciji in filtriranju svetlobe v tekočerkristalnih celicah in s tem v aktivnem zaščitnem filtru.

Anizotropija, dielektrični tenzor in valovna enačba

Snov je anizotropna, kadar so njene fizikalne lastnosti (npr. lomni količnik, električna susceptibilnost) v različnih smereh različne. Klasični primeri so kristali (kalcit, kvarc) in les, pomemben primer pa so tudi nematski tekoči kristali, pri katerih je anizotropija posledica urejenosti dolgih molekul (De Gennes in Prost, 1993).

Ko na anizotropno snov deluje električno polje, se snov polarizira. Vektor polarizacije ($\vec{P}$) v splošnem ni vzporeden jakosti električnega polja ($\vec{E}$); zvezo med njima opišemo s tenzorjem električne susceptibilnosti $\underline{\chi}$. Posledično tudi gostota električnega polja ($\vec{D}$) ni več vzporedna z ($\vec{E}$). V lastnem koordinatnem sistemu snovi je dielektrični tenzor $\underline{\epsilon}$ diagonalen z dvema enakima komponentama ϵ_1 in eno različno ϵ_3 komponento, ki sta lastni vrednosti dielektričnega tenzorja. Ravni elektromagnetni val s frekvenco ω , ki se širi v smeri, ki jo podaja

smer valovnega vektorja ($\vec{k}$), zapišemo: $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)}$, in ko to vstavimo v valovno enačbo, dobimo splošno valovno enačbo za ravni val $\vec{k} \times (\vec{k} \times \vec{E}) + k_0^2 \vec{E} = 0$, pri čemer je $k_0 = \sqrt{\omega^2 \mu_0 \epsilon_0}$ velikost valovnega vektorja v vakuumu (Hecht, 1998).

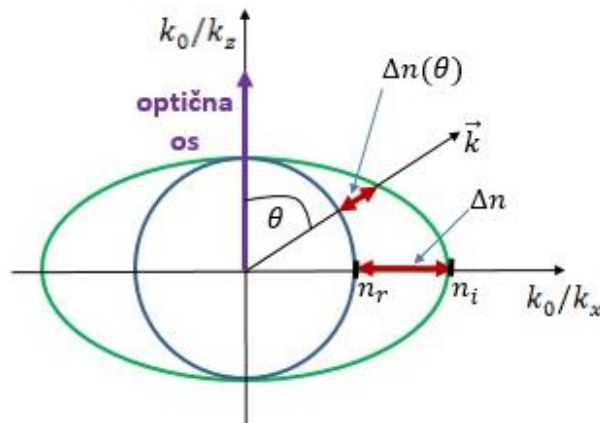
Ta posebna smer ($\vec{k}$) v prostoru sovpada s smerjo optične osi snovi $\vec{n}$.

Na osnovi Maxwellovih enačb dobimo za širjenje svetlobe v takšni snovi valovno enačbo, iz katere izhaja, da se ravni elektromagnetni val v anizotropnem mediju razcepi na dva neodvisna vala z različnima lomnima količnikoma. Lomni količnik za redni val je definiran $\sqrt{\epsilon_1} = n_r$ in lomni količnik za izredni val je definiran $\frac{1}{n^2(\theta)} = \frac{\sin^2 \theta}{\epsilon_3} + \frac{\cos^2 \theta}{\epsilon_1}$ (Vaupotič, 2015).

Redni in izredni val, dvolomnost

Za optiko enoosnih kristalov (kamor pri pravokotni orientaciji direktorja sodi tudi nematski tekoči kristal) je značilno, da imajo dve snovni konstanti: redni lomni količnik n_r in izredni lomni količnik n_i . Rešitve valovne enačbe pokažejo, da konice valovnih vektorjev, ki so dovoljeni v takšni snovi, ležijo:

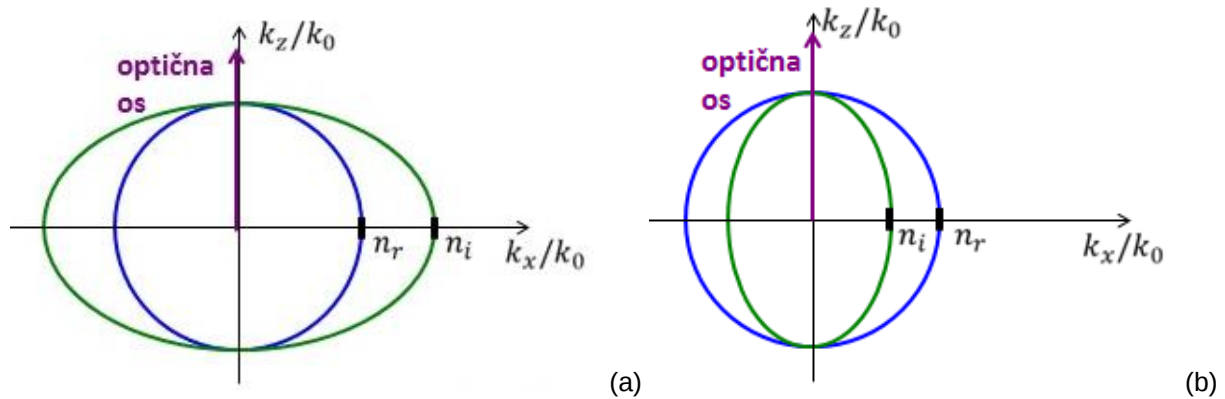
- za redni val na krožnici (enak lomni količnik v vseh smereh v ravnini),
- za izredni val na elipsi (lomni količnik je odvisen od smeri širjenja glede na optično os) (Vaupotič, 2015).



Slika 3: V anizotropni snovi dovoljena vrednost valovnega vektorja leži na modri krožnici za redni val in na zeleni elipsi za izredni val. Razliko izrednega (n_i) in rednega (n_r) lomnega količnika imenujemo dvolomnost Δn . Razlika lomnih količnikov v poljubni smeri razširjanja valovnih čel v smeri valovnega vektorja ($\vec{k}$) pod kotom θ glede na optično os je $\Delta n(\theta)$. k_x je komponenta valovnega vektorja v smeri x -osi, k_z je komponenta valovnega vektorja v smeri z -osi, k_0 je velikost valovnega vektorja v vakuumu, optična os je v smeri z -osi (Vaupotič, 2015).

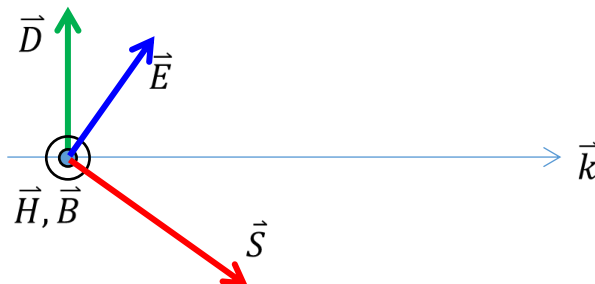
Razliko med lomnima količnikoma definiramo kot dvolomnost: $\Delta n = n_i - n_r$.

Za snov, pri kateri je $n_i > n_r$, rečemo, da je optično pozitivna, kadar je $n_i < n_r$, pa optično negativna. Tekoči kristali v nematski fazi so praviloma optično pozitivni; mnoge polimerne retarderske folije, namenjene kompenzaciji, pa so zasnovane kot optično negativne snovi.



Slika 4: Površine valovnega vektorja za a) optično pozitiven kristal $\Delta n > 0$ in za b) optično negativen kristal $\Delta n < 0$. Moder krog označuje površine valovnega vektorja za redno valovanje, zelena elipsa pa površine valovnega vektorja za izredno valovanje. k_x je komponenta valovnega vektorja v smeri x -osi, k_z je komponenta valovnega vektorja v smeri z -osi, k_0 je velikost valovnega vektorja v vakuumu, n_i je izredni in n_r redni lomni količnik, optična os je v smeri z -osi. Povzeto z dovoljenjem iz vira (Vaupotič, 2015).

Pomembna posledica anizotropije je, da smer razširjanja energije podaja Poyntingov vektor ($\vec{S}$), ki v splošnem ne sovpada s smerjo valovnega vektorja $\vec{k}$. Ločiti moramo torej smer širjenja faze (valovne čelne ploskve) od smeri svetlobnega curka, ki ga dejansko opazimo kot žarek (Vaupotič, 2015).



Slika 5: V anizotropni snovi se valovna čela razširjajo v drugi smeri kot energija. Energijski tok se razširja v smeri Poyntingovega vektorja $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$, torej v smeri pravokotno na jakost električnega ($\vec{E}$) in jakost magnetnega polja ($\vec{H}$). Gostota električnega polja ($\vec{D}$) je pravokotna na valovni vektor ($\vec{k}$). Gostota magnetnega polja ($\vec{B}$) je vzporedna z jakost magnetnega polja ($\vec{H}$). Povzeto z dovoljenjem iz vira (Vaupotič, 2015).

Dvojni lom na meji med snovema

Pri prehodu svetlobe iz izotropnega v anizotropni medij velja še vedno lomni zakon, vendar se v enoosnem kristalu vpadni žarek razcepi na:

- redni žarek, ki se lomi z lomnim količnikom n_r in sledi običajnemu Snellovemu zakonu,
- izredni žarek, ki se lomi z efektivnim lomnim količnikom n_i , odvisnim od smeri širjenja in orientacije optične osi.

Oba žarka sta linearno polarizirana v medsebojno pravokotnih smereh. Ta pojav imenujemo dvojni lom in je ključen za razumevanje delovanja polarizatorjev, dvolomnih ploščic (retarderjev) ter same tekočerkristalne celice, ki kombinira več takšnih anizotropnih elementov.

Optična zakasnitev in Jonesov formalizem

Prehod svetlobe skozi dvolomno snov je primerno obravnavati z Jonesovimi formalizmom, saj je vpadna svetloba linearno polarizirana. S to formulacijo preprosto in dovolj natančno opišemo polarizacijo valovanja po prehodu skozi anizotropno snov (Jones, 1948).

Optična zakasnitev v dvolomni plasti

Ko linearno polarizirana svetloba vstopi v dvolomno snov pod pravim kotom na optično os, se komponenta električnega polja razcepi na dve med seboj pravokotni valovanji, eno s polarizacijo vzdolž optične osi in drugo s polarizacijo pravokotno na optično os. Zaradi različnih faznih hitrosti imata redni in izredni val po prehodu skozi dvolomno snov različno fazo in različna lomna količnika n_r in n_i . Ker imata različni fazni hitrosti, po prehodu debeline d med njima nastane fazni zaostanek: $\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n d$, kjer je λ valovna dolžina svetlobe v vakuumu. Ta fazna razlika se imenuje optična zakasnitev, material s tako lastnostjo pa retarder. Če je retardacija enaka $\lambda/2$, dobimo polvalovno ploščico, pri $\lambda/4$ pa četrtvalovno ploščico itd. (De Gennes in Prost, 1993).

V aktivnem LCD-filtru ima optična zakasnitev ključno vlogo pri nastavitvi stopnje zatemnitve, zlasti v optično zaprtem stanju, ko kombinacija tekočerkristalne plasti in retarderskih polimernih filmov določa prepuščeno intenziteto svetlobe.

Jonesov formalizem in prepustnost med polarizatorji

Za opis širjenja svetlobe skozi sestavljene optične elemente (polarizatorji, dvolomne plasti) in dvolomno snov je zelo uporaben Jonesov formalizem, ki svetlobno valovanje opiše s sistemom Jonesovih matrik. S preprostim množenjem Jonesovih matrik opisujemo:

- fazne zakasnitve v dvolomnih plasteh,
- vrtenje polarizacije,
- absorpcijo in selektivni prehod skozi polarizatorje.

Iz enačb ugotovimo, da je vpadna gostota svetlobnega toka (j_{in}) sorazmerna s kvadratom amplitude jakosti električnega polja $j_{in} \propto E_0^2$.

Za tekočerkristalne filtre je posebej pomemben primer dvolomne ploščice med prekrižanima polarizatorjema. Iz Jonesovega formalizma dobimo izraz za prepustnost v odvisnosti od faznega zamika δ in kota med lastno osjo ploščice ter prepustno osjo polarizatorja. Pri prekrižanih polarizatorjih je prepustnost odvisna od kvadrata sinusne funkcije fazne razlike, kar omogoča določanje retardacije iz eksperimentalno izmerjenih krivulj prepustnosti v odvisnosti od kota in razmerja med intenziteto prepuščene (I_A) in vpadne (I_0) svetlobe. To metodo se v nadaljevanju uporabi za karakterizacijo kompenzacijskih ploščic (a- in c-ploščica) (Sciencenet.cn., 2013).

Električno nadzorovana dvolomnost v tekočerkristalni celici

Moderna tehnologija AMLCD se je razvila, ko sta se združili tehnologija silicijevih tranzistorjev in tehnologija LCD-zaslonov. Naslavljanje aktivne matrike na kateri koli točki zaslona omogoča snemanje podatkov za vsak slikovni element, ki je shranjen na mestu slikovnega elementa. Slikovni element ostaja na krmilni vrednosti električne napetosti med pregledom celotnega

zaslona z močno izboljšanim kontrastom, s hitrimi odzivnimi časi in hitro upodabljajočimi slikami celovitega gibanja (SID Information Display, 2012).

Zgradba osnovne tekočerkristalne celice

Tekočerkristalna celica je sestavljena iz dveh steklenih plošč, na katerih so:

- prosojne električno prevodne elektrode iz ITO (indijev in kositrov oksid) (Moni, 2013),
- poravnalni polimerni nanosi, ki jih mehansko »podrgnemo« v določeni smeri in s tem določimo orientacijo direktorja v mejni plasti,
- med steklenima ploščama so distančniki, ki določajo debelino celice, tipično nekaj mikrometrov,
- prostor med ploščama je napolnjen z nematskim tekočim kristalom.

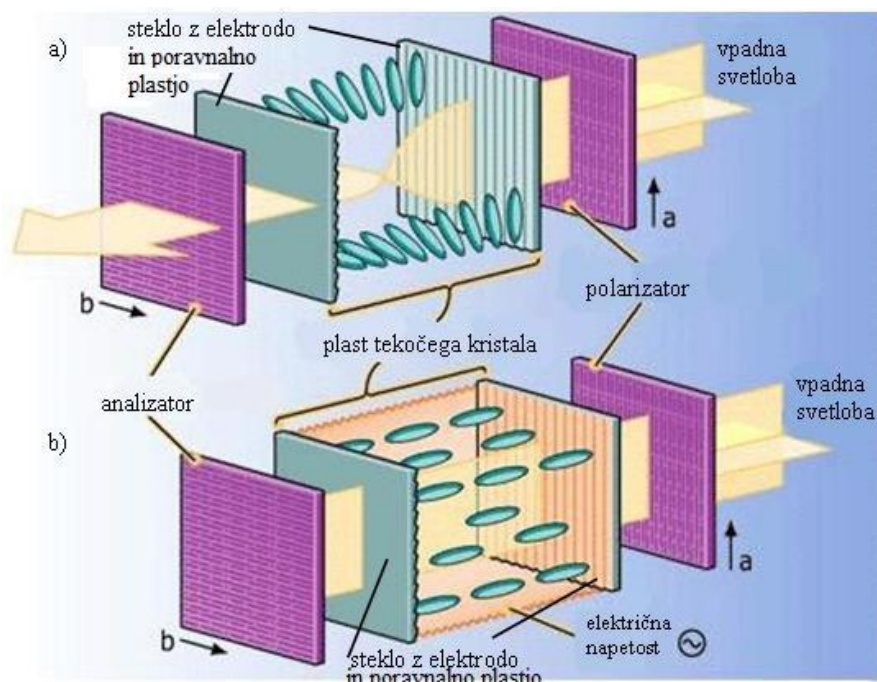
Zaradi poravnalnih plasti se direktor tekočerkristalnih molekul v eni mejni plasti orientira v eno smer, v drugi pa v drugo. Vmes pa se struktura tekočega kristala zasuka – nastane vijačna (*twisted*) nematska struktura (Moni, 2013). Na zunanjih straneh celice sta nanesena polarizator in analizator (drugi polarizator), ki sta med seboj prekrížana. Skupaj s tekočim kristalom tvorijo optični sistem, pri katerem električna napetost na elektrodah omogoča spreminjanje tekoče kristalne strukture in s tem optične lastnosti filtra.

90° zasukana nematska celica (TN)

Pri TN-celici (*twisted nematic*) je kot direktorja tekočerkristalnih molekul na vstopni strani celice in izstopni strani celice prekrížan za 90°, zato se v notranjosti celice smer direktorja tekočerkristalnih molekul vijačno zasuka za 90°. V neaktiviranem stanju TN-celice (brez električne napetosti):

- vstopni polarizator svetlobo linearno polarizira,
- tekočerkristalne molekule postopno zasukajo polarizacijo za 90°,
- izstopni polarizator, ki je prekrížan glede na vstopni polarizator, prepušča svetlobo zaradi zasuka polarizacije skozi zasukanih tekočerkristalnih molekul.

Celica je takrat v optično odprtem stanju – filter prepušča svetlobo, zato tak način delovanja imenujemo »white mode«. Ko na elektrode priključimo električno napetost, zunanje električno polje preuredi molekule: direktor tekočerkristalnih molekul se poravna približno v smeri električnega polja, torej skoraj pravokotno na plošči (homeotropna struktura). V takem stanju tekočerkristalne molekule polarizacije svetlobe skoraj ne sučejo, zato izstopni polarizator svetlobo absorbira in celica preide v optično zaprto stanje (Moni, 2013). Shema na sliki 6(a) prikazuje optično odprto stanje celice in na sliki 6(b) optično zaprto stanje TN-celice.



Slika 6: Shematski prikaz konstrukcije tekočerkristalne TN-celice; a) optično odprto stanje celice z vijačno strukturo tekočerkristalnih molekul in b) optično zaprto stanje celice s skoraj homeotropno urejeno strukturo tekočerkristalnih molekul zaradi vklopljene krmilne napetosti. Smer drgnjenja polimidne površine na substratu v navpični smeri in prepustno smer polarizatorja kaže na obeh slikah oznaka $\uparrow a$ in smer drgnjenja polimidne površine na substratu v vodoravni smeri ter prepustno smer analizatorja kaže na obeh slikah oznaka $b \rightarrow$ (Moni, 2013).

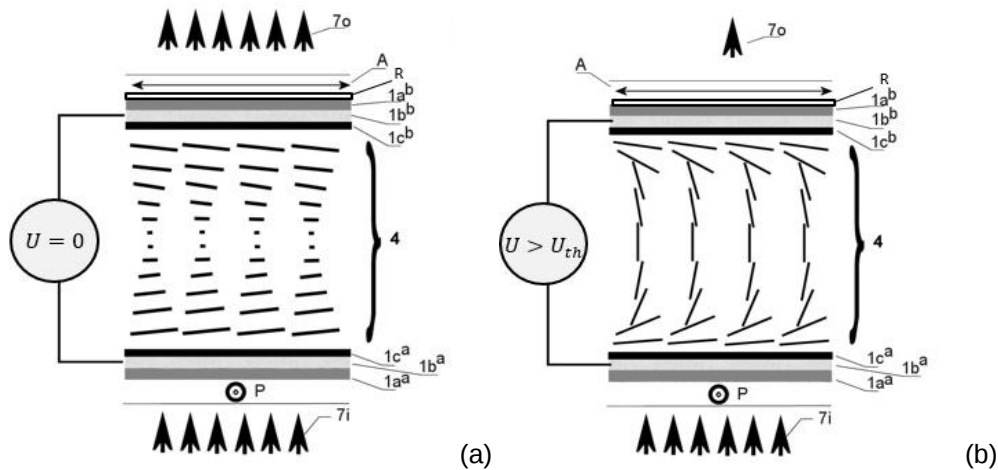
TN-celica omogoča osnovno modulacijo svetlobe, vendar ne dosega dovolj visokega kontrasta in širine vidnega kota, potrebnih za visoko-kakovostne zaščitne filtre za oči.

Superzasukana nematska celica (STN, HTLS)

Pri STN-celici (*super twisted nematic*) je zasuk direktorja tekočerkristalnih molekul bistveno večji, tipično med 210° in 240° . Struktura tekočega kristala je močno vijačna (HTLS – *highly twisted light shutter*), kar pomembno vpliva na optične lastnosti:

- krivulja prepustnosti svetlobe v odvisnosti od napetosti je strmejša,
- možni so višji kontrasti,
- vidni kot je širši,
- struktura v optično odprtem stanju je bolj simetrična in stabilna brez napetosti (Pirš idr., 2011).

V aktivnem zaščitnem filtru sta uporabljeni dve takšni STN-celici z notranjimi poravnalnimi smermi zasukanimi za 90° med seboj. Tako dobimo komplementarni tandem celic, pri katerem se nekatere neželene kotne odvisnosti optičnih lastnosti medsebojno kompenzirajo, kar je ključno za doseganje majhne kotne odvisnosti zatemnitve; shematski prikaz je viden na sliki 7 (Pirš idr., 2011).



Slika 7: Shematični prikaz STN-celice s superzasukano tekočerkristalno strukturo HTLS-optičnega preklopnika; a) optično odprto stanje STN-celice in b) optično zaprto stanje STN-celice. Označene so vse plasti: vstopni polarizator P, vstopna steklena plošča 1a^a, ITO-elektroda 1b^a, poliimidna poravnalna plast 1c^a, močno zavita struktura tekočerkristalnih molekul 4 (homeotropno urejene tekočerkristalne molekule), poliimidna poravnalna plast 1c^b, ITO-elektroda 1b^b, izstopna steklena plošča 1a^b in negativno dvolomna plast retarderja R za optimalno kotno kompenzacijo zatemnitve ter analizator A. Veliko število črnih navpičnih puščic 7i pod obema slikama prikazujejo vstopno svetlobo, črne puščice nad plastmi obeh celic 7o pa prikazujejo izstopajočo svetlobo. Povzeto z dovoljenjem iz vira (Pirš idr., 2011).

Električno krmiljenje obeh celic omogoča variabilno stopnjo zatemnitve v odvisnosti od jakosti svetlobnega toka. S primernim elektronskim vezjem, ki zaznava svetlobni blisk (npr. varilski oblok), se stopnja zatemnitve v zelo kratkem času poveča do vrednosti, ki zanesljivo ščiti oči uporabnika, skladno z zahtevami standarda EN 379 (Pirš idr., 2011).

Kotna odvisnost zatemnitve in optična kompenzacija

Optični preklopni filtri, ki imajo par velikih tekočerkristalnih celic, v tandemu delujejo kot zaščitna varilska očala. Vsaka posamezna celica mora biti v optično zaprtem stanju čim bolj enakomerno zatemnjena, v optično odprtem stanju pa dovolj prepustna v območju največje občutljivosti človeškega očesa in mora zelo hitro preklapljati med optično odprtim in optično zaprtim stanjem.

Nematski tekoči kristali so optično enoosne snovi s pozitivno dvolomnostjo. Če želimo izničiti učinek optično pozitivne dvolomne snovi na svetlobni curek, ki prehaja skozi to snov, moramo dodati snov z negativno dvolomnostjo. To imenujemo optična kompenzacija. Pri optični kompenzaciji bomo uspešni le, če bo produkt med dvolomnostjo in debelino plasti enak v obeh snoveh, le da je v tekočem kristalu pozitiven in v kompenzacijski plasti negativen. Povedano z drugimi besedami: da se dve snovi optično kompenzirata, morata biti optični poti za redni in izredni val v pozitivno dvolomni snovi enaki optičnima potema za redni in izredni val v negativno dvolomni optični snovi (Pirš idr., 2011).

Problem kotne odvisnosti v optično zaprtem stanju

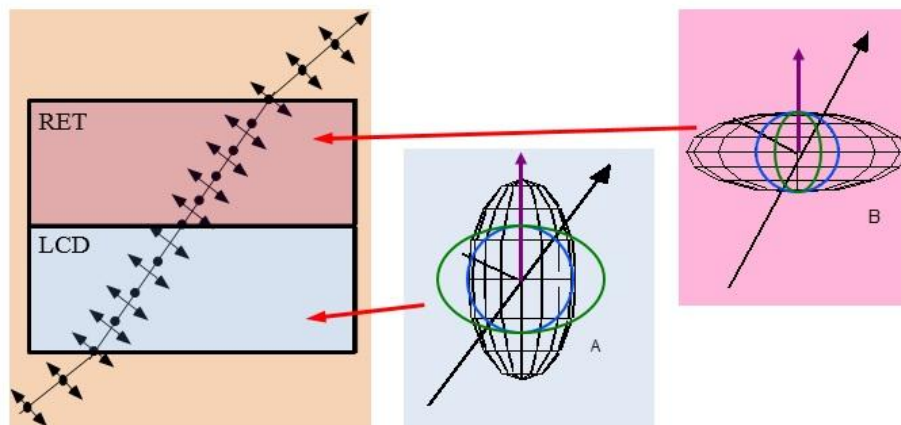
V idealnem primeru bi aktivni LCD-filter v optično zaprtem stanju enako dobro zatemnil svetlobo ne glede na to, ali ta vpada pravokotno ali pod manjšim kotom na površino celice. V praksi pa ima homeotropno urejena tekočerkristalna plast v zaprtem stanju pozitivno dvolomnost.

Pri svetlobi, ki v celico vstopa pod kotom, se razlikujeta fazni hitrosti rednega in izrednega valovanja, lomni količnik za izredni val n_i pa je večji od lomnega količnika rednega vala n_r . Posledica je pozitivna optična zakasnitev, ki povzroči delno vrtenje polarizacije in s tem prepuščanje svetlobe skozi sistem prekrižanih polarizatorjev. Kontrast in stopnja zatemnitve se pri poševnem vpadu izrazito zmanjšata (Berreman in Heffner, 1981). To je z vidika varnosti oči nesprejemljivo, zato je nujna dodatna optična kompenzacija, da zatemni svetlobo, ki vpada pod kotom na LCD-filter.

Kompenzacijske dvolomne ploščice: a-ploščica in c-ploščica

Za izboljšanje kotne odvisnosti se v konstrukcijo filtra vgradijo dodatne dvolomne plasti – retarderji – ki so iz tankih polimernih folij z nadzorovano orientacijo optične osi.

Pri razširjanju skozi homeotropno urejeno plast tekočerkristalnih molekul pod nekim kotom glede na optično os se fazni hitrosti za redno in izredno valovanje razlikujeta. Fazna hitrost za širjenje valovanja s polarizacijo pravokotno na optično os (redni val) je višja od fazne hitrosti svetlobe s polarizacijo v ravnini, ki jo določata optična os in valovni vektor (izredni val). Lomni količnik za izredni val je večji od lomnega količnika za redni val. Optična zakasnitev pri prehodu svetlobe skozi plast homeotropno urejenih molekul je zato pozitivna. Skozi retarder kot dodatek negativno dvolomne kompenzacijske plasti se redni val razširja z nižjo hitrostjo in izredni val z višjo hitrostjo (Berreman in Heffner, 1981). Shematski prikaz kompenzacijske dvolomne plasti je prikazan na sliki 8.



Slika 8: Shema optične kompenzacije pozitivno dvolomne plasti (A) homeotropno urejenih tekočerkristalnih molekul v LCD-celici z dodano negativno dvolomno kompenzacijsko plastjo (B) retarderja-RET. A: model skupka paličastih tekočerkristalnih molekul v snovi (A), ki je optično pozitivna. B: model skupka paličastih polimernih molekul v plasti retarderja, ki je optično negativen. V obeh snoveh (A in B) moder krog označuje površine valovnega vektorja za redno valovanje, zelena elipsa pa površine valovnega vektorja za izredno valovanje. Obe snovi (A in B) imata optično os v pravokotni smeri glede na površino celice oz. na ravnino retarderske plasti in sta označeni z vijolično puščico. Svetloba vpada pod nekim kotom glede na smer optične osi skozi tekočerkristalno celico in skozi retardersko plast, kar nakazujeta smeri črnih puščic v snoveh A in B. V tekočerkristalni celici je fazna razlika med izrednim in rednim valovanjem pozitivna, kar prikazujejo neenakomerne razdalje med valovnimi čeli za izredni val (kratke črne dvojne puščice) in za redni val (črne pike). V retarderju je fazna razlika med izrednim in rednim valovanjem negativna, kar prikazujejo neenakomerne razdalje med valovnimi čeli za izredni val (kratke črne dvojne puščice) in redni val (črne pike). Povzeto z dovoljenjem iz vira (Berreman in Heffner, 1981).

C-ploščica je negativno dvolomna ploščica, pri kateri je smer optične osi pretežno pravokotno na ravnino ploščice. Zasnovana je tako, da ima dvolomnost nasprotnega predznaka kot homeotropno urejene tekočerkristalne molekule. Ko svetloba vstopa pod kotom, se v c-ploščici redni in izredni val zamakneta v nasprotni smeri kot v tekočerkristalnih molekulah. Če sta retardaciji in orientaciji pravilno izbrani, se fazni zamiki v večji meri izničijo in učinkovito zmanjšajo kotno odvisnost zatemnitve (Pirš idr., 2011).

A-ploščica je pozitivno dvolomna ploščica, pri kateri smer optične osi leži v ravnini ploščice. Uporablja se za kompenzacijo dvolomnosti v ravnini (namenjena je optični kompenzaciji tankih preostalih (rezidualnih) plasti tekočerkristalnih molekul ob površini steklenega substrata v LCD), ki so v povprečju urejene paralelno s površino celice in za prilagajanje polarizacijskih stanj svetlobe, ki izhajajo iz tekočerkristalne celice. Njene optične parametre (debeline, Δn) in orientacijo je treba natančno izmeriti – to se stori z meritvami prepustnosti med polarizatorji v odvisnosti od kota in z uporabo Jonesovega formalizma za izračun fazne zakasnitve (Pirš idr., 2011).

Shema optične kompenzacije pokaže, da kombinacija optično pozitivne plasti (homeotropno urejene tekočerkristalne molekule) in optično negativne plasti (c-ploščica) vodi do približnega izničenja skupne dvolomnosti za svetlobo, ki vpada pod kotom. Tako dosežemo, da je Poyntingov vektor $\vec{S}$ (smer razširjanja energije) tudi pri poševnem vpadu usmerjen skozi filter tako, da ostane polarizacija ustrezno poravnana glede na prepustne osi polarizatorjev in se zatemnitev ohrani.

Povezava s konstrukcijo aktivnega filtra

V končni večplastni strukturi aktivnega LCD-filtra so torej združeni:

- fotopični filter za absorpcijo UV in IR komponent,
- dva komplementarna STN-preklopnika,
- štiri polarizacijski filtri,
- dve kompenzacijski plasti (a- in c-ploščica),
- zaščitno pokrivno steklo ter elektronsko krmiljenje.

Teoretično razumevanje anizotropije, dvolomnosti, optične zakasnitve in njihove električne kontrole je bistveno za pravilno izbiro parametrov vseh teh plasti. Le z natančno medsebojno optično kompenzacijo vseh dvolomnih prispevkov je mogoče doseči:

- zelo visoko stopnjo zatemnitve LCD-filtra (razmerja reda 10^5),
- majhno kotno odvisnost zatemnitve do zahtevanih kotov,
- hitro preklapljanje iz optično odprtega v optično zaprto stanje,
- visoko optično kakovost in homogenost prepuščene svetlobe po celotni površini filtra (Balder, 2007).

Povzetek teoretičnih izhodišč

Za razumevanje delovanja aktivnega tekočerkristalnega optičnega filtra za zaščito oči potrebujemo več sklopov teoretičnega znanja:

1. Struktura in lastnosti nematskih tekočih kristalov – paličaste molekule, nematska faza, direktor kot optična os in posledična optična anizotropija.

2. Optika anizotropnih materialov – redni in izredni val, dvolomnost, razlika med smerjo širjenja faze in energije, dvojni lom.
3. Optična zakasnitev in formalizem Jonesa – kvantitativni opis faznega zamika med komponentama električnega polja in prepustnosti svetlobe skozi kombinacije polarizatorjev in dvolomnih plasti.
4. Električno nadzorovana dvolomnost v TN- in STN-celicah – vijačna struktura direktorja, prehod med optično odprtim in zaprtim stanjem pod vplivom električnega polja, izboljšani kontrast in vidni kot pri STN-celicah.
5. Optična kompenzacija kotne odvisnosti – vgradnja pozitivnih in negativnih dvolomnih ploščic (a- in c-ploščica), ki z ustrezno izbrano retardacijo in orientacijo kompenzirajo pozitivno dvolomnost homeotropno urejene tekočerkristalne plasti in tako zmanjšajo kotno odvisnost zatemnitve.

Ta pregled teoretičnih osnov neposredno podpira eksperimentalni del raziskave in razvoj novega koncepta aktivnega LCD-filtra za zaščito oči, ki izpolnjuje stroge zahteve mednarodnih standardov glede varnosti, kontrasta, hitrosti preklopa in kotne neodvisnosti delovanja.

Pasivni filtri zagotavljajo stalno, nespremenljivo zatemnitev: v času, ko varilec ne vari, je vidno polje pretemno in otežuje opazovanje okolice, pri samem varjenju pa je potrebna visoka stopnja zatemnitve zaradi močno povečane svetlobne in toplotne obremenitve oči. LCD-aktivni filtrirni sistemi ta kompromis premostijo z uporabo električno krmiljenih tekočerkristalnih celic, ki spreminjajo svojo optično gostoto v realnem času.

Namen in cilji

Tekočerkristalni svetlobni preklopniki na osnovi anizotropnih optičnih lastnosti nematskih tekočih kristalov predstavljajo jedro sodobnih samodejnih varilskih očal. V primerjavi s klasičnimi pasivnimi filtri omogočajo samodejno in kontinuirano prilagajanje stopnje zatemnitve v odvisnosti od jakosti svetlobnega vira, najpogosteje varilskega obloka. S tem pomembno prispevajo k zaščiti oči in izboljšanju delovnih pogojev varilcev.

Namen raziskave

Pouk fizike temelji na eksperimentalnem delu in problemsko zasnovanem pouku (Ministrstvo za šolstvo in šport, 2014). Z individualnim ali demonstracijskim eksperimentalnim delom učenci sistematično spoznavajo pomen eksperimenta pri spoznavanju in preverjanju fizikalnih zakonitosti. Različne fizikalne zakonitosti in pojave moramo prikazati, vpeljati in pokazati na različne načine zaradi materialnega, varnostnega ali didaktičnega vidika.

Eden izmed ključnih izzivov sodobnega pouka je, kako fizikalne pojave predstaviti kot žive, aktualne in smiselne ter kako dijake motivirati za poglobljeno razumevanje, ne zgolj za reprodukcijo formul in postopkov. Namen raziskave je v nujenju izkustvenega doživetja fizikalnih zakonitosti oz. pojavov pred njihovo teoretsko in matematično obdelavo. Problem oz. pojav lahko predstavimo z ustrezno računalniško simulacijo oz. predstavimo tehnološko delovanje neke naprave, potem pa z eksperimentalnim delom pojav razložimo (Ziherl idr., 2010; Pavlin idr., 2010).

Namen raziskave je tudi v tem, da se teoretična izhodišča o anizotropiji, dvolomnosti, optični zakasnitvi in električno nadzorovani strukturi tekočih kristalov konkretno povežejo z dejansko konstrukcijo preizkušene prototipa aktivnega optičnega filtra.

Cilji raziskave

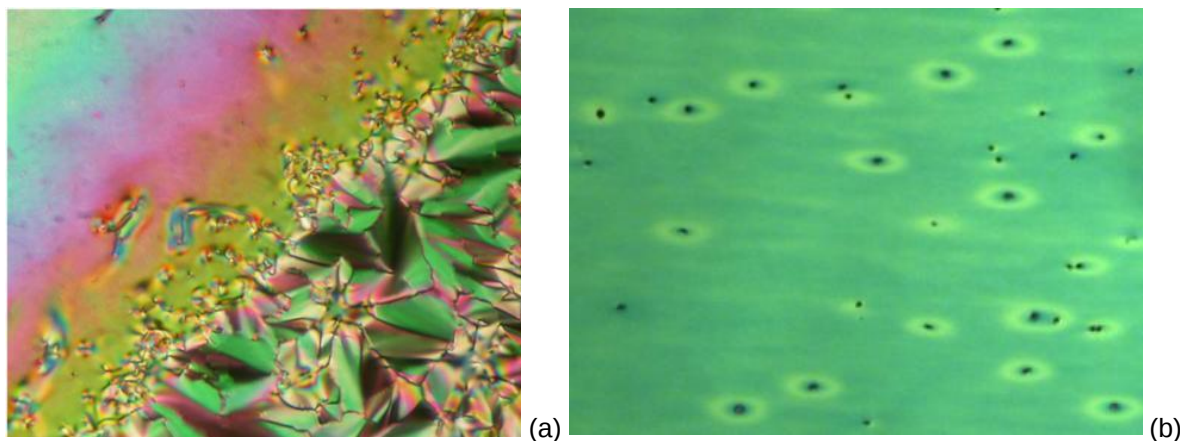
Iz definiranega namena izhajajo glavni didaktični cilji raziskave:

a) Zasnovati problemski pouk, v katerem učitelj vodi dijake skozi zaporedje vprašanj, opazovanj in eksperimentov. Učna enota se začne z demonstracijo zaščitnih očal:

- ogled varilskih očal z aktivnim tekočerkristalnim filtrom in klasičnih pasivnih očal,
- razprava o pomembnosti zaščite oči pri varjenju, kakšne nevarnosti predstavljajo UV in IR sevanje ter intenzivna vidna (obločna) svetloba,
- primerjava »temnih« pasivnih očal, ki so vedno enako močno zatemnjena, z aktivnimi očali, ki se zatemnijo ob izpostavljenosti močni svetlobi.

b) Sestavljenje modela preproste 90° zasukane tekočerkristalne TN-celice: dve polarizacijski plošči, med kateri postavimo anizotropne prozorne folije, ki posnemajo zasukane plasti v tekočerkristalni celici. Vodenje učencev skozi niz raziskovalnih korakov:

- Z modelom TN-celice želimo dobiti čim večjo intenziteto prepuščene svetlobe oz. čim večji kontrast, hkrati pa želimo ugotoviti, kako prepušča svetlobo različnih valovnih dolžin vidnega spektra, kar bomo preverili z zeleno in rdečo lasersko svetlobo, in kako se spremeni struktura v tekočerkristalni celici pri spreminjanju svetlosti posamezne komponente svetlobe.
- Pokazati želimo, da ima cvetličarska ovojna folija anizotropne optične lastnosti, ki so primerne za izdelavo modela TN-celice. Optične lastnosti folije želimo primerjati z lastnostmi tekočih kristalov, ki so prisotni v različnih tekočerkristalnih celicah oz. LCD-jih, kar vidimo na sliki 9 (a) in (b) (Pavlin idr., 2010).
- S primerno izbranimi dvolomnimi folijami, ki imajo določeno stopnjo povprečne urejenosti smeri dolgih molekul, zloženimi v več plasteh na določen način, uporabimo kot model plasti tekočih kristalov v celici in ponazorimo delovanje TN-celice.



Slika 9: a) Neurejen oz. delno urejen nematski tekoči kristal pod polarizacijskim mikroskopom, b) v določeni smeri urejena struktura tekočega kristala v STN-celici na prehodu med optično odprtim in optično zaprtim stanjem med prekržanima prepustnima smerema polarizatorjev. Črne pike so distančniki, ki določajo nekajmikronsko razdaljo med zgornjim in spodnjim steklenim substratom celice. Fotografija je bila posneta s polarizacijskim mikroskopom.

Raziskovalna vprašanja

Skupaj z dijaki si zastavimo nekaj raziskovalnih vprašanj (RV), ki jih bomo skušali pojasniti s primernim modelom celice.

RV1: Kako bi pripravili model tekočerkristalne celice, da bi bil uporaben kot slikovni element v prikazovalnikih oz. različnih zaslonih (računalniški, TV, prenosniki, informacijski terminali, navigatorji GPS, dlančniki, tablični računalniki ...), kjer naj bi bilo omogočeno prepuščanje različnih barv oz. različnih valovnih dolžin vidne svetlobe v optično odprtem stanju celice?

RV2: S katerim tehničnim modelom bi lahko ponazorili delovanje TN-celice v optično odprtem stanju, ko celica prepušča svetlobo, in v optično zaprtem stanju, ko je neprepustna za svetlobo?

RV3: Kakšen model celice bi bil primeren za ponazoritev delovanja zaščitnih varilskih očal, kjer potrebujemo veliko intenziteto prepuščene svetlobe v optično odprtem stanju celice in tem boljše zatemnitev oz. čim večji kontrast v optično zaprtem stanju?

Metoda

V raziskavi preverjamo razumevanje učnih ciljev in vsebin splošnega znanja ter eksperimentalnih vaj pri temah valovanje in svetloba. Učinkovit pristop, ki se je izkazal kot didaktično zelo ploden, je uporaba visokotehnoloških aplikacij, ki jih dijaki prepoznajo iz realnega okolja, ter njihova pretvorba v učne situacije.

Zaščitna varilska očala z aktivnim tekočerkristalnim filtrom so prav takšen primer. Nekateri dijaki jih poznajo iz industrije, varilnic, pogosto pa tudi iz medijev. Očala so za njih konkreten predmet, v ozadju pa se skriva bogata fizika: optična anizotropija, polarizacija svetlobe, dvolomnost, električno krmiljena zatemnitev in hitro preklapljanje med optično odprtim in optično zaprtim stanjem.

Vzorec raziskave

Raziskava je pedagoško-eksperimentalne narave in je izvedena v realnih razrednih okoliščinah. Vzorec sestavljajo dijaki gimnazijskega programa, ki fiziko obiskujejo kot obvezen predmet. Uporabljena je priložnostna izbira dveh vzporednih oddelkov, ki jih poučuje isti učitelj fizike, kar zmanjšuje variabilnost, povezano z učiteljevim stilom in načinom razlage. Dijake razdelimo v eksperimentalno skupino (problemski pouk) in kontrolno skupino (tradicionalni pouk).

Instrumenti raziskave

Za zbiranje podatkov o učinkovitosti visokotehnološke učne situacije uporabljamo kombinacijo kvantitativnih in kvalitativnih inštrumentov. S tem zajamemo tako spremembe v znanju, kot tudi spremembe v motivaciji in doživljanju pouka.

Preizkus konceptualnega razumevanja (predtest in potest)

Osrednji inštrument je preizkus znanja, ki je zasnovan kot kombinacija:

- konceptualnih nalog z izbirnim odgovorom (*multiple-choice*) z utemeljitvijo,
- kratkih odprtih vprašanj, v katerih morajo učenci s svojimi besedami razložiti pojave.

Naloge so usmerjene v razumevanje:

- polarizacije svetlobe in delovanja polarizatorjev,
- osnovnih lastnosti dvolomnih snovi in optične anizotropije,
- principa delovanja tekočerkristalne celice,
- povezave med realnim izdelkom (zaščitna očala) in fizikalnim modelom.

Preizkus je uporabljen pred začetkom učne enote (predtest) in ponovno po zaključku (potest), pri čemer je struktura nalog enaka, vrednosti pa prilagojene, da se izognemo neposrednemu memoriranju odgovorov. Preizkus tako omogoča merjenje napredka v razumevanju.

Načrt izvedbe raziskave

Raziskava sledi kvazi-eksperimentalnemu pred in potestnemu načrtu s kontrolno skupino. Celoten potek lahko razdelimo v štiri faze:

Pripravljalna faza:

- pripravimo učne priprave;
- varilska očala uporabili kot: realni tehnični izdelek, s katerim začnemo motivacijski pogovor o varnosti pri delu, o energijskih tokovih in o vlogi optičnih filtrov; izhodišče za izdelavo poenostavljene modelske celice, s katero dijaki eksperimentalno raziskujejo optične pojave, povezane s tekočerkristalnim filtrom; pasivni optični filter;
- preverili lastnosti ene plasti cvetličarske folije, ki bo uporabljena za sestavo modelske celice;
- ponazorili različna optična stanja TN-celice z modelom celice, ki posnema zasuk direktorja v pravi tekočerkristalni celici.

Predtest in izhodiščna meritev za oba oddelka, preverjanje:

- predznanja o svetlobi, polarizaciji in optičnih pojavih,
- osnovnega razumevanja delovanja zaščitnih očal (na ravni intuicije).

Izvedba učne enote:

- v kontrolni skupini učitelj izvede klasični pouk v dveh do treh zaporednih urah: razlaga pojmov, osnovni eksperimenti s polarizatorji, reševanje nalog;
- v eksperimentalni skupini učna enota poteka v več korakih: motivacija, uvodna demonstracija, gradnja modela celice, meritve, povezava z realnim izdelkom.

Potest in zaključna meritev:

- Po zaključku učne enote oba oddelka ponovno rešita preizkus znanja (potest), takoj nato pa izpolnita tudi vprašalnik o motivaciji in doživljanju pouka. Vprašalnik se izpolnjuje anonimno, da so učenci čim bolj iskreni.

V poglavju opisan pristop združuje razvoj takšnega didaktičnega modela (model TN-celice iz polarizacijskih plošč in dvolomnih folij) s pedagoško raziskavo, v kateri preverjamo, ali uporaba

modela in varilskih očal kot učnega konteksta prispeva k boljšemu razumevanju vsebin s področja svetlobe, valovanja in optike ter k večji motivaciji dijakov za fiziko.

Preizkušanje in sestavljanje modelske celice

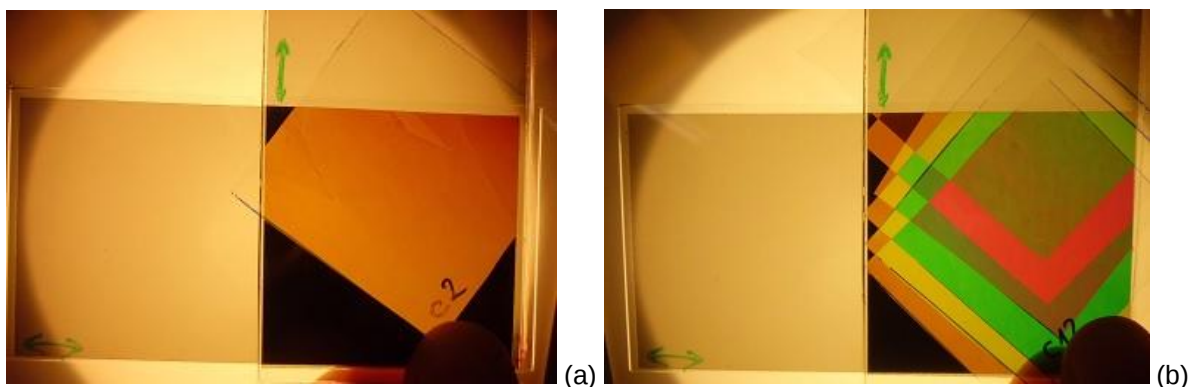
Poglavje zato združuje fizikalno raziskovanje lastnosti dvolomne folije in gradnjo modela TN-celice, ki lahko služi kot cenovno ugoden in didaktično močan pripomoček za pouk optike.

Od realnega izdelka do modela: učitelj pri pouku predstavi prava zaščitna očala z aktivnim filtrom, razloži njihovo funkcijo in pokaže, kako se filter samodejno zatemni pri močni svetlobi. Dijaki opazujejo razliko med »navadnim« pasivnim optičnim filtrom in visokotehnološkimi očali z zatemnitvijo, odvisno od svetlobne obremenitve.

Od modela nazaj k realnemu delovanju: za bolj smiselno razumevanje teh vsebin učitelj ne začne z razlago vseh podrobnosti aktivnega filtra, ampak sledi raziskovanje modelske TN-celice, zgrajeno iz polarizatorjev in več plasti dvolomnih folij (cvetličarske folije).

Eksperimentalno raziskovanje polarizirane svetlobe pri prehodu skozi dvolomno plast

Postavitev dveh polarizacijskih plošč, da imata medsebojno zasukani prepustni smeri svetlobe za 90° , tako kot ima TN-celica na vstopni in izstopni strani. Tako zloženi polarizacijski plošči ne prepuščata svetlobe. Rečemo, da sta polarizatorja prekrížana. Med njiju postavimo eno ali več plasti cvetličarske folije, ki zaradi optično anizotropnih lastnosti prepustijo svetlobo določenih valovnih dolžin vidnega spektra, kar prikazuje slika 10 (Urankar, 2016).

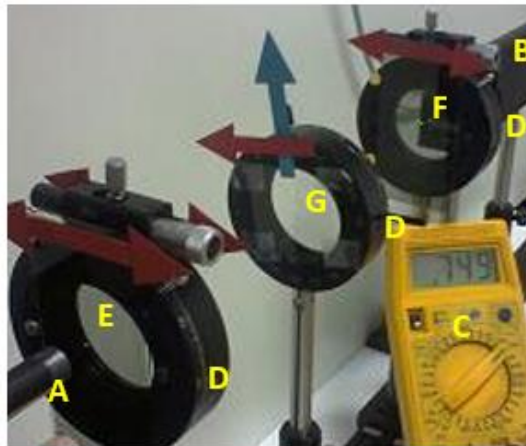


Slika 10: a) Ena plast dvolomne cvetličarske folije in b) šest plasti dvolomne cvetličarske folije med prekrížanima prepustnima smerema polarizatorjev

Vidimo zelo podobne barve kot na sliki delno urejenega nematskega tekočega kristala pod polarizacijskim mikroskopom (slika 9(a)) in tudi v določeni smeri urejeni strukturi tekočeh kristalnih celic STN-preklopnikov, ki jo prikazuje slika 9(b). To dijakom opogumi, da zastavijo vrsto eksperimentov, s katerimi želijo ponazoriti model TN-celice, sestavljenega iz večjega števila cvetličarskih folij.

Za izvedbo optičnih eksperimentov uporabljamo vir svetlobe laserski kazalnik z zelenim oz. rdečim curkom svetlobe, ki se v splošnem uporabljata kot kazalnika pri predavanjih. Postavitev optičnih elementov pri eksperimentu je prikazana na sliki 11. Kot sprejemnik uporabljamo občutljivo fotodiodo s fotodiodnim ojačevalnikom z območjem delovanja do 3,4 V in s 7 kHz

filtrom. Merimo napetost na diodi, ki je premosorazmerna z intenziteto prepuščene svetlobe (slika 11) (Urankar, 2016).



Slika 11: Pripomočki, ki jih potrebujemo za izvedbo eksperimentov. Laserski kazalnik z zelenim curkom svetlobe (A), fotoobčutljiva dioda (B), digitalni multimeter (C), vrtiljivi rotatorji (D), plošča polarizatorja s prepustno smerjo v vodoravni smeri, označeno z rdečo dvojno puščico (E), analizator s prepustno smerjo v vodoravni smeri, označeno z rdečo dvojno puščico (F), cvetličarska folija z označenimi smermi lastnih osi, vodoravna rdeča in pokončna modra puščica (G). Oba polarizatorja in cvetličarska folija so na rotatorjih, ki omogočajo vrtenje okrog vodoravne osi oz. okrog smeri razširjanja laserske svetlobe (Urankar, 2016).

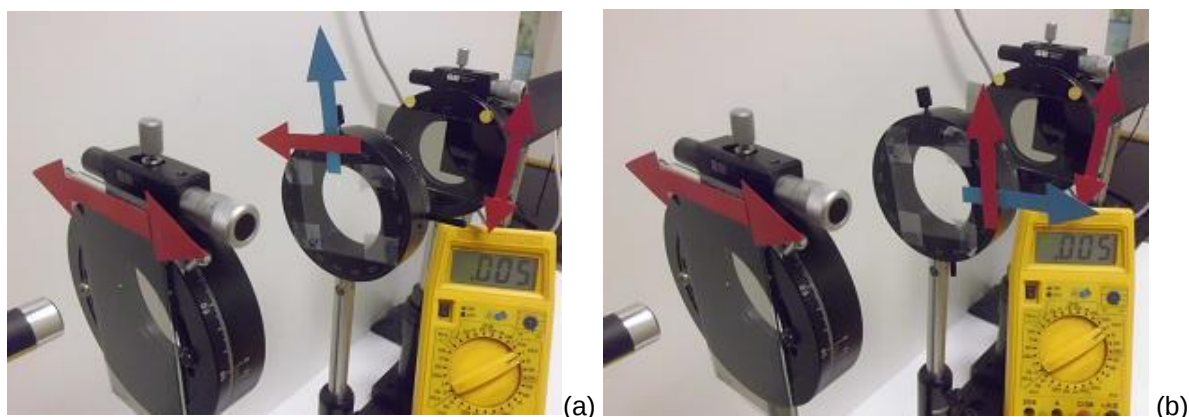
Preiskovano cvetličarsko folijo pritrdimo na rotator in z rdečo ter modro puščico označimo smeri lastnih osi v foliji (kot bomo razložili v naslednjem poglavju), kar nam bo služilo za večjo nazornost eksperimentov. Za zanesljivo uporabo cvetličarske folije v modelu je najprej potrebno poznati njene optične lastnosti. Sledijo podpoglavja z opisi sistematičnega sklopa eksperimentov, s katerimi določimo:

- lastni osi folije,
- lomna količnika za redni in izredni curek,
- prepustnost, odbojnost in absorpcijo za oba lastna curka,
- dvolomnost in fazno zakasnitev.

Lastni osi cvetličarske folije

Cvetličarska folija je optično anizotropna: za svetlobo, polarizirano v eni smeri, se vede drugače kot za svetlobo, polarizirano pravokotno nanjo. V prvem koraku je zato treba določiti smeri hitre in počasne lastne osi folije.

Izvedba preizkusa: folijo vstavimo med dva prekržana polarizatorja in opazujemo odvisnost prepustnosti od zasuka folije. Za določene kote je prepuščena svetloba minimalna, za druge maksimalna; iz tega sklepamo, kako sta orientirani lastni osi glede na prepustno smer polarizatorjev. Meritev pokaže, da ima ena plast cvetličarske folije dve lastni osi, eno pod kotom $+9^\circ$ in drugo pod kotom $+99^\circ$, lastni osi sta med seboj pravokotni, prepuščena svetloba pa je minimalna (0,005 V) (slika 12). Na enak način določimo lastne osi še drugim kosom narezane folije in ugotovimo, da imajo vse folije lastne osi pod kotom $\pm 1^\circ$ glede na prvi kos folije.



Slika 12: a) Prvi minimum intenzitete prepuščene zelene laserske svetlobe skozi folijo med prekržanima prepustnima smerema polarizatorjev je v smeri $+9^\circ$, napetost znaša 0,005 V. b) Drugi minimum intenzitete prepuščene svetlobe med prekržanima prepustnima smerema polarizatorjev je v smeri $+99^\circ$ in je prav tako 0,005 V (Urankar, 2016).

Cvetličarsko folijo postavimo pod kotom 45° glede na osi polarizatorja in analizatorja, meritev pokaže, da je prepuščena svetloba maksimalna (0,257 V) (slika 13).

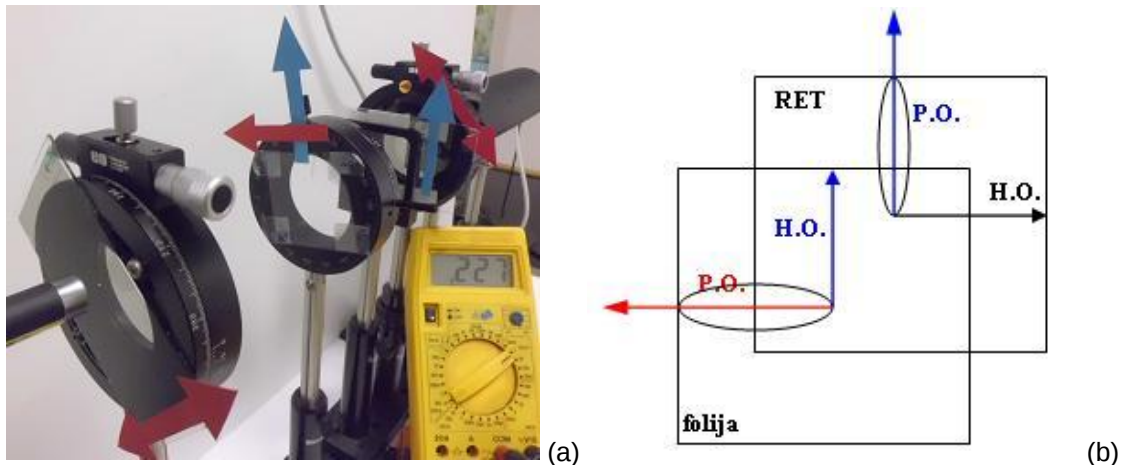


Slika 13: Intenziteta prepuščene svetlobe (0,275 V) je največja, ko sta lastni osi folije pod kotom 45° glede na prepustno smer polarizatorja (Urankar, 2016).

V nadaljevanju se z metodo kompenzacije z znanim retarderjem oceni razlika med lomnima količnikoma za redni in izredni val (dvolomnost Δn). Folijo se kombinira z referenčno ploščico znanih lastnosti, svetloba pa se opazuje med križanima polarizatorjema. Iz pogojev za izničitvev ali ojačitev svetlobe dobimo oceno Δn in tako tudi približne vrednosti rednega in izrednega lomnega količnika.

Pri kompenzaciji z retarderjem postavimo zaporedno v optično os eksperimenta štiri vzporedne plasti, ki imajo površino pravokotno glede na vpadno svetlobo. Prvi v vrsti je polarizator, ki ima prepustno smer pod kotom $+45^\circ$ glede na laboratorijski sistem. Zadnji v vrsti je analizator, ki ima prepustno smer pod kotom $+135^\circ$ glede na laboratorijski sistem in je njegova prepustna smer pravokotna na prvi polarizator. Za polarizatorjem je postavljena plošča preiskovane cvetličarske folije, vzporedno za njo pa plošča retarderja, ki ima označeno smer polarizacije curka z manjšo hitrostjo oz. polarizacijo curka z večjim lomnim količnikom z modro puščico.

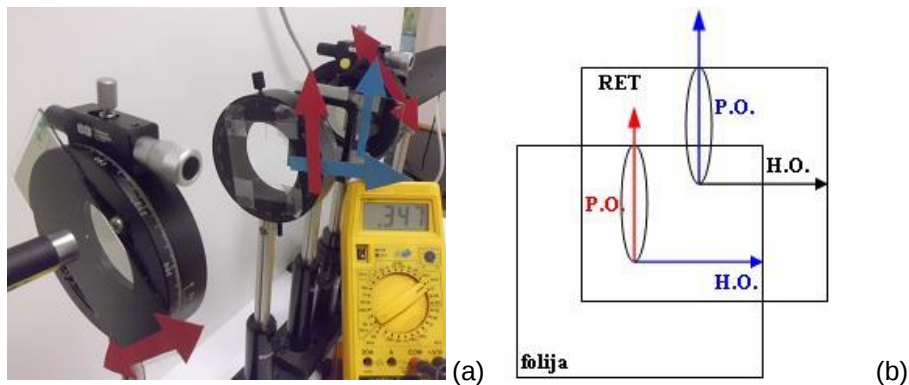
Velja tudi nasprotno, da je smer hitre osi definirana kot smer polarizacije curka z večjo hitrostjo, torej je lomni količnik folije za to valovanje manjši. Preiskovano folijo z neznanima lomnima količnikoma zasukamo tako, da sta osi pod kotom 45° glede na prepustno smer polarizatorja in pod kotom 45° glede na prepustno smer analizatorja. Ko je intenziteta prepuščene svetlobe skozi optični sistem (P, folija, RET in A) najmanjša glede na izbrano počasno os retarderja, tedaj se počasna os retarderja in neznane folije optično kompenzirata, torej sta med seboj pravokotni. Rdeča puščica na preiskovani foliji tako označuje smer počasne osi oz. smer polarizacije z manjšo hitrostjo. Smer hitre osi v preiskovani foliji oz. smer polarizacije z večjo hitrostjo ponazarja modra puščica, intenziteta prepuščene svetlobe je 0,227 V (slika 14).



Slika 14: a) Počasna os retarderja, modra pokončna puščica, in počasna os preiskovane folije, vodoravna rdeča puščica, sta pravokotni. Intenziteta prepuščene svetlobe je 0,227 V. b) Skica dveh med seboj pravokotnih počasnih osi (P.O.) retarderja (RET) in preiskovane folije. Ker sta počasni in hitri osi (H.O.) prekržani, se fazna razlika med rednim in izrednim valom, dobljena na prehodu skozi folijo, optično kompenzira pri prehodu skozi retarder in intenziteta svetlobe, ki jo prepušča analizator, je najmanjša možna (Urankar, 2016).

Večjo napetost 0,347 V izmerimo pri postavitvi počasne osi retarderja, označene z navpično modro puščico, vzporedno s počasno osjo preiskovane folije, ki jo ponazarja pokončna rdeča puščica (slika 15). Ob večji intenziteti prepuščene svetlobe skozi obe aktivni plasti med prekržanima polarizatorjema se fazni zaostanek skozi folijo optično ne kompenzira v plasti retarderja.

Iz tega sklepamo, da je smer počasne osi preiskovane folije, ki jo ponazarja rdeča puščica, orientirana v smeri, kjer je lomni količnik za to valovanje večji, smer hitre lastne osi preiskovane folije pa označuje modra puščica.



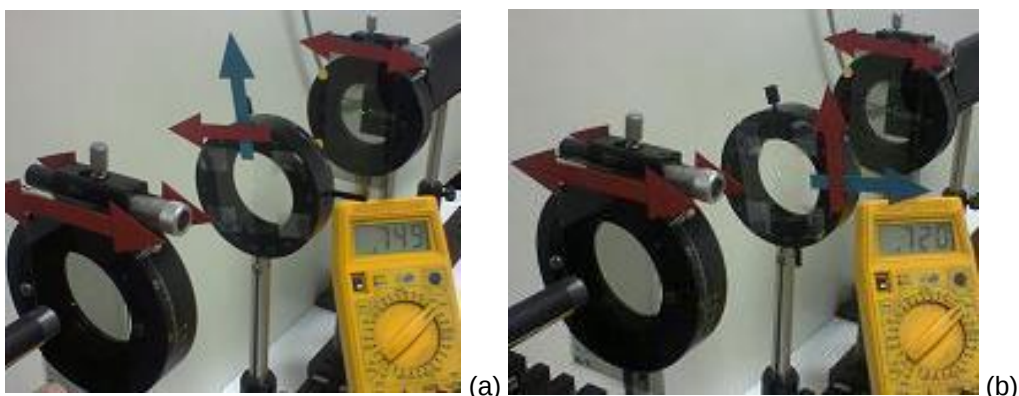
Slika 15: a) Počasna os retarderja, označena s pokončno modro puščico, in počasna os folije, pokončna rdeča puščica, sta vzporedni med prekrizanimi polarizatorjema. Intenziteta prepuščene svetlobe je 0,347 V. b) Skica dveh med seboj vzporednih počasnih osi (P.O.) retarderja, pokončna modra puščica (RET), in preiskovane folije, pokončna rdeča puščica folije. Ker sta vzporedni tudi obe smeri hitrih osi (H.O.), se fazna razlika med rednim in izrednim valom, dobljena na prehodu skozi folijo, optično ne kompenzira pri prehodu skozi retarder in je intenziteta svetlobe, ki jo prepušča analizator, največja možna (Urankar, 2016).

Prepustnost, odbojnost in absorpcija

Sledi merjenje prepustnosti (T) in odbojnosti (R) folije za svetlobo, polarizirano vzdolž hitre in počasne osi. Uporabi se laserski vir in merilnik svetlobne intenzitete:

- pri eni postavitvi merimo, koliko svetlobe preide skozi folijo,
- pri drugi, kako mnogo svetlobe se odbije od njenega površja.

Med plošči polarizatorja z vzporednima prepustnima smerema postavimo plast folije tako, da je smer počasne osi vzporedna s prepustnima smerema polarizatorjev (slika 16(a)). V tem primeru je intenziteta prepuščene svetlobe 0,749 V oz. 89,6 % intenzitete vpadne svetlobe. Nato zasukamo folijo tako, da sta prepustni smeri polarizatorjev vzporedni s smerjo polarizacije curka z večjo hitrostjo oz. je smer počasne osi folije pravokotna na prepustni smeri polarizatorjev (slika 16(b)). Meritev prepuščene svetlobe je 0,720 V oz. 86,1 % intenzitete vpadne svetlobe.



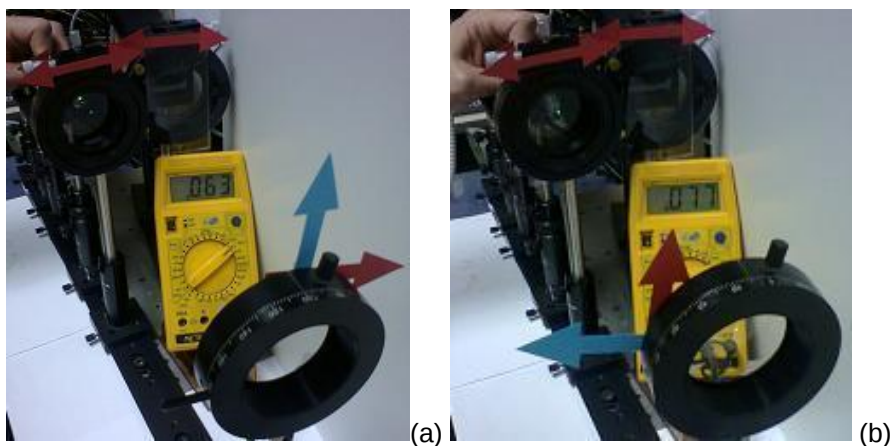
Slika 16: a) Prepustnost (T) svetlobe s polarizacijo vzdolž počasne osi, označena z rdečo vodoravno puščico na foliji. Intenziteta prepuščene svetlobe je 0,749 V oz. 89,6 % intenzitete vpadne svetlobe. b) Prepustnost (T) svetlobe s polarizacijo vzdolž hitre osi, označena z modro vodoravno puščico na foliji. Intenziteta prepuščene svetlobe je 0,720 V oz. 86,1 % intenzitete vpadne svetlobe (Urankar, 2016).

Opazimo, da je med obema lastnima valovanjema v foliji majhna razlika intenziteti prepuščene zelene laserske svetlobe (0,029 V). Vzrok je v različni absorpciji in odboju lastnih valovanj, ki se razširjajo skozi folijo, pa tudi v različnih odbojnosti vpadnega valovanja.

Za merjenje odboja svetlobe ostane prvi polarizator v nespremenjeni legi z vodoravno prepustno smerjo, preiskovana folija stoji za njim. Drugi polarizator in fotoobčutljivo diodo prestavimo povsem v bližino prvega polarizatorja, čim bližje optični osi sistema tako, da fotodioda zazna odbito svetlobo od folije. Površino preiskovane folije za nekaj stopinj izmaknemo od pravokotnosti glede na vpadni curek, vendar le toliko, da vpadna odbita curek svetlobe s površine folije pravokotno na površino analizatorja in za njim stoječo fotodiodo, ter izmerimo odboj svetlobe v obeh smereh lastnih osi folije.

Eksperiment za merjenje odboja curka svetlobe od površine folije pri dveh vzporednih prepustnih smereh polarizatorjev, ki ima smer polarizacije vzdolž počasne osi, vidimo na sliki 17(a). Vse rdeče puščice polarizatorjev in folije so vzporedne v vodoravni legi. Intenziteta odbite svetlobe od folije je v tem primeru 0,063 V oz. 7,5 % intenzitete vpadne svetlobe. Vsota intenzitet prepuščene in odbite svetlobe pri tej postavitvi eksperimenta je 0,812 V in, kot vemo, sistem brez folije prepušča linearno polarizirano svetlobo z intenziteto svetlobe 0,836 V. Vsota odbojnosti in prepustnosti je 97 % intenzitete vpadne svetlobe, torej je $T + R < 1$. Očitno folija nekaj svetlobe polarizirane vzdolž počasne osi absorbira.

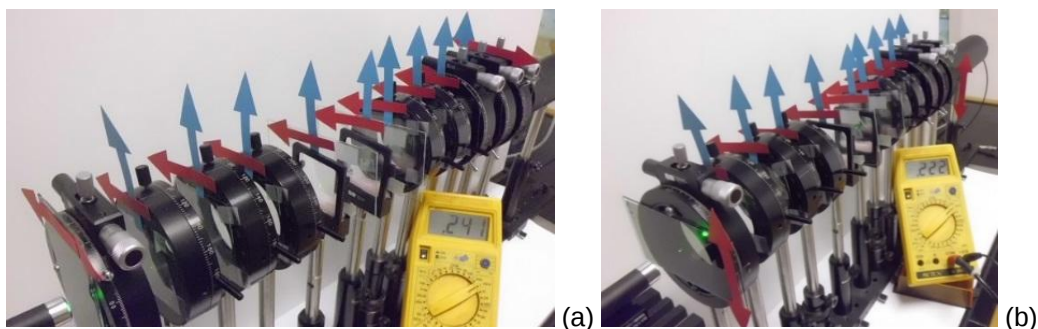
Postavitev eksperimenta za merjenje odboja curka svetlobe, ki ima smer polarizacije vzdolž hitre osi, prikazuje slika 17(b). Intenziteta odbite svetlobe od folije je 0,077 V oz. 9,2 % intenzitete vpadne svetlobe. Vsota intenzitet prepuščene in odbite svetlobe v tem primeru je 0,797 V, torej dosega vsota prepustnosti in odbojnosti 95 %. Tudi v tem primeru je $T + R < 1$ in se del svetlobe s polarizacijo vzdolž hitre osi pri razširjanju skozi folijo absorbira.



Slika 17: a) Odboj (R) svetlobe s polarizacijo vzdolž počasne osi, označen z rdečo vodoravno puščico, od površine folije. Izmerimo 0,063 V intenzitete odbite svetlobe. b) Odboj (R) svetlobe s polarizacijo vzdolž hitre osi, označen z modro vodoravno puščico na foliji. Intenziteta odbite svetlobe je 0,077 V (Urankar, 2016).

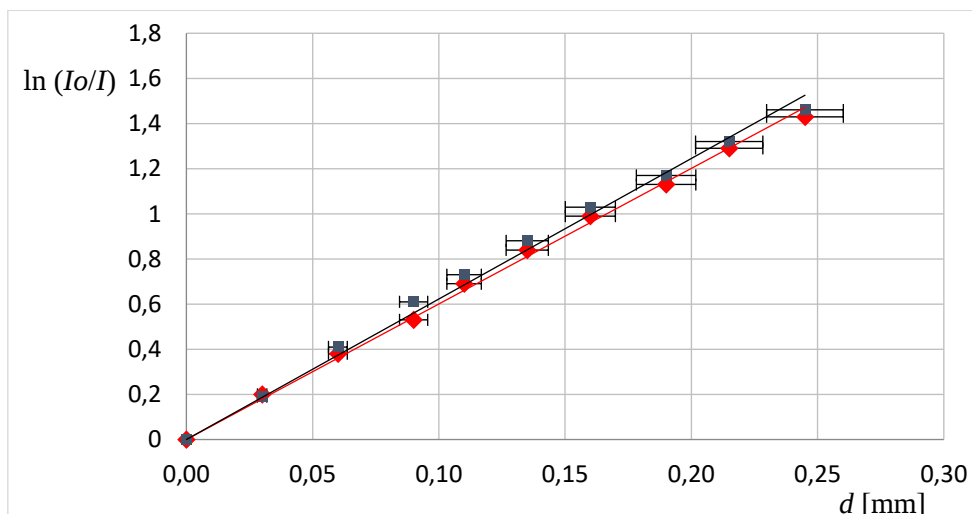
Za določitev obeh lastnih absorpcijskih koeficientov v smeri počasne osi in v smeri hitre osi izmerimo prepustnost folije pri več različnih debelinah. Vzporedni plošči polarizatorjev postavimo pravokotno na smer razširjanja svetlobe; njuni prepustni smeri sta vzporedni (slika 18). Med obe plošči polarizatorja postopno zaporedno postavljamo več plasti folij, ki imajo vse smeri počasnih lastnih osi vzporedne s prepustnima smerema polarizatorjev in določimo

absorpcijski koeficient folije v tej smeri (slika 18(a)). Pri določanju absorpcijskega koeficienta za razširjanje svetlobe s polarizacijo vzdolž hitre osi folije postavimo vzporedni prepustni smeri polarizatorjev v vertikalni položaj (slika 18(b)).



Slika 18: a) Absorpcija svetlobe s polarizacijo vzdolž počasnih osi folij; označene so z vodoravnimi rdečimi puščicami vzporedno s prepustnima smerema obeh polarizatorjev, ki ju označujeta vodoravni rdeči dvojni puščici na ploščah polarizatorjev. Izmerjena intenziteta prepuščene svetlobe skozi devet plasti folij je 0,241 V. b) Absorpcija svetlobe s polarizacijo vzdolž hitrih osi folij; označene so z navpičnimi modrimi puščicami, vzporedno s prepustnima smerema obeh polarizatorjev, ki ju označujeta pokončni rdeči dvojni puščici na ploščah polarizatorjev. Izmerjena intenziteta prepuščene svetlobe skozi devet plasti folij je 0,222 V (Urankar, 2016).

Odvisnost naravnega logaritma količnika vpadne in prepuščene intenzitete svetlobe od debeline dvolomne folije je prikazana na sliki 19. Meritvam prilagodimo premico. Strmina grafa podaja absorpcijski koeficient. Absorpcijski koeficient za valovanje s polarizacijo vzporedno s počasnimi osmi folij je $\lambda_{\parallel} = (6,00 \pm 0,37) \text{ mm}^{-1}$ in absorpcijski koeficient za valovanje s polarizacijo vzporedno s hitrimi osmi folij le nekaj malega večji $\lambda_{\perp} = (6,22 \pm 0,38) \text{ mm}^{-1}$. Iz grafa se vidi, da sta absorpcijska koeficienta v okviru napake enaka.



Slika 19: Odvisnost naravnega logaritma količnika intenzitete vpadne (I_0) in izstopne (I) svetlobe od debeline (d) dvolomne folije za razširjanje svetlobe s polarizacijo vzdolž hitre osi (modre točke) in vzdolž počasne osi (rdeče točke). Modra premica predstavlja najboljši linearni približek točkam za razširjanje svetlobe s polarizacijo vzdolž hitre osi in rdeča premica je najboljši linearni približek za razširjanje svetlobe s polarizacijo vzdolž počasne osi. Strmina modre premice podaja absorpcijski koeficient za razširjanje svetlobe vzdolž hitre osi $(6,22 \pm 0,38) \text{ mm}^{-1}$ in strmina rdeče premice podaja absorpcijski koeficient za razširjanje svetlobe vzdolž počasne osi $(6,00 \pm 0,37) \text{ mm}^{-1}$ (Urankar, 2016).

Rezultati pokažejo, da folija:

- prepušča večino svetlobe, še posebej za polarizacijo vzdolž ene izmed osi,
- del svetlobe pa se odbije (nekaj odstotkov) in del absorbira.

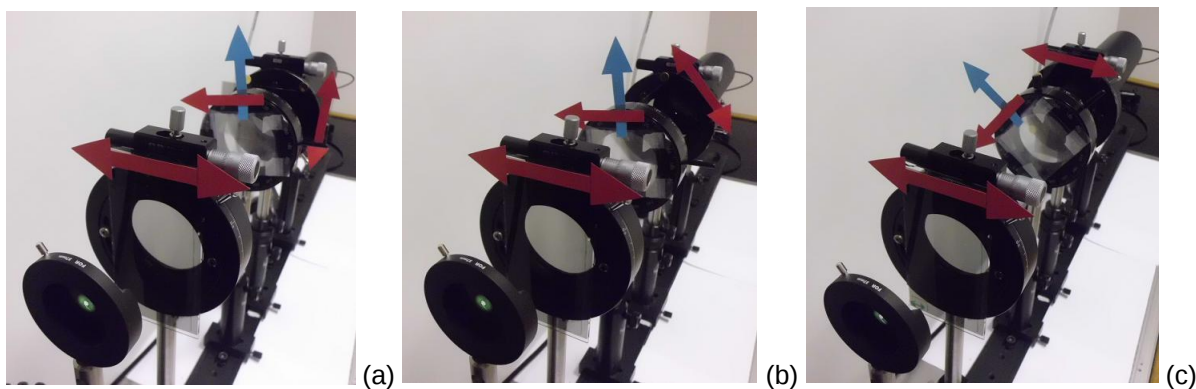
Bolje kot poznamo T in R za oba lastna valovanja, natančneje lahko kasneje interpretiramo meritve pri več plasteh in v modelu celice. Na osnovi teh meritev lahko izračunamo tudi absorpcijski koeficient za vsako izmed lastnih smeri, pri čemer se pokaže, da je absorpcija relativno majhna, vendar ne zanemarljiva.

Dvolomnost, fazna razlika in fazna zakasnitev

Ker je folija dvolomna, povzroča med rednim in izrednim valom fazni zaostanek δ , ki je odvisen od: dvolomnosti Δn , debeline snovi d in valovne dolžine svetlobe λ .

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n d$$

Dvolomnost anizotropne folije določamo na različne načine. V prvem od eksperimentov preverjamo, ali ima folija lastnost optično aktivne snovi. Prekrižamo prepustni smeri polarizatorja in analizatorja in med njima postopno vrtimo folijo (slika 20(a)). V drugem eksperimentu analiziramo prepuščeni curek svetlobe pri neki splošni smeri med prepustnima smerema polarizatorjev, med njima nastavimo kot 45° , in postopno vrtimo folijo (slika 20(b)). Pri tretjem eksperimentu med prepustno smerjo vstopnega polarizatorja in smerjo počasne osi folije nastavimo kot 45° (slika 20(c)) (Urankar, 2016), vrtimo pa prepustno smer analizatorja (Urankar, 2008).



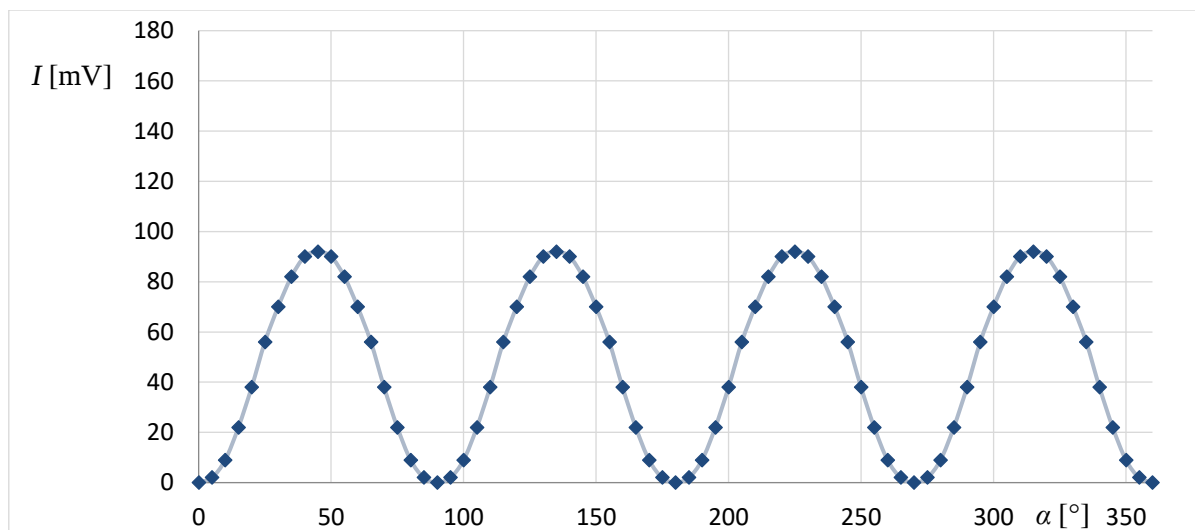
Slika 20: Trije načini merjenja faznega premika. Rdeče ($\leftrightarrow$) puščice predstavljajo prepustne smeri polarizatorja in analizatorja, modra in rdeča puščica na foliji pa smer hitre osi in smer počasne osi v foliji. a) Merjenje prepustnosti za folijo med prekržanima polarizatorjema; spreminjamo smeri lastnih osi folije oz. kot (α) glede na laboratorijsko os x , smer prepustne osi polarizatorja je vzdolž x -osi, smer prepustne osi analizatorja glede na laboratorijsko os x pa je $\gamma = 90^\circ$. b) Merjenje prepustnosti skozi folijo, pri čemer je med prepustno smerjo analizatorja in laboratorijsko osjo x stalen kot $\gamma = 45^\circ$, spreminjamo pa smeri lastnih osi folije oz. kot (α). c) Merjenje prepustnosti folije v odvisnosti od prepustne smeri analizatorja oz. od kota γ . Kot med lastnima osema folije in laboratorijsko osjo x je konstanten $\alpha = 45^\circ$ (Urankar, 2016).

S temi eksperimenti določimo razliko dveh lomnih količnikov v smereh dveh lastnih med seboj pravokotnih osi cvetličarske folije. Ob vstopu v folijo imata obe komponenti električne poljske jakosti enako fazo. Po prehodu skozi folijo pa je med njima fazna razlika, saj sta lomna količnika za obe polarizaciji različna. Pri vsakem eksperimentu izmerimo intenziteto

prepuščene svetlobe za pet različnih debelin folij; skozi eno, dve, tri, štiri in šest plasti folij. Pri vseh treh eksperimentih je izmerjenim vrednostim intenzitete prepuščene svetlobe prilagojena teoretična odvisnost razmerja med intenziteto prepuščene svetlobe I_A in intenziteto vpadne svetlobe I_0 .

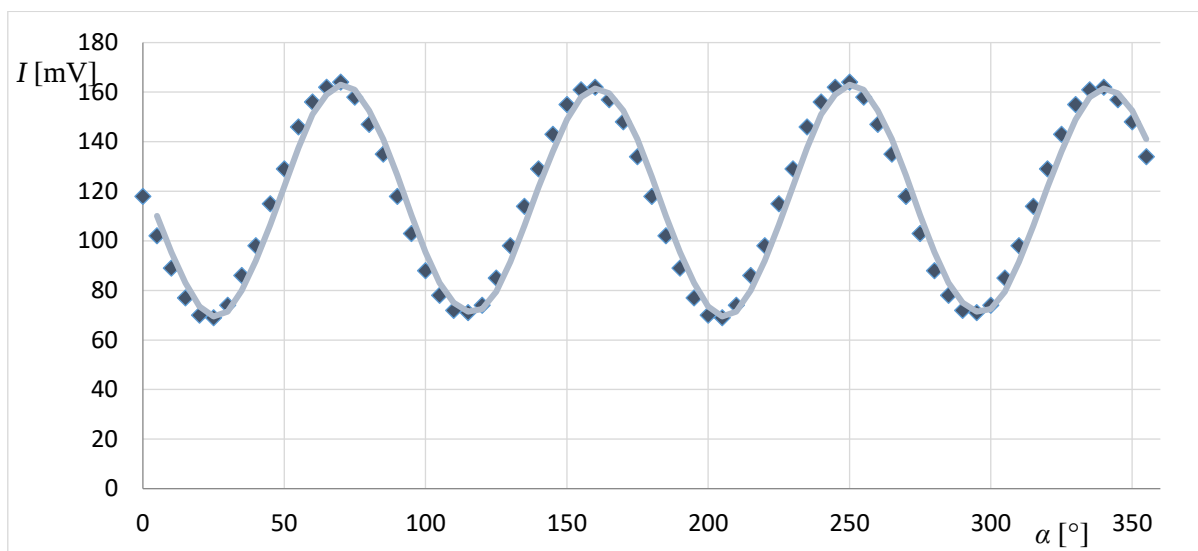
Pri vseh eksperimentih je kot $\beta = 0^\circ$ med laboratorijsko osjo x in prepustno smerjo polarizatorja. Pri prvih dveh eksperimentih spreminjamo kot α (med laboratorijsko osjo x in smerjo lastnih osi v foliji), pri tretjem eksperimentu pa spreminjamo kot γ (med laboratorijsko osjo x in prepustno smerjo analizatorja, torej kot med prepustnima smerema polarizatorjev). Tako določimo fazno razliko (δ) ter izračunamo dvolomnost (Δn) folije.

Rezultati prvega eksperimenta na sliki 21 (Urankar, 2016) prikazujejo odvisnost intenzitete prepuščene svetlobe (I) od kota α med smerjo počasne osi folije in laboratorijsko osjo x (v vodoravni legi), vzdolž katere je prepustna smer polarizatorja. Po prilagajanju je ujemanje meritev za eno plast folije s teoretično napovedjo najboljše pri fazni zakasnitvi $\delta = 1,4$.



Slika 21: Intenziteta prepuščene svetlobe (I , v enotah izmerjene napetosti) skozi eno plast folije v odvisnosti od kota (α) med smerjo počasne osi folije in laboratorijsko osjo x . Prepustna smer polarizatorja je vzdolž x -osi. Kot med prepustnima smerema polarizatorjev je 90° . Meritve so narisane s temno modrimi pikami. Svetlo modra krivulja predstavlja prilagoditev odvisnosti $I(\alpha)$ intenzitete prepuščene svetlobe v odvisnosti od kota (α). Pri prilagajanju meritev teoretični napovedi smo upoštevali $\beta = 0^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ in dobili $\cos \delta = (0,18 \pm 0,01)$ in $\delta = (1,4 \pm 0,01)$ (Urankar, 2016).

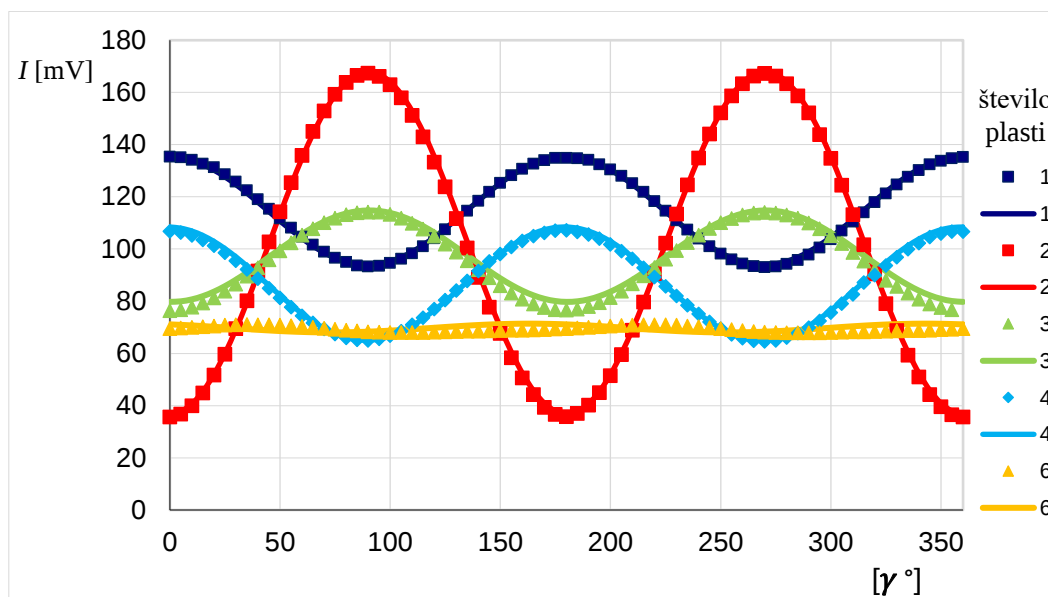
Rezultati drugega eksperimenta na sliki 22 (Urankar, 2016) prikazujejo odvisnost intenzitete prepuščene svetlobe (I) od kota (α) med smerjo počasne osi folije in laboratorijsko x -osjo v vodoravni smeri. Po prilagajanju je ujemanje meritev za eno plast folije s teoretično napovedjo spet najboljše pri fazni zakasnitvi $\delta = 1,39$.



Slika 22: Intenziteta prepuščene svetlobe (I , v enotah izmerjene napetosti) skozi eno plast folije v odvisnosti od kota (α) med smerjo počasne osi folije in laboratorijsko osjo x . Prepustna smer polarizatorja je vzdolž x -osi. Kot med prepustnima smerema obeh polarizatorjev je 45° . Meritve so narisane s pikami temno modre barve. Svetlo modra krivulja je prilagoditev odvisnosti $I(\alpha)$ intenzitete prepuščene svetlobe v odvisnosti od kota (α). Pri prilagajanju meritev teoretični napovedi smo upoštevali $\beta = 0^\circ$, $\gamma = 45^\circ$ in dobili $\cos \delta = (0,18 \pm 0,01)$ in $\delta = (1,4 \pm 0,01)$ (Urankar, 2016).

Odvisnost intenzitete prepuščene svetlobe skozi optični sistem od kota γ , ki določa prepustno smer analizatorja pri tretjem eksperimentu, je prikazana na sliki 23 (Urankar, 2016). Kot α med počasno osjo folije in laboratorijsko osjo x je 45° . Prepustna smer polarizatorja je vzdolž x -osi. Med smerjo rdeče dvojne puščice na polarizatorju in smerjo rdeče puščice na foliji, kar predstavlja smer počasne osi, je kot 45° . Prepustno smer analizatorja, označena z rdečo dvojno puščico, vrtimo in spreminjamo kot γ .

Intenziteta svetlobe prepuščena skozi eno plast folije je največja, ko ima kot γ vrednosti 0° , 180° , 360° , in je intenziteta prepuščene svetlobe najmanjša, ko je kot γ enak 90° in 270° (slika 23) (Urankar, 2016). Prikazani so tudi grafi za dve, tri, štiri in šest plasti folij.

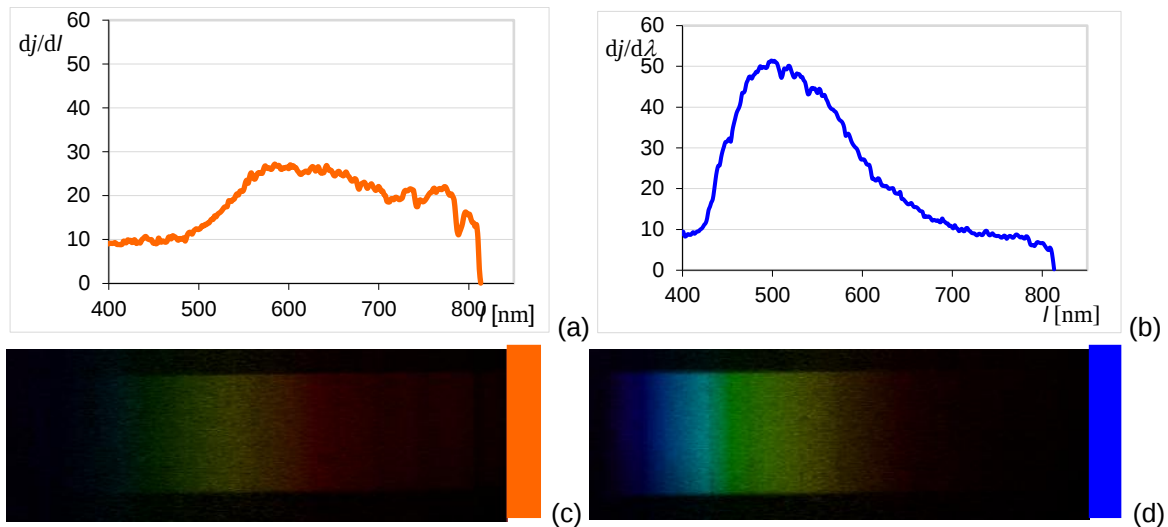


Slika 23: Intenziteta prepuščene svetlobe (I , v enotah izmerjene napetosti) skozi eno, dve, tri, štiri in šest plasti folij v odvisnosti od kota (γ) med prepustno smerjo analizatorja in laboratorijsko osjo x . Kot med smerjo počasne osi folije in prepustno smerjo polarizatorja je stalen in je $\alpha = 45^\circ$. Meritve so označene s točkami. Vsaki meritvi je prilagojena teoretična odvisnost $I(\gamma)$ intenzitete prepuščene svetlobe v odvisnosti od kota (γ), podana z enačbo (2.49). Pri prilagajanju meritev teoretični napovedi za eno plast folije smo upoštevali $\beta = 0^\circ, \alpha = 45^\circ$ in dobili $\cos \delta = (0,18 \pm 0,01)$ in $\delta = (1,4 \pm 0,01)$ (Urankar, 2016).

Sledi preverjanje enakosti razmerij debelin folij z razmerji faznih premikov za iste debeline folij.

Veljati mora: $\frac{d_1}{d_2} = \frac{\delta_1}{\delta_2}, \frac{d_1}{d_3} = \frac{\delta_1}{\delta_3}, \frac{d_1}{d_4} = \frac{\delta_1}{\delta_4}$ in $\frac{d_1}{d_6} = \frac{\delta_1}{\delta_6}$.

Preverimo tako, da izmerimo spektre prepuščene svetlobe skozi anizotropno folijo med prekrižanima polarizatorjema, pri čemer sta lastni osi folije pod kotom 45° glede na obe medsebojno prekrižani prepustni smeri polarizatorjev. Vidimo, da je intenziteta prepuščene svetlobe skozi analizator odvisna od valovne dolžine. Ena plast folije je med ploščama prekrižanih polarizatorjev oranžne barve (slika 24(c)) (Urankar, 2016), spektralno gostoto svetlobnega toka te prepuščene svetlobe pa vidimo na sliki 24(a) (Urankar, 2016). Med ploščama vzporednih polarizatorjev je ista ena folija videti modre barve (slika 24(d)) (Urankar, 2016), njena spektralna gostota toka je na sliki 24(b) (Urankar, 2016).



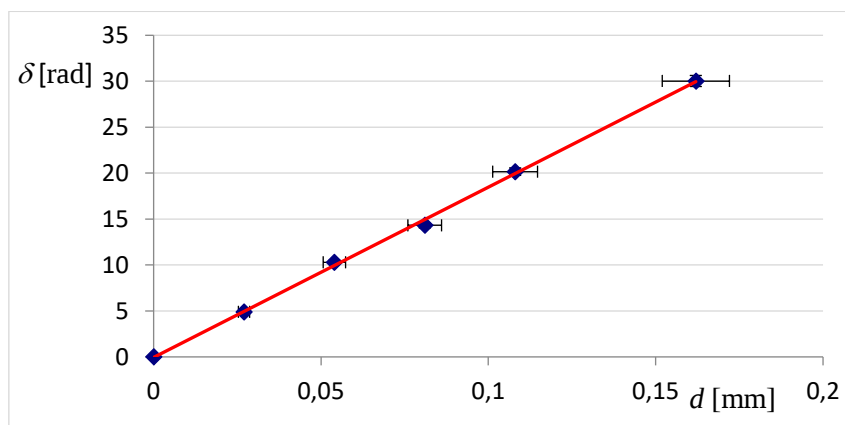
Slika 24: Spekter prepuščene svetlobe (spektralna gostota svetlobnega toka $dj/d\lambda$ v odvisnosti od valovne dolžine (λ)) skozi eno plast folije med a) prekrižanima in b) vzporednima polarizatorjema, c) barvni spekter skozi eno plast folije, ki je med prekrižanima polarizatorjema videti oranžne barve, d) barvni spekter skozi eno plast folije, ki je med vzporednima polarizatorjema videti modre barve (Urankar, 2016).

Preiskovana anizotropna folija ima v spektru prepuščene svetlobe, ko je ena plast folije med prekrižanima prepustnima smerema polarizatorjev, najprej minimum prepuščene svetlobe pri krajših valovnih dolžinah in nato maksimum prepuščene svetlobe pri daljših valovnih dolžinah vidne svetlobe, kar vidimo na sliki 24(a) (Urankar, 2016) in pri barvnem spektru na sliki 24(c) (Urankar, 2016). To zaznamo kot oranžno barvo. Fazni premik, ki je nastal v anizotropni snovi, je večji od π , saj je prvi maksimum prepuščene svetlobe med prekrižanima polarizatorjema pri faznem premiku π .

V transmisijem spektru za eno plast folije med vzporednima prepustnima smerema polarizatorjev je maksimum prepuščene svetlobe pri krajših valovnih dolžinah in nato minimum pri daljših valovnih dolžinah, kar vidimo na sliki 24(b) (Urankar, 2016) in pri barvnem spektru na sliki 24(d) (Urankar, 2016). To zaznamo kot modro barvo. Fazni premik je nekaj večji od π in še vedno manjši od 2π , saj ni naslednjega maksimuma prepuščene svetlobe, ki bi pomenil, da je fazni premik večji od 2π .

Natančno pojasnilo vpliva faznega premika na prepuščeno svetlobo sledi v nadaljevanju.

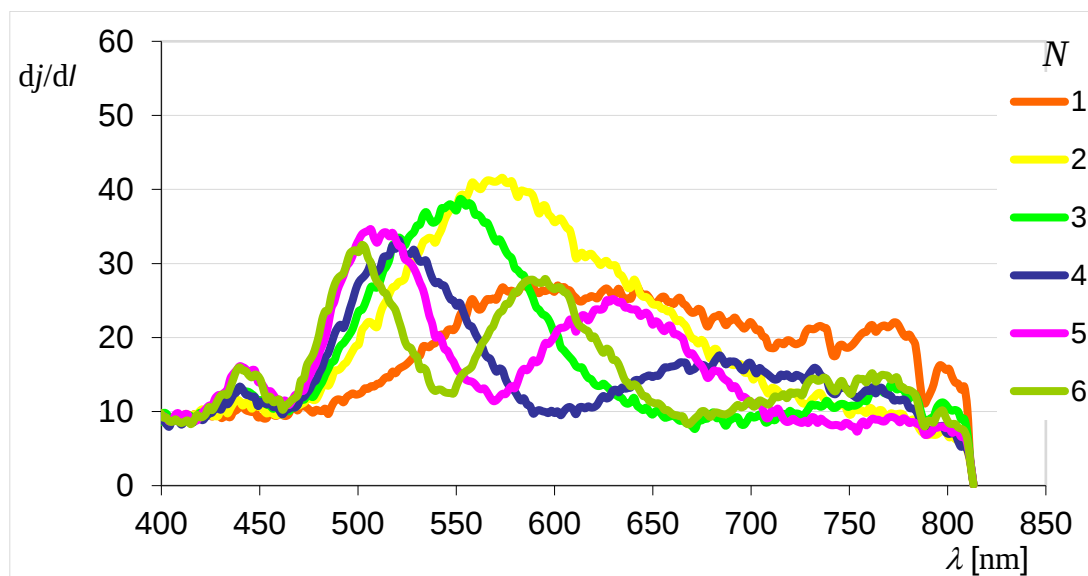
Dobljeni podatek o faznem premiku med π in 2π upoštevamo pri preračunu novega faznega premika za eno plast folije, tako da dobimo enako vrednost razmerja debelin folij in enako vrednost razmerja faznih premikov za iste debeline. Postopek za izračun dvolomnosti nadaljujemo tako, da za različne debeline folij oz. različno število plasti folij narišemo graf odvisnosti faznega premika od debeline plasti folij (slika 25) (Urankar, 2016). Iz naklona premice izračunamo koeficient $k = \frac{\Delta\delta}{\Delta d}$, ki predstavlja povprečni delež večkratnika valovne dolžine (λ_0): $k = \frac{\Delta n}{\lambda_0} 2\pi$, od koder izračunamo povprečno vrednost dvolomnosti Δn . Za svetlobo z valovno dolžino $\lambda_0 = 532 \text{ nm}$ in $k = (1,85 \pm 0,16)10^2 \text{ rad/mm}$ dobimo vrednost dvolomnosti $\Delta n = (0,016 \pm 0,001)$.



Slika 25: Odvisnost fazne razlike (δ) od debeline večih plasti folij (d). Iz naklona premice, ki znaša $k = (1,85 \pm 0,16) 10^2$ rad/mm pri valovni dolžini svetlobe $\lambda_0 = 532$ nm, izračunamo povprečno vrednost dvolomnosti preiskovane folije $\Delta n = (0,016 \pm 0,001)$ (Urankar, 2016).

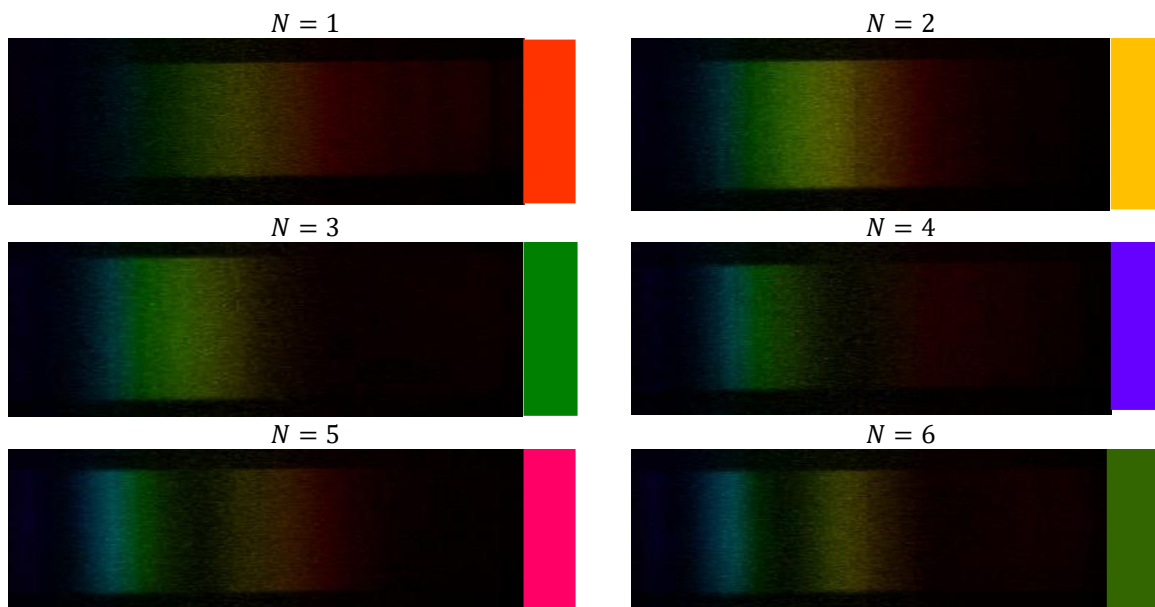
Vrednost izmerjene dvolomnosti je za red velikosti manjša od dvolomnosti tekočih kristalov, ki imajo vrednost tudi do $\Delta n = 0,3$. Vendar kaže izbrana folija precej primerno vrednost dvolomnosti za izvedbo optičnih eksperimentov, s katerimi na preprost način razložimo delovanje TN-tekočerkristalne celice, saj so folije precej debelejše od plasti tekočih kristalov.

Fazna razlika med lastnimi valovanji je odvisna od števila folij, zato ima po prehodu skozi različno število plasti folij valovanje drugačno eliptično polarizacijo in zato je barva prepuščene svetlobe po prehodu skozi analizator odvisna od števila folij, kar prikazujejo zbrani barvni spektri spektralne gostote svetlobnega toka $dj/d\lambda$ v odvisnosti od valovne dolžine (λ) na sliki 26 (Urankar, 2016) in barvni spektri prepuščene svetlobe skozi eno, dve, tri, štiri, pet in šest plasti folij med prekržanima polarizatorjema, ki jih vidimo na sliki 27 (Urankar, 2016).



Slika 26: Spektri prepuščene vidne svetlobe (spektralna gostota svetlobnega toka $dj/d\lambda$ v odvisnosti od valovne dolžine (λ)) za večje število (N) plasti anizotropnih folij med prekržanima polarizatorjema (Urankar, 2016).

Ker nam podatek o fazni razliki δ za eno plast folije, dobljen iz optičnih eksperimentov, ne pove, ali je izstopna eliptična svetloba premaknjena za neki večkratnik valovne dolžine, to lahko preverimo s spektrom prepuščene svetlobe valovnih dolžin vidnega dela spektra. Na spektru za eno plast folije med prekrižanima polarizatorjema odčitamo število zaporednih minimumov oz. maksimumov prepuščene svetlobe in tako ugotovimo, ali je fazna razlika δ nastala pri prehodu svetlobe skozi anizotropno snov prvega reda ali katerega od višjih redov in ali je večja od 2π oz. nekega večkratnika valovne dolžine.



Slika 27: Barvni spektri prepuščene vidne svetlobe za večje število (N) plasti folij med prekrižanima polarizatorjema so videti različnih barv. Spektri so posneti s šolskim spektrometrom (Urankar, 2016).

Določitev fazne razlike in fazne zakasnitve

Za preiskovano dvolomno folijo izmerimo fazno razliko med lastnimi valovanji po prehodu skozi folijo, merjeno v enotah valovne dolžine. Določimo tudi razliko optičnih poti, kar imenujemo retardacija, in s tem določimo anizotropijo v ravnini površine folije, ki ima lastni osi vzporedni s plastjo folije.

Eksperiment postavimo tako, da pravokotno na smer razširjanja laserske svetlobe postavimo dve plošči polarizatorja; prva ima prepustno smer v vodoravni smeri, druga pa ima prepustno smer v navpični smeri. Med njiju vzporedno postavimo plast folije, tako da je os vrtenja vzporedna s smerjo razširjanja laserske svetlobe. Če plast folije obravnavamo kot retardacijsko ploščico, je pri taki postavitvi mogoče določiti retardacijo a-ploščice. Lastni osi a-ploščice sta vzporedni z ravnino folije, hkrati sta vzporedni s prepustnima smerema polarizatorja in analizatorja, znebimo pa se vpliva c-ploščice, ker je njena optična os pravokotna na ravnino folije in hkrati vzporedna s smerjo razširjanja laserske svetlobe. Plast folije vrtimo npr. v nasprotni smeri urnega kazalca in poiščemo eno izmed lastnih osi, pri čemer izmerimo najmanjšo intenziteto prepuščene svetlobe (slika 28) (Urankar, 2016). Merimo tako, da vrtimo plast folije od smeri z najmanjšo prepuščeno svetlobo s korakom zasuka kota α od $+1^\circ$ do končnega zasuka $+15^\circ$ v pozitivno smer. Eksperimentalno postavitev za tri različne kote vidimo na sliki 29 (Urankar, 2016). Izvedemo enako meritev z zasukom folije za kot α od -1° do -15° v negativno smer.



Slika 28: Intenziteta prepuščene svetlobe je 5 mV pri kotu $\alpha = +99^\circ$ glede na izbrani laboratorijski sistem, ko sta smeri obeh lastnih osi v foliji poravnani s prekrižanima prepustnima smerema polarizatorjev (Urankar, 2016).



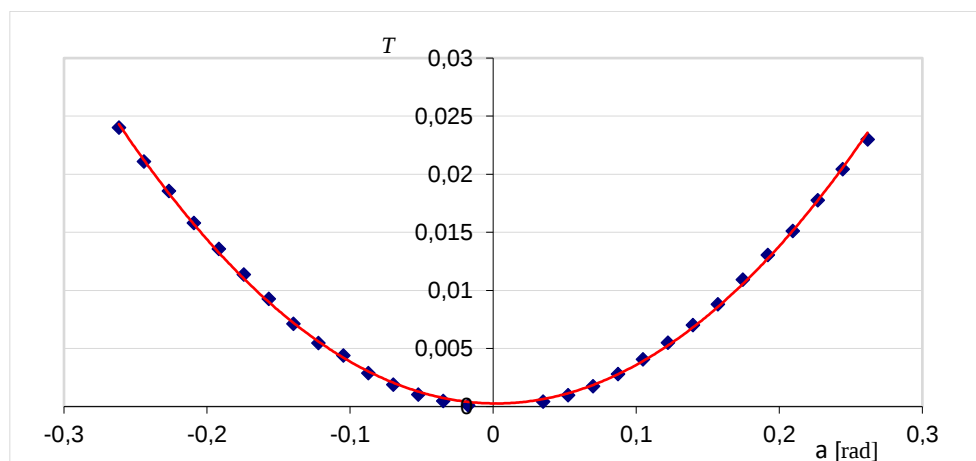
Slika 29: Zaporedje slik pri zasuku lastnih osi folije za kot α . v pozitivno smer a) $+5^\circ$, b) $+10^\circ$, c) $+15^\circ$ glede na vodoravno x -os, vzdolž katere je prepustna smer polarizatorja. Prepustna smer analizatorja je pravokotno na polarizator. Intenzitete prepuščene svetlobe so a) 0,016 V, b) 0,038 V in c) 0,071 V (Urankar, 2016).

Vidimo, da v obeh primerih, pri vrtenju v pozitivno in negativno smer, intenziteta prepuščene svetlobe narašča z večanjem kota α . Na izmerjene točke, narisane z modro barvo, prilegamo kvadratno funkcijo, narisano z rdečo barvo (slika 30) (Urankar, 2016).

Izmerjena in izračunana fazna zakasnitev po opisanem postopku je le 87 nm, kar se ne ujema s prejšnjimi ugotovitvami o izmerjeni debelini cvetličarske folije, ki je $(27,2 \pm 1,7) \mu\text{m}$, in izmerjeni vrednosti dvolomnosti za eno folijo, ki je $\Delta n = 0,016 \pm 0,001$, iz česar izračunamo fazno zakasnitev $\Delta nd = (435 \pm 29) \text{ nm}$. Razrešiti moramo uganko dveh različnih rezultatov fazne zakasnitve.

Fazna razlika δ , ki smo jo določili iz spektra prepuščene svetlobe (spektralna gostota svetlobnega toka $dj/d\lambda$ v odvisnosti od valovne dolžine (λ)) skozi eno plast folije, je $\delta = 2\pi - 1,4 = 4,9$. Ta ugotovitev nam pove, da je fazna razlika manjša od 2π (kar ustreza eni valovni dolžini) in večja od π (kar ustreza polovici valovne dolžine). Valovna dolžina laserske svetlobe pri eksperimentu je 532 nm. Ko se ta svetloba razširja skozi dvolomno folijo, »čuti« fazno zakasnitev: $532 \text{ nm} - (87 \pm 4,0) \text{ nm} = (445 \pm 4) \text{ nm}$.

Ugotovimo, da se vrednosti faznih zakasnitev, izračunanih na dva načina, razlikujeta. Ena vrednost je $(435 \pm 29) \text{ nm}$, druga vrednost je $(445 \pm 4) \text{ nm}$. Oba rezultata sta ob upoštevanju napake enaka, in sicer $(0,44 \pm 0,03) \mu\text{m}$.



Slika 30: Prepustnost (T) α -ploščice v odvisnosti od kota α smer med počasno osjo folije in prepustno smerjo polarizatorja. Parabola je najboljši približek izmerjenim točkam pri različnih kotih α . Iz koeficienta kvadratnega člena polinoma druge stopnje $K = (34,6 \pm 0,3)10^{-2}\text{rad}^2$ pri valovni dolžini svetlobe $\lambda_0 = 532 \text{ nm}$ izračunamo povprečno vrednost dvolomnosti preiskovane folije $\Delta nd = (87 \pm 4,0) \text{ nm}$ (Urankar, 2016).

Ponazoritev optičnih stanj TN-celice z modelom celice

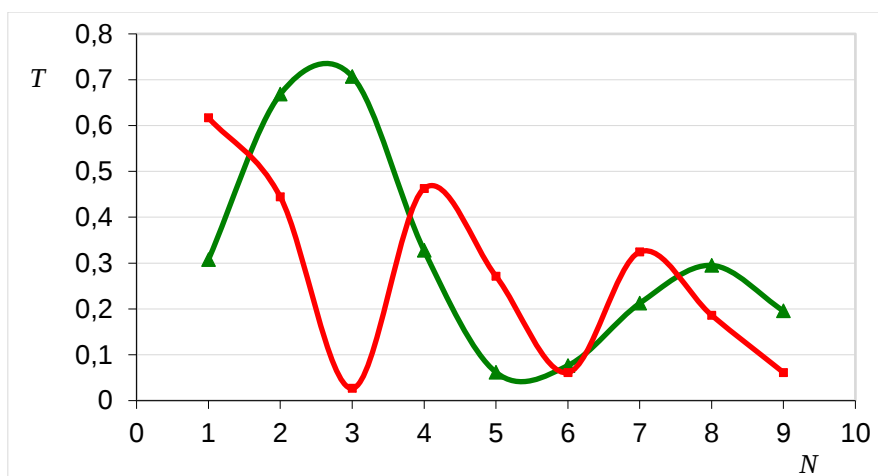
Iz meritev plasti preizkušanih cvetličarskih folij, ki imajo medsebojno poravnane lastne osi med prekržanima polarizatorjema, smo ugotovili selektivno prepuščanje svetlobe, odvisno od števila plasti. V modelu celice želimo doseči stanje 1 ali 0, kar uspemo konstruirati z zavito strukturo urejenih preizkušanih folij – »urejenih moleku« od ene do druge površine celice; s tem se vrta direktor in z njim optična os. Za postavitev didaktičnega pripomočka za raziskovanje delovanja modela TN-celice z 90° zavojem direktorja (torej optičnih osi) od ene do druge površine celice uporabimo devet plasti dvolomne cvetličarske folije in dve plasti polarizatorjev. Kosi posameznih plasti folij so nalepljeni na steklene podlage na rotatorjih, na robove folij so dodatno nalepljene rdeče in modre puščice, ki vidno označujejo smeri lastnih osi folij. Polarizacije curkov z manjšo hitrostjo širjenja oz. počasne osi folij so označene z rdečimi puščicami na rotatorjih, polarizacije curka z večjo hitrostjo oz. hitre osi folij pa so označene z modrimi puščicami. Smeri rdečih dvojnih puščic, ki sta nalepljeni na robu plošč polarizatorjev, označujeta prepustni smeri vstopnega polarizatorja in izstopnega analizatorja.

Dijaki so najprej preverili prepustnost svetlobe za model celice, ki ima ureditev lastnih osi folij le v eni določeni smeri, vzporedni s prepustno smerjo polarizatorja, in hkrati prekržane s prepustno smerjo analizatorja. Ta model celice ne prepušča zelene in rdeče laserske svetlobe. Takega stanja v celici se ne da nadzorovano spreminjati, zato ni primerno za uporabo modela tekočerkristalne celice, slika 31 (Urankar, 2016).



Slika 31: Z lasersko svetlobo posvetimo na devet folij, ki imajo počasne osi, vzporedne s prepustno smerjo polarizatorja in hkrati prekrižane s prepustno smerjo analizatorja. Izmerjena intenziteta prepuščene svetlobe je 0,004 V tako za zeleno kot rdečo svetlobo (Urankar, 2016).

Kasneje so dijaki preverili prepustnost zelene in rdeče laserske svetlobe na prekrižani smeri polarizatorjev, med kateri so postavili več plasti folij s z orientacijo počasnih osi pod kotom 45° glede na prepustne smeri polarizatorjev. Ugotovili so, da so prepustnosti za ti valovni dolžini svetlobe povsem različne, kar prikazuje slika 32 (Urankar, 2016). To pa pomeni, da bi bile barvne slike tako urejenih tekočerkristalnih celic problematične. Sklepamo, da je takšen model celice z ureditvijo lastnih osi folij le v eni določeni smeri neustrezen za predstavitev računalniških monitorjev oz. prikazovalnikov, ker je prepustnost odvisna od valovne dolžine in od debeline celice.



Slika 32: Prepustnost (T) za zeleno ($\lambda_z = 532$ nm) in rdečo ($\lambda_r = 655$ nm) lasersko svetlobo skozi N plasti cvetličarske folije (Urankar, 2016).

Nato pa so dijaki načrtovali različne postavitve modelov celic, ki simulirajo krajevno odvisnost direktorja v optično odprtem in optično zaprtem stanju tekočerkristalne celice in pri tem skozi model celice svetijo z rdečo in zeleno lasersko svetlobo. Glede na intenziteto prepuščene svetlobe ugotavljajo, ali je celica v optično odprtem ali zaprtem stanju in tudi primernost takšne celice za različne namene uporabe, npr. za zaslone, prikazovalnike ali aktivne optične preklopnike.

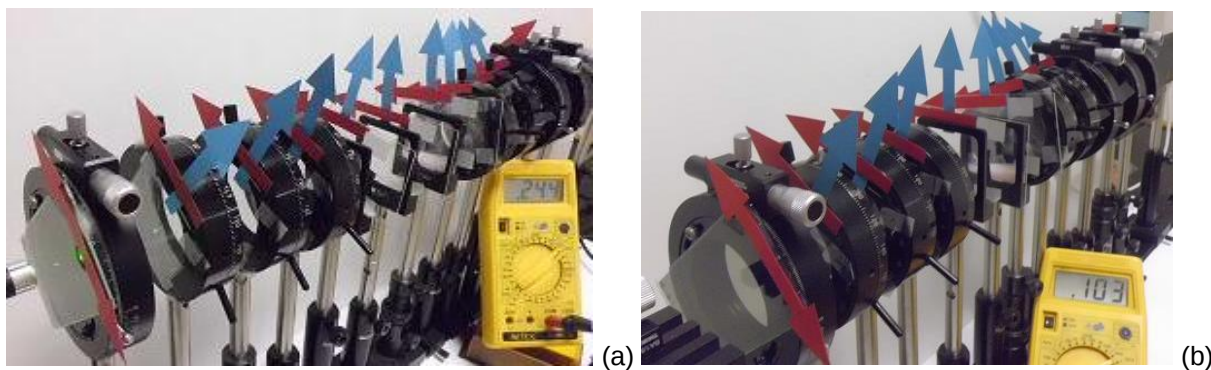
V prvi postavitvi modela celice so dijaki ugotavljali, ali celica lahko predstavlja optično odprto stanje TN-celice. Z modelom celice želijo prikazati krmiljenje, torej urejanje tekočerkristalnih

molekul v celici, odvisno od jakosti električnega polja. Postavili so devet plasti folij v obliki vijačne strukture, tako da lastne osi zaporednih folij zasukamo za določen kot, npr. 10° glede na predhodno plast, pri čemer je prva lastna os preizkušane folije ob polarizatorju vzporedna z njegovo prepustno smerjo. To je smiselni prikaz vijačne strukture tekočerkristalnih molekul v 90° TN-celici v optično odprtem stanju. Preverili so intenziteto prepuščene svetlobe različnih valovnih dolžin.

Postavitev polarizatorja, analizatorja in folij je na sliki 33 (Urankar, 2016). Za zeleno lasersko svetlobo je voltmeter pokazal prepustnost 0,244 V, kar je 29 % od 0,836 V intenzitete vpadne zelene svetlobe. Za rdečo svetlobo pa je pokazal 0,103 V, kar predstavlja 32 % od 0,318 V intenzitete vpadne rdeče svetlobe. Zato lahko rečemo, da je modelska celica približno enako dobro prepustna za zeleno in rdečo lasersko svetlobo.

Po teoretični napovedi dobimo 95 % prepustnost za zeleno svetlobo in 100 % za rdečo svetlobo, torej takšna optično odprta celica teoretično prepušča več rdeče kot zelene laserske svetlobe. To dejstvo potrjujeta tudi rezultata meritev pedagoškega modela celice, ki je prepustil 29 % zelene laserske svetlobe in 32 % rdeče laserske svetlobe.

Če v teoretični napovedi upoštevamo odbojnost in absorpcijo svetlobe, kot smo jo izmerili za eno plast cvetličarske folije (vzdolž počasne osi folija prepusti 90 % intenzitete svetlobe in vzdolž hitre osi folija prepusti 86 % intenzitete svetlobe), za vseh devet plasti folij v modelu celice dobimo skoraj identični rezultat z meritvami za zeleno in rdečo svetlobo. Prepustnost za zeleno svetlobo je zmanjšana za faktor $(0,5 \cdot [(0,861^9) + (0,896^9)] \cdot 0,95)$ na 30 % prepustnosti, kar se zelo dobro ujema z izmerjeno vrednostjo 29 %. Za rdečo svetlobo pa je prepustnost zmanjšana za faktor $(0,5 \cdot [(0,861^9) + (0,896^9)])$ na 32 % prepustnosti, kar se tudi ujema z izmerjeno vrednostjo 32 %.



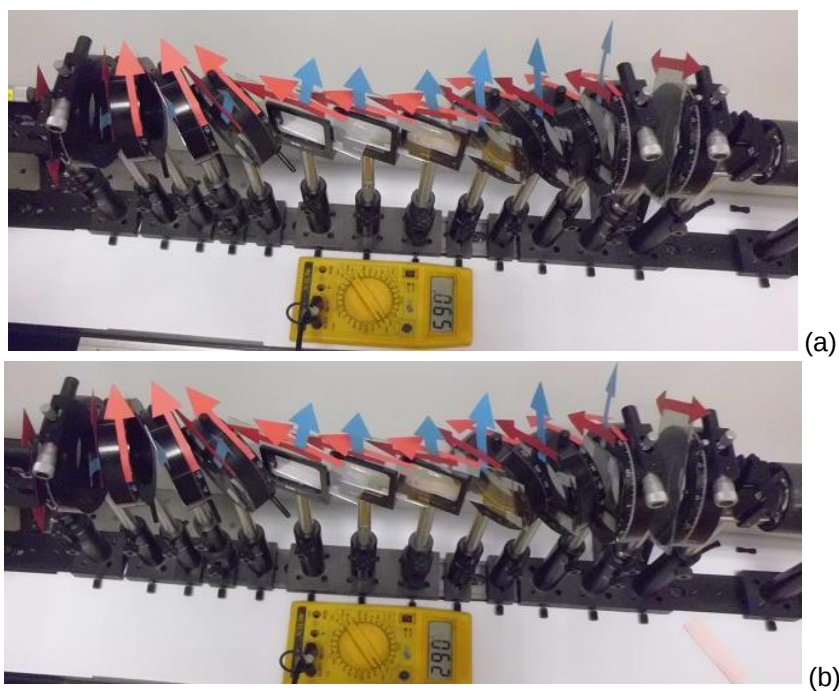
Slika 33: Z a) zeleno in b) rdečo lasersko svetlobo svetimo skozi model optično odprte TN-celice. Smer počasne osi v prvi foliji, označena z rdečo puščico, je vzporedna s prepustno smerjo vstopnega polarizatorja, označeno z rdečo dvojno puščico. V zadnji foliji je smer počasne osi, označena z rdečo puščico, vzporedna s prepustno smerjo izstopnega polarizatorja, kar ponazarja rdeča dvojna puščica. Vmesne plasti folij imajo počasne osi zasukane za 10° , kar ponazarjajo postopno zasukane rdeče puščice. Intenziteta prepuščene zelene laserske svetlobe je 0,244 V, kar je 29 % intenzitete vpadne svetlobe, intenziteta prepuščene rdeče laserske svetlobe pa je 0,103 V, kar je 32 % intenzitete vpadne svetlobe (Urankar, 2016).

Sklepamo, da model celice iz enakomerno zasukanih plasti folij s pedagoškega vidika dovolj dobro predstavlja prepuščanje različnih valovnih dolžin svetlobe oz. optično odprto stanje

tekočerkristalnih celic v različnih zaslonih, prikazovalnikih in delovanje aktivne tekočerkristalne celice v zaščitnih varilskih očalih.

V drugi postavitvi modela celice so dijaki ugotavljali, ali celica lahko predstavlja optično zaprto stanje TN-celice. Pri postavitvi modelske celice v ta namen obrnemo srednjih sedem plasti folij čim bolj v smeri razširjanja svetlobe oz. v smeri navideznega zunanjšega električnega polja. Dve plasti folij, ki sta sosednji obema polarizatorjema, obrnemo za manjši kot v smeri žarka, s čimer želimo posnemati stanje tekočerkristalne strukture v realni TN-celici (površina »drži« plast tekočerkristalnih molekul). Obrat srednjih plasti folij v smeri žarka oz. poravnava v smeri navideznega električnega polja (z električnim poljem krmilimo tekočerkristalne molekule v TN-celici) je dobro viden s pogledom na rdeče puščice od zgoraj, ki so na rotatorjih in nosilcih posameznih plasti folij od vstopnega do izstopnega polarizatorja (slika 34) (Urankar, 2016).

Intenziteta prepuščene zelene laserske svetlobe je 0,062 V oz. 7,4 % vpadne zelene svetlobe. Z zeleno lasersko svetlobo je bil dosežen kontrast 4 med optično odprtim in zaprtim stanjem celice. Intenziteta prepuščene rdeče laserske svetlobe je 0,065 V oz. 20 % vpadne rdeče svetlobe. Z rdečo lasersko svetlobo je bil dosežen kontrast približno 2 med optično odprtim in zaprtim stanjem celice. Ugotovimo, da takšen model celice nekaj bolj zatemni zeleno svetlobo kot rdečo svetlobo, saj doseže celica večji kontrast za zeleno svetlobo kot za rdečo svetlobo. Ugotavljamo tudi, da sistem zasukanih in hkrati obrnjenih folij v modelu celice za svetlobo različnih valovnih dolžin precej dobro predstavlja optično zaprto stanje tekočerkristalne celice.



Slika 34: Z a) zeleno in b) rdečo lasersko svetlobo posvetimo skozi model optično zaprte tekočerkristalne celice, smer počasne osi v prvi plasti folije je vzporedna s prepustno smerjo vstopnega polarizatorja. Intenziteta prepuščene zelene laserske svetlobe je 0,062 V oz. 7,4 % vpadne zelene svetlobe. Z zeleno lasersko svetlobo je bil dosežen kontrast 4 med optično odprtim in zaprtim stanjem celice. Intenziteta prepuščene rdeče laserske svetlobe je 0,065 V oz. 20 % vpadne rdeče svetlobe. Z rdečo lasersko svetlobo je bil dosežen kontrast približno 2 med optično odprtim in zaprtim stanjem celice (Urankar, 2016).

Dovolj veliko prisotno navidezno zunanje električno polje, ki obrača srednje plasti v modelski celici, nadzorovano izklopi oz. zatemni celico. Sklepamo, da izbrana struktura modelske celice, ki ponazarja delovanje realne TN-celice, omogoča nazoren pedagoški model za predstavitev optično zaprtega stanja tekočerkristalne celice.

Raziskovalna »žilica« dijake napelje, da preizkusijo tretjo postavitev modela celice in ugotavljajo prepustnost svetlobe. Konstrukcijo modela celice sestavimo tako, da smer počasne osi v prvi in zadnji foliji prekrizamo s prepustnima smerema vstopnega in izstopnega polarizatorja, vmes pa obrnemo srednjih sedem plasti folij čim bolj v smeri razširjanja svetlobe oz. v smeri navideznega zunanjega električnega polja (slika 34) (Urancar, 2016).

Ob tej postavitvi eksperimenta za ponazoritev optično zaprtega stanja celice izmerimo veliko manjšo intenziteto prepuščene svetlobe za valovni dolžini svetlobe (zeleno in rdečo) in lahko rečemo, da je celica bolj zatemnjena. To pomeni, da le s spremembo smeri polarizacije vpadne svetlobe lahko z modelom celice dosežemo veliko večje kontraste. Z zeleno lasersko svetlobo dosežemo kontrast 24 med optično odprtim in optično zaprtim stanjem celice. Z rdečo lasersko svetlobo pa dosežemo manjši kontrast 7, ki pa je vseeno 3,5 krat večji od prejšnje postavitve optično zaprte celice.

Izbrana modelska celica je izviren didaktični pripomoček, saj lahko s preprostim vrtenjem folij oz. spreminjanjem smeri počasnih ali hitrih osi v folijah ali s sukanjem folij v smeri razširjanja svetlobe v razredu pokažemo več različnih optičnih stanj tekočerkristalnih celic (optično odprto stanje in optično zaprto stanje), ki dovolj dobro ponazarjajo delovanje optičnega preklopnika v varilskih očalih.

Rezultati

Sklepna misel o pedagoški vrednosti opisanega modela in o njegovi povezavi z realnimi varilskimi očali in drugimi tekočerkristalnimi napravami (zasloni, prikazovalniki, optični preklopniki) je, da ne obravnava zgolj tehničnih podrobnosti enega modela, temveč ponuja celovit primer, kako visokotehnološki izdelek (zaščitna varilska očala) preoblikujemo v bogato učno situacijo. Ta povezuje sodobno tehnologijo, eksperimentalno delo, matematični opis in raziskovalni pristop ter tako pomembno prispeva k bolj poglobljenemu in trajnemu razumevanju optike v srednješolskem pouku fizike. Glavni poudarki eksperimentalnega pristopa poučevanja so motivacija, most med teorijo in prakso, povezava s pojmi v optiki, razvoj raziskovalne drže dijakov ter širše in trajnejše znanje.

Zaščitna varilska očala so močan motivacijski element: dijaki prepoznajo resnično življenjsko situacijo (varjenje, nevarnost za oči, varnost pri delu), ob tem pa jih preseneti, da »v notranjosti očal« delujejo relativno krhke in tanke plasti tekočega kristala in polarizatorjev.

Modelska celica iz folij in polarizatorjev predstavlja didaktični most med zapleteno konstrukcijo realnega filtra in matematičnim opisom optičnih pojavov. Dijakom omogoča, da sami merijo spremembe v intenziteti svetlobe, vidijo barve pri preskušanju več plasti folij in povezujejo opazovanja z modelom dvolomne ploščice in TN-celice.

Dijaki preko eksperimentov ugotavljajo razlike med polarizirano in nepolarizirano svetlobo, delovanje polarizatorjev, dvolomnost in fazno zakasnitev, pomen orientacije optičnih osi in zelene (ali rdeče) laserske svetlobe kot "preizkusnega žarka".

Dijake prevzame raziskovalna »žilica«, da lahko sama gradnja modela in njegova optimizacija (iskanje čim boljšega kontrasta, testiranje različnih postavitev plasti) vodi v postavljanje hipotez, načrtovanje poskusov, merjenje, obdelavo podatkov, primerjavo rezultatov s teoretično napovedjo in iskanje novih rešitev (bolj zatemnjena modelska celica).

Praktično pridobljeno znanje preko preizkušanja lastnosti cvetličarske folije in konstruiranja modela celice je za dijake veliko bolj razumljivo in trajno. Ta povezuje sodobno tehnologijo, eksperimentalno delo, matematični opis in raziskovalni pristop ter tako pomembno prispeva k bolj poglobljenemu in trajnemu razumevanju optike v srednješolskem pouku fizike. Model TN-celice iz folij ni uporaben le za razlago varilskih očal, temveč tudi kot splošni didaktični pripomoček pri razumevanju in razlagi delovanja LCD-zaslonov, predstavitvi optičnih preklopnikov in razpravi o povezavi med materialnimi lastnostmi (anizotropija, dvolomnost) in funkcionalnostjo naprednih optičnih naprav.

Pri eksperimentalnem delu dijaki vidijo nekaj različnih barv, ko postavijo več plasti cvetličarskih folij med prekrizana polarizatorja, kar se povsem razlikuje od zatemnjenih, za svetlobo nepropustnih dveh med seboj prekrizanih polarizatorjev.

Dijaki se naučijo določiti lastne osi optično anizotropni cvetličarski foliji med dvema prekrizanima polarizatorjema. Naučijo se z metodo kompenzacije z znanim retarderjem oceniti razliko med lomnima količnikoma za redni in izredni val v optično anizotropni foliji.

Dijaki spoznajo in izvajajo natančno merjenje prepustnosti, odbojnosti in absorpcije preizkušane cvetličarske folije. Pri tem je pomembna pravilna postavitev vseh optičnih elementov med preizkušanjem. Eksperimenta pokažeta, da folija prepušča svetlobo, polarizirano v obeh smereh lastnih osi približno enako dobro in da sta absorpcijska koeficienta za valovanje s polarizacijo vzporedno s počasno in hitro osjo folije v okviru napake enaka.

Dijaki se naučijo izvesti meritve dvolomnosti, fazne razlike in fazne zakasnitve cvetličarske folije. Spoznajo prilagajanje ujemanja meritev s teoretično napovedjo za intenziteto prepuščene svetlobe pri vseh treh vrstah preizkusov. Pri eksperimentiranju vidijo značilno barvo prepuščene svetlobe skozi eno plast cvetličarske folije med prekrizanima polarizatorjema in drugo barvo svetlobe med vzporednima polarizatorjema. Vidijo tudi značilne barve prepuščene svetlobe skozi več plasti cvetličarske folije med prekrizanima polarizatorjema in znajo izračunati povprečno vrednost dvolomnosti preiskovane folije. Na osnovi meritev se naučijo izračunati fazno razliko.

Dijaki uspešno konstruirajo več modelov celice za ponazoritev delovanja TN-celice. Model celice sestavijo iz več plasti cvetličarske folije, ki so med seboj različno zasukane, postavljene med polarizator in analizator z ustrezno orientacijo njunih prepustnih smeri. Osnovna ideja je, da realno TN-celico s 90° zasukom direktorja približamo z več plasti folije, kjer vsaka plast predstavlja »stopnico« v zasuku direktorske strukture. Če ima model npr. devet plasti, je zasuk med sosednjima plastema približno 10° . Takšna struktura posnema vijačno urejenost nematskega tekočega kristala v TN-celici. Dijaki uspešno sestavijo in preizkusijo:

- različna stanja z delno zatemnitvijo modela celice (slika 30),
- optično odprto stanje celice z maksimalno prepustnostjo svetlobe (slika 32),
- optično zaprto stanje celice z minimalno prepustnostjo svetlobe (slika 33).

Pri tem sistematično spreminjajo:

- orientacijo polarizatorja in analizatorja (vzporedna ali prekržana prepustna smer),
- orientacijo prve in zadnje plasti folije,
- smer in velikost zasuka optičnih osi posameznih plasti.

Pri vsaki postavitvi modela celice merijo z zelenim in rdečim laserskim virom, kolikšen delež svetlobe prehaja skozi model. Tako zgradijo pregledno sliko, kateri modeli dobro ponazarjajo odprto in zaprto stanje TN-celice in kakšne kontraste je mogoče doseči. Ugotovijo, da je za zeleno lasersko svetlobo mogoče doseči kontrast reda velikosti deset in več med odprtim in zaprtim stanjem modela. V poznejših izboljšavah in z nekoliko spremenjenimi debelinami oziroma številom plasti folije kontrast še povečajo.

Diskusija

Dijaki so preko eksperimentalnega dela, preizkušanja lastnosti cvetličarske folije in konstrukcije več modelov celice pridobili znanje in uspešno odgovorili na hipotetična tehnološka vprašanja.

Odgovor na prvo raziskovalno vprašanje, kako bi pripravili model tekočerkristalne celice, da bi bil uporaben kot slikovni element v prikazovalnikih oz. različnih zaslonih (računalniki, TV, prenosniki, informacijski terminali, navigatorji GPS, dlančniki, tablični računalniki ...), kjer naj bi bilo omogočeno prepuščanje različnih barv oz. različnih valovnih dolžin vidne svetlobe v optično odprtem stanju celice. Dijaki so ugotovili, da za konstrukcijo modela celice potrebujejo primerne materiale, folije, polarizatorje z ustreznimi lastnostmi. Učitelj je dijake pri raziskovalnem delu delno vodil skozi znanja fizike, ki se navezujejo na širjenje valovanja skozi optično anizotropne snovi. S preizkušanjem so spoznali več lastnosti optično anizotropne cvetličarske folije: prehod svetlobe skozi prekržana polarizatorja z vmesnimi plastmi folije; določanje lastnih osi folije; z metodo kompenzacije z znanim retarderjem oceniti razliko med lomnima količnikoma za redni in izredni val; spoznajo in izvajajo natančno merjenje prepustnosti, odbojnosti in absorpcije preizkušane cvetličarske folije; naučijo se izvesti meritve dvolomnosti, fazne razlike in fazne zakasnitve cvetličarske folije ter spoznajo prilagajanje ujemanja meritev s teoretično napovedjo za intenziteto prepuščene svetlobe pri vseh treh vrstah preizkusov; spoznajo značilno barvo prepuščene svetlobe skozi eno plast cvetličarske folije med prekržanima polarizatorjema in drugo barvo svetlobe med vzporednima polarizatorjema; spoznajo značilne barve prepuščene svetlobe skozi več plasti cvetličarske folije med prekržanima polarizatorjema; znajo izračunati povprečno vrednost dvolomnosti preiskovane folije in na osnovi meritev se naučijo izračunati fazno razliko.

Dijaki so našli odgovor tudi na drugo raziskovalno vprašanje, s katerim tehničnim modelom bi lahko ponazorili delovanje TN-celice v optično odprtem stanju, ko celica prepušča svetlobo, in v optično zaprtem stanju, ko je neprepustna za svetlobo? Uspešno so pripravili konstrukcijo modela celice za optično odprto stanje TN-celice (slika 32). Postavili so devet plasti folij v obliki vijačne strukture, tako da lastne osi zaporednih folij zasukamo za določen kot npr. 10° glede na predhodno plast, pri čemer je prva lastna os preizkušane folije ob polarizatorju vzporedna z njegovo prepustno smerjo. To je smiselni prikaz vijačne strukture tekočerkristalnih molekul v 90° TN-celici v optično odprtem stanju. Preverili so intenziteto prepuščene svetlobe različnih valovnih dolžin. Tudi za optično zaprto stanje modela celice so sestavili uspešno konstrukcijo (slika 33). Pri postavitvi modelske celice v ta namen so obrnili srednjih sedem plasti folij čim

bolj v smeri razširjanja svetlobe oz. v smeri navideznega zunanjega električnega polja. Dve plasti folij, ki sta sosednji obema polarizatorjema, pa so obrnili za manjši kot v smeri žarka, s čimer želimo posnemati stanje tekočerkristalne strukture v realni TN-celici.

Tudi na tretje raziskovalno vprašanje, kakšen model celice bi bil primeren za ponazoritev delovanja zaščitnih varilskih očal, kjer potrebujemo veliko intenziteto prepuščene svetlobe v optično odprtem stanju celice in tem boljše zatemnitev oz. čim večji kontrast v optično zaprtem stanju, so dijaki našli odgovor. Konstrukcijo modela celice so sestavili, tako da smer počasne osi v prvi in zadnji foliji prekrizamo s prepustnima smerema vstopnega in izstopnega polarizatorja, vmes pa obrnemo srednjih sedem plasti folij čim bolj v smeri razširjanja svetlobe oz. v smeri navideznega zunanjega električnega polja (slika 34).

Zaključek problemskega učenja je bil sklenjen, da tak model celice:

- verodostojno simulira prehod med optično odprtim in zaprtim stanjem tekočerkristalne celice,
- je cenovno dostopen, saj so materiali (cvetličarska folija, polarizacijske folije, laserska kazalka) relativno poceni,
- je robusten in primeren za delo v razredu,
- omogoča vidno in merljivo raziskovanje optičnih pojavov, ki so v realnih celicah skriti v zaprtih strukturah.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Rezultati magistrskega dela imajo pomembno uporabno vrednost tudi na področju STEM izobraževanja, saj povezujejo sodobne raziskave s praktičnimi, dijakom in študentom razumljivimi primeri iz vsakdanjega življenja. Razvoj aktivnega tekočerkristalnega LCD-filtra za zaščito oči pred močnimi svetlobnimi bliski je odličen primer interdisciplinarne povezave fizike, tehnike, elektronike, materialov in medicinske ter zaščitne opreme. Na eni strani gre za vrhunsko optično-raziskovalno vprašanje (kotno neodvisna zatemnitev, dvolomnost, polarizacija, preklonni časi, standardi varnosti), na drugi strani pa za zelo konkretno aplikacijo – varilska očala, medicinski instrumenti, optični senzorji in prikazovalniki.

Posebej pomemben prispevek z vidika STEM izobraževanja je razvoj preprostega didaktičnega modela tekočerkristalne celice, ki temelji na večplastni strukturi dvolomne cvetličarske folije in polarizacijskih filtrov. Ta model omogoča, da kompleksne pojme, kot so anizotropija, dvolomnost, polarizacija svetlobe, vpliv strukture materiala na optične lastnosti ter delovanje tekočerkristalnih celic, predstavimo na vizualen, eksperimentalen in dijakom dostopen način. Z enostavnim vrtenjem posameznih plasti in spreminjanjem njihove orientacije lahko dijaki in študenti neposredno opazujejo prehode med optično odprtim in optično zaprtim stanjem ter s tem razumljivo povežejo abstraktne fizikalne koncepte z realnim delovanjem aktivnega LCD-filtra.

Modelska celica iz enakomerno zasukanih plasti folij se lahko v STEM pouku uporabi kot osnova za raziskovalne in projektne naloge, pri katerih dijaki:

- preučujejo odvisnost prepustnosti svetlobe od števila in orientacije plasti folij,
- raziskujejo barvno sliko in spektralno prepustnost pri različnih valovnih dolžinah,
- povezujejo opažanja z realnimi napravami (zasloni, varilska očala, medicinski instrumenti),
- spoznavajo pomen mednarodnih varnostnih standardov in merilnih metod.

Tak didaktični model obenem ponazarja tudi povezavo med fizikalnim modeliranjem in inženirskim načrtovanjem: spremembe v strukturi plasti (podobno kot spremembe v orientaciji tekočega kristala zaradi električnega polja) vodijo do optimizacije delovanja naprave. To omogoča pristop »od učilnice do industrije«, kjer dijaki in študenti najprej spoznajo osnovne fizikalne pojave, nato pa preko modela razumejo, kako se ti pojavi uporabljajo pri razvoju konkretnega zaščitnega izdelka.

Raziskovalni rezultati zato ponujajo bogato izhodišče za sodoben, raziskovalno naravnani STEM pouk: od preprostih kvalitativnih demonstracij v osnovni in srednji šoli do kvantitativnih meritev in numeričnih optimizacij na univerzitetni ravni. S tem krepijo razumevanje optike in fotonike, spodbujajo interes za tehniške in naravoslovne poklice ter prispevajo k razvoju znanj, ki so ključna za varno in inovativno uporabo naprednih optičnih tehnologij v družbi.

Literatura in viri

- Berreman, D. W. in Heffner, W. R. (1981). New bistable liquid-crystals twist cell. *Journal of Applied Physics*, 52, 3032.
- De Gennes, P. G. in Prost, J. (1993). *The physics of liquid crystals*. Clarendon Press.
- Hecht, E. (1998). *Optics* (3. izd.). Addison Wesley Longman.
- Jones, R. C. (1948). A new calculus for the treatment of optical systems. *Journal of the Optical Society of America*, 38(8), 671. (Reprint: OSA Publishing. <http://dx.doi.org/10.1364/JOSA.38.000671>)
- Kalotni model molekule MBBA. (2014). http://www.itp.physic.tu-berlin.de/muschik/liquid_crystals/, 4. 9. 2014
- Ministrstvo za šolstvo in šport. (2014). *Razvoj naravoslovnih kompetenc: Kompetence specifične za fizikalne vsebine po šolski vertikali – Rezultati, pregled opravljenega dela* <http://kompetence.uni-mb.si/rezultati.html>
- Moni, X. (2013). An information hub for monitors: Liquid crystal displays – Basic working principles of LCD panel. <http://qxwujoey.tripod.com/lcd.htm>
- Oswald, P. in Pieranski, P. (2005). *Nematic and cholesteric liquid crystals: Concepts and physical properties*. Taylor & Francis.
- Pavlin, J., Urankar, B., Susman, K., Zihlerl, S., Gostinčar-Blagotinšek, A., Vaupotič, N. in Čepič, M. (2010). A drop of liquid crystals in school. In *Teaching and learning physics today: Challenges? Benefits?* Université de Reims.
- Pirš, J., Vrečko, A., Pirš, S. in Marin, B. (2011). *Variable contrast, wide viewing angle liquid crystal light attenuation filter* (European Patent EP 1 883 854; U.S. Patent No. 8,026,998). U.S. Patent and Trademark Office.
- Sciencenet.cn. (2013). Polarization optics – Jones matrix. <http://image.sciencenet.cn/olddata/kexue.com.cn/bbs/upload/11344ch3.pdf>
- SID Information Display. (2012). A brief history of key areas in display technology. *Information Display Online*. <http://informationdisplay.org/IDArchive/2012/JulyAugust/PartIABriefHistoryofKeyAreasinDisplayTE.aspx>

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

- Tehnična dokumentacija. (2007). *Proizvodni proces izdelave fotopičnega filtra za ADC+ optični filter*. Balder, Ljubljana.
- Urankar, B. (2008). *Les in mikrovalovi* (Diplomsko delo). Ljubljana.
- Urankar, B. (2016). *Aktivni tekočerkristalni optični zaščitni filtri* [Magistrsko delo]. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko.
- Vaupotič, N. (2015). *Optično enoosni materiali* [zapiski predavanj]. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko.
- Vilfan, M. in Muševič, I. (2002). *Tekoči kristali*. DMFA-založništvo.
- Ziherl, S., Bajc, J., Urankar, B. in Čepič, M. (2010). Anisotropy of wood in the microwave region. *European Journal of Physics*, 31, 531.

Stvarno kazalo

A

Anketni vprašalnik · 151, 195, 199, 206, 225,
227, 235, 244, 255, 326, 330, 331, 357

B

Bibliometrija · 5, 11, 21, 22, 45, 62, 67

C

Cilji trajnostnega razvoja · 6, 13, 16, 21, 22,
30, 64, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 104, 117,
144, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315,
316, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324,
325, 328, 329

Cronbach α · 139, 151, 153, 154

Č

Čas, preživet pred zasloni · 280, 282, 283,
284, 286, 288, 289, 290

Čas, preživet v naravi · 231, 272, 280, 282,
283, 284, 287, 288, 289, 290, 297, 298,
304, 305, 324

Čebele · 6, 9, 280, 281, 282, 283, 284, 285,
286, 288, 289, 290

Četrti razred · 103, 107, 295, 297

D

Didaktični pripomočki · 250, 251, 254, 255,
257, 258, 259, 260, 262, 430, 434, 435

Digitalna orodja · 15, 30, 32, 33, 66, 76, 78, 79,
80, 86, 191, 195, 198, 212

Digitalna preobrazba · 2, 3, 5, 29, 181, 193,
210

Digitalne kompetence · 5, 8, 28, 30, 43, 48, 52,
55, 57, 58, 73, 76, 78, 79, 80, 81, 84, 134,
178, 181, 182, 183, 188, 189, 193, 273, 313

Dodatna strokovna pomoč · 6, 263, 352, 353,
354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361,
362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 370,
371, 372, 373

Dvolomnost · 7, 400, 403, 405, 408, 410, 411,
412, 413, 416, 417, 422, 423, 426, 427,
429, 430, 434, 435, 436, 437

E

Ekofakulteta · 326, 329, 331, 332, 348

F

Fina motorika · 250, 251, 253, 257, 258, 260

G

Generativna umetna inteligenca · 5, 97, 119,
120, 121, 122, 123, 125, 129, 130, 131,
132, 133, 179, 189, 193

Grafomotorika · 6, 250, 251, 252, 253, 254,
255, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263

I

Igra · 124, 198, 200, 201, 205, 206, 207, 212,
217, 218, 222, 223, 231, 240, 244, 250,
251, 253, 254, 255, 256, 257, 259, 260,
261, 262, 263, 310

iNaturalist · 6, 264, 265, 266, 267, 268, 271,
273, 275, 276, 277, 278, 279, 293

Informacijsko-komunikacijska tehnologija · 5,
7, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 32, 33,
35, 43, 45, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76,
78, 79, 93, 181, 195, 196, 197, 198, 199,
200, 201, 202, 205, 206, 207, 208, 382

Intervju · 172, 213, 221

Izobraževanje in vzgoja za trajnostni razvoj ·
280

Izobraževanje učiteljev · 7, 11, 13, 16, 18, 19,
21, 22, 23, 39, 40, 43, 44, 45, 47, 48, 49,
50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60,
61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 72, 73,
74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 83, 85, 86, 119,
305, 314, 325, 375, 376, 380

Izobraževanje za trajnostni razvoj · 6, 15, 16,
17, 22, 24, 27, 31, 76, 85, 113, 280, 281,
311, 312, 313, 328, 329, 345, 350

Izvajalci dodatne strokovne pomoči · 352, 353,
354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361,
364, 365, 370, 372

K

Klastrska analiza · 103, 107, 108, 109, 110,
111, 113

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

Kompetence · 5, 7, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 21,
22, 25, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 45, 49, 52,
53, 54, 55, 59, 60, 62, 63, 64, 68, 69, 71,
72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83,
84, 85, 86, 87, 104, 113, 114, 131, 142,
148, 152, 165, 166, 170, 178, 181, 182,
183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 191,
195, 197, 199, 206, 207, 212, 227, 232,
233, 264, 276, 280, 295, 305, 310, 313,
323, 324, 328, 348, 353, 354, 356, 374,
377, 382, 383, 394, 396, 438

Kompetence učencev · 16

Kompetence učiteljev · 71, 114

Koordinacija oko-roka · 250, 253, 256, 257,
258, 261, 262

M

Metakognitivni procesi · 176, 374, 377, 381
Model celice · 400, 413, 414, 422, 430, 431,
432, 433, 434, 435, 436, 437

N

Naravoslovno znanje · 295, 296, 297, 298,
301, 304, 305

O

Občanska znanost · 6, 264, 265, 266, 267,
273, 275, 276, 278
Obdelava naravnega jezika · 19, 119, 123,
125, 129, 130, 133
Odnos do okolja · 295, 328
Opazovanje · 107, 112, 141, 142, 145, 173,
183, 212, 218, 220, 224, 250, 252, 254,
255, 256, 258, 260, 262, 265, 266, 284,
362, 411, 434
Opazovanje otrok · 220, 250, 254
Osnovna šola · 103, 104, 106, 107, 111, 112,
113, 139, 145, 149, 153, 171, 175, 176,
185, 208, 230, 252, 263, 264, 267, 275,
282, 295, 296, 307, 308, 309, 310, 313,
315, 316, 322, 323, 325, 352, 353, 372, 373

P

Pedagoška praksa · 40, 44, 63, 107, 111, 112,
113, 121, 122, 146, 189, 225, 280, 374,
380, 381, 383, 396
Pedagoška sprememba · 5, 7, 11, 14, 17, 19,
22, 23, 24, 31, 33, 34, 36, 38, 41, 42, 45,
55, 84

Poučevanje · 7, 12, 13, 15, 17, 18, 23, 24, 26,
27, 28, 29, 30, 31, 32, 40, 41, 42, 43, 44,
47, 52, 53, 55, 61, 62, 65, 66, 67, 68, 69,
70, 75, 81, 93, 103, 111, 113, 114, 118,
119, 121, 132, 139, 144, 145, 167, 168,
169, 170, 171, 173, 180, 188, 198, 206,
212, 231, 266, 305, 311, 325, 349, 352, 353,
355, 356, 357, 359, 360, 361, 362, 363,
364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371,
373, 374, 375, 376, 377, 379, 381, 382,
383, 384, 385, 386, 388, 389, 392, 394,
395, 396, 400, 434

Predmetni učitelj · 352, 356, 357, 358, 359,
360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 370

Predmetni učitelji · 6, 352, 356, 357, 358, 359,
360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 370

Predšolska vzgoja · 51, 57, 195, 213, 216,
221, 222, 224, 225, 227, 232, 263

Predšolski otroci · 6, 195, 197, 205, 206, 207,
210, 212, 215, 217, 218, 219, 223, 230,
244, 250, 254, 261

Program Ekošola · 326, 329

R

Razvoj pisanja · 250, 252

Refleksija · 7, 19, 29, 30, 32, 57, 68, 74, 113,
114, 131, 140, 141, 143, 146, 147, 148,
165, 166, 170, 171, 172, 173, 178, 180,
182, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 212,
221, 227, 238, 242, 246, 355, 372, 374,
378, 379, 380, 381, 382, 383, 388, 389,
390, 393, 395, 396, 397

Reševanje problemov · 5, 14, 15, 19, 20, 24,
26, 27, 28, 29, 31, 54, 56, 60, 61, 62, 65,
68, 73, 75, 77, 79, 83, 86, 104, 105, 111,
124, 125, 131, 132, 141, 144, 147, 148,
171, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187,
188, 191, 211, 212, 217, 218, 221, 222,
227, 228, 230, 232, 233, 238, 245, 254,
274, 275, 376, 377, 378, 382

S

Sistemske razmišljanje · 6, 7, 14, 15, 29, 73,
76, 82, 84, 85, 198, 224, 227, 228, 230,
231, 232, 233, 234, 236, 237, 238, 239,
240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248

Socialna vključenost · 6, 352, 355, 356, 357,
358, 359, 364, 365, 366, 370, 371, 372, 373

Sodelovanje s strokovnimi delavci · 356

Spodbujanje ustvarjalnosti · 103, 104, 113,
116, 210, 211

Starši predšolskih otrok · 195, 199

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

STEAM izobraževanje · 6, 210, 211, 212, 213,
221, 222, 223, 224
Strojno učenje · 119, 120, 122, 123, 124, 126,
132, 180, 181, 187, 190
Super zasukana struktura tekočega kristala
STN LCD · 400

Š

Študenti matematike · 7, 374, 380, 381

T

Tehnična vzgoja · 219, 227, 233, 234, 242,
243, 246, 247
Tehnologija pri pouku · 32
Tekoči kristali · 7, 400, 401, 402, 403, 406,
408, 410, 411, 412, 427, 439
Timsko poučevanje · 6, 30, 352, 353, 354, 355,
356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363,
364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372
TIMSS · 6, 9, 295, 296, 297, 304, 305, 306
Trajnostne kompetence · 16, 30, 82, 113
Trajnostni razvoj · 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15,
16, 20, 21, 22, 27, 31, 33, 39, 40, 45, 49,
52, 53, 55, 65, 68, 69, 72, 73, 75, 78, 79,
81, 83, 104, 113, 210, 211, 219, 232, 264,
274, 276, 281, 297, 304, 305, 309, 310,
311, 312, 313, 314, 315, 316, 320, 321,
322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329,
333, 334, 341, 342, 345, 346, 349, 350, 351
Trajnostno vedenje · 280, 313, 326, 327, 328,
331, 341, 342, 345, 347
Transformativno izobraževanje · 2, 3, 5, 30,
210

U

Učenci s primanjkljaji na posameznih področjih
učenja · 6, 352, 353, 355, 356, 357, 358,
359, 360, 362, 363, 364, 365, 366, 367,
368, 370, 371, 372, 373
Učitelji · 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 15, 16, 17, 18,
19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29,
30, 31, 32, 33, 36, 37, 39, 41, 43, 44, 45,
46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56,
57, 58, 59, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70,
71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82,
83, 84, 85, 86, 105, 107, 110, 111, 112,
113, 121, 131, 132, 133, 139, 140, 148,
149, 151, 172, 173, 178, 179, 180, 181,
183, 188, 190, 191, 197, 211, 230, 263,
264, 266, 267, 273, 275, 276, 297, 306,
310, 312, 323, 329, 350, 352, 353, 354,

355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 363,
364, 365, 367, 368, 369, 370, 371, 372,
373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380,
394, 397

Učni cilji · 28, 64, 70, 141, 170, 182, 189, 309,
310, 314, 315, 319, 384, 386, 387, 388,
391, 392, 395, 413

Učni načrti · 6, 23, 27, 32, 41, 86, 132, 133,
141, 180, 211, 222, 266, 296, 297, 306,
307, 308, 309, 310, 313, 314, 316, 319,
322, 323, 324, 325, 328, 329, 376

Umetna inteligenca · 2, 3, 5, 7, 8, 11, 13, 15,
17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 30, 32,
33, 35, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 50, 54, 55,
57, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 70, 71,
72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82,
83, 84, 85, 86, 119, 120, 121, 122, 123,
124, 126, 128, 131, 132, 133, 178, 179, 180,
181, 182, 183, 184, 185, 187, 188, 189,
190, 191, 192, 211

Ustvarjalna klima · 103, 105, 106, 107, 108,
109, 110, 111, 112, 113, 114

Ustvarjalnost · 5, 11, 13, 14, 17, 18, 19, 24, 28,
29, 31, 43, 49, 52, 85, 86, 104, 105, 106,
109, 111, 112, 113, 130, 131, 140, 143,
144, 147, 167, 175, 188, 191, 210, 211,
212, 217, 219, 220, 221, 222, 223, 224,
225, 228, 230, 245, 251, 252, 254, 354, 359

V

Veliki jezikovni modeli · 44, 119, 121, 127, 128,
130, 131, 132, 133, 188, 189

Veljavnost · 19, 139, 152, 161, 162, 173, 375,
376

Veščine · 2, 3, 5, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19,
20, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 34,
45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55,
56, 57, 58, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 119, 134,
140, 142, 144, 145, 147, 148, 152, 153,
155, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 165,
166, 167, 170, 182, 192, 198, 206, 207,
210, 211, 212, 221, 222, 227, 228, 230,
231, 232, 233, 244, 248, 251, 254, 304,
326, 327, 329, 347, 356, 374, 376, 382, 396

Veščine 21. stoletja · 2, 3, 5, 7, 11, 13, 19, 23,
24, 25, 34, 45, 46, 47, 55, 56, 71, 73, 167,
210, 211, 230, 248

Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj · 3,
6, 9, 16, 21, 64, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76,
78, 79, 80, 81, 84, 114, 274, 276, 280, 281,
282, 283, 290, 305, 306, 308, 311, 312,
313, 325, 347, 348, 349, 350, 351

Vzgojitelji · 6, 57, 195, 197, 199, 200, 201,
202, 205, 206, 207, 210, 212, 213, 214,

*Transformativno izobraževanje učiteljev v dobi digitalne preobrazbe šolstva
in umetne inteligence za trajnostno družbo*

215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 227, 230, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 251, 255, 261, 263 Vzgojitelji in strokovni delavci · 6, 213, 217, 218, 219, 220, 227, 233, 234, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 244, 245, 246, 247, 248	Z Zanesljivost · 74, 107, 112, 121, 128, 132, 139, 151, 152, 153, 160, 180, 234, 238 Zanimanje za naravo · 217, 264, 266, 267, 273, 276, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 328, 349, 439
---	---

