



Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

Stanislav Avsec
urednik

Univerza v Ljubljani
Pedagoška fakulteta



Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

Urednik

Stanislav Avsec

Ljubljana, 2021

**Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin
21. stoletja**

Urednik izr. prof. dr. Stanislav Avsec

Recenzenta prof. dr. Vesna Ferk Savec in doc. dr. Andrej Flogie

Tehnična urednica Brina Kurent

Izdala in založila Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani

Za izdajatelja izr. prof. dr. Janez Vogrinc, dekan

Oblikovanje naslovnice Brina Kurent

Dosegljivo na (URL) <http://pefprints.pef.uni-lj.si/>

© Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani 2021

Za jezikovno ustreznost so odgovorni avtorji
prispevkov.

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

COBISS.SI-ID= 67941123

ISBN 978-961-253-278-9 (pdf)

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

Avtorji prispevkov po abecednem redu

Avsec Stanislav

Oblak Tamara

Perše Tina

Rihtaršič David

Šuligoj Veronika

Tomori Dobrović Polona

Urbas Nejc

Predgovor

Pomembnosti kakovosti izobraževanega sistema kot enega ključnih dejavnikov za konkurenčnost na inovacijah gnanega gospodarstva se zavedajo povsod po svetu. To je posledica vse večje ambicije izobraževalnih ciljev in širšega pogleda na to, kaj lahko mladi dosežejo oz. so sposobni narediti. Premik osredinjenosti izobraževanih strategij in metod poučevanja ter učenja na samega učenca/dijaka/študenta odraža bolj vključujoč pogled na to, kdo se lahko uči in kako, namenjen vsem, da to storijo na višji ravni. Prav tako se povečuje spoznanje, da je inovacijsko učenje ključen element vsakega konkurenčnega izobraževanja za razvijanje znanja in spretnosti, potrebnih v 21. stoletju.

Snovanje in snovalsko razmišljanje je neločljiv del številnih industrijskih in komercialnih dejavnosti. Izobraževalne institucije po vsem svetu so vložile veliko truda, da bi svoje učence/dijake/štoludente pripravile na znanje in veščine, ki jih zahtevajo organizacije 21. stoletja. Številne raziskave kažejo, da je snovalsko razmišljanje v zadnjem desetletju pridobilo na priljubljenosti in pomembnosti v kontekstu celotne vertikale vzgoje in izobraževanja, vendar te študije le redko obravnavajo učinke snovalskega razmišljanja na učne dosežke in na transformativno učenje. Učeči ob razvijanju snovalskega razmišljanja doživljajo interdisciplinarno timsko delo, ki vključuje zainteresirane deležnike socialnega, gospodarskega in tudi političnega oz. odločevalskega okolja.

Že tretjo leto zapored smo se na Katedri za tehniško izobraževanje Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani odločili, da podamo in objavimo nove znanstvene ugotovitve tehniškega izobraževanja v slovenskem prostoru tudi v obliki izdaje monografske publikacije, tokrat z naslovom *Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja*. Monografija predstavlja logično nadaljevanje predhodno objavljenih in dobro sprejetih monografij *Optimizacija pouka vsebin tehnike in tehnologije* ter *Prispevki k optimizaciji učinkovitosti tehniškega izobraževanja*, tokrat s poudarkom na posebnostih snovalskega razmišljanja od vrtca do univerzitetnega tehniškega izobraževanja.

Večina razprav o veščinah 21. stoletja se osredotoča na dejstvo, da mora izobraževalni program vsebovati več učnih aktivnosti, vsebin, metod in primerno okolje za spodbujanje kritičnega mišljenja, ustvarjalnosti, inovativnosti, sodelovanja, komunikacije, digitalne in tehnološke pismenosti ter vodstvenih sposobnosti in veščin funkcioniranja v globalni družbi.

Veronika Šuligoj in Stanislav Avsec ugotavljata, da tradicionalno poučevanje različnih študijskih področjih ne zadostuje zahtevam in tehnološkemu napredku svetovnih industrij. Poleg tega bo konkurenčnost nacionalnega gospodarstva padla, če nacionalni izobraževalni sistem ne bo mogel podpirati tržnih potreb. Eno rešitev je moč videti v interdisciplinarnem izobraževanju, kjer vsaka disciplina ali akademski predmet nudi najboljše strategije, metode in orodja za izboljšanje snovalskih rešitev. Poudarjata tudi, da bi lahko kritično razmišljanje študentov izrazito vplivalo na njihovo sposobnost kreativnega snovanja. Načini poučevanja posameznih smeri oz. disciplin se lahko prenašajo na različna področja znanja in spretnosti.

Snovalsko razmišljanje kot napreden model poučevanja se uporablja marsikje, največkrat nevede, saj se učitelji niti ne zavedajo, da delajo po tem modelu kar navajata Nejc Urbas in Stanislav Avsec. V prispevku z naslovom *Snovalsko razmišljanje učencev od 6. do 8. razreda*

osnovne šole sta razčlenila tudi profil snovalca in določila vpliv snovalskega razmišljanja na splošno sposobnost razvijanja idej ter na sposobnost miselnega preskoka pri osnovnošolcih. Poudarjata tudi, da je ustvarjalnost pri snovanju močno pogojena s procesom dela in osredotočenostjo na rešitve in manj na konceptualno in faktografsko znanje ter problemsko situacijo, ki je povezana s samim uporabnikom.

Avtorja Polona Tomori Dobrovič in Stanislav Avsec poudarjata, da je potrebno bolj spodbujati samo snovanje za razvijanje tehniške ustvarjalnosti že v predšolskem obdobju. Opredelitev ustvarjalnosti in tehniške ustvarjalnosti v splošnem predstavlja svojevrsten izziv, za predšolsko obdobje pa je umestitev še toliko bolj kompleksna. Upoštevati je potrebno tudi ustrezne konceptualne razsežnosti tehnike in tehnologije in iz njih določiti etape in cilje za uresničevanje dejavnosti s področja tehnike v vrtcu. Dokazala sta tudi učinkovitost snovalskih delavnic modeliranja, ob direktni manipulaciji z naravnimi masami, na dvig ustvarjalnosti otrok. Zaznala sta tudi pojav skupnega razmišljanja otrok ob dejavnostih. Le-to vznikne, ko skupina otrok deluje s skupnim ciljem, da na intelektualen način razrešijo nek problem, razjasnijo nek koncept, ovrednotijo neko aktivnost, kar je že prava redkost v predšolskih aktivnostih. Avtorja poudarjata tudi velik pomen dobrega usposabljanja in izobraževanja oseb, ki delajo v predšolski vzgoji, predvsem na razvoj otrokovih socialnih in kognitivnih zmožnosti.

Tamara Oblak in Stanislav Avsec izpostavita ustvarjalnost kot eno izmed pomembnih veščin 21. stoletja, ki je močno prisotna pri vsakem postopku snovanja in konstruiranja, tako v razredu kot tudi v panogah gospodarskih dejavnosti in vsakdanjem življenju, zato ga moramo razvijati na celi vertikalni šolanja in čez. Ob implementaciji učenja s poizvedovanjem v 8. in 9. razredu osnovne šole sta spodbujala ustvarjalnost učencev in učinkovito izmerila učinek pouka. Raziskava je pokazala, da ustvarjalni učitelj in njegova vpletenost ni dovolj za učinkovit razvoj tehniške ustvarjalnosti pri učencih, medtem ko so primerno artikulirane aktivne oblike učenja lahko primeren vzvod za kreativnost učencev zlasti ob sodobnih in aktualnih vsebinah širšega področja tehnologij in spodbudnem učnem okolju.

Čeprav se informacijsko-komunikacijska tehnologija v izobraževanju hitro razvija in spreminja, je lahko uporaba umetne inteligence zelo pomembna v dolgoročnem načrtovanju učenja za spodbujanje veščin 21. stoletja. David Rihtaršič v svojem prispevku navaja, da v poučevanju tehnike, naravoslovja, matematike in računalništva hitro narašča število različnih učnih projektov, ki temeljijo na krmilnikih Arduino. Izpostavi tudi možnost, da so samostojno zasnovane in izdelane merilne naprave lahko izdelane zelo namensko in prilagojene glede na potrebe učiteljev in eksperimenta, kar še dodatno izboljša proces snovanja. To dokaže tudi v raziskavi in izpostavi pomen sodelovanja in delitev učnega materiala za učinkovit pouk in razvijanje skupnega razmišljanja študentov ob dejavnostih temelječih na učenju s snovanjem.

Induktivne metode poučevanja predstavljajo nasprotje od klasičnega, tradicionalnega pouka, saj v ospredje postavljajo učenca in od njega zahtevajo neprestano aktivnost in uporabo višjih kognitivnih procesov. Avtorja Tina Perše in Stanislav Avsec poudarjata, da so projektno učno delo, učenje s poizvedovanjem in problemski pouk ustrezne metode za umestitev pristopa snovalskega razmišljanja v pouk osnovne šole. Dokazala sta tudi, da uporaba hitrega prototipiranja in testiranja izdelkov, kot pomembnih faz v snovalskem razmišljanju, lahko vpliva na razvoj kritičnega mišljenja pri učencih 8. razreda, vendar le ob pravilni artikulaciji snovalskega razmišljanja v kontekstu učenja s poizvedovanjem.

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

Monografijo smo oblikovali z željo, da bi tako vzgojitelji in učitelji kot tudi snovalci učnih načrtov vsebin tehnike in tehnologije od vrtca do univerzitetnega tehniškega izobraževanja dobili navdih za svoje delo in s ciljno vključitvijo predlaganih metod, strategij in izobraževalnih modelov značilno izboljšali samo učno dejavnost. Želimo si, da vsebine tehnike in tehnologije na vseh nivojih vzgoje in izobraževanja postanejo mednarodno bolj primerljive in cenjene ter kot take vir motivacije in vzvod konkurenčnosti učečih pri prehodu na višje stopnje šolanja, kot tudi posameznikov za funkcioniranje v tehnološko pogojeni družbi 21. stoletja.

Stanislav Avsec, urednik

VSEBINA

**RAZISKOVANJE MEDDISCIPLINARNEGA SNOVALSKEGA RAZMIŠLJANJA V
VISOKOŠOLSKEM TEHNIŠKEM IZOBRAŽEVANJU ZA RAZVOJ VEŠČIN 21. STOLETJA**
INVESTIGATING INTO INTERDISCIPLINARY TECHNOLOGY AND ENGINEERING DESIGN
THINKING FOR DEVELOPING THE 21ST CENTURY SKILLS

Veronika Šuligoj in Stanislav Avsec 10

SNOVALSKO RAZMIŠLJANJE UČENCEV OD 6. DO 8. RAZREDA OSNOVNE ŠOLE
DESIGN THINKING IN 6- TO 8-GRADERS OF ELEMENTARY SCHOOL

Nejc Urbas in Stanislav Avsec 28

**TEHNIŠKA USTVARJALNOST V PREDŠOLSKEM OBDOBJU: PREIZKUS
USTVARJALNEGA MIŠLJENJA Z RISANJEM (TCT-DP) OB IZVEDBI TEHNIČNIH
DEJAVNOSTI V VRTCU**

TECHNICAL CREATIVITY IN PRESCHOOL PERIOD: TESTING CREATIVE THINKING (TCT-DP) AT
PERFORMANCE OF TECHNICAL ACTIVITIES IN KINDERGARTEN

Polona Tomori Dobrovič in Stanislav Avsec 60

**TEHNIŠKA USTVARJALNOST PRI UČENJU S POIZVEDOVANJEM V 8. IN 9. RAZREDU
OSNOVNE ŠOLE**

DEVELOPING TECHNICAL CREATIVITY IN 8TH AND 9TH GRADE ELEMENTARY SCHOOL PUPILS
USING INQUIRY-BASED LEARNING

Tamara Oblak in Stanislav Avsec 100

**UPORABA ODPRTIH VIROV ZA SNOVANJE NIZKO-CENOVNEGA MERILNEGA
SISTEMA V STEM IZOBRAŽEVANJU**

USING AN OPEN-SOURCES RESOURCES FOR DESIGNING A LOW-COST DAQ SYSTEM IN STEM
EDUCATION

David Rihtaršič 133

POIZVEDOVALNO UČENJE S POMOČJO 3D TISKA V 8. RAZREDU OSNOVNE ŠOLE
INQUIRY-BASED LEARNING OF EIGHTH GRADERS USING 3D PRINTING

Tina Perše in Stanislav Avsec 150

RAZISKOVANJE MEDDISCIPLINARNEGA SNOVALSKEGA RAZMIŠLJANJA V VISOKOŠOLSLEM TEHNIŠKEM IZOBRAŽEVANJU ZA RAZVOJ VEŠČIN 21. STOLETJA

INVESTIGATING INTO INTERDISCIPLINARY TECHNOLOGY AND ENGINEERING DESIGN THINKING FOR DEVELOPING THE 21ST CENTURY SKILLS

Veronika Šuligoj, Stanislav Avsec

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Tradicionalno poučevanje različnih študijskih področjih ne zadostuje zahtevam in tehnološkemu napredku svetovnih industrij. Poleg tega bo konkurenčnost nacionalnega gospodarstva padla, če nacionalni izobraževalni sistem ne bo mogel podpirati tržnih potreb. Eno rešitev je moč videti v interdisciplinarnem izobraževanju, kjer vsaka disciplina ali akademski predmet nudi najboljše strategije, metode in orodja za izboljšanje snovalskih rešitev. Zdi se, da snovanje spreminja način, kako vodilna podjetja ustvarjajo vrednost. Kljub pomembnosti snovalskega razmišljanja je bilo o interdisciplinarnem povečanju narejenih malo raziskav in jasna artikulacija učinkov kognitivnih domen še vedno ni znana. Študija raziskuje, kako študenti zaznavajo kritično mišljenje, njihove izkušnje s kritičnim mišljenjem, sposobnosti ustvarjalnega snovanja na različnih študijskih smereh in raziskuje korelacijo med stališči in prepričanjem študentov do kritičnega mišljenja ter njihovimi sposobnostmi snovanja. Zbran je bil vzorec 268 študentov, starih 21–23 let. Študijske smeri študentov vključujejo (predmetno) poučevanje tehnike in tehnologije, kemijsko inženirstvo, elektrotehniko in računalništvo ter strojništvo. Pri vseh, kritično mišljenje in snovalsko razmišljanje, veljata kot pomembni interdisciplinarni sposobnosti. Naše ugotovitve kažejo, da bi lahko kritično razmišljanje študentov izrazilo vplivalo na njihovo sposobnost kreativnega snovanja. Načini poučevanja posameznih smeri se lahko prenašajo na različna področja znanja in spretnosti. Ugotovili smo, da so najbolj kreativni snovalci študenti strojništva, zlasti glede originalnosti in uporabnosti snovanja, medtem ko bi bilo njihovo divergentno razmišljanje lahko izboljšano z metodami, ki se uporabljajo v izobraževanju študentov poučevanja tehnike in tehnologije. Študenti elektrotehnike in računalništva so v prednosti, ko uporabljamo interdisciplinarne metode za izboljšanje razumevanja, ki so zapisane v kemijskem in strojniškem inženirskem kurikulumu. Predlagamo tudi, da bi študentke, z visoko sposobnostjo divergentnega razmišljanja in kritičnega mišljenja, lahko izboljšale timsko učenje in sprejemanje odločitev, kjer je mogoče prenosljive veščine izboljšati skupaj s pedagoškimi vsebinami. Študija bo koristila visokošolskim učiteljem in snovalcem inženirskih učnih načrtov z optimizacijo inženirskega izobraževanja za večjo konkurenčnost na svetovnem trgu.

Ključne besede: kritično mišljenje, snovalsko razmišljanje, interdisciplinarnost, sposobnost kreativnega snovanja, korelacijska analiza.

Abstract

Traditional disciplinary teaching does not adequately handle the demands and technological advances of global industries. Moreover, the competitiveness of a national economy will fall if the nation's education system is unable to support market needs. One solution is seen in interdisciplinary education, where each discipline or academic major provides best strategies, methods and tools to enhance design solutions. Seemingly, design transforms the way leading companies create value. Despite the importance of design thinking, there has been little research on interdisciplinary augmentation and the clear articulation of cognitive domain effects is still missing. The present study explores students' perceptions of and experiences in critical thinking and students' creative design ability in different study disciplines and explores correlations between students' attitudes and beliefs towards critical thinking and their design thinking ability. A sample of 268 students aged 21–23 years was collected. The students' majors include preservice technology and engineering teachers' education, chemical engineering, electrical and computer engineering, and mechanical engineering. For all subjects, critical thinking and design thinking are considered important interdisciplinary capabilities. Our findings suggest that the students' critical thinking might markedly affect their creative design ability. The ways in which each discipline is taught can be transferred across different knowledge and skill domains. We found that the most creative designers are mechanical engineering students, especially in terms of the originality and usefulness of design, while their divergent thinking ability might be improved with methods used in technology and engineering teacher education. Electrical and computer engineering students can benefit when interdisciplinary methods for improving understanding are applied as evidenced by the chemical and mechanical engineering curriculum. We also suggest that female students, who dominate in divergent thinking and critical thinking, might improve team learning and decision-making where transferable skills can be enhanced along with pedagogical content knowledge. The present work will benefit engineering curriculum designers and instructors through the optimisation of engineering education for better competitiveness in the global market.

Key words: critical thinking, design thinking, interdisciplinarity, creative design ability, correlation analysis.

Uvod

Obkroženi smo s številnimi zapletenimi in hitro spreminjajočimi se vprašanji, ki jih ni mogoče rešiti le s tehnološkim znanjem. Družba zato potrebuje zelo kompetentne ljudi za reševanje problemov in izboljšanje našega življenjskega okolja (Runco, 2004; Ardies idr., 2015). Poleg tega tržna konkurenca narekuje nove potrebe in zahteva vedno boljše sposobnosti preživetja v visoko tehnološki družbi, ki temelji na znanju. Ugotovljeno je bilo, da je inovativnost ključna kompetenca za trajnost in uspeh posameznikov in organizacij (Cropley, 2015; Chang idr., 2016). Visokošolski učitelji in inženirji igrajo pomembno vlogo pri spodbujanju inovacij s strani podjetij in raziskovalno-razvojnih ustanov ter v izobraževanju (Avsec in Ferk Savec, 2019). Izobraževanje je ključnega pomena za spodbujanje kreativnega in inovativnega mišljenja študentov tehnike, vendar mnogi študentje tehnike ne kažejo sposobnosti pri kreativnem reševanju problemov. Inženirski kurikulumi morajo zato spodbujati sposobnosti reševanja problemov z interdisciplinarnega vidika, kar vodi k inovacijam v snovanju kot osrednji inženirski dejavnosti (Cropley, 2015). Visokošolski učitelji se morajo osredotočiti na poučevanje študentov, kako kritično analizirati, konceptualizirati in sintetizirati znanje za spopadanje z resničnimi problemi in prepoznavanje konkurenčnih priložnosti (Spelt idr., 2009).

Tradicionalno akademsko poučevanje temelji na nizu dejavnosti, ki so jih predhodno pripravili visokošolski učitelji in na vsebinah študijskega področja. Visokošolski učitelji običajno znanje

prenašajo ustno, študenti pa ga morajo pridobiti. Študenti so torej večinoma pasivni poslušalci. Visokošolski učitelji morajo spodbujati sodelovanje med študenti za izboljšanje učenja, ustvarjanja znanja in odločanja (Fidalgo-Blanco idr., 2019). Uziak, Komula in Becker (2019) so predstavili prednosti aktivnih učnih metod, ki jih že več kot 100 let uporabljajo različni učitelji (npr. John Dewey). Uziak idr. (2019) so poročali o izboljšanju odnosa učečih do aktivnih metod učenja, natančneje do problemskega učenja. Študenti so komentirali, da problemsko učenje nudi dobre izkušnje za analitično in logično razmišljanje pri reševanju problemov, bogati njihovo sposobnost učenja in povečuje njihov potencial za kritično mišljenje (Uziak idr., 2019). V visoko tehnološko razvitem svetu pa so pomembne veščine timsko delo, komunikacija, reševanje problemov in kritično razmišljanje (Jones idr., 2019). Ljudje se soočajo s kompleksnimi problemi, zato se morajo racionalno odločiti na podlagi vrednotenja in kritičnega mišljenja, ne pa pasivno sprejemati rešitev, ki jih nudijo drugi (Zoller idr., 1996). Obravnavanje težkih situacij lahko študentom pomaga pri učenju snovskega razmišljanja (Razzouk in Shute, 2012).

Ugotovljeno je bilo, da sta kreativnost in inovativnost ključni kompetenci za trajnost in uspeh posameznikov in organizacij (Cropley, 2015; Lindfors in Hilmola, 2016) in vseh študentov (Mishra in Mehta, 2017). Poleg tega kreativnost in inovativnost veljata za ključni spretnosti pri zaposlovanju v gospodarstvu 21. stoletja. Dandanes število in zapletenost problemov ter priložnosti hitro naraščajo. Zato potrebujemo reševalce problemov in iskalce problemov s strokovnim znanjem, da bi jih našli in rešili ter tako izboljšali in vzdrževali naše socialno, ekonomsko in fizično okolje.

Kritično mišljenje, kot miselni proces višjega reda, je potrebno, da posamezniki postanejo bolj sprejemljivi, prilagodljivi in sposobni obvladovati hitro razvijajoče se informacije ter tako sprejeti inteligentne in racionalne odločitve pri reševanju osebnih, družbenih in znanstveno-tehnoloških problemov; torej morajo biti ljudje sposobni uporabljati različne večdimenzionalne veščine razmišljanja višjega reda (Dwyer idr., 2014). Kritičnega mišljenja se pri različnih študijskih smereh učijo različno. Na kritično razmišljanje običajno vplivata kontekst in področje, vendar je to tudi prenosljiva veščina. Razvita naravnost kritičnega mišljenja bi lahko omogočila prenos znanja, spretnosti in stališč med različnimi študijskimi področji. Kot je prikazano v (Cargas idr., 2017), je potrebno optimizirati učenje veščin kritičnega mišljenja na vseh študijskih smereh. Morali bi biti sposobni uporabiti različne večdimenzionalne veščine razmišljanja višjega reda pri sprejemanju inteligentnih in racionalnih odločitev, pri reševanju osebnih, družbenih in znanstveno-tehnoloških problemov (Zoller in Tsaparlis, 1997).

Snovalsko razmišljanje je že dolgo zakoreninjeno v arhitekturi in inženirstvu, zdaj pa se je razširilo na druga področja, kjer ima pomembno vlogo. Snovalsko razmišljanje je lahko nov trend in orodje za interdisciplinarno povečanje, ker je tesno povezano z inovacijskim učenjem (Wrigley in Straker, 2017) in se o njegovi uporabni vrednosti pogosto razpravlja tako v krogih snovanja kot vodenja. Tečaj snovskega razmišljanja bi lahko izboljšal interdisciplinarne spretnosti, če bi vpisani študentje z različnih smeri, npr. znanosti, tehnologije, inženirstva, poslovanja in umetnosti, raziskovali vsebino in reševali probleme z vključevanjem različnih učnih pristopov in metod. Z omogočanjem snovskih dejavnosti je mogoče premostiti vrzeli v znanju študentov, njihovih veščinah in odnosu do snovanja ter izboljšati inovativne sposobnosti študentov (Wrigley in Straker, 2017).

Izobraževanje na področju poučevanja tehnike in tehnologije

Visokošolski učitelji so pomembni za izvajanje procesa snovalskega razmišljanja v učilnici. Njihovo znanje narekuje in vpliva na učenje študentov (Rohaan idr., 2012). Dandanes so učitelji vedno bolj izzvani, da so kreativni v novi praksi; zato je izobraževanje bodočih učiteljev, ki temelji na snovalskem razmišljanju, pomembno (Henriksen idr., 2017). Učitelji tehnike in tehnologije se morajo danes izogibati preprostemu prenosu znanja o materialih, obvladovanju posebnih tehniških veščin in tehnik ter pravilni uporabi pripomočkov, orodij in naprav. Učitelj pridobi več samozavesti pri poučevanju in prenosu znanja z razvojem predmetnega znanja in znanja pedagoških vsebin (ZPV). ZPV se nanaša na preoblikovanje različnih domen znanja v novo in edinstveno domeno. Rohaan idr. (2012) je oblikoval tri osnovne komponente znanja ZPV za tehnološko izobraževanje: (a) poznavanje tehnoloških konceptov študentov in poznavanje njihovih predhodnih in napačnih predstav/razumevanj v zvezi s tehnologijo, (b) poznavanje narave in namena tehnološkega izobraževanja, in (c) poznavanje pristopov in učnih strategij za tehnološko izobraževanje (Rohaan idr., 2012).

Izobraževanje na področju strojništva

Snovalsko razmišljanje je koristno pri odkrivanju ustvarjalnega potenciala študentov (Lewis, 2005). Snovanje je osrednja dejavnost inženirstva, inženirji pa morajo biti sposobni uporabiti inženirsko snovanje za reševanje problemov (Dym idr., 2005). Inženirstvo je postopek reševanja problemov in je povezan z iskanjem tehnoloških rešitev za praktične probleme in zadovoljevanjem potreb strank. Inženirstvo se osredotoča na analizo, sintezo ter konvergentno in divergentno razmišljanje (Cropley, 2015). Študenti strojništva so med študijem obkroženi z aktivnimi oblikami učenja, ki združujejo prakso in teorijo, laboratorijske vaje in naloge ter simulacije in eksperimentiranje. Velik poudarek dajejo preizkušanju mehanskih lastnosti materialov in konstrukcije (Pastor idr., 2019), kjer se vidi pomen kritičnega mišljenja in snovalskega razmišljanja.

Izobraževanje na področju elektrotehnike in računalništva

Delo študentov se osredotoča na algoritme, abstraktno razmišljanje in vizualizacijo problema, da bi našli njegovo rešitev. Strategija reševanja problemov je bistveno načelo računalništva (Kurilovas in Dagiene, 2016), medtem ko študenti elektrotehnike med delom z diagrami, shemami vezji in skicami razvijajo postopkovno shematsko znanje in veščine vizualizacije. Vsak inženir mora imeti več veščin, npr. poglobljeno vertikalno znanje, vsestranskost, povezovanje v mrežo, usklajenost z najnovejšimi tehnologijami, spretnostmi vodenja projektov, veščinami za odpravljanje težav in ustvarjalnostjo (Kurilovas in Dagiene, 2016).

Izobraževanje na področju kemijskega inženirstva

Kemijski inženirji so izpostavljeni metakognitivnim izzivom, povezanim z makroskopskimi, mikroskopskimi, reprezentativnimi (simbolnimi) in opisnimi procesi ter grafičnimi sposobnostmi (Avargil, 2019). Prevladujoča dejavnost kemijskih inženirjev je raziskovanje in empirično preiskovanje, kjer za reševanje problemov uporabljajo kemijo, biologijo, fiziko in matematiko. Kreativno razmišljanje, vključno z divergentnim in konvergentnim razmišljanjem, je bistvenega pomena pri oblikovanju razlag in razvoju rešitev. Izobraževanje je osredotočeno na aktivno učenje, zlasti poizvedovalno učenje in številne laboratorijske dejavnosti (Yang idr., 2016).

Globalna družba se sooča z ogromnimi socialnimi, političnimi, ekonomskimi in okoljskimi izzivi, ki zahtevajo ustvarjalne odzive. Makrorazsežne težave, s katerimi se srečujemo, in priložnosti, ki se pojavljajo, verjetno zahtevajo vse naše kreativno razmišljanje. Ni jasno, ali se je sedanje izobraževanje, ki temelji na prenosu znanja, spretnosti, stališč in vrednot, sposobno spopadati z obsežnimi težavami in priložnostmi, zlasti tam, kjer se zdi, da študijska področja niso pripravljene na evolucijski preskok v sposobnosti človeka, da razmišlja o širši sliki. Poleg tega obstajajo dokazi, da lahko poglobljanje strokovnega znanja povzroči dogmatizem, kar preprečuje izboljšanje in učinkovito uporabo človekove inteligence in talentov. Ambrose (2017) je trdil, da lahko združevanje spoznanj iz različnih disciplin okrepi ustvarjalno inteligenco in se spopade z dogmatizmom ter tako pospeši razvoj naših zmožnosti konceptualizacije z vzporednim izboljšanjem naše metakognicije.

Naslednja raziskovalna vprašanja obravnavamo ob zgoraj opisanem ozadju.

RV1: Kakšno je dojemanje in kritično razmišljanje študentov različnih študijskih področij?

RV2: Kakšne so razlike v sposobnostih kreativnega snovanja med študenti različnih študijskih področij?

RV3: Kakšna je napovedna vrednost kritičnega mišljenja študentov kot del njihove sposobnosti kreativnega snovanja?

Študija raziskuje, kako se kritično razmišljanje študentov iz različnih študijskih področij sinergizira z njihovimi sposobnostmi kreativnega snovanja in kako posebnosti teh področji ustvarjajo povečanje potreb za snovalske inovacije.

Snovalsko razmišljanje kot inovativna metodologija za spodbujanje kreativnega snovanja in kritičnega mišljenja

Snovalsko razmišljanje je na splošno opredeljeno kot analitični in ustvarjalni proces, ki človeka vključi v priložnosti eksperimentiranja, ustvarjanja in snovanja prototipov, zbiranja povratnih informacij in preoblikovanja (Mishra in Mehta, 2017, str. 330). Snovalca lahko opišemo s številnimi značilnostmi, kot so skrb, usmerjena v človeka in okolje, sposobnost vizualizacije, nagnjenost k večnamenskosti, systemska vizija, sposobnost uporabe jezika kot orodja, naklonjenost timske delu in težnja po izogibanju nujnosti izbire. Poleg tega bi moral biti dober snovalec sposoben uporabiti različne strategije reševanja problemov in izbrati tisto, ki najbolje ustreza zahtevam situacije (Mishra in Mehta, 2017). Vizualna predstavitev v snovanju se obravnava kot transakcija med konceptualnim znanjem in vizualnim znanjem (Seitamaa-Hakkarainen idr., 2010; Seitamaa-Hakkarainen in Hakkarainen, 2000). Snovanje ponuja priložnosti za ustvarjalnost zaradi pojava nedoločenih problemov, za katere obstajajo različne rešitve in poti do rešitev, ter se izogiba vnaprej določenim pravilnim rešitvam (Cropley in Cropley, 2010). Snovalsko razmišljanje je k-uporabniku-usmerjen pristop k reševanju problemov in zajema razumevanje (zbiranje informacij, povezanih s problemi), opazovanje (boljše razumevanje problema), stališče (analiziranje predhodnih opažanj), vizualizacijo (možganska nevihta orisne rešitve za prepoznavanje izzivov), izdelava prototipov (ustvarjanje rešitve) ter testiranje in ponavljanje (pridobivanje povratnih informacij o prototipih in spreminjanje prototipov po potrebi) (Cropley, 2015).

V literaturi obstaja več definicij ustvarjalnosti. Charyton idr. (2011) so kreativnost opredelili kot ustvarjanje novih idej ali novih načinov gledanja na obstoječe probleme in videnje novih

priložnosti. V nasprotju s tem, je Cropley (2015) kreativnost opredelil kot ustvarjanje tehničnih rešitev za dane probleme. Ustvarjalnost igra pomembno vlogo pri aktivnostih, povezanih z reševanjem problemov preko primerjanja, vrednotenja in ocenjevanja, izbiranja, kombiniranja in uporabe znanj in veščin, v povezavi z uporabnostjo za doseganje praktičnih rešitev (Avsec in Ferk Savec, 2019). Guilford (Cropley, 2015) je kreativnost opisal kot reševanje problemov in opredelil štiri stopnje: (1) prepoznavanje problema, (2) generiranje različnih ustreznih idej, (3) vrednotenje ustvarjenih možnosti in (4) risanje ustreznih zaključkov, ki vodijo k rešitvi problema. Iz teh faz je razvidno, da ustvarjalnost zahteva tako divergentno kot konvergentno razmišljanje. Esjeholm je poročal o štirih kriterijih za prepoznavanje ustvarjalnosti na področju snovanja (Esjeholm, 2015):

- Konceptualna ustvarjalnost (koncept ali ideja): Ali je snovalec predlagal koncept, ki je izviran, nov, izvedljiv in uporaben in bo deloval?
- Estetska ustvarjalnost: Ali je snovalec dal predloge o tistih lastnostih izdelka, ki bodo privlačne za čute; npr. vid, sluh, dotik, okus in vonj?
- Tehnična ustvarjalnost: Ali je snovalec predlagal, kako bo deloval izdelek in naravo potrebnih komponent in materialov?
- Konstrukcijska ustvarjalnost: Ali je snovalec predlagal, kako bo zasnovan izdelek ter katera orodja in postopki so potrebni?

Atkinson (2000) je trdil, da je ustvarjalnost notranja lastnost človeka in spretnost, ki je lahko naučena in spodbujena s strategijami za reševanje problemov. Pri študentih ima inženirsko snovanje velik potencial za spodbujanje razmišljanja višjega reda, kjer ima kritično mišljenje osrednjo vlogo pri učenju (Stupple idr., 2017). Kritično mišljenje je opisano kot metakognitivni proces, ki vključuje različne podveščine, kot so analiza, vrednotenje in sklepanje (Dwyer idr., 2014). Kritično mišljenje je tudi miselna veščina višjega reda. Miselni proces višjega reda ni mogoč, če človek nima dovolj znanja (Halpern, 2014). Kritično mišljenje je pomembna veščina tudi v družbenem in medosebnem kontekstu, kjer so potrebne dobre spretnosti odločanja in reševanja problemov (Cropley, 2015). Halpern (2014, str. 6) je kritično mišljenje opisal kot »uporabo tistih kognitivnih veščin ali strategij, ki povečujejo verjetnost zaželenega izida. Uporablja se za opis razmišljanja, ki je namensko, utemeljeno in usmerjeno k cilju – vrsta mišljenja, ki jo uporabljamo pri reševanju problemov, oblikovanju sklepov, izračunu verjetnosti in sprejemanju odločitev, kadar mislec uporablja spretnosti, ki so preiščene in učinkovite za določen kontekst in vrsto miselne naloge.« Kritično mišljenje je več kot le razmišljanje o lastnem razmišljanju ali presoji in reševanju problemov. Kritično mišljenje pogosto imenujemo kognitivna veščina višjega reda, ki vključuje analizo, sintezo, interpretacijo, vrednotenje in opazovanje predpostavk. Vendar je sposobnost kritičnega mišljenja o določenih informacijah odvisna od priklica in razumevanja (Halpern, 2014). Najprimernejše metode za razvijanje veščin kritičnega mišljenja so sodelovalne metode s posredovanjem visokošolskih učiteljev. Njihova vloga je predvsem motivirati in spodbuditi študente k kritičnemu razmišljanju med timskim delom. Študenti imajo višjo stopnjo zaupanja v kritično razmišljanje, če jih podpirajo visokošolski učitelji (Stupple idr., 2017). Poleg tega morajo biti učne dejavnosti, ki se uporabljajo za spodbujanje kritičnega mišljenja, zasnovane tako, da olajšajo učenje s prenosom, tako da so študenti bolj pripravljeni na neznane prihodnje izzive (Halpern, 2014). Halpern (2014) je predstavil model poučevanja kritičnega mišljenja, ki ima štiri dele: (a) dispozicijsko ali odnosno komponento, ki vključuje modeliranje kritičnega mišljenja in aktivno spodbujanje preiščenega odzivanja; (b) poučevanje in vadenje s sposobnostmi kritičnega

mišljenja; (c) dejavnosti strukturnega vadenja, namenjene olajšanju prenosa med konteksti; in (d) metakognitivno komponento, ki vključuje, da študenti razpravljajo o miselnem procesu.

Snovalsko razmišljanje je pristop k reševanju problemov, ki ga poučujejo v neformalnih in formalnih izobraževalnih okoljih na različnih področjih po vsem svetu (Mosely idr., 2018). Snovalsko razmišljanje zahteva radovednost, domišljijo in ustvarjalnost za raziskovanje, ustvarjanje in razvijanje možnih rešitev (Mosely idr., 2018), odvisno pa je tudi od ravni kritičnega mišljenja (Mosely idr., 2018). Poleg tega sta kritično mišljenje in kreativno razmišljanje komplementarna procesa (Halpern, 2014). Kot kreativni pristop je snovalsko razmišljanje postalo razvijajoče se področje visokošolskega izobraževanja, ki povezuje študente različnih strok za skupinsko reševanje zapletenih problemov (Wrigley in Straker, 2017). Visokošolske ustanove vključujejo dodelano razmišljanje v dodiplomski študijski program, s čimer študente, ki niso snovalci, izpostavi veččinam snovalskega mišljenja (Avsec in Ferk Savec, 2019; Wrigley in Straker, 2017; Henriksen idr., 2017).

Metoda

Vzorec

Vzorec v študiji je zajemal 268 dodiplomskih študentov iz Slovenije (Univerza v Ljubljani) in Poljske (Univerza za tehnologijo v Krakovu) iz različnih visokošolskih področij, kot je navedeno v preglednici 1. Udeleženci so bili stari med 20 in 23 let. Vključenih je bilo 145 žensk (54,1%) in 123 moških (45,9%).

Preglednica 1: Število in odstotek študentov glede na različna študijska področja.

| Področje študija | Število [N] | Odstotek [%] |
|-----------------------------------|-------------|--------------|
| Poučevanje tehnike in tehnologije | 61 | 22,76 |
| Kemijsko inženirstvo | 61 | 22,76 |
| Elektrotehnika in računalništvo | 60 | 22,39 |
| Strojništvo | 86 | 32,09 |

Instrumenti

Za oceno sposobnosti kreativnega snovanja študentov je bil uporabljen spremenjeni test za ocenjevanje kreativnega snovanja (CEDA) (Charyton idr., 2011). Sodelujoči so morali s skiciranjem reševati tri snovalske probleme, ki vključujejo enega ali več tridimenzionalnih predmetov. Poleg tega so morali udeleženci predložiti opise in naštetih materiale ter prepoznati težave, ki jih zasnova rešuje, in naštetih potencialne uporabnike. Udeleženci naj bi ustvarili do dva modela na problem. Skupni čas za tri probleme je znašal 30 minut ali približno 10 minut na problem. Ustvarjalnost vključuje *reševanje problemov* (tj. iskanje rešitve za določen problem) in *iskanje težav* (tj. prepoznavanje drugih potencialnih težav), CEDA pa je orodje, ki ocenjuje obe dimenziji. Iskanje težav je bilo ocenjeno z vidika prepoznavanja drugih možnih načinov uporabe zasnove. Reševanje problemov je bilo ocenjeno v smislu izpeljave novega načrta za reševanje zastavljenega problema. CEDA ocenjuje *konvergentno mišljenje* (tj. generiranje enega pravilnega odgovora) in *divergentno mišljenje* (tj. generiranje več odgovorov). Konvergentno mišljenje je bilo ocenjeno z vidika reševanja zastavljenega problema. Divergentno razmišljanje je bilo ocenjeno v smislu ustvarjanja več rešitev. Ocenjeno

je bilo tudi *zadovoljstvo z omejitvami*, kjer so študenti uporabili oblike in materiale znotraj parametrov snovanja. Poleg tega CEDA ocenjuje *tekočnost idej* (tj. število idej), *fleksibilnost* (tj. kategorije idej, vrste idej in združevanje idej), *originalnost* (tj. nove ideje in novosti) in *uporabnost* (tj. zasnova, ki temelji na zanesljivosti, številu namenov in številu aplikacij, tako obstoječih kot novih) (Charyton idr., 2011).

Udeleženci so bili ocenjeni od 0 do 10 za vsak problem snovanja glede na originalnost in od 0 do 4 za vsak problem snovanja glede na *uporabnost* (Charyton idr., 2011). *Tekočnost idej* in *prilagodljivost* snovalskih konceptov sta bili ocenjeni za številne elemente.

Cronbach α za vzorec v tej študiji kaže, da ima test CEDA zmerno zanesljivost 0,86.

Zbirka orodij za kritično mišljenje (CriTT) s 27 postavkami je bila uporabljena za raziskovanje stališč in prepričanj študentov o kritičnem mišljenju (Stupple idr., 2017). CriTT ima naslednje dejavnike.

- *Zaupanje v kritično mišljenje* – 17 postavk meri zaupanje udeleženca v kritično mišljenje.
- *Cenjenje kritičnega mišljenja* – 6 postavk meri, v kolikšni meri učenci prepoznajo pomen kritičnega mišljenja.
- *Napačna razumevanja* – 4 postavke merijo izogibanje kritičnemu mišljenju ali zmotnim kritičnim razmišljanjem.

Za oceno je bila uporabljena 10-stopenjska Likertova lestvica, pri čemer so se ocene gibale od 10 za močno strinjanje do 1 za močno nestrinjanje.

Notranja skladnost je bila analizirana z uporabo Cronbachovega koeficienta α . Postavke *zaupanja v kritično mišljenje* so pokazale visoko zanesljivost (Cronbach α 0,90). Postavke *cenjenja kritičnega mišljenja* in *napačnih razumevanj* so pokazale zmerno zanesljivost (Cronbachov α 0,81 oziroma 0,76).

Postopki zbiranja in obdelave podatkov

Študija je bila izvedena v študijskem letu 2018/2019. Študenti so bili anketirani s papirjem in svinčnikom z enkratnim reševanjem. Pred izpolnjevanjem vprašalnika in preizkusa so bili študenti seznanjeni s študijo in etičnimi vidiki. Test CEDA so začeli izvajati, ko je bil izpolnjen vprašalnik za kritično mišljenje. Vprašalnik za kritično razmišljanje ni bil časovno omejen, medtem ko je bil test CEDA omejen na 30 minut.

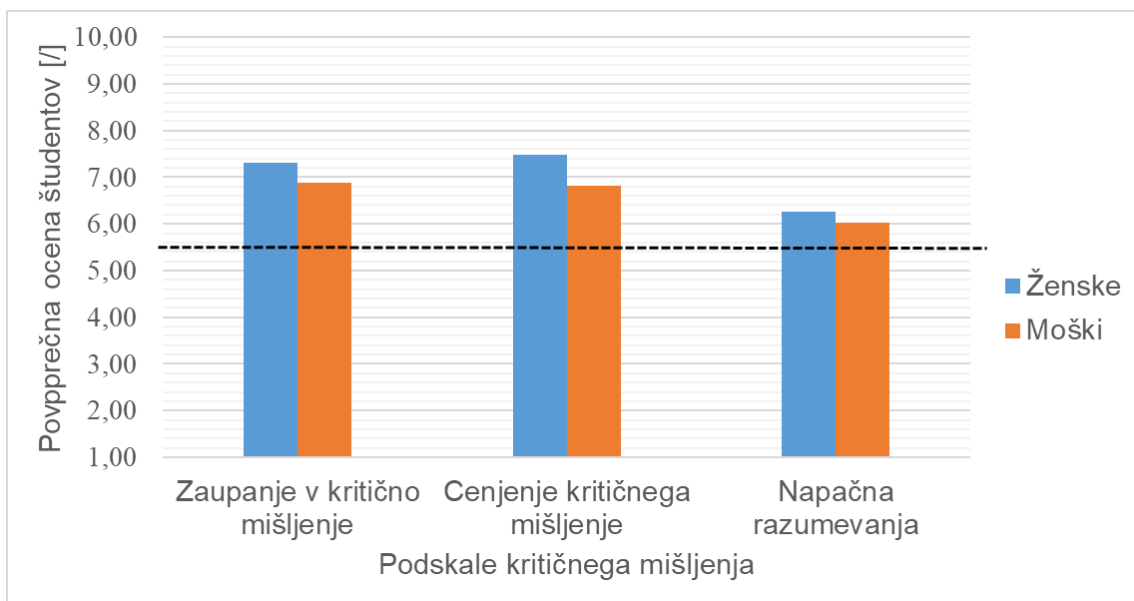
Podatki so bili analizirani z uporabo programske opreme IBM SPSS (v.22). Za podporo zanesljivosti testov je bil uporabljen Cronbachov koeficient α . Poleg tega so bila za predstavitev osnovnih informacij študentov uporabljena osnovna orodja deskriptivne statistike, za ugotavljanje in potrditev pomembnih razmerij med skupinami pa so bile uporabljene srednje vrednosti odvisnih spremenljivk, enosmerna analiza varianca, večsmerna analiza variance in večkratna regresijska analiza.

Rezultati

Stališča in prepričanja študentov do kritičnega mišljenja

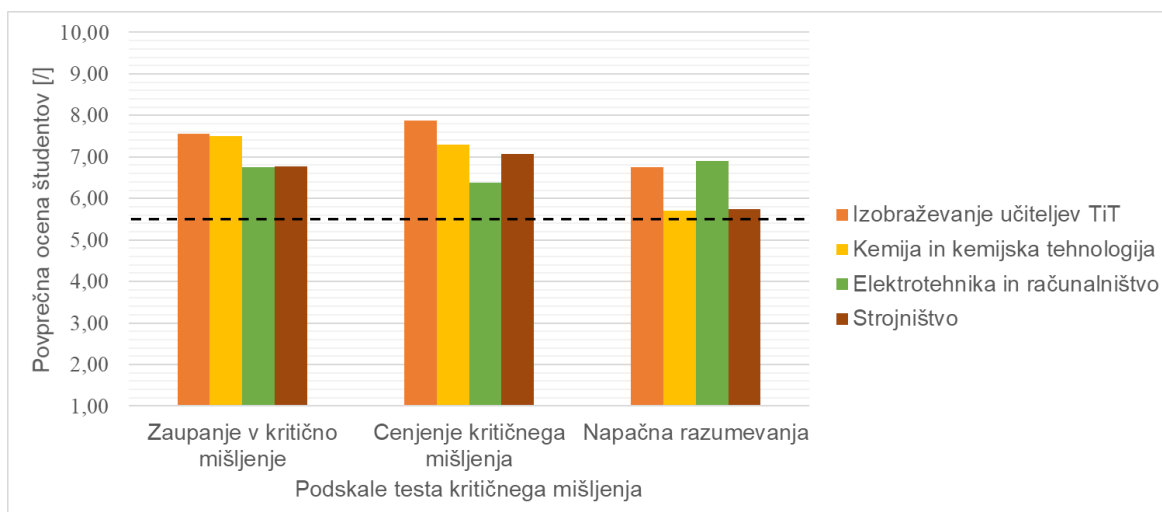
Vprašalnik za kritično mišljenje je meril prepričanja in stališča študentov do kritičnega mišljenja v treh dejavnikih: *zaupanje v kritično mišljenje*, *cenjenje kritičnega mišljenja* in *napačna razumevanja*. Vrednotenje dejavnika *napačna razumevanja* je obrnjeno, kar pomeni, da nižji rezultati kažejo na boljše razumevanje napak.

Slika 1 prikazuje razlike med spoloma. Študenti so kritično razmišljanje razumeli kot koristno za dobro uspešnost v visokošolskem izobraževanju. Študentke so dosegle višje rezultate (izražene s povprečno vrednostjo M in standardnim odklonom SD) kot moški študenti pri *zaupanju v kritično razmišljanje* in *cenjenju kritičnega mišljenja* ($M_z = 7,30$, $SD_z = 1,09$, $M_m = 6,88$, $SD_m = 1,05$; $M_z = 7,49$, $SD_z = 1,41$, $M_m = 6,8$, $SD_m = 1,40$). Moški študenti so se bolje odrezali pri dejavniku *napačna razumevanja* kot študentke ($M_z = 6,25$, $SD_z = 1,84$, $M_m = 6,03$, $SD_m = 1,68$). Test homogenosti variance ni bil statistično pomemben ($p > 0,05$). Pri dejavnikih *zaupanja v kritično mišljenje* ($F = 10,35$; $df = 1$; $p = 0,001$) in *cenjenju kritičnega mišljenja* ($F = 15,74$; $df = 1$; $p = 0,000$) so bile statistično pomembne razlike z zmerno velikostjo učinka ($\eta^2 = 0,04$ oziroma $0,06$).



Slika 1: Stališča in prepričanja študentov o kritičnem mišljenju med spoloma s srednjo točko 5,5.

Stališča in prepričanja študentov do kritičnega mišljenja se lahko med študenti različnih študijskih področji razlikujejo, kot je prikazano na sliki 2. Test homogenosti variance ni bil statistično pomemben ($p > 0,05$) za noben dejavnik kritičnega mišljenja. Med študenti različnih študijskih področji so bile statistično pomembne razlike za vse tri dejavnike ($p < 0,05$), *zaupanje v kritično mišljenje*, *cenjenje kritičnega mišljenja* in *napačna razumevanja* z zmernimi velikostmi učinka ($\eta^2 = 0,12$, $0,14$ in $0,08$).



Slika 2: Stališča in prepričanja študentov o kritičnem razmišljanju med študenti različnih študijskih področij s srednjo točko 5,5.

V primeru *zaupanja v kritično razmišljanje* je Scheffejev post-hoc test pokazal statistično pomembne razlike med študenti, s področja poučevanja tehnike in tehnologije ter študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,00$), študenti poučevanja tehnike in tehnologije in študenti strojništva ($p = 0,00$), študenti kemijskega inženirstva in študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,00$) ter študenti kemijskega inženirstva in študenti strojništva ($p = 0,00$). Študenti poučevanja tehnike in tehnologije so dosegli najvišje rezultate ($M = 7,56$, $SD = 0,86$), sledili pa so jim študenti kemijskega inženirstva ($M = 7,49$, $SD = 1,09$), študenti strojništva ($M = 6,77$, $SD = 1,06$) ter študenti elektrotehnike in računalništva ($M = 6,75$, $SD = 1,06$). *Cenjenje kritičnega mišljenja* je bilo najbolj razvito pri študentih poučevanja tehnike in tehnologije ($M = 7,99$, $SD = 1,07$), sledili so študenti kemijskega inženirstva ($M = 7,32$, $SD = 1,40$), študenti strojništva ($M = 7,07$, $SD = 1,20$) in študenti elektrotehnike in računalništva ($M = 6,39$, $SD = 1,69$). Scheffejev post-hoc test je pokazal statistično pomembne razlike med študenti poučevanja tehnike in tehnologije ter študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,00$), študenti kemijskega inženirstva in študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,003$), študenti strojništva in študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,03$) ter študenti poučevanja tehnike in tehnologije in študenti strojništva ($p = 0,001$). Pri dejavniku *napačna razumevanja* so bile ugotovljene statistično pomembne razlike med študenti kemijskega inženirstva in študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,002$) ter med študenti strojništva in študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,001$). Razumevanje napačnih predstav je bilo najbolj razvito pri študentih kemijskega inženirstva ($M = 5,70$, $SD = 2,05$), sledili so jim študenti strojništva ($M = 5,75$, $SD = 1,54$), študenti poučevanja tehnike in tehnologije ($M = 6,45$, $SD = 1,74$) in študenti elektrotehnike in računalništva ($M = 6,89$, $SD = 1,51$).

Sposobnost kreativnega snovanja študentov

V splošnem so študentke ($M = 98,28$, $SD = 22,19$) dosegle višje rezultate kot moški študenti ($M = 93,81$, $SD = 28,37$), vendar v skupnem rezultatu ni bilo statistično pomembnih razlik. Najvišja ocena je bila 161,00 točk, najnižja pa 20,00 točk. Najvišjo oceno je dosegla študentka. Preizkus med udeleženci je pokazal pomembne razlike v vseh štirih kategorijah ustvarjalnih sposobnosti snovanja: *tekočnost idej*, *prilagodljivost*, *originalnost* in *uporabnost*. Povprečne ocene študentov po kategorijah so podane v preglednici 2. V primeru kategorije *tekočnosti idej*

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

je prišlo do pomembnih razlik med študentkami in študenti ($t = 4,15$; $p = 0,00$) z zmerno velikostjo učinka $\eta^2 = 0,06$. Študentke ($M = 34,47$, $SD = 10,10$) so dosegle višje rezultate kot moški študenti ($M = 29,10$, $SD = 11,05$). Študentke ($M = 27,49$, $SD = 7,46$) so prav tako dosegle boljše rezultate kot moški študenti ($M = 24,34$, $SD = 8,23$) v kategoriji *fleksibilnosti*. Med študentkami in študenti so se pojavile statistično pomembne razlike ($t = 3,28$; $p = 0,001$) z zmerno velikostjo učinka $\eta^2 = 0,04$. V primeru kategorije *originalnosti* je prišlo do statistično pomembnih razlik med študentkami in študenti ($t = -3,35$; $p = 0,001$) z zmerno velikostjo učinka $\eta^2 = 0,04$. Študentke ($M = 20,66$, $SD = 6,32$) so dosegle nižje rezultate kot moški študenti ($M = 23,57$, $SD = 7,87$). V primeru kategorije *uporabnosti* je prišlo do pomembnih statističnih razlik med študentkami in študenti ($t = -2,69$; $p = 0,01$) s šibkim učinkom $\eta^2 = 0,03$. Študentke ($M = 15,66$, $SD = 2,51$) so dosegle nižje rezultate kot moški študenti ($M = 16,19$, $SD = 4,36$).

Preglednica 2: Povprečni rezultati študentov na testu CEDA po spolu.

| Spol | Tekočnost idej | | Prilagodljivost | | Originalnost | | Uporabnost | |
|--------|----------------|-------|-----------------|------|--------------|------|------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| Ženski | 34,47 | 10,10 | 27,49 | 7,46 | 20,66 | 6,32 | 15,66 | 2,51 |
| Moški | 29,09 | 11,05 | 24,34 | 8,23 | 23,57 | 7,87 | 16,81 | 4,36 |

Analiza kovariance je pokazala, da so moški študenti, ki so dosegli nižje rezultate samozavesti pri kritičnem razmišljanju, dosegli višje rezultate v kategoriji *originalnosti* ($F = 4,19$, $p = 0,04$, $\eta^2 = 0,02$). Poleg tega so študentke, ki so bolj cenile kritično mišljenje, dosegle boljše rezultate pri *tekočnosti idej* ($F = 4,19$, $p = 0,04$, $\eta^2 = 0,02$), moški študenti pa so se bolje odrezali v kategoriji *uporabnosti* ($F = 7,47$, $p = 0,007$, $\eta^2 = 0,03$).

Iz preglednice 3 je razvidno, da so v splošnem največ točk v povprečju dosegli študenti strojništva ($M = 105,50$, $SD = 23,92$), sledijo jim študenti poučevanja tehnike in tehnologije ($M = 96,44$, $SD = 17,28$), študenti kemijskega inženirstva ($M = 92,85$, $SD = 22,86$) in študenti elektrotehnike in računalništva ($M = 86,17$, $SD = 31,46$).

Preglednica 3: Povprečni rezultati študentov na testu CEDA po študijskih področjih.

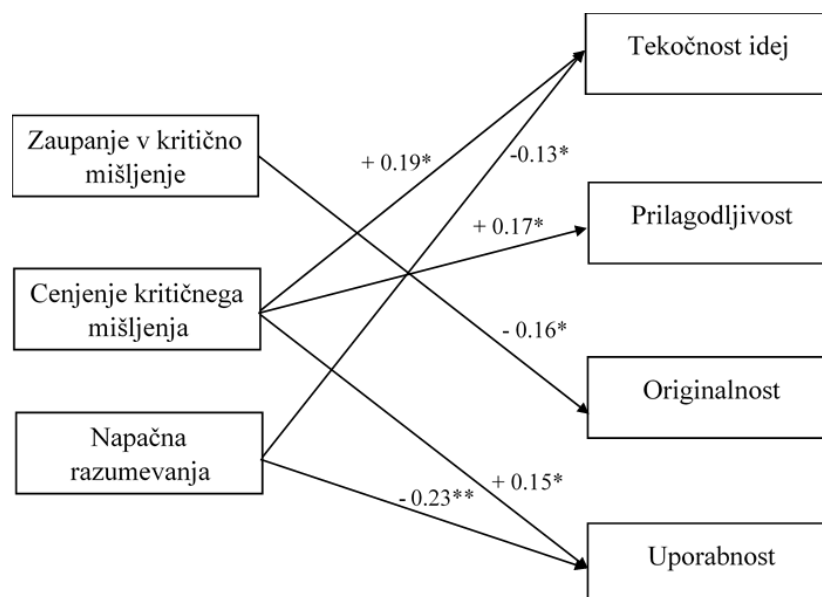
| Področje študija | Tekočnost idej | | Prilagodljivost | | Originalnost | | Uporabnost | |
|-----------------------------------|----------------|-------|-----------------|------|--------------|------|------------|------|
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| Poučevanje tehnike in tehnologije | 34,19 | 10,01 | 26,54 | 6,44 | 20,28 | 2,89 | 15,42 | 1,47 |
| Kemijsko inženirstvo | 32,92 | 10,69 | 26,54 | 8,22 | 18,15 | 5,61 | 15,24 | 2,59 |
| Elektrotehnika in računalništvo | 27,88 | 12,17 | 23,75 | 9,65 | 20,77 | 6,94 | 13,77 | 4,09 |
| Strojništvo | 32,67 | 9,92 | 26,94 | 7,27 | 26,79 | 8,03 | 19,09 | 2,72 |

Primerjava rezultatov po različnih študijskih področjih pokaže, da so bile statistično pomembne razlike v treh kategorijah sposobnosti kreativnega snovanja: *tekočnost idej*, *originalnost* in *uporabnost*. V primeru kategorije *tekočnosti idej* je Scheffejev post-hoc test pokazal razlike med študenti poučevanja tehnike in tehnologije in študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,02$). Študenti poučevanja tehnike in tehnologije ($M = 34,19$, $SD = 10,01$) so dosegli višje rezultate kot študenti elektrotehnike in računalništva ($M = 28,88$, $SD = 12,17$), študenti strojništva ($M = 32,67$, $SD = 26,94$) in kemijskega inženirstva ($M = 32,92$, $SD = 10,69$). Games-Howell post-hoc test je pokazal razlike v kategoriji *originalnosti* med študenti poučevanja

tehnike in tehnologije ter študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,02$), študenti poučevanja tehnike in tehnologije ter študenti strojništva ($p = 0,00$), študenti kemijskega inženirstva in študenti strojništva ($p = 0,00$) ter študenti strojništva in študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,00$). Študenti strojništva so dosegli najvišje rezultate ($M = 26,79$, $SD = 6,32$), sledili so jim študenti elektrotehnike in računalništva ($M = 20,77$, $SD = 6,94$), študenti poučevanja tehnike in tehnologije ($M = 20,28$, $SD = 2,89$) in študenti kemijskega inženirstva ($M = 18,15$, $SD = 5,61$). V primeru kategorije *uporabnosti* so bile statistično pomembne razlike med študenti strojništva in študenti poučevanja tehnike in tehnologije ($p = 0,00$), študenti strojništva in študenti kemijskega inženirstva ($p = 0,00$), študenti strojništva ter študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,00$) ter študenti poučevanja tehnike in tehnologije ter študenti elektrotehnike in računalništva ($p = 0,02$). Študenti strojništva so dosegli najvišje rezultate ($M = 19,09$, $SD = 2,72$), sledili pa so jim študenti poučevanja tehnike in tehnologije ($M = 15,42$, $SD = 1,47$), študenti kemijskega inženirstva ($M = 15,24$, $SD = 2,59$) ter študenti elektrotehnike in računalništva ($M = 13,77$, $SD = 4,09$). Poleg tega je analiza kovariance pokazala, da so študenti strojništva, ki so bolje razumeli napačne predstave, dosegli višje rezultate v kategoriji *uporabnosti* ($F = 4,07$, $p = 0,04$, $\eta^2 = 0,02$).

Korelacije med stališči in prepričanjem študentov do kritičnega mišljenja in kreativnimi sposobnostmi študentov

Povezave med odnosom in prepričanjem študentov do kritičnega mišljenja in sposobnostjo kreativnega snovanja študentov so bile preverjene z večkratno regresijo. Opravljena je bila večkratna regresijska analiza s kategorijami odnosov in prepričanj študentov do kritičnega mišljenja kot neodvisnimi spremenljivkami in kategorijami sposobnosti kreativnega snovanja kot odvisnimi spremenljivkami. Predpostavili smo linearno razmerje med neodvisnimi (napovedovalnimi) in odvisnimi (kriterijskimi) spremenljivkami, kar pomeni, da smo pričakovali, da so povečanja ene spremenljivke povezana s povečanji ali zmanjšani druge spremenljivke. Upoštevani so bili le regresijski koeficienti (β – utež) s pomembnostjo $p < 0,05$. Povzetek večkratnih regresijskih analiz je predstavljen na sliki 3.



Slika 3: Nazadovanje odnosa in prepričanja študentov do kritičnega mišljenja na sposobnost kreativnega snovanja. Koeficienti poti so statistično pomembni pri $*p < 0,05$, $**p < 0,001$.

Dva dejavnika kritičnega mišljenja sta statistično pomembna pri napovedovanju *tekočnosti idej*; to je *cenjenje kritičnega mišljenja* ($\beta = 0,19$; $t = 2,77$; $p = 0,06$) in *napačna razumevanja* ($\beta = -0,13$; $t = -2,10$; $p = 0,04$). Študenti, ki so bolje razumeli napačne predstave in bolje razumeli pomen kritičnega mišljenja, so dosegli višje rezultate v kategoriji *tekočnosti idej*. Poleg tega so študenti, ki so se zavedali pomembnosti kritičnega mišljenja, dosegli višje rezultate pri *fleksibilnosti* ($\beta = 0,17$; $t = 2,49$; $p = 0,02$). *Zaupanje v kritično mišljenje* napoveduje *originalnost* ($\beta = -0,16$; $t = -2,40$; $p = 0,02$). Študenti, ki so bili bolj samozavestni v svojem kritičnem razmišljanju, so dosegli nižjo oceno *originalnosti*. Dva dejavnika odnosov in prepričanj študentov do kritičnega mišljenja sta napovedovala *uporabnost*; to je *cenjenje kritičnega mišljenja* ($\beta = 0,15$; $t = 2,22$; $p = 0,03$) in *napačna razumevanja* ($\beta = -0,23$; $t = -3,72$; $p = 0,00$). Študenti, ki so bolj cenili pomen kritičnega mišljenja in so v določenih okoliščinah bolje razumeli napake in napačne predstave, so dosegli višje rezultate v kategoriji *uporabnosti*.

Diskusija

Študija je prinesla zanimive ugotovitve. V splošnem smo pridobili dokaze, da lahko vključitev metod, oblik, strategij in kognitivnih pristopov iz različnih študijskih področij, v katerih je prisotna snovalska dejavnost, prinese dodano vrednost inženirskemu snovanju v smislu spopadanja s težavami in priložnostmi, s katerimi se soočamo v resničnem okolju.

Priročnik za kritično mišljenje meri stališča in prepričanja študentov o kritičnem razmišljanju in je bil razvit za dodiplomske študente psihologije. Stupple idr. (2017) so predlagali raziskovanje veljavnosti uporabe instrumenta na drugih področjih. Vzorec, uporabljen v prispevku, zajema različna študijska področja (poučevanje tehnike in tehnologije, kemijsko inženirstvo, elektrotehnika in računalništvo ter strojništvo), pri katerih je snovalsko razmišljanje glavna dejavnost, kritično razmišljanje pa pomembna miselna veščina višjega reda. To je pokazalo zanesljivost instrumenta tudi na drugih področjih.

V splošnem je bil, pri dodiplomskih študentih v študiju, zaznan nadpovprečen odnos do pomena in cenjenja kritičnega mišljenja, medtem ko je njihovo razumevanje napak in zmot pri učenju še vedno potrebno izboljšati. Poleg tega so študenti kritično mišljenje razumeli kot pomembno veščino, potrebno za učenje in pridobivanje kompetenc. Potrjujemo, da ima kritično mišljenje osrednjo vlogo pri učenju in da je izjemno pomembno za visoko šolstvo. Razvoj kritičnih mislecev lahko izboljša inovativno učenje pri nadaljnji zaposlitvi (Stupple idr., 2017). Med študenti smo ugotovili razlike v njihovem odnosu in prepričanju do kritičnega mišljenja, ki so lahko posledica različnih načinov poučevanja. Rezultati kažejo, da so bile med študentkami in študenti statistično pomembne razlike v dveh dejavnostih kritičnega mišljenja: *zaupanje v kritično mišljenje* in *cenjenje kritičnega mišljenja*. Izkazalo se je, da so študentke razvile večje zaupanje v kritično mišljenje in zavedanje o pomembnosti kritičnega mišljenja. V primeru tretjega dejavnika, *napačna razumevanja*, ki meri razumevanje zmot, povezanih s konceptualnim učenjem, so študenti, ki so zaključili različne predmete, različno razumeli napake. Te razlike so bile razkrite tudi v prejšnji študiji (Avsec in Ferk Savec, 2019). Nadalje smo raziskali razlike v stališčih in prepričanjih študentov med različnimi študijskimi področji. Ugotovili smo razlike med študijskimi področji za vse tri kategorije kritičnega mišljenja. Vsa študijska področja dojemajo kritično mišljenje kot pomembno spretnost, vendar na različne načine. Naši rezultati razkrivajo, da so študenti poučevanja tehnike in tehnologije najbolj zaupali v svoje kritično mišljenje, sledili pa so jim študenti kemijskega inženirstva, študenti

strojništva ter študenti elektrotehnike in računalništva. Cargas idr. (2017) so se strinjali, da so učitelji bolj samozavestni v obvladovanju veščin kritičnega mišljenja. Študenti poučevanja tehnike in tehnologije so tudi kritično razmišljanje razumeli kot eno najpomembnejših veščin, ki jih mora imeti posameznik. Študentom poučevanja tehnike in tehnologije so sledili študenti kemijskega inženirstva, študenti strojništva ter študenti elektrotehnike in računalništva. Študenti kemijskega inženirstva so bolje razumeli napačne predstave pri učenju, sledili pa so jim študenti strojništva, študenti poučevanja tehnike in tehnologije ter študenti elektrotehnike in računalništva. Študenti kemijskega inženirstva porabijo veliko časa za eksperimentiranje in opravljanje drugih laboratorijskih vaj, tu pa minimalna napaka ali napačno razumevanje lahko privede do katastrofe. Da bi se izognili tem posledicam, učni načrt kemijskega inženirstva posveča veliko pozornosti razumevanju napačnih predstav. Podobno je s strojništvom, kjer morajo biti konstrukcije in sistemi zanesljivi in trajni, napake in napačne predstave pa so pomemben del učnega načrta.

Visokošolski učitelji igrajo pomembno vlogo pri razvijanju kritičnega mišljenja, saj znajo prilagoditi učenje z uporabo aktivnosti, ki spodbujajo kritično mišljenje. Problemsko učno okolje z uporabo pristnih problemskih situacij, vključno s kritičnim dialogom in razpravo je priporočljivo pri seminarjih in mentorstvu (Cargas, 2017). Spletne razprave so bile predlagane kot učinkovita metoda za izboljšanje analitičnih veščin in spretnosti reševanja problemov ter kritičnega mišljenja (Danaher idr., 2019). Razvito kritično mišljenje prispeva tudi k višjim akademskim dosežkom (Stupple idr., 2017).

V študiji so študentke na preizkusu sposobnosti kreativnega snovanja dosegle višje rezultate kot moški študenti. Ne moremo sklepati, da so študentke boljše od študentov, ker so predhodne študije pokazale, da so ženske v divergentnem razmišljanju boljše kot moški in obratno (Baer in Kaufman, 2008). Študentke so dosegle statistično boljše rezultate na področju *fleksibilnosti* in *tekočnosti idej*, moški študenti pa so dosegli višje rezultate pri *originalnosti* in *uporabnosti*. Rezultati kažejo, da študentke bolje divergentno razmišljajo, kar kaže na to, da se študentke bolje odrežejo v prvi fazi procesa snovalskega razmišljanja, to je empatija. Študentke so bolj prilagodljive pri zadovoljevanju potreb uporabnikov in spoznanju, kaj je potrebno za stranke. Poleg tega so bile med študijskimi smermi statistično pomembne razlike v treh kategorijah sposobnosti kreativnega snovanja: *tekočnost idej*, *izvirnost* in *uporabnost*. V kategoriji *tekočnosti idej* so višje rezultate dosegli študenti poučevanja tehnike in tehnologije, študenti strojništva pa so se najbolje izkazali pri *originalnosti* in *uporabnosti*. Študenti poučevanja tehnike in tehnologije, se morda počutijo bolj samozavestne pri predstavljanju različnih idej z različnih področij znanja, ker so pridobili ZPV (Rohaan idr., 2012). Ustvarjalnost ima osrednjo vlogo pri reševanju inženirskih problemov, vendar so inženirji v glavnem izobraženi za reševanje natančno opredeljenih, konvergentnih, analitičnih problemov. Snovanje kot temeljna inženirska dejavnost je v preseku z več drugimi področji, kjer je mogoče na različne načine prikazati učne rezultate. Ključ za izboljšanje inženirskega snovanja je lahko divergentno mišljenje (Cropley, 2015); to je sposobnost ustvarjanja številnih različnih idej in idej različnih vrst. Snovanje lahko vključuje postopek analize, ki zahteva divergentno mišljenje, in sintezo, ki zahteva divergentno mišljenje. Divergentno mišljenje je mogoče spodbujati z različnimi tehnikami in miselnimi orodji, ki se uporabljajo na interdisciplinarne načine, kot so možganska nevihta, hevrstike, tehnika SCAMPER, metoda TRIZ, metoda šestih klobukov in tehnike obratnega inženiringa, zato rezultati te študije podpirajo ugotovitve prejšnjih študij (Cropley, 2015; Chang idr., 2016; Henriksen idr., 2017).

Obstaja korelacija med odnosom in prepričanjem študentov do kritičnega mišljenja in kreativnimi sposobnostmi študentov. Študenti, ki bolje razumejo napačne predstave in bolje razumejo pomen kritičnega mišljenja, so dosegli višje rezultate v kategoriji *tekočnosti idej*. Poleg tega so študenti, ki so se zavedali pomembnosti kritičnega mišljenja, dosegli višje rezultate v kategoriji *fleksibilnosti*. Presenetljivo je, da so študenti, ki so bili bolj samozavestni v svojem kritičnem mišljenju, dosegli nižje rezultate pri *originalnosti*. Študenti, ki so kritično mišljenje zaznali višje, so morda namenili več pozornosti samemu procesu snovanja z vsemi omejitvami in restrikcijami, kar je vodilo do racionalnosti snovanja, kot navajajo (Zoller, 1996; Wrigley in Straker, 2017). Študenti, ki so cenili pomen kritičnega mišljenja in so bolje razumeli konceptualne napačne predstave, so imeli boljše rezultate v kategoriji *uporabnosti*. Kritično mišljenje in ustvarjalnost sta neločljivo povezana in skupaj omogočata učinkovito učenje in pridobivanje spretnosti (Spuzic idr., 2016).

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Študija prispeva k raziskovalnemu področju, saj razkriva pomen medsebojnega delovanja kritičnega mišljenja in snovalskega razmišljanja v interdisciplinarni perspektivi. To delo bo koristilo visokošolskim učiteljem in oblikovalcem inženirskih učnih načrtov z optimizacijo tehnologije in inženirskega izobraževanja od osnovnega do visokošolskega.

Uspešno življenje v današnjem visoko tehnološkem in globalno konkurenčnem svetu zahteva razvoj različnih veščin, kot so reševanje problemov, kritično mišljenje, kreativno razmišljanje in komunikacija. Priljubljena in pomembna veščina je snovalsko razmišljanje. Snovalsko razmišljanje že dolgo velja za osrednjo inženirsko dejavnost, vendar se je na različne načine razširilo na druga področja. Snovalsko razmišljanje je analitični in kreativni postopek, kar pomeni, da ko snovalec išče problem in ga poskuša rešiti, uporablja veščine kritičnega in kreativnega mišljenja. Poleg tega je pomembno, da je omogočen učinkovit prenos znanja med različnimi področji, saj to podpira interdisciplinarno timsko učenje in spodbuja inovacije.

Poleg tega morajo visokošolski učitelji in oblikovalci učnih načrtov v svoje učne načrte pogosteje vključevati aktivne metode poučevanja iz drugih področij, študentom predstavljati resnične, zapletene in slabo opredeljene probleme ter spodbujati timsko delo in komunikacijo. Potreben je življenjski cikel empatije, ustvarjalnosti in racionalnosti. Visokošolski učitelji bi se morali zavedati študentovih dojemov in izkušenj s kritičnim mišljenjem, ki se med študijskimi področji razlikujejo zaradi različnih metod in strategij poučevanja kritičnega mišljenja. Študenti, ki imajo ZPV, so kritično mišljenje zaznali in izkusili kot zelo uporabno miselno veščino višjega reda za spopadanje s težavami iz resničnega življenja, študenti inženirskih programov pa se še vedno zanašajo na algoritmično mišljenje. Študentsko razumevanje napačnih predstav je precej povezano z metodo, s katero so se učili vsebinskega znanja.

Študenti različnih akademskih področji so snovalsko razmišljanje vadili in dojemali na različne načine. Tako imajo raznolike zmožnosti snovalskega mišljenja, da sočustvujejo, ustvarjajo, vizualizirajo, sodelujejo in ustvarjajo prilagodljive rešitve. Zdi se, da študenti z znanjem pedagoške vsebine lažje prenašajo ideje iz različnih okoliščin, študenti inženirskih programov pa raje oblikujejo več izvedb in prototipirajo ter preizkušajo nove izdelke, da optimizirajo svoje rešitve. Študenti strojništva so bili boljši od svojih kolegov, zlasti v uporabniško usmerjeni empatiji, čemur je sledila opredelitev problema ali določitev priložnosti.

V naši študiji vsi trije dejavniki kritičnega mišljenja študentov prispevajo k njihovim sposobnostim kreativnega snovanja. Študenti, ki so zaznali višje vrednosti kritičnega mišljenja, so dosegli višje rezultate pri tekočnosti in fleksibilnosti idej, tudi uporabnost njihovih snovalskih izvedb je večja. Poleg tega so študenti razumeli napačne predstave kot močan napovednik uporabnosti njihovega snovanja in tekočnosti njihovih snovalskih idej. Nasprotno, zaupanje študentov v kritično razmišljanje je bilo ugotovljeno kot negativni napovedovalec izvirnosti njihovega snovanja.

Da bi omogočili globlje vpoglede in trdnejše trditve pri svojem delu, moramo v svojo analizo vključiti dodatna področja. V prihodnjem delu načrtujemo anketiranje večjega vzorca študentov, vključno s študenti likovne umetnosti in arhitekture, ter izvedbo interdisciplinarnega kvazi eksperimenta dejavnosti snovalskega mišljenja. Sedanja študija se lahko razširi na raziskovanje drugih metakognitivnih veščin, povezanih z njihovimi akademskimi dosežki in rezultati v inženirski praksi; npr. samoregulirano učenje in samo-učinkovitost študentov.

Literatura

- Ambrose, D. (2017). Large-Scale Interdisciplinary Design Thinking for Dealing with Twenty-first Century Problems and Oportunitis. V F. Darbellay, Z. Moody in T. Lubart (ur.), *Creativity, Design Thinking and Interdisciplinarity. Creativity in the Twenty First Century*, (str. 35–52). Singapore: Springer.
- Ardies, J., De Maeyer, S., Gijbels D. in van Keulen, H. (2015). Students attitudes towards technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(1), 43–65. doi:10.1007/s10798-014-9268-x
- Atkinson, S. (2000). Does the need for high levels of performance curtail the development of creativity in design and technology project work?. *International Journal of Technology and Design Education*, 10(3), 255–281. doi:10.1023/A:1008904330356
- Avargil, S. (2019). Learning Chemistry: Self-Efficacy, Chemical understanding, and Graphing Skills, *Journal of Science Education and Technology*, 28(4), 286–298. doi:10.1007/s10956-018-9765-x
- Avsec, S. in Ferik Savec V., (2019). Creativity and critical thinking in engineering design: The role of interdisciplinary augmentation. *Global Journal of Engineering Education*, 21(1), 30–36.
- Baer, J. in Kaufman, J. C. (2008). Gender Differences in Creativity. *Journal of Creative Behaviour*, 42(2), 75–105. doi:10.1002/j.2162-6057.2008.tb01289.x
- Cargas, S., Williams, S. in Rosenberg, M. (2017). An approach to teaching critical thinking across disciplines using performance tasks with a common rubric. *Thinking Skills and Creativity*, 26, 2017, 24–37. doi:10.1016/j.tsc.2017.05.005
- Chang, Y.-S., Chien, Y.-H., Yu K.-C., Chu, Y.-H. in Chen, M. Y.-C. (2016). Effect of TRIZ on the Creativity of Engineering Students. *Thinking Skills and Creativity*, 19(2), 112–122. doi:10.1016/j.tsc.2015.10.003
- Charyton, C., Jagacinski, R. J., Merrill, J. A., Clifton, W. in DeDios, S. (2011). Assessing Creativity Specific to Engineering with the Revised Creative Engineering Design Assessment. *Journal of Engineering Education*, 100(4), 778–799.

- Cropley, D. in Cropley, A. (2010). Recognizing and fostering creativity in technological design education. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(1), 345–358. doi:10.1007/s10798-009-9089-5
- Cropley, D. H. (2015). Creativity in engineering. V G. E. Corazza in S. Agnoli (ur.), *Multidisciplinary Contributions to the Science of Creative Thinking*, (str. 155–173). London, UK: Springer.
- Danaher, M., Schoep, K. in Ater Kranov, A. (2019). Teaching and Measuring the Professional Skills of Information Technology Students Using a Learning Oriented Assessment Task. *International Journal of Engineering Education*, 35(3), 795–805.
- Dwyer, C. P., Hogan, M. J. in Stewart, I. (2014). An integrated critical thinking framework for the 21st century. *Thinking Skills and Creativity*, 12, 43–52.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D. in Leifer, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120. doi:10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x
- Esjeholm, B.-T. (2015). Design knowledge interplayed with student creativity in D&T projects. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(2), 227–243. doi:10.1007/s10798-014-9280-1
- Fidalgo-Blanco, A., Sein-Echaluce, M. L. in Garcia-Penalvo, F. J. (2019). Enhancing the Main Characteristics of Active Methodologies: A Case with Micro Flip Teaching and Teamwork. *International Journal of Engineering Education*, 35(1), 397–408.
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and Knowledge*. New York: Psychology Press.
- Henriksen, D., Richardson, C. in Mehta, R. (2017). Design thinking: A creative approach to educational problems of practice. *Thinking Skills and Creativity*, 26, 140–153. doi:10.1016/j.tsc.2017.10.001
- Jones, H. S., Campbell, D. B. in Villanueva. (2019). An Investigation of Self-Efficacy and Topic Emotions in Entry-Level Engineering Design Learning Activities. *International Journal of Engineering Education*, 35(1), 15–24.
- Kurilovas, E. in Dagiene, V. (2016). Computational Thinking Skills and Adaptation Quality of Virtual Learning Environments for Learning Informatics. *International Journal of Engineering Education*, 32(4), 1596–1603.
- Lewis, T. (2005). Creativity - A framework for the design/problem solving discourse in technology education. *Journal of Technology Education*, 17(1), 35–52. doi:10.21061/jte.v17i1.a.3
- Lindfors E. in Hilmola, A. (2016). Innovation learning in comprehensive education?. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(3), 373–389. doi:10.1007/s10798-015-9311-6
- Mishra, P. in Mehta, R. (2017). What we educators get wrong about 21st-Century learning: Results of a survey. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 33(1), 6–19. doi:10.1080/21532974.2016.1242392
- Mosely, G., Wright, N. in Wrigley, C. (2018). Facilitating design thinking: A comparison of design expertise. *Thinking Skills and Creativity*, 27, 177–189. doi:10.1016/j.tsc.2018.02.004
- Pastor, M. M., Roure, F., Ferrer, M., Ayneto, X., Casafont, M., Pons, J. M. in Bonada, J. (2019). Learning in Engineering through Design, Construction, Analysis and Experimentation. *International Journal of Engineering Education*, 35(1), 372–384.

- Razzouk, R. in Shute, V. (2012). What is Design Thinking and Why Is it Important. *Review of Educational Research*, 82(3), 330–348. doi:10.3102/0034654312457429
- Rohaan, E. J., Taconis, T. in Jochems, W. M. G. (2012). Analysing teacher knowledge for technology education in primary school. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(3), 271–280. doi:10.1007/s10798-010-9147-z
- Runco, M. A. (2004). Creativity. *Annual Review of Psychology*, 55, 657–687.
- Seitamaa-Hakkarainen, P. in Hakkarainen, K. (2000). Visualization and sketching in design process. *The Design Journal*, 3(1), 3–14.
- Seitamaa-Hakkarainen, P., Viilo, M. in Hakkarainen, K. (2010). Learning by collaborative designing: Technology-enhanced knowledge practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(2), 109–136. doi:10.1007/s10798-008-9066-4
- Spelt, E., Biemans, H. J. A., Tobi, H., Luning P. A. in Mulder, M. (2009). Teaching and Learning in Interdisciplinary Higher Education: A Systematic Review. *Educational Psychology Review*, 21(4), 365–378. doi:10.1007/s10648-009-9113-z
- Spuzic, S., Narayanan, R., Abhary, K., Adriensen, H. K., Pignata, S. in Uzunovic, F. (2016). The synergy of creativity and critical thinking in engineering design: The role of interdisciplinary augmentation and the fine arts. *Technology and Society*, 45, 1–7.
- Stupple, E. J. N., Maratos, F. A., Elander, J., Hunt, T. E., Cheung, K. Y. F. in Aubeeluck, A. V. (2017). Development of the Critical Thinking Toolkit (CriTT): A measure of student attitudes and beliefs about critical thinking. *Thinking Skills and Creativity*, 23, 91–100. doi:10.1016/j.tsc.2016.11.007
- Uziak, J., Kommula, V. P. in Becker, K. (2019). Students' attitude Towards Problem-Based Learning: A Case Study. *International Journal of Engineering Education*, 35(3), 733–743.
- Wrigley, C. in Straker, K. (2017). Design Thinking pedagogy: The Educational Design Ladder. *Innovations in Education and Teaching International*, 54(4), 374–385. doi:10.1080/14703297.2015.1108214
- Yang, K.-K., Lee, L., Hong Z.-R. in Lin, H.-S. (2016). Investigation of effective strategies for developing creative science thinking. *International Journal of Science Education*, 38(13), 2133–2151.
- Zoller, U. (1996). The development of students' HOCS – The key to progress in STEM education. *Bulletin of Science, Technology and Society*, 16(5-6), 268–272.
- Zoller U. in Tsapralis, G. (1997). Higher-order cognitive skills and lower-order cognitive skills: The case of chemistry. *Research in Science Education*, 27(1), 117–130.

SNOVALSKO RAZMIŠLJANJE UČENCEV OD 6. DO 8. RAZREDA OSNOVNE ŠOLE

DESIGN THINKING IN 6- TO 8-GRADERS OF ELEMENTARY SCHOOL

Nejc Urbas¹ in Stanislav Avsec²

¹OŠ Idrija, ²Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Snovalsko razmišljanje kot napreden model poučevanja se uporablja marsikje, največkrat nevede, saj se učitelji niti ne zavedajo, da delajo po tem modelu. Če bi učitelji model snovalskega razmišljanja ozaveštili, bi učencem še toliko bolj pomagali pri kompleksnejšem reševanju problemov, saj bi jih naučili, da ni nič narobe, če rešitev v prvem poskusu ni uspešna, vendar je pomembno, da poskušamo večkrat, dokler ne pridemo do učinkovite rešitve.

V raziskavi nas je zanimalo snovalsko razmišljanje kot napreden model poučevanja učencev od 6. do 8. razreda osnovne šole. Pri tem smo se opirali na različne raziskave, ki so že bile narejene v tej smeri, ter na Dosijev instrument, ki ga je zasnoval skupaj s svojimi sodelavci. Ta instrument je razčlenjen in eden izmed najprimernejših za uporabo pri samoocenjevanju snovalskega razmišljanja učencev zadnjega triletja osnovne šole.

V uvodu smo dali poudarek na snovalsko razmišljanje, prevladujoče definicije, historičnost in razvojni model. Opisali smo model snovalskega razmišljanja, ki so ga razvili na Univerzi Stanford (Hasso Plattner Institute).

Uporabljen je kvantitativni pristop empiričnega raziskovanja. V raziskavi so sodelovali učenci od 6. do 8. razreda šestih osnovnih šol tako iz urbanega kot tudi podeželskega okolja. Skupno število učencev, vključenih v raziskavo, ki je izpolnilo oba vprašalnika, je 168, od tega 71 fantov in 97 deklet. V 6. razredu je anketni vprašalnik izpolnilo 73 učencev, v 7. razredu 63 in v 8. razredu 32. Vprašalnik o razvijanju idej je dodatno izpolnilo še 46 učencev, skupaj 214 učencev, od tega 88 fantov in 126 deklet. V 6. razredu je anketni vprašalnik izpolnilo 95 učencev, v 7. razredu 79 in v 8. razredu 40. Uporabili smo vprašalnik o snovalskem razmišljanju, ki ga je zasnoval Dosi, in pa vprašalnik o razvijanju idej, ki ga je zasnoval Runco. Pokazati smo želeli možne povezave med snovalskim razmišljanjem in ustvarjalnostjo za namen izostritve snovalskega razmišljanja pri pouku vsebin tehnike in tehnologije.

Ključne besede: tehniško izobraževanje, snovalsko razmišljanje, merjenje snovalskega razmišljanja, ustvarjalnost, večkratna regresija.

Abstract

Design thinking as an advanced model of teaching is used in many places, most often unknowingly. Teachers are not even aware that they are working according to this model. If teachers became aware

of that model, they would help students even more in solving more complex problems. With this model, they would teach them that there is nothing wrong if the solution is not successful in the first attempt, but it is important to try several times until they find successful solutions.

In the research, we were interested in design thinking as an advanced model of teaching students from 6th to 8th grade of primary school. In this thesis, we relied on various research that has already been done in this direction and on Dosi's questionnaire, which he designed together with his colleagues. This questionnaire is disaggregated and one of the most suitable for use in self-assessment of the design thinking of students in the last three years of primary school.

In the introduction, we emphasized the design thinking, the prevailing definitions, historicity and the development model. We described the design thinking model developed at Stanford University (Hasso Plattner Institute).

A quantitative approach was used for empirical research. Questionnaire was completed by students from 6th to 8th grade of six primary schools. Participated schools in the research were both from urban and rural areas. The total number of students included in the survey who completed both questionnaires was 168, of which 71 were boys and 97 were girls. In the 6th grade, 73 students completed the survey questionnaire, 63 in the 7th grade and 32 in the 8th grade. An additional 46 students completed the idea development questionnaire, a total of 214 students, of which 88 were boys and 126 were girls. In 6th grade, the survey questionnaire was completed by 95 students, in 7th grade by 79, and in 8th grade by 40. We used a questionnaire on design thinking designed by Dosi and a questionnaire on developing ideas designed by Runco. We wanted to show the possible connections between design thinking and creativity for the purpose of sharpening design thinking in the teaching of techniques and technology.

Key words: Technology education, design thinking, measuring design thinking, creativity, multiple regression.

Uvod

Snovalsko razmišljanje

Wrigley in Straker (2017) vidita snovalsko razmišljanje predvsem kot kognitivni proces, katerega so naknadno vključili v proces oblikovanja nekega izdelka. Pravita, da je snovalsko razmišljanje predvsem skupek ustvarjalnosti in analize pri iskanju neke rešitve za problem, na katerega naletimo oziroma nam je podan.

Inženirji bi snovanje opisali kot sistematičen proces, kjer snovalec ustvarja, evalvira in navaja koncepte za naprave in sisteme. Da lahko inženir to doseže, potrebuje določena znanja, kot so sposobnost konvergentno-divergentnega mišljenja, sposobnost videnja širše slike, sposobnost odločanja, sposobnost delovanja v timu in sposobnost komunikacije v različnih inženirskih jezikih (Coleman idr., 2020).

Snovalsko razmišljanje ni samo razmišljanje izven okvira, ampak vsebuje kombinacijo kreativnega mišljenja, kritičnega mišljenja, analize in konstrukcijo nekega izdelka oziroma rešitve. Ko naletimo na težavo in ne vidimo rešitve, se vrnemo na eno izmed prejšnjih stopenj v procesu snovalskega razmišljanja (Sharples idr., 2016).

Snovalsko razmišljanje je pristop k snovanju, ki je bil primarno namenjen inženirjem v različnih panogah. Podobno je z njim še sedaj, saj se uporablja predvsem pri poučevanju bodočih inženirjev. Poučevanje s pomočjo snovalskega razmišljanja v primerjavi s tradicionalnim

načinom poučevanja spodbuja večjo inovativnost in funkcionalnost pri učencih (Coleman idr., 2020).

Kaj je delo inženirja, je težko definirati. Inženir naj bi ustvarjal, evalviral in realiziral ideje za ustvarjanje novih tehnologij in implementacijo tehnologij za iskanje rešitev. Tukaj pridemo nato do povezave med inženirjem in snovalskim razmišljanjem. Inženirsko delo lahko definiramo kot sistematičen inteligentni proces, ki ga snovalec ustvari, evalvira in prilagodi, da je ustrezen za dano okolje. Po tej definiciji vidimo, da je delo inženirjev predvsem miselni proces, pri katerem igra glavno vlogo kreativnost. Inženir tako ni izumitelj, ampak zgolj člen v verigi, ki idejo nekoga drugega spremeni v produkt. V tem pa se pokaže glavna povezava med inženirjem in snovalskim razmišljanjem (Dym idr., 2005).

V knjigah, ki sta jih napisala Lawson in Rowe (Sharples idr., 2016) skupaj s še nekaterimi avtorji, lahko izluščimo osem principov, ki so značilni za snovalsko razmišljanje. Prvi govori o tem, da je potrebno razviti več idej za reševanje problema in se nato odločiti za eno, saj s tem, ko imamo več idej oziroma potencialnih rešitev, vidimo širšo sliko in bolje razumemo problem. Drugi pravi, da moramo povezati znanje in spretnosti za iskanje rešitve. To znanje in spretnosti pa izhajata iz izkušenj, ki jih je snovalec rešitve pridobil na takšen ali drugačen način. Tretji princip pravi, da mora biti snovalec osredotočen predvsem na izdelek, ki bo na koncu nastal. Razumeti mora lastnosti materialov, s katerimi dela, in kolikšne obremenitve ti materiali prenesejo. Četrti govori o tem, da mora imeti snovalec zelo dobro razvito prostorsko predstavo. To pri svojem delu s pridom izkorišča, saj so njegove ideje s tem popolnejše in lažje v naprej vidi pasti, prednosti in nejasnosti, kot če bi bile njegove ideje izražene izključno z besedami. Peti princip pravi, da mora snovalec svoje rešitve prilagoditi do te mere, da bodo v pomoč skupnosti in ne da bodo same sebi namen. Šesti princip govori o tem, da snovalec navadno gleda preko trenutnega problema, predvsem zato, ker problem zelo dobro razume in zato, ker si želi odkriti orodje za izboljšavo problema v prihodnosti. Sedmi princip pravi, da snovalsko razmišljanje navadno poteka v skupini, v kateri so navadno ljudje, ki učinkovito delujejo v timu in stremijo k nekemu skupnemu cilju, kljub temu da morajo prestopiti prag svojega področja in pogledati tudi na druga, njim neznana področja. Zadnji, osmi princip pa pravi, da so snovalci usmerjeni proti akciji. Nagnjeni so k temu, da želijo spremeniti svet na bolje, pa naj bodo to majhne ali velike spremembe (Sharples idr., 2016).

Poznamo različne definicije kreativnosti. Ena izmed njih govori, da je kreativnost definirana kot oblikovanje novih idej oziroma novega pogleda na obstoječi problem in videnje nove rešitve (Šuligoj idr., 2020).

Kreativnost igra ključno vlogo pri reševanju problemov preko primerjav in uporabe spretnosti. Za kreativnost je potrebno tako konvergentno kot divergentno razmišljanje. Kreativno razmišljanje ni nekaj, kar učenci že imajo, ampak ga morajo skozi proces šolanja preko dela še pridobiti. Kreativno razmišljanje najlažje razvijamo preko problemskega učenja, saj moramo navadno takrat na svoj način rešiti problem (Šuligoj idr., 2020).

Kritično razmišljanje je proces, pri učenju na višjih kognitivnih stopnjah. Kritično razmišljanje je v današnji družbi skorajda nujno, saj nas družba in okolje zasuvajo z informacijami, mi pa se moramo odločiti, katere informacije so relevantne za nas in katere niso. Da pa vemo, katere informacije so relevantne in katere niso, pa moramo področje, ki nam informacije ponuja, dobro poznati in razumeti. Še ena izmed prednosti pri kritičnem razmišljanju je ta, da se bolj večš

učenec in učenec, ki je bolj vaje kritičnega razmišljanja, lažje spopada z neznanimi situacijami, na katere bo naletel v življenju (Šuligoj idr., 2020).

Historični pregled in razvoj snovalskega razmišljanja

Medtem ko se izraz snovalsko razmišljanje uporablja predvsem zadnja leta, pa njegov koncept obstaja že par desetletij. Koncept snovalskega razmišljanja se je na začetku imenoval samo snovanje. Področja snovanja so na začetku pokrivala predvsem naravoslovna področja, kot sta biologija in fizika. Kasneje pa so v ta sklop začeli dodajati tudi druga področja, kot so matematika, medicina, zakonodaja. Na začetku se je snovanje gibalo med idejo in izdelkom, kar se je do neke mere obdržalo tudi do danes (Chesson, 2017).

Težnja po razumevanju snovanja se je pojavila že v šestdesetih letih prejšnjega stoletja, vendar se je o tej temi začelo resneje pogovarjati šele v sedemdesetih. Snovanje se je v znanosti prvič pojavilo leta 1969 v knjigi z angleškim naslovom *Sciences of the Artificial*, ki jo je napisal Herbert A. Simon. On je tudi prvič omenil prototipiranje kot del nekega učnega procesa. V glavnem pa se je ukvarjal z umetno inteligenco in kako bi lahko ta pomagala človeštvu (Interaction design foundation, b. d.; Sean Van Tyne, b. d.).

V sedemdesetih je bil Victor Papanek kritičen do takratnih snovalcev. Trdil je, da mora biti snovalec inovativen, kreativen in se mora znajti v različnih situacijah. Po njegovem mnenju bi moral biti snovalec tudi bolj orientiran v raziskovanje. Prvi, ki je poskušal definirati teorije snovanja, pa je bil Horst Rittel. V nasprotju s svojimi predhodniki je dajal velik pomen tudi interakciji snovalec – stranka (Sean Van Tyne, b. d.).

V osemdesetih je Nigel Cross primerjal snovalčeve probleme z drugimi problemi, s katerimi se srečujemo v vsakdanjem življenju. Bryan Lawson je pojem opisal kot način iskanja idej in reševanja problemov. Bryan Lawson je ravno tako primerjal metode, ki so jih uporabljali arhitekti in znanstveniki, z drugimi metodami. Ugotovil je, da znanstveniki bolj premislijo, preden podajo rešitev (naredijo miselni proces), medtem ko snovalci hitro poiščejo več rešitev, te rešitve testirajo in se nato odločijo za najoptimalnejšo (Interaction design foundation, b. d.). Poleg Lawsona se je v začetku s snovalskim razmišljanjem ukvarjal tudi Peter Rowe. On pa snovalsko razmišljanje vidi kot reševanje problemov na način, da oblikovne ideje prenesemo v realnost, vsakdanje življenje (Sharples idr., 2016).

Rowe je na snovalsko razmišljanje gledal predvsem iz arhitekture in iz tega pogleda poskušal razumeti celoten proces snovalskega razmišljanja. Rowe je tudi prvi, ki je razlikoval pojma snovanje in snovalsko razmišljanje. Snovanje je razložil kot pojem, ki opiše nek izdelek (na primer zgradba, ki jo nariše arhitekt). Snovalsko razmišljanje pa je opredelil kot ožji pojem, ki nam pove proces, po katerem snovalec pride do dane rešitve (na primer proces risanja zgradbe, katero snuje arhitekt). Iz tega lahko naredimo zaključek, da je snovanje končni produkt, snovalsko razmišljanje pa proces, kako do končnega produkta pridemo (Chesson, 2017).

Eden izmed modelov, ki se je pojavil v zadnjem desetletju prejšnjega tisočletja, je model IDEO. Razvili so ga na Univerzi Stanford. To je prvi model, ki je bil širše sprejet in je pahnil snovalsko razmišljanje v svet. Na Univerzi Stanford pa so tudi razvili način poučevanja in implementiranja snovalskega razmišljanja na učence (Interaction design foundation, b. d.).

Modeli snovskega razmišljanja pa so se razvijali počasi in postopoma. Eden izmed prvih modelov je bil IDEO 3I. Model sestavljen je iz treh faz, ki se nanašajo na inspiracijo, idejo in izvedbo. To je bil tudi prvi model, ki se je pojavil v velikem številu znanosti, in ne samo v inženirstvu ter arhitekturi. Faza inspiracije se nanaša na zbiranje informacij iz okolja, faza ideje se osredotoča na izbiro najboljše ideje, faza izvedbe pa na optimalno izvedbo rešitve (Chesson, 2017).

Drug pomemben model je Tristopenjski model (The Three-Gear Model). Tudi ta model je sestavljen iz treh stopenj, in sicer empatije, vizualizacije rešitve ni izvedbe rešitve. Pri prvi stopnji se snovalec osredotoča na človekovo razumevanje problema, pri drugi stopnji se sprehaja med idejo, prototipiranjem in evalvacijo prototipa. Pri tretji stopnji sledi dokonča rešitev (Chesson, 2017).

Tretji model, ki je pomemben za razvoj snovskega razmišljanja, je model, ki se imenuje Lijak znanja (The Knowledge Funnel). Tudi ta model ima tri stopnje, in sicer: (1) skrivnost, ki mora biti rešena, (2) razvoj pravila za razlago skrivnosti in (3) poenostavitev ter strukturiranje rešitve. Pri tem modelu je poudarek na sposobnosti uporabe mišljenja v več smereh, da najdemo kar najširšo paleto rešitev (Chesson, 2017).

Četrty model se imenuje IDEO HCD. Ta model je bil razvit za uporabo razvijanja sveta. Tudi ta ima tri stopnje, ki se imenujejo slišati, ustvariti in dostaviti. Od tukaj tudi kratica HCD (*hearing* oz. slišati, *creating* oz. ustvariti in *delivering* oz. dostaviti). Na stopnji slišanja je poudarek na zbiranju informacij, na stopnji ustvarjanja je poudarek na timskem delu ter ustvarjanju rešitev, na stopnji dostave pa je poudarek na planiranju izdelave izdelka za dani problem (Chesson, 2017).

Peti, zadnji model, preden so razvili Model snovskega razmišljanja, ki je opisan v naslednjem podpoglavju, pa se imenuje Proces snovskega razmišljanja. Ta model namesto faz raje uporablja niz štirih vprašanj za določanje, na kateri stopnji si. Ta vprašanja so: (1) kaj je, (2) kaj če, (3) kaj navdušuje in (4) kaj deluje. Pri prvem vprašanju je pomembno razumevanje trenutne situacije. Pri drugem vprašanju je pomembno podati več možnih rešitev. Pri tretjem vprašanju je pomembno, na kaj se bomo osredotočili. Pri zadnjem, četrtem vprašanju pa je pomembno, kaj je ustrezna rešitev za dani problem (Chesson, 2017).

Faze snovskega razmišljanja po modelu Univerze Stanford

Stanfordski model je sestavljen iz petih korakov oziroma faz. Ti koraki so (1) empatija, (2) definicija problema, (3) idejna zasnova, (4) izdelava prototipa in (5) testiranje prototipa (Dschool-old.stanford.edu., 2017).

Pri prvem koraku, ki se imenuje empatija in je eden izmed najpomembnejših korakov, učitelj skuša razumeti učenčevo razmišljanje in njegovo predznanje ter ga motivirati za nadaljnje delo. V tem koraku je tudi zelo pomembno, da učitelj učence opremi s potrebnim znanjem za reševanje problema. To lahko naredi na več načinov (frontalni pouk, delo v skupinah, reševanje problemov...), odvisno, kakšen problem bodo učenci kasneje reševali. V tem koraku je tudi ključnega pomena, da je učenec aktivno vključen v samo problematiko, katere se bo kasneje lotil reševati (Avsec, 2020; Dschool-old.stanford.edu., 2017).

Drugi korak je definicija problema. V tem koraku se začne koncentracija na snovalsko okolje. Tukaj je glavna naloga učitelja, da učencem poda dobro definiran problem, katerega bodo morali rešiti. Ta problem pa mora biti življenjski, da je učencem bližje in se bodo bolj poglobili vanj. Ta korak je pomemben, saj če je problem slabo definiran oziroma preširoko zastavljen, lahko učenci razmišljajo v napačno smer in na koncu ne dobimo željenih rezultatov (Dschoold-old.stanford.edu., 2017).

V koraku idejna zasnova pogledamo širšo sliko problema. Tukaj si zamislimo rešitve za problem in napravimo vso tehniško-tehnološko dokumentacijo, kar zna biti večkrat zelo velik izziv. V tem koraku morajo učenci s pomočjo svojega predznanja, ki so ga dobili bodisi v prvem koraku ali pa so ga imeli že prej, oblikovati rešitve za podani problem. Dobrodošlo je, da si učenci ustvarijo več možnih rešitev, nato pa izberejo tisto, za katero mislijo, da je najustreznejša. Veliko vlogo igra kreativnost, saj učenci s pomočjo kreativnosti lahko ustvarijo zanimive rešitve in niso ozkogledni, ko prihaja do idej za reševanje problemov (Avsec, 2020; Dschoold-old.stanford.edu., 2017).

V koraku izdelava prototipa je glavni namen, kot nam že pove naslov, izdelati ustrezen prototip. S tem se približamo končni rešitvi. Prototip je lahko karkoli, ni pomembno, kateri materiali se uporabljajo ali katere metode dela. Pomembno je le, da rešitev ustreza problemu, ki smo ga podali na začetku. Prototipiranja se lotimo postopoma. Tudi če nismo prepričani, ali smo izbrali ustrezen material in ustrezne tehnike dela, prototip vseeno poskušamo izdelati. Ali ta ne bo ustrezen, bomo ugotovili v naslednjem koraku. Pomembno je to, da se zavedamo, da izdelujemo prototip, in ni nujno, da bo prvi izdelani prototip ustrezal rešitvi za naš problem (Dschoold-old.stanford.edu., 2017).

V zadnjem koraku, ki se imenuje testiranje prototipa, pa testiramo ustreznost prototipov. Rezultati testiranja nam dajo vpogled, ali dobro razumemo problem in kaj moramo še raziskati, da ga bomo bolje razumeli. Idealno je, če lahko prototip testiramo v realnem svetu in ne samo v laboratorijskem okolju. Nepisano pravilo pri testiranju prototipa je, da vedno poskušaj najti napako na svojem prototipu, saj boš potem vedno našel motivacijo za njegovo izboljšanje (Dschoold-old.stanford.edu., 2017).

Pomembna lastnost Stanfordskega modela je, da je iterativen in nelinearen. To pomeni, da lahko postopek ponovimo s poljubno fazo v poljubnih korakih. Pri ponovitvi pa ni potrebno iti skozi vse procese še enkrat. Izdelamo lahko več prototipov hkrati in jih testiramo. Ni potrebe, da izdelamo samo en prototip. Če pa ta prototip ni ustrezen, ni treba ponavljati celotnega postopka, ampak samo tiste, za katere nam rezultati pokažejo, da nismo dobro opravili svojega dela (Dschoold-old.stanford.edu., 2017).

Oblikovanje uporabniške izkušnje

Uporabniška izkušnja v splošnem pomeni, kako se ljudje počutijo, ko uporabljajo produkt oziroma storitev. Uporabniške izkušnje najpogosteje povezujemo, kadar ima uporabnik popravek s tehnologijo (Soegaard, 2018).

Uporabniške izkušnje lahko razdelimo na sedem dejavnikov, ki so naslednji: (1) koristnost, (2) uporabnost, (3) iskanost, (4) verodostojnost, (5) željenost, (6) dostopnost in (7) dragocenost (Soegaard, 2018).

Če produkt ni koristen, zakaj bi ga sploh želeli izdelati? To je eno izmed prvih vprašanj, ki si jih moramo zastaviti, preden začnemo z izdelovanjem kateregakoli produkta (Soegaard, 2018).

Produkt je uporaben, če ga uporabnik lahko v celoti ali skoraj v celoti uporabi za namen, za katerega je bil narejen. Na primer, računalniška igra, ki zahteva tri kompletne konzol, ni uporabna, saj imamo ljudje samo en par rok (Soegaard, 2018).

Na spletu velja preprost rek, in sicer, če izdelka ne moreš preprosto najti, boš nehal brskati po spletu. Podobno velja tudi za storitve. To pomeni, da morajo biti stvari lepo zložene po sklopah, da jih lažje najdemo (kot v trgovini, ki so izdelki, ki spadajo v isto skupino, po navadi nahajajo na isti polici) (Soegaard, 2018).

Uporabniki v današnjem času pogosto ne dajejo druge priložnosti, kadar se čutijo prevarane. Zato je ključno, da je izdelek verodostojen, če želimo, da se bo uporabnik vračal k našim storitvam. Verodostojnost se zanaša na zaupanje med uporabnikom in ponudnikom. Nemogoče je doseči dobro uporabniško izkušnjo, če imamo občutek, da nam ponudnik laže in ni verodostojen (Soegaard, 2018).

Željenost je posredovati izdelek preko priznane blagovne znamke. Lep primer tega sta podjetji Porsche in Škoda. Oba izdelujeta avtomobile, ki zadostijo imenu, vendar je Porschejev avtomobil vseeno bolj zaželen kot Škodin. Na tem mestu lahko tudi govorimo o neki vrsti nevoščljivosti. Kljub temu da imamo škodo, si vseeno želimo imeti porscheja. Velikokrat pa nas tukaj podjetja, ki so si ustvarila ime, tudi zavajajo, saj pri nakupu največji delež cene predstavlja ime podjetja (Soegaard, 2018).

Dostopnost se velikokrat izgubi, kadar govorimo o ustvarjanju uporabniške izkušnje. Ključ dostopnosti je ta, da uporabnik lahko izkusi vse možnosti, ki jih nek produkt oziroma storitev ponuja. Tukaj govorimo predvsem o prilagoditvah, ki so namenjene invalidnim osebam. Velika podjetja dostopnost velikokrat vidijo kot izgubo denarja in se zato z njo ne ukvarjajo pretirano veliko, saj invalidne osebe predstavljajo majhen delež populacije (Soegaard, 2018).

Glavna lastnost izdelka je dragocenost, saj se podjetja trudijo, da bi s ponudbo zaslužili. Nihče ne ponuja svojih storitev zastonj, saj moramo od nečesa živeti, podjetja pa se morajo tudi razvijati, če želijo biti konkurenčna (Soegaard, 2018).

Model je neke vrste orodje, ki nam služi kot povezava med idejo in fizičnim izdelkom. Prototipi imajo lahko več namenov. Eden izmed pglavitnih namenov je ta, da nam služijo kot preizkušaneec, preden gremo v masovno proizvodnjo, saj je ceneje, če napako ugotovimo na modelu kot pa na masovnem proizvodu. Prototipi so lahko izdelani iz različnih materialov, kot so papir, les, kovina, umetna snov idr. (Greenhalgh, 2016).

Snovalsko razmišljanje v izobraževanju

Snovalsko razmišljanje je vključeno v formalna in neformalna izobraževanja. Snovalsko razmišljanje od učencev zahteva domišljijo, zanimanje in kreativnost (Šuligoj idr., 2020), empatijo ter racionalnost, da bi lahko prišli do željenih in uporabnih rezultatov (Avsec, 2020).

Tradicionalni pouk poteka tako, da učitelj učencem poda neko aktivnost, učenci pa nato po navodilih delajo v skladu s podano aktivnostjo. Učitelji snov učencem največkrat predajajo ustno, učenci pa si morajo čim več predane snovi zapomniti. Učenci so v takem načinu

poučevanja večino časa pasivni poslušalci, kar pa za ustvarjalno razmišljanje ni dobro. Učitelji bi morali vzpodbujati sodelovalno delo, saj so tedaj učenci miselno aktivnejši, kar pa se kasneje pozna tudi pri pomnjenju in razumevanju učene snovi (Šuligoj idr., 2020).

Za učitelja je pri tem modelu ključno, da učenca postavi v tako vlogo, da ta začne razmišljati kot pravi oblikovalec neke rešitve (strokovnjak). Snovalsko razmišljanje se lahko aplicira na katerikoli predmet, kjer je potrebno ustvarjalno rešiti nek problem (Sharples idr., 2016).

Pionir uvajanja snovalskega razmišljanja v izobraževanje je Inštitut za oblikovanje z Univerze Stanford. Njihov učni sistem je zasnovan tako, da sledi ideji snovalskega razmišljanja pri izobraževanju svojih učencev. Pri poučevanju učiteljev pa jim ta model pomaga predvsem pri načrtovanju njihove učne ure (Sharples idr., 2016).

Strokovnjaki, ki se ukvarjajo z razvojem snovalskega razmišljanja, se ne morejo popolnoma poenotiti, katere metode bi pri tem modelu uporabili in kakšno je najučinkovitejše poučevanje po tem modelu (Wrigley in Straker, 2017). Pri snovalskem razmišljanju učenci navadno delajo v skupinah. Ukvarjajo se s projekti, ki so osebne narave, ali s projekti, ki pomagajo širši okolici. Pri tem modelu pa se v šoli pojavlja problem. Zelo pomembno je, da učenci na koncu tudi izdelajo izdelke in da nimajo občutka, da projekt na koncu obstane, ampak se dejansko izvede do končne oblike (Sharples idr., 2016).

Eden izmed glavnih izzivov za učitelje je, da model uspešno vključi v učni sistem tako, da bo šel z roko v roki z ucnim načrtom in ocenjevanjem. Glavno vodilo modela ni to, da učenci obvladajo snov, ampak da se spoznajo z učinkovitim načrtovanjem iskanja rešitve snovalskega problema in nato ta problem skušajo rešiti s pomočjo načrta, katerega so si predhodno naredili (Sharples idr., 2016).

Šuligoj idr. (2020) so mnenja, da so učitelji tehnike in tehnologije (TIT) ključnega pomena za vključevanje snovalskega razmišljanja v pouk. Učitelji so danes postavljeni pred izziv, kako kreativno poučevati učence. Zato je pomembno, da uporabljamo model snovalskega razmišljanja, saj nas ta sili h kreativnemu razmišljanju. Še toliko bolj se to kaže pri pouku TIT, saj morajo učenci uporabiti kreativno razmišljanje, če želijo izdelati nek izdelek. To se kaže predvsem pri izdelkih, ki jih morajo sami tudi zasnovati in ne samo izdelati izključno po načrtu.

Ustvarjalnost in snovanje

Papotnik (1991) navaja, da je ustvarjalnost bistvena in splošna človekova lastnost. Marentič Požarnikova (2000) meni, da je ustvarjalna oseba tista, ki prispeva nove, edinstvene ideje, iznajdbe. Drugi avtorji, kot je Guilford (1971), pa menijo, da se ustvarjalnost znajde znotraj divergentnega mišljenja, saj ta vrsta mišljenja spodbuja iskanje več različnih rešitev na problem, ki je zastavljen. Lastnosti ustvarjalnega mišljenja so ustvarjalna fantazija, odkrivanje problemov in tolerantnost do nedoločenosti. Faze ustvarjalnega mišljenja pa so preparacija, inkubacija, iluminacija in verifikacija.

Cropley (2015) je kreativnost opredelil kot ustvarjanje tehničnih rešitev za dane probleme. Ustvarjalnost ima pomembno vlogo pri reševanju problemov s primerjanjem, ocenjevanjem, izbiro, združevanjem in uporabo znanj in veščin v povezavi z uporabnostjo za doseg praktične rešitve.

Atkinson (2000) je trdil, da je ustvarjalnost prirojena človeška lastnost in je veščina, ki se je lahko naučimo in negujemo z delom s strategijami reševanja problemov. Snovalsko razmišljanje ima tako sproščen potencial za spodbujanje razmišljanja višjega reda pri učencih, kjer lahko kritično mišljenje igra osrednjo vlogo pri učenju.

Ustvarjalno reševanje problemov se začne z dobrim razumevanjem problema, kar vključuje pregled možnih rešitev, zbiranje podatkov o problemu in definicijo problema. V naslednjem koraku je poudarek na snovanju več rešitev za dan problem. Zadnji korak je iskanje najboljše možne rešitve. Celoten proces se zaključi, ko izbrana rešitev ustreza danemu problemu (Chesson, 2017).

Ustvarjalnost in snovanje sta zelo podobna koncepta, saj zahtevata razumevanje problema in pogled na problem z več zornih kotov. Podobnost je tudi v tem, da je treba pri obeh konceptih podati več možnih rešitev, nato pa izberemo najustrežnejšega. Ena izmed glavnih razlik je, da je pri snovalskem razmišljanju v proces vključena tudi empatija in je zato razumevanje problema pri snovalskem razmišljanju bolj poglobljeno (Chesson, 2017).

Za krepitev tehniške ustvarjalnosti pri učencih je v osnovni šoli ključnega pomena predmet tehnika in tehnologija (TIT). Tehniška ustvarjalnost je sposobnost in nadarjenost učenca za oblikovanje materiala v dobro drugih. Pri preoblikovanju materiala učenec preobraža njemu neznano situacijo v situacijo, ki jo bo naslednjič, ko jo bo potreboval, prepoznal in tako vedel, kako v njej reagirati. Pri ustvarjalnosti se nam aktivirajo tako podzavestne dejavnosti kot tudi zavestne in samo v kombinaciji obojih ustvarimo izdelek, ki odraža našo ustvarjalnost in funkcionalnost hkrati. Pri TIT lahko ustvarjalnost enačimo s tehnološkim, konstrukcijskim in tehničnim razmišljanjem (Papotnik, 1991).

Profil snovalca

Snovalec mora imeti (1) razgibano/dinamično mišljenje, (2) biti mora osredotočen in (3) empatičen, (4) biti sposoben aktivno sodelovati pri prototipiranju, (5) dvoumnost mu ne sme biti tuja, (6) sposoben mora biti sodelovati z drugimi, (7) dobro mora znati reflektirati svoje delo, (8) razvite mora imeti dobre vizualne sposobnosti, (9) odprt mora biti za sprejemanje tveganja, (10) pripravljen mora biti na neuspeh in (11) biti mora optimističen. Zelo dobro mora tudi razumeti, da je snovalsko razmišljanje ponavljajoč proces in da pridejo tudi neuspehi, ki pa jih rešimo s tem, da se pomaknemo na enega izmed prejšnjih korakov in od tam naprej nadaljujemo proces iskanja rešitve (Chesson, 2017).

Dinamično mišljenje je sposobnost preklapljanja med iznajdljivim mišljenjem (ustvarjanje idej) in med analitičnim mišljenjem (testiranje idej). Če združimo obe vrsti mišljenja, dobimo logično mišljenje. Pri razmišljanju, katere rešitve najbolj ustrezajo problemu, mora snovalec zelo dobro razmisliti, ali bo ustvaril nekaj novega ali bo porabil že izdelane rešitve in jih prilagodil. Pogosto se snovalcu zgodi, da ne najde popolne rešitve, ampak samo zelo ustrezno, ker problem pogosto vsebuje več manjših problemov, za katere univerzalna rešitev ne obstaja (Chesson, 2017).

Snovalec je zelo osredotočen in postavlja človeške izkušnje v središče problema. Pogosto imajo ljudje, ki se gibljejo v okolici danega problema, koristne informacije za snovalca. Druga plat tega, da snovalec daje ljudi v središče problema, je, da se bodo morali ti ljudje srečevati z

dano rešitvijo. Tako se snovalec tudi bolje poveže s stranko in lažje uresniči njene želje (Chesson, 2017).

Empatičnost je sposobnost videti situacijo z različnih zornih kotov (zorni kot stranke, uporabnika in soedlavcev). Ta sposobnost snovalcu omogoča, da si zamisli rešitev, ki najbolj ustreza končnemu uporabniku. Empatija je kritična v procesu snovalskega razmišljanja, ker je brez razumevanja, za koga snujemo rešitev in kako si problem predstavlja stranka, nemogoče zasnovati rešitev, ki bi stranki ustrezala. Snovalec se je sposoben postaviti v kožo nekoga drugega (Chesson, 2017).

Naslednja lastnost snovalca je, da sodeluje pri izdelavi prototipa. Pri prototipiranju mora sodelovati predvsem zato, da lahko zbere vse povratne informacije, ki se pojavijo pri testiranju prototipa, in lahko kasneje ustrezno popravi prototip. Ta proces se ponavlja, dokler prototip ne ustreza zahtevam stranke. Prototipiranje zagotovi, da preverimo vse potencialne probleme, preden gremo v izdelavo dejanskega izdelka, saj si s tem prihranimo veliko časa in denarja (Chesson, 2017).

Z dvoumnostjo se snovalec srečuje velikokrat, ko snuje rešitev, ki še ne obstaja, saj mora raziskovati neznano področje. Hkrati pa mora biti snovalec zelo dober iskalec informacij, zelo dobro mora znati generirati ideje in prepoznavati vzorce (Chesson, 2017).

Naslednja lastnost snovalca je sodelovalnost. Snovalec vedno sodeluje s stranko, da razume njene potrebe, s končnim uporabnikom, da razume njegove poglede, in z drugimi sodelavci, da lažje najde rešitev. Snovalec nikoli ne snuje rešitve sam, ampak vedno v timu, saj tako lažje najde ustrezne rešitve. Sodelovanje pa ni samo delo z drugimi, ampak od snovalca zahteva tudi odprt pogled za nove rešitve, ki mu jih predlagajo drugi (Chesson, 2017).

Snovalec vseskozi prehaja med ustvarjanjem rešitve in refleksijo le-te (to pomeni jedro njegovega dela). Refleksijo bi lahko definirali tudi kot učenje skozi akcijo, koder snovalec ponudi rešitev, nato pa v sodelovanju z drugimi preveri, ali rešitev izpolnjuje vse pogoje. Refleksija je ravno tako opisana kot pogled nazaj, v preteklost, da razumemo, kaj snovalec že ve in katera znanja lahko uporabi pri reševanju trenutnega problema (Chesson, 2017).

Vizualizacija ima pri snovalskem razmišljanju dva vidika. Prvi govori o tem, da z njeno pomočjo pridemo do novih idej. Snovalec si zamisli rešitev in jo nato konceptualizira. Drugi vidik pa govori o tem, da svoj koncept spravi v končni produkt. Zelo pomembno je, da zna snovalec narisati ustrezno skico, predvsem pa se mora zavedati, da mu skica ne služi samo za ustvarjanje lepih risb, ampak zato, da si lažje predstavlja končni produkt (Chesson, 2017).

Snovalec mora imeti dobro postavljena pravila, hkrati pa se mora zavedati, da ni nič narobe, če včasih prekrši kakšno pravilo, saj s tem lahko vsake toliko časa bolje napredujemo. Tukaj mora snovalec dobro vedeti, kdaj lahko prekrši pravila in kdaj je bolje, da se jih strogo drži. Tveganje spremlja snovalca ves čas, saj brez tveganja ne moremo vedno zagotoviti ustrezne rešitve. Tveganje pa mora biti znotraj sprejemljivih okvirov (Chesson, 2017).

Sprejeti tveganje in biti pripravljen na neuspeh sta dve zelo povezani lastnosti. Po eni strani snovalec sprejme tveganje, saj se zaveda, da mu to lahko pomaga pri reševanju problema, po drugi strani pa se mora zelo dobro zavedati, da uspeh ni zagotovljen, zato mora biti pripravljen

sprejeti tudi neuspeh. Snovalec se neuspehu ne izogiba in ga sprejme, saj se zaveda dejstva, da se bo iz neuspeha veliko naučil in da je ta del procesa reševanja problema (Chesson, 2017).

Snovalec mora do rešitve pristopiti tako, da ima vsak problem vsaj eno rešitev, ki bo izboljšala trenutno situacijo. Snovalcu se lahko pripeti tudi, da je včasih glede katere rešitve pesimističen, kar pa ni dobro, saj nato to rešitev navadno opusti, kljub temu da bi se lahko na koncu izkazala kot ustrezna (Chesson, 2017).

Noben snovalec ne more imeti vseh naštetih lastnosti, je pa zelo dobro, če jih ima čim več, saj si s tem glede na specifične snovalskega razmišljanja zelo olajša delo. Dobro se je zavedati tudi, da zgornje lastnosti niso absolutne in lahko variirajo od snovalca do snovalca. Pomembno je to, da se lahko v zgornjih lastnostih izurimo skozi prakso in izkušnje (Chesson, 2017).

Določitev konstruktov merjenja snovalskega razmišljanja

Enega izmed testov za merjenje snovalskega razmišljanja, ki je najprimernejši za področje osnovne šole, je zasnoval Dosi s sodelavci (2018). Test vsebuje 71 trditev (D) in je razdeljen na 19 področij, značilnih za snovanje (SN). Področja so naslednja: (1) nivo učenčevega spopadanja z nejasnostmi, (2) sposobnost prevzemanja tveganj, (3) učenčeva osredotočenost na ciljnega uporabnika (4) empatija, (5) premišljenost in zavedanje procesa, (6) celosten pogled, (7) oblikovanje problema, (8) timsko delo, (9) multidisciplinarno sodelovanje, (10) odprtost za različne poglede, (11) usmerjeno učenje, (12) učenje iz napak, (13) praktična inteligenca, (14) kritično spraševanje, (15) abdukcijsko mišljenje, (16) predvidevanje novih stvari, (17) ustvarjalno zaupanje, (18) želja po spremembah in (19) optimizem za spremembo in napredek. Tri področja lahko razdelimo še na posamezna podpodročja. Osmo področje (timsko delo) lahko razdelimo še na (8.1) timsko znanje in (8.2) interakcijo med člani tima. Dvanajsto področje (učenje iz napak) lahko razdelimo na (12.1) eksperimentiranje in (12.2) učenje iz napak. Trinajsto poglavje (praktična inteligenca) pa na (13.1) pristranskost za ukrepanje in (13.2) preoblikovanje v nekaj oprijemljivega (Dosi idr., 2018).

Biti sprijaznjeni z nejasnostjo pomeni, da pustimo odprta vrata toliko časa, kot lahko, da najdemo rešitev za nenatančen koncept, ki je pogosto tudi neprepričljiv. To je dobro, saj snovalec sodeluje v procesu, v katerem je končna rešitev neznana in pridobivanje rešitve zahteva veliko ponovitev ter čas (Dosi idr., 2018).

Prevzemanje tveganja vključuje tveganje za neuspeh in nagnjenje k sprejemanju tveganja med procesom snovanja. Sprejemanje tveganja med procesom nam omogoča globlje raziskovanje nove rešitve. V bistvu se mora snovalec zavedati, da raziskovanje in širjenje znanja ne moreta potekati brez sprejemanja tveganja. Tveganje je ključnega pomena pri snovanju nove rešitve v procesu snovalskega razmišljanja (Dosi idr., 2018).

Učenčeva osredotočenost na ciljnega uporabnika pomeni osredotočenost na razumevanje človeškega obnašanja, človeških potreb in človeških vrednot. To je ena od poti za reševanje kompleksnih in strateških problemov. Vloga snovalca ni spraševanje stranke, kaj bi rada, temveč ugotavljanje, kaj potrebuje. Če snovalec želi biti osredotočen na ciljnega uporabnika, je sodelovanje s stranko nujno in ne predmet izbire (Dosi idr., 2018).

Empatija je temeljni proces snovalskega razmišljanja. Je sposobnost videnja problema z več zornih kotov. Je tudi sposobnost videnja problema skozi oči drugega, s čimer lažje uvidimo,

zakaj ljudje delajo tako, kot delajo. Biti empativen vključuje biti odprt, izogibati se obsojanju in biti sproščen med ljudmi, ki imajo drugačen pogled (Dosi idr., 2018).

Snovalec se zaveda, kje v procesu snovskega razmišljanja se nahaja, pa naj bo v proces vključen konvergentno ali divergentno oziroma ali je v projekt vključen skozi celoten proces ali pa samo za nek del, da poda kakšno idejo (Dosi idr., 2018).

Celosten pogled je lastnost, da znamo posamezne dele projekta povezati v celoto ali obratno. Da dosežemo tako stopnjo, moramo na projekt gledati z vseh stopinj kroga (Dosi idr., 2018).

Oblikovanje problema pomeni preoblikovanje problema v smiselno in celotno celoto ter pravilno interpretacijo vseh novih odkritij in iznajdb (Dosi idr., 2018).

Timsko delo je pomembna lastnost snovalca. S timskim delom snovalec dosega boljše rezultate, saj je pogosto nemogoče, da vse delo opravi samo en človek. Snovalci pogosto tesno sodelujejo tudi s strokovnjaki na drugih področjih. Bistvo timskega dela je deljenje in združevanje znanja ter dajanje podpore drug drugemu. (Dosi idr., 2018).

Sodelovanje je ključno za snovalsko razmišljanje. Vsak snovalec mora sodelovati v multidisciplinarnih timih, z drugimi ljudmi, ki so strokovnjaki na snovalcu tujem področju, ali z ljudmi iz drugih organizacij. To timu omogoča prelomni vpogled v rešitev za podani problem (Dosi idr., 2018).

Raznolikost lahko razumemo kot široko sodelovanje v timu. Raznolikost perspektive, talenta in izkušenj prinese bistveno boljše končne rezultate, kot pa če v timu raznolikosti ni, saj z raznolikim timom lažje pogledamo problem celotno in z vseh strani (Dosi idr., 2018).

Usmerjeno učenje je še ena izmed pomembnih lastnosti snovalca. Snovalec se mora biti vedno pripravljen učiti novih stvari, ni pomembno, katerega področja so, v kolikor mu bodo le pomagale bolje razumeti njegov problem. Glavno področje učenja snovalca je akcijsko učenje, kar pomeni učenje skozi opazovanje, prototipiranje in preizkušanje (Dosi idr., 2018).

Snovalec mora biti samozavesten pri eksperimentalnem učenjem in se mora zavedati, da so napake del te vrste učenja in da se iz napak lahko veliko naučimo. Napake niso potrata časa, ampak del procesa učenja (Dosi idr., 2018).

Snovalca opredeljuje praktična inteligenca – sposobnost ustvariti nekaj tudi v nemogočih pogojih, preobraziti idejo v izdelek in postaviti praktično znanje pred teoretično znanje oziroma diskusijo (Dosi idr., 2018).

Kritično spraševanje pomeni, da se sprašujemo o vsem, hkrati pa se poskušamo spraševati ustrezna vprašanja. Ostati moramo odprtih misli do možnosti, misliti pa moramo kot začetniki, da stvar premislimo od začetka (Dosi idr., 2018).

V ozadju abdukcijskega mišljenja se skriva logika 'kaj bi lahko bilo, če ...' Pomeni premik od tega, kar je znano, na to, kakšne so alternativne rešitve. Na kratko lahko rečemo, da je to snovanje novih idej, hkrati pa je sposobnost biti orientiran v prihodnost (Dosi idr., 2018).

Predvidevanje novih stvari je sposobnost narediti ideje otipljive s pomočjo risb in maket. Predvidevanje novih stvari je tudi sposobnost uvideti končen rezultat kot končno sliko. Videti

končno sliko je pomembno, ker s tem lahko zagotovimo potrebna sredstva in partnerje pri projektu in v nekaterih primerih tudi že uspeh na tržišču in možne izboljšave (Dosi idr., 2018).

Ustvarjalnost je mentalna aktivnost, hkrati pa je tudi del systemskega razmišljanja (*angl. systems thinking*), kjer systemsko razmišljanje zagotavlja okvir za inspiracijo ustvarjalnosti s poudarkom in ravnanjem inovacij s področja kaosa, ob tem pa odkriva medsebojno povezanost in neodvisnost miselnih vzorcev in zamisli. Pri ustvarjalnosti je željeno, da mislimo drugače kot drugi in da izzivamo tradicionalne procese in stile. Kreativnost je za snovalsko razmišljanje bistvena, saj nam pomaga pri raziskovanju abstrakcije ali preoblikovanju neobstoječih zamisli v izdelek. Ustvarjalno zaupanje je vidno, kadar zaupamo drugi osebi in njenemu kreativnemu pristopu do reševanja problemov (Dosi idr., 2018).

Snovalec ima željo, da bi imel vpliv za neko spremembo, na primer, da bi ustvaril nekaj, kar bi imelo vpliv in bi ljudje opazili. Imajo željo po razvijanju spretnosti in generiranju dobrih rešitev. Hkrati pa je zelo vztrajen, če meni, da je njegova rešitev dobra (Dosi idr., 2018).

Optimizem za spremembo in napredek je stanje uma v timu snovalcev. Je sposobnost premika naprej, vedoč, da nimajo vedno prav, ampak vseeno ostajajo optimistični o svojih sposobnostih za eksperimentiranje in iskanje rešitve (Dosi idr., 2018).

Namen in raziskovalna vprašanja

V raziskovalnem delu nas zanima snovalsko razmišljanje kot napreden model poučevanja učencev 6. do 8. razreda osnovne šole. Želimo podati globlje vpogled v naravo samega snovalskega razmišljanja primerne za osnovnošolski pouk vsebin tehnike in tehnologije.

Za potrebe raziskave smo si zastavili naslednja raziskovalna vprašanja (RV 1-4):

RV1: Kakšno je stanje snovalskega razmišljanja med učenci od 6. do 8. razreda OŠ?

RV2: Kakšna je razlika med učenci od 6. do 8. razreda OŠ v sposobnosti razvijanja idej?

RV3: Ali obstajajo razlike med spoloma v snovalskem razmišljanju in sposobnosti razvijanja idej med učenci od 6. do 8. razreda OŠ, in če obstajajo, kako velike so?

RV4: Ali obstajajo kakšne korelacije med snovalskim razmišljanjem in sposobnostjo razvijanja idej, če da, kako velike so?

Metoda

Raziskava izhaja iz magistrskega dela, ki ga je pripravil Nejc Urbas (2020). Več o sami raziskavi si lahko preberete v njegovem delu z naslovom *Snovalsko razmišljanje učencev od 6. do 8. razreda osnovne šole* (Urbas, 2020).

Uporabili smo kvantitativni raziskovalni pristop, prevladujoči metodi pa sta dve (M1 in M2).

M1: Teoretično-kavzalna metoda: preučevanje tuje in domače literature, analiza in interpretacija izsledkov.

M2: Metoda empiričnega raziskovanja s pomočjo vprašalnikov, kjer smo ugotavljali stanje in prepletenost snovalskega razmišljanja ter sposobnost razvijanja idej.

Vzorec

Raziskava temelji na neslučajnostnem vzorcu učencev od 6. do 8. razreda slovenskih osnovnih šol. Vprašalnike so učenci izpolnjevali v mesecu maju v šolskem letu 2019/2020. V raziskavo je bilo vključenih šest osnovnih šol. Skupno število učencev, vključenih v raziskavo, ki so izpolnili oba vprašalnika, je 168, od tega 71 fantov in 97 deklet. V 6. razredu je anketni vprašalnik snovalskega razmišljanja izpolnilo 73 učencev, v 7. razredu 63 in v 8. razredu 32. Vprašalnik o razvijanju idej je dodatno izpolnilo še 46 učencev, skupaj 214 učencev, od tega 88 fantov in 126 deklet. V 6. razredu je anketni vprašalnik o razvijanju idej izpolnilo 95 učencev, v 7. razredu 79 in v 8. razredu 40. Učenci so bili v povprečju stari od 11 do 13 let.

Instrumenti

Učenci so rešili dva vprašalnika Likertovega tipa, ki ju je za primer raziskave pri nas zasnoval Avsec, in sicer (1) vprašalnik o snovalskem razmišljanju z 71 trditvami, z lestvico od 6 do 1, pri čemer 6 pomeni 'se popolnoma strinjam' in 1 'se sploh ne strinjam', in (2) vprašalnik o razvijanju idej, s 23 trditvami z lestvico od 1 do 5, pri čemer 1 pomeni 'nikoli' in 5 'zelo pogosto'. Osnova vprašalnika o razvijanju idej je Runcov test razvijanja idej. Ta vprašalnik lahko razdelimo na dva faktorja, in sicer sposobnost splošnega razvijanja idej in sposobnost miselnega preskoka (Runco idr., 2005). Osnovo testa snovalskega razmišljanja je zasnoval Dosi s sodelavci in ga lahko razdelimo na 19 delov oziroma sklopov SN 1-19 (Dosi idr., 2018).

Zbiranje in obdelava podatkov

Podatke smo zbirali s pomočjo spletnega vprašalnika, ki je bil objavljen na spletni strani 1KA. Vprašalnik so izpolnjevali učenci slovenskih osnovnih šol od 6. do 8. razreda pri pouku tehnike in tehnologije. Učencem je bila posredovana spletna povezava, na kateri se je nahajal anketni vprašalnik. Učenci so najprej reševali vprašalnik o razvijanju idej, nato pa še vprašalnik o snovalskem razmišljanju.

Podatki so obdelani z računalniškim programom SPSS. Uporabljena je osnovna deskriptivna statistika. Izračunane so frekvence (f), odstotki (%), povprečne vrednosti (M) in standardna odstopanja (SD). Ustreznost merskih karakteristik smo preverjali z zanesljivostjo in občutljivost. Homogenost varianc smo preverili z Levene testom. Statistično pomembne razlike med skupinama smo preverili s pomočjo analize variance in določili velikost učinka parcialni eta kvadrat - η^2 . Pri interpretaciji velikosti učinka bomo sledili priporočilom Cohena (1988). Za določanje napovedne vrednosti dejavnikov snovalskega razmišljanja na divergentno produkcijo oz. sposobnost razvijanja idej smo uporabili večkratno regresijo.

Rezultati

V tem poglavju sledijo rezultati empiričnega dela in njihova interpretacija.

Zanesljivost in občutljivost

Za merjenje notranje zanesljivosti vprašalnika o snovalskem razmišljanju in vprašalnika o razvijanju idej smo izračunali Cronbach α -koeficient. Občutljivost posamezne postavke pa smo

izrazili z biserialnim koeficientom korelacije kot mera diskriminativnosti posamezne postavke r_{pbis} .

Vprašalnik o snovalskem razmišljanju

Zanesljivost vprašalnika o snovalskem razmišljanju smo izračunali s pomočjo Cronbach α -koeficienta. Zanesljivost nam pove, ali bi, če bi testirali še enkrat, dobili podobne rezultate. Višja zanesljivost je, če je koeficient bližje vrednosti 1. Za vprašalnik lahko trdimo, da je zanesljiv, če je vrednost koeficienta Cronbach α višja od 0,6 (Taber, 2018).

Rezultati zanesljivosti so prikazani v preglednici 1. Skupna zanesljivost vprašalnika znaša 0,98, kar nam pove, da je vprašalnik zelo zanesljiv. Ravno tako so posamezna področja vprašalnika zanesljiva, saj ni vrednost Cronbach α nikoli nižja kot 0,62.

Preglednica 1: Zanesljivost Cronbach α po posameznih področjih vprašalnika SR po kategorijah SN 1-19.

| Področja vprašalnika SR | Cronbach α | Področja vprašalnika SR | Cronbach α |
|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| SN1 | 0,80 | SN11 | 0,87 |
| SN2 | 0,75 | SN12.1 | 0,82 |
| SN3 | 0,80 | SN12.2 | 0,83 |
| SN4 | 0,84 | SN13.1 | 0,78 |
| SN5 | 0,77 | SN13.2 | 0,86 |
| SN6 | 0,79 | SN14 | 0,86 |
| SN7 | 0,82 | SN15 | 0,88 |
| SN8.1 | 0,62 | SN16 | 0,79 |
| SN8.2 | 0,79 | SN17 | 0,89 |
| SN9 | 0,82 | SN18 | 0,78 |
| SN10 | 0,84 | SN19 | 0,83 |

Občutljivost ali diskriminativnost postavk r_{pbis} je tudi eden izmed dejavnikov analize. Z diskriminativnostjo preverimo, ali vprašalnik meri tisto, kar želimo meriti (Avsec, 2012).

Rezultati občutljivosti so zbrani v preglednici 2. Pri vseh postavkah je diskriminativnost pozitivna, kar pomeni, da merijo tisto, kar smo hoteli meriti. Vse vrednosti postavk z izjemo ene spadajo med zelo dobre oziroma popolne, izjema pa spada med dobre.

Diskriminacijsko vrednost lahko ocenimo z biserialnim koeficientom (r_{pbis}). Ta statistično primerja pravilne in napačne odgovore za vsako postavko posebej (Polit in Hungler, 1999). Če je diskriminacijska vrednost večja od 0,40 ali tej vrednosti enaka ($r_{pbis} \geq 0,40$), je vrednost postavke zelo dobra ali popolna. Če je diskriminacijska vrednost med 0,30 in 0,39 ($0,30 \leq r_{pbis} \leq 0,39$), je vrednost postavke dobra. Če je diskriminacijska vrednost med 0,20 in 0,29 ($0,20 \leq r_{pbis} \leq 0,29$), je vrednost postavke mejna oziroma sprejemljiva. Če pa je diskriminacijska vrednost nižja od 0,19 ($r_{pbis} \leq 0,19$), je vrednost postavke šibka (Crocker in Algina, 1986; Ebel in Frisbie, 1991; Wiersma in Jurs, 2005).

Preglednica 2: Občutljivost posameznega vprašanja vprašalnika o SR po kategorijah SN (1-19) in z vprašanjem Di.

| Vprašanja vprašalnika SR | Diskriminativnost postavke r_{pbis} | Vprašanja vprašalnika SR | Diskriminativnost postavke r_{pbis} | Vprašanja vprašalnika SR | Diskriminativnost postavke r_{pbis} |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| D1 | 0,47 | D32 | 0,34 | D60 | 0,58 |
| D2 | 0,54 | D33 | 0,59 | D61 | 0,79 |
| D4 | 0,59 | D34 | 0,62 | D62 | 0,74 |
| D6 | 0,70 | D35 | 0,61 | D63 | 0,75 |
| D7 | 0,55 | D36 | 0,53 | D64 | 0,72 |
| D10 | 0,56 | D37 | 0,64 | D65 | 0,79 |
| D11 | 0,48 | D38 | 0,53 | D66 | 0,74 |
| D13 | 0,56 | D39 | 0,51 | D67 | 0,79 |
| D14 | 0,47 | D40 | 0,62 | D68 | 0,69 |
| D15 | 0,64 | D43 | 0,71 | D69 | 0,76 |
| D17 | 0,66 | D44 | 0,68 | D71 | 0,63 |
| D18 | 0,67 | D47 | 0,64 | D72 | 0,68 |
| D19 | 0,68 | D48 | 0,68 | D73 | 0,68 |
| D20 | 0,60 | D49 | 0,64 | D74 | 0,74 |
| D21 | 0,71 | D50 | 0,65 | D75 | 0,70 |
| D22 | 0,64 | D51 | 0,67 | D76 | 0,79 |
| D23 | 0,62 | D52 | 0,74 | D77 | 0,70 |
| D24 | 0,62 | D53 | 0,67 | D78 | 0,64 |
| D25 | 0,67 | D54 | 0,75 | D80 | 0,73 |
| D26 | 0,66 | D55 | 0,69 | D81 | 0,55 |
| D27 | 0,63 | D56 | 0,68 | D82 | 0,75 |
| D28 | 0,67 | D57 | 0,72 | D83 | 0,76 |
| D29 | 0,69 | D58 | 0,77 | D84 | 0,71 |
| D31 | 0,53 | D59 | 0,67 | | |

Vprašalnik o razvijanju idej

Zanesljivost vprašalnika o razvijanju idej smo izračunali s pomočjo Cronbach α -koeficienta. Zanesljivost nam pove, ali bi, če bi testirali še enkrat, dobili podobne rezultate. Višja zanesljivost je, če je koeficient bližje vrednosti 1. Za vprašalnik lahko trdimo, da je zanesljiv, če je vrednost koeficienta Cronbach α višja od 0,6 (Avsec, 2012).

Rezultati zanesljivosti so prikazani v preglednici 3. Skupna zanesljivost vprašalnika znaša 0,93, kar nam pove, da je vprašalnik zelo zanesljiv. Ravno tako sta zanesljivi posamezni področji vprašalnika, saj vrednost Cronbach α nikoli ni nižja od 0,83.

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veččin 21. stoletja

Preglednica 3: Zanesljivost Cronbach α po posameznih področjih vprašalnika RI.

| Področja vprašalnika RI | Cronbach α |
|-------------------------------|-------------------|
| SRI – splošno razvijanje idej | 0,92 |
| MP – miselni preskok | 0,83 |

Občutljivost ali diskriminativnost postavk r_{pbis} je tudi eden izmed dejavnikov analize. Z diskriminativnostjo preverimo, ali vprašalnik meri tisto, kar želimo meriti (Avsec, 2012).

Rezultati občutljivosti so zbrani v preglednici 4. Pri vseh postavkah je diskriminativnost pozitivna, kar pomeni, da merijo tisto, kar smo hoteli meriti. Vse vrednosti postavk spadajo med zelo dobre oziroma popolne.

Diskriminacijsko vrednost lahko ocenimo z biserialnim koeficientom (r_{pbis}). Ta statistično primerja pravilne in napačne odgovore za vsako postavko posebej (Polit in Hungler, 1999). Če je diskriminacijska vrednost večja od 0,40 ali enaka tej vrednosti ($r_{pbis} \geq 0,40$), je vrednost postavke zelo dobra ali popolna. Če je diskriminacijska vrednost med 0,30 in 0,39 ($0,30 \leq r_{pbis} \leq 0,39$), je vrednost postavke dobra. Če je diskriminacijska vrednost med 0,20 in 0,29 ($0,20 \leq r_{pbis} \leq 0,29$), je vrednost postavke mejna oziroma sprejemljiva. Če pa je diskriminacijska vrednost nižja od 0,19 ($r_{pbis} \leq 0,19$), je vrednost postavke šibka (Crocker in Algina, 1986; Ebel in Frisbie, 1991; Wiersma in Jurs, 2005).

Preglednica 4: Občutljivost posameznega vprašanja vprašalnika o RI po posameznih trditvah RI 1-23.

| Vprašanja vprašalnika RI | Diskriminativnost postavke r_{pbis} | Vprašanja vprašalnika SR | Diskriminativnost postavke r_{pbis} |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| RI1 | 0,57 | RI13 | 0,55 |
| RI2 | 0,58 | RI14 | 0,61 |
| RI3 | 0,58 | RI15 | 0,51 |
| RI4 | 0,53 | RI16 | 0,47 |
| RI5 | 0,64 | RI17 | 0,67 |
| RI6 | 0,57 | RI18 | 0,53 |
| RI7 | 0,55 | RI19 | 0,54 |
| RI8 | 0,68 | RI20 | 0,65 |
| RI9 | 0,73 | RI21 | 0,72 |
| RI10 | 0,60 | RI22 | 0,57 |
| RI11 | 0,50 | RI23 | 0,70 |
| RI12 | 0,49 | | |

Snovalsko razmišljanje

V preglednici 5 se nahajajo podatki o številu posameznih učencev, razdeljenih po spolu in po razredu, katerega so obiskovali v šolskem letu 2019/2020. Iz preglednice je razvidno, da je anketni vprašalnik izpolnilo 71 fantov in 97 deklet. 73 učencev, ki so izpolnili anketni vprašalnik, je obiskovalo 6. razred, 63 jih je obiskovalo 7. razred in 32 učencev 8. razred.

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

Preglednica 5: Pregled učencev po spolu in razredu ($N = 168$).

| | | N |
|---------------|-----------|----------|
| Spol | fantje | 71 |
| | dekleta | 97 |
| Razred | 6. razred | 73 |
| | 7. razred | 63 |
| | 8. razred | 32 |

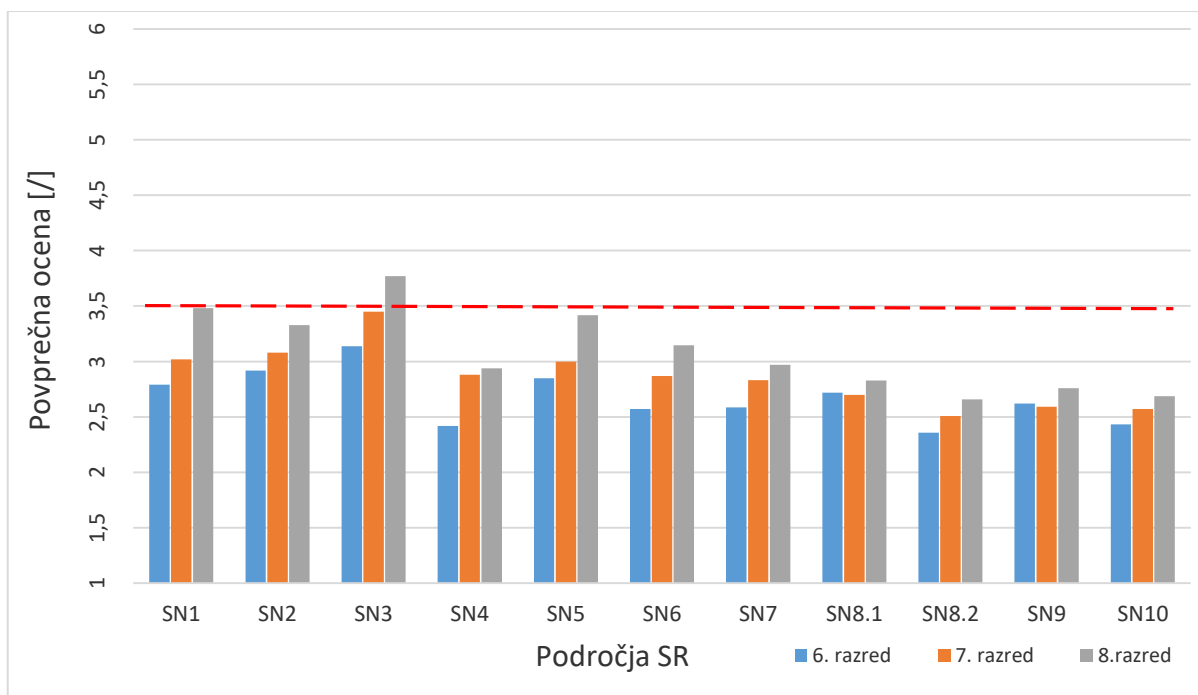
Snovalsko razmišljanje glede na razred učencev

V grafu 1 in 2 so po razredih prikazani povprečni rezultati anketnega vprašalnika o SR glede na posamezno področje. Iz grafa je razvidno, da je samo pri enem področju skupina učencev, ki obiskujejo 8. razred, preseгла srednjo vrednost lestvice 3,5 in se pri enem področju zelo približala tej vrednosti. Področje, na katerem so učenci presegli povprečno vrednost, govori o učenčevi osredotočenosti na ciljnega uporabnika (SN3). Ta postavka nam pove, da učenci razumejo človeške potrebe in njihove vrednote. Na tej točki lahko tudi rečemo, da so učenci 8. razredov dobri pri reševanju kompleksnih problemov. Področje, na katerem so se zelo približali povprečni vrednosti, pa govori o nivoju učenčevega spopadanja z nejasnostmi (SN1). Za te učence lahko sklepamo, da jim ni nelagodno, ko ne najdejo takoj rešitve, ampak znajo počakati in strpno iskati vedno nove rešitve za problem, da bo končni rezultat kar najboljši.

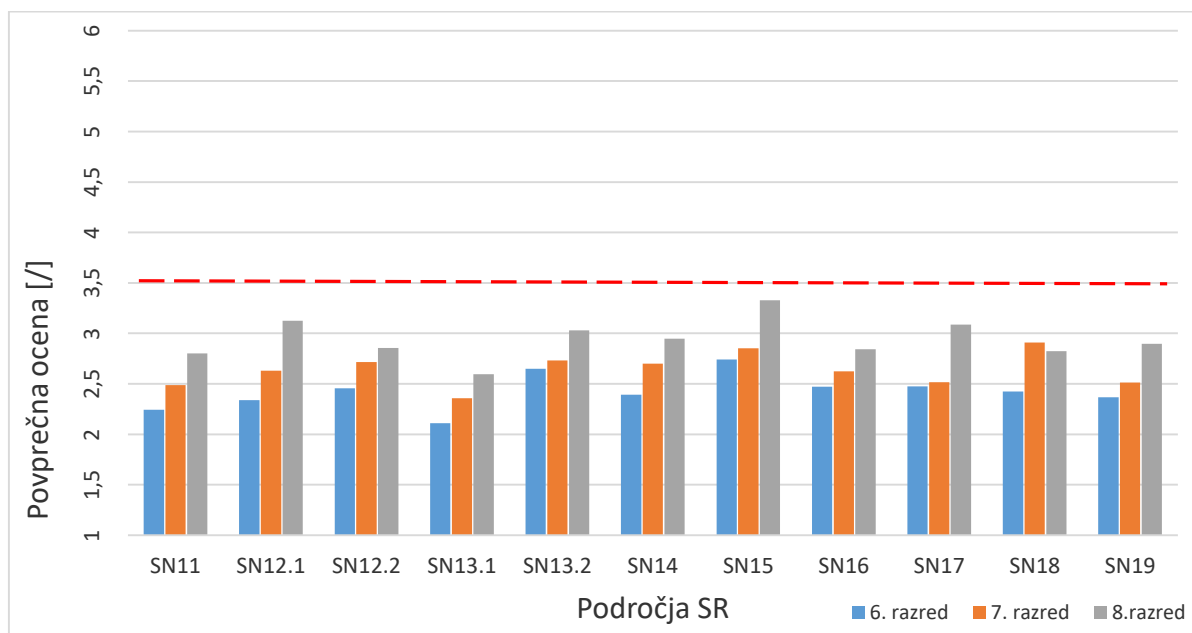
Vse ostale postavke se nahajajo pod povprečjem, iz česar lahko sklepamo, ali da učenci niso samozavestni pri reševanju ali pa je rezultat pristranski, ker ne vemo, kdo je reševal oziroma kdo je odstopil od reševanja anketnega vprašalnika.

Če pogledamo rezultate, tudi po večini med seboj najbolj odstopajo učenci 6. in učenci 8. razreda, kar je razumljivo, saj imajo učenci 6. razreda najmanj izkušenj na področju tehnike in tehnologije, učenci 8. razreda pa največ. Izjema so tri postavke, in sicer SN8.1 (timsko znanje), SN9 (multidisciplinarno sodelovanje) in SN18 (želja po spremembah). Prvi dve postavki, ki odstopata, se navezujeta na timsko delo, katerega učenci spoznavajo že v nižjih razredih, zato rezultati odstopajo od povprečja. Pri postavki SN18 pa prihaja do odstopanja zato, ker so učenci že vpeljeni v proces tehnike in tehnologije in so še zelo motivirani za željo po spremembah oziroma po izboljšavah.

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja



Graf 1: Rezultati vprašalnika o snovalskem razmišljanju – SR po kategorijah SN1-10 glede na razred učencev, kjer je srednja točka lestvice 3,5 označena z rdečo črtkano črto (1. del).



Graf 2: Rezultati vprašalnika o snovalskem razmišljanju – SR po kategorijah SN11-19 glede na razred učencev, kjer je srednja točka lestvice 3,5 označena z rdečo črtkano črto (2. del).

Levene test je pokazal, da so pri 21 postavkah spremenljivke primerljive, pri eni postavki (8.1) pa moramo opraviti neparametričen test, ki je v nadaljevanju pokazal, da razlike niso pomembne.

Za pomembnost statističnih razlik smo upoštevali velikost učinka parcialnega η^2 . Parcialni η^2 velja kot šibek med vrednostmi od 0,01 do 0,059, kot zmeren med 0,06 in 0,14 in kot močan, če njegova vrednost presega 0,14 (Cohen, 1988).

Preglednica 6: Stopnja povezanosti po razredu, računana na vzorcu SR, kjer je SS vsota kvadratov tipa III, df prostostne stopnje, s^2 povprečna vrednost variance, F statistika, P statistična pomembnost in parcialni η^2 mera velikosti učinka.

| Področja SR | SS | df | s^2 | F | P | η^2 |
|-------------|-------|----|-------|------|-------|----------|
| SN1 | 11,72 | 2 | 5,86 | 5,73 | 0,004 | 0,066 |
| SN3 | 11,50 | 2 | 5,75 | 4,53 | 0,012 | 0,053 |
| SN4 | 10,89 | 2 | 5,44 | 4,17 | 0,017 | 0,040 |
| SN5 | 8,39 | 2 | 4,19 | 3,52 | 0,032 | 0,042 |
| SN6 | 8,97 | 2 | 4,49 | 3,92 | 0,022 | 0,046 |
| SN11 | 8,71 | 2 | 4,36 | 4,35 | 0,014 | 0,051 |
| SN12.1 | 13,79 | 2 | 6,90 | 5,00 | 0,008 | 0,058 |
| SN14 | 8,09 | 2 | 4,04 | 2,89 | 0,058 | 0,034 |
| SN15 | 8,73 | 2 | 4,37 | 3,67 | 0,028 | 0,043 |
| SN17 | 9,63 | 2 | 4,82 | 3,29 | 0,040 | 0,039 |
| SN18 | 9,95 | 2 | 4,98 | 3,86 | 0,023 | 0,045 |
| SN19 | 8,43 | 2 | 4,22 | 2,91 | 0,057 | 0,035 |

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN1 po razredu (preglednica 6), ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 5,73$ in $P = 0,004 < 0,05$. Učinek na SN1 je zmeren ($\eta^2 = 0,066$). Na področju nivoja učenčevega spopadanja z nejasnostmi se razlike pojavljajo med 6. in 8. razredom ($P = 0,004$), medtem ko se med 6. in 7. ($P = 0,394$) ter med 7. in 8. ($P = 0,092$) razredom razlike ne pojavljajo. Učenci 8. razredov vidijo več rešitev za dani problem, kar je normalno, saj imajo več izkušenj na področju ustvarjanja pri tehniki in tehnologiji kot učenci 6. razredov. Učenci 8. razredov se bolje spopadajo z nejasnostmi pri procesu snovanja ter vidijo izzive v nerešenih problemih za razliko od učencev 6. razreda, ki nimajo še razvite te sposobnosti.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN3 po razredu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 4,53$ in $P = 0,012 < 0,05$. Učinek na SN3 je šibek ($\eta^2 = 0,053$). Na področju učenčeve osredotočenosti na ciljnega uporabnika se razlike pojavljajo med 6. in 8. razredom ($P = 0,024$), medtem ko se med 6. in 7. ($P = 0,242$) ter med 7. in 8. ($P = 0,390$) razredom razlike ne pojavljajo. Učenci 8. razredov vidijo širšo sliko ciljnega uporabnika kot učenci 6. razredov in se mu lahko zato bolje prilagodijo z rešitvijo nekega problema.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN4 po razredu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 4,17$ in $P = 0,017 < 0,05$. Učinek na SN4 je šibek ($\eta^2 = 0,040$). Na področju empatije se razlike pojavljajo med 6. in 7. razredom ($P = 0,051$), medtem ko se med 6. in 8. ($P = 0,084$) ter med 7. in 8. ($P = 0,972$) razredom razlike ne pojavljajo. Učenci 7. razredov vidijo probleme z več zornih kotov kot učenci 6. razredov, kar jim tudi omogoča širši spekter rešitev. Zanimivo je, da se razlike niso pojavile tudi med učenci 6. in 8. razreda, saj bi pričakovali, da bodo učenci 8. razredov tudi boljše razgledani kot pa učenci 6. razredov.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN5 po razredu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 3,25$ in $P = 0,032 < 0,05$. Učinek na SN5

je šibek ($\eta^2 = 0,042$). Na področju preiščlenosti in zavedanja procesa se razlike pojavljajo med 6. in 8. razredom ($P = 0,040$), medtem ko se med 6. in 7. ($P = 0,702$) ter med 7. in 8. ($P = 0,187$) razredom razlike ne pojavljajo. Učenci 8. razredov so pri ustvarjanju rešitev bolj preiščleni kot pa učenci 6. razredov, saj imajo več izkušenj in lahko zato že v glavi naredijo miselni proces, ki jih pripelje bližje rešitvi.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN6 po razredu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 3,92$ in $P = 0,022 < 0,05$. Učinek na SN6 je šibek ($\eta^2 = 0,046$). Na področju celostnega pogleda se razlike pojavljajo med 6. in 8. razredom ($P = 0,032$), medtem ko se med 6. in 7. ($P = 0,242$) ter med 7. in 8. ($P = 0,456$) razredom razlike ne pojavljajo. Učenci 8. razredov lažje povežejo posamezne dele v celoten projekt kot učenci 6. razredov predvsem zato, ker imajo učenci višjih razredov več izkušenj z reševanjem problemov.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN11 po razredu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 4,35$ in $P = 0,014 < 0,05$. Učinek na SN11 je šibek ($\eta^2 = 0,051$). Na področju usmerjenega učenja se razlike pojavljajo med 6. in 8. razredom ($P = 0,025$), medtem ko se med 6. in 7. ($P = 0,339$) ter med 7. in 8. ($P = 0,317$) razredom razlike ne pojavljajo. Tukaj vidimo, da so se učenci 8. razredov bolj pripravljani učiti novih stvari kot pa učenci 6. razredov.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN12.1 po razredu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 5,00$ in $P = 0,008 < 0,05$. Učinek na SN12.1 je šibek ($\eta^2 = 0,058$). Na področju eksperimentiranja se razlike pojavljajo med 6. in 8. razredom ($P = 0,005$), medtem ko se med 6. in 7. ($P = 0,321$) ter med 7. in 8. ($P = 0,130$) razredom razlike ne pojavljajo. Učenci 8. razredov raje eksperimentirajo pri iskanju rešitev in so bolj ustvarjalni kot pa učenci 6. razredov.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN14 po razredu, ugotovimo, da ne obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, saj je $F = 2,89$ in $P = 0,058 > 0,05$.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN15 po razredu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 3,67$ in $P = 0,028 < 0,05$. Učinek na SN15 je šibek ($\eta^2 = 0,043$). Na področju abdukcijskega mišljenja se razlike pojavljajo med 6. in 8. razredom ($P = 0,032$), medtem ko se med 6. in 7. ($P = 0,818$) ter med 7. in 8. ($P = 0,114$) razredom razlike ne pojavljajo. Učenci 8. razredov so bolj odprti za nove ideje in ideje drugih kot pa učenci 6. razredov.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN17 po razredu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 3,29$ in $P = 0,040 < 0,05$. Učinek na SN17 je šibek ($\eta^2 = 0,039$). Na področju ustvarjalnega zaupanja se razlike pojavljajo med 6. in 8. razredom ($P = 0,048$), medtem ko se med 6. in 7. ($P = 0,980$) ter med 7. in 8. ($P = 0,079$) razredom razlike ne pojavljajo. Ker imajo učenci 8. razredov več znanja iz tehnike in tehnologije, so posledično lahko tudi ustvarjalnejši kot učenci 6. razredov, ki se s poukom tehnike in tehnologije šele seznanjajo.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN18 po razredu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 3,86$ in $P = 0,023 < 0,05$. Učinek na SN18 je šibek ($\eta^2 = 0,045$). Na področju želje po spremembah se razlike pojavljajo med 6. in 7.

razredom ($P = 0,037$), medtem ko se med 6. in 8. ($P = 0,226$) ter med 7. in 8. ($P = 0,933$) razredom razlike ne pojavljajo. učenci 7. razredov imajo višjo željo po spremembah kot učenci 6. razredov.

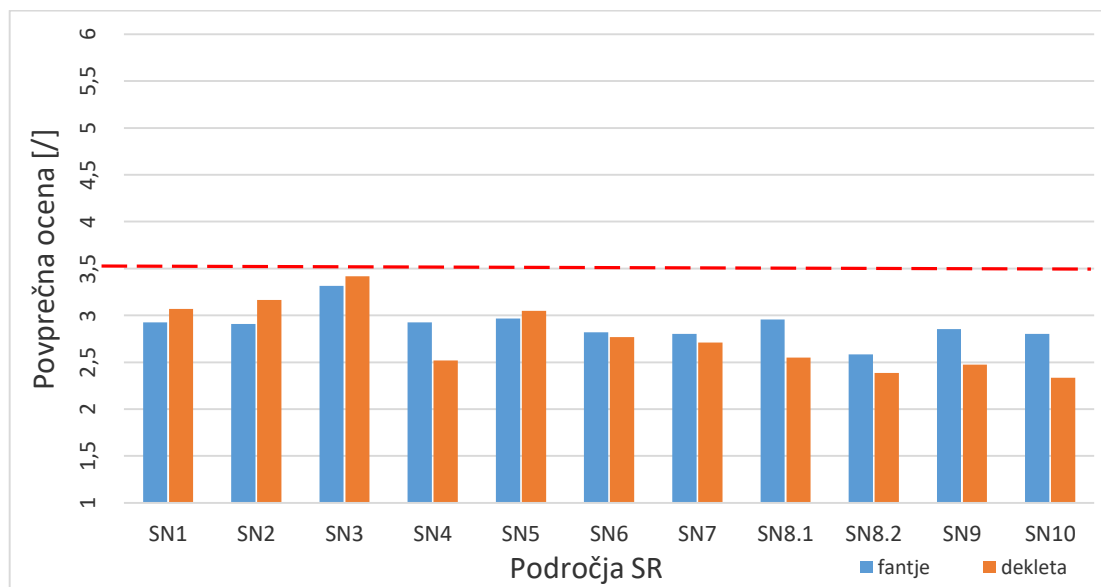
Če primerjamo aritmetične sredine področja SN19 po razredu, ugotovimo, da ne obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, saj je $F = 2,91$ in $P = 0,057 > 0,05$.

Za zaključek lahko povemo, da posamezna področja malo vplivajo na povezanost SR, saj smo pri večini postavk dobili, da je učinek šibek, iz česar lahko zaključimo, da bistvene razlike med razredi ni opaziti.

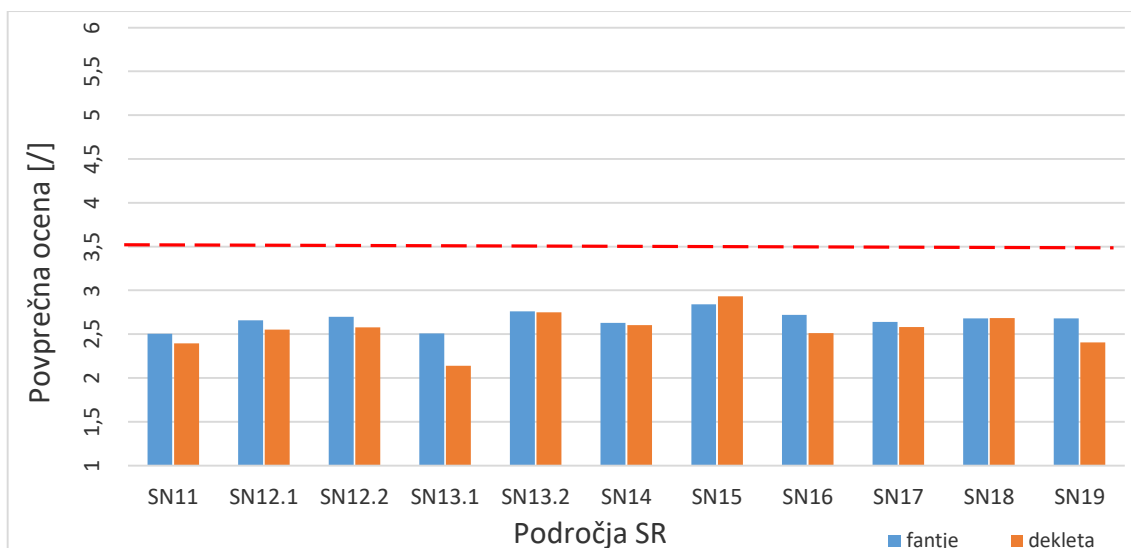
Snovalsko razmišljanje glede na spol učencev

V grafu 3 in 4 so po spolu prikazani povprečni rezultati anketnega vprašalnika o SR glede na posamezno področje. Iz grafa je razvidno, da pri nobenem področju ne fantje ne dekleta ne presegajo povprečne vrednosti 3,5 in se pri enem izmed področij zelo približajo temu področju. To je področje, ki govori o učenčevi osredotočenosti na ciljnega uporabnika. Iz tega lahko sklepamo, da so pri svojem delu tako dekleta kot tudi fantje osredotočeni na končnega uporabnika in znajo narediti izdelek karseda uporaben in ne samo funkcionalen.

V več kot polovici primerov (SN4, SN6, SN7, SN8.1, SN8.2, SN9, SN10, SN11, SN12.1, SN12.2, SN13.1, SN13.2, SN14, SN16, SN17, SN19) fantje dosegajo višje rezultate kot dekleta, kar je posledica tega, da je pouk tehnike in tehnologije bolj prilagojen fantom kot pa dekletom, dekleta pa so boljša pri splošnejših stvareh, ki niso toliko specifična za tehniko in tehnologijo.



Graf 3: Rezultati vprašalnika o snovalskem razmišljanju – SR po kategorijah SN1-10 glede na spol učencev, kjer je srednja točka lestvice 3,5 označena z rdečo črtkano črto (1. del).



Graf 4: Rezultati vprašalnika o snovalskem razmišljanju – SR po kategorijah SN11-19 glede na spol učencev, kjer je srednja točka lestvice 3,5 označena z rdečo črtkano črto (2. del).

Za pomembnost statističnih razlik smo upoštevali velikost učinka parcialnega η^2 . Parcialni η^2 velja kot šibek med vrednostmi od 0,01 do 0,059, kot zmeren med 0,06 in 0,14 in kot močan, če njegova vrednost presega 0,14 (Cohen, 1988).

Preglednica 7: Stopnja povezanosti po spolu, računana na vzorcu SR, kjer je *SS* vsota kvadratov tipa III, *df* prostostne stopnje, *s²* povprečna vrednost variance, *F* statistika, *P* statistična pomembnost in parcialni η^2 mera velikosti učinka.

| Področja SR | SS | df | s ² | F | P | η^2 |
|-------------|------|----|----------------|------|-------|----------|
| SN4 | 7,62 | 1 | 7,62 | 5,84 | 0,017 | 0,035 |
| SN8.1 | 7,84 | 1 | 7,84 | 4,71 | 0,031 | 0,028 |
| SN9 | 7,43 | 1 | 7,43 | 6,11 | 0,014 | 0,036 |
| SN10 | 9,67 | 1 | 9,67 | 8,32 | 0,004 | 0,049 |
| SN13.1 | 8,53 | 1 | 8,53 | 5,59 | 0,019 | 0,033 |

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN4 po spolu (preglednica 7), ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike po spolu, kjer je $F = 5,84$ in $P = 0,017 < 0,05$. Učinek spola na SN4 je šibek ($\eta^2 = 0,035$). Fantje se bolj vživijo v tehniške in tehnološke probleme v povezavi z željami in potrebami potrošnika, pri čemer izstopajo zlasti fantje 8. razreda.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN8.1 po spolu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike po spolu, kjer je $F = 4,71$ in $P = 0,031 < 0,05$. Učinek na SN8.1 je šibek ($\eta^2 = 0,028$). Fantje imajo raje timsko delo, kjer so njihove ideje dobro sprejete, pri čemer zopet prednjačijo fantje 8. razreda.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN9 po spolu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike po spolu, kjer je $F = 6,11$ in $P = 0,014 < 0,05$. Učinek na SN9 je šibek ($\eta^2 =$

0,036). Fantje imajo raje multidisciplinarno sodelovanje, saj se bolje znajdejo v sodelovanju z drugimi.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN10 po spolu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike po spolu, kjer je $F = 8,32$ in $P = 0,004 < 0,05$. Učinek na SN10 je šibek ($\eta^2 = 0,049$). Fantje so bolj odprti za različne poglede, saj lažje sprejmejo ideje drugih in niso mnenja, da je njihova ideja najboljša.

Če primerjamo aritmetične sredine področja SN13.1 po spolu, ugotovimo, da obstajajo statistično pomembne razlike po spolu, kjer je $F = 5,59$ in $P = 0,019 < 0,05$. Učinek na SN13.1 je šibek ($\eta^2 = 0,033$). Fantje so bolj pristranski pri ukrepanji, saj bolj zaupajo sebi kot drugemu.

Za zaključek lahko povemo, da posamezna področja malo vplivajo na SR, saj smo pri večini postavk dobili, da je učinek šibek in se glede na spol ne pojavljajo bistvene razlike v povezanosti posameznih področij po spolu.

Sposobnost razvijanja idej

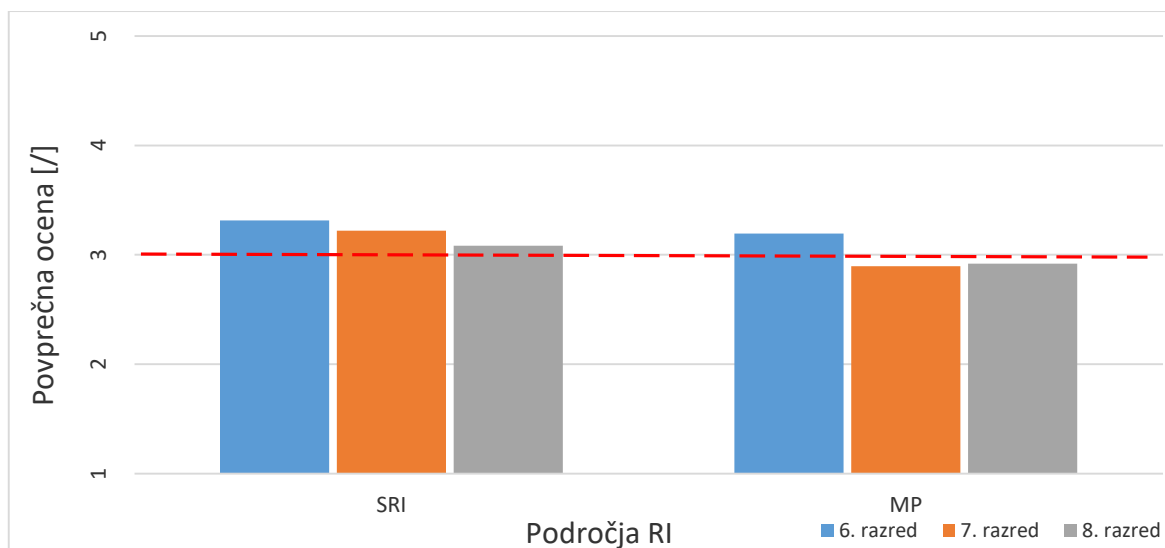
V preglednici 8 se nahajajo podatki o številu posameznih učencev, razdeljeni po spolu in po razredu, katerega so obiskovali v šolskem letu 2019/2020. Iz preglednice je razvidno, da je anketni vprašalnik izpolnilo 88 fantov in 126 deklet. 95 učencev, ki so izpolnili anketni vprašalnik, je obiskovalo 6. razred, 79 jih je obiskovalo 7. razred in 40 učencev 8. razred.

Preglednica 8: Pregled učencev po spolu in razredu ($N = 214$).

| | | N |
|---------------|-----------|----------|
| Spol | fantje | 88 |
| | dekleta | 126 |
| Razred | 6. razred | 95 |
| | 7. razred | 79 |
| | 8. razred | 40 |

Razvijanje idej glede na razred učencev

V grafu 5 so po razredu prikazani povprečni rezultati vprašalnika o RI po posameznem področju. Iz grafa je razvidno, da pri splošnem razvijanju idej (SRI) ni bistvenih razlik med učenci, pri miselnem preskoku (MP) pa rahlo odstopajo učenci 6. razredov. Ravno tako je iz grafa razvidno, da učenci dosegajo nadpovprečne vrednosti pri SRI (srednja točka lestvice 3), medtem ko pri MP nadpovprečne vrednosti dosegajo samo učenci 6. razredov. Vrednosti pri MP so podpovprečne zato, ker je v MP treba vložiti precej več miselnega truda kot v SRI.



Graf 5: Rezultati vprašalnika o razvijanju idej – RI po kategorijah, glede na razred učencev, kjer je srednja točka lestvice 3 označena z rdečo črtkano črto.

Za pomembnost statističnih razlik smo upoštevali velikost učinka parcialnega η^2 . Parcialni η^2 velja kot šibek med vrednostmi od 0,01 do 0,059, kot zmeren med 0,06 in 0,14 in kot močan, če njegova vrednost presega 0,14 (Cohen, 1988).

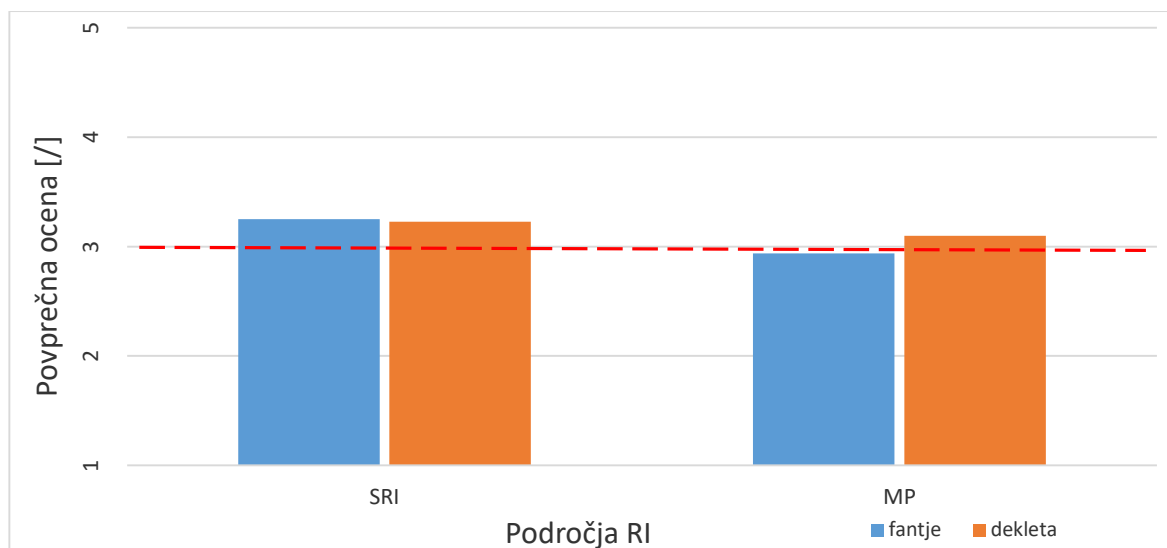
Preglednica 9: Stopnja povezanosti po razredu, računana na vzorcu RI, kjer je SS vsota kvadratov tipa III, df prostostne stopnje, s^2 povprečna vrednost variance, F-statistika, P statistična pomembnost in parcialni η^2 mera velikosti učinka.

| Področje RI | SS | df | s^2 | F | P | η^2 |
|-------------|------|----|-------|------|-------|----------|
| SRI | 1,55 | 2 | 0,78 | 1,28 | 0,281 | 0,012 |
| MP | 4,40 | 2 | 2,20 | 2,32 | 0,101 | 0,022 |

Če primerjamo aritmetične sredine področja SRI po razredu, ugotovimo, da ne obstajajo statistično pomembne razlike med razredi, kjer je $F = 1,28$ in $P = 0,281 > 0,05$. Ravno tako na področju MP ne obstajajo statistično pomembne razlike, saj je $F = 2,32$ in $P = 0,101 > 0,05$. Iz tega lahko zaključimo, da pri RI med obema področjema ni statistično pomembnih razlik po razredu in da razred, ki ga učenci obiskujejo, ne vpliva na njihovo sposobnost razvijanja idej.

Razvijanje idej glede na spol

V grafu 6 so po spolu prikazani povprečni rezultati vprašalnika o RI po posameznem področju. Iz grafa je razvidno, da pri splošnem razvijanju idej (SRI) praktično ni razlik med fanti in dekleti, medtem ko pri miselnem preskoku (MP) dekleta dosegajo rahlo boljše rezultate kot fantje. Do tega prihaja zato, ker so dekleta pogosteje bolj osredotočene na miselne procese kot fantje. Iz grafa je razvidno, da pri SRI učenci presegajo povprečne vrednosti, pri MP pa povprečne vrednosti presegajo samo dekleta. Povprečna vrednost je postavljena pri vrednosti tri.



Graf 6: Rezultati vprašalnika o razvijanju idej – RI po kategorijah, glede na spol učencev, kjer je srednja točka lestvice 3 označena z rdečo črtkano črto.

Za pomembnost statističnih razlik smo upoštevali velikost učinka parcialnega η^2 . Parcialni η^2 velja kot šibek med vrednostmi od 0,01 do 0,059, kot zmeren med 0,06 in 0,14 in kot močan, če njegova vrednost presega 0,14 (Cohen, 1988).

Preglednica 10: Stopnja povezanosti po spolu, računana na vzorcu RI, kjer je *SS* vsota kvadratov tipa III, *df* prostostne stopnje, *s²* povprečna vrednost variance, *F* statistika, *P* statistična pomembnost in parcialni η^2 mera velikosti učinka.

| Področja RI | SS | df | s ² | F | P | η^2 |
|-------------|------|----|----------------|------|-------|----------|
| SRI | 0,03 | 1 | 0,03 | 0,05 | 0,826 | 0,000 |
| MP | 1,36 | 1 | 1,36 | 1,41 | 0,236 | 0,007 |

Če primerjamo aritmetične sredine področja SRI po razredu, ugotovimo, da ne obstajajo statistično pomembne po spolu, kjer je $F = 0,05$ in $P = 0,826 > 0,05$. Ravno tako na področju MP ne obstajajo statistično pomembne razlike, saj je $F = 1,41$ in $P = 0,236 > 0,05$. Iz tega lahko zaključimo, da pri RI med obema področjema ni statistično pomembnih razlik po spolu in da spol ne vpliva na sposobnost razvijanja idej.

Korelacije med snovalskim razmišljanjem in sposobnostjo razvijanja idej

Snovalsko razmišljanje že v svoji artikulaciji po stanfordskem modelu vključuje fazo generiranja idej, kar nakazuje, da bi nastopile določene korelacije s sposobnostjo razvijanja idej ter sposobnostjo miselnega preskoka. Še zlasti slednji nastopa kot odsev divergentnega mišljenja in sposobnosti konvergiranja idejnih različic v končno izbiro konceptualne različice, večkrat notranje motivirana ali pa kot interna regulacija, ki odseva notranjo skladnost, zavedanje in sintezo s samim seboj pri procesu snovanja.

S pomočjo linearnega modela oziroma večkratne regresije smo analizirali odnose med odvisnimi spremenljivkami (splošna sposobnost razvijanja idej) in neodvisnimi spremenljivkami (področja snovalskega razmišljanja). Podatki se nahajajo v preglednici 11. Utež β zavzema vrednosti $-1 \leq \beta \leq 1$ in prikazuje povezanost med neodvisno in odvisno

spremenljivko, hkrati pa se moramo zavedati, da smo izločili vplive drugih neodvisnih spremenljivk.

Iz preglednice 11, ki prikazuje potencialno statistične značilne povezave, je razvidno, da na področju SN3 ($P = 0,021 < 0,05$) ne zadostimo pogoju za napredovanje. Kot vidimo vrednost β znaša $-0,21$, kar pomeni, da bolje kot se bomo odrezali na področju, ki govori o učenčevi osredotočenosti na ciljnega uporabnika, manj bomo uspešni oziroma manjša bo naša splošna sposobnost razvijanja idej. To pomeni, da bolj ko so učenci osredotočeni na ciljnega uporabnika, bolj ožimo problem in naše ciljne zahteve, kar nam po logični povezavi zmanjšuje diverzifikacijo splošnega ustvarjanja idej.

Pri področju SN8.1 ($P = 0,079 > 0,05$) in SN19 ($P = 0,079 > 0,05$) smo zaznali marginalne vplive na splošno sposobnost razvijanja idej z upoštevanjem napake $+3\%$. Sposobnost timskega dela in ustvarjanje skupinskega znanja zna biti potencialni pozitivni napovednik sposobnosti ustvarjanja idej, medtem kot optimizem in pretirano zaupanje v lastno kritično mišljenje lahko pomenita oviro pri nastajanju novih idej.

Preglednica 11: Vpliv SR na sposobnost splošnega RI, kjer je B nestandardizirani koeficient, s standardni odklon, β naklonski koeficient, t statistika, P statistična pomembnost.

| Področja SR | B | s | β | t | P |
|-------------|-------|------|---------|-------|-------|
| SN3 | -0,14 | 0,06 | -0,21 | -2,34 | 0,021 |
| SN8.1 | 0,09 | 0,05 | 0,16 | 1,77 | 0,079 |
| SN19 | -0,13 | 0,08 | -0,22 | -1,80 | 0,074 |

S pomočjo linearnega modela oziroma večkratne regresije smo analizirali odnose med odvisnimi spremenljivkami (miselni preskok) in neodvisnimi spremenljivkami (področja snovskega razmišljanja). Podatki se nahajajo v preglednici 12. Utež β zavzema vrednosti $-1 \leq \beta \leq 1$ in prikazuje povezanost med neodvisno in odvisno spremenljivko, hkrati pa se moramo zavedati, da smo izločili vplive drugih neodvisnih spremenljivk.

Preglednica 12: Vpliv SR na sposobnost RI s poudarkom na sposobnost miselnega preskoka, kjer je B nestandardizirani koeficient, s standardni odklon, β naklonski koeficient, t statistika, P statistična pomembnost.

| Področja SR | B | s | β | t | P |
|-------------|-------|------|---------|-------|-------|
| SN2 | -0,18 | 0,07 | -0,24 | -2,61 | 0,010 |
| SN3 | -0,20 | 0,09 | -0,23 | -2,19 | 0,030 |
| SN5 | 0,28 | 0,12 | 0,31 | 2,40 | 0,018 |
| SN12.1 | 0,21 | 0,12 | 0,25 | 1,78 | 0,077 |
| SN17 | -0,30 | 0,12 | -0,36 | -2,58 | 0,011 |

Iz preglednice 12 je razvidno, da na štirih področjih zadostimo pogoju za napredovanje. Ta področja so SN2 ($P = 0,010 < 0,05$), SN3 ($P = 0,030 < 0,05$), SN5 ($P = 0,018 < 0,05$) in SN17 ($P = 0,011 < 0,05$). Pri področju SN12.1 ($P = 0,077 > 0,05$) pa smo zaznali marginalni vpliv na miselni preskok.

Pri področju SN2 vrednost β znaša $-0,24$, kar pomeni, da bolje kot se bomo odrezali na področju sposobnosti prevzemanja tveganja, težje bomo naredili miselni preskok. V praksi to

pomeni, da bodo taki učenci težje (rabili daljšo pot) prišli do stabilnega končnega izdelka oz. izbire, saj bodo vse preveč eksperimentirali, tudi na račun napak in neekonomične porabe materiala.

Na področju SN3 β znaša $-0,23$, kar pomeni, da bolje kot bo učenec osredotočen na ciljnega uporabnika, težje bo naredil miselni preskok. To se v praksi kaže v tem, da bolj ko se posvetimo ciljnemu uporabniku ali le določeni skupini, težje sprejmemo ideje, ki nam jih ponujajo drugi.

Na področju SN5 vrednost β znaša $0,31$, kar pomeni, da bolj kot smo preišljeni in bolj ko se zavedamo procesa, lažje bomo naredili miselni preskok. To se kaže v tem, da bolj kot poznamo proces izdelave rešitve in bolj kot smo preišljeni, lažje sprejmemo druge ideje in smo bolj odprti zanje.

Na zadnjem področju SN17 pa vrednost β znaša $-0,36$, kar pomeni, da višje kot imamo ustvarjalno zaupanje, težje naredimo miselni preskok. To pomeni, da težje preidemo na drugo rešitev in se bolj držimo tiste, ki smo si jo ustvarili sami. Kaže na to, da sama ustvarjalnost ni dovolj za izvedbo učinkovitega miselnega preskoka.

Potencialni napovednik miselnega preskoka pa je bil najden med sposobnostjo učencev za eksperimentiranje, saj učenci, ki radi poskušajo nove stvari, pristope in tehnike k učnem delu in raziskovanju, kažejo večjo sposobnost miselnega preskoka ($\beta = 0,25$), ključnega zlasti pri obdelavi konceptnih različic snovanja in odločitvi za izbiro.

Diskusija

V tem poglavju se nahajajo odgovori na raziskovalna vprašanja, ki so vodila raziskavo snovalskega razmišljanja (RV1 do RV4).

RV1: Kakšno je stanje snovalskega razmišljanja med učenci od 6. do 8. razreda OŠ?

Iz grafov 1 in 2 je razvidno, da je stanje snovalskega razmišljanja med učenci nizko. Samo na enem področju en razred presega povprečno vrednost 3,5, na enem področju pa se tej vrednosti zelo približa. Vrednost preseže področje, ki govori o učenčevi osredotočenosti na ciljnega uporabnika, zelo pa se približa pri področju, ki govori o nivoju učenčevega spopadanja z nejasnostmi. Če primerjamo stanje po posameznem razredu, ugotovimo, da so učenci 8. razredov najboljše spopadajo s snovalskim razmišljanjem, saj so na vseh področjih razen na enem dosegli najboljše rezultate. Področje, ki je izjema, govori o željah po spremembi. Da smo dobili tako razporeditev po razredih, je bilo tudi pričakovati, saj imajo 8. razredi več izkušenj z ustvarjanjem pri pouku bodisi pri drugih predmetih bodisi pri tehniki.

RV2: Kakšna je razlika med učenci od 6. do 8. razreda OŠ v sposobnosti razvijanja idej?

Iz grafa 5 je razvidno, da pri splošnem razvijanju idej učenci vseh treh razredov rahlo presegajo povprečno vrednosti, ki je postavljena na vrednost tri. Pri miselnem preskoku povprečno vrednost presegajo samo učenci 6. razredov, učenci 7. in 8. razredov pa se tej meji zelo približajo. Če primerjamo stanje po posameznem razredu, ugotovimo, da so se učenci 6. razredov bolj odrezali kot učenci drugih dveh razredov, iz česar lahko sklepamo, da imajo učenci 6. razredov višje sposobnosti razvijanja idej. Pri splošnem razvijanju idej večjega preskoka med posameznimi razredi ni opaziti, medtem ko pri miselnem preskoku učenci 6.

razredov nekoliko odstopajo od drugih dveh razredov, katera sta približno na enakem nivoju. Podobno sta ugotovila tudi Avsec in Modic (2017), da opazne razlike v ustvarjalnem potencialu med učenci 6. in 9. razreda ni. To lahko povežemo tudi z zmanjšanim interesom učencev zaključnih razredov OŠ za vsebine TIT, kot tudi učnim načrtom TIT, ki ne služi kot spodbujevalnik ustvarjalnosti na tehniškem področju, ampak bolj verjetno kot kompenzator (Avsec in Modic, 2017).

RV3: Ali obstajajo razlike med spoloma v snovalskem razmišljanju in sposobnosti razvijanja idej med učenci od 6. do 8. razreda OŠ, in če obstajajo, kako velike so?

Razlike v snovalskem razmišljanju po spolu so prikazane v grafu 3 in 4. Iz grafa lahko razberemo, da bistvenih razlik pri večini področij ni. Kjer so razlike statistično pomembne, pa je povezanost η^2 je pri vseh primerih šibka do zmerna, saj na nobenem področju ne presega vrednosti 0,06. Iz grafa je tudi razvidno, da pri nobenem področju tako dekleta kot tudi fantje ne presegajo povprečne vrednosti 3,5. Še najbolj se ji približajo na področju, ki govori o učenčevi osredotočenosti na ciljnega uporabnika. Iz grafa je tudi razvidno, da so pri 16 področjih fantje uspešnejši kot dekleta, medtem ko so pri 6 področjih dekleta uspešnejša kot fantje.

Razlike v razvijanju idej po spolu pa so prikazane v grafu 6. Iz grafa lahko razberemo, da se manjše razlike pojavijo samo pri miselnem preskoku, medtem ko pri splošnem razvijanju idej bistvenih razlik ni. Povezanost η^2 je šibka, saj pri nobenem področju ne presega vrednosti 0,06. Pri splošnem razvijanju idej je vrednost $\eta^2 = 0,000$, pri miselnem preskoku pa je vrednost $\eta^2 = 0,007$. Iz grafa je tudi razvidno, da so fantje pri splošnem razvijanju idej za odtenek uspešnejši od deklet, medtem ko so pri miselnem preskoku uspešnejša dekleta. Podoben test sta na grških učencih izvajala Zbainos in Beloyianni (2018) in ugotovila, da je korelacija med vsemi dejavniki pozitivna razen na področju anksioznosti, kateri je pozitiven samo s področjem uporabe kognitivnih strategij. Medtem ko je Ai (1999) ugotovil, da imajo fantje, ki so pripravljeni sodelovati in so fleksibilni, višje dosežke na testu. Pri dekletih pa so višje dosežke na testu dosegle tiste učenke, ki so bo bolj pripravljene sodelovati, so bolj fleksibilne in bolj organizirane.

RV4: Ali obstajajo kakšne korelacije med snovalskim razmišljanjem in sposobnostjo razvijanja idej, če da, kako velike so?

Vpliv snovalskega razmišljanja na splošno sposobnost razvijanja idej smo preverili z večkratno regresijo. Statistično pomemben vpliv smo zaznali samo pri enem področju, in sicer tistem, ki govori o učenčevi osredotočenosti na ciljnega uporabnika. Tukaj smo tudi ugotovili, da je korelacija negativna ($\beta = -0,21$), kar pomeni, da bolje kot se bomo odrezali na področju, ki govori o učenčevi osredotočenosti na ciljnega uporabnika, manj bomo uspešni oziroma manjša bo naša splošna sposobnost razvijanja idej oz. divergentna produkcija.

Vpliv snovalskega razmišljanja na sposobnost razvijanja idej s poudarkom na sposobnost miselnega preskoka smo ravno tako preverili z večkratno regresijo. Pri štirih področjih smo ugotovili statistično pomemben vpliv. Ta področja so SN2, SN3, SN5 in SN17. Pri področju SN2 vrednost β znaša $-0,24$, kar pomeni, da bolje kot se bomo odrezali na področju sposobnosti prevzemanja tveganja, težje bomo naredili miselni preskok. Na področju SN3 β znaša $-0,23$, kar pomeni, da bolje kot bo učenec osredotočen na ciljnega uporabnika, težje bo naredil miselni preskok. Na področju SN5 vrednost β znaša $0,31$, kar pomeni, da bolj kot smo

premišljeni in bolj ko se zavedamo procesa, lažje bomo naredili miselni preskok. Na področju SN17 pa vrednost β znaša $-0,36$, kar pomeni, da višje kot imamo ustvarjalno zaupanje, težje naredimo miselni preskok.

Direktno primerljive raziskave žal nismo našli, lahko pa naredimo vzporednice z ugotovitvami Dorsta (2011), ki trdi, da je ustvarjalnost pri snovanju močno pogojena s procesom dela in osredotočenostjo na rešitve in manj na konceptualno in faktografsko znanje ter problemsko situacijo, ki je povezana s samim uporabnikom. Medtem ko Batey s sodelavci trdi, da na sposobnost razvijanja idej močno pozitivno vpliva osebnostna lastnost učenca, kot je odprtost do eksperimentiranja, medtem ko vestnost pri delu in učenju zna močno zavirati sposobnost razvijanja idej (Batey idr., 2010).

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Iz raziskave lahko ugotovimo, da je snovalsko razmišljanje pomemben del tehniškega izobraževanja. Kljub temu da učitelji pri pouku zavestno ne izberejo modela poučevanja po snovalskem razmišljanju, se ta do neke mere vseeno uporablja podzavestno, saj izdelek težko snujemo brez uporabe vsaj zametka snovalskega razmišljanja. Ko bodo učitelji ozavestili uporabo snovalskega razmišljanja, pa četudi samo pri enem izdelku, bo to velik korak k izboljšanju poučevanja in k novemu načinu razmišljanja učencev, da ni nič narobe, če prvi poskus pri iskanju rešitve ne uspe, in da imamo skoraj vedno več možnosti za najustreznejšo rešitev in da je ta odvisna predvsem od znanja in ustvarjalnosti. V raziskavi je bilo tudi ugotovljeno, da je model snovalskega razmišljanja razmeroma star in je zelo zanimivo, da ni prej prodril v naš izobraževalni sistem.

Pri raziskavi smo imeli zelo velik osip vzorca, zaradi česar tudi rezultati niso najnatančnejši. Za osip sta lahko kriva malo daljši anketni vprašalnik ali nezainteresiranost učencev. Ravno tako so rezultati rahlo pristranski, saj ne vemo, kdo od učencev je odstopil – boljši, slabši ali oboji enakovredno. Učinkovitejše bi bilo testiranje v razredu, saj bi bil najverjetneje osip bistveno manjši, s tem pa bi zagotovili tudi natančnejše rezultate.

Preko raziskave želimo izboljšati poznavanje snovalskega razmišljanja in kakšne so možnosti njegove uporabe. Pomembno je, da se zavedamo, da bodo nekateri od učencev nekoč tudi inženirji in jim bodo različni pogledi na reševanje problemov prišli še zelo prav.

Snovalsko razmišljanja bi bilo zelo smiselno vpeljati v razred in s pomočjo predhodnega in naknadnega testa preveriti tehnološko pismenost pri učencih, ali se je ta kaj spremenila glede na učence, ki so poučevani na klasičen način, torej brez uporabe modela snovalskega razmišljanja. Pri tem bi morali zelo dobro razmisliti, katero snov bi na tak način poučevali. Preko prakse pa bi lahko kasneje razvili sklop snovi, ki se lažje poučujejo preko modela snovalskega razmišljanja in katere težje, oziroma katere je bolje poučevati po kakšnem drugem modelu.

Literatura

Ai, X. (1999). Creativity and Academic Achievement: An Investigation of Gender Differences. *Creativity Research Journal*, 12(4), 329–337.

- Atkinson, S. (2000). Does the need for high levels of performance curtail the development of creativity in design and technology project work? *International Journal of Technology and Design Education*, 10(3), 255–281.
- Avsec, S. (2012). *Metoda merjenja tehnološke pismenosti učencev 9. razreda osnovne šole* [Doktorska disertacija]. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Avsec, S. (2020). Investigating into design thinking in mechanical engineering students. *World Trans. on Engng. and Technol. Educ.*, 18(2), 91–96.
- Avsec, S. in Modic, K. (2017). The influence of individual differences on technical creativity in Slovenian K-9 students, *Journal of Technology and Information Education*, 9(2), 128–143.
- Batey, M., Chamorro-Premuzic, T., in Furnham, A. (2010). Individual Differences in Ideational Behavior: Can the Big Five and Psychometric Intelligence Predict Creativity Scores?, *Creativity Research Journal*, 22(1), 90–97.
- Chesson, D. (2017). *Design Thinker Profile: Creating and Validating a Scale for Measuring Design Thinking Capabilities. Dissertations & Theses*. <http://aura.antioch.edu/etds/388>.
- Cohen, J. (1988) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York University, Department of Psychology.
- Coleman, E., Shealy, T., Grohs, J. in Godwin, A. (2020). Design thinking among first-year and senior engineering students: Across-sectional, national study measuring perceived ability. *Journal of Engineering Education*, 109(1), 72–87. <https://doi.org/10.1002/jee.20298>
- Crocker, L. in Algina, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory*. Holt Reinhart Winston.
- Cropley, D.H. (2015). *Creativity in Engineering*. Academic Press.
- Dorst, K (2011). The core of design thinking and its application, *Design Studies*, 32(6), 521–532.
- Dosi, C., Rosati, F., in Vignoli, M. (2018). Measuring design thinking mindset. V *15th International Design Conference – DESIGN (1991–2002)*. Dubrovnik, Croatia.
- Dschool-old.stanford.edu. (2017). *An Introduction To Design Thinking PROCESS GUIDE*. <https://dschool-old.stanford.edu/sandbox/groups/designresources/wiki/36873/attachments/74b3d/ModeGuideBOOTCAMP2010L.pdf?sessionID=1b6a96f1e2a50a3b1b7c3f09e58c40a062d7d553>
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey D. D. in Leifer, L. J. (2005). Engineerind Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>.
- Ebel, R. L. in Frisbie, D. A. (1991). *Essentials of educational measurement* (5. izdaja), Prentice-Hall.
- Greenhalgh, S. (2016). The effects of 3D printing in design thinking and design education. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 14 (4), 752–769. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2014-0005>.
- Guilford, J. P. (1971). *The Nature of Human Intelligence*. McGraw-Hill.

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

- Interaction design foundation. (b. d.). Design Thinking: Get a Quick Overview of the History. <https://www.interaction-design.org/literature/article/design-thinking-get-a-quick-overview-of-the-history>.
- Marentič Požarnik, B. (2000). *Psihologija učenja in pouka*. (1. izdaja). DZS.
- Papotnik, A. (1991). *Tehnična ustvarjalnost v srednji šoli: ustvarjalnost in tehnična produktivnost v interesih tehničnih dejavnosti srednji šol*. (1. izdaja). DZS.
- Polit, D. in Hungler, B. (1999). *Nursing Research: Principle and Method*. (6. izdaja) Lippincott Company.
- Runco, M. A., (2005). *Motivation, Competence, and Creativity*. In: Elliot, A.J. and Dweck, C.S. (ur), *Handbook of Competence and Motivation*. Guilford Publications.
- Sean Van Tyne. (b. d.). Design Thinking: A Brief History. <https://seanvantlyne.com/2017/02/12/design-thinking-brief-history/>.
- Sharples, M., de Rock, R., Ferguson, R., Gaved, M., Herodotou, C., Koh, E., ... in Wong, L. H. (2016). Design thinking. V *Innovating Pedagogy 2016: Open University Innovation Report 5* (str. 22 – 24). Milton Keynes, The open University.
- Soegaard, M. (2018). *The basic of user experience design*. Interaction Design Foundation.
- Šuligoj, V., Žavbi, R., in Avsec, S. (2020). Interdisciplinary Critical and Design Thinking. *International Journal of Engineering Education*, 36 (1), 84–95.
- 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.
- Urbas, N. (2020). *Snovalsko razmišljanje učencev od 6. do 8. razreda osnovne šole* [Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta]. PeFprints. <http://pefprints.pef.uni-lj.si/6502/>
- Wiersma, W. in Jurs, S. G. (2005). *Research methods in education: An introduction*. (8. izdaja). Pearson.
- Wrigley, C. in Straker, K. (2017). Design Thinking pedagogy: The Educational Design Ladder. *Innovations in Education and Teaching International*, 54(4), 374–385.
- Zbainos, D. in Beloyianni, V. (2018) Creative ideation and motivated strategies for learning of academically talented students in Greek secondary school, *Gifted and Talented International*, 33(1–2), 3–14.

TEHNIŠKA USTVARJALNOST V PREDŠOLSKEM OBDOBJU: PREIZKUS USTVARJALNEGA MIŠLJENJA Z RISANJEM (TCT-DP) OB IZVEDBI TEHNIČNIH DEJAVNOSTI V VRTCU

TECHNICAL CREATIVITY IN PRESCHOOL PERIOD: TESTING CREATIVE THINKING (TCT-DP) AT PERFORMANCE OF TECHNICAL ACTIVITIES IN KINDERGARTEN

Polona Tomori Dobrović, Stanislav Avsec

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Opredelitev ustvarjalnosti in tehniške ustvarjalnosti v splošnem predstavlja svojevrsten izziv, za predšolsko obdobje pa je umestitev še toliko bolj kompleksna. V tem delu raziskujemo to problematiko v razumevanju ustvarjalnega procesa s širšega vidika otrokovega razvoja. Izberemo področje tehnike in tehnologije v vrtcu, v kateri poiščemo ustrezne metode, oblike dela in vsebine za spodbujanje ustvarjalnosti. Upoštevamo vlogo vzgojitelja in pomen širšega poznavanja otrokovega razvoja. Iz Kurikuluma za vrtce ustrezno povzamemo globalne in operativne cilje s področja narave in umetnosti, ki vključujejo največ tehničnih vsebin in ciljev za načrtovanje in izvedbo v vzgojni praksi (za obdobje od 3. do 6. leta starosti). Upoštevamo tudi ustrezne konceptualne razsežnosti tehnike in tehnologije in iz njih razbiramo etape in cilje za uresničevanje dejavnosti s področja tehnike v vrtcu. Za raziskovanje tehniške ustvarjalnosti v obdobju od 4. do 6. leta starosti otrok izberemo obliko merjenja ustvarjalnosti, ki vključuje uveljavljen pripomoček za raziskovanje, to je Test ustvarjalnega mišljenja z risanjem (TCT-DP; *Test for Creative-Thinking Drawing Production*). Teoretična izhodišča, značilnosti in ugotovitve pri uporabi merskega pripomočka v celoti potrjujejo, da je testiranje ustrezno tudi v predšolskem obdobju. Pri raziskovanju s testom ne zanemarimo, da je potrebno predstaviti in upoštevati otrokov razvoj mišljenja za obdobje od 4. do 6. leta in značilnosti v otroški risbi za to starostno obdobje. Načrtovanje in izvedbo časovno-namensko usmerjenih ustvarjalnih tehničnih dejavnosti v vrtcu v praksi izvedemo z metodo navzkrižnega eksperimenta. V rezultatih merjenja ustvarjalnosti prikažemo potek vzporednega načrtovanja in izvedbe dejavnosti z uporabo merskega pripomočka. Analiza rezultatov raziskave pokaže visoko zanesljivost Cronbach α (85-odstotno pri predtestu in 86-odstotno pri posttestu), močno notranjo stabilnost in napovedno veljavnost pridobljenih rezultatov. V izračunih in ugotovitvah upoštevamo prirastek k ustvarjalnosti v primerjavi različnih dejavnosti in po spolu otrok. Predstavljeni rezultati so pokazali, da so ustvarjalne tehnične dejavnosti z glino statistično značilno ($p < 0,05$) prispevale k porastu ustvarjalnosti otrok, medtem ko sta drugi dve dejavnosti prispevali k upadu ustvarjalnosti. Učinek delavnic z glino v navzkrižnem eksperimentu je ocenjen kot velik (Cohen $d > 0,8$). V analizi rezultatov merjenja ugotovimo še, da so razlike v ustvarjalnosti po spolu statistično neznačilne ($p > 0,05$). Sklepamo na ustreznost ustvarjalnih delavnic tako za deklice kot dečke.

Ključne besede: predšolsko obdobje, ustvarjalnost, tehniška ustvarjalnost, TCT-DP test, ustvarjalne tehnične delavnice.

Abstract

The definition of creativity and technical creativity in general presents a unique challenge, however for preschool period this definition is even more complex. The present work explores the issue of understanding creativity process from broader viewpoint of child development, whilst focusing on area of technics and technology in a kindergarten. In this area it tries to find appropriate methods, forms of work and contents to encourage creativity. The role of kindergarten teacher and the importance of broader understanding of child development is taken into account. The thesis extracts general and operational goals of kindergarten curriculum, which includes the most technical contents and goals for planning and implementation in educational practice (for the period from three to six years of age). It also considers appropriate conceptual dimensions of technics and technology and tries to deduce stages and goals for implementations of technical activities in kindergarten. In order to explore technical creativity of children aged from four to six years, Test for Creative-Thinking Drawing Production (TCT-DP) has been chosen as an established research tool for measuring creativity. Theoretical background, characteristics and in conclusions using the TCT-DP test research tool widely confirms the appropriateness of this type of testing in preschool period. Nevertheless, testing during TCT-DP testing importance of child's development in thinking process and characteristics in child's drawings of this age period, have not been neglected and have been taken into account. Planning and implementation of time-intentional focused creative technical activities in kindergarten have in practice been performed with the method of cross experimenting. In results of measuring creativity the course of parallel planning and implementation workshops using measuring tool (tests) are shown. Analysis of data shows high reliability of Cronbach α (85 % at pre-test and 86 % at post-test) and strong inner stability of collected results. Influences on level of child's creativity of both used activities and possible differences between gender have been explored and compared. Results show that creative technical activities involving clay have statistically significantly ($p < 0.05$) contributed to the increase in creativity in children, while on the other hand, the other two activities have contributed to the decline in creativity in children. The influence of clay workshops in cross experiment has been judged as high (Cohen $d > 0.8$). Finally, results also show that gender differences are statistically non significant ($p > 0.05$). It is therefore concluded that chosen creative workshops are appropriate for boys as well as for girls in this age group.

Key words: kindergarten, creativity, technical creativity, TCT-DP test, creative technical workshops.

Uvod

Spodbujanje ustvarjalnosti v predšolskem obdobju je eden od temeljnih ciljev, ki ga upošteva tako vrtec kot starši in širše družbeno okolje. Kurikulum za vrtce (1999) je zasnovan tako, da omogoča in spodbuja izvajalce, da odgovorno in avtonomno iščejo različne, nove in učinkovite pristope k spodbujanju aktivnega učenja. Pojmovanje ustvarjalnosti je kompleksno, vključuje številne vidike in razlage. Za predšolsko obdobje je bistveno tako razumevanje ustvarjalnega procesa s širšega vidika otrokovega razvoja, kot tudi z vidika poznavanja ustreznih (kurikularnih) metod in oblik dela ter načel in ciljev, ki omogočajo razvijanje ustvarjalnih sposobnosti.

Za področje tehnične vzgoje se v teoriji in praksi uporablja termin "tehniška ustvarjalnost", ki bolj jasen okvir in razlago pridobi šele v vzgojno-izobraževalnem sistemu šolskega izobraževanja. V Kurikulumu za vrtce so globalni in konkretni cilji tehnične vzgoje vpleteni med različna področja dejavnosti (predvsem umetnost in narava), torej tehnika in tehnologija kot področje dejavnosti v vrtcu v njem nimata ločenega poudarka. Pojavljata se dilema in izziv tako v teoriji kot kasneje v praksi vzgojiteljic, ko je treba načrtovati, spodbujati, spremljati in meriti otrokovo ustvarjalnost za posamezno področje dejavnosti. Pri načrtovanju in izbiri

dejavnosti iz tehnične vzgoje, ki naj pri otroku spodbuja ustvarjalnost, je za objektivnost raziskovanja potemtakem treba raziskati mnjenja in izkušnje strokovnih delavk/delavcev.

Pečjak (2013) ugotavlja: "Merjenje ustvarjalnosti je vse prej kot enostavno." (str.189) in obenem navaja: "Večina raziskovalcev meni, da je ustvarjalnost mogoče meriti, in jo tudi merijo, nekateri psihologi pa pravijo, da merjenje ni mogoče."(prav tam).

Uveljavljenih je veliko testov in lestvic za merjenje ustvarjalnosti, med katerimi je zaslediti tudi »Urban-Jellenov test« (TCT-DP; Test for Creative Thinking-Drawing Production) – Test ustvarjalnega mišljenja z risanjem. Raziskovanje tehniške ustvarjalnosti v predšolskem obdobju z uporabo tega testa je lahko poskus, ki ponuja rešitev k boljši praksi v vzgojno-izobraževalnem procesu.

Raznolike študije in raziskave so potrdile, da je test ustrezen za uporabo. Kljub temu nekateri raziskovalci izpostavljajo, da test v posameznih kriterijih ocenjevanja ne dosega optimalnih pogojev. V zaključku novejši raziskave (Avsec; Zakrzewska, 2016) avtorja na primer omenjata manjšo pomanjkljivost TCT-DP testa. Vizualna podobnost A in B predloge, naj bi v drugem delu testiranja (post-test) negativno vplivala na motivacijo oz. sposobnost obvladovanja ciljne usmerjenosti testirancev.

Avtorja Urban in Jellen sta si test zamislila kot pripomoček, ki poskuša vpeljati bolj holističen in geštaltovski pristop k prepoznavanju ustvarjalnosti. Upoštevala sta ne le divergentne in nekatere kvantitativne vidike, temveč tudi vidike kvalitativnega, na primer vsebino, gestalt, kompozicijo, izpopolnjenost. Poleg tega sta vpeljala sestavine izpostavljene v literaturi, na primer nekonvencionalnost, humor, čustva, preseganje okvirjev ipd. Test je primeren za različne starostne skupine (Urban, 2005).

Ne nazadnje je za področje tehniškega ustvarjanja treba upoštevati tudi ustvarjalnost, inovativnost in odprtost oz. fleksibilnost strokovnih delavk/delavcev. V otrokovem ustvarjalnem procesu je pomembna tudi vloga vzgojitelja. Kovačeva (2003) o ustvarjalnosti v izvedbenem kurikulumu pravi takole: "Vzgojiteljica je tista, ki mora teorijo, načela, cilje prevajati v vsakodnevno prakso. Le-ta se ji predstavlja kot množica nedoločenih situacij, ki zahtevajo ustrezno delovanje in reagiranje. Od nje se pričakuje, da bo sama ustvarjalna ter da bo prepoznala ustvarjalno vedenje pri otroku, da ga bo lahko podpirala in spodbujala in tako prispevala k njegovemu razvoju." (str. 177) Primer in izvedba tehnične ustvarjalne delavnice, ki vzporedno vključuje in preverja ustaljeno prakso (po metodi navzkrižnega eksperimenta), lahko vzpostavlja korelacije, ki v procesu evalvacije prikažejo primerjavo oz. vpogled na konkretnem rezultatu testov ustvarjalnosti.

Ustvarjalnost

Pojmovanje in razumevanje ustvarjalnosti, je v precejšnji meri strokovno obravnavano v psiholoških teorijah in študijah. Za opredelitev pojma, je torej potrebno poiskati temeljne ugotovitve prav v psihologiji. V tem delu se postopoma približujemo ožjemu vidiku, tako v smislu razumevanja ustvarjalnosti otrok kot tudi v obravnavi konkretnega področja, kjer raziskujemo in ugotavljamo kakšna je ustvarjalnost predšolskih otrok.

Za namen raziskovanja izpostavljam uporaben vidik ustvarjalnosti v predšolskem obdobju, zato govorimo o značilnostih ustvarjalnosti, o fazah ustvarjalnega procesa ter o vlogi vzgojitelja, ki v svojo prakso vključuje metode in oblike dela, določene v Kurikulumu za vrtce.

Trstenjak (1981) za namen opredelitve ustvarjalnosti navaja ključne tuje avtorje, ki so (povečini) za potrebe raziskovanja in metodologije, poskušali karseda objektivno opredeliti pojem ustvarjalnosti. Ti poskusi se po njegovem mnenju še vedno izogibajo konkretni opredelitvi. V svojih raziskavah ugotavlja in se strinja z Ghiselinom: "Saj tudi ti avtorji sproti izražajo mnenje, da se vse razprave o kreativnosti spotaknejo ob nepremagljivi težavi: subjekt razprave se ne da opredeliti, ker je njegova objektivnost varljiva." (str. 31) Nadalje kljub razlikam in razhajanjem povzame skupni imenoalec, ki za opredelitev ustvarjalnosti izpostavlja faktor "novosti".

Pečjak v novejši znanstveni monografiji (2013) že v samem začetku omenja, da se ustvarjalnost opredeljuje na mnogo načinov ter da jim je skupna novost. Dodaja, da se novejše opredelitve še vedno ne oddaljujejo od klasičnih, pojavljajo se le novi izrazi, ki prav tako pomanjkljivo opredeljujejo pojem. Za dotično literaturo izbira pomen, v katerem besedo ustvarjalnost označi kot "sposobnost reševanja problemov na nov, izviren, različen (divergenten) način", oziroma jo označi kot "oblikovanje nečesa novega, še nevidnega in nepoznanega ali malo poznanega". (str.13)

V poglavju novejše razlage ustvarjalnosti (str. 74-77), zasledimo nekakšen časovni prerez, ki ga avtor (prav ta) vpleta skozi izbrane zgodovinske zapise. Opisuje, da v zahodni kulturi pojem "ustvarjalnost" izvira iz krščanstva in naj bi pomenil božanski navdih. V obdobju renesanse se zgodi premik in z njim spoznanje, da ustvarjalnost ne izvira iz božanstva temveč iz ljudi. Novo pojmovanje ustvarjalnosti tako pripelje tudi do raziskovanja le-te. Od poznega 19.st, ko pojem postane priljubljen, se nadalje razvijejo tudi razprave o ustvarjalnem procesu ter analize miselnih procesov med ustvarjanjem. Raziskovalca Graham Wallas in začetnik gestalt psihologije Max Wertheimer predstavita temeljite študije o ustvarjalnosti, z razvojem psihologije pa napredujejo tudi nadaljnje raziskave. Za pomembne še danes veljajo psihometrični modeli sposobnosti, med njimi pa avtor na tem mestu izpostavi Guilfordov model človekovih sposobnosti.

V literaturi se za področje ustvarjalnosti pogosto pojavlja povezava z inteligentnostjo. Na dileme ki so se pojavljale v odnosu ustvarjalnosti do inteligentnosti, med drugimi opozarja Trstenjak (1981), in pri tem jasno prikaže da do dileme prihaja, kadar govorimo o merjenju posamezne sposobnosti in o ugotavljanju medsebojne povezave. Poudarja, da dejstvo, ki priča o divergenci med inteligentnostjo in ustvarjalnostjo, kaže na težavo v ozadju samega pojma ali opredelitve inteligence in inteligenčnih kvocientov.

Ustvarjalnost v predšolskem obdobju

Po večini teorij ustvarjalnosti so otroci visoko ustvarjalni in imajo veliko zmožnosti za domišljijo, eksperimentiranje in raziskovanje okolja. Da je ustvarjalnost značilna človeška lastnost, sposobnost in dejavnost, med drugimi omenja tudi Kovačeva (2003), ki raziskuje spodbujanje ustvarjalnosti otrok in vzgojiteljev v vrtcu. V svojem prispevku za ustvarjalnost v predšolskem obdobju postavlja reprezentativen okvir, ki ustvarjalnost definira glede na posamezne vidike proučevanja in izražanja.

Skrozi teorije povzame ustvarjalnost kot:

- dejavnost, lastnost mišljenja;
- osebnostno potezo;
- sposobnost iskanja, odkrivanja in razvijanja idej ter reševanja problemov;
- sposobnost preoblikovanja gradiva, informacij in situacij na nove načine (str. 169–170).

Kot temeljno značilnost ustvarjalnosti, navede divergenco v razmišljanju in razpršenost odgovorov (prav tam). Za ustvarjalnost je še značilno:

- divergentno in lateralno mišljenje,
- originalnost,
- fleksibilnost,
- fluentnost,
- elaboracija,
- redefinicija in občutljivost za probleme in
- večje izkoriščanje sposobnosti desne možganske hemisfere (str. 170).

Značilne lastnosti ustvarjalnih oseb so:

- radovednost;
- razigranost;
- izvirnost;
- samomotiviranost;
- nekonformizem;
- smisel za humor;
- čustvena občutljivost;
- perfekcionizem;
- naklonjenost do problemov;
- in dobra samopodoba (str. 170).

Avtorica dodaja, da so mnoge od teh lastnosti izražene že v zgodnjem otroštvu in da otrok v sebi nosi potenciale, ki se kasneje razvijajo ali ugašajo pod različnimi vplivi. (prav tam). Otrok je ustvarjalen posameznik in v sebi nosi naravno težnjo po raziskovanju. Lastnosti, kot so domišljija, radovednost, igrivost, ustvarjalnost, sposobnost čudenja, potreba po učenju in veselje ob odkritju nečesa novega, so tiste, ki tlijo v vsakem novorojenem človeku. Dokumenti, kot je npr. Kurikulum za vrtce, uvrščajo ustvarjalnega posameznika med temeljne vrednote, ustvarjalnost in njeno spodbujanje pa med načela in cilje vzgoje in izobraževanja (Kovač, 2003).

V splošni obravnavi ustvarjalnosti so uveljavljena metodična izhodišča ameriških raziskovalcev, ki razločujejo štiri vidike: okolje (press), osebnost (personality), proces (process) in produkt (product). (Trstenjak, 1981). Pri analizi ustvarjalnega procesa se avtorji razlikujejo v razbiranju in določanju posameznih faz. Trstenjak (1981) povzema štiri stopnje, ki so navadno uveljavljene. Te so priprava, inkubacija, iluminacija in verifikacija. Ugotavlja pa tudi, da je posamezne faze težko razločevati, ker gre vendarle za kontinuiran proces, v katerem se prepleta nešteto miselnih poti in funkcij. Katere so pomembnejše in vodilne, je težko vedeti, še zlasti če se v zavestno dejavnost vpletajo tudi podzavestne vsebine in vzgibi. Na tem mestu predstavljamo primer, ki predstavlja potek ustvarjalnega procesa pri otrocih. Avtorica (Kovač, 2003, str. 177) za raziskovanje ustvarjalnosti v izvedbenem kurikulumu, povzema Miljaka

(1995), navaja, da otrok na (1) prvi stopnji se seznanja s predmetom, materialom, glasom, gibom, obliko itn. ter opazuje, raziskuje, z njim manipulira in ugotavlja kaj vse lahko s tem naredi. (2) drugi stopnji obvladuje običajno uporabo ali način funkcioniranja tega predmeta, materiala itn. (3) tretji stopnji ustvarja nove kombinacije, pravila uporabe, dopolnjuje, nadgrajuje, preizkuša različne izvirne zamisli.

Kovačeva (2003) v svojem znanstvenem prispevku išče možnosti izvedbenega kurikuluma in pri tem zapiše: "Omogočanje in spodbujanje prehoda na tretji nivo je v veliki meri odvisno od vzgojiteljice, njene strokovne pedagoško-psihološke usposobljenosti, samozavesti, zavzetosti, odprtosti, sposobnosti obvladovanja vodenja otrok in skupine, lastne ustvarjalnosti in naravnosti."(str. 178)

Potek ustvarjalnega procesa je torej posredno in neposredno prepleten z vlogo vzgojitelja v ustvarjalnem procesu. Da je ta aspekt potreben za raziskovanje in ugotavljanje ustvarjalnosti v predšolskem obdobju, smo prikazali v nadaljevanju. Ustvarjalne sposobnosti so vse tiste, ki izhajajo iz lastnosti in značilnosti ustvarjalnosti. Kakor se v teoriji razlikujejo pristopi k ustvarjalnosti in njenemu opredeljevanju, tako se razlikujejo tudi opredelitve ustvarjalnih sposobnosti.

Med najpomembnejše (pionirske) raziskovalce ustvarjalnih sposobnosti se uvršča psihologa J.P. Guilforda, ki je v večfaktorski analizi odkril pet vrst operacij mišljenja. Med njimi se za razvijanje ustvarjalnosti izpostavlja sposobnosti divergentnega mišljenja (sposobnosti različnostne produkcije), kjer se upošteva faktor izvirnosti, štirje faktorji prožnosti, dva faktorja gibljivosti ter konvergentni faktor izdelave (Pečjak, 2013).

Razvijanje in spodbujanje ustvarjalnih sposobnosti otrok v predšolskem obdobju je pogojeno z širšim družbenim okoljem, določili, ki jih narekuje vzgojno-izobraževalni sistem, z razpoložljivim prostorom in časom ter nenazadnje z stališči in prepričanji strokovnih delavcev, ki oblikujejo prakso v vrtcu (Štemberger, 2014).

V slovenski raziskavi stališč strokovnih delavk (prav tam) o ustvarjalnosti otrok, o ustvarjalnosti odraslih ter o vlogi vzgojitelja v ustvarjalnem procesu je bilo ugotovljeno, da so vzgojiteljice mnenja, da niso vsi ljudje ustvarjalni in tudi vsi otroci niso. Izsledki raziskave med drugim kažejo, da vzgojiteljice otrokom pripisujejo višjo mero ustvarjalnosti kot odraslim, a še vedno menijo, da niso vsi otroci ustvarjalni. Avtorica prispevka v sklepu razmišlja: "Takšno prepričanje lahko v praksi pomeni, da vzgojiteljice ne bodo spodbujale ustvarjalnosti vseh otrok, pač pa se bodo posvetile le tistim, za katere menijo, da so ustvarjalni."(Štemberger, 2014, str. 15).

Načini spodbujanja in razvijanja ustvarjalnosti predšolskih otrok v vzgojno-izobraževalnem sistemu so splošno deklarirani v načelih in ciljih, ki jih predvideva Kurikulum za vrtce. Prav tako so v njem predstavljena temeljna vedenja o razvoju otroka in učenju v predšolskem obdobju ter globalni cilji, ki za posamezno področje dejavnosti predlagajo primere vsebin in dejavnosti za uresničevanje v praksi (Kovač, 2003).

Spodbujanje ustvarjalnosti zasledimo med temi kurikularnimi cilji (povz. po Kovač, 2003; Kurikulum za vrtce, 1999, str. 10):

- "bolj odprt in fleksibilen kurikulum v različnih programih za predšolske otroke" – spodbujanje vrtcev k ponudbi dejavnosti za različne potrebe staršev in otrok;

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

- “večje omogočanje individualnosti, drugačnosti in izbire v nasprotju s skupinsko rutino”– spodbujanje vidikov ustvarjalnega vedenja v razvoju individualnih ustvarjalnih potencialov otrok (divergentnost, originalnost, nekonformizem ...);
- “večja avtonomnost in strokovna odgovornost vrtcev in njihovih strokovnih delavcev”– spodbujanje vrtca kot organizacije in posamezne strokovne delavke, k izgradnji in oblikovanju lastnega izvedbenega kurikula.

Usmerjanje k ustvarjalnosti zasledimo med naslednjimi kurikularnimi načeli (povz. po Kovač, 2003; Kurikulum za vrtce, 1999, str. 12-17):

- Načelo demokratičnosti in pluralizma predvideva: “različne metode in načini dela”, “čimbolj pester izbor vsebin in dejavnosti /.../” ter “fleksibilnost v prostorski in časovni organizaciji /.../”.
- Načelo odprtosti kurikula, avtonomnosti ter strokovne odgovornosti vrtca in strokovnih delavcev v vrtcu predvideva: “uveljavljanje različnih posebnosti okolja, otrok ter staršev”, “uveljavljanje avtonomnosti vrtca, vzgojiteljev in drugih strokovnih delavcev” ter “prilagajanje različnim spremembam”.
- Načelo omogočanja izbire in drugačnosti predvideva: “da je vzgojiteljica ustvarjalna pri ponudbi ustreznih vsebin (pestra ponudba različnih sredstev, materialov, igralnih in raziskovalnih dejavnosti) in da zagotavlja pozitivna stališča in ravnanja, ki spodbujajo k toleranci in sprejemanju drugačnosti”.
- Načelo uravnoveženosti predvideva, da vzgojiteljica: “/.../ sistematično razvija občutljivost za probleme in zavest o različnih možnih odgovorih nanje”.
- Načelo razvojnoprocesnega pristopa predvideva: “cilj učenja v predšolski dobi je sam proces učenja, katerega cilj niso pravilni in nepravilni odgovori, temveč spodbujanje otrokovih lastnih (simbolnih, fantazijskih in domišljjskih) strategij dojetja, izražanja, razmišljanja itn., ki so zanj značilne v posameznem razvojnem obdobju”.
- Načelo aktivnega učenja in zagotavljanja možnosti verbalizacije in drugih načinov izražanja predvideva: “stalna skrb za zagotavljanje udobnega in spodbudnega okolja /.../ ter upoštevanje otrokovih samoiniciativnih ponudb”, “/.../ razvijanje občutljivosti in zavesti o problemih” ter “/.../ spodbujanje ter navajanje na uporabo različnih strategij in pripomočkov pri iskanju odgovorov”.

Kroflič (2001) pri obravnavi vsebinske preнове Kurikula za vrtce opozarja, da s tem ko se odpira zahteva po večji strokovni avtonomiji in odgovornosti vseh akterjev delovanja vrtcev, prihaja tudi do večje odgovornosti za načrtovanje in izvedbo programskih dejavnosti. Branje in neposredno prepisovanje vzgojnih ciljev še ne zagotavlja strokovnega načrtovanja na operativni ravni. Večina temeljnih načel je vzgojiteljici predstavljena tako, da jih razume kot splošne napotke. Ob upoštevanju načel mora vzgojiteljica sama izoblikovati ustrezne vsebinske, metodične in kontekstualne rešitve. Velik delež neposrednih strokovnih odločitev je prenesen na raven vrtca in posamezne vzgojiteljice, zato je potrebno dosledno spremljanje in opozarjanje o strokovni usposobljenosti.

Vloga vzgojitelja v vzgojno-izobraževalnem sistemu je brez dvoma pomembna. Na podlagi vseh načel, ciljev in napotkov, ki jih predvidevajo vsi bistveni dokumenti, nosijo odgovornost v oblikovanju, načrtovanju in izvedbi vsakodnevne prakse prav vzgojitelji in vzgojiteljice.

Vzgojiteljica je ustvarjalka vzgojnega procesa, in to pomeni, da je tudi sama soočena z ustvarjalnimi izzivi. Vloga se ne kaže samo v razumevanju in izvajanju pedagoške prakse,

vzgojiteljica otroku predstavlja tudi osebo, ki zagotavlja občutek sprejetosti, varnosti, zaupanja in topline. Otrokom predstavlja vzor in avtoriteto in nanje vpliva s svojim odnosom in ravnanjem, stališči, vrednotenjem in tudi s svojimi pričakovanji. Stil in način vodenja vrtčevske skupine, uveljavljanje pravil življenja in dela v oddelku, organizacija in raznovrstnost dejavnosti, vse to izhaja iz odnosa, ki ga vzpostavlja vzgojiteljica v komunikaciji z otroki in s seboj. Njena vloga je povezana s samorefleksijo in v razmisleku o svoji vzgojni praksi, lahko poišče možnosti za spodbujanje ustvarjalnosti in pripomore k ustvarjalnemu vzdušju v skupini (Kovač, 2003).

Štembergerjeva (2014) v svojem prispevku zagovarja, da se le malo raziskav ukvarja z vlogo vzgojiteljev pri spodbujanju ustvarjalnosti predšolskih otrok. Iz raziskave povzemamo, da so se vzgojitelji, vključeni v raziskavo, skoraj v celoti strinjali s trditvami, da naj vzgojitelj:

- pri otrocih spodbuja radovednost;
- pri dejavnostih upošteva tudi pobude otrok;
- otrokom nudi izzive;
- omogoča, da sami raziskujejo.

Avtorica v prispevku konča, da vzgojitelji razumejo in sprejemajo svojo vlogo pri spodbujanju ustvarjalnosti pri otrocih. Zavedajo se tudi pomena in prednosti lastne ustvarjalnosti.

Tehniška ustvarjalnost

Človekov ustvarjalni proces je prisoten v številnih dejavnostih na različnih področjih ustvarjanja. Če izhajamo iz poskusov opredelitve pojma ustvarjalnosti, se torej izpostavlja faktor novosti, ki naj bi bil med drugim pokazatelj, da je neko delovanje tudi ustvarjalno. Za opredelitev tehniške ustvarjalnosti izbiramo širši vidik in temeljna izhodišča, pozneje pa ožji vidik, kjer skušamo tehniško ustvarjalnost umestiti v predšolsko obdobje. Tehnika in tehnologija v predšolski vzgoji in izobraževanju sta vpleteni med področja dejavnosti, ki jih določa kurikulum. Prikazujemo kurikularne cilje in vsebine ter primere dejavnosti, predvidene za področje tehniškega ustvarjanja v vrtcu, in sicer skozi analizo področja narave in umetnosti v Kurikulumu za vrtce (1999). Nadalje preučujemo načrtovanje in izvedbo ustvarjalnih tehničnih dejavnosti v vrtcu ter predstavljamo konceptualno-praktične osnove, za raziskovanje tehničnih dejavnosti v vrtcu (s poudarkom na obdobju od 3. do 6. leta starosti). Nazadnje izpostavljamo tudi pomen ustvarjalnega vzdušja in alternativno vlogo vzgojitelja pri spremljanju dosežkov v vrtcu.

Trstenjak (1981) ugotavlja, da ni vsako človeško delovanje tudi produktivno in ni vsak izdelek oz. produkt tudi izviren in uporaben. Preoblikovanje obstoječega v novo obliko ali nov proizvod je pravzaprav reprodukcija ("poustvarjanje") že obstoječega, kar v nekem smislu pomeni, da vendarle ne gre vedno za izumljanje novega oz. delovanje ni nujno ustvarjalno v smislu odkrivanja novega. Okvirno opredelitev človekovih dejavnosti na področju ustvarjanja avtor razčlenjuje v shemi:

Delovanje:

- neproduktivno (zgolj funkcionalno)
- produktivno (z učinkom)
- poustvarjalno
- ustvarjalno

- znanstveno (problemi; odpiranje)
- tehnično (cilji; reševanje)
- umetniško (vzmeti; upodabljanje).

Prepletanje znanstvenega, tehničnega in umetniškega področja je posledica človeškega delovanja in ustvarjanja skozi zgodovino. Želja po ustvarjanju in iskanju ter izumljanju novega je ves čas prisotna, saj družba in okolje silita h konstantnemu razvoju in napredku. Trstenjak (1981) prikazuje razvoj posameznika kot tehnika na začetku kot preprostega delavca, ki je za potrebe delovnih opravil nadgrajeval in popravljal svoje orodje. Iznajdljivost je v večji ali manjši meri uporabljal v smislu izboljšav svojega orodja in za namen učinkovitosti pri delovnih opravilih. Nekateri primerki ročnih popravil in izboljšav orodij še danes kažejo na neverjetne umske rešitve in so izumi, ki zaradi čisto praktične namembnosti niso potrebovali priznanj in zaščite v patentiranju. Od praktičnih in edinstvenih ročnih konstrukcij sta tehnika in tehnologija pridobivali nove razsežnosti. Iznajdljivost kot lastnost ustvarjalnosti je torej tista, ki je privedla do znanosti in tehnike. Danes obrtnika in orodje povečini zamenjujejo tehnološko dovršeni stroji. Iznajditelj na najvišji ravni elektronike mora danes uporabljati izsledke znanosti in tako se njegovo delo tesno povezuje z delom znanstvenika.

Da je iznajditeljstvo v tem pogledu bistveno kot podlaga za razumevanje tehniške ustvarjalnosti, je razvidno v tem zapisu: "Tehnika se je razvila iz obrti, ta pa iz dela. Danes je seveda tako, da večina iznajdb sloni že na prejšnjih izsledkih znanosti in tehnike. Saj moramo celo reči: tehnika je hčerka znanosti (seveda naravoslovne). Tehnika je tako rekoč materializacija in mehanizacija znanstvene misli." (Trstenjak, 1981, str.198) Tehniško ustvarjalnost v današnji civilizaciji avtor označuje že kot "posledico in posebno panogo znanstvene ustvarjalnosti"(prav tam).

Pečjak (2013) o iznajdbah povzema, da je glavno merilo iznajdb uporabnost. Predstavljena novost mora biti uporabna, medtem ko njeno koristnost dokazuje trg. Merila za ustvarjalnost v primerjavi različnih avtorjev združi v tri bistvena in še danes aktualna, to so: izvirnost (originalnost), prožnost (fleksibilnost) in gibkost (fluentnost), velikokrat pa je dodana tudi uporabnost.

Prepoznavanje in opredeljevanje tehniške ustvarjalnosti v predšolskem obdobju se v neki meri povezuje s širšim vidikom, njeno umestitev pa iščemo v raziskovanju, ki temelji na teoretičnih in izvedbenih smernicah, določenih v Kurikulumu za vrtce.

Kurikulum za vrtce (1999) vključuje dejavnosti, ki so razvrščene v šest področij, in sicer: gibanje, jezik, umetnost, družba, narava in matematika. Zapisano je, da vzgojitelji na ravni izvedbenega kurikuluma, predlagane vsebine in dejavnosti na različne načine povezujejo, dograjujejo in dopolnjujejo. V tem procesu so jim v pomoč priročniki, ki jim predlagajo metodične in didaktične primere zaposlitev, za vse pomembne faze vzgojnega dela (načrtovanje, vzgojno delo, opazovanje, evalvacija).

Kroflič (2001) v priročniku h Kurikulumu za vrtce opozarja, da je v procesu operativnega načrtovanja, izvedbe in evalvacije glede na predmetno opredeljene cilje in dejavnosti treba upoštevati temeljna skupna načela, ki so zapisana v prvem delu kurikula, in iz njih izhajati: "Obstaja velika nevarnost zdrsa vzgojno-izobraževalne dejavnosti v vrtcu v >pošolane< oblike komunikacije in učenja." (str.15) Predlaga, da se temeljna skupna načela razumejo kot vodilo, cilji in dejavnosti pa kot dodatna pomoč pri načrtovanju konkretnih dejavnosti. Te naj bi po

splošnem načelu uravnoteženosti čim bolj enakovredno zajele vsa področja otrokovega razvoja.

Tu povzemamo iz načela uravnoteženosti za uresničevanje ciljev, kot ga predstavlja Kurikulum za vrtce (1999, str. 6-7):

- »upošteva se uravnoteženost med otrokovimi razvojnimi značilnostmi na eni in kurikulum na drugi strani;
- uravnoteženost med različnimi vidiki otrokovega telesnega in duševnega razvoja ter posameznimi področji dejavnosti v vrtcu;
- načelo se nujno dopolnjuje z načelom izbire in drugačnosti (kurikulum oz. vzgojitelji naj zagotavljajo aktivnosti z vseh področij dejavnosti, spodbujajo vse vidike otrokovega razvoja, aktivno spodbujajo in odpirajo pravico do izbire in drugačnosti ter možnost za poglobljen razvoj določenega vidika oz. področja);
- upošteva se uravnoteženost med racionalnim pristopom same vede in pristopom zgodovine znanosti in epistemologije ter med univerzalnostjo in relativizmom posamezne vede (osnovne ideje, koncepte in izkušnje naj se otrokom podaja skozi prizmo razvoja in zgodovine in s tem sistematično razvija občutljivost za problem in zavest o različnih možnih odgovorih nanje)«.

Tehnika in tehnologija se torej v vzgojno-izobraževalnem programu prepletata med vsebinami, cilji in primeri dejavnosti za posamezna področja. V literaturi redko zasledimo avtorje, ki bi v povezavi s kurikulum ločeno obravnavali in opredeljevali področje tehnike in tehnologije za predšolsko obdobje. Papotnik (2005, str. 61) v analizi kurikula za vrtce z vidika prisotnosti tehnike in tehnologije (delovno-tehnične vzgoje) prepoznava in povzema glede na predpostavke in zakonitosti kurikula tole:

- »posamezna razvojna področja so med seboj prepletana in povezana z različnimi psihičnimi funkcijami; otrok zaznava, doživlja in spoznava sebe, svet okoli sebe, različne odnose s čustvenega, intuitivnega, socialnega, spoznavnega vidika;
- predšolsko vzgojo je treba razumeti kot pomembno zaradi same sebe (potrebna je izraba vsakega razvojnega obdobja takega, kot je) in kot pripravo na naslednjo stopnjo vzgoje in izobraževanja;
- učenje predšolskega otroka temelji na neposredni aktivnosti s predmeti in pridobivanju konkretnih izkušenj z ljudmi, stvarmi, razmisleku o dejavnostih ter oblikovanju predstav in predpojmovnih struktur na osnovi prvih generalizacij, na notranji motivaciji in reševanju konkretnih problemov ter pridobivanju socialnih izkušenj«.

V iskanju konceptualno formalne kakor tudi praktično-izvedbeni ravni avtor (prav tam) izpostavlja izzive v povezavi s področjem tehnike in tehnologije ter naravoslovja. Pri tem upošteva nujnosti, ki se postavljajo v didaktično-praktičnih usmeritvah za načrtovanje in izvajanje v vrtcih. Za ta namen izpostavlja, da se prav gotovo največ možnosti za preplet področij na izvedbeni ravni kurikula (tudi prikritega kurikulumu) najde v okviru narave, kjer so zapisani globalni in konkretni cilji, prepoznani kot cilji tehnike in tehnologije.

Posamezne cilje iz Kurikuluma za vrtce (1999), ki se navezujejo na področje tehnične vzgoje predšolskih otrok, je treba poiskati v prepletu področij, ki se ločeno obravnavajo v kurikulumu. Tehnične dejavnosti v vrtcu so glede na vsebine in cilje povezane z vsemi področji dejavnosti, še najbolj izrazito pa se dejavnosti povezujejo z umetnostjo, naravo in matematiko. Papotnik

(2005) povzema globalne cilje in cilje, ki se nanašajo na tehniko in tehnologijo in so s področja narave.

Globalni cilji, ki se nanašajo na področje tehnike in tehnologije in so s področja narave (iz Kurikuluma za vrtce, 1999, str. 36):

- spoznavanje snovi, prostora, časa, zvoka in svetlobe;
- spoznavanje tehničnih predmetov in razvijanje spretnosti na področju tehnike in tehnologije;
- spodbujanje različnih pristopov k spoznavanju narave.

Cilji, ki se nanašajo na tehniko in tehnologijo in so s področja narave (iz Kurikuluma za vrtce, 1999, str. 37), in sicer »otrok naj:

- spozna, da ima urejanje prostora in lega predmetov določen namen;
- odkriva različna gibanja glede na trajanje in glede na hitrost;
- spozna, kaj gibanje povzroča in kaj gibanje vzdržuje;
- odkriva in spozna lastnosti teles (predmetov);
- odkriva lastnosti zraka;
- prepozna, posnema in uporablja tehnične predmete in procese ter spozna njihov namen in pomen;
- se uri v različnih tehničnih opravilih in razvija tehnično ustvarjalnost;
- razvija predstavo o nastajanju odpadkov in pomenu ter možnostih predelave;
- spozna delovni proces in razvija primeren odnos do dela in organizacijske sposobnosti.

V analizi kurikula povzemamo cilje s področja umetnosti, ki se povezujejo in nanašajo na tehniko in tehnologijo. (Kurikulum, 1999, str.23–24), kjer »otrok naj ima možnosti, da:

- razvija umetniško predstavljivost in domišljijo z zamišljanjem in ustvarjanjem;
- neguje in razvija individualne ustvarjalne potenciale v fazah doživljanja, zamišljanja, izražanja, komuniciranja in uveljavljanja na področju umetniških dejavnosti;
- odkriva in neguje specifične umetniške sposobnosti in nadarjenosti;
- razvija prostorske, časovne, vizualne, slušne in telesne predstave;
- razvija sposobnosti umetniškega izražanja čutnega, čustvenega, miselnega, estetskega in vrednostnega doživljanja;
- uporablja in razvija spretnosti, tako da spozna, raziskuje, eksperimentira z umetniškimi sredstvi (s telesom, glasom, materiali, predmeti, instrumenti, tehnikami in tehnologijami) in njihovimi izraznimi lastnostmi;
- je deležen spodbud splošne ustvarjalnosti pri pripravi, organizaciji in uporabi sredstev in prostora.«

Primeri dejavnosti za otroke v starosti od 1. do 6. leta so v vzgojno-izobraževalnem programu razdeljeni v dve skupini, predstavljajo pa tudi nekatere vsebine, ki se povezujejo s tehniko in tehnologijo. Tehnične dejavnosti so sicer vpletene med vsa področja dejavnosti v kurikulumu, povzemamo pa s področja narave in umetnosti za drugo starostno skupino (od 3. do 6. leta), kjer so ti primeri dejavnosti najbolj prisotni (Kurikulum, 1999).

Primeri likovnih in oblikovalnih dejavnosti, ki se povezujejo s tehniko in tehnologijo: (str. 27–28), kjer »Otrok:

- se igra, zamišlja, oblikuje, ustvarja, se izraža, komunicira z risbo, grafiko, sliko, lepljenko, plastiko, konstrukcijo, predmetom, prostorom;
- opazuje vizualne značilnosti predmetov, objektov, delov, procesov in dogodkov (obliko, barvo, svetlost, smeri, prostorske in velikostne odnose);
- tipa, boža, gnete, mečka površine, materiale in oblike;
- riše, modelira, sestavlja, oblikuje tudi drobnejše oblike, detajle, vzorce ipd.;
- uporablja različne tehnike za risanje, slikanje, tiskanje, lepljenje, konstruiranje, modeliranje, oblikovanje in mnoge različne umetniške, naravne in umetne materiale;
- iste teme in motive upodablja v dveh in treh dimenzijah;
- iste teme in motive upodablja z glino in različnimi materiali;
- zamišlja, izbira in oblikuje lutke, prvine kostuma in scene;
- oblikuje okrasne in uporabne stvari.

Primeri glasbenih dejavnosti, ki se povezujejo s tehniko in tehnologijo (str. 28), kjer »Otrok:

- izdeluje enostavna zvočila in glasbila in igra nanje;
- sodeluje pri glasbenih didaktičnih igrah.

Primeri AV-medijske dejavnosti, ki se povezujejo s tehniko in tehnologijo (str. 30), kjer »Otrok:

- snema s fotoaparatom, videokamero, kasetofonom in razlikuje sredstva za snemanje in predvajanje gibljivih in statičnih slik ter zvoka;
- fotografijo reže in sestavlja v nove prizore (tvori nove vsebine in likovne kompozicije), jo umetniško dopolnjuje in uporablja za izdelavo scenarija v obliki stripa.

Primeri dejavnosti iz področja narave, ki se povezujejo s tehniko in tehnologijo (str. 40–42), kjer »Otrok:

- ugotavlja, kaj gibanje povzroči in vzdržuje (avto potrebuje gorivo, avtomobilček poganja vzmet, človek potrebuje hrano, vodni mlinček poganja vodni tok idr.);
- sodeluje pri oblikovanju in urejanju prostora in v njem ureja predmete in drugo;
- se igra s konstrukcijskimi zbirkami, razstavljivimi igračkami (razstavlja in sestavlja);
- oblikuje iz testa, plastelina, gline, plete košarice, papirnate kite, tke, zloga mozaik itd.;
- spoznava različne materiale in jih primerja med seboj (npr. usnje, les, kamen, kovine, plastika);
- se igra z elastiko, zvija žico ipd. in ugotavlja lastnosti (elastičnost, plastičnost, trdoto idr.);
- se igra s tehničnimi predmeti;
- uporablja različne materiale in orodja;
- izdeluje mlinčke in ladjice;
- se igra in oblikuje z mivko in vodo;
- izdeluje enostavna glasbila;
- sodeluje pri ločenem zbiranju odpadkov ali ponovni uporabi (uporaba embalaže) ali predelavi (izdelovanje papirja) – reciklira.

Papotnik (2005) za predšolsko obdobje predvideva konceptualne razsežnosti tehnike in tehnologije (delovno-tehnične vzgoje). V prikazanem miselnem vzorcu predstavlja kategorije, sestavine in elemente, vpeljane kot pripomoček za načrtovanje in izvedbo ter evalvacijo

tehničnih dejavnosti na predšolski stopnji. V okviru ustvarjalnega delovnega procesa z opredeljenimi cilji tehnike in tehnologije v predšolskem obdobju je treba upoštevati različne vidike, ki jih avtor razvrsti v tri kategorije (prav tam, str. 57):

1. Specialnodidaktični vidiki:

- upoštevajo se: cilji tehnike in tehnologije za to obdobje; sestava vsebine izbranega področja; osnovna oprema, orodja in naprave za zgodnje uvajanje v tehniko; artikulacija dejavnosti; koncepti in modeli oziroma strategije vzgojno-izobraževalnega dela.

2. Pedagoškopsihološki vidiki:

- upoštevajo se metode in sredstva vzgoje; razvojne in starostne stopnje; razvijanje sposobnosti.

3. Tehniški, tehnološki, fizikalni, ergonomski, oblikovni, organizacijski in ekonomski vidiki:

- tehnični: upošteva se delovni način, postopek, poznavanje in obvladovanje pripomočkov za doseg postavljenega cilja ter celota delovnih sredstev in metod, s katerimi se obvladujejo naravni zakoni in katere izkoriščajo naravne dobrine;
- tehnološki: upošteva se tehnologija kot veda o sredstvih in načinu predelave surovin v izdelek (npr. mehanska tehnologija, tehnologija lesa);
- fizikalni: upošteva se fiziko kot vedo o zgradbi in vedenju nežive narave, snovi, ki jo sestavljajo, in procesov med različnimi stanji;
- ergonomski: upošteva se ergonomijo kot vedo o prilagoditvi človeka na delovne razmere (veda združuje tehniška, medicinska, pa tudi socialna in ekološka spoznanja);
- oblikovni: upošteva se oblika-design, ki pomeni industrijsko oblikovanje in je oznaka za industrijsko ali umsko oblikovanje, vzorec, osnutek;
- organizacijski: upošteva se skladno in smotrno povezovanje v urejeno celoto;
- ekonomski: upošteva se ekonomija kot veda o gospodarstvu, ki predvideva ekonomičnost in načelo gospodarjenja, ki zahteva da se ustvari določen rezultat z najmanjšo porabo elementov produkcijskega procesa (materiala, sredstev za delo in delovne sile).

Strategije (zvrsti) vzgojno-izobraževalnega dela pri zgodnjem učenju tehnike in tehnologije označujejo prevladujočo usmerjenost učnega procesa. Poudarki so lahko na pridobivanju osnovnih vedenj in znanj, na pridobivanju izkušenj in na pridobivanju spretnosti in delovnih navad. Usmerjenost je odvisna od:

- zahtevnosti vsebin,
- ciljev,
- sodelovanja otrok,
- starostne in razvojne stopnje otrok,
- razumevanja “minimalne strokovne kompetence vzgojitelja” pri upoštevanju kurikula za vrtce,
- kakovosti usposobljenosti kadra,
- ustvarjalne klime v vrtcu in zunaj njega,
- povezanost teorije in prakse.

Primeri strategij vzgojno-izobraževalnega dela so: delovna naloga, konstrukcijska naloga in projektna naloga (Papotnik, 2005). Papotnik (2005) v predstavitvi konceptualnih razsežnosti

tehnike in tehnologije v predšolskem obdobju izpostavi tri etapne cilje, v katerih predstavlja cilje za njihovo uresničevanje (str.58):

- spoznavanje materialov in obdelovalnih tehnik:
 - odkrivanje in ugotavljanje namena in pomena tipičnih predmetov, pojavov in procesov;
 - poustvarjanje in ustvarjanje iz različnih materialov: papir, karton, lepenke, različne vrste embalaže, les, usnje, furnir, žica plastični materiali itd.;
 - oblikovanje in preoblikovanje predmetov, maket, modelov in projektov iz različnih materialov;
 - razvijanje tehničnih ustvarjalnih zmožnosti in sposobnosti;
- spoznavanje in uporaba orodja in naprav:
 - preizkušanje, urjenje in utrjevanje različnih tehnoloških operacij: rezanje, žaganje, pribijanje, prebijanje, sestavljanje, šivanje, lepljenje, barvanje, preizkušanje funkcionalnosti itd.;
 - oblikovanje pravih spretnosti in delovnih navad, ob ergonomsko pravilno urejenem in varnem delovnem mestu;
- konstruiranje, razvijanje spretnosti in ustvarjalnih sposobnosti:
 - pridobivanje tehnično-fizikalnih znanj in izkušenj pri konstruiranju s sestavljanjkami;
 - razvijanje sposobnosti za ustvarjalnost in konstruktorstvo;
 - razumevanje pomena in funkcije nekaterih strojnih delov in razumevanje pojmov pri dejavnosti konstruiranja s sestavljanjkami.

Z uresničevanjem predstavljenih etapnih ciljev v predšolskem obdobju otroke usmerjamo k različnim tehničnim dejavnostim. Papotnik (2005, str. 58–59) navaja te usmeritve za dejavnosti iz področja tehnike in tehnologije:

- ugotavljanje: otroci ugotavljajo, primerjajo in razlikujejo objekte, vozila, stroje, orodje in pripomočke, ki jih srečujejo in videvajo v svojem okolju;
- preizkušanje: otroci se urijo v različnih tehnoloških opravilih in si oblikujejo pravilne spretnosti in delovne navade;
- sestavljanje: otroci z gradniki različnih sestavljanjk sestavljajo objekte, makete in modele in pri tem odkrivajo osnovne tehnične funkcije, s sestavljanjem si pridobivajo tehnično-fizikalna znanja in razvijajo sposobnosti za konstruktorstvo in inovatorstvo;
- razstavljanje: otroci sestavljene objekte, makete in modele razstavljajo in oblikujejo pravih odnos do ustvarjalnega dela, razvijajo čut za odgovornost, natančnost in red in sposobnosti pri odkrivanju in reševanju problemskih situacij;
- gradnja: otroci z oblikovanjem in preoblikovanjem gradijo iz različnih materialov in s tem razvijajo tehnične ustvarjalne zmožnosti in sposobnosti;
- primerjanje: otroci primerjajo in razlikujejo objekte, vozila, stroje, orodja in pripomočke, ki jih srečujejo v svojem okolju;
- vrednotenje: otroci dojemajo in vrednotijo tehniške odnose in določajo objektivna merila za ovrednotenje svojih skic, risb, izdelkov, modelov, maket in projektov.

Med kurikularnimi cilji in primeri dejavnosti za področje tehnike in tehnologije je razvidno, da otroci v vrtcu spoznavajo in ustvarjajo iz različnih materialov ter pri tem uporabljajo različne pripomočke in orodja. Bolj podrobne usmeritve in cilje za posamezne tehnične dejavnosti, ki

vključujejo uporabo različnih materialov, delovnih orodij in pripomočkov, najdemo in povzemamo iz priročnikov za tehnično vzgojo v predšolskem obdobju.

Fošnarič (2005) predvideva tehnični kotiček kot ergonomsko urejen in prilagojen del notranjega prostora v igralnici. Takšen prostor otrokom omogoča, da ustrezajo svoji želji po ustvarjanju, gradnji, poskušanju, konstruiranju, analiziranju ter ustreza namenu, da otroci razvijajo spretnosti in navade na področju tehnike in tehnologije. V tehniškem kotičku se nahajajo konstrukcijske zbirke, materiali, ki jih otroci lahko sami naberejo na sprehodih in izletih (plodovi, kamenčki), materiali, ki jih v naravi ne najdemo (žice, papir, vrvi, pločevina, razni odpadni materiali, leseni odpadki ipd.), in ne nazadnje ustrezne zbirke delovnih orodij in pripomočkov. Zbirke so posebej prilagojene specifikam ustvarjalnega tehničnega procesa za otroke v vrtcu. Izbrana orodja morajo ustrezati razvojni in starostni stopnji otrok ter varnostnim skladom, ki so določena za vzgojno-izobraževalne ustanove. Ergonomski vidik predvideva tudi ustrezno pohištvo, mize, omarice za shranjevanje orodij in materialov, ki kot elementi ustrezajo predpisom in normativom.

Za namen raziskovanja tehniške ustvarjalnosti izpostavljam uporabo izbranih materialov, in sicer različne vrste papirja, glino, les, kovine, umetne mase, blago ter naravne materiale. Iz literature povzemamo nekaj bistvenih značilnosti in lastnosti izbranih materialov, ki zaradi svoje široke uporabnosti ustrezajo smernicam za razvoj tehniške ustvarjalnosti v predšolskem obdobju. Glino kot materialu dodajamo večjo pozornost.

- Različne vrste papirja
 - pogosto uporabljen material za ustvarjanje raznovrstnih izdelkov;
 - ločimo papir, karton in lepenko, ki se med seboj razlikujejo po debelini, plastnosti, teži in kakovosti;
 - osnovna surovina za izdelavo papirja, kartona in lepenke so naravne vlaknate snovi (bombažna, lanena, konoplina, lesna in celulozna vlakna);
 - vrste papirja se delijo glede na sestavo osnovne mase, glede na lastnosti in način proizvodnje, glede na kakovost, barvo, površinsko obdelavo in včasih celo po geografskem izvoru (npr. japonski papir);
 - papir bolj ali manj vpija vlago, hitreje ali počasneje gori, ga lažje ali težje mečkamo, režemo, trgamo, upogibamo in zvijamo;
 - za namen lepšega trganja, rezanja ali upogibanja se opazuje in uporablja vzdolžna smer/lega vlakenc; za namen zvijanja in raztezanja papirja se opazuje in upošteva prečna smer vlakenc (Papotnik, 1988, str. 139–144).
- Les
 - je naraven in pogosto gradbeni material ter hkrati pomembna surovina za proizvodnjo celuloze, papirja, kemičnih celuloznih vlaken, celuloznih plastičnih mas itd.;
 - ima izjemne estetske lastnosti, ki mu jih daje njegova struktura;
 - naravno lesno gradivo se običajno deli na neobdelan in obdelan les;
 - pri uporabi in obdelavi za namen tehničnih dejavnosti se upoštevajo osnovne tehnične lastnosti lesa (fizikalne, mehanske in estetske lastnosti);
 - v fizikalnih lastnostih se za uporabo upošteva vlaga lesa, delovanje lesa (krčenje, krivljenje), teža in trajnost lesa na zraku;

- v mehanskih lastnostih se za uporabo upošteva trdota, trdnost, prožnost in žilavost posamezne vrste lesa;
- v estetskih lastnostih se za uporabo upošteva barva, vonj in tekstura posamezne vrste lesa (Papotnik, 1988, str. 147–156).

- Umetne snovi
 - so snovi, ki jih sestavljajo velike organske molekule (makromolekule), katere so kemiki spremenili v razporedu in tako pridobili snov zelenih odpornosti, ki je boljša od naravnih snovi (npr. celulozoid, nitroceluloza, klorkavčuk ipd.);
 - osnovne surovine umetnih mas so nafta, plin in premog;
 - glede na način proizvodnje plastičnih snovi se pridobivajo termoplasti, duroplasti in elasti/elastomeri;
 - plastične snovi imajo mnogo uporabnih lastnosti, recimo specifično težo, preprosto oblikovanje, odpornost proti številnim jedkim kemikalijam, preprosto barvanje, lep videz, odlične izolacijske sposobnosti itd.;
 - ekspanziran polistiren (stiropor) se kot umetna masa pogosto uporablja v vrtcih in šolah predvsem zaradi svojih obdelovalnih lastnosti (Papotnik, 1988, str. 176–178).

- Kovine
 - kot material so že dolgo v uporabi, predvsem so bile namenjene za izdelovanje orodja, orožja, zaponk, zapestnic in mnogih drugih predmetov;
 - od znanih 70 kovin se v tehniki danes uporablja približno 30 kovin;
 - delimo jih v dve skupini, in sicer v železne kovine (železo in vse njegove zlitine) ter barvaste kovine, ki se delijo v težke, lahke, redke in plemenite kovine;
 - v predšolskem obdobju se uporabljajo predvsem različne vrste žic (Papotnik, 1988, str. 181–188).

Glina

Glina je lepljiva in plastična drobnozrnata usedlinska snov. Nastala je kot posledica razpadanja feldspatskih kamnin. Minerale, ki vsebujejo velike količine aluminijevega oksida in silicija, imenujemo glinenci (feldspati). Suha glina vsrka vodo in tako postane gnetljiva. Izkopano glino mešajo z vodo, nato jo filtrirajo v gosto maso in temeljito pregnetejo v gnetilnih strojih. Glina se pri sušenju krči in spreminja obliko. Pri višjih temperaturah izgubi kemično vezano vodo, otrdi in postane netopna (Čadež, 1983). Gline delimo na:

- primarne gline: najdemo jih na kraju nastanka, so dokaj čiste, brez primesi in neplastične (kaolin, bentonit) in
- sekundarne gline: najdemo jih v dolinah, kamor so jih s prvotnih nahajališč prinesli vetrovi in voda; navadno so bogate z železovim oksidom in vsebujejo veliko različnih anorganskih in organskih primesi; odlikuje jih velika plastičnost (Bizjak, 2013, str. 9).

Vrste gline glede na njene naravne primesi (Čadež, 1983, str.9):

- kaolin (osnova za izdelavo porcelana, najčistejša sestava),
- fajansa (glina, ki je zelo odporna proti ognju),
- lončarska glina (uporablja se v lončarstvu),
- opekarska glina (uporablja se za izdelovanje opeke in strešnikov),

- laporna glina (uporablja se pri izdelavi cementa),
- boksitna glina (uporablja se pri izdelavi aluminija in posebnih ognja varnih opek),
- šamotna glina (glina, ki je odporna proti visokim temperaturam, uporablja se v različne industrijske namene),
- umetne glin (pripravljajo jo v tovarnah, uporablja se za fino keramiko).

Beseda keramika izhaja iz grške besede keramos. Prvotno je beseda označevala glino in glinaste posode. Obvladovanje keramične tehnologije je znano že iz starih kultur. Oblikovanje keramike je torej ustvarjalna dejavnost, ki zahteva poznavanje tehnologije. Glinene izdelke je treba na zraku posušiti, nato pa žgati na visokih temperaturah v keramični peči. Glina postane trša in odporna, tako dobimo keramiko (Čadež, 1983).

Keramika se deli glede na uporabnost (groba in fina keramika), na temperaturo žganja, glede na strukturo materiala (tradicionalna/navadna ter nova/moderna keramika) in glede na vrsto glin, primesi in tehnološke obdelave (terakota, majolika, bela prst, kamenine, porcelan).

Kiparstvo kot likovna dejavnost je širše obravnavana v priročniku h kurikulumu. Vrlič (2001) navaja, da je glina najprimernejši gnetljivi material za kiparstvo v vrtcu. Kot material ga ne nadomeščamo z drugimi gnetljivimi materiali (slano testo, plastelin). Slano testo je primerno za otroke do 2. ali 3. leta starosti, dokler otroci le gnetejo in drobijo. Glina se ponudi takoj, ko otroci pokažejo interes, da želijo z materialom nekaj ustvariti. Plastelin kot material je količinsko omejen, je trd in se ročnemu delu upira. Otroke prej vodi k barvnemu kot plastičnemu izražanju, saj je ponavadi različnih barv. Otrokom med 3. in 6. letom se ob dejavnosti z glino ponudi tudi orodje za modeliranje in žica za rezanje glin. Glina naj bo otrokom v vrtcu vedno na voljo za igro in delo, priprava prostora in izvedba dejavnosti z njo je enostavna. Material se hrani v dobro zaprtih plastičnih ali kovinskih posodah.

Pečjak (2013) ugotavlja, da je za dvig ustvarjalnosti in iznajditeljstva pomembno družbeno okolje in ozračje, ki ju spodbuja in odstranjuje zapreke, ki ju ovirajo. V ustvarjalni skupini je pomembno sodelovanje in iskanje vezi med posamezniki, v njej potekajo ustvarjalni pogovori. Takšne skupine prispevajo k razvoju strpnosti, kar je pogoj za kvalitetno sporazumevanje in razumevanje posameznikov v ožjem in širšem družbenem okolju.

Kovačeva (2003) v opredelitvi ustvarjalnosti izpostavlja, da so poleg ustvarjalnih modelov za razvoj ustvarjalnosti pomembni tudi:

- ustrezna klima,
- demokratični odnosi,
- spodbudno materialno okolje (zadostna količina materiala, sredstev in možnosti za raziskovanje in eksperimentiranje) in
- možnosti pridobivanja različnih izkušenj in bogatega doživljanja.

“Okolje mora zagotoviti tudi ustrezno varnost, da si otrok izoblikuje dobro samopodobo in se pogumno sooča z izzivi, konflikti in problemi, ki ga vabijo k reševanju in ustvarjanju.” (prav tam).

Pri tehničnih ustvarjalnih dejavnostih v vrtcu se poudarja ustvarjalni proces in ne rezultat. Papotnik (2005) izpostavlja, da izdelek ni namen, temveč sredstvo za oblikovanje ustvarjalne in celovite osebnosti. Sutherland (2015) za področje prepoznavanja nadarjenosti v zgodnjem otroštvu raziskuje možnosti za opazovanje in ocenjevanje dosežkov otrok v vrtcu (s

poudarkom na starostni skupini otrok, ki so pred vstopom v šolo). Pri tem predlaga premik od t. i. ljudskega modela ocenjevanja k alternativnemu modelu ocenjevanju. Od običajnega spremljanja in preverjanja, kjer vzgojitelj ponavadi pripravi in oceni seznam spretnosti oziroma nalog, ki jih otroci usvojijo, se lahko po mnenju avtorice dodaja ocenjevanje, in sicer v smeri tega seznama opazovanja:

Vzgojitelj v predšolskem obdobju (Sutherland, 2015, str. 35):

- ugotovi, kaj otroci že vedo, razumejo in zmorejo;
- se z otroki pogovori o tem, kateri so učni cilji pri določeni dejavnosti;
- se z otroki pogovori o tem, kaj jim je šlo dobro in na čem morajo še delati, ter o tem, čemu lahko pripišejo napredek;
- dovoli otrokom, da delajo preizkuse z razpoložljivimi sredstvi;
- je pozoren na to, kako vztrajni so otroci;
- spodbuja otroke, da izražajo svoja mnenja in čustva.

Sposobnosti, ki jih vzgojitelj opazuje preko alternativnega modela ocenjevanja, so po mnenju avtorice (prav tam) trdna podlaga za učenje skozi vse življenje in ne le seznam, ki kaže na obvladovanje določene spretnosti. Če vzgojitelj izhaja iz domneve, da pri učenju ne gre samo za končni cilj, temveč za raznolikost končnih ciljev, to pomeni: "...da so končni cilji sestavljeni iz številnih sposobnosti, pri katerih noben dejavnik ni pomembnejši od drugih – postopek je prav tako pomemben kot rezultat." (str.36).

Formalno opazovanje otrok v predšolskem obdobju vzgojiteljem pri vsaki dejavnosti narekujejo nacionalni dokumenti, ki postavljajo jasno oblikovane cilje. Pri zelo natančno določenih ciljeh se pojavljajo tudi pričakovani rezultati, ki pa vendarle lahko vodijo v to, da vzgojitelj spregleda sam proces učenja. Poleg tega z opazovanjem dejavnosti in učenja otrok v vrtcu vzgojitelj kot strokovni delavec opazuje in spremlja tudi lastna dejanja in odzive (prav tam, str. 37).

Avtorica (prav tam) za namen spremljanja dosežkov v predšolskem obdobju v praksi predlaga list s "seznamom dosežkov" iz posameznih področij, ki vzgojitelju omogoča zbiranje informacij pri sestavljanju končne "celostne podobe":

Seznam dosežkov glede na naslednja področja:

- spraševanje,
- razumevanje,
- ustvarjalnost,
- logično razmišljanje,
- pomnjenje,
- delo z drugimi,
- tveganje.

Merjenje ustvarjalnosti

Za področje merjenja ustvarjalnosti izhajamo iz teoretičnih predpostavk, za katere smatramo, da izpostavljajo možnosti raziskovanja ustvarjalnosti v predšolskem obdobju. V tem delu raziskujemo in preučujemo predvsem porast (tehniške) ustvarjalnosti ob izvajanju tehničnih dejavnosti v vrtčevskih skupinah. Večina uveljavljenih merskih instrumentov upošteva divergenco v mišljenju, zato povzemamo nekatere značilnosti v razvoju mišljenja predšolskega

otroka, predstavljamo pa tudi alternativne poglede na razvoj mišljenja. Pomembno je razumevanje in poznavanje nekaterih značilnosti v razvoju otroške risbe, saj uporabljeni merski inštrument vključuje risanje, na podlagi katerega se vrednotijo posamezne merske kategorije. Test ustvarjalnega mišljenja z risanjem (TCT-DP) predstavljamo večinoma na podlagi študija tuje literature, povzemamo pa tudi nekatere izsledke raziskav, iz katerih je razvidna uporabnost in veljavnost testiranja ustvarjalnosti z uporabo tega pripomočka.

Ustvarjalnosti ni mogoče meriti neposredno, merjenje ustvarjalnih sposobnosti pa predstavlja svojstven problem, namreč bistvo ustvarjalnih odgovorov je v tem, da jih ni mogoče vnaprej predvideti. Posredno je možno meriti nekatere sestavine ustvarjalnega mišljenja, npr. originalnost, prožnost in fluentnost. Tega se je med prvimi lotil psiholog Torrance, ki je s svojimi testi iskal tudi povezave med inteligentnostjo in ustvarjalnostjo. Ugotovil je, da povezanost ni zadostna in torej visoko inteligentni ljudje niso nujno tudi visoko ustvarjalni (Marentič Požarnik, 2000).

Pečjak (2013) o merjenju ustvarjalnosti zapiše, da ni enostavno, predvsem zato, ker ustvarjalnost ni enodimenzionalna lastnost, temveč sestoji iz več različno povezanih ali nepovezanih dejavnikov. Ob tem poudarja, da so ustvarjalnost nekdamerili s testi inteligentnosti, in opozarja, da je to neupravičeno. Oblikovanih je kar nekaj testov in ocenjevalnih lestvic, ki so v uporabi za raziskovanje ustvarjalnosti. Avtor (prav tam) na primer omenja Guilfordovo, Mckinnovo, Getzlovo in Jacksonovo ter Torrancevo lestvico. Dodaja tudi Urban-Jellenov test ustvarjalnosti.

V psihologiji morajo merske lestvice sicer ustrezati naslednjim kriterijem (Pečjak, 2013):

- kriteriju veljavnosti (morajo zares meriti to, kar naj bi merile);
- kriteriju zanesljivosti (ponovne uporabe morajo dati podobne rezultate);
- kriteriju objektivnosti (ne smejo meriti sodb in mnenja uporabnikov lestvice).

Novejša raziskava (Emīls, idr., 2000), ki vključuje merjenje ustvarjalnosti z uporabo testa ustvarjalnega mišljenja z risanjem (TCT-DP), predpostavlja, da je smotrno raziskovati tudi kazalce ustvarjalnega potenciala. Avtorji skozi analizo psiholoških raziskav utemeljujejo, da je smiselno razlikovati ustvarjalni potencial od izmerjenega/doseženega rezultata, kateri zahteva tudi določeno mero motivacije, osebne moči in znanja.

Večina tradicionalnih testov ustvarjalnosti podaja le kvantitativne informacije o zelo omejenih vidikih ustvarjalnosti. Zaradi pomanjkljivosti v teoretičnih postavkah, omejitvah v starosti in kulturni umestitvi, širši ekonomični uporabnosti, času reševanja in ne nazadnje pomanjkljivosti v usmerjenosti testov k merjenju inteligence sta nemška avtorja Urban in Jellen izoblikovala nov inštrument za merjenje ustvarjalnosti – Test ustvarjalnega mišljenja z risanjem (The Test For Creative Thinking-Drawing Production; Jellen in Urban, 1986). Ta merski pripomoček je bil ustvarjen kot poskus k predložitvi bolj celostnega, gestalt usmerjenega pristopa k prepoznavanju ustvarjalnosti. Upoštevala sta ne le divergentne in nekatere kvantitativne vidike, temveč tudi vidike kvalitativnega, na primer vsebino, gestalt, kompozicijo, izpopolnjenost. Poleg tega sta vpeljala sestavine izpostavljene v literaturi, na primer nekonvencionalnost, humor, čustva, preseganje okvirjev ipd. Test je primeren za različne starostne skupine, od 5 do 95 let starosti. Avtorja sta upoštevala uporabnost testa za raziskovanje pri otrocih in ga oblikovala kot kulturno nepristranskega. Izbrala sta postopek, ki

vključuje risanje, in tako omogočila raziskovanje ustvarjalnosti tudi v predšolskem obdobju. (Urban, 2005).

V starostnem obdobju od približno dveh do šestih let je otrokovo mišljenje na predoperativni stopnji. Značilen je razvoj simbolnih funkcij (npr. simbolna raba jezika, intuitivno reševanje problemov, domišljajska oz. simbolna igra, simbolno likovno izražanje ...), otroci pa razvijajo tudi različne predkoncepte oziroma predpojme (npr. količine, števila, prostora, časa, predmete in stvari razvrščajo in grupirajo ...). (Marjanovič Umek, 2001). Stopenjski razvoj mišljenja se po Piagetu razlaga skozi dva ključna procesa, to sta asimilacija in akomodacija. V procesu asimilacije gre za vključevanje posameznikovih zaznav novih izkušenj v obstoječo miselno strukturo (do določene točke). V procesu akomodacije pa mora posameznik že obstoječo miselno strukturo spremeniti in razumevanje preizkuša v novih situacijah. Zlasti pomembno je tudi stalno vzpostavljanje ravnotežja med obema procesoma (t. i. intelektualno ravnotežje), ki sta komplementarna. (Marjanovič Umek, 2008).

Papotnik (2005) za področje tehnike in tehnologije v predšolskem obdobju poudarja pomen procesa asimilacije in akomodacije. Zapiše:

"V teh fazah si otrok pridobiva vednosti in znanja o pojavih, procesih in pojmih s področja narave, tehnike in tehnologije ter se uri v naravoslovnih in tehničnih postopkih, kot so opazovanje, razvrščanje, urejanje, prirejanje, štetje, merjenje, preskušanje, skiciranje, načrtovanje, konstruiranje, izdelovanje, postavljanje hipotez, poročanje, povzemanje rezultatov, posploševanje itd."(str. 6)

Fric Jekovec (2015) za namen raziskovanja odnosa med ustvarjalnostjo in igralnim materialom v kontekstu simbolne igre povzema iz splošnih teorij ustvarjalnosti: "Otrok v zgodnjem otroštvu že uporablja miselne predstave in simbolne reprezentacije, ki so ključnega pomena za pojav ustvarjalnosti"(str. 34). Na podlagi ugotovitev, ki jih je predstavil Vygotsky (1967/2004), izpostavlja tudi pomen domišljije v ustvarjalnem procesu, za katero je značilno, da poraste v zgodnjem otroštvu. Nadalje na podlagi ugotovitev Runca (2011) povzema, da so otroci na predoperativni stopnji razvoja sposobni spontanega simbolnega mišljenja, za konceptualno ustvarjalno mišljenje pa so potrebne tudi druge sposobnosti, ki se razvijajo na višjih razvojnih stopnjah. Za razvoj ustvarjalnosti in igre sta pomembni divergentno mišljenje in sposobnost transformacije, ki se, kot pojasnjuje pozneje, razvijata tudi v povezavi s spoznavno-čustvenimi procesi v otrokovem mišljenju.

Tu povzemamo le nekaj bistvenih sestavin divergentnega mišljenja:

- originalnost; omogoča zmožnost iskanja novih, redkih, oddaljenih rešitev, kombiniranje idej na neponovljiv način in se kaže v težnji k fantastičnim, nemogočim rešitvam;
- fleksibilnost oziroma gibkost, prožnost; omogoča hitro spreminjanje zornega kota oziroma vidika reševanja ali hitro spreminjanje pristopa in strategije;
- fluentnost ali tekočnost in produktivnost; zagotavlja sposobnost hitrega produciranja idej (Marentič Požarnik, 2000, str. 91).

Alternativen pogled na razvoj mišljenja v predšolskem obdobju odpira avtorica Sutherland (2015, str. 60), ki za namen prepoznavanja in spodbujanja nadarjenosti povzema in predlaga napotke za vzgojitelje, ki želijo podpirati razvoj mišljenja pri otrocih (1) Socialni/Čustveni razvoj: Ali so otroci dovolj samozavestni, da se spopadajo z nejasnostmi in izražajo svoje poglede? (2) Motivacija in učne dispozicije: Ali so otroci dovolj vztrajni, da pri nalogi ne odnehajo in jo

pripeljejo do konca? (3) Spoznavni razvoj: Ali so otroci razvili sposobnost za razvrščanje, urejanje in klasificiranje na konkretni ravni? (4) Jezikovni razvoj: Ali so otroci pridobili jezikovne zmožnosti za razlaganje in utemeljevanje? Ali znajo pojasniti, zakaj so kaj storili na določen način, razpravljati o načrtih in odgovarjati na vprašanja, pri katerih odgovor ni vedno enak? (5) Razvoj ustvarjalnosti: Ali otroci pri tem, kar počnejo, kažejo visoko stopnjo domišljije? (6) Odzivi, ki dokazujejo razmišljanje: Ali znajo otroci postavljati vprašanja in izražati potrebo po tem, da izvejo več? Ali znajo biti do določene mere samokritični, znajo sprejemati predloge od drugih, se spopadati z nejasnostmi in se veseliti izzivov?

Otrok v primerjavi z odraslim, ki lahko manipulira s stvarnostjo in neznanim na najrazličnejše načine, nima vseh teh možnosti in izkušenj, zato: "...raziskuje vidni svet z gibanjem in ostalimi čuti, obenem pa riše. Riše hiše, skozi katere se vidi, dimnike, iz katerih se kadi ne glede na letni čas, pravokotna drevesa z ravnimi vejami, z različnih zornih kotov upodobljene predmete, figure v čudnih pozah itn." (Vrlič in Denac, 2001, str. 125).

Za likovno izražanje v predšolskem obdobju je treba upoštevati, da se otroci v tem obdobju izražajo na način, ki ga na svoji razvojni stopnji obvladajo in razumejo. Razvojne stopnje otrokovega likovnega izražanja si praviloma sledijo po enakem zaporedju ne glede na kulturno ali socialno okolje. Likovni izraz je del otrokovega spoznavnega razvoja in mu pomaga pri razumevanju kompleksnih zakonitosti prostora. V procesih, kjer otrok spoznava vizualni svet, ki ga obdaja, v njem prepozna nekatere zakonitosti prostora (oblike, barve, odnosi v prostoru) in vidnih pojavov ter si tako razvija vizualno mišljenje (prav tam).

Značilnosti otroške risbe se obravnavajo z različnih pogledov na razvoj likovnega izražanja. Izbiramo vidik, ki vključuje analizo likovnega izražanja s prepoznavanjem značilnosti v razvoju simbolnega izražanja z risanjem. Povzemamo (Marjanovič Umek in Fekonja Peklajc, 2008, str. 57–60) značilnosti, predstavljene za predshematsko stopnjo simbolnega risanja, ki je značilna za obdobje med 3. in 6. letom starosti. Tej stopnji sledi shematska stopnja, ki je značilna za otroke v starosti od 6. do 9. leta.

- Otroci sprva uporabljajo le nekaj grobih shem oziroma preprostih oblik, s katerimi ponazarjajo različne stvari:
 - iste predmete, ljudi, živali označujejo z različnimi oblikami in
 - različne predmete, ljudi, živali z enakimi oblikami.

Na primer: krožne linije lahko predstavljajo glavo, telo, oči, nos ali roko, prav tako pa lahko predstavljajo ljudi, živali, sonce, oblak, skodelico.

- Otroci na predshematski stopnji najpogosteje rišejo to, kar o stvareh vedo (intelektualni realizem), postopoma pa svoje risanje opirajo tudi na to, kar vidijo (vizualni realizem).
- Otroci iščejo rešitve za preslikavo zaznavnega in predstavnega prostora, ki ga ne zmorejo preslikati na risalno površino, zato pogosto uporabljajo t. i. rentgensko ali transparentno risanje:
 - riše stvari, ki v realnosti niso vidne;

Na primer: notranjost hiše prikaže tako, da se pohištvo vidi skozi zunanje stene;

- ne zmore prikazati nečesa, kar je skrito za bližnjim predmetom;

Na primer: človeka, ki stoji za drevesom, prikaže tako, da se vidi skozi drevesno deblo.

- Otroci na tej stopnji še ne zmorejo ustrezno prikazati odnosov med posameznimi elementi, zato so ti pogosto razporejeni po celotni risalni površini. Prikazovanje odnosov med predmeti in ljudmi temelji na topološkem sosedstvu, ko otrok dva ali več predmetov, ki so v določenem odnosu v resničnosti, nariše tako tudi na risbi, pri tem pa ne upošteva velikosti in sorazmernosti.
- Topološki prostor v otroški risbi vključuje nekatera načela, kakršna so:
 - načelo ločevanja: pri človeški figuri s črto loči glavo in trup;
 - načelo obkroževanja: obkroži usta, oči in nos, kar pomeni, da so znotraj glave; ali obkroži skupino narisanih otrok in pove, da so ti npr. v hiši, oni drugi pa so zunaj;
 - načelo reda: npr. na zgornjem delu risalne površine nariše sonce, na spodnjem delu travo in rožice.

- Najpogostejši element na otroški risbi je ne glede na kulturo, človek. V risanju človeške figure si sledijo tri razvojne stopnje: glavonožec, prehodna oblika in konvencionalna figura:
 - za glavonožca je značilno, da ima glavo, iz katere izhajajo noge, pogosto tudi roke, in nima trupa, ki bi bil ločen od glave;
 - prehodna oblika (med risanjem glavonožca in konvencionalne figure) se kaže v značilnih daljših nogah, ki še vedno izhajajo iz glave, vendar med njimi otrok nakaže tudi trup;

Na primer: roke nariše iz nog, s črto poveže noge med seboj, s pikami zapolni prostor med nogami ali med njimi nariše popek;

- razvojni mejnik pri risanju človeške figure predstavlja risanje trupa, ki je ločen od glave. Takšna človeška figura se značilno pojavlja pri otrocih med petim in šestim letom starosti. Otroci dodajajo človeški figuri vse več podrobnosti, npr. lase, obrvi, dlani, prste, čevlje, dele, s katerimi ponazorijo spol.
- Mlajši otroci (stari štiri, pet let) človeško figuro narišejo tako, da so njeni posamezni deli nesorazmerni, npr. glava je nesorazmerno velika glede na preostale dele telesa, ušesa so mnogo večja kot nos. Pozneje otroci vse pogosteje rišejo posamezne dele človeške figure, ki so v ustreznih (realnih) sorazmerjih.

- Na shematski stopnji otrok že razlikuje med oblikami, s katerimi ponazarja različne stvari. Prikazuje:
 - isti predmet z enako shemo;
 - različne predmete z različnimi shemami;

Sheme so vse bolj izdelane, prepozna se reprezentacija predmetov, oseb, živali in rastlin. V risbi niso več prikazani le posamezni predmeti, ljudje in živali, temveč odnosi med njimi, dogajanje, odnosi celotne situacije in dogodki.

- Risba na shematski stopnji je z vidika prostorske urejenosti ustrežnejša, otroci najpogosteje:
 - spodnjo linijo označijo kot npr. zeleno travo ali rjavo črto, na katero postavljajo različne elemente;
 - zgornjo linijo označijo npr. tako, da pobarvajo zgornji del lista modro ali pa narišejo oblake in sonce, ki ponazarjajo nebo.

- Otroci v približno četrtem letu starosti s počasnimi in manj natančnimi gibi tiskajo črke in številke, te pa so po navadi sestavljene iz več ločenih delov in najpogosteje kaotično razporejene po listu papirja.
- Otroci sorazmerno hitro urijo drobne gibe ter skladnost gibov rok in oči, zato v petem, šestem letu starosti nimajo nikakršnih težav s samim pisanjem različno velikih črk. Ob povezavi z glasovi (fonološko zavedanje) vse pogosteje črke združujejo v besede, ki jih več ne rišejo, temveč pišejo in berejo.

Iz priročnika h kurikulumu za vrtce (2001) v celoti povzemamo globalne cilje, ki narekujejo vlogo vzgojitelja pri načrtovanju dejavnosti in spodbujanju otrokovega razvoja na področju likovnega izražanja.

Pri likovnem delu na predšolski stopnji uresničujemo naslednje globalne cilje:

- “razvijamo in vzpodbujamo otrokovo naravno nagnjenje do likovnega izražanja in vzbujamo veselje do likovno ustvarjalnega igranja;
- razvijamo in krepimo otrokovo ustvarjalnost, iznajdljivost in samostojnost;
- seznanjamo otroke z likovnim jezikom, različnimi likovnimi izraznimi načini, likovnimi tehnikami, materiali, orodji in postopki ter jih usposabljammo za njihovo smotrno uporabo. Ob tem razvijamo delovne navade otrok;
- razvijamo osnove za vrednotenje likovnih stvaritev, razvijamo občutljivost za likovne kakovosti ter skrbimo za izgradnjo estetskega čuta pri otrocih;
- z estetsko urejenim okoljem vplivamo .na skladen razvoj otroka.” (Vrlič in Denac, 2001, str. 126).

“Namen in cilj likovnih dejavnosti na predšolski stopnji namreč ni likovni izdelek sam po sebi, ampak otrokov razvoj v procesu likovne dejavnosti.” (Vrlič in Denac, 2001, str. 126)

Test ustvarjalnega mišljenja z risanjem – TCT-DP (The Test For Creative-Thinking Drawing Production)

Nekatere značilnosti testa omenjamo že v okviru problematike merjenja ustvarjalnosti, predvsem teoretična izhodišča za oblikovanje merskega pripomočka, ki sta jih avtorja testa (Urban in Jellen; 1986) upoštevala oziroma nadgradila.

Urban (2005, str. 272–275) v prispevku o vrednotenju ustvarjalnosti predstavlja značilnosti v obliki in zgradbi predstavljenega merskega inštrumenta, ki jih ustrezno povzemamo (op. prevod iz angleškega jezika).

Predpostavke, ki jih pripomoček poskuša upoštevati so:

- uporabnost in primernost za različne starostne skupine;
- praktičnost in ustreznost, ki naj pripomore k prepoznavanju visokih in nizkih kreativnih potencialov, kot tudi zanemarjenih in slabo razvitih potencialov;
- enostavna in ekonomična uporaba, izvedba, točkovanje in interpretacija ter ekonomičnost v materialu in času;
- kulturna nepristranskost (str. 237).

Za namen spodbujanja ustvarjalnosti na podlagi upoštevanja omenjenih predpostavk sta avtorja zasnovala obliko testa, ki vsebuje figurativne elemente oziroma dele, ki so

podani/narisani kot nedokončani in nepravilni. S tem sta želela doseči maksimalno fleksibilnost, ki je nujna za ustvarjalnost. Namesto da bi vnašala simbole, koncepte in celostne figure, sta izbrala elemente, ki vsebujejo le nejasne konvencionalne pomene. Bolj ali manj kreativno zapolnjena risba se vrednoti na podlagi vnaprej določenih kategorij, ki izhajajo iz izpeljav teoretičnih predpostavk za merjenje ustvarjalnosti (prav tam).

Konceptualna osnova, ki temelji na unikatnem in preprostem dizajnu, omogoča številne in raznolike ustvarjalne odgovore, kar je bilo (po besedah avtorja) ugotovljeno tudi na podlagi prvih raziskav, ki sta jih avtorja opravila na populaciji nadarjenih učencev in na več tisoč skupinah različno starih udeležencev iz različnih držav. Istočasno pa podani figurativni elementi vsebujejo zadostno mero sugestivnosti, ki lahko sproža bolj stereotipne odgovore, značilne za učence z nižjo stopnjo ustvarjalnosti. Take raznolike možnosti za interpretacijo (to je, nekonvencionalno naproti konvencionalnemu) usmerjajo k višji selektivnosti in veljavnosti TCT-DP testa (prav tam).

Pri reševanju testa udeleženci dobijo nalogo, da dopolnijo risbo na osnovi podanih figurativnih elementov. Ti so bili vnaprej oblikovani kot:

- različni v obliki,
- geometrični in ne-geometrični,
- okrogli in ravni,
- samostojni in umeščeni,
- prekinjeni in neprekinjeni,
- znotraj in zunaj (navidezno) postavljenega okvirja,
- postavljeni neenakomerno v dani prostor in
- nedokončani.

Dodaten in zelo pomemben element testa je "okvir v obliki velikega kvadrata". Skupaj z "majhnim in odprtim kvadratom", ki se nahaja zunaj velikega okvirja, se tvori meja/ločnica, ki je namenjena prepoznavanju sestavine ustvarjalnosti, izražene kot sposobnost tveganja. Na ravni kriterijev za ocenjevanje sta ta dva elementa zapisana kot "preseganje meja" (odvisno ali neodvisno) glede na zunanji element (prav tam).

Kriteriji v Testu ustvarjalnega mišljenja z risanjem (TCT-DP):

1. "Stalnost": upošteva se vsaka uporaba, nadaljevanje ali razširitev danih figurativnih elementov; kriterij določa od 0 do 6 točk, ki se štejejo glede na posamezen element.
2. "Dovršenost": upošteva se vsak dodatek, zaključek ali dopolnilo, ki je uporabljen, nadaljuje ali razširja figurativni element; kriterij določa od 0 do 6 točk, ki se štejejo glede na posamezen element.
3. "Uporaba novih elementov": upošteva se vsaka nova figura, simbol ali oblika; kriterij določa od 0 do 6 točk, ki se štejejo glede na posamezen nov element.
4. "Zveznost med elementi": upoštevajo se povezave z narisano linijo, ki povezuje en figurativni element ali figuro ali en element z drugim; kriterij določa od 0 do 6 točk, ki se štejejo glede na povezano linijo iz posameznega elementa.
5. "Prisotnost tematike": upošteva se vsaka oblika, ki je ustvarjena, da prispeva k širši kompoziciji in celostni tematiki – upošteva se ustvarjen motiv (gestalt); kriterij določa od 0 do 6 točk, ki se štejejo glede na povezave danega elementa in ustvarjajo motiv.

6. "Preseganje mej glede na zunanji element": upošteva se uporaba (3) in nadaljevanje/razširitev (6) majhnega odprtega kvadrata zunaj okvirja; kriterij določa 0, 3, in 6 točk glede na način uporabe kvadratka.
7. "Preseganje mej brez ozira na zunanji element": upošteva se uporaba prostora zunaj okvirja, ki nima povezave z zunanjim elementom, od njega je neodvisna; kriterij določa 0, 3 in 6 točk, ki se štejejo glede na moč/obseg neodvisne uporabe prostora zunaj okvirja.
8. "Uporaba perspektive": upošteva se vsak poskus zunaj dvo-dimenzionalnosti; kriterij določa od 0 do 6 točk, šteje se vsak poskus.
9. "Uporaba humorja in čustvenih tem": upošteva se vsaka vrsta risanja, ki izzove humoren odziv, prikazuje čutenje, čustvo ali močno ekspresivnost; kriterij določa od 0 do 6 točk, ki se štejejo za vsak posamezen izraz (ob primeru uporabe izjemno ekspresivnega in izstopajočega likovnega izraza se določi več točk – op. subjektivno vrednotenje za redke, a možne situacije).
10. "Nekonvencionalna uporaba materiala": upošteva se vsaka nekonvencionalna manipulacija materiala-papirja; kriterij določa 0 ali 3 točke, ki se štejejo za pojav manipulacije.
11. "Nekonvencionalnost v uporabi abstraktnih elementov": upošteva se vsak element ali risba, v kateri je prisoten surrealizem, fikcija ali/in abstrakcija; kriterij določa 0 ali 3 točke, ki se štejejo za pojav določene nekonvencionalnosti.
12. "Nekonvencionalnost v uporabi simbola": upošteva se uporaba simbolov ali znakov; kriterij določa 0 ali 3 točke, ki se štejejo za pojav nekonvencionalnosti.
13. "Nekonvencionalnost v podanih elementih": upošteva se nekonvencionalna uporaba danih elementov testa; kriterij določa 0 do 3 točke (0,1,2,3), ki se štejejo za pojav nekonvencionalnosti.
14. "Hitrost": upošteva se hitrost, ki ima zgornjo mejo petnajstih minut; kriterij določa od 0 do 6 točk, za katere upoštevamo vrednosti vnaprej prirejene merske lestvice, ki upošteva odklone najvišje in najnižje izmerjenega časa reševanja, sicer pa s časom vrednost pada. (Fric Jekovec in Bucik, 2015, str.36).

Če je za ustvarjalnost značilno, da iz kaotičnih impulzov vnaša (transcendira) občutek za red in estetiko, potem tako ustvarjalni proces kot ustvarjalni produkt reflektirata značilnost kompozicije v luči "Geštalta", oziroma koherentnost v organiziranosti. In ker "Geštalt" poudarja, da ne gre le za seštevke posameznih delov, podani kriteriji ne delujejo posamično, temveč v medsebojni povezavi in šele tako reflektirajo bolj holističen koncept ustvarjalnega mišljenja. V statističnem smislu to pomeni, da posamezen rezultat v kategoriji ne pove še nič o ustvarjalnosti, le končna vsota za vse kriterije nakazuje k vrednosti ustvarjalnega izdelka (str. 274).

Za reševanje testa se posameznikom naroči, da zapolnijo še nezapolnjeno risbo, na kakršenkoli način si želijo. Vse je dovoljeno in pravilno, pri risanju se daje popolna svoboda. Za reševanje testa je namenjenih 15 minut, po–tem se testi pripravijo za nadaljnjo analizo. Obstaja pripomoček (manual) za vrednotenje, ki podaja razširjen opis za evalvacijo končnega izdelka, s katerim si raziskovalci lahko pomagajo in tako omogočajo objektivnost v največji možni meri (prav tam).

Test je sestavljen v dveh različicah, in sicer test A in test B. Razlikujeta se le v tem, da sta prezrcaljena, v principu pa gre za isto sliko. Cropley (2001) omenja, da je test sicer namenjen

širši starostni skupini (9–95 let, op. v drugih virih avtorji navajajo že od 5. leta dalje), sam pa ga je istočasno kot z odraslimi uporabil in vrednotil čisto enako tudi pri otroku v starosti štirih let in pol. Ugotovil je, da se test lahko uporablja tudi pri mlajših otrocih (str. 109).

Fric Jekovec in Bucik (2015) navajata, da slovenskih norm za Test ustvarjalnega mišljenja z risanjem (TCT-DP) še nimamo. Povzemata po navedbah avtorjev testa, da je bil na vzorcu 112 sedmošolcev, starih med 12 in 13 let, iz štirih različnih šol v Nemčiji ugotovljen koeficient notranje zanesljivosti (α) med 0,89 in 0,97. (povz. po: Jellen in Urban, 1985; v Urban, 2010) Na vzorcu 589 poljskih srednješolcev, starih med 16 in 20 let, je bil izračunan nekoliko nižji koeficient, in sicer $\alpha=0,74$. (povz. po: Garlewski in Karwowski, 2012) V omenjeni slovenski raziskavi, v kateri je sodelovalo 59 otrok v starosti med 60 in 72 mesecev ($M=68$ mesecev oz. 5;8 let), avtorja navajata, da je izračunan notranji koeficient znašal 0,78 (prav tam).

V novejši raziskavi (Avsec in Zakrzewska, 2016), ki vključuje rezultate in ugotovitve z uporabo testa (TCT-DP) na vzorcu 100 poljskih študentov, avtorja rezultate vzporedno interpretirata s pomočjo izračunov prirastka ustvarjalnosti (NPU – Normaliziran prirastek ustvarjalnosti). Rezultati povprečnih vrednosti glede na št. doseženih točk, podajajo le en aspekt interpretacije, ki ga avtorja dopolnita z NPU. Ugotavljata, da je na pozitivni prirastek vplival nekonformizem in motiviranost študentov, na negativni prirastek pa želja po strukturiranosti dejavnosti in zaporednost v mišljenju. Omenjata tudi, da je vizualna podobnost A in B predloge, v drugem delu testiranja (posttest) negativno vplivala na motivacijo oz. sposobnost obvladovanja ciljne usmerjenosti testirancev. V nadaljevanju avtorja dodajata, da je do deviacij in negativnega prirastka na post-testu, prihajalo tudi zaradi neustreznih delavnic ustvarjalnosti (neustrezna časovna obremenjenost z zgoščenimi aktivnostmi).

Za raziskovanje in vrednotenje v predšolskem obdobju z uporabo Testa ustvarjalnega mišljenja z risanjem (TCT-DP) smatramo, da je pomemben povzetek otrokovih razvojnih stopenj ustvarjalnosti v risanju, ki jih je na podlagi raziskovanj z omenjenim testom razvil in pojasnil Urban (1991). Ugotovitve povzema in predstavlja Cropley (2001) v svoji publikaciji o učenju in poučevanju ustvarjalnosti kot priročniku za vzgojitelje in učitelje (Creativity in education and learning; a guide for teachers and educators).

Urban (1991) prepozna šest stopenj v otroški ustvarjalnosti, ki temeljijo na originalnosti, sposobnosti tveganja in nekonvencionalnosti. Stopnje je prepoznal v otroških odgovorih z uporabo TCT-DP testa, kjer se zahteva risanje na podlagi podanih figurativnih elementov.

Stopnje v razvoju vključujejo:

- Neodvisno čečkanje/risanje; otroci čečkajo ali rišejo neodvisno od danih elementov, niso še sposobni usmerjati svoje likovne dejavnosti ne glede na to, da je podana spodbuda/osnova in navodilo.
- Posnemanje; otroci kopirajo slike danih elementov, jih torej uporabijo, a še ne transformirajo v nove oblike.
- Zaključenost/zapolnjenost; otroci zaključeno dopolnijo dani element, pri čemer ga bolj ali manj zaokrožijo v celoto (preprost krog ali kvadrat).
- Samostojna slika ali objekt; otroci interpretirajo elemente in ustvarjajo bolj kompleksne slike, čeprav še vedno le kot enostavne, samostojne in osnovne oblike
- Ustvarjanje motiva in odnosov med elementi; otroci uporabijo dane elemente z namenom oblikovanja predmetov/stvari, ki so v povezavi oziroma odnosu z širšo

tematsko strukturo. Prepozna se očitna želja in namen v oblikovanju konkretne oblike/predmeta.

- Oblikovanje celostne kompozicije; otroci povezujejo dane elemente in jih povežejo z slikami, ki jih samostojno dodajajo neodvisno od elementov. S tem težijo k ustvarjanju skupne tematike, ki jo izražajo v celostnem smislu. Slike so bolj ali manj tehnično dodelane, prepozna se že kvaliteta glede na likovne spretnosti in sposobnosti posameznega otroka.

Namen in cilji

Osnovni namen raziskave je ugotoviti ustvarjalnost in tehniško ustvarjalnost otrok v starosti od 4. do 6. leta.

Zadali smo si naslednje cilje (C1–4):

- C1: predstaviti pojem ustvarjalnosti in tehniške ustvarjalnosti v primerjavi različnih avtorjev;
- C2: predstaviti etape in cilje ustvarjalnega procesa predšolskega otroka;
- C3: prikazati oblike merjenja ustvarjalnosti (poudarek na TCT-DP testu);
- C4: načrtovati in izvesti tehnične dejavnosti v vrtcu z otroki v starosti od 4. do 6. leta v povezavi z načrtovanjem in izvedbo ustvarjalno-delovnega procesa, ki vključuje uporabo testa ustvarjalnosti z risanjem;

S pomočjo raziskave bomo poskušali odgovoriti na naslednji raziskovalni vprašanji (RV1, 2):

RV1: Kakšna je tehniška ustvarjalnost otrok v starosti od 4. do 6. leta?

RV2: Ali obstajajo razlike po spolu v tehniški ustvarjalnosti predšolskih otrok, in če so, kakšna je ta razlika?

Metoda

Za potrebe raziskave smo uporabili kvantitativni in kvalitativni raziskovalni pristop. Predvidene metode dela (M1–3) so:

M1: Teoretično-kavzalna metoda: preučevanje domače in tuje literature, deskriptivna metoda teoretičnih prispevkov in analiza ter interpretacija izsledkov.

M2: Empirična eksperimentalna metoda pedagoškega raziskovanja: predtest in posttest z risanjem in ovrednotenje podatkov, navzkrižni kvazi-eksperiment.

M3: Opazovanje z udeležbo in skupinska diskusija.

Načrtovanje in izvedba ustvarjalnih tehničnih dejavnosti

Z namenom spodbujanja tehniške ustvarjalnosti v vrtcu smo pri načrtovanju in izvedbi dejavnosti:

- izhajali iz ugotovitev, ki sem jih pridobili z raziskovanjem in ugotavljanjem mnenja in izkušenj strokovnih delavk, ki delajo v vrtčevskih skupinah od 4. do 6. leta starosti; Celoten vprašalnik, grafični prikazi in ugotovitve so na voljo v diplomski nalogi Tomori (2016).
- upoštevali kurikularne predpostavke, ki določajo globalne cilje in cilje na izvedbeni ravni

- ter širše konceptualno-metodične smernice za področje tehnike in tehnologije v vrtcu;
- izhajali iz izkušenj, ki smo jih pridobili v dolgoletni praksi izvajanja ustvarjalnih delavnic z otroki iz širšega družbenega okolja. V okviru različnih projektov za področje otroškega ustvarjanja smo pridobili dodatno znanje in izkušnje, ki jih uporabljamo za spodbujanje splošne ustvarjalnosti pri otrocih;
 - v sodelovanju s strokovnimi delavkami usklajevali časovno-namensko usmerjenost ustvarjalnih dejavnosti z glino, z izvedbo tehničnih dejavnosti strokovnih delavk;
 - upoštevali ustrezna navodila za uporabo merskega pripomočka in jih ustrezno časovno prilagajali vzporednemu raziskovanju porasta ustvarjalnosti ob izbrani tehnični dejavnosti.

Na podlagi rezultatov, ki smo jih pridobili z anketnim vprašalnikom, smo upoštevali naslednje ugotovitve:

- za spodbujanje ustvarjalnosti je primerna metoda igre in kombinirana metoda dela;
- najbolj učinkovita oblika dela za izvedbo tehničnih dejavnosti je kombinirana, skupinska in individualna oblika;
- material, uporabljen za namen tehničnih dejavnosti, ki kar najbolj spodbuja in nagovarja otroke k ustvarjalnemu izrazu, je glina;
- kurikularni področji, ki se najbolj dopolnjujeta s tehničnimi dejavnostmi v vrtcu, sta umetnost in narava.

Zapisane ugotovitve smo upoštevali pri načrtovanju priprave za izvedbo ustvarjalnih tehničnih dejavnosti z glino. Izhajali sem iz globalnih in izvedbenih ciljev s področja umetnosti in narave, ki so določeni v Kurikulumu za vrtce. Metode dela, oblike dela in potek dejavnosti smo prilagajali širšim smernicam za načrtovanje dejavnosti s področja tehnike in tehnologije v vrtcu. Pripravo smo v majhnih razlikah prilagodili za dve različni starostni skupini otrok in upoštevali razlike v predhodnih izkušnjah z izbranim materialom (glina). Dejavnosti so potekale v dveh ločenih vrtčevskih skupinah, in sicer v eni starostni skupini od 4. do 5. leta in v drugi starostni skupini od 5. do 6. leta iz dveh ljubljanskih vrtcev (vrtec Črnuče in vrtec Pod Gradom). Obe pripravi sta podrobno opisani v diplomski nalogi (Tomori, 2016).

Dejavnosti so bile načrtovane in izvedene v skladu z navzkrižnim eksperimentom, ki je potekal na vzporedni ravni – raziskava merjenja ustvarjalnosti otrok v vrtcu, več v delu Tomori (2016).

Vzorec

V raziskavo je bilo vključenih:

- 20 otrok iz skupine v vrtcu Pod Gradom, v starosti od 4. do 5. leta, in
- 19 otrok iz skupine v vrtcu Črnuče, v starosti od 5. do 6. leta.

Skupno vzorec predstavlja 39 otrok, ki so bili udeleženi v navzkrižnem eksperimentu merjenja ustvarjalnosti ob tematskih delavnicah (preglednica 1).

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

Preglednica 1: Prikaz zbiranja podatkov glede na kraj in datum izvedbe dejavnosti in podatki za statistični vzorec.

| VRTEC IN DEJAVNOST | Št. prisotnih otrok v skupini | Št. zbranih pred-testov (test A) | Št. zbranih post-testov (test B) | Skupno št. zbranih testov | Podatki za statistični vzorec |
|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Črnuče – glina (9.3.) | 16 | 16 | 16 | 32 | 32 |
| Prule – gregorčki (10.3.) | 18 | 18 | 18 | 36 | 36 |
| Črnuče – ptički (15.3.) | 18 | 18 | 17 | 35 | 34 |
| Prule – glina (17.3.) | 19 | 19 | 18 | 37 | 36 |
| SKUPAJ: | | 71 | 69 | 140 | 138 |

V izvedbi merjenja ustvarjalnosti z uporabo Testa ustvarjalnega mišljenja z risanjem smo zbrali 71 predtestov (test A) in 69 posttestov (test B), kar v skupnem številu predstavlja 140 zbranih rezultatov testa.

Za statistične izračune in ugotovitve upoštevamo veljavnost rezultata, le kadar sta pridobljena oba rezultata testa pri posameznem otroku (pred-/posttest; test A in test B). Ugotovili smo, da je merjenje statistično neveljavno v dveh primerih (otroka nista reševala posttesta). V posameznih statističnih izračunih upoštevamo novo spremenljivko, in sicer za tretje in četrto merjenje (drugi krog reševanja):

- vrtec Črnuče; dejavnost "Ptički": od skupno 18 prisotnih otrok je rezultat veljaven za 17 otrok in od skupno zbranih 35 rezultatov je test veljaven za 34 rezultatov (izločimo 2 testa od skupno 36 možnih);
- vrtec Prule; dejavnost "Glina": od skupno 19 prisotnih otrok je rezultat veljaven za 18 otrok (otrok ni bil prisoten pri drugem merjenju) in od skupno zbranih 37 rezultatov je test veljaven za 36 rezultatov (izločimo 2 testa od skupno 38 možnih).

V statističnih izračunih, ki vključujejo skupno število otrok za vse dejavnosti, se v tretjem in četrtem krogu merjenja (pred-/posttest 3 in pred-/posttest 4) upošteva nova spremenljivka: od skupno 39 otrok upoštevamo spremenljivko 37 otrok.

Instrumentarij in zbiranje podatkov

Za raziskovanje in ugotavljanje ustvarjalnosti otrok v vrtcu smo uporabila *Test ustvarjalnega mišljenja z risanjem* (TCT-DP; The Test for Creative-Thinking Drawing Production). Test obsega dve različici (test A in test B), na voljo v diplomski nalogi Tomori (2016).

Testiranje z uporabo pripomočka v vrtcu je potekalo pred načrtovano tehnično dejavnostjo in po njej, in sicer ne dlje kot 15 minut v obeh izvedbah. Uporaba in izvedba je bila načrtovana vzporedno z načrtovanjem in izvedbo ustvarjalnih tehničnih dejavnosti in je vključena v pripravo, dostopna v delu (Tomori, 2016). Upoštevali smo predvsem prostorske prilagoditve za izvedbo testiranja in časovni okvir v prilagajanju z izvedbo ustvarjalnih tehničnih dejavnosti. Otrokom sem podala ustrezna in vnaprej določena navodila za izvajanje, razdeljevanje pripomočka in risanje pa je potekalo po skupinah (miza za 4 otroke). Pričetek testiranja je po navodilih istočasen za vse otroke. Otrokom smo za risanje pripravili večje število svinčnikov in barvnih svinčnikov ter s tem omogočili, da je lahko vsak otrok v skupini izbiral med barvami.

Otroke smo spodbudili k čim bolj samostojnemu risanju. Kot izvajalci testiranja smo si uredili ločen prostor v igralnici, kamor so otroci po končanem risanju prinesli svoje risbe – teste. V prostor, ki je na predlogi testa vnaprej podan in zapisan, smo vpisali čas reševanja ter ime in priimek otroka. Teste smo po 15 minutah ustrezno zaščitili in pospravili na varno mesto. Otroke, ki so reševanje opravili v krajšem času od drugih, smo usmerili k mirni in tihi dejavnosti (s katero naj se ne moti otrok, ki še niso končali z reševanjem). Meritve časa smo opravili z uporabo štoparice v mobilni aplikaciji. Po končanem testiranju smo nadaljevali načrtovani delovni postopek z izbrano dejavnostjo, oziroma ustrezno zaključili izvedbo dejavnosti.

V védenju, da bodo otroci štirikrat reševali test z risanjem, smo na podlagi študija literature iz ugotovljenih podatkov v opravljenih raziskavah z uporabo testa TCT-DP smatrali, da je treba upoštevati možnost upada motivacije pri ponovitvah risanja z vnaprej določeno predlogo. Različici testa sta si podobni, dejavnosti pa so potekale v skrčenem časovnem obsegu – v obdobju enega meseca (marec 2016). Zato je bilo moč sklepati, da otrokom test po določenem številu ponovitev morda ne bo več enako zanimiv in bo tako neustrezen tudi kot podlaga za objektivno merjenje ustvarjalnosti v primerjavi prirastka glede na vrsto dejavnosti. Uporabili smo t. i. metodo navzkrižnega eksperimenta in dejavnosti načrtovali v navzkrižni kombinaciji, glede na izvajalca v posamezni skupini otrok. V enem vrtcu smo dejavnost in merjenje izvajali najprej raziskovalci in potem vzgojiteljica, v drugem vrtcu pa obratno. V tretjem in četrtem merjenju smo upoštevali možen vpliv na motivacijo otrok za reševanje in omogočili enake pogoje za vse izvajalce.

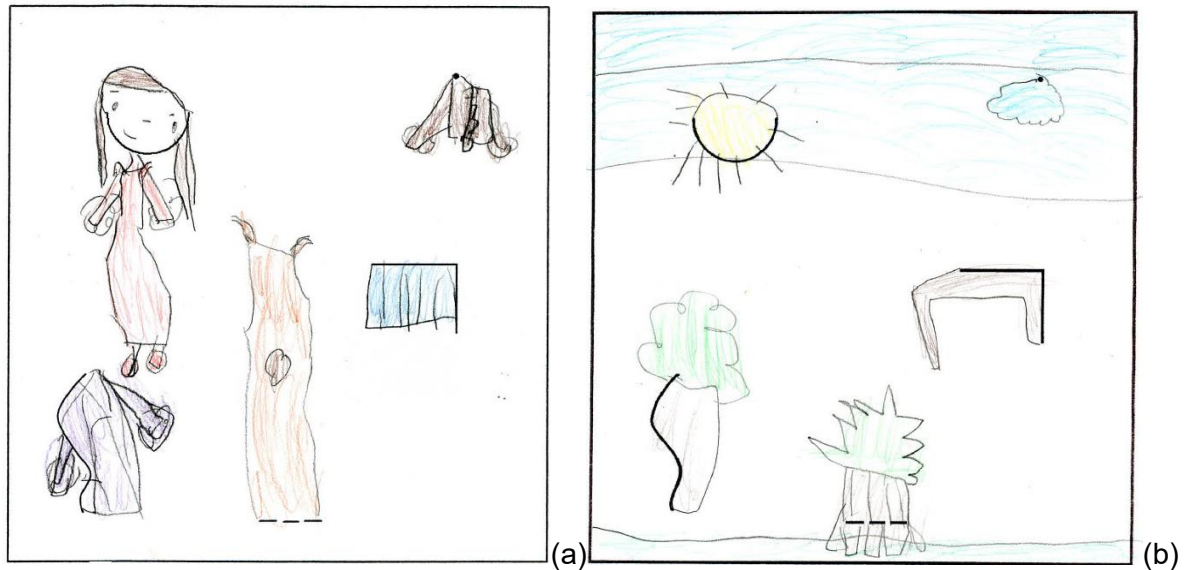
Obdelava podatkov

- Rezultate testov sem najprej uredila glede na posamezno dejavnost in združila obe različici (test A in B) za posameznega otroka.
- Ocenjevala sem ločeno po starostni skupini otrok, vrsti dejavnosti glede na čas izvedbe in po spolu.
- Rezultate sem ocenjevala po petnajstih (15) kriterijih, pri čemer sem izbrala svojo tehniko “vzporedne primerjave rezultatov vseh otrok po spolu za posamezen kriterij”. Primerjala in ocenjevala sem oba testa (A in B), posebej za deklice in za dečke.
- Najprej sem ocenjevala rezultate otrok v starosti od 5. do 6. let (vrtec Črnuče), glede na datum izvedbe dejavnosti – prvi in drugi krog, nato tretji in četrti krog reševanja –, sledil je enak postopek ocenjevanja rezultatov otrok v starosti od 4. do 5. leta (vrtec Pod Gradom).
- Rezultate sem sproti zapisovala v priročno preglednico, ki sem jo sestavila za ta namen.
- Za 14. kriterij (hitrost) sem v sodelovanju z mentorjem priredila ocenjevalno lestvico (preglednica 2) (število točk v obratnem sorazmerju s časom upada, upošteva se tudi zgornji in spodnji ekstrem).

Preglednica 2: Ocenjevalna lestvica za 14. kriterij (hitrost).

| Čas reševanja (min) | Število točk |
|---------------------|--------------|
| 0–1 | 0 točk |
| 1–3 | 6 točk |
| 3–5 | 5 točk |
| 5–8 | 4 točke |
| 8–10 | 3 točke |
| 10–12 | 2 točki |
| 12–14 | 1 točka |
| 14–15 | 0 točk |

- Za namen raziskovanja tehniške ustvarjalnosti smo določili nov kriterij za ocenjevanje – 15. kriterij: *tehnika*. Zanj upoštevamo enako navodilo za vrednotenje kot pri tretjem kriteriju testa – *uporaba novih elementov*. Tu dodajam ustrezen zapis novega kriterija, ki smo ga uporabili za ocenjevanje:
 - 15. kriterij – tehnika: upošteva se vsaka nova tehnična figura, simbol ali oblika; kriterij določa od 0 do 8 točk, ki se štejejo glede na posamezen nov element.
- V procesu vzporednega ocenjevanja smo pri določenih kriterijih v rezultatih otrok prepoznali značilne posebnosti v otroški risbi in jih upoštevali pri višini doseženih točk. Ocenjevanje otroških del je v celoti vključevalo poznavanje in prepoznavanje posebnosti v otrokovem izrazu na posamezni razvojni stopnji. Upoštevali sem doslednost pri posameznih odločitvah za prilagajanje ocenjevanja in prilagojeni način upoštevala za vse otroke enako. Na tem mestu navajanje nekaterih specifik ocenjevanja ni potrebno, namen prilagajanja pri ocenjevanju je predvsem upoštevanje razvojnih stopenj v otrokovem ustvarjalnem izrazu z risanjem.
- Končni rezultat predstavljajo ocenjene vrednosti po 15 kriterijih in izračun seštevka za posamezni test, in sicer za skupno 138 testov (risb otrok). Teh podatkov v raziskavi ne prikazujemo, pridobljeni podatki v raziskavi so anonimni in se uporabljajo zgolj v statistične namene. Maksimalno število točk na testu ustvarjalnosti je 80. Tu predstavljamo primer rešenega testa (test A in test B) pri enem od vključenih otrok (slika 1):



Slika 1: (a) predtest in (b) posttest risanja (TCT-DP).

Pri testu ustvarjalnosti naprej preverimo njegovo zanesljivost kot ključno mersko značilnost. Zanesljivost merjenja se definira kot korelacija rezultatov testiranja na isti velikosti predmeta merjenja, če se to merjenje nekajkrat ponovi (Avsec, 2012). Za preverjanje zanesljivost testa izračunamo koeficient Cronbach α , ki je definiran kot enačba (1):

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^K \sigma_{y_i}^2}{\sigma_x^2} \right) \quad (1)$$

K – število testnih postavk,

σ_x^2 – varianca rezultata merjenja,

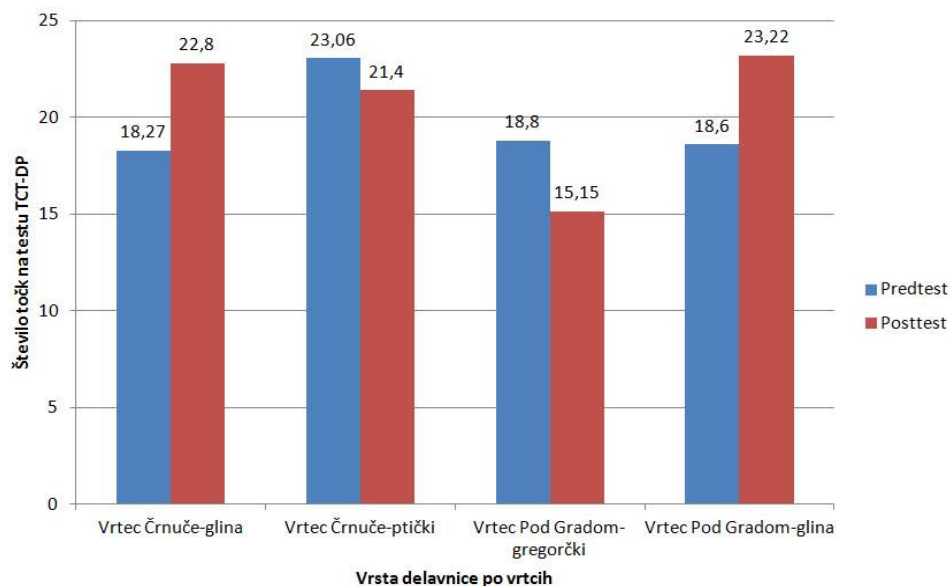
$\sigma_{y_i}^2$ – varianca i-te postavke.

Izračunana vrednost koeficienta za primer predtesta ustvarjalnosti znaša Cronbach $\alpha = 0,85$, medtem ko je zanesljivost posttesta še za spoznanje višja: Cronbach $\alpha = 0,86$, kar predstavlja visoko zanesljivost. Rezultati, ki so podani v nadaljevanju, so zanesljivi in imajo visoko napovedno veljavnost (Avsec, 2012).

Rezultati

Analiza podatkov je bila izvedena v več stopnjah. Iz baze podatkov smo odstranili statistično nedoločljive primere. S pomočjo opisne statistike smo pridobili pregledne lastnosti vzorca. Rezultate meritev podajamo z aritmetično sredino (povprečje točk na testu TCT-DP) (graf 1).

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veččin 21. stoletja



Graf 1: Dosežki otrok v ustvarjalnosti v primerjavi pred in post testa, glede na vrsto delavnice.

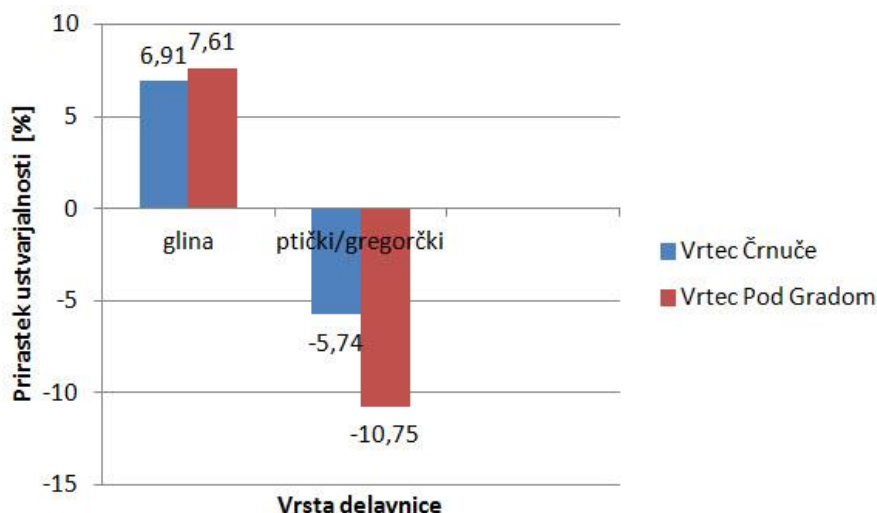
Graf 1 prikazuje dosežke posameznih otrok v ustvarjalnosti po posameznih delavnicah na pred- in posttestu. Pri delavnici Glina (vrtec Črnuče) so otroci v povprečju napredovali od 18,27 do 22,8 točk. Medtem so pri vzporedni delavnici Gregorčki (vrtec Pod Gradom) otroci v povprečju nazadovali z 18,8 na 15,15 točk. V drugem krogu reševanja so otroci, ki so že opravili delavnico iz gline, izdelovali ptičke iz testa. V povprečju so v ustvarjalnosti nazadovali s 23,06 na 21,4 točke. Otroci, ki so imeli v prvem krogu delavnico Gregorčki, so v drugem krogu oblikovali z glino in v povprečju napredovali z 18,6 na 23,06 točk.

Že iz Grafa 1 vidimo tudi, da so otroci različno napredovali, in ne zanemarimo možnosti, da so nekateri tudi nazadovali v ustvarjalnosti. Zato izračunamo normaliziran prirastek ustvarjalnosti, kot je definiran (Zakrzewska in Avsec, 2016) z enačbo (2):

$$\langle g \rangle = \% \langle G \rangle / \% \langle G \rangle_{\max} = (\% \langle \text{post} \rangle - \% \langle \text{pre} \rangle) / (100\% - \% \langle \text{pre} \rangle) \quad (2)$$

kjer g (G) pomeni prirastek, pre – dosežek predtesta, $post$ – dosežek posttesta.

Enačba nam pove, koliko je otrok napredoval (nazadoval) glede na to, koliko maksimalno lahko napreduje od predtesta do posttesta (od A do B).



Graf 2: Prirastek ustvarjalnosti glede na vrsto delavnice.

Zelo očitno se je pokazalo, da so pri delavnicah z glino otroci napredovali v ustvarjalnosti, mlajši otroci celo bolj kot starejši (7,61 proti 6,91). Pri ostalih delavnicah pa je opazen negativni prirastek k ustvarjalnosti, še toliko bolj pri delavnici z gregorčki (-10,75 %).

Za določitev uspešnosti delavnic izvedemo t-test neodvisnih vzorcev, in sicer najprej za delavnice prvega kroga (glina – gregorčki), kjer je vrednost $t(28,4) = 2,53$ statistično značilen ($p = 0,018 < 0,05$). Iz Levenovega testa smo upoštevali, da variance po skupinah niso bile enake ($p = 0,004 < 0,05$).

Za izračun učinka delavnice uporabimo koeficient Cohen d, ki ga izračunamo po enačbi (3) (Avsec, 2012):

$$\text{Cohen } d = \frac{2t}{\sqrt{df}}, \quad (3)$$

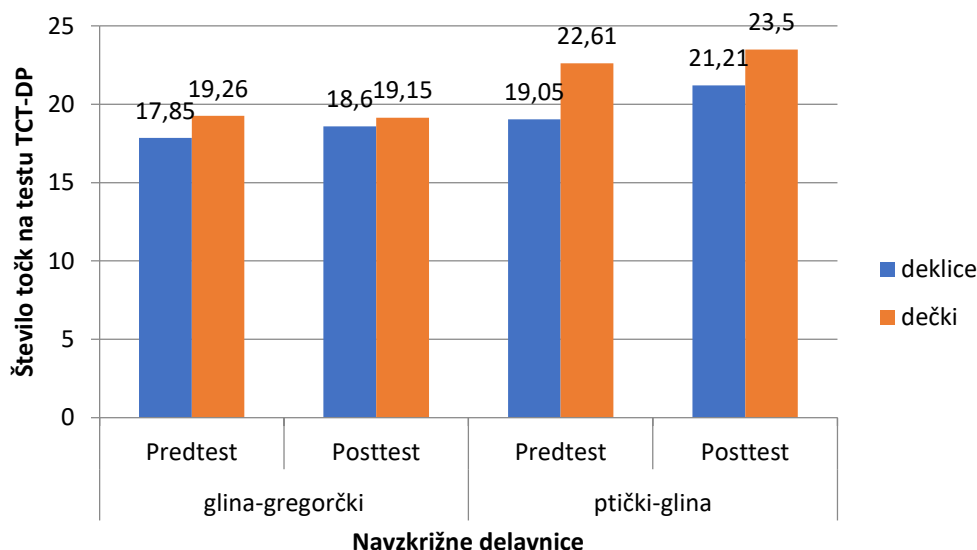
kjer je t velikost razlike relativna na variacijo v vzorcu, df – prostostne stopnje. Učinek Cohen d se interpretira kot: $d < 0,2$ neznamen; $0,2 < d < 0,4$ majhen; $0,4 < d < 0,8$ zmeren in $d > 0,8$ velik učinek (Avsec, 2012).

Izračunana vrednost Cohen d za delavnice v prvem krogu eksperimenta je 0,95, kar pomeni velik učinek delavnic gline v primerjavi z delavnico gregorčkov. Podobno izračunamo tudi za delavnice drugega kroga, kjer se skupini zamenjata s temo, in sicer je učinek delavnic zopet statistično značilen ($p = 0,04 < 0,05$), $t(35) = 2,3$, pri upoštevanju Levenovega testa, da so variance po skupinah enake ($p = 0,06 > 0,05$). Učinek Cohen d = 0,78, kar se smatra kot zmeren do velik učinek delavnic gline v primerjavi z delavnicami ptičkov.

Navzkrižna primerjava skupin nam da zanimiv rezultat, ustvarjalna delavnica gline namreč kaže tudi na pridobljeno ustvarjalnost, ki se je pokazala v drugem krogu na predtestu. Medtem ko, delavnica gregorčkov kljub negativnemu prirastku ustvarjalnosti, ni imela posledic na predtestu v drugem krogu reševanja.

Dosežki otrok na testu ustvarjalnosti gledano po spolu

Kot je razvidno (graf 3), so v povprečju dečki dosegali višje rezultate kot deklice. Pri deklicah je opazen napredek iz predtesta na posttest, in sicer pri vseh vrstah delavnic, medtem ko je pri dečkih zaznan celo padec v ustvarjalnosti za delavnico izdelovanja gregorčkov. Vse razlike, prikazane na grafu, so statistično neznačilne ($p > 0,05$). Iz tega lahko sklepamo, da so razlike v ustvarjalnosti, ki so razvidne na Grafu 3, posledica drugih dejavnikov, ki niso zajeti v statistični analizi.



Graf 3: Dosežki otrok v ustvarjalnosti po spolu.

Zanimivo je tudi dejstvo, da navkljub dodatnemu tehniškemu kriteriju za oceno ustvarjalnosti (Kriterij 15) ni bilo statistično značilnih razlik ($p > 0,05$) ne po tem kriteriju kot tudi ne po preostali celoti, gledano po spolu. Kriterij št. 15 je bil tudi testiran na diskriminativnost, da preverimo, če omogoča merjenje, za kar je zasnovan, in ugotovimo srednjo diskriminativnost 0,31, kar omogoča dobro ločljivost testa (Avsec, 2012).

Diskusija

V tem delu bomo predstavili odgovore na posamezne zastavljene cilje (C1–4) in raziskovalni vprašanja (RV1–2) ter opisali, kako smo do njih prišli.

C1: Predstavitev pojma ustvarjalnosti in tehniške ustvarjalnosti v primerjavi različnih avtorjev

V teoretičnih izhodiščih je predstavljena problematika opredelitve pojma ustvarjalnosti, ki se kaže v številnih razlagah in vidikih obravnave za področje ustvarjalnosti. Izhajali smo iz temeljnih predpostavk in ugotovitev v raziskovanju ustvarjalnosti, ki so značilno psihološke (Trstenjak, A., Psihologija ustvarjalnosti, 1981). Iz študija novejših literature smo izbrali in povzeli tiste ugotovitve, ki so skupne za večino novejših avtorjev in potrjujejo, da je problematika še vedno aktualna. Iz širšega vidika pojmovanja ustvarjalnosti smo povzeli bistvene značilnosti in poudarke, ki so pomembni za raziskovanje ustvarjalnosti v predšolskem

obdobju. Za opredelitev tehniške ustvarjalnosti smo izbrali povsem enak pristop raziskovanja in predstavljanja ugotovitev kot pri opredelitvi pojma ustvarjalnosti. Izhajali smo iz širših vidikov, povzeli pa bistvene za namen raziskovanja tehniške ustvarjalnosti v predšolskem obdobju.

C2: Predstavitev etap in ciljev ustvarjalnega procesa predšolskega otroka

V teoretičnih izhodiščih smo povzeli predvidene stopnje ustvarjalnega procesa predšolskega otroka, za katere velja, da niso jasno določene. Stopnje so posredno povezane z vlogo vzgojitelja v otrokovem ustvarjalnem procesu, ki prepozna posebnosti otrokovega razvoja v zgodnjem otroštvu. Etape in cilji ustvarjalnega procesa so širše predstavljeni v okviru načrtovanja in izvedbe tehničnih dejavnosti. Upoštevali smo konceptualne razsežnosti tehnike in tehnologije za predšolsko obdobje pri izvedbi dejavnosti s področja tehnike in tehnologije v vrtcu, ki smo jih povzeli iz priročnika za vzgojitelje. Širše cilje, ki se jih prav tako upošteva pri načrtovanju in izvedbi ustvarjalnega procesa otrok v vrtcu, smo opisali v podali v izhodiščih, kjer so predstavljeni kurikularni cilji in usmeritve za dejavnosti s področja tehnike in tehnologije v vrtcu.

C3: Prikaz oblik merjenja ustvarjalnosti (poudarek na testu TCT-DP)

V okviru primerjave različnih avtorjev predstavimo širšo problematiko merjenja ustvarjalnosti. V njem na kratko povzamemo uveljavljene oblike merjenja z merskimi instrumenti in ugotovitve raziskovalcev s tega področja. V teoriji prepoznamo težnjo k boljši praksi v prepoznavanju ustvarjalnosti in merjenju ustvarjalnih sposobnosti. Upošteevamo možnosti in smernice za izvedbo merjenja v predšolskem obdobju in na kratko predstavimo test, ki je uporaben tudi za to starostno obdobje. Teoretična izhodišča, ki jih test upošteva, predstavimo kot poskus boljše prakse. Test poimenujemo "Test ustvarjalnega mišljenja z risanjem" (The test For Creative-Thinking Drawing Production), njegove značilnosti in način uporabe pa širše predstavimo pri opisu instrumentarija. Iz študija tujih virov literature ustrezno povzamemo in prikažemo vse potrebne značilnosti testa, ki so potrebne za namen raziskovanja. Povzamemo tudi nekaj pomembnih ugotovitev iz raziskav naših in tujih avtorjev, ki predstavljajo pridobljene rezultate zanesljivosti, veljavnosti in objektivnosti merjenja z uporabo omenjenega pripomočka.

C4: Načrtovanje in izvedba tehničnih dejavnosti v vrtcu z otroki v starosti od 4. do 6. leta v povezavi z načrtovanjem in izvedbo ustvarjalno-delovnega procesa, ki vključuje uporabo testa ustvarjalnosti z risanjem

V metodi dela smo predstavili teoretična izhodišča ter smernice za načrtovanje in izvedbo tehničnih dejavnosti v vrtcu (za obdobje od 3. do 6. leta starosti). Postopek načrtovanja in izvedbo, ki vključuje uporabo testa, smo vključili v pripravo za nastop in jo priložili k diplomu (Tomori, 2016). Celoten potek načrtovanja in izvedbe ustvarjalnih tehničnih dejavnosti v vrtcu so opisane v diplomski nalogi (Tomori, 2016). Za ustrezno uporabo testa in potek testiranja za namen merjenja ustvarjalnosti smo izhajali iz navodil in usmeritev za uporabo (Tomori, 2016). Pri načrtovanju in izvedbi tehničnih dejavnosti v vrtcu smo upoštevali metodo navzkrižnega eksperimenta (Tomori, 2016).

V nadaljevanju podajamo odgovore na raziskovalni vprašanji (RV1-2).

RV1: Kakšna je tehniška ustvarjalnost otrok v starosti od 4. do 6. leta?

Prikazali smo vse bistvene ugotovitve raziskovanja, ki so bile pridobljene s pomočjo uveljavljenih statističnih izračunov in tudi nekaterih, prirejenih za uporabo testa TCT-DP. V prvem delu upoštevamo rezultate testa zanesljivosti (Cronbach α), ki so pokazali, da so rezultati zanesljivi in imajo visoko napovedno veljavnost. Oba rezultata testa (pred- in posttest) sta pokazala visoko zanesljivost, in sicer vrednost predtesta $\alpha = 0,85$ (85-odstotna zanesljivost) in vrednost posttesta $\alpha = 0,86$ (86-odstotna zanesljivost). Iz opisne statistike in analize rezultatov povzemamo, da so otroci pri obeh delavnicah z glino napredovali v ustvarjalnosti (od pred- do posttesta, glede na št. doseženih točk), pri ostalih dveh delavnicah (ptički in gregorčki) pa so otroci v ustvarjalnosti nazadovali (po enakih postavkah kot pri glini), ne glede na starostno skupino. Nato smo izračunali prirastek ustvarjalnosti otrok (NPU – normaliziran prirastek ustvarjalnosti), ki nam pove, koliko je otrok napredoval (nazadoval) glede na to, koliko maksimalno lahko napreduje od predtesta do posttesta. Tudi tu smo ugotovili, da je bil prirastek ustvarjalnosti otrok (glede na vrsto delavnice) pozitiven pri obeh delavnicah z glino (otroci so napredovali) in negativen pri drugih dveh delavnicah (otroci so nazadovali). V izračunih za navzkrižno primerjavo po učinkovitosti delavnic (uporaba t-testa neodvisnih vzorcev in koeficienta Cohen d) smo ugotovili, da se je v skladu z metodo navzkrižnega eksperimenta pokazala večja učinkovitost pri delavnici z glino, ne glede na to, ali je bila izvedena kot prva ali druga dejavnost. Na učinkovitost delavnice tudi ni vplival negativni prirastek v ustvarjalnosti otrok pri prejšnji delavnici (v primeru izvedbe delavnic v vrtcu Pod Gradom). Zelo očitno se je pokazalo, da so pri delavnicah z glino otroci napredovali v ustvarjalnosti. Mlajši otroci so celo nekoliko bolj napredovali kot starejši (7,61 proti 6,91; primerjava prirastka ustvarjalnosti). Iz rezultatov lahko domnevamo, da različne ustvarjalne tehnične dejavnosti vplivajo na porast ustvarjalnosti otrok v starosti od 4. do 6. leta.

RV2: Ali obstajajo razlike po spolu v tehniški ustvarjalnosti predšolskih otrok, in če so, kakšna je ta razlika?

Vsi opravljeni, opisani in prikazani statistični izračuni so pokazali statistično neznačilne ($p > 0,05$) razlike po spolu. Na podlagi ugotovitev, pridobljenih v naši raziskavi, so razlike v ustvarjalnosti, ki so razvidne iz rezultatov, posledica drugih dejavnikov, ki niso zajeti v statistični analizi. Nadaljnje statistične raziskave bi lahko vključevale vpliv drugih dejavnikov, tu omenjamo možnost vpliva na razlike po spolu glede na to, kako poteka proces ocenjevanja rešenih testov. V našem primeru smo izbrali ločeno ocenjevanje, vzporedno smo ocenjevali vse rezultate deklic in nato dečkov (ali v obratnem vrstnem redu). To metodo smo izbrali predvsem zaradi tega, da lažje prepoznamo in medsebojno primerjamo posamezne razvojno značilne elemente v otroški risbi, ki se pri dečkih in deklicah v nekaterih usmeritvah za risanje dovolj očitno razlikujejo glede na različne interesne dejavnosti pri otroški igri (deklice na primer pogosteje rišejo punčke in princeske, dečki pa na primer avtomobile).

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Zaključujemo s tistim, kar je bilo že v uvodu, z željo (ki bi jo verjetno narisali kot puščico, ki jasno kaže v določeno smer), da s svojim teoretičnim in praktičnim prispevkom uspemo realizirati in prikazati vzgojno prakso, ki sledi entuziazmu in predanosti delu z otroki. Sledi izkušnjam v iskanju, odpiranju in proučevanju raznolikih možnosti za sodelovanje z otroki, oblikovanju in realizaciji inovativnih idej na področju predšolske vzgoje in ne nazadnje teži h končnemu uspehu, ki je rezultat ustvarjalnega procesa.

V teoretičnem prispevku poskušamo ohranjati rdečo nit in upoštevamo, da bodo poudarki in vsebina podpirali temelj dela, ki je raziskovanje tehniške ustvarjalnosti v predšolskem obdobju z uporabo testa za merjenje ustvarjalnosti. Cilje in raziskovalna vprašanja povezujemo s študijem literature in izbiranjem ustreznih vsebin, ki predstavljajo teoretična osnova za raziskovanje. Dodajamo ji alternativne poglede, ki jih izbiramo tudi zato, da raziščemo ustvarjalne možnosti za izvedbo. Sledimo kurikularnim določilom, ki jih je treba upoštevati v teoriji in praksi dela s predšolskimi otroki. Z navdušenjem predstavljamo merjenje ustvarjalnosti, kjer imamo možnost spregovoriti o obliki merjenja s testom, ki upošteva holistični pristop k raziskovanju ustvarjalnosti. Teoretična izhodišča, značilnosti pripomočka in ugotovitve raziskovalcev preprosto prepričajo že v uvodu. Zasnovana oblika, ki testira z risanjem, je enkratna rešitev za merjenje ustvarjalnosti, tudi za otroke v predšolskem obdobju. Otroški izrazi so edinstveni in prepoznavanje otroškega jezika, ki se izraža z risanjem, zahteva tudi nekaj vloženega truda in izkušenj, ki jih nabiramo že vrsto let.

V raziskovalni načrt vključujemo skoraj vse posamezne etape načrtovanja in izvedbe raziskovanja. Vzporedno vključujemo etape in značilnosti raziskovanja z uporabo Testa ustvarjalnega mišljenja z risanjem. Objektivno zamišljanje načrtovanja ustvarjalnih tehničnih dejavnosti se je izkazalo za uspešno. Ustvarjanje z glino je nedvomno prava odločitev za spodbujanje ustvarjalnosti pri otrocih. Nema lokrat slišimo, da se vzgojiteljice v vrtcu ne odločajo za keramiko, ker peka gline ni enostavna za izvedbo, predstavlja tudi dodatne stroške. Glino v vrtcu večinoma uporabljajo kot obliko ustvarjalne igre. Pri načrtovanju dejavnosti smo sledili zaupanju, da bodo otroci verjetno najbolj ustvarjalni, če jim ponudim ustrezno motivacijo in jim material predstavim kot zanimivo in prijetno sredstvo za ustvarjalni izraz. Otroški izdelki so bili vsak svoj unikat in navdušili vse prisotne v delovnem procesu.

Za izvedbo dejavnosti v vrtčevskih skupinah smo izbrali tima strokovnih delavk, za katere smo vnaprej predvideli, da bo sodelovanje dobro in kvalitetno. Fleksibilnost v prilagajanju, načrtovanju in izvedbi časovno-namenskih ustvarjalnih delavnic je vsekakor potrjena lastnost obeh timov strokovnih delavk. Raziskovanje ustvarjalnosti je s sodelovanjem izkušenih timov in ne nazadnje s skupinama otrok privedlo do dobrih rezultatov. Med procesom načrtovanja in izvedbe ni prihajalo do nikakršnih težav, ustvarjalnost, ki smo jo skušali spodbujati, nas je motivirala k lastni ustvarjalnosti in opravljeno delo predstavlja neprecenljive izkušnje.

Upamo si zapisati, da so rezultati merjenja ustvarjalnosti realizacija inovativnih idej na področju predšolske vzgoje. Uporaba Testa ustvarjalnega mišljenja z risanjem kot pripomočka v vzgojni praksi v vrtcu se je izkazala kot zelo priročna in preprosta, treba je upoštevati le nekaj osnovnih navodil. V naši raziskavi smo upoštevali tudi spodbujanje ustvarjalnosti otrok z izvedbo ustvarjalnih tehničnih dejavnosti, vzporedno z izvajanjem A in B testa. Vrednotenje in ustrezno ocenjevanje po posameznih kriterijih je specifičen postopek. V njem je potrebno izhajati iz teoretičnih predpostavk, ki poudarjajo holistični pristop k ocenjevanju in vrednotenju rezultatov. Vrednotenje otroških risb sledi določenim kriterijem, ki v končni analizi pokažejo smiselnost in dobro merilo za določanje porasta ustvarjalnosti. V analizi rezultatov merjenja ustvarjalnosti smo ustrezno prikazali in utemeljili, da so rezultati raziskave visoko zanesljivi (85-odstotna zanesljivost pri predtestu in 86-odstotna zanesljivost pri posttestu), nadalje pa samo še potrdili notranjo stabilnost pridobljenih rezultatov merjenja. Delavnice z glino so pri otrocih očitno spodbudile porast ustvarjalnosti, pri drugih se je izkazalo malce slabše. Z rezultati smo zelo zadovoljni. Končni uspeh je rezultat večplastnega ustvarjalnega procesa in sistematičnega dela vseh sodelujočih. Rezultat raziskovanja je pridobil še komponento, da lahko zapisani

prispevek delimo z vsemi, ki bodo kadar koli raziskovali tehniško ustvarjalnost in prepoznali, da so tehnične dejavnosti v predšolskem obdobju primerne in učinkovite za spodbujanje razvoja ustvarjalnosti otrok.

Zaključek raziskave predstavlja tudi nov začetek. Spodbujanje otroške domišljije in uporaba postmodernističnih značilnosti v mladinski književnosti so glavna izhodišča, ki jih upoštevamo pri ustvarjanju. Morda bodo izkušnje iz raziskovanja z uporabo TCT-DP kmalu tudi pripomoček za ugotavljanje porasta ustvarjalnosti ob uporabi raznih tematskih slikanic.

Literatura

Avsec, S. (2012). *Metoda merjenja tehnološke pismenosti učencev 9. razreda osnovne šole* (Doktorska disertacija). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Ljubljana.

Bizjak, Z. (2013). *Keramika*. Ljubljana: JSKD.

Cropley, A. J. (2001). *Creativity in education and learning: A guide for teachers and educators*. Routledge Falmer: Oxon.

Cvetko, I. idr. (1999). *Kurikulum za vrtce*. Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport, Urad za šolstvo.

Čadež-Lapajne, D. (1983). *Glina, les, papir, kovina*. Ljubljana: Mladinska knjiga.

Emīls, K., Rože, L. in Krūmiņa I. (2013). Indicators of Creative Potential in Drawings: Proposing New Criteria for Assessment of Creative Potential with the Test for Creative Thinking- Drawing Production. *Baltic Journal of Psychology*, 14(1,2), 22–37.

Fric Jekovec, J. in Bucik, V. (2015). Odnos med ustvarjalnostjo in igralnim materialom v kontekstu simbolne igre. *Psihološka obzorja*, 24, 33–43. doi: 10.20419/2015.24.424

Kovač, R. (2003). Spodbujanje ustvarjalnosti otrok in vzgojiteljev v vrtcu – od zahtev prenove k iskanju možnosti izvedbenega kurikuluma. *Sodobna pedagogika* 54(3), 168–187.

Kroflič, R. (2001) *Temeljne predpostavke, načela in cilji kurikula za vrtce*. V Marjanovič Umek, L. (ur.). *Otrok v vrtcu. Priročnik h Kurikulu za vrtce* (str. 7–25). Maribor: Založba Obzorja.

Marentič Požarnik, B. (2000). *Psihologija učenja in pouka*. Ljubljana: DZS.

Marjanovič Umek, L. (2001). *Psihologija predšolskega otroka*. V *Otrok v vrtcu. Priročnik h Kurikulu za vrtce*. Maribor: Založba Obzorja.

Marjanovič Umek, L. in Fekonja Peklaj, U. (2008). *Sodoben vrtec: možnosti za otrokov razvoj in zgodnje učenje*. Ljubljana: Znanstvenoraziskovalni inštitut Filozofske fakultete.

Papotnik, A. (1988). *Tehnika za najmlajše: prispevki k delovno-tehnični vzgoji v vzgojno-varstvenih organizacijah*. Novo mesto: Pedagoška obzorja.

Papotnik, A. idr. (2005). *To zmoremo že sedaj: Z opazovanjem, raziskovanjem in ustvarjanjem v svetu naravoslovja in tehnike*. Limbuš: Izotech založba.

Pečjak, V. in Štrukelj, M. (2013). *Ustvarjam, torej sem*. Celovec: Mohorjeva založba.

Sutherland, M. (2015). *Nadarjeni v zgodnjem otroštvu: Dejavnosti za otroke, stare od 3 do 6 let*.

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

Ljubljana: Pedagoška fakulteta.

Štemberger, T. (2014). Vzgojitelj in spodbujanje ustvarjalnosti pri predšolskih otrocih. *Revija Didakta*, 24(171), 13–17.

Tomori, P. (2016). Tehniška ustvarjalnost v predšolskem obdobju: preizkus ustvarjalnega mišljenja z risanjem (TCT-DP) ob izvedbi tehničnih dejavnosti v vrtcu (Diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Ljubljana.

Trstenjak, A. (1981). *Psihologija ustvarjalnosti*. Ljubljana: Slovenska matica.

Urban, K. K. (2005). Assessing creativity: The Test for Creative Thinking-Drawing Production (TCT-DP). *International Education Journal*, 6(2), 272–280.

Vrlič, T. in Denac T. (2001). *Umetnost*. V Marjanovič Umek, L. (ur). *Otrok v vrtcu. Priročnik h Kurikulu za vrtce*. Maribor: Založba Obzorja.

Zakrzewska Szewczyk, A., Avsec, S. (2016). Predicting Academic Success and Creative Ability in Freshman Chemical Engineering Students: A Learning Styles Perspective. *International Journal of Engineering Education* 32(2(A)), 682–694.

TEHNIŠKA USTVARJALNOST PRI UČENJU S POIZVEDOVANJEM V 8. IN 9. RAZREDU OSNOVNE ŠOLE

DEVELOPING TECHNICAL CREATIVITY IN 8TH AND 9TH GRADE ELEMENTARY SCHOOL PUPILS USING INQUIRY-BASED LEARNING

Tamara Oblak¹, Stanislav Avsec²

¹ŠC Škofja Loka, ²Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Ustvarjalnost kot ena izmed pomembnih veščin 21. stoletja je močno prisotna pri vsakem postopku snovanja in konstruiranja, tako v razredu kot tudi v panogah gospodarskih dejavnosti in vsakdanjem življenju, zato ga moramo razvijati na celi vertikalni šolanja in čez. Raziskovalno delo je usmerjeno na obravnavo primernosti in uspešnosti metode učenja s poizvedovanjem za namen razvijanja tehniške ustvarjalnosti pri vsebinah tehnike in tehnologije v osnovni šoli. Namen našega dela je bil ugotoviti, ali učenje s poizvedovanjem vsebin optimizacije vodnih in vetrnih turbin, ki sta bili izvedeni na različnih nivojih PU in z različno vključenostjo učiteljev, vpliva na tehniško ustvarjalnost in kako. Uporabili smo kvantitativni pristop empirično eksperimentalnega pedagoškega raziskovanja, in sicer je v raziskavi sodelovalo 154 učencev 8. in 9. razreda petih osnovnih šol v šolskem letu 2015/2016. Učenci so se aktivno učili na dveh različnih nivojih/zvrsteh učenja s poizvedovanjem, ki sta za področje osnovne šole najbolj primerna, in sicer strukturirano in usmerjeno učenje s poizvedovanjem. Za ugotavljanje odnosa in izkušenj učencev do tehnike in tehnologije smo uporabili nestandardizirani vprašalnik "Tehnika in jaz", medtem ko smo ustvarjalnost testirali s standardiziranim testom z risanjem, imenovanim TCT-DP. Standardizirani test ustvarjalnosti z risanjem je bil izveden kot pred- in posttest, Tehnika in jaz pa kot enkratni test. Na podlagi ugotovitev smo presodili, da so tehniški dnevi, izvedeni z različnimi vrstami/nivoji PU, pripomogli k dvigu tehniške ustvarjalnosti. Večji doprinos k ustvarjalnosti je prinesla delavnica vsebin Optimizacije vetrnih turbin, kjer so bili učenci le usmerjeni k problemom, medtem ko so učenci pri skupini Optimizacija vodnih turbin bili deležni več strukture in večje vključenosti učitelja. Učenci so na predtestu ustvarjalnosti v povprečju dosegli 24,18 točk od skupno 78, medtem ko so na posttestu napredovali na 27,87 točk. Te vrednosti so tudi primerljive z do sedaj zmerjenimi dosežki učencev 8. in 9. razreda slovenskih osnovnih šol. Učinek delavnic usmerjenega PU na prirastek ustvarjalnosti je statistično značilen ($\alpha < 0,05$) in ocenjen kot zmeren (Cohen $d = 0,54$). Na splošno je odnos učencev do vsebin tehnike in tehnologije okrog povprečja na lestvici s srednjo vrednostjo 2,5. Ugotovili smo tudi, da pozitiven odnos do vsebin tehnike in tehnologije (TiT) doprinese k razvoju tehniške ustvarjalnosti. Še posebej je pomemben interes za vsebine TiT, ki ima močno napovedno vrednost na dvig tehniške ustvarjalnosti ($\alpha = 0,01$, $\beta = 0,33$) in kaže na potrebno vzdrževano motivacijo tekom PU ter kot drugi pomemben dejavnik odnosa, zavedanje posledic tehnike in tehnologije, ravno tako statistično značilno napove dvig tehniške ustvarjalnosti ($\alpha = 0,02$, $\beta = 0,21$).

Raziskava je pokazala, da ustvarjalni učitelj in njegova vpletenost ni dovolj za učinkovit razvoj tehniške ustvarjalnosti pri učencih, medtem ko so primerno artikulirane aktivne oblike učenja lahko primeren

vzvod za kreativnost učencev zlasti ob sodobnih in aktualnih vsebinah širšega področja tehnologij in spodbudnem učnem okolju.

Ključne besede: Tehnika in tehnologija, učenje s poizvedovanjem, tehniška ustvarjalnost, odnos učencev do tehnike in tehnologije, test ustvarjalnosti z risanjem.

Abstract

Creativity, as one of the important skills of the 21st century, is strongly included in every process of designing and constructing, both in the classroom and in the branches of economic activities and daily life, so we need to develop it throughout the vertical of schooling and beyond. This study discusses the adequacy and successfulness of the inquiry-based learning method for developing technical creativity in the design and technology classes in primary school. The aim of our work was to discover whether the inquiry-based learning on the topics of optimizing water and wind turbines which were lectured on different levels of inquiry-based learning and with different teacher participation had an effect on the technical creativity and how. We used the quantitative approach of empirical experimental pedagogical research method; 154 pupils in 8th and 9th grade from five primary schools in the academic year 2015/16 participated in the research. The pupils actively participated in two different levels/genres of inquiry-based learning which are the most suitable for primary schools, that is structured and oriented learning with inquiry. To assess the pupils' attitude and experience in design and technology we used a non-standard questionnaire "Design and me" while we tested creative thinking with a standard test with drawing TCT-DP. The standard test of creative thinking with drawing was carried out as a pre- and post-test; while the "Design and me" was a one-time test. Based on the findings we judged that the design days at school with different levels/genres of inquiry-based learning help increasing technical creativity. The bigger contribution to creativity was from the workshop Optimizing wind turbines where the pupils were only oriented towards the problems while the pupils in the workshop Optimizing water turbines were given more structure and more teacher participation. The pupils scored in the pre-test on average 24.18 points from 78, while they improved on the post-test to 27.87 points. These values are comparable with the so-far measured achievements of the Slovene pupils from 8th and 9th grades. The effect of the workshops of the directed inquiry-based learning is statistically meaningful ($\alpha < 0.05$) and valued as moderate (Cohen $d = 0.54$). In general, the pupils' attitude towards design and technology is average on the scale with the medium value 2.5. We also established that the positive attitude towards design and technology contributes to developing technical creativity. The interest in design and technology is especially important since it has a strong predictive value on increase of technical creativity ($\alpha = 0.01$, $\beta = 0.33$) and shows that it is necessary to maintain motivation during inquiry-based learning and the second important factor of the relationship, being aware of the consequences of design and technology, also statistically meaningfully predict the increase of technical creativity ($\alpha = 0.02$, $\beta = 0.21$).

The research showed that a creative teacher and his/her participation is not enough for an effective development of technical creativity with pupils; while the appropriately designed active forms of learning can be an appropriate lever for pupils' creativity, especially with modern and up-to-date contents of the wide area of technologies and a stimulative learning environment.

Key words: Design and technology, inquiry-based learning, technical creativity, pupils' attitudes towards technology, testing creative thinking with drawing.

Uvod

Tehnika predstavlja naš vsakdan in se razvija tako hitro, kot se razvija družba. Potreba po znanju tehnike in inženirstva je vedno večja. Vsak dan se v družbi pojavi tehniški ali tehnološki

problem, ki ga želimo rešiti čim hitreje, k rešitvi pa v veliki meri pomaga ustvarjalnost, ki jo ima v določeni meri vsak posameznik. Ustvarjalnost in inovativnost sta zato ključnega pomena pri doseganju višje kakovosti življenja in zmanjšanju vplivov na okolje ter pri reševanju velikih družbenih izzivov, kot so: javno zdravje, staranje prebivalstva, energija, voda in hrana, podnebne spremembe, pandemije in socialna varnost ali stabilnost (Luchs idr., 2016; Wrigley in Straker, 2017). Prav tako krepita našo sposobnost spodbujanja večje rasti produktivnosti, boljših storitev in večje blaginje; omogoča tudi pojav novih poslovnih modelov in inovativnih načinov dela, ki ponujajo večjo prožnost delodajalcem in zaposlenim (Wrigley in Straker, 2017).

V okviru tehnološkega problema se je smiselno osredotočiti na tehniško ustvarjalnost, ki ji ime nadenemo takrat, ko ljudje ustvarijo novo teorijo, tehnologijo ali idejo. Ustvarjalnost v osnovni šoli (OŠ) ne spodbujajo vsi učni predmeti, zato je tehnika in tehnologija (TiT) s svojimi metodami aktivnega, na učenca osredinjenega dela in učenja še toliko bolj pomembna. Ustvarjalnost pri omenjenem predmetu naj bi krepili predvsem s postavljanjem odprtih problemov, iskanjem izboljšav izdelkov in novih funkcionalnosti, razširitvijo področja uporabe izdelka. Koncept pouka TiT temelji na snovanju oz. oblikovanju tehniških izdelkov oz. procesov (Jensterle, 2017).

Snovanje kot osrednja aktivnost tehniškega in inženirskega delovanja je opredeljena kot »sistematičen, inteligenen postopek, v katerem oblikovalci ustvarjajo, ocenjujejo in določajo koncepte za naprave, sisteme ali za procese, katerih oblika in funkcija dosegata cilje stranke ali potrebe uporabnikov ob izpolnjevanju določenega niza omejitev«. (Dym idr., 2005, str. 104). Skladno s to definicijo so bile opredeljene posebne veščine, potrebne za uspešno inženirsko oblikovanje, vključno z zmožnostjo: a) prenašanja dvoumnosti skozi divergentno-konvergentni proces razmišljanja; b) razmišljati v smislu širše slike; c) ravnati z negotovostjo; č) sprejemanja odločitev; d) razmišljanja kot del skupine v družbenem procesu; e) razmišljanja in komuniciranja v več jezikih snovanja (Dym idr., 2005).

Uporaba snovskega razmišljanja v izobraževanju ustreza teoriji konstruktivizma (Noweski idr., 2012). Ta se osredinja na procese, s katerimi študentje gradijo svoje miselne strukture iz interakcije med svojimi izkušnjami in idejami. Ta teorija daje prednost praktičnim, samodejno usmerjenim dejavnostim, namenjenim snovanju in odkrivanju (Wenger, 2009). V tehniškem in inženirskem izobraževanju vključujemo študente v reševanje realnih in življenjskih problemov s pristopom, ki je osredinjen na študenta, vključili se bodo kot aktivni udeleženci v socialnih skupnostih, razvijali empatijo kot rezultat svojih izkušenj v dejanskih okoliščinah in oblikovali identitete v povezavi s temi skupnostmi. Zato lahko snovalsko razmišljanje povežemo s socialno teorijo učenja, ki jo je predlagal Wenger (2009); ta se osredinja na učenje kot družbeno udeležbo.

Zelo pomemben vidik snovskega razmišljanja je ustvarjalna ideja, ki prevladuje ves čas procesa snovanja (Sung in Kelley, 2019). Najti nove ideje, tehnične izboljšave in inovacije je velik izziv za vsakega oblikovalca. Ustvarjalnost igra pomembno vlogo v procesu snovskega razmišljanja kot sredstva za premostitev raziskav in zasnove koncepta (Luchs idr., 2015; Sung in Kelley, 2019). Z več iteracijami na področju raziskav snovanja (uporabniških študij in vpogledov), idej, oblikovanja prototipov in testiranja ima ustvarjalnost pomembno vlogo pri reševanju problemov pri primerjanju, ocenjevanju in vrednotenju, izbiri, združevanju in uporabi

znanj ter veščin v povezavi z doseganjem praktičnih rešitev (Koh idr., 2015; Luchs idr., 2015; Plattner idr., 2018).

Ustvarjalnost oz. ustvarjalni potencial je vpliven dejavnik vzdržnega razvoja katerekoli organizacije, kot so izobraževalne, umetniške, znanstvene, industrijske ... (Unsworth 2001). Skupaj z inovacijami olajša transformacijo vlog posameznikov, skupine ali organizacije na zelen nivo ali zeleno stanje (Rank, Pace in Ferse, 2004). Še več, ustvarjalnost je bila izkazana kot ena izmed prvih treh veščin, potrebnih za konkurenčno zaposljivost na trgu dela v 21. stoletju (Avsec in Šinigoj, 2016; Barbot idr, 2015), in sicer poleg medosebnih veščin komunikacijskih spretnosti ter veščine kritičnega razmišljanja in reševanja problemov. Inovativnost bi morala biti ključni produkt ustvarjalnega procesa v tehniškem in inženirskem izobraževanju (Avsec in Šinigoj, 2016; Cropley, 2015).

Tehniška ustvarjalnost se kot ena od domen ustvarjalnosti odraža na različne načine: v konceptualni preslikavi izdelka na drugo področje uporabe, redefiniciji, preprostih in naprednih inkrementacijskih izboljšavah izdelka, razširitvi rabe, rekonstrukciji in preusmeritvi ter ponovni uvedbi izdelka na drugem nivoju uporabe (Cropley, 2015). Tehniška ustvarjalnost je v okviru predmeta TiT večkrat omenjena in promovirana, manjkajo pa ključni dokazi o uspešnosti pouka TiT z ozirom na dvig ustvarjalnega mišljenja učencev. Še zlasti je viden primanjkljaj na področju inventivnih izdelkov, izboljšav izdelkov in procesov, neustrezno učno/delovno okolje ter kognitivna obremenitev na razvoj ustvarjalnosti neprimernih organizacijskih oblik in metod pouka (Avsec in Šinigoj, 2016). Znano je tudi dejstvo, da ustvarjalen učitelj na ustvarjalni proces v razredu ima vpliv, ni pa še poznano, kako je z razvojem ustvarjalnosti pri aktivnih oblikah učenja, kjer so učenci v središču učnega procesa, učitelj pa služi bolj kot usmerjevalec in usklajevalec.

Dandanes poznamo veliko načinov poučevanja, vendar kljub temu učitelji še vedno stremijo k tradicionalni obliki, saj je zanjo potrebno vložiti najmanj truda, v razredu porabimo najmanj časa in rezultati poučevanja so vidni takoj. Vendar pa je smiselno monotonost pouka popestriti z induktivnimi metodami, med katere sodi tudi poizvedovalno učenje (PU), saj take oblike od učenca zahtevajo večjo miselno aktivnost in ga postavijo v samo središče, hkrati pa omogočajo razvoj osebnih in medosebnih veščin ter tehniških sposobnosti za obvladovanje tehnoloških sprememb. Avtorji so se ukvarjali z merjenjem ustvarjalnosti z uporabo različnih testov (Torrance, Guilford, Wallas in Kogan, Lubart, Urban ...) (Jensterle, 2017). S temi testi so avtorji identificirali nadarjene ljudi. Nekateri so iskali sestavine divergentnega mišljenja, drugi so primerjali uspešnost v šoli z ustvarjalnostjo, nekateri so iskali povezave med učnimi stili študentov in njihovo ustvarjalnostjo. PU ima pozitivne učinke na znanje in na razvoj veščin in spretnosti raziskovanja, reševanja problemov, ni pa še jasnih dokazov o tem, kako učenje s poizvedovanjem vpliva na razvoj tehniške ustvarjalnosti.

Ustvarjalnost in tehniška ustvarjalnost

Ustvarjalnost ali kreativnost je bistven element učnega procesa. V splošnem velja, da je ustvarjalnost sposobnost za inovacije in biti zmožen preseči, kar je že znano (Jaarsveld, Lachmann, van Leeuwen, 2012). Različni avtorji navajajo različne razlage pojma, saj poenotena definicija ne obstaja. Papatnik (1991) navaja, da je ustvarjalnost bistvena in splošna človekova lastnost. B. Marentič Požarnikova (2000) meni, da je ustvarjalna oseba tista, ki prispeva nove, edinstvene ideje in iznajdbe. Barbot, Besancon in Lubart (2016) navajajo, da

je ustvarjalnost sposobnost kreacije originalnega izdelka ali procesa znotraj določenega področja in omejitev. Ustvarjalnost je opredeljena tudi kot sposobnost ustvarjanja rešitve za slabo definiran problem ali pa kot sposobnost opredeljevanja novih problemov (Jaarsveld idr., 2012). Omeniti velja Guilforda (1971), saj je avtor delitve mišljenja na divergentno in konvergentno. Ustvarjalnost je uvrstil v divergentno mišljenje, saj ta vrsta mišljenja spodbuja iskanje več različnih rešitev problema, ki je ga je potrebno rešiti. Lastnosti ustvarjalnega mišljenja so:

- ustvarjalna fantazija,
- odkrivanje problemov in
- toleranost do nedoločenosti (prav tam).

Omenimo še faze ustvarjalnega mišljenja, ki so naslednje:

- preparacija,
- inkubacija,
- iluminacija in
- verifikacija (prav tam).

Za področje TiT je še posebno zanimiva Unsworthova (2001) matrika vrst ustvarjalnosti. Sestavljena je iz dveh dimenzij, in sicer prva dimenzija je tip problema, ki je lahko odprt ali zaprt, druga dimenzija pa je spodbuda, ki je lahko notranja ali zunanja. Glavne štiri kategorije ustvarjalnosti so naslednje:

- *odzivna ustvarjalnost* (ang. responsive creativity) – problem je podan, v naprej predstavljen, kar pomeni, da je zaprt. Udeleženec se reševanja problema loti zaradi zunanjih vplivov oziroma spodbujevalcev. Je najbolj prevladujoča oblika ustvarjalnosti. Svoboda pri izbiri nalog v tej kategoriji je precej omejena.
- *pričakovana ustvarjalnost* (ang. expected creativity) – problem je navadno odkrit z lastnim zanimanjem, spodbuda pa je zunanja. Udeleženec si tako izbere sam temo ali materiale.
- *prispevajoča ustvarjalnost* (ang. contributory creativity) – problem je podan, spodbuda pa prihaja iz udeleženca samega. To je ustvarjalnost, kjer udeleženec sam sprejema odločitve raziskovanja problema, vendar je slednji v naprej popolnoma določen.
- *proaktivna ustvarjalnost* (ang. proactive creativity) – motivacija je samo notranja, udeleženec pa na lastno pobudo diagnosticira težavo in poskusi priti do rešitve problema. Predlogi rešitve so tako prostovoljni. Zelo pogosto se pojavlja pri izboljševanju proizvodnih procesov, prav tako pa tudi pri izboljšavi že obstoječih proizvodih ali predlogih za nove izdelke (Unsworth, 2001).

Učenci, ki so aktivni in ne pasivni, ne potrebujejo osnovne algoritmične strukture, vendar potrebujejo dovolj prostora, da vidijo celotno sliko, da so lahko bolj ustvarjalni (Szewczyk-Zakrzewska in Avsec, 2016). Avtorja sta tudi pokazala neposredno sklopitve učnih stilov učencev in ustvarjalnosti, kar je lahko v pomoč vsakemu učitelju TiT za optimizacijo pouka učenja ob hkratnem dvigu ustvarjalnosti. Še posebej izpostavljen cilj TiT je doseganje izboljšav izdelkov, lahko pa so cilj tudi novi in originalni izdelki, kar je pod domeno tehniške ustvarjalnosti.

Človek je ustvarjalen na vseh področjih svojega življenja, najsi bo to pri kuhanju, izbiri oblek ali pa zgolj pri razporejanju svojega prostega časa. TiT kot obvezen predmet v osnovni šoli pa učence spodbuja k dvigu tehniške ustvarjalnosti.

Trstenjak (1981) ugotavlja, da ni vsako človeško delovanje tudi produktivno, saj ni vsak izdelek oziroma produkt tudi izviren in uporaben. Preoblikovanje obstoječega v novo obliko ali nov proizvod imenujemo reprodukcija, kar pomeni, da ni nujno odkriti nekaj novega. Papotnik (1991) tehniško ustvarjalnost razume kot sposobnost, nadarjenost človeka za preoblikovanje materiala in energije v dobro človeka. Za umetniško in znanstveno-tehnično ustvarjalnost je značilno preoblikovanje začetne situacije v drugo, nam nepoznano situacijo. Pri tem odkrivamo nov svet in prepletamo tako zavestne kot podzavestne dejavnosti. Tehniška ustvarjalnost nam omogoča reproduktivne in produktivne tehnične dejavnosti. Med reproduktivne dejavnosti sodijo ponavljanje, izvajanje, urejanje delovnih operacij in izvajanje operacij. Med produktivne tehnične dejavnosti pa sodijo projektiranje pripomočkov, postopkov in načinov dela, konstruiranje modelov, naprav, delovnih postopkov, učil ... (Papotnik, 1992). Ustvarjalnost v tehniki lahko enačimo s konstrukcijskim, tehničnim in tehnološkim razmišljanjem. Faze tehniške ustvarjalnosti so:

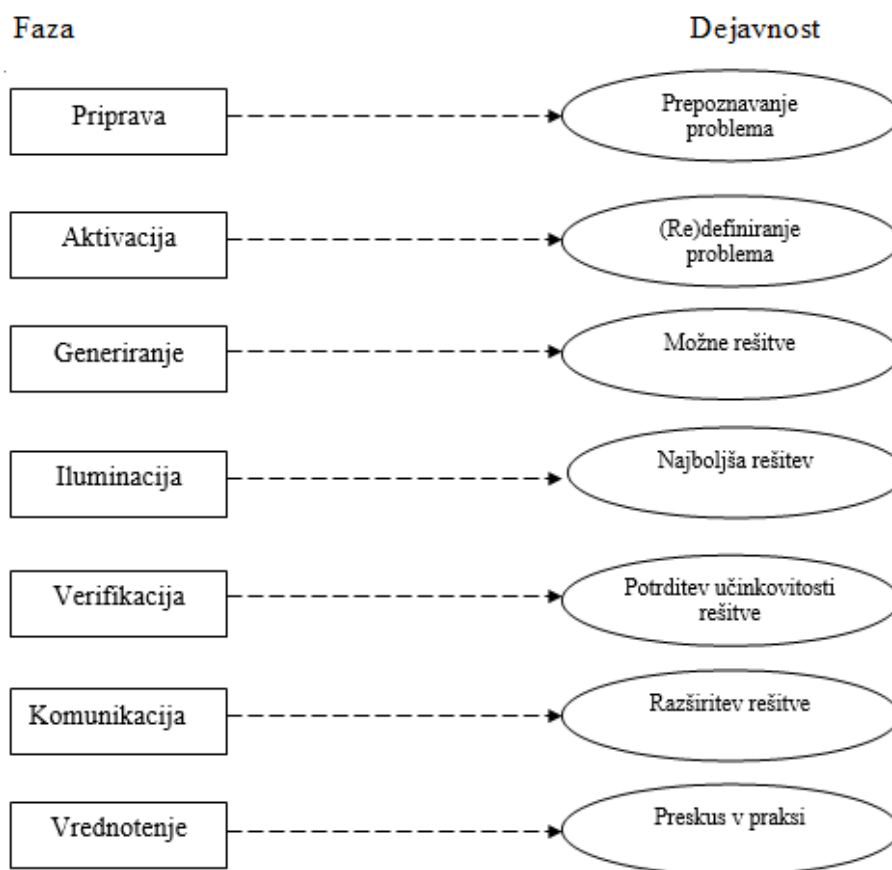
- tehnična zamisel,
- zbiranje in analiza materialov za njeno realizacijo,
- realizacija in
- kontrola rezultata (Papotnik, 1991).

Trstenjak (1981) opozarja, da ne smemo enačiti pojmov, kot sta ustvarjalnost in produktivnost, saj produktivnost deluje z učinkom, proizvaja nove kvalitete, ustvarjalnost pa se izraža v znanstveni in umetniški smeri. To pomeni, da mnogokrat pri ustvarjalnosti ne dosežemo realizacije ideje. Cropley (2015) opredeli sestavine ustvarjalnega mišljenja za razvoj tehniške ustvarjalnosti, kot so: tekočnost (število) idej, prilagodljivost idej, izvirnost/originalnost, dodelanost in natančnost, figuralna elaboracija, občutljivost za probleme in sposobnost redefinicije. Za potrebe tehniškega in inženirskega izobraževanja je razširil obstoječe modele (slika 1), ki omogočajo celovit dvig ustvarjalnega potenciala, ki se kaže pri ljudeh, na izdelkih in procesih. Model tudi regulira dejavnike okolja (virtualno, fizično, organizacijsko in socialno) ter zaporedje in nadgradnjo faz tehniške ustvarjalnosti.

Tuji avtorji tudi navajajo, da je tehniška ustvarjalnost (ang. technical creativity), ko ljudje ustvarijo novo teorijo, tehnologijo ali idejo (Understanding Creativity, b. d.). Novih idej ne bi bilo brez zastavljanja problemov, ki pa so v večini odprte narave, zato sta v okviru tega nam najbolj zanimivi pričakovana in proaktivna ustvarjalnost, ki smo jih opisali v zgornjem poglavju.

Tehniške ustvarjalnosti pa ne bi bilo brez spodnjih pojmov:

- *Izumiteljska ustvarjalnost* (ang. inventive creativity) je imeti cilj ustvariti ali se izmisliti novo kombinacijo sestavin, komponent, da bi spremenili izdelek, proizvod ali tehnološki postopek (Creativity and innovation, b. d.).
- *Oblikovalsko-tehniška ustvarjalnost* (ang. design creativity) se ukvarja z obravnavo problemov, potreb in želja ter nanje odgovoriti z razvojem novih idej, ki se razvijajo v uporabne izdelke (Design, Creativity and Technology, b. d.).
- *Tehniška inovacija* (ang. technical innovation) je, ko je nov produkt prepoznaven kot boljši od prejšnjega oziroma je proces boljši od že obstoječe konkurenčne tehnologije (Kastelic, 2016).
- *Invencija* (ang. invention) je nova ideja oziroma proces, ki spreminja idejo v izdelek, proizvod ali tehnološki postopek (prav tam).



Slika 1: Razširjen model faz razvoja tehniške ustvarjalnosti (Cropley 2015).

Vsak izdelek tehniške ustvarjalnosti se prične z idejo, kako rešiti problem, ali ustvariti novo potrebo. Potem se nadaljuje z izvedbenimi različicami, ki so bolj ali manj učinkovite. Najbolj učinkovita različica predstavlja osnutek za izdelavo izdelka, ki s svojo novostjo, izboljšavo, originalnostjo, redefinicijo ... predstavlja invencijo ali izum. Ko se pojavi zanimanje za invencijo, začnemo komercializacijo izdelka – izum dobi tržno vrednost, kar imenujemo inovacija. Tu pride do izraza definicija tehniške ustvarjalnosti, ki pravi, da gre za iskanje ali razvijanje novih teorij, tehnologij in idej, ki vodijo do izboljšave produkta ali procesa z na trgu prepoznano dodano vrednostjo.

Sklepamo lahko, da je tehniška ustvarjalnost potrebna v tehniških in inženirskih poklicih, kot so strojništvo, elektrotehnika, gradbeništvo, energetika, transport, biotehnologija, kmetijske tehnologije... S to vrsto ustvarjalnosti iščemo odgovore na probleme, ki jih v današnjem svetu ni malo, saj smo ljudje bitja, ki si želimo življenje kar se da poenostaviti, predvsem pa izboljšati, kar vpliva tudi na funkcionalnost in učinkovitost procesa ali izdelka. Za iskanje odgovorov na ta vprašanja je potrebna velika mera tehniške ustvarjalnosti v povezavi z znanjem.

Merjenje ustvarjalnosti

Ustvarjalnosti ni mogoče meriti neposredno. Testi ustvarjalnosti merijo specifične kognitivne procese, kot so divergentno mišljenje, ustvarjanje asociacij in izmišljevanje mnogih idej hkrati. Hkrati merijo tudi nekognitivne vidike kreativnosti, kot sta motivacija in osebnostne lastnosti. Med slednje sodijo fleksibilnost, odstopanje od neodvisnosti in drugačnost. Vsak test se ocenjuje drugače, z določenimi stopnjami sporazuma, rezultati pa morajo biti notranje stabilni.

Rezultate testov lahko uporabimo tako v raziskovalne kot tudi izobraževalne namene (Cropley, 2000).

Goff in Torrance sta leta 1989 naštel že 255 različnih merskih instrumentov, ki merijo ustvarjalnost. Med njimi so testi, katerih uporabnost je pod vprašajem (prav tam). Predstavljeni bodo testi, ki so najbolj poznani.

TTCT (Torrance Tests of Creative Thinking). Torrancevi testi ustvarjalnosti so bili prvič objavljeni leta 1966. Vsebujejo tako ustni test (Thinking Creatively with Words) kot risalni test (Thinking Creatively with Pictures), oba vsebujeta dve formi, in sicer A in B oziroma predtest in test. Pri verbalnem testu se preverja šest verbalnih aktivnosti, to so spraševanje, ugibanje vzroka, predlogi izboljšav, ugibanje posledic, nenavadna uporaba, nenavadna vprašanja in domneve. Pri risalnem testu se preverja tri dimenzije, to so fluentnost, fleksibilnost in originalnost (Cropley, 2000). Verbalni test se navadno uporablja od 1. razreda dalje v odraslost, risalni list pa se lahko uporablja v vrtcu. V priročniku za ocenjevanje najdemo točke, po katerih teste natančno ocenimo. Pri ocenjevanju je pomembna starost udeleženca (Torrance, 1974).

Guilfordov test je potrebno izpostaviti, saj je Guilford kot prvi psiholog definiral divergentno in konvergentno mišljenje (Guilford, 1971). Test udeleženca sprašuje po naštevanju predmetov v zvezi s hišo (npr. na kakšne načine lahko uporabimo opeko). Točkovanje je sestavljeno iz štirih kriterijev: originalnost ali izvirnost, fleksibilnost, tekočnost in podrobnejša izvedba (Guilford, 1976).

Pod naslednji vplivni preizkus ustvarjalnosti, imenovan Wallach in Kogan ustvarjalni testi (WKCT), ki se pojavil leta 1965, sta se podpisala Wallach in Kogan (Cropley, 2000). Avtorja običajno sprašujeta po predmetih, ki vsebujejo kolesa, so okrogle oblike, ali pa sprašujeta po predmetih, ki povzročajo hrup. Testi se ocenjujejo po identičnih kriterijih kot Guilfordovi testi (Wallach, M. A. in Kogan, N., 1965). Zadnja omenjena testa sta usmerjena v določene teme.

RAT test (Remote Associates Test) je bil objavljen leta 1962 in je malce drugačen od preostalih, saj temelji na tem, da so nekateri udeleženci testa boljši, drugi slabši. Takoj se pokažejo razlike med udeleženci. Na listu je zapisanih 30 raznolikih, med seboj na videz nepovezanih besed, ki jih moramo med seboj povezati s četrto besedo, ki se jo moramo domisliti. Če je povezava smiselna, je odgovor pravilen. Na voljo je 40 minut časa. Rezultat je število pravih odgovorov (Cropley, 2000).

Test EPoc (Evaluation of Potential Creativity) je vsestranski in konkurenčen test in preverja ustvarjalni koncept šoloobveznih otrok, torej v starosti od 5 do 18 let. Meritev ustvarjalnosti se nanaša na dve področji izražanja. Prvo področje je grafično (risanje), drugo pa verbalno (pisanje), kar hkrati pomeni, da gre v ozadju tudi za dve vrsti razmišljanja: divergentno-raziskovalno razmišljanje in konvergentno-integracijsko razmišljanje. V prvem najdemo številne izvirne odgovore, ki temeljijo na določenem dražljaju, ki ga učenec zazna. Druga vrsta razmišljanja pa proizvede več izvirnega dela in vključuje določene elemente ustvarjalne sinteze. V okviru tega testa se lahko meri tudi preostala področja, kot so verbalno-literarno področje, grafično področje, reševanje socialnih problemov in pa glasbeno področje (Epoc test, b.d., Barbot in ostali, 2016).

Naloge v testu glede na področja so:

- Divergentno-raziskovalno mišljenje (grafično) – udeleženci na testu morajo glede na zgodbo narisati čim več risb, kjer uporabljajo osnovne abstraktne oblike ali podobne oblike. Na voljo imajo 10 minut.
- Divergentno-raziskovalno mišljenje (verbalno) – udeleženci morajo zasnovati čim več preprostih zaključkov zgodbe kot odgovor na edinstven začetek zgodbe. Druga možnost pa je, da morajo zasnovati edinstven zaključek zgodbe kot odgovor na več začetkov zgodb. Na voljo imajo zopet 10 minut.
- Konvergentno-integracijsko mišljenje (grafično) – udeleženci morajo dokončati risbo z uporabo najmanj štirih od osmih priporočenih oblik ali z uporabo podobnih oblik. Na voljo imajo 15 minut.
- Konvergentno-integracijsko mišljenje (verbalno) – zapisati morajo zgodbo na podlagi podanega naslova zgodbe ali na opisu oseb, ki nastopajo v zgodbi (Barbot in ostali, 2016).

Test divergentne produkcije (Test of Creative Thinking – Divergent Production) -TCT-DP je hiter test in enostaven za uporabo ter vrednotenje.

Urban (2005, str. 237) in Jellen sta želela upoštevati pri zasnovi naslednje predpostavke:

- uporabnost in primernost za različne starostne skupine,
- praktičnost in ustreznost, ki pripomore k prepoznavanju tako visokih in nizkih kreativnih potencialov kot tudi zanemarnjenih ali slabo razvitih potencialov,
- enostavna in ekonomična uporaba, izvedba, točkovanje, interpretacija,
- ekonomičnost v času in materialu,
- kulturna nepristranskost.

Test je možno reševati skupinsko ali individualno, vendar se večinoma uporablja individualno. Sestavljen je iz dveh testnih pol – pred- in posttesta (Fric Jekovec in Bucik, 2015). Testa A kot predtest in B kot posttest se razlikujeta le v tem, da sta prezrcaljena, slika pa ostane ista (Tomori, 2016). Vnaprej je potrebno jasno podati navodila za reševanje, ki so standardizirana. Udeležencem testa se naroči, naj zapolnijo nedokončano risbo na kakršenkoli način. Nobena rešitev ni napačna, vse je dovoljeno. Čas je omejen na 15 minut. (Urban, 2015). Poljubno morajo dopolniti šest figuralnih elementov (pika, polkrog, vijuga, prekinjena črta, dve pravokotnici, tri črte v obliki črke U). Vse omenjene figure se nahajajo znotraj okvirja (Fric Jekovec in Bucik, 2015). Namenjen je širši populaciji, in sicer od petega leta dalje (Urban, 2005).

Z namenom spodbujanja ustvarjalnosti sta avtorja izbrala figuralne elemente, ki dajejo vtis nedokončanosti in nepravilnosti. Kot posledico izbire elementov sta pričakovala maksimalno fleksibilnost, ki je nujna za ustvarjalnost. Preprosti delci omogočajo raznolike ustvarjalne rešitve. Pred objavo testa sta tega opravila na populaciji nadarjenih učencev in na več tisoč različno starih oseb iz različnih držav. Delci namenoma sprožajo stereotipne odgovore, ki so značilni za udeležence z nižjo stopnjo ustvarjalnosti (Urban, 2005).

Naloga udeleženca je, da dopolni risbo na osnovi podanih figurativnih elementov. Ti so oblikovani z namenom, da so:

- drugačni v obliki,
- geometrični in negeometrični,

- okrogli in ravni,
- edninski in kompozicijski,
- prekinjeni in neprekinjeni,
- znotraj in zunaj (navidezno) postavljenega okvirja,
- postavljeni neenakomerno v dani prostor in
- nedokončani (prav tam).

Element, ki je dodaten in je hkrati tudi zelo pomemben, je veliki kvadratni okvir. Sposobnost tveganja, ki je sestavina ustvarjalnosti, preverjamo s kvadratnim okvirjem in zunanjim majhnim, odprtim kvadratom, in sicer na način, ali učenec opazi manjši odprti kvadrat oziroma ali nariše kaj izven večjega kvadrata/okvirja (prav tam).

Kriteriji ocenjevanja (1-15):

1. »*Stalnost*«: upošteva se vsaka uporaba, nadaljevanje ali razširitev danih figurativnih elementov; kriterij določa od 0 do 6 točk.
2. »*Dovršenost*«: upošteva se vsak dodatek, zaključek ali dopolnilo, ki je uporabljen, nadaljuje ali razširja figurativni element; kriterij določa od 0 do 6 točk.
3. »*Uporaba novih elementov*«: upošteva se vsaka nova figura, simbol ali oblika; kriterij določa od 0 do 6 točk.
4. »*Zveznost med elementi*«: upoštevajo se povezave z narisano linijo, ki povezuje en figurativni element ali figuro ali ene element z drugim; kriterij določa od 0 do 6 točk.
5. »*Prisotnost tematike*«: upošteva se vsaka oblika, ki je ustvarjena, da prispeva k širši kompoziciji in celotni tematiki – upošteva se ustvarjen motiv; kriterij določa od 0 do 6 točk.
6. »*Preseganje mej glede na zunanji element*«: upošteva se uporaba (3) in nadaljevanje/razširitev (6) majhnega odprtega kvadrata zunaj okvirja; kriterij določa 0, 3 ali 6 točk glede na način uporabe kvadrata.
7. »*Preseganje mej brez ozira na zunanji element*«: upošteva se uporaba prostora zunaj okvirja, ki nima povezave z zunanjim elementom, od njega je neodvisna; kriterij določa 0, 3 in 6 točk, ki se določijo glede na obseg neodvisne uporabe prostora zunaj okvirja.
8. »*Uporaba perspektive*«: upošteva se vsak poskus zunaj dvodimenzionalnosti; kriterij določa od 0 do 6 točk, šteje se vsak poskus.
9. »*Uporaba humorja in čustvenih tem*«: upošteva se vsaka vrsta risanja, ki v nas prebudi humoren odziv, prikazuje čutenje, čustvo ali močno ekspresivnost; kriterij določa od 0 do 6 točk, šteje se vsak posamezen izraz.
10. »*Nekonvencionalna uporaba materiala*«: upošteva se vsaka nekonvencionalna manipulacija materiala – papirja; kriterij določa 0 ali 3 točke, ki se štejejo, če se pojavi manipulacija.
11. »*Nekonvencionalnost v uporabi abstraktnih elementov*«: upošteva se vsak element ali risba, v kateri so prisotni surrealizem, fikcija ali/in abstrakcija; kriterij določa 0 ali 3 točke, ki se štejejo, če se pojavi nekonvencionalnost.
12. »*Nekonvencionalnost v uporabi simbola*«: upošteva se uporaba simbolov ali znakov; kriterij določa 0 ali 3 točke, če se pojavi nekonvencionalnost.
13. »*Nekonvencionalnost v podanih elementih*«: upošteva se nekonvencionalna uporaba danih elementov testa; kriterij določa 0, 1, 2, in 3 točke, če se pojavi nekonvencionalnost.

14. »Hitrost«: upošteva se hitrost, ki ima zgornjo mejo 15 minut; kriterij določa od 0 do 6 točk, ki so sorazmerno razporejene med minute reševanja. Višji, kot je čas reševanja, nižje so točke (Fric Jekovec in Bucik (2015), Urban (2005)).
15. »Tehniški in tehnološki dodatki«: ožja izbira tehniških in tehnoloških predmetov, strojev, naprav, orodij in pripomočkov. Kriterij določa od 0 do 6 točk.

Zadnji, petnajsti kriterij, smo dodali sami, saj smo želeli preveriti, kako so elementi tehniške in tehnološke figuralike integrirani v divergentno produkcijo oz. mišljenja samih učencev. Vseh možnih točk je 78. Večje, kot je število točk, bolj je učenec ustvarjaln.

Fric Jekovec in Bukovec (2015) navajata, da v Sloveniji še nimamo norm za Preizkus ustvarjalnega mišljenja TCT-DP. Povzemata pa avtorja testa, ki sta navedla, da je koeficient notranje zanesljivosti (α) med 0,89 in 0,97. To sta preverila na vzorcu 112 sedmošolcev, starih med 12 in 13 let, iz štirih različnih šol v Nemčiji (Jellen in Urban, 1985; v Urban, 2010). Gralewski in Karwowski (2012) sta navedla, da so notranjo zanesljivost ugotavljali na vzorcu 589 poljskih srednješolcev, starih med 16 in 20 let, kjer je bila ugotovljena malce nižja, pa vseeno še vedno primerna, in sicer Cronbach $\alpha = 0,74$. Tudi Szewczyk-Zakrzewska (2015) je nedavno izvajala raziskave z danim testom in prav tako ugotavljala zanesljivost, ki je za predtest izmerila Cronbach $\alpha = 0,73$, za posttest pa Cronbach $\alpha = 0,76$.

Aktiven pouk in odnos učencev do vsebin TiT

Induktivno učenje je ravno nasprotje od tradicionalnega, ki se največkrat uporablja pri pouku. Tradicionalno učenje in poučevanje navadno poteka tako, da je učitelj v ospredju, učencem predstavi temo, jo razloži, v drugi polovici učne ure pa učenci vadijo in utrjujejo pridobljeno znanje. Učenci so navadno pasivni.

Pri induktivnem poučevanju in učenju učitelj učno uro prične s podanim problemom ali izzivom. Naloga učenca je, da postane aktiven, učiteljeva vloga pa vedno bolj postaja pasivna oziroma je učencem na voljo za nudenje podpore, pomoči in usmerjanje. Učenec spozna potrebo po znanju, sposobnostih in razumevanju. Induktivnih metod je več in bodo predstavljene v nadaljevanju. Imajo nekaj skupnih lastnosti, kot so:

- v ospredju je učenec, ki ima več odgovornosti za svoje učenje,
- učenec mora biti pri urah aktiven, vključen je v diskusije, v reševanje problemov,
- značilno je skupinsko delo, znotraj skupin pa med učenci poteka nudenje pomoči (Prince in Felder, 2006).

Problemsko učenje je najbolj kompleksna in težka induktivna metoda pouka, saj zahteva ogromno količino časa, učitelj mora imeti zelo dobro strokovno znanje. Prične se, ko učence seznanimo z odprtim, nestrukturiranim, avtentičnim in realnim problemom. Naloga učitelja je stranska, vendar hkrati zelo pomembna, saj le ta hodi od skupine do skupine in odgovarja na njihova vprašanja. Ni pa njihov primarni vir informacij (Prince in Felder, 2006, Prince in Felder, 2007).

Problemsko učenje lahko poteka na različne načine:

1. poročanje skupin o njihovem napredku glede na težave in vprašanja skozi učenje,
2. manjša predavanja, preko katerih učenci delijo informacije in ugotovitve v zvezi z danim problemom in kjer so vključene vse skupine,
3. diskusija celotnega razreda.

Če je problem zasnovan dobro, učenci uporabijo za reševanje problemov vsebine, ki smo jih predvideli, in vse svoje znanje. Te metode dela lahko vključimo na različne načine, največ primerov pa zasledimo na zdravstvenih šolah in na področjih, ki so povezana z medicino, arhitekturo, psihologijo, poslovanjem ... (prav tam).

Kot osnovne korake problemskega učenja avtorja Princ in Felder navajata naslednje, povzeto po Jensterle (2017):

1. imenovanje – imenovanje glavnih vprašanj, povezanih s problemom,
2. okvirjanje – ustvarjati omejitve problema, torej kako širok je problem,
3. premikanje – eksperimentalno delo/akcija,
4. odsev – evalvacija in kritiziranje izvedbe druge in tretje točke korakov.

Študije so v 7 primerih pokazale pozitiven učinek na usvojitev novega znanja in v kar 15 primerih negativen učinek. Te študije so prikazale kratkoročni učinek. Ko pa so preverjali dolgoročni učinek na znanje, pa so bili rezultati vseh študij pozitivni, noben od rezultatov ni bil negativen. Pozitivne strani problemskega poučevanja na osebni ravni so razumevanje povezave med koncepti, globina konceptnega razumevanja, spretnosti dela v skupinah, višja prisotnost na predavanjih in sposobnost uporabe ustreznih metakognitivnih in skupinskih strategij (prav tam).

Projektno učenje se prične z eno ali več nalogami, ki tekom dela pripeljejo do končnega izdelka, pa naj bo to model, računalniška simulacija ... Projekt se navadno zaključi s pisnim ali ustnim poročilom, kjer učenci predstavijo pot do izdelka in izdelek. Poznamo tri tipe projektov, ki se med seboj razlikujejo v stopnji učenčeve avtonomije, in sicer:

1. Projektna naloga – učenci rešujejo projekt, ki jim ga je zadal učitelj. Prav tako imajo podane metode reševanja. Učenci s to vrsto projekta malo napredujejo, njihova motivacija je nizka.
2. Tematski projekt – učitelj definira območje tematike in splošne pogoje, ki jih morajo upoštevati pri reševanju projekta. Naloga učencev je izbrati poseben projekt in napovedati pristop, s katerim bodo projekt rešili.
3. Problemski projekt – učenci si sami izberejo problem in ga poskusijo rešiti. So povsem avtonomni.

Projektno učenje je enako problemskemu učenju v nekaterih segmentih. V obeh primerih učenci delujejo v skupinah, učenci morajo reševati probleme kot neke vrste strokovnjak, učenci morajo načrtovati strategije reševanja in za konec ovrednotiti končni izdelek. Pojavita pa se dve očitni razliki. Prva je, da ima projektno učenje širše območje uporabe in vsebuje več problemov hkrati. Končni izdelek je pri projektne učenju v ospredju, pri problemskem učenju pa je v ospredju pridobljeno novo znanje in njegova uporaba pri reševanju (Prince in Felder, 2006).

Učenje ravno ob pravem času kombinira spletno tehnologijo z aktivnimi metodami učenja v učilnici. Naloga učencev je, da individualno rešijo na spletu določene naloge. To morajo storiti preden se učna ura prične, saj učitelj pred uro pregleda njihove odgovore in na podlagi teh izve, kaj dela preglavice učencem, in temu prilagodi razlago. Takšen način učenja se ponovi večkrat tedensko.

Učenci morajo, preden se lotijo reševanja nalog, na spletu tudi pregledati vnaprej pregledati učno gradivo. Naloge so konceptualne in so namenjene v pomoč učencem, saj se le ti soočijo z napakami, ki jih naredijo. Učitelj posledično točno ve, kje se pojavljajo težave.

Spletni material je lahko v naslednjih oblikah:

1. novice, povezane s tematiko učne ure – novice demonstrirajo realne probleme, zgodovinske anekdote, opise znanih pojavov ...,
2. domača naloga na spletu – posebne naloge, ki jih spremljajo bogat dodatni material ali naloge, ki v učencih vzbudijo razmišljanje o problemu oziroma da pričnejo razmišljati globlje,
3. spletni pogovor – na spletu učitelj vzpostavi klepetalnico med učenci in učiteljem, kjer učenci podajajo svoje ugotovitve. Na to spletno mesto učitelj lahko naloži tudi učno gradivo prejšnjih šolskih ur (Prince in Felder, 2006).

Učenje z odkrivanjem (angl. *Discovery learning*) je del pristopa poizvedovalnega učenja, kjer imajo učenci podano vprašanje, na katerega morajo odgovoriti, problem, ki ga morajo rešiti, in niz opazovanj, ki jih morajo razjasniti. Učitelj nudi učencem podporo, vendar jih ne vodi ali usmerja. Tak način poučevanja se mnogokrat izvaja na fakultetah. Večkrat se uporablja vodeno odkrivanje, kjer se učiteljeva vloga poveča, saj ti vodijo skozi učni proces (Prince in Felder, 2006).

Poizvedovalno učenje

Poizvedovalno učenje (PU) ima za seboj že dolgo in močno tradicijo predvsem v naravoslovnem izobraževanju (Prince in Felder, 2006). To vrsto učenja promovirajo višje metakognitivne ravni, ki so povezane z izboljšanjem poznavanja vsebin. Izboljšajo se tudi sposobnosti reševanja problemov. Učiteljeva vloga je biti povezovalac skupin, nudi pomoč le, ko je to potrebno (Avsec, 2016).

Pomembni koraki poizvedovalnega učenja so: problem, postopek in rezultat. Glede na to, katere od teh korakov poznamo, ločimo pet vrst PU (potrjevalno, strukturirano, vodeno, odprto in kombinirano) (Avsec in Kocijančič, 2014).

Poizvedovalno učenje je sinonim za učenje s poizvedovanjem. S to vrsto učenja se spoznamo že kmalu po rojstvu, saj takoj pričnemo z raziskovanjem okolice in vedno naletimo na kakšne prepreke oziroma probleme, za katere moramo najti pot, rešitev ali pa moramo vse skupaj ponoviti. Učenje s poizvedovanjem lahko nastopi kot strategija, oblika ali metoda dela v razredu (Avsec in Kocijančič, 2016).

PU je v učenca osredotočen pristop poučevanja, kjer so kritično mišljenje, reševanje problemov in razvijanje komunikacijskih sposobnosti bolj pomembne veščine kot znanje o sami vsebini (Eisenkraft, 2003). Eisenkraft (2003) pravi tudi, da je PU večplastna dejavnost, ki uporablja številne metode za zbiranje in analizo podatkov, informacij. Primerja koncepte z rezultati, da bi se znanje dogradilo.

Hmelo-Silver, Duncan in Chinn (2007) pravijo, da je bilo PU razvito kot odgovor na zaznane probleme pri tradicionalnem načinu poučevanja, kjer se morajo učenci zgolj zapomniti snov, ki jim je podana, in so obremenjeni z veliko količino gradiva in z navodili.

Marshall, Horton in Smart (2009) pa gledajo na PU kot obliko induktivne pedagogike, kjer je napredek ocenjen na podlagi tega, kako dobro učenci razvijajo eksperimentalne, analitične, ustvarjalne in reflektivne kompetence, ne pa koliko kompetenc ti učenci že imajo. Kompetence pri učencih so vidne v obliki dobrih vprašanj, v ugotavljanju in zbiranju uporabnih podatkov ter sistematični predstavitvi ugotovitev.

Učiteljeva naloga pri PU je:

- voditi učence skozi vprašanja in probleme in v njih prebuditi zanimanje, da problem vsebuje zanimiv učni potencial,
- konstruktivno uporabiti učenčevo znanje,
- podpirati in voditi učenčevo avtonomno delo zgolj, ko je to potrebno,
- voditi manjše skupine in voditi diskusijo s celotnim razredom,
- spodbujati diskusijo, kjer učenci vidijo alternativne vidike,
- pomagati učencem vzpostaviti povezavo med njihovimi idejami in jih povezati s koncepti in metodami (Avsec in Kocijančič, 2014).

Učenec se ne sme počutiti osamljenega, ampak naj jih učitelj vodi, kolikor je to potrebno, vseeno pa naj bo njihovo delo neodvisno (Avsec in Kocijančič, 2014). Učitelj mora imeti tudi ustrezne vodstvene sposobnosti. Različni stili vodenja imajo na sam pouk tudi različne učinke. Raziskave kažejo, da je *Laissez-Faire* stil vodenja učitelja omogočil najboljše učne učinke pri učenju s poizvedovanjem (Avsec 2016). Za ta stil je značilno, da učitelj proces v celoti prepusti učencem, in sicer tudi organizacijo in tempo, poseže le pri ključnih elementih interpretacije. Priporočljivo je, da so učenci kognitivno bolj zmožni (prav tam). Za izrazito heterogene skupine je bolj učinkovit transakcijski stil vodenja z jasnimi navodili, večkratnim poseganjem in ustreznimi nagradami kot dodatna motivacija. Za najmanj učinkovitega pri učenju s poizvedovanjem se je izkazal transformacijski stil vodenja. Domnevamo, da je preveč dinamike in premalo lastne vpletenosti povzročilo številna nerazumevanja konceptov. Ta stil vodenja zahteva izkušene učitelje, ki so vzor učencem, ter jim z lahkoto pokažejo uporabe številnih hevrstik pri reševanju tehniških in tehnoloških problemov (Avsec 2016).

PU lahko pri učencih izboljša kritično razmišljanje, sposobnosti za obdelavo informacij in omogoča izboljšati učenčeve samoregulativne učne sposobnosti (Avsec in Kocijančič 2016).

Vedno je potrebno izpostaviti ključne pozitivne lastnosti, saj se na podlagi teh odločimo za uporabo določenega modela. Ključne pozitivne lastnosti v prid PU so:

1. razvoj kritičnega razmišljanja učečih,
2. izboljšanje sposobnosti za poizvedovanje, preiskovanje, raziskovanje,
3. prevzemanje večje odgovornosti za lastno učenje (metakognicija),
4. intelektualna rast (Prince in Felder, 2006).

Učenje s poizvedovanjem zasledimo v različnih oblikah. Oblike PU so odvisne od učenčeve sposobnosti samousmerjanja, poudarka na učenju, učiteljeve vpletenosti in obsega učenja. Vse oblike temeljijo na stopnjah poizvedovanja, ki se med seboj pomembno razlikujejo. Te oblike so:

1. potrjevalno PU (učenci so v naprej seznanjeni z vprašanjem, potekom reševanja in rezultati),
2. strukturirano PU (učenci poznajo problem in oris poti, kako ga rešiti),

3. vodeno/usmerjeno PU (učenci poznajo zgolj problem, pot do rešitve morajo poiskati sami),
4. odprto PU (učenci si morajo sami zastaviti tudi problem in potem priti do rešitve),
5. kombinirano PU (poljubno kombiniramo različne nivoje, tudi najpogosteje izvajamo).

Ločimo še učiteljevo poizvedovanje in učenčevo poizvedovanje. Razlika je le v tem, kdo sestavi vprašanje. V prvem je to učitelj, v drugem pa učenec sam (Avsec in Kocijančič, 2014).

V literaturi je navedenih več modelov PU, predstavili bomo nedavno razvitega, katerega avtorja sta Avsec in Kocijančič (2014). Imenuje se IBL model za tehniško izobraževanje in omogoča sumativno ocenjevanje, aktivno metakognitivno refleksijo in več mehanizmov za pridobitev povratnih informacij. Metakognitivna refleksija učenja postane osrednji pojem skozi vse faze tega modela in ne le v kasnejših fazah postopka (Avsec in Kocijančič, 2016).

Znotraj modela se skriva osem E-jev, vsak od njih predstavlja korak, ki si morajo slediti linearno. Ti E-ji so:

1. Izziv in sodelovanje (ang. **E**licit and engage) – v tem koraku se preveri predhodno znanje in poskuša motivirati učence. Sledi zastavitev problemske situacije in raziskovalna vprašanja.
2. Raziskovanje (ang. **E**xplore) – uporaba 365 metode za iskanje idej in samoocenjevanje. Hkrati v tem koraku poteka tudi preiskovanje fizičnih dokazov za potrjevanje raziskovalnih vprašanj in analiza dokazov.
3. Razlaga (ang. **E**xplain) – interpretacija in razlaga.
4. Modeliranje in eksplicitna diagnostika (ang. Modeling and **e**xplicit diagnostics) – ta korak temelji na projektiranju in konstrukciji rešitev. Učenci spoznajo, da ni popolne rešitve, večkrat je potrebno za doseg kvalitativnih podatkov in informacij tudi kaj izdelati.
5. Razlaga in povezava (ang. **E**xplain and connect) – na podlagi eksperimenta učenci načrtujejo testiranje hipotez, potreben je material, gradijo znanstveno znanje.
6. Izdelava (ang. **E**laborate) – izmenjava podatkov med skupinami. Predstavitev in obrazložitev le teh.
7. Evalvacija (ang. **E**valuate) – razgovor o napačnih predstavah in iskanje rešitev pasti, na katere so naleteli skozi raziskovanje.
8. Razširitev (ang. **E**xtend) – razmišljanje o vseh korakih učenja. Možnost prenosa rezultatov še drugam (Eisenkraft, 2003, prav tam).

Model predstavlja uspešno nadgradnjo predhodnih in tudi še obstoječih modelov PU, zlasti Eisenkrafta 5E in Marshallov model 4Ex2. Nov model izboljša vključitev učencev, dodane so tehnike in metode ustvarjalnega mišljenja, in sicer tako za divergentno produkcijo idej kot tudi konvergentno krčenje za dokončen izbor (Avsec in Kocijančič, 2016). Ključna faza diagnostike in modeliranja pa še dodatno motivira učence, saj močno povečuje vzdržen interes, ki je ključni za dvig ustvarjalnosti (Avsec in Šinigoj, 2016). Namreč, kot kažejo raziskave, motivacija na začetku ure oz. učenja nima jasnih učinkov na vzdržnost ustvarjalno-učnega procesa z namenom dviga ustvarjalnosti in učenja (Avsec in Šinigoj, 2016; Szweczyk-Zakrzewska in Avsec, 2016).

Ker je PU v učenca usmerjeno poučevanje, kjer so kritično razmišljanje, reševanje problemov, sodelovanje in komunikacijske sposobnosti učenca bolj pomembne veščine, ki jih osvoji

učenec, kot samo znanje o določeni temi, se učinki na pouk vidijo v obliki naslednjih dejanj, kjer učenci:

- znajo oblikovati smiselna in dobra vprašanja,
- so uspešni pri zaznavanju in zbiranju materiala, ki jim pomaga pri poti do rešitve,
- sestavijo sistematične predstavitve rešitve problema oziroma poti do rešitve,
- mnogokrat zaidejo tudi na napačne poti do rešitve problema, vendar sami najdejo pravo pot oziroma presodijo, kdaj pot ni smiselna,
- razvijejo sposobnost delovanja v skupini,
- se naučijo tudi samostojnega učenja in reševanja problemov,
- pri reševanju problemov iz realnega življenja razvijajo tudi kritično mišljenje (Avsec in Kocijančič, 2016).

Tudi različni nivoji PU imajo specifike pri uporabi. Prva dva nivoja (potrjevalno in strukturirano PU) sta zlasti uporabna na nižji stopnji OŠ, vodeno oz. usmerjeno pa v višjih razredih OŠ in srednji šoli. Odprto PU pa se priporoča za nivo visokošolskega izobraževanja, kjer imajo študenti že dovolj razvito metakognicijo, da poznajo procese samoregulacije ter imajo višji nivo potrebne proaktivnosti oz. tehniške/tehnološke pripravljenosti (Avsec in Šinigoj, 2016).

Odnos učencev do vsebin TiT in tehnike nasploh

Tehnologija je prisotna v naših življenjih vsakodnevno in največ v celotni zgodovini človeštva. Mladi kažejo zanimanje za tehnološke produkte, vendar pa njihovo mnenje glede izobrazbe in kariere v tehnični smeri ni najbolj pozitivne narave. Če želimo vplivati na učenčevo mnenje glede odnosa do tehnike, moramo najprej ugotoviti, kateri so tisti faktorji, ki ključno vplivajo na njihov odnos. Kot prve faktorje za raziskovanje so si zadali navdušenje, uživanje, dolgočasje in interes. (Ardies in drugi, 2015).

Odnos je širok pojem z različnimi interpretacijami in definicijami. Skupaj z znanjem in veščinami tvori kompetence za uspešno in usklajeno delovanje in izvajanje nalog. Najbližja razlaga pojma odnosa za naše področje je, da je odnos psihološka nagnjenost osebe do tehnike, ki je pogojena z določeno stopnjo koristi, najsi bo to dobra ocena ali dober izdelek (Ardies in drugi, 2015).

Raziskave so pokazale, da se interes v človeku ključno izoblikuje do dopoljenega 14. leta, odnos do tehnike in tehnologije pa se izoblikuje med 12. in 14. letom (prav tam).

Jain (2014) navaja tri komponente, iz katerih je sestavljen odnos. Te so:

- afektivna komponenta – to je čustven odziv (pozitiven ali negativen) na odnos. Posameznikov odnos ni tako preprosto določiti, saj se čustva pojavijo šele takrat, ko je oseba v spoznavnem procesu z objektom.
- konativna komponenta – to je vedenjska težnja posameznika, ki ga sestavljajo ukrepi in opazovani odzivi na objekt. Gre za odziv, ki ga stori oseba v povezavi s problemom in akcijo, ki mu je dana. Vsebuje niz odzivov, ki so navadno predvidljivi.
- kognitivna komponenta – nanaša se na mnenje, prepričanje, misli posameznika o objektu. Mnenje oseba izoblikuje v skladu s podatki, ki jih ima o objektu. To je komponenta, kjer posameznik organizira in skladišči pridobljene informacije.

Koncept odnosa do tehnike in tehnologije ne moremo gledati kot enoten konstrukt, vendar kot večdimenzionalen. Med raziskovanjem vidikov, ki vplivajo na odnos, je De Vries (1988) definiriral naslednjih pet dimenzij:

1. Prizadevanja za doseg kariere na področju tehnologije, kjer učenec pokaže ambicije za študij s kompetencami tehnologije v njem, ali si želi v prihodnosti delo, ki je v povezavi s tehnologijo.
2. Interes za znanje vsebin TiT, kjer ima učenec željo vedeti in se učiti o teh vsebinah.
3. Zaznavanje težavnosti TiT, kjer učenci povedo, kako zahtevne se jim zdijo vsebine tehnike in tehnologije v šoli.
4. Zavedanje posledic TiT pomeni, kako posameznik vidi vplive TiT na okolje in družbo, naj si bodo le ti pozitivni ali negativni.
5. Tehnika in tehnologija kot vsebine, primerne tako za moške kot ženske. Ta dimenzija meri učencev odnos do tehniških in inženirskih poklicev v domeni določenega spola.

Raziskave so pokazale, da so pomembni dejavniki odnosa:

- razvojne razlike med dečki in deklicami in pri različnih starostih,
- prisotnost tehnoloških igrač in konstrukcijskih zbirk,
- vpliv staršev in
- pomembnost konteksta (Ardies in drugi, 2015).

Raziskave glede odnosa do TiT po spolu so pokazale, da v splošnem dečke TiT zanima bolj kot deklice. Deklice dokazano gojijo manj pozitiven odnos do kariere v znanosti in tehnologiji. Prav tako menijo, da je tehnologija zahteven predmet v šoli. Kotte (1992) in Mawson (1995) sta pokazala, da obstajajo razlike med dečki in deklicami, ki so povezane s starostjo. Pri dečkih, ki so stari med 10 in 14 let, je bila ugotovljena rast zaznave uporabnosti vsebin TiT. Nasproti so rezultati o uporabnosti vsebin TiT pri dečkih in deklicah, ki so že dopolnili 14 let. Do starosti 10 let strokovnjaki niso zaznali razlik v interesih med dečki in deklicami, po tej starosti pa se pričnejo interesi predvsem deklic spreminjati (Ardies idr., 2015). Keše (2016) je v svojem diplomskem delu ugotovil, da razlik med učenci 5. in 6. razreda skoraj ni, vendar je opazna razlika med deklicami in dečki, in sicer predvsem v željah po šolanju ali poklicu v TiT in pa kategoriji TiT in pa spolu, seveda v korist dečkov. Presenetil ga je pa zaznan interes učencev za področje TiT in poznavanje posledic TiT, ki je bil nadpovprečen ne glede na spol in starost učencev. Tudi splošen odnos do TiT je bil nadpovprečen. Modičeva (2016) pa je v svojem diplomskem delu ugotavljala razlike v odnosu do TiT med učenci in učenkami 6. in 9. razreda in če se odnos do devetega razreda kaj spremeni. Ugotovila je, da imajo učenci 6. razreda večji odpor do TiT kot učenci 9. razreda. Učenci te starosti prav tako mislijo, da fantje vedo več o TiT kot dekleta in da so bolj sposobni opravljati poklice s področja TiT. Glede na spol pa imajo dekleta slabši odnos do poklicev v TiT, ne kažejo zanimanja za TiT in imajo odpor do nje. Dekleta hkrati tudi menijo, da so fantje bolj sposobni opravljati tehniške poklice. Splošen odnos pa je bil podpovprečen (2,9).

Razlike med spoloma lahko obstajajo tudi zaradi prisotnosti in dejanske količine igre s tehniškimi/tehnološkimi igračkami in konstrukcijskimi zbirkami. Tehniške igrače imenujemo tudi konstrukcijske igrače, kot so LEGO kocke (prav tam). Mammes (2004) je mnenja, da dekleta ne morejo vzpostaviti takšnega odnosa s tehnologijo, ki bi lahko povečala njihov interes do kariere v tehnologiji, saj imajo manj izkušenj s tehnološkimi igračkami in so tudi manjkrat pozvane k nudenju pomoči in sodelovanju pri popravljanju predmetov.

Prisotnost tehnoloških igrac v domačem okolju dokazano kaže na pozitivno korelacijo na različne dimenzije odnosa do tehnike. V šolah in vrtcih še vedno velja stereotip, da so igrace razdeljene glede na spol, kar nosi tudi posledice na odnos do TiT (Ardies in drugi, 2015).

Študije so pokazale, da starši s svojim odnosom mnogokrat vplivajo na otrokov odnos do znanosti in tehnike. V družinah so mnogokrat matere tiste, ki menijo, da znanost ni primerna za ženski spol, in tako negativno vplivajo na odnos hčera do tehnike (prav tam). George (2006) pa je vseeno mnenja, da je vpliv staršev na otrokov odnos zelo majhen oziroma statistično nepomemben.

Pri učencih sta še posebej izrazni emocionalna (motivacija, nekomformizem) in konativna komponenta njihovih zmožnosti na odziv na določeno tehnološko spremembo pa tudi njihov osebni učni stil (Zakrzewska in Avsec, 2016), samoučinkovitost in sposobnost samoregulacije (Avsec in Kocijančič, 2016).

Kognitivna, konativna in emocionalna komponenta tvorijo ob učnem okolju osnovo ustvarjalnega potenciala, nujnega za ustvarjanje produktov oz. procesov. Ustvarjalnost v tehniki in inženirstvu je po razlagi Barboti idr. uvrščena med tri najbolj zaželene veščine na trgu dela (2015). Še vedno pa ni jasnih dokazov, kako je odnos učencev do TiT, gledano po kategoriji odnosa, povezan z dvigom ustvarjalnosti po izvedenem ustvarjalno-učnem procesu.

Namen in cilji

V raziskavi se osredotočamo na ugotavljanje primernosti učenja s poizvedovanjem vsebin TiT z namenom dopolnitve nabora uveljavljenih aktivnih metod pri poučevanju/učenju TiT, ki bo značilno razvijala tudi tehniško ustvarjalnost. Še zlasti je pomembno, da podamo vpogled v koncepte, ki omogočajo aktivacijo in razvoj lastnih pobud in konstruktivnega obnašanja/pristopa učencev, ki je ključno za prevod ustvarjalnih idej v uspešne inovacije (Avsec in Šinigoj, 2016). Osredotočamo se predvsem na tematiko, primerno za obravnavano v okviru tehniških dni kot odprtem učnem sistemu.

Raziskavo bodo usmerjala naslednja raziskovalna vprašanja (RV1-3):

RV1: Kakšen je učinek PU na tehniško ustvarjalnost?

RV2: Ali obstajajo razlike med učenkami in učenci glede tehniške ustvarjalnosti in če so, kakšne so?

RV3: Kako odnos učencev do TiT vpliva na prirastek oz. dvig ustvarjalnosti?

Naša motivacija je ugotoviti vpliv različnih nivojev in zvrsti PU na razvoj tehniške ustvarjalnosti ob upoštevanju različne predispozicije (odnos) učencev do vsebin TiT.

Metoda

Za potrebe raziskave smo uporabili kvantitativni raziskovalni pristop z uporabo kvazi-eksperimenta.

PU smo izvajali kot pedagoški eksperiment v realnem razredu, in sicer v okviru tehniških dni kot odprtega učnega sistema, kjer so bili zagotovljeni vsaj minimalni pogoji glede pouka, kot so: učne metode, oblike, učni cilji, učno okolje in sredstva oz. pripomočki.

Tehniške dni smo izvajali v okviru troletnega evropskega šolskega projekta z imenom Chain Reaction (slovensko Verižna reakcija), ki je vključeval učence, stare od 14 do 16 let, in njihove učitelje. Projekt je financirala Evropska komisija in je bil sestavni del sedmega okvirnega programa za raziskave, tehnološki razvoj in predstavitvene dejavnosti. V projekt Chain Reaction je bilo vključenih devet evropskih držav, to so Slovenija, Velika Britanija, Italija, Slovaška, Bolgarija, Francija, Nemčija, Grčija in Irska, ter Turčija, Gruzija in Jordanija. Model projekta Chain Reaction je bil ciklični. To pomeni, da so v projektu vsako novo šolsko leto (2013/14, 2014/15 in 2015/16) sodelovali novi učitelji iz različnih šol. Na ta način smo omogočili sodelovanje v projektu čim večjemu številu učiteljev. Z gradivi, ki so prilagojena kurikulumu in kulturi vsake posamezne države, prinaša projekt tudi trden in trajnosten okvir učenja naravoslovno-tehniških vsebin. Vsako leto je v projektu sodelovalo 5 osnovnih šol, torej skupaj 15. Glavni namen je bil razvijati naravoslovno-tehniško razmišljanje in praktične spretnosti. Način poučevanja je bil definiran kot inovativen in ustvarjalen. Vsebine so bile okoljsko naravnane in pa perspektivne, saj so se dotikale tudi življenja v vesolju. Učenci so delali po skupinah, kjer so morali s kritičnim razmišljanjem rešiti probleme iz teme, v kateri so sodelovali. Svoje končno delo so predstavili na šolski ravni in na nacionalni konferenci (Chain Reaction – o projektu, b. d.).

V sodelovanju s šolami smo izvajali naslednje teme: sončno ogrevanje, optimizacija vodnih turbin, rastline v vesolju, pametni električni avtomobil in optimizacija vetrnih turbin (Chain Reaction, 2017).

Za potrebe magistrskega dela smo raziskavo izvajali na dveh različnih delavnicah, in sicer z naslovoma: Optimizacija vetrnih turbin in Optimizacija vodnih turbin (Jensterle, 2017).

Skupni cilj obeh delavnic je bil ugotoviti najvišji izkoristek vodne turbine oziroma vetrne turbine. Do rezultatov so učenci prišli tako, da so najprej s tehnikami ustvarjalnega mišljenja določili parametre vpliva in nato spreminjali te parametre, ki so se nanašali na lopatice, rotor, materiale, iz katerih so lopatice ... Podroben opis izvedbe aktivnega učenja je v delu Jensterle (2017). Izvedba je potekala s pomočjo poizvedovalnega učenja, in sicer z vodenim poizvedovalnim učenjem, kjer ima učitelj pomembno vlogo, saj vodi, usmerja, poda problem, prav tako poda tudi pot do rešitve.

Vzorec

Raziskava temelji na namenskem vzorcu. Vzorec predstavljajo udeleženci tehniških dni, ki smo jih izvedli v okviru projekta EU sedmega okvirnega programa Chain Reaction. Udeleženih je bilo 154 učenk in učencev iz petih slovenskih osnovnih šol (OŠ), in sicer iz naslednjih:

- OŠ Franja Goloba, Prevalje,
- OŠ Koper, Koper,
- OŠ Antona Žnideršiča, Ilirska Bistrica,
- OŠ Draga Kobala, Maribor in
- OŠ Bratov Polančičev, Maribor.

Ti učenci so v šolskem letu 2015/2016 obiskovali 8. ali 9. razred osnovne šole.

Iz osnovne šole Franja Goloba, Prevalje, je bilo na delavnici prisotnih 18 učenk in 10 učencev. Prav tako so na osnovni šoli Koper prevladovala učenke, in sicer jih je bilo prisotnih 20, učencev pa 13. Najbolj številčno zastopana šola je bila OŠ Draga Kobala, Maribor, kjer je bilo prisotnih 20 učenk in 23 učencev. V Ilirski Bistrici je bilo skupaj 24 učencev, od tega 14 učenk in 10 učencev. Na zadnji osnovni šoli, to je šola Bratov Polančičev, Maribor, pa je sodelovalo 12 učenk in 14 učencev. Izraženo v odstotkih je v raziskavi sodelovalo 55 % deklet in 45 % fantov. Preglednica 1 prikazuje udeležence po šolah in po spolu.

Preglednica 1: Pregled števila sodelujočih učenk in učencev po šolah.

| | Učenke | Učenci | Skupaj |
|--|---------------|---------------|---------------|
| OŠ Franja Goloba, Prevalje | 18 | 10 | 28 |
| OŠ Koper | 20 | 13 | 33 |
| OŠ Antona Žnideršiča, Ilirska Bistrica | 14 | 10 | 24 |
| OŠ Draga Kobala, Maribor | 20 | 23 | 43 |
| OŠ Bratov Polančičev, Maribor | 12 | 14 | 26 |
| Skupaj | 84 | 70 | 154 |

Instrumenti

Nestandardizirani vprašalnik Tehnika in jaz je bil pripravljen za delo na tehniških dnevih v okviru projekta Chain reaction v šolskem letu 2013/14, in sicer je to prirejen in nadgrajen test Pupils Attitudes Toward Technology (1993), katerega obseg vprašanj je zmanjšan na 25 (Ardies in ostali, 2013). Za potrebe raziskav pri nas ga je priredil, prevedel in nadgradil Avsec (2016).

Sestavljen je iz dveh delov. Prvi del sestavlja 13 vprašanj demografske narave. Učenca sprašujejo po imenu, spolu, starosti, razredu, srednji oceni pri TiT, navadah doma in v družini (področje zaposlitve staršev, uporaba tehničnih igrač, ali imajo tehnično delavnico doma, izobrazba sorojencev, želje glede poklica v inženirstvu). Rubrike, kot so ime, starost, razred in srednja ocena učenec zapiše sam. Rubriko spol obkroži, kjer ima na voljo »M« in »Ž«. Rubriko področja zaposlitve staršev izpolni tako, da obkroži oceno od 1 do 5, kjer 1 pomeni »nič«, 5 pa pomeni »zelo veliko«. Na zadnjih šest vprašanj učenec odgovori tako, da obkroži »Da« ali »Ne« (Avsec, 2016).

Drugi del vprašalnika je razdeljen na šest konstruktov(1-6):

1. PTI – odločitev o bodočem poklicu s področja TiT ali inženirstva. Konstrukt vsebuje 4 vprašanja.
2. ZTiT – interes za TiT. Konstrukt vsebuje 6 vprašanj.
3. OTiT – odpor do TiT. Konstrukt vsebuje 4 vprašanja.
4. TiTS – primernost TiT glede na spol. Konstrukt vsebuje 3 vprašanja.
5. KTiT – posledice TiT, zavedanje pomembnosti TiT. Konstrukt vsebuje 4 vprašanja.
6. TTiT – težavnost TiT. Konstrukt vsebuje 4 vprašanja (Avsec, 2016; Keše, 2016).

Vprašanja v drugem delu so zaprtega tipa. Učenci obkrožijo trditve od 1 do 5, s katero se najbolj strinjajo. 1 pomeni »Ne strinjam se«, 5 pomeni »Strinjam se« (prav tam).

Preverjena je bila notranja zanesljivost testa, kjer je bila vrednost Cronbach $\alpha > 0,60$ (prav tam). Zanesljivost nam pove, ali so rezultati prve meritve usklajeni z rezultati druge meritve. Ali je test zanesljiv, nam pove koeficient Cronbach α . Če je koeficient Cronbach $\alpha > 0,6$, potem je test zanesljiv in primeren za nadaljnjo uporabo (Ferligoj, A., Leskovšek, K. in Kogovšek, T.). Zanesljivost vprašalnika Tehnika in jaz smo preverjali za vsako od šestih kategorij posebej. Dobili smo rezultate, ki so prikazani v preglednici 2.

Preglednica 2: Vrednost Cronbach α po kategorijah vprašalnika Tehnika in jaz.

| Kategorija | Vrednost Cronbach α |
|------------|----------------------------|
| PTI | 0,92 |
| ZTiT | 0,81 |
| OTiT | 0,85 |
| TiTS | 0,90 |
| KTiT | 0,74 |
| TTiT | 0,65 |

Zadnja kategorija (težavnost TiT) ima precej nižjo zanesljivost kot ostale kategorije, vendar vseeno višjo od 0,60, kar ustreza pogojem, da je kategorija dovolj zanesljiva in primerna za uporabo. Sumimo na slabo poznavanje pojmov tehnika in tehnologija in posledično večje deviacije v rezultatih opredelitve oz. percepcije težavnosti.

Kot test ustvarjalnosti smo izbrali TCT-DP test z risanjem, saj omogoča merjenja ustvarjalnosti naše ciljne skupine. Je enostaven za izvedbo, kratek ter omogoča tako grafične kot negrafične manipulacije. Za raziskovanje in vrednotenje ustvarjalnosti učencev z uporabo Testa ustvarjalnega mišljenja z risanjem (TCT-DP) smatramo, da je pomemben povzetek učenčevih razvojnih stopenj ustvarjalnosti v risanju, ki jih je na podlagi raziskovanj z omenjenim testom razvil in pojasnil Urban (2005). Ugotovitve povzema in predstavlja tudi Cropley (2000), ki ga uvrsti kot primerne tudi za vrednotenje učinkov razširjenega model razvoja ustvarjalnega mišljenja (Cropley 2015). Že do sedaj izkazana zanesljivost testa je ustrezno merilo za napovedno veljavnost rezultatov.

Rezultati testa zanesljivosti kažejo, da je test ustvarjalnosti TCT-DP zmerno do visoko zanesljiv, saj je vrednost Cronbach $\alpha = 0,78 > 0,60$. Rezultati so primerljivi z ostalimi raziskavami do sedaj znanimi raziskavami (Jenstrle, 2017).

Postopek zbiranja in obdelave podatkov

Podatke smo zbirali s pomočjo vprašalnika *Tehnika in jaz* ter testa *TCT-DP* na mestu samem z uporabo metode reševanja svinčnik in papir.

Podatki so obdelani z računalniškim programom SPSS. Uporabljena je osnovna deskriptivna statistika. Izračunane so frekvence (f), odstotki (%), povprečne vrednosti (M) in standardna odstopanja (SD). Ustreznost merskih karakteristik smo preverjali z zanesljivostjo in občutljivost. Homogenost varianc smo preverili z Levene testom. Statistično pomembne razlike med skupinama smo preverili s pomočjo analize variance in določili velikost učinka parcialni eta kvadrat - η^2 . Pri interpretaciji velikosti učinka bomo sledili priporočilom Cohen-a (1988). Za

določanje napovedne vrednosti dejavnikov odnosa do tehnike in tehnologije za ustvarjalne dosežke smo uporabili večkratno regresijo.

Rezultati

Rezultate podajamo kot smo si zastavili raziskovalna vprašanja.

Učinek poizvedovalnega učenja na ustvarjalnost

V tem podpoglavju bomo pogledali tri različne učinke, in sicer: učinek PU v splošnem, učinek dveh različnih delavnic in učinek po spolu.

Učinek PU v splošnem

Učinek smo merili s t-testom za parne primerjave, ki ga uporabimo, ko imamo eno skupino in znotraj nje merimo razlike, torej v našem primeru nas zanima, ali se povprečno število točk na predtestu in posttestu razlikuje. Maksimalno možno število točk na testu je bilo 78.

Vrednost t-testa za parne primerjave je med povprečno doseženimi točkami na predtestu in posttestu iz ustvarjalnosti pokazala statistično pomembne razlike ($t = 4,785$, $df = 149$, $\alpha < 0,001$). S tveganjem, manjšim od 0,1 %, trdimo, da bi tudi v osnovni množici učenci dosegli boljše rezultate na posttestu, kjer so dosegli povprečno 27,18 točke ($s = 8,08$), kot na predtestu, kjer so dosegli povprečno 24,87 točke ($s = 7,98$).

Ugotovili smo, da je učinek šibak do zmeren (Cohen $d = 0,289$) (Cohen idr., 2003).

Učinek dveh različnih delavnic

Pri izračunu učinka dveh različnih delavnic smo uporabili normaliziran prirastek, ki ga je dosegel učenec, saj je le ta bolj merodajen. Prirastek bomo izrazili v odstotkih. Razlika v napredku učenca, ki doseže zgolj eno točko več na posttestu kot predtestu, je spremenljiva glede na možno število točk. Torej, če je možnih 10 točk in učenec napreduje za eno točko, je svoj dosežek izboljšal kar za 10 %, če pa je možnih točk 50 in napreduje za eno točko, pa je svoj dosežek izboljšal zgolj za 2 %.

Normaliziran prirastek ($\langle g \rangle$) smo računali po naslednji enačbi (1) (Colt idr., 2011):

$$\langle g \rangle = \frac{\text{dosežene točke posttesta} - \text{dosežene točke predtesta}}{\text{možno število točk na testu} - \text{dosežene točke predtesta}} \cdot 100 \quad (1)$$

Za statistično obdelavo smo uporabili t-test, s katerim smo primerjali normaliziran prirastek dveh skupin, ki sta si med seboj neodvisni.

Levenov test je pokazal normalno porazdelitev vzorcev, saj je $\alpha = 0,963 > 0,05$ ($F = 0,002$). V nadaljevanju je t-test za neodvisne vzorce pokazal statistično pomembne razlike ($t = 3,272$, $df = 148$, $\alpha = 0,001$). Lahko trdimo, da bi se prav tako v osnovni množici pojavljale razlike med prvo in drugo delavnico v normaliziranem prirastku oz. dvigu ustvarjalnega potenciala.

Izračunali smo še učinek Cohen d, kjer smo aritmetični sredini 1. skupine (\bar{x}_1) in 2. skupine (\bar{x}_2) med seboj odšteli in delili s skupnim standardnim odklonom s. Izračun prikazuje enačba (2) (Cohen idr., 2003):

$$\text{Cohen } d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_{\text{skupna}}} \quad (2)$$

Izračun učinka Cohen d = 0,54, kar pomeni, da je učinek delavnic na ustvarjalnost srednje velik (Pituch in Stevens, 2016).

Vpliv delavnice Optimizacija vetrnih turbin na dvig ustvarjalnosti znaša 6,91 % ($s = 10,75$), vpliv delavnice Optimizacija vodnih turbin na dvig ustvarjalnosti pa 1,03 % ($s = 11,25$). Dvig ustvarjalnosti upošteva tudi negativen prirastek. Če bi upoštevali samo pozitiven prirastek, bi bil odstotek višji. Učenci so v okviru delavnice, ki je imela višji prirastek, načrtovali bolj samostojno. Učenci, sodelujoči v delavnici Učinkovitost vodnih turbin, pa so bili bolj vodeni, posledično je tudi prirastek ustvarjalnosti toliko nižji.

Učinek glede na spol

Učinek glede na spol smo merili s t-testom za parne primerjave, saj nas je zanimalo, ali se normaliziran prirastek glede na spol razlikuje in za koliko.

Vrednost t-testa za parne primerjave je med učenkami in učenci glede normaliziranega prirastka pokazala statistično pomembne razlike ($t = -2,033$, $df = 148$, $\alpha < 0,044$). S tveganjem, manjšim od 4,4 %, lahko trdimo, da bi tudi v osnovni množici učenci dosegli višji normaliziran prirastek, saj so dosegli 5,85 % ($s = 11,10$) več, dekleta pa so dosegle normaliziran prirastek v velikosti 2,11 % ($s = 11,37$).

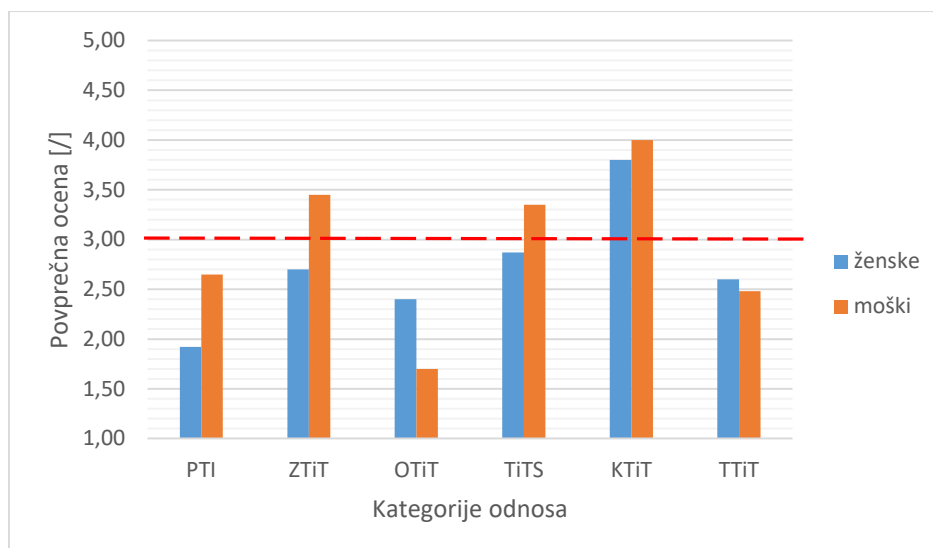
Merili smo tudi učinek s Cohen d, kjer smo dobili rezultat 0,334, kar pomeni, da je bil učinek PU v dveh različnih delavnicah šibak do zmeren, saj smo znotraj intervala $0,2 < \text{Cohen } d < 0,4$ (Null hypothesis testing and effect size, 2007).

Odnos do tehnike in tehnologije

V poglavju bomo pregledali, kakšen je zaznan odnos učencev do TiT glede na spol in delavnico, ki so jo učenci obiskali. Pomembno je izpostaviti, da smo te podatke pridobili pred samo izvedbo prvega tehniškega dne, tako da so učenci prišli na tehniški dan z že izoblikovanim mnenjem. Na to mnenje nismo imeli vpliva. Rezultate bomo navajali s povprečno vrednostjo in ne z absolutno vrednostjo, saj nas zanimajo zgolj razmerja. Srednja vrednost na lestvici pri vsaki kategoriji je 3, maksimalna vrednost pa 5.

Odnos do TiT glede na spol

Pregledali bomo, kolikšno povprečno vrednost so dosegli učenci in učenke v posameznih kategorijah, kar prikazuje slika 2.



Slika 2: Odnos do tehnike glede na spol, kjer je srednja točka lestvice 3.

Razlike glede na spol so najbolj opazne pri kategorijah PTI, ZTiT in OTiT, kar je razvidno iz slike 2. Največje možno število točk je bilo 5. Ugotovili smo, da bi se fantje hitreje odločili za poklic s področja TiT ali inženirstva, saj so imeli povprečno vrednost višjo od deklet za 0,74, kar je kar 15 % celotne vrednosti. Fantje so dosegli 2,68 povprečne vrednosti, dekleta pa 1,94. Prav tako fantje kažejo večji interes za TiT, in sicer so dosegli povprečno vrednost 3,49, kar je 0,78 več kot dekleta, ki so dosegla 2,71. Pri tretji kategoriji (OTiT) pa so fantje povprečno dosegli 1,75, kar je 0,6 manj kot dekleta, ki so dosegla 2,35 povprečne vrednosti, torej imajo fantje manjši odpor do TiT, posledično so povprečno dosegli tudi manj točk. Vseeno pa rezultat prikazuje, da imajo dekleta podpovprečen odpor do TiT.

Manjše in skoraj neopazne razlike med spoloma pa so se pojavile pri kategorijah TiTS, KTiT in TTiT. V kategoriji TiTS so učenci dosegli povprečno 3,31, kar je 0,44 več kot učenke, ki so dosegle 2,87 povprečne vrednosti. Rezultati kažejo, da sta oba spola splošnega mnenja, da je TiT bolj primerna za moški spol. Najmanjše razlike smo opazili v kategoriji KTiT, kjer je razlika v povprečno doseženih točkah zgolj 0,19, in sicer so učenci dosegli povprečno 4 točke, učenke pa 3,81 točke. Skoraj iste razlike smo opazili pri zadnji kategoriji, poimenovani TTiT, kjer so učenke dosegle povprečno vrednost 2,63, učenci pa 0,20 manj.

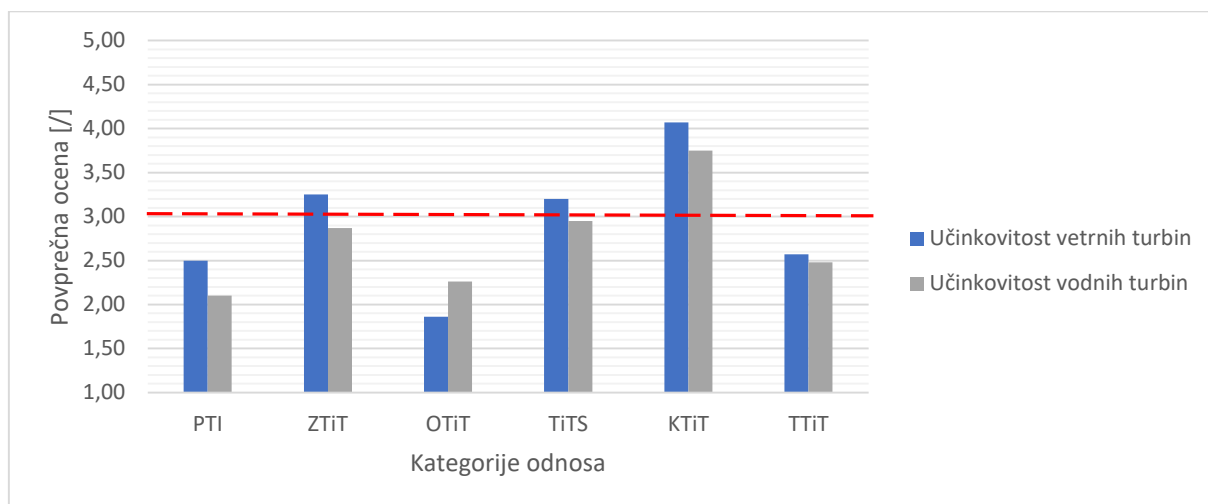
Odnos do TiT po vrsti učenja

Razlike v povprečni oceni se najbolj opazijo pri kategorijah PTI, ZTiT, OTiT in KTiT, kar je razvidno iz slike 2. Največja razlika je nastala pri kategoriji PTI, kjer so učenci prve delavnice (tema optimizacija vetrnih turbin) dosegli povprečno vrednost 2,53 točk, učenci druge delavnice (tema učinkovitost vodnih turbin) pa 2,06. To pomeni, da učenci prve delavnice bolj razmišljajo o izbiri poklica s področja TiT ali inženirstva. Razlika v povprečni vrednosti med prvo in drugo delavnico je 0,47 v prid prve delavnice. Razlike v kategoriji ZTiT so manjše, in sicer v prid prve delavnice (dosegli so 3,26 točke), kjer so učenci povprečno dosegli 0,35 točke več kot učenci druge delavnice (2,91 točke). Razlika je majhna, vendar vseeno pomeni, da so učenci prve delavnice pokazali večji interes do TiT kot učenci druge delavnice. Hkrati pa to pomeni, da je interes za TiT malce nadpovprečen. Razlika je opazna tudi v kategoriji TTT, kjer so učenci druge delavnice pokazali večji odpor do TiT, dosegli so 0,4 točke več, in sicer 2,26

povprečne vrednosti, učenci prve delavnice pa so dosegli 1,86 točke. Odpor do TiT je majhen, saj se vrednosti točk gibljejo pod vrednostjo 2,5. Posledic TiT se po rezultatih sledeč bolj zavedajo udeleženci prve delavnice (dosegli so povprečno 4,06) kot udeleženci druge delavnice (dosegli so 3,75 povprečne vrednosti).

Nepomembne razlike so nastale pri kategorijah TiTS in TTiT, saj so razlike v povprečnem številu točk manjše od 0,15 točke.

Dosežene povprečne vrednosti so podane na sliki 3.



Slika 3: Odnos do TiT glede na delavnico, ki so jo učenci obiskali, kjer je srednja točka lestvice 3.

Glede na pridobljene rezultate lahko rečemo, da imajo učenci, ki so obiskovali delavnico z naslovom Optimizacija vetrnih turbin, rahlo bolj pozitiven odnos do TiT kot učenci, ki so obiskovali delavnico z naslovom Optimizacija vodnih turbin.

Učinek odnosa do TiT po kategorijah in vrsti delavnice

Izračunali smo velikost učinka oziroma stopnjo povezanosti učencev pri različnih kategorijah odnosa do TiT. Izračunali smo ga s pomočjo delnega eta kvadrata (η^2), kar prikazuje preglednica 3.

Preglednica 3: Učinek odnosa do TiT po kategorijah in vrsti delavnice na ustvarjalnost.

| Kategorija | df | M^2 | F | α | η^2 |
|------------|----|-------|------|----------|--------------|
| PTI | 1 | 8,16 | 7,11 | 0,009 | 0,046 |
| ZTiT | 1 | 4,62 | 5,06 | 0,026 | 0,033 |
| OTiT | 1 | 5,75 | 5,54 | 0,020 | 0,036 |
| TiTS | 1 | 2,27 | 1,63 | 0,283 | 0,008 |
| KTiT | 1 | 3,42 | 5,04 | 0,026 | 0,033 |
| TTiT | 1 | 0,48 | 0,68 | 0,413 | 0,005 |

Učinek se v kategorijah PTI, ZTiT, OTiT in KTiT izkazal za majhen oziroma šibak. Statistično značilnega učinka v kategorijah TiTS in TTiT ni zaznati (Table of interpretation for different effect sizes, b.d.).

Dobljen učinek je majhen in tak, kot smo želeli že ob začetku raziskave, da lahko delavnici med seboj primerjamo in zmanjšamo pristranskost.

Napovedna vrednost odnosa do tehnike in tehnologije za ustvarjalne dosežke

Napovedno vrednost smo računali z večkratno regresijo in dobili statistično značilen učinek ($df_1 = 6$, $df_2 = 143$, $F = 1,57$, $\alpha < 0,002$). Delež pojasnjene variance pri ustvarjalnih dosežkih je $R^2 = 0,14$, kar lahko ocenimo kot zmeren učinek (Avsec in Kocijančič, 2016).

Zanima nas utež β , saj nam napove učinek in smer odnosa do TiT na ustvarjalne dosežke ($1 \geq \beta \geq -1$). V preglednici 4 imamo podatke, ki smo jih pridobili. Ugotovili smo, da ima ZTiT največjo napovedno veljavnost pri oceni ustvarjalnih dosežkih učencev, saj je vrednost uteži $\beta = 0,33$. Dobili smo še statistično značilen učinek zavedanja posledic TiT (KTiT), kjer je vrednost uteži $\beta = 0,21$, medtem ko ostale kategorije nimajo značilnega učinka ($\alpha > 0,05$).

Preglednica 4: Izračuni napovedane vrednosti odnosa do TiT za ustvarjalne dosežke.

| Kategorija | Nestandardizirani koeficienti | | Standardizirani koeficienti | | |
|------------|-------------------------------|-------------|-----------------------------|-------|--------------|
| | B | Std. napaka | β | t | α |
| PTI | -1,28 | 1,76 | 0,12 | -1,09 | 0,279 |
| ZTiT | 4,08 | 1,56 | 0,33 | 2,61 | 0,010 |
| OTiT | 1,81 | 1,28 | 0,10 | 0,93 | 0,356 |
| TiTS | -0,34 | 0,68 | -0,04 | -0,50 | 0,621 |
| KTiT | 3,03 | 1,30 | 0,21 | 2,34 | 0,021 |
| TTiT | -0,22 | 1,16 | -0,02 | -0,19 | 0,853 |

Ustvarjalne dosežke smo merili s testom *TCT-DP*, ki pretežno meri sposobnosti divergentne produkcije idej. Šolski sistem že od prvega razred dalje razvija bolj nasprotno, logaritmično razmišljanje, upoštevanje pravil, navodil, zakonov, predpisov, formul ipd. Učenci pri katerih bolj prevladujejo kognitivni miselni procesi bi lahko izkoristili tudi sposobnost kritičnega razmišljanja in skupaj z interesom, motivacijo in želja po dokazovanju obvladovanja vsebin in konceptov TiT še bolj napredovali v dosežku ustvarjalnosti.

Diskusija

V nadaljevanju podajamo kritično evalvacijo raziskovalnih vprašanj (RV1 – RV3).

RV1: Kakšen je učinek PU na tehniško ustvarjalnost?

To raziskovalno vprašanje smo razdelili na dva dela, in sicer del (I) in (II).

(I) Učinek PU na tehniško ustvarjalnost v splošnem

Preden smo pričeli z izvedbo prvega tehniškega dne, smo učencem razdelili test ustvarjalnosti (TCT-DP), s čimer smo ugotavljali stopnjo začetne ustvarjalnosti. Test TCT-DP smo izbrali, saj z njim lahko merimo mišljenje, upošteva pa tudi razvoj učenca. Ugotovili smo, da so učenci obeh delavnic povprečno dosegli 24,87 točk od možnih 78. Ob koncu drugega tehniškega dne

smo učencem v reševanje dali še posttest ustvarjalnosti, kjer so povprečno dosegli 27,18 točke. Če gledamo procentualno, so na predtestu dosegli 31,77 %, na posttestu pa 34,48 %.

Za izračun učinkovitosti učne intervencije smo uporabili t-test za parne primerjave. Izkazalo se je, da je učinek šibak do zmeren (0,289). Učenci so torej napredovali za 2,31 točke ali 2,97 %. Učenci imajo v okviru šole vedno manj vsebin, kjer lahko pokažejo svojo ustvarjalnost, in vsaka spodbuda, ki jo dobijo, pozitivno vpliva nanjo.

Modic (2016) v svojem diplomskem delu navaja, da so bili učenci 9. razreda v njeni raziskavi malenkost bolj ustvarjalni od učencev 6. razreda. V 9. razredu razlik med spoloma ni ugotovila, v 6. razredu pa so učenke malenkost bolj ustvarjalne od učencev. Končna ugotovitev je v tem, da so učenci z leti šolanja le malenkost bolj ustvarjalni. Žal še vedno ne vemo, ali kurikulum TiT omogoča značilen razvoj ustvarjalnosti, ki jo opredeljuje v svojih ciljih (pospeševalec), ali pa služi le kot kompenzator, ki z rabo hevristik uravnava tehniško ustvarjalnost zaradi preveč algoritmično zasnovanih učnih rezultatov in tradicionalno togega kurikulumu ostalih predmetov.

(II) Učinek dveh različnih delavnic (različni obliki PU) na tehniško ustvarjalnost

Vpliv delavnic smo računali z normaliziranim prirastkom. Vpliv delavnice na temo optimizacije vetrnih turbin (1) na dvig ustvarjalnosti znaša 6,91 %, vpliv delavnice optimizacija vodnih turbin (2) pa 1,03 %. Učinek smo izračunali s pomočjo Cohen d, kjer smo dobili rezultat 0,54, kar pomeni, da je učinek delavnic na ustvarjalnost srednje velik. V obeh primerih je učinek pozitiven, vendar pa se pojavljajo razlike med eno in drugo delavnico v dvigu ustvarjalnosti, zato smo poiskali razloge, ki so naslednji:

- pri drugi (2) delavnici so morali učenci izdelati 30 ali več povsem enakih lopatic, kar je zaviralo njihovo ustvarjalno mišljenje (reprodukcija),
- delo pri drugi (2) delavnici je bilo dolgotrajno in monotono,
- delo pri prvi (1) delavnici je spodbujalo kreativne ideje, saj so učenci morali sami glede na parameter, ki jim je bil določen, načrtovati najmanj tri različne tipe lopatic. Ideje, ki so jih imeli, smo poskusili prilagoditi toliko, da so bile izvedljive.
- učenci prve (1) delavnice so izdelali tudi že v naprej videno nedelujoče lopatice in jih tudi preizkusili, tako so bolj osmislili, kdaj je lopatica dobra in kdaj ne,
- učenci prve (1) delavnice so načrtovali samostojno, učenci druge (2) delavnice so bili v precejšnji meri vodeni oz. usmerjeni.

RV2: Ali obstajajo razlike med učenkami in učenci glede tehniške ustvarjalnosti in če so, kakšne so?

S pomočjo t-testa za parne primerjave med učenci in učenkami smo izračunali, da je PU na ustvarjalnost obeh spolov učinkoval pozitivno, vendar je imel večji učinek na učence, ki so imeli normaliziran prirastek 5,85 %, kot na dekleta, ki so ga imela 2,11 %. Razlike med spoloma so majhne, vendar opazne. Učinek na spol v obeh delavnicah je bil šibak do zmeren. Razlogi so lahko naslednji:

- učenci kažejo v osnovi večji interes za predmet TiT, tako so že z večjim zanimanjem pristopili k tehniškemu dnevu,
- učenci si bolj upajo rokovati z orodji, stroji in napravami, tako so imeli več idej, saj so se jim te zdele izvedljive.

Izračunali smo tudi učinek s Cohen d, kjer smo dobili rezultat 0,33, kar pomeni, da je bil učinek PU šibak do zmeren. Iz tega sklepamo, da povečanje ustvarjalnost ne izhaja toliko iz našega načina poučevanja, ampak iz interesa in osebnosti učenk in učencev samih.

RV3: Kako odnos učencev do TiT vpliva na prirastek k ustvarjalnosti?

S pomočjo vprašalnika Tehnika in jaz smo preverjali odnos učencev do tehnike in tehnologije. Odnos učencev do TiT je povprečen, neizrazit. Keše (2016) je ugotovil malce nadpovprečen odnos, Modic (2016) pa malce podpovprečen odnos. Torej noben od rezultatov ni pretirano pozitiven ali pretirano negativen. V vseh treh raziskavah bi se za poklic iz področja TiT odločilo več učencev kot učenk, prav tako učenci kažejo večji interes do TiT kot dekleta in posledično majhen odpor do TiT. Odpor obeh spolov do TiT pa je majhen. Oba spola se strinjata, da je TiT bolj primerna za moški spol, vendar pa rezultata v raziskavah obeh že omenjenih avtorjev odstopata, saj po teh raziskavah fantje še bolj izrazito menijo, da je to poklic, ki je bolj primeren za moški spol. Dosegli so povprečno kar 0,5 točk več kot v raziskavi, ki smo jo izvajali mi. Oboji se tudi v veliki meri zavedajo posledic tehnologije v današnjem času. Glede težavnosti predmeta pa se tako učenke kot učenci niso prav posebej opredelili, težavnost se jim zdi povprečna, zgolj v raziskavi Kešeta (2016) pri obeh spolih prevladuje mnenje o nadpovprečni težavnosti TiT.

Potrebno se je dotakniti še poglavja o zanesljivosti, kjer v kategoriji TTiT dosežemo zanesljivost na spodnji meji, in sicer Cronbach $\alpha = 0,65$. Razlog je v tem, da imajo učenci problem s percepcijo o tem, kaj sodi pod pojem TiT, saj v večini mislijo, da je tehnologija zgolj informacijsko-komunikacijska tehnologija, kar pa se jim zdi samoumevno, da obvladajo, saj so to generacije, ki se s to vrsto tehnologije srečujejo že od rojstva.

Z večkratno regresijo smo dobili pričakovan rezultat. Raziskava je pokazala, da večje kot je zanimanje za predmet TiT, več lahko od učenca ali učenke pričakujemo pri ustvarjalnosti ($\beta = 0,33$) oziroma pri dvigu ustvarjalnosti. Kaže na vzdržno motivacijo kot pomemben dejavnik ustvarjalnega procesa, kar sta pokazala tudi Avsec in Šinigojeva (2016). Naslednja kategorija odnosa do tehnike, kjer so učenci pri ustvarjalnosti bolj napredovali ($\beta = 0,21$), pa je zavedanje posledic tehnike v današnjem času. Bolj kot se učenci zavedajo posledic TiT, več lahko pričakujemo od njih pri napredovanju v ustvarjalnosti. Od učencev, ki jih predmet TiT ne zanima, imamo tudi manjša pričakovanja glede ustvarjalnosti in raziskava našo domnevo zgolj potrdi. Pri PU, kjer je manj vodenja in strukture, je potrebno več samoregulacije in kritičnega razmišljanja in tukaj so uspešnejši ravno tisti učenci, ki se zavedajo tudi posledic tehnike in tehnologije.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Namen našega dela je bil pokazati primernost aktivnih oblik učenja za razvoj tehniške ustvarjalnosti na primeru dveh kontekstualno različnih nivojev poizvedovalnega učenja.

Ob zaključku raziskave lahko obe delavnici razglasimo za uspešni, saj so učenci dosegli napredek v tehniški ustvarjalnosti, kar je bil naš cilj. Lahko pa hkrati tudi rečemo, da je bila ustvarjalno bolj uspešna delavnica na temo Optimizacije vetrnih turbin, kjer je bilo manj vključenosti učitelja in strukture, več pa aktivnosti in sodelovanja učencev.

Aktivne oblike poučevanja so se izkazale v pozitivni luči, saj so učenci dosegali večje napredke pri ustvarjalnosti pri tistih oblikah učenja, kjer je bila učiteljeva vloga manjša. Učitelj je pri teh oblikah poučevanja zgolj mentor, usmerjevalec, opazovalec. Učenci so miselno bolj aktivni, morajo samostojno razmišljati ali pa znati delovati čim bolj homogeno znotraj skupin. Ustvarjalnost aktivne oblike poučevanja zgolj povečajo, vendar moramo kot učitelji zelo paziti, da so vsebine zanimive, učencem blizu, predvsem pa v okviru TiT aktualne. Tehnologija v teh časih napreduje skokovito, tako da mora biti učitelj ves čas pripravljen na novosti, te spremljati in jih znati posredovati učencem. Učitelj mora biti strokovnjak, ki zna pravično in pravilno vrednotiti dosežke učencev, ki zna zastaviti učencem probleme odprtega tipa, saj se v okviru le teh zahteva in pričakuje od učenca notranja motivacija in pa učenčev samostojen odziv na problem. Ko bo učenec notranje motiviran, bo problem veliko bolj kakovostno rešen, učenec bo aktiven, pridobival bo na občutku vrednosti v družbi, samozavesti, pokazal bo lahko vse svoje ideje, svojo skrito ali odkrito ustvarjalnost.

Z izvedbo tehniških dni smo bili zadovoljni, predvsem so ustrezali časovni omejitvi, to je 10 šolskih ur na eni od osnovnih šol. Želja pa je bila datumsko bolj enakomerna razporeditev učnih delavnic, saj se lahko učinek delavnic, ki so bile v razmiku skoraj enega meseca, izgubi. Z datumsko enakomernejšo razporeditvijo bi pridobili tudi bolj natančne podatke naše raziskave. Veljalo bi tudi ponoviti test kot pozni test, po nekaj mesecih od zaključka delavnic. Zanima nas, kakšni bi bili rezultati v prirastku ustvarjalnosti, če bi ta dva tehniška dneva združili v en dan in bi v tem istem dnevu izvedli vseh 10 šolskih ur, ki smo jih sicer razdelili na dva dela. Predvidevamo, da bi se to izkazalo za bolj uspešno, zlasti ko odstranimo še druge faktorje, ki so sedaj vplivali na izid (domače delo in aktivnosti, vpliv drugih predmetov ...).

Vedno pa stremimo k še boljši izvedbi raziskave in k še boljšim ciljem, tako da bi predlagali oziroma spremenili naslednje stvari:

- izvajati tehniške dneve z dvema vsebinsko bolj različnima aktivnima oblikama poučevanja, saj sta si bili uporabljeni obliki zelo blizu,
- motivirati učenke za TiT s spremembo teme/vsebine, ki bi bila blizu tudi njim,
- datumsko na vseh šolah izvajati 1. tehniški dan in 2. tehniški dan v razmiku 14 dni,
- skupine na nekaterih šolah so bile prevelike, saj se nekateri učenci niso najbolje znali rokovati z orodji in stroji, tako je bila prisotnost dveh učiteljev občasno premalo. Optimalno bi bilo okoli 8 do 10 učencev na skupino, saj bi ob tej številki učencev še vedno lahko preizkušali različne parametre in bi učenci videli razlike, hkrati pa bi to predstavljalo 4 skupine, ki jim dva učitelja zmoreta pomagati.

Potrebo je razvijati zanimanje za TiT med učenci v OŠ, saj naše gospodarstvo potrebuje vedno več naravoslovno-tehniškega kadra, ki pa ga iz leta v leto primanjkuje.

Učni načrt iz predmeta TiT bi moral bolj spodbujati izdelovanje izdelkov in manipulacijo z različnim materialom, saj s tem v učencih prebudimo ustvarjalnost. Sprva bi morali v vseh razredih povečati število ur na vsaj 2 do 3 šolske ure na teden. Tako bi bilo dovolj časa za obravnavo predvidene teorije in še za izdelke, kjer se učenci sprostijo in vzljubijo TiT. Učenci naj ne bodo preveč omejeni z materialom, saj so le tako lahko njihove misli in ideje bolj široke.

V vprašalniku Tehnika in jaz so zajete vse ustrezne kategorije, kjer preverimo njihov odnos. Predvsem v starejši populaciji še vedno velja, da je tehniški poklic moški poklic, da so moški veliko boljši kot ženske. Predlagamo, da učitelji, ki bodo še kdaj uporabljali ta vprašalnik,

učence opozorijo, da TiT ni samo informacijsko-komunikacijska tehnologija (računalnik, mobilni telefon), ampak še vse ostalo kar vsakodnevno srečujemo, naj bo to avtobus, s katerim se peljejo v šolo, vodna elektrarna, proizvodna linija, miza, ki jo uporabljajo v šoli, je bila narejena s pomočjo tehnoloških postopkov, dvigalo ...

Test merjenja ustvarjalnosti je pokazal napredek v točkovanju, napredek pri učencih se je videl tudi na izgotovljenih grafičnih podobah, zato se nam test zdi ustrezen. Predtesti in posttesti so se pri večini učencev v precejšnji meri razlikovali. Na posttestu si je večina učencev upala biti bolj drzna, upali so risati več in preko črt. Pri ponovni izvedbi raziskave bi poskusili z uporabo testa EPOC avtorja Lubarta, saj je novejši in meri ustvarjalnost tudi preko verbalizacije, ne zgolj preko grafike.

Za konec predlagamo podobno raziskavo, vendar izvedbo tehniškega dne z dvema bistveno različnima induktivnima metodama. Zanima nas, ali katera od induktivnih metod v večji meri odstopa in prinese še boljše rezultate k napredku ustvarjalnosti. Smiselno bi bilo še dodatno raziskati ustvarjalnost učiteljev, ki te učence poučujejo, ter če ima učiteljeva ustvarjalnost vpliv na učenčevo ustvarjalnost in kolikšen je ta vpliv, če obstaja. Zanimivo bi bilo izvedeti še, če bi učitelji pokazali tudi prirastek k ustvarjalnosti, saj gredo skozi učni proces z učenci, ki so si osebno zelo raznoliki in se morajo v danih situacijah znajti.

Cilj vseh učiteljev je in bi moral biti, da bi bili učenci sami sposobni v okolici zaznati problem, se nanj odzvati na podlagi notranje motivacije in ga tudi po najboljših močeh tudi znali smiselno in učinkovito rešiti.

Literatura

- Ardies, J., De Maeyer, S., Gijbels, D. in van Keulen, H. (2015). Students attitudes towards technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 25, 43–65.
- Avsec, S. (2016). Profiling an inquiry-based teacher in a technology-intensive open learning environment. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 14(1), 25–30.
- Avsec, S. in Kocijančič, S. (2014). Effectiveness of Inquiry-Based Learning: How do Middle School Students Learn to Maximise the Efficacy of a Water Turbine?*. *International Journal of Engineering Education*, 30(6(A)), 1436–1449.
- Avsec, S. in Kocijančič, S. (2016). A Path Model of Effective Technology-Intensive Inquiry-Based Learning. *Educational Technology & Society*, 19(1), 308–320.
- Avsec, S. in Šinigoj, V. (2016). Proactive technical creativity: mediating and moderating effects of motivation. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 14(4), 540–545.
- Barbot, B., Besancon, M. in Lubart, T. (2016). The generality-specificity of creativity: Exploring the structure of creative potential with EPoC. *Learning and Individual Differences*, 52, 178–187.
- Catsambis, S. (1995). Gender, race, ethnicity, and science education in the middle grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), 243–257.
- Chain Reaction – o projektu. (b.d.). Pridobljeno s: <http://www.chreact.si/OProjektu.htm>

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G. in Aiken, L. S. (2003). *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*, (3rd Edn). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Colt, H. G., Davoudi, M. in Murgu, S. (2011). Measuring learning gain during a one-day introductory bronchoscopy course. *Surgical Endoscopy*, 25(1), 207–216.
- Creativity and innovation. (b.d.). Pridobljeno s <http://www.slideshare.net/ialwaysthinkprettythings/creativity-and-innovation-13536114>
- Cropley, A. J. (2000). Defining and Measuring Creativity: Are Creativity Tests Worth Using?. *Roeper Review*, 23(2), 72–79.
- Cropley, D. H. (2015). *Creativity in engineering: Novel solutions to complex problems*. Academic Press.
- Design, Creativity and Technology. (b.d.). Pridobljeno s <http://ausvels.vcaa.vic.edu.au/Design-Creativity-and-Technology/Overview/Introduction>
- Dym, C., Agogino, A., Eris, O., Frey, D. in Leifer, L. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*, 70(6), 56–59.
- Epoc test. (b.d.). Pridobljeno s <http://www.epoc-test.net/en/index.php/item/34-epoc-english>
- Ferligoj, A., Leskošek, K. in Kogovšek, T. (1995). *Zanesljivost in veljavnost merjenja*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede.
- Fric Jekovec, J. in Bucik, V. (2015). Odnos med ustvarjalnostjo in igralnim materialom v kontekstu simbolne igre. *Psihološka obzorja*, 24, 33–43.
- George, R. (2006). A cross-domain analysis of change in students' attitudes toward science and attitudes about the utility of science. *International Journal of Science Education*, 28(6), 571–589.
- Gralewski, J. in Karwowski, M. (2012). Creativity and school grades. A case from Poland. *Thinking Skills and Creativity*, 7, 198–208.
- Guilford, J. P. (1971). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Guilford, J. P. (1976). *Creativity tests for children*. Sheridan Psychological Services.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. in Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.
- Jaarsveld, S., Lachmann, T., van Leeuwen, C. (2012). Creative reasoning across developmental levels: Convergence and divergence in problem creation. *Intelligence*. 40(3), 172–188.
- Jain, V. (2014). 3D model od attitude. *International Journal of Advanced Research in Management and Social Sciences*, 3(3), 1-12.
- Jensterle, T. (2017). *Tehniška ustvarjalnost pri učenju s proizvodovanjem v 8. in 9. razredu osnovne šole* (Magistrska naloga). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Ljubljana.

- Kastelic, B. (2016). *Tehniška historičnost pri poučevanju osnovnošolske tehnike in tehnologije* (Diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Ljubljana.
- Keše, J. (2016). *Tehnološka pismenost učencev 5. in 6. razreda osnovne šole* (Diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Ljubljana.
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., Wong, B., in Hong, H.-Y. (2015). *Design thinking for education: Conceptions and applications in teaching and learning*. Springer.
- Kotte, D. (1992). *Gender differences in science achievement in 10 countries*. Peter Land.
- Lubart, T. in Zenasni, F. (2013). Creative Potential and its Measurement. *International Journal for Talent Development and Creativity*, 1(2), 41–50.
- Luchs, M. G., Swan, K. S., in Griffin, A., (2016). *Design thinking: New product development essentials from the PDMA*. J. Willey & Sons.
- Mammes, I. (2004). Promoting girls' interest in technology through technology education: A research study. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(2), 89–100.
- Marshall, J. C., Horton, B. in Smart, J. (2009) 4E X 2 instructional model: Uniting three learning constructs to improve praxis in science and mathematics classroom. *Journal of Science Teacher Education*, 20, 501–516.
- Modic, K. (2016). *Učni stili, odnos do tehnike in ustvarjalnost učencev 6. in 9. razreda osnovne šole* (Diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Ljubljana.
- Noweski, C., Scheer, A., Büttner, N., von Thienen, J., Erdmann, J., in Meinel, C. (2012). Towards a paradigm shift in education practice: Developing twenty-first century skills with design thinking. V H. Plattner, C. Meinel in L. Leifer (ur.), *Design Thinking Research: Measuring Performance in Context* (str. 71–94). Springer.
- Null hypothesis testing and effect size. (2007). Pridobljeno s <http://staff.bath.ac.uk/pssiw/stats2/page2/page14/page14.html>
- Papotnik, A. (1991). *Tehnična ustvarjalnost v srednji šoli: ustvarjalnost in tehnična produktivnost v interesih tehničnih dejavnosti srednjih šol. 1. izdaja*. Ljubljana: DZS.
- Papotnik, A. (1992). *Prvi koraki v projektno nalogo*. Ljubljana: Didakta.
- Pituch, K. A. in Stevens, J. P. (2016). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. (6th ed.). Routledge.
- Plattner, H., Meinel, H. in Leifer, A. (2018). *Design thinking research. Making distinctions: collaboration versus cooperation*. Springer.
- Prince, M. in Felder, R. (2007). The Many Faces of Inductive Teaching and Learning. *Journal of College Science Teaching*, 36(5), 14–20.
- Prince, M. J. in Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138.
- Rank, J., Pace V. L. in Frese, M. (2004). Three avenues for future research on creativity, innovation, and initiative. *Applied Psychology: An Inter. Review*, 53, 518–528.

- Sung, E. in Kelley, T. R. (2019). Identifying design process patterns: a sequential analysis study of design thinking. *International journal of Technology and Design Education*, 29, 283–302.
- Szewczyk-Zakrzewska, A. (2015). Can creativity be taught? The case study of chemical engineers. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 13(3), 382–386.
- Szewczyk-Zakrzewska, A. in Avsec, S. (2016). Predicting Academic Success and Creative Ability in Freshman Chemical Engineering Students: A Learning Styles Perspective. *International Journal of Engineering Education*, 32(2(A)), 682–694.
- Table of interpretation for different effect sizes. (b.d.). Pridobljeno s http://www.psychometrica.de/effect_size.html
- Torrance, E. P. (1974). *Torrance Tests of creative thinking. Directions manual and scoring guide, verbal test booklet B*. Scholastic Testing Service.
- Trstenjak, A. (1981). *Psihologija ustvarjalnosti*. Ljubljana: Slovenska matica.
- Understanding Creativity. (b.d.). Pridobljeno s https://www.mindtools.com/pages/article/newCT_00.htm
- Unsworth, K., (2001). Unpacking Creativity. *The Academy of Management Review*, 26(2), 289–297.
- Urban, K. K. (2005). Assessing creativity: The Test for Creative Thinking-Drawing Production (TCT-DP). *International Education Journal*, 6(2), 272–280.
- Wallach, M. A. in Kogan, N. (1965). *Modes of thinking in young children: A study of the creativity intelligence distinction*. Holt, Rinehart&Winston.
- Wenger, E. (2009). A social theory of learning. V K. Ileris (ur.), *Contemporary theories of learning* (str. 209–218). Routledge.
- Wrigley, C. in Straker, K. (2017). Design thinking pedagogy: the educational design ladder. *Innovations in Education and Teaching International*, 54(4), 374–385.

UPORABA ODPRTIH VIROV ZA SNOVANJE NIZKO-CENOVNEGA MERILNEGA SISTEMA V STEM IZOBRAŽEVANJU

USING AN OPEN-SOURCES RESOURCES FOR DESIGNING A LOW-COST DAQ SYSTEM IN STEM EDUCATION

David Rihtaršič

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Mnogi različni viri poročajo, da v poučevanju tehnike, naravoslovja, matematike in računalništva (ang. STEM) hitro narašča število različnih učnih projektov, ki temeljijo na krmilnikih Arduino. Toda redko lahko opazimo uporabo tovrstnih naprav kot zelo poceni sistemi za zajem podatkov. Zlasti pri poučevanju naravoslovnih predmetov (npr. fizika), kjer se v ta namen pogosto uporabljajo precej drage komercialne naprave. Poleg tega so samostojno izdelane merilne naprave lahko izdelane zelo namensko in prilagojene glede na potrebe učiteljev in eksperimenta. V pilotnem projektu smo s študenti (bodoči osnovnošolski učitelji naravoslovja) preskusili uporabo samogradnjega merilnega sistema in preučili potencial takih naprav, da nadomestijo trenutno uporabljene komercialne različice. Zabeležili smo tudi prednosti in slabosti s katerimi so se študentje srečevali ter nekaj stranskih učnih ciljev, ki so se pojavili z uporabo tovrstne opreme. Razvoj merilnega sistema je temeljil na krmilniku Arduino UNO, s katerim smo meritve podajali na dva načina: (1) pošiljanje merilnih podatkov računalniku, s katerim omogočimo primernejšo predstavitev podatkov v različnih orodjih in (2) shranjevanje podatkov na spominsko kartico, kar omogoča oddaljene dolgotrajne meritve v naravi. Vsa razvita oprema je dokumentirana in prosto-dostopna na portalu GitHub, kjer si lahko ogledate nekaj vzorčnih primerov uporabe.

Ključne besede: odprti viri, Arduino UNO, nizkocenovni merilni sistem, poučevanje naravoslovja.

Abstract

Many different sources report that different Arduino-based learning projects are growing rapidly in STEM education. However we can rarely notice the use of such devices as data acquisition systems (DAQ). The use of such devices is obvious especially in sciences class where quite expensive commercial devices are often present. In addition, this do-it-yourself (DIY) measuring devices can be highly customizable in respect for the teacher needs. In a pilot project, we introduced DIY data acquisition systems to students (future elementary school science teachers) and explore the possibilities to replace the currently used commercial devices. We also noted some advantages and dis-advantages of using such DIY DAQs and also some knowledge gain of specific learning objectives during using such devices. Development of DIY DAQ was based on the Arduino UNO controller which provide measurements in two different ways: (1) sending measured data to computer - which allows more appropriate presentation of data with various tools and (2) storing data on the memory card, which allows remote long-term

measurements in nature. All developed equipment is documented and freely available on the GitHub portal, where you can find some samples of use.

Key words: open-source, Arduino UNO, Low-cost DAQ, STEM education.

Uvod

V izobraževanju naravoslovnih področij imamo že več desetletij ustaljeno prakso, da teoretične koncepte podpiramo s poskusi pred učenci. Tako učencem pokažemo veljavnost teoretičnih konceptov v praksi in s tem povežemo otipljiv, realni svet z abstraktnim. Ker je tako podajanje novega znanja zelo učinkovito, je tak način prisoten vsepovsod v izobraževalnem procesu in ne samo na področju tehnike, naravoslovja, matematike in računalništva (STEM), čeprav je za to področje še posebej značilno. Prikazovanje različnih eksperimentov ima v izobraževalnem procesu več pozitivnih učinkov od motivacijskih, konceptnega in procesnega znanja (Jong, 2019) in tudi izboljšuje sposobnosti in spretnosti učencev, če so v sam eksperiment aktivno vključeni (Restivo idr., 2014). Vse te aktivnosti pa pomembno vplivajo tudi na njihove nadaljnje življenjske odločitve (Chittum idr., 2017). Poleg pozitivnih učinkov aktivnih oblik poučevanja, je potrebno omeniti tudi večjo pojavnost napačnih predstav, ki se pojavijo učencem ob takih učnih procesih. Gradnja znanja na temeljih z napačnimi predstavami ni tako učinkovita in jo je potrebno preprečiti (Estianinur idr., 2021). Zato je še toliko bolj pomembno, da v vse aktivne učne oblike vnašamo veliko priložnosti za kognitivni konflikt kot so: negotovost, zmedenost, protislovje, ne-intuitivne razlage ... in hkrati nudimo tudi orodja, s katerimi te konflikte lahko dodatno preverimo. Ena od možnosti je prav gotovo meritev eksperimenta, ki jo tudi pogosto uporabljamo pri učnem procesu. Vizualizacija meritev pomaga študentom, da objektivno opazuje spremembe v eksperimentu in s temi realnimi podatki so-oblikujejo razumevanje abstraktnega koncepta. Prav vizualizacija izmerjenih realnih podatkov pa je bistvena še posebej v okoliščinah, kjer človeških čutil ne moremo neposredno uporabiti in smo s tem prikrajšani za neposredno izkustveno učenje. V taki situaciji se na primer znajdemo pri področju elektronike, kjer fizikalnih količin kot so: električni tok, električna napetost, električno delo, moč in upornost ne moremo izkusiti in zato nimamo izoblikovane ustrezne intuicije, za napoved končnih rezultatov. Seveda teh težav ne najdemo le v področju elektronike, pač pa tudi v drugih naravoslovnih sklopih pri obravnavanju vsebin kot so: sile, pospešek, hitrost, temperatura, toplota, energija, delo, relativna vlažnost (Estianinur idr., 2021).

Poleg tega se v zadnjem desetletju v učni proces vse bolj pogosto uvajajo različne t. i. aktivne učne oblike kot so: poizvedovalno učenje, problemsko učenje, učenje s sodelovanjem v skupini, projektno učenje, snovalsko učenje ..., kjer se spodbuja aktivnost učencev, kar pripomore pri izgradnji znanja (Freeman idr., 2014). Zlasti pri bolj kompleksnejših učnih oblikah, je pomembno, da imajo študentje na voljo kar največ orodij in pripomočkov s katerimi si lahko pridobijo pomembne informacije. Učenje na podlagi snovalskega razmišljanja je prav gotovo ena od takih situacij, saj je kompleksnost izrazita. Študentje morajo neprestano sprejemati racionalne odločitve, ki temeljijo na relevantnih podatkih. Podatke morajo zbrati na ustrezen način, jih nato analizirati in ustrezno interpretirati (Avsec in Kocijancic, 2016). V vseh opisanih postopkih študentje običajno uporabljamo nekakšen sistem za zajemanje podatkov (DAQ), ki lahko podatke izmeri in do neke mere tudi analizira in grafično predstavi. V današnjem času so v naravoslovni izobraževalni proces že uveljavljeni nekateri komercialni ponudniki tovrstnih naprav (npr.: Vernier, LabView). Te DAQ naprave so enostavne za uporabo, podatki so lepo predstavljeni in celoten sistem je prilagojen izobraževalnim učnim

praksam. Po drugi strani pa so te naprave precej drage (od 100 € in več za posamezno merilno napravo), ki navadno ne vključuje merilnih senzorjev in jih je potrebno dokupiti. Ta strošek pa je še (npr.: za posamezen temperaturni senzor) od 30 € do 100 €. V tem pogledu je lahko dostopnost teh naprav vprašljiva, kar tudi pomembno vpliva na izobraževalni proces. V slovenskem prostoru lahko zaznamo uporabo teh naprav, vendar še vedno lahko opazimo, da nekaterim tovrstne opreme primanjkuje. Nekateri avtorji v svojih raziskavah navajajo izjemne učne učinke, ki so jih izmerili v IBL učnih okoljih, vendar poudarjajo, da primanjkuje dostopne merilne opreme in je bilo delo v skupinah nekoliko prilagojeno zaradi te oteževalne okoliščine (Avsec in Kocijančič, 2014; Pernjak idr., 2010; Šorgo, 2010).

Po drugi strani pa smo v zadnjem desetletju tudi priča izrednemu razvoju prosto-dostopne, večnamenske in cenovno ugodne IKT opreme kot na primer (1) mini računalnik RaspBerryPi in (2) krmilniška vezja Arduino. Tovrstna oprema je danes prisotna ne le v domačih elektro-računalniških projektih, temveč v izobraževalnih učnih procesih. V pregledni raziskavi (Kondaveeti idr., 2021) so avtorji prikazali obširen spekter uporabe tovrstne opreme z odprtimiviri (angl. open-source), kjer izpostavijo tudi uporabo teh IKT naprav v izobraževalnih procesih. Čeprav poročajo o več pozitivnih učinkih, ki jih ta tehnologija vnaša v izobraževalni prostor, pa hkrati tudi navajajo, da korikularnih sprememb v smeri vključevanja Arduino krmilnik še ni zaznati (Kondaveeti idr., 2021). Iz omenjene raziskave nedvomno sledi, da ima omenjena IKT oprema, ki temelji na načelih odprtih-virov, velik potencial v izobraževanju.

Razvoj Arduino platforme sega v magistrsko delo Hernanda Barragána. Namen tega dela je bil, da bi umetnikom in oblikovalcem olajšal delo z elektroniko, tako da jim ponudi že predpripravljeno vsestransko programirljivo modularno vezje in jim tako prihrani nekaj zapletenejših korakov iz področja elektronike ter s tem snovalcem omogoči, da se lahko nemudoma osredotočijo na njihov lastni projekt (Barragán, 2004). Ključni elementi njegovega projekta so bili (Barragán, 2016):

1. Preprosto integrirano razvojno okolje (IDE) za ustvarjanje programov ali "skic" s preprostim urejevalnikom, ki temelji na programu "Processing", ki deluje v na operacijskih sistemih Microsoft Windows, Mac OS X in Linux.
2. Preprost "programski jezik" ali programski "okvir" za mikrokrmilnike.
3. Popolna integracija dodatnih prevajalnika, knjižnic in drugih potrebnih orodij za pripravo strojne kode (angl. Toolchain).
4. Zagonski nalagalnik (angl. bootloader) za enostavno nalaganje programov.
5. Serijska komunikacija za pregled in pošiljanje podatkov iz/v mikrokrmilnik.
6. Odprto-kodna programska oprema.
7. Zasnove strojne opreme po načelih odprtih-virov in na osnovi mikrokrmilnika Atmel.
8. Izčrpen spletni vir navodil, ukazov in knjižnic, primerov, vadnic, forumov in predstavitev projektov, izvedenih z uporabo te opreme.

Prav zaradi odprto-kodnih načel (oz. informacij značaja odprtih virov, angl. open-source) Barragánovega projekta "Wiring" sta Banzi in Mellis s sodelavci razvila ta projekt v zelo prepoznano platformo Arduino (Severance, 2014) in jo popeljala v izobraževalno okolje. Z nekaj letnim delom, se je oprema uveljavila v celotni izobraževalni vertikali in lahko zaznamo pozitivne učne učinke tako v osnovni šoli na nižji (Hughes idr., 2017) in višji stopnji (Green idr., 2018), srednji šoli (Ziaeeafard idr., 2017) in celo na univerzitetni ravni (Garrigos idr., 2017).

Kljub izredni priljubljenosti krmilnikov Arduino v izobraževalnem okolju pa še vedno primanjkuje dokumentiranih projektov, ki bi nadomestile sedaj uporabljene merilne naprave. Kot primer lahko navedemo število zadetkov znanstvenih prispevkov iz različnih baz objavljenih prispevkov, ki opisujejo: »merilno napravo, ki jo lahko uporabljamo v izobraževanju in bi bila zgrajena na osnovi krmilnika Arduino«. Zato smo v iskalni niz vpisali logično povezane ključne besede: »((Arduino AND DAQ AND (education OR school OR learning OR teaching OR classroom OR education system)))« (v preglednici 1 predstavljen kot niz 1). Če temu nizu dodamo še besedno zvezo: »AND (open source)« (v preglednici 1 predstavljen kot niz 2), s katerim zadetke omejimo na tiste z omenjenim prostim dostopom dokumentacije naprave, je število teh prispevkov še drastično manjše. Pojavnost teh zadetkov pa smo primerjali s številom publikacij, ko avtorji poročajo o Arduino projektu, ki so ga uporabili v izobraževalne namene. Za iskanje takih virov, pa smo v iskalni niz vpisali: »Arduino AND (education OR school OR learning OR teaching OR classroom OR education system)« (preglednici 1, niz 3).

Preglednica 1: Primerjava pojavnosti raziskav o uporabi merilnih naprav, ki so zasnovane s krmilnikom Arduino.

| Elektronski informacijski vir | N(niz 1) | N(niz 2) | N(niz 3) |
|-------------------------------|----------|----------|----------|
| Web of Science | 3 | 0 | 991 |
| SCOPUS | 82 | 30 | 16,787 |
| Academic Search Complete | 9 | 5 | 667 |
| JSTOR | 5 | 5 | 1,115 |
| IEEE Xplore | 7 | 1 | 1,274 |
| ScienceDirect | 131 | 70 | 3,955 |
| SpringerLink | 108 | 67 | 7,230 |

Razlika pogostosti uporabe krmilnikov Arduino kot merilnih sistemov in ostalimi Arduino projekti v izobraževanju je velika. Nekaj razlogov za to prav gotovo lahko najdemo v tem, da je krmilnik Arduino UNO opremljen le z 10-bitnim analogno-digitalnim pretvornikom (angl. analog to digital converter – ADC) in omogoča relativno počasno vzorčenje (15000 vzorčenj na sekundo pri polni 10-bitni ločljivosti). A nekaj zglednih poizkusov uporabe krmilnikov Arduino kot merilnih sistem lahko že najdemo na področju poučevanja elektronike (Zachariadou idr., 2012), kemije (Steinsberger idr., 2017) in tudi v fiziki (Freitas idr., 2018). Vendar so ti merilni sistemi prilagojeni glede na njihov namen uporabe in niso enostavno prenosljivi v ostale situacije, ki zahtevajo merjenje drugih fizikalnih količin.

Namen in cilji

Iz omenjenega lahko zaključimo, da s področna merilne tehnike primanjkuje neka splošno uporabna merilna oprema, ki bi bila dobro dokumentirana in za katero bi bile na voljo vse prosto-dostopne informacije o njeni izgradnji ter podkrepjena s primeri uporabe. Tako smo se odločili, da razvijemo primer take opreme, jo podkrepimo s primeri uporabe in preverimo potencial uporabe tovrstne opreme. Kot v drugih državah, tudi v Sloveniji poudarjamo pomembnost vloge informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT) v kar slovenska vlada vlaga

veliko denarja ter razpisuje razne tovrstne projekte. S projektom »IKT v pedagoških študijskih programih UL« smo dobili priložnost, da to področje raziščemo.

Poleg razvoja tovrstne merilne opreme smo se v raziskavi osredotočili še na dve vprašanji:

1. Ali je merilna naprava po načelu »izdelaj-si-sam« primerna rešitev za učitelja naravoslovja?
2. Kako samogradnja merilnega sistema z odprtimi-viri vpliva na STEM poučevanje?

Metoda

Tako kot večina drugih učiteljev po svetu, smo tudi mi pri poučevanju STEM področja uporabljali komercialno merilne naprave proizvajalca Vernier. Od leta 2004 pa na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani razvijamo svojo merilno opremo, kot na primer CMC-S3, eProLab-SC1 (Murovec in Kocijancic, 2006) in INFIRO-Xplained (Rihtaršič, 2013). Čeprav je bila razvita oprema cenejša od komercialnih ponudnikov, pa se ne more kosati s ceno krmilnikov Arduino in z razširjenostjo njihove uporabe. Zato smo se odločili, da novo merilno napravo razvijemo na osnovi krmilnika Arduino UNO. Po vzoru drugih merilnih sistemov smo tudi mi sledili smernicam merilnih naprav, ki zagotavljajo merjenje in prikazovanje podatkov na dva različna načina delovanja (Rihtaršič, 2018d):

1. s stalno računalniško povezavo in
2. kot avtonomni merilni sistem.

Oba načina delovanja sta pogosto uporabljena tudi na področji STEM poučevanja saj so merilne situacije zelo različne in je tako smiselno podpreti oba načina.

Merilni sistem s stalno računalniško povezavo

Merilni sistem s stalno računalniško povezavo je bolj primeren v situacijah, ko merimo stacionarne eksperimente. V tej situaciji lahko izmerjene podatke hipoma prikazujemo na ekran računalnika in jih po potrebi lahko tudi obdelamo ali ustrezno preoblikujemo. V taki situaciji navadno lahko izkoristimo bistveno boljše računalniške zmogljivosti v porid nazornega prikazovanja podatkov. V tem primeru računalnik zagotavlja ustrezne ukaze za merilno napravo in nadzoruje potek meritev. Nekaj podobnih rešitev s krmilnikom Arduino UNO že lahko najdemo (Hearn, 2012/2021), pri katerih pa se izkažeta dve bistveni pomanjkljivosti:

1. počasna serijska komunikacija od katere je odvisna tudi hitrost vzorčenja in
2. širok nabor osnovnih merilnih funkcij, ki jih mora merilna naprava zagotavljati.

Rešitev teh dveh težav smo našli v drugačnem komunikacijskem protokolu. Namesto, da po komunikacijskem vodilu pošiljamo podatke o izvršitvi želenih namenskih funkcij, smo protokol komunikacije raje orientirali na krmiljenje nastavljenih registrov mikrokrmilnika. Tako smo dolžino komunikacije bistveno zmanjšali (v nekaterih primerih celo prepolovili). Hkrati pa tak protokol zagotavlja tudi večjo vsestranskost uporabe, saj v programskem naboru krmilnika ne potrebujemo več veliko število različnih namenskih funkcij, pač pa delovanje mikrokrmilnika ATmega328 upravljamo neposredno z nastavljanjem njegovih registrov (Rihtaršič, 2018d). Na ta način lahko uporabnik na računalniški strani sestavi poljubno funkcijo. Tako je protokol sestavljen le iz dveh bytov (ali iz 16-ih bitov) kot prikazuje preglednica 2.

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

Preglednica 2: Pomen bitov v komunikaciji krmiljenja registrov mikrokrmilnika ATmega328.

| | | | | | | | | |
|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| bit | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |
| oznaka | CMD3 | CMD2 | CMD1 | CMD0 | BIT3 | BIT2 | BIT1 | BIT0 |
| bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| oznaka | ADDR7 | ADDR6 | ADDR5 | ADDR4 | ADDR3 | ADDR2 | ADDR1 | ADDR0 |

Pomen posameznih bitov smo razdelili na:

CMD3..0: Zaporedna koda operacije za nastavitev/branje delovnega registra

BIT3..0: Zaporedna številka bita, ko gre za nastavljanje/branje bita v registru

ADDR7..0: Naslov delovnega registra, ki ga želimo nastavljati ali brati.

Nabor vseh potrebnih operacij za naslavljanje in branje delovnih registrov v mikrokrmilniku je zbran v preglednici 3 (Rihtaršič, 2018d):

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

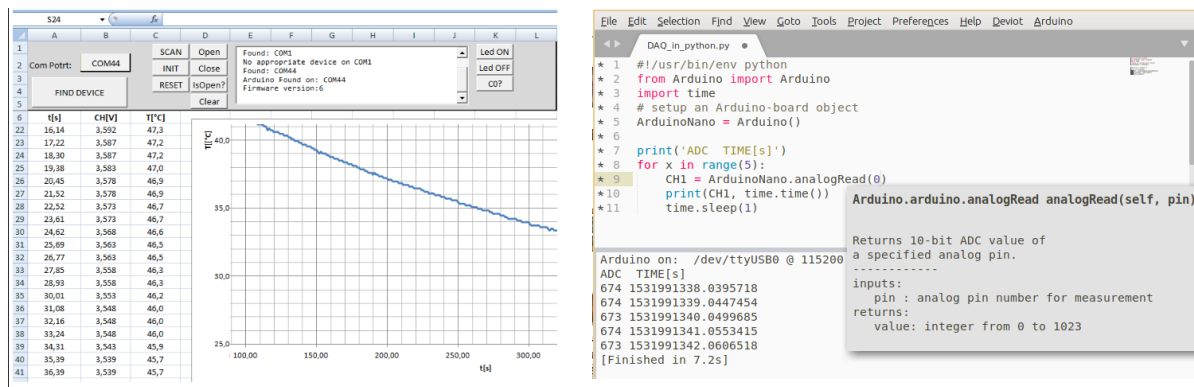
Preglednica 3: Seznam ukazov za branje/nastavljanje registrov.

| Oznaka operacije | Koda | Opis funkcije |
|--------------------------------|------|---|
| PROCES_RESET | 0x00 | Ponastavi delovanje – vrne tudi različico programa. |
| READ_REGISTER | 0x10 | Prebere vrednost registra z naslovom v naslednjem podatkovnem bajtu. |
| SET_REGISTER | 0x20 | Register z naslovom v naslednjem podatkovnem bajtu nastavimo na vrednost, ki je določena v vpisnih podatkih. |
| SET_REGISTER_BIT | 0x3n | Na log. »1« nastavimo n-ti bit v registru z naslovom v naslednjem podatkovnem bajtu. |
| CLR_REGISTER_BIT | 0x4n | Na log. »0« nastavimo n-ti bit v registru z naslovom v naslednjem podatkovnem bajtu. |
| READ_REGISTER_BIT | 0x5n | Prebere vrednost n-tega bita iz registra z naslovom v naslednjem podatkovnem bajtu. |
| WAIT_UNTIL_BIT_IS_SET | 0x6n | Zaustavi izvajanje naslednjih ukazov, dokler ni n-ti bit v registru enak logični »1«. |
| WAIT_UNTIL_BIT_IS_CLEARED | 0x7n | Zaustavi izvajanje naslednjih ukazov, dokler ni n-ti bit v registru enak logični »0«. |
| READ_16_BIT_REGISTER_INCR_ADDR | 0x80 | Vrne vrednost dveh zaporednih bajtov z naslovom v naslednjem podatkovnem bajtu (naraščajoče po naslovu registra). |
| READ_16_BIT_REGISTER_DECR_ADDR | 0x90 | Vrne vrednost dveh zaporednih bajtov z naslovom v naslednjem podatkovnem bajtu (padajoče po naslovu registra). |
| REPEAT_CMD_BUFFER | 0xA0 | Ponovi zadnjih x ukazov, pri čemer število x nastavimo v podatkovnem bajtu. |
| SET_DATA | 0xB0 | Nastavimo vrednost podatkovnega byta. |
| --- | 0xC0 | Rezervirano za nadaljnji razvoj. |
| --- | 0xD0 | Rezervirano za nadaljnji razvoj. |
| --- | 0xE0 | Rezervirano za nadaljnji razvoj. |
| --- | 0xF0 | Rezervirano za nadaljnji razvoj. |

Ukazi, ki jih pošiljamo iz računalnika po serijski komunikaciji v obliki bajtov se shranjujejo v mikrokrmilniku v t. i. pomnilniške celice (angl. memory buffer). S tem lahko krmilnik sprejema nize ukazov, četudi trenutno izvaja neko operacijo in se le-ti izvedejo po opravljenih aktivnostih. Poleg tega, ta pristop omogoča, da določeno število ukazov ponovimo in tako ni potrebno pošiljati novih zahtev. Na ta način lahko vzorčenje meritev bistveno pohitrimo in dosežemo lahko 6000 vzorčenj na sekundo (6 kS/s) pri polni 10-bitni resoluciji analognih merenj.

Komunikacijo z merilnim sistemom lahko na računalniški strani vzpostavimo na katerikoli način, ki nam omogoča serijsko pošiljanje in sprejemanje podatkov. Kot primer lahko navedemo vzorčenje meritev, ko komunikacijo izvajamo s programom Microsoft Excel (z možnostjo programskega vmesnika Visual Basic) kot je prikazano na levi strani slike 1

(Rihtaršič, 2018d). Vzorčni primeri z datotekami so bresplačno dostopni z vsem viri »odprte narave« na GitHub portalu (Rihtaršič, 2018b).



Slika 1: Primer uporabe merilnega sistema Arduino z uporabo programskega orodja Microsoft Excel (levo) in s Python programskim jezikom (desno).

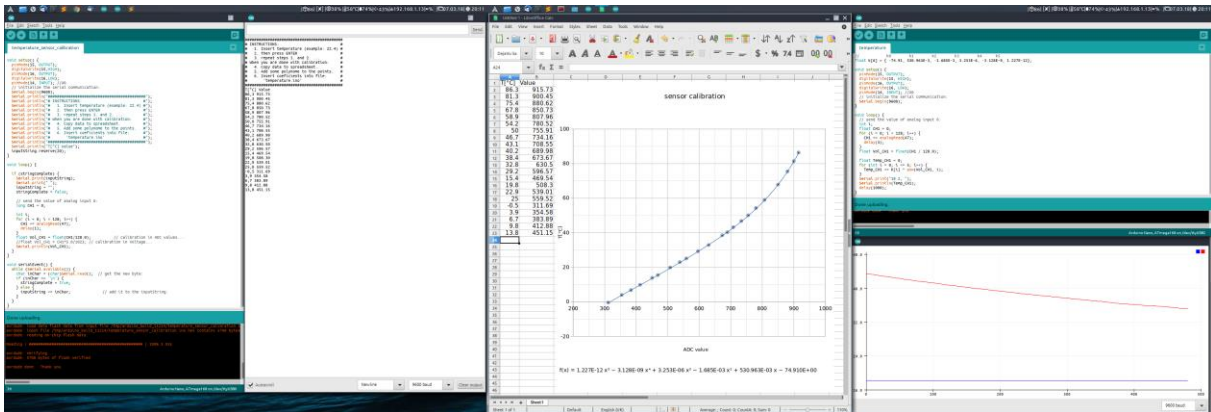
Glede na trenutni razvoj programskih jezikov lahko ugotovimo, da je programski jezik Python v velikem porastu uporabe. Tako je smiselno, da pokažemo tudi primer uporabe merilnega sistema Arduino z uporabo programskega jezika Python. Prav tako so tudi te programske rečutve prosto dostopne na portalu GitHub (Rihtaršič, 2021/2019) z dodatnimi primeri uporabe. Verjamemo, da smo s to možnostjo močno razširili možnosti uporabe tega merilnega sistema. Imena programskih funkcij smo poimenovali enako, kot so poimenovane v razvojnem okolju Arduino IDE. Na sliki 1 vidimo primer meritve in izpis referenčnega napetostnega potenciala za 3,3 V, ki ga lahko najdemo na enem od priključkov na krmilniku Arduino. Ko ta potencial pretvorimo z 10-bitnim analogno-digitalno pretvornikom, dobimo število 675, ki je vidna na sliki 1.

Avtonomen merilni sistem

Naslednja zelo pogosta situacija je uporabe merilnih naprav in/ali sistemov je, ko želimo meritve izvajati v ne statičnih ali dislociranih okoljih. Pogosta praksa je, da vrednosti enostavno odčitamo z merilnimi napravami (bodisi ročno ali avtomatsko), ter jih nato posredujemo v bolj zmogljiv računalniški sistem, kjer se meritve obdelajo in ustrezno interpretirajo. Ker gre v teh situacija navadno za meritve v naravi in le-te potekajo daljše časovno obdobje bi bila uporaba računalnika zelo nepraktična rešitev. Zato mora biti merilni sistem napajen z baterijo, meritve mora izvajati avtonomno, jih ustrezno shranjevati na spominski medij (na primer na SD spominsko kartico) ali pa jih brezžično pošiljati računalniku. Poleg tega je v teh primerih nizka cena še toliko bolj zaželena. Pri razvoju take avtonomne naprave smo se osredotočili na tri možne različice z različno kompleksnostjo rešitve delovanja merilne naprave:

1. prikazovanje izmerjenih podatkov na LCD zaslon.
2. brezžično pošiljanje izmerjenih podatkov po serijski komunikaciji.
3. shranjevanje izmerjenih podatkov na SD spominsko kartico.

Vse tri rešitve so prosto dostopne na GitHub portalu (Rihtaršič, 2018c) s priloženimi primeri uporabe. Iz primerov je razvidno, da smo za razvoj programa uporabili razvojno okolje Arduino IDE, saj je med uporabniki krmilnikov Arduino najbolj pogosto uporabljeno programsko razvojno okolje. Nekaj primerov uporabe prikazuje slika 2 (Rihtaršič, 2018d).



Slika 2: Primer uporabe avtonomne merilne naprave z brezžično serijsko povezavo.

Na sliki 2 je predstavljen primer uporabe takega avtonomnega merilnega sistema, ki smo ga uporabili za merjenje temperature. Na levi strani slike 2 je primer programa, ki smo ga najprej uporabili, da smo temperaturni senzor umerili. Nato smo te podatke vnesli v LibreOffice Calc (program za delo z vrednostmi v preglednici kot, npr.: Microsoft Excel) in jih interpolirali tako, da smo podatkom priredili neko polinomsko funkcijo, ki je zadovoljivo opisovala povezavo med temperaturo in izmerjeno vrednostjo. Koeficiente te funkcije smo vnesli v program, ki je prikazan na desni strani slike 2. Ta program pa smo uporabili za avtonomno merjenje temperature vode v posodi, ki smo jo postavili v hladilnik. Merilna naprava je izmerjene podatke senzorja že pretvorila v °C in jih računalnik poslala po brezžični komunikaciji. Le-te pa računalnik grafično prikaže, kot je vidno na skliki 2 desno spodaj.

Izvedba eksperimenta

Vso omenjeno opremo smo uporabili v izobraževanju študentov, bodočih učiteljev Fizike, na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani pri predmetu Računalnik v pouku fizike. Za izvedbo laboratorijskih vaj je predvidenih 15 kontaktnih ur s katerimi naj bi se študentje seznanili z možnostmi uporabe IKT opreme pri učnem procesu poučevanja fizike v osnovni šoli. S tem znanjem, bodo kot bodoči učitelji lahko bolj samozavestno uporabljali IKT opremo in s tem učencem nudili bolj nazoren vpogled v fizikalne eksperimente. Bolj razčlenjena časovnica učnega procesa je opisana v preglednici 4 (Rihtaršič, 2018d), v splošnem pa smo učni proces razdelili na dva učna pristopa:

1. predstavitev uporabe Arduino merilnega sistema (vodene vaje na primerih),
2. študentje zasnujejo svojo Arduino merilno napravo.

Preglednica 4: Pregled vsebin.

| Tranjanje | Naslov učne enote | Učne vsebine |
|-----------|-----------------------------------|--|
| 1 h | Uvod v merilne naprave | Frekvenca vzorčenja, resolucija, točnost, digitalne/analogne vrednosti, obdelava podatkov ... |
| 1 h | Krmilnik Arduino UNO | Funkcije priključkov, programiranje, osnovna vezja, omejitve I/O enot, 10-bitni ADC, časovniki ... |
| 2 h | Snovanje senzorjev | Delilnik napetosti, uporovni senzorju, ojačevalniki, električna sita ... |
| 3 h | Vaja 1: Temperaturni senzor | NTC termistor, ADC pretvorba, serijska komunikacija ... |
| 2 h | Vaja 2: Analiza podatkov | Uvoz podatkov v Excel, statistika meritev, grafična predstavitev, interpolacija ... |
| 2 h | Vaja 3: Avtonomna merilna naprava | Izpis na LCD, shranjevanje na SD kartico ... |
| 5 h | Samostojni projekt | Snovanje Arduino merilne naprave, postavitve eksperimenta, vzorčenje meritev, analiza in interpretacija podatkov ... |

V prvih 10 urah laboratorijskega dela smo študentom predstavili področje merilne tehnike jih seznanili z matematičnimi osnovami s tega področja in jih vodili pri uporabi krmilnika Arduino kot merilnega sistema. Spoznali so uporabo tega sistema v načinu s stalno povezavo z računalnikom, kot tudi uporabo krmilnika Arduino kot avtonomno merilno enoto s shranjevanjem podatkov na SD spominsko enoto. Ta del učnega procesa je bil popolnoma voden, kjer je učitelj podajal učne vsebine na prej pripravljenih primerih. Študentje so izvajanju sledili in vsebine preverili v praktični obliki tako, da so po navodilih sestavili potrebno merilno napravo, z njo zajeli potrebne meritve in jih nato s programom MS Excel tudi primerno obdelali in pripravili za predstavitev.

Drugi del laboratorijskega dela pa je bil namenjen samogradnji merilne naprave, ki je bila zasnovana na krmilniku Arduino. Študentje so si izbrali neko fizikalno področje iz katerega so pripravili fizikalni eksperiment. Nato so zasnovali merilno napravo, vključno s potrebno elektroniko (senzorji, ojačevalniki). Vzporedno so razvijali tudi primerno programsko opremo, ki je bila potrebna za delovanje merilne naprave. Z izdelanim merilnim sistemom so izmerili meritve na izbranem eksperimentu, primerno obdelali podatke in izdelali zaključno poročilo o meritvah. Eksperimenti so vključevali fizikalne teme kot so: povprečna hitrost, težnostni pospešek, harmonično nihanje, kotna hitrost, poševni met, toplota. Vsi njihovi projekti so prosto dostopni na GitHub portalu (Rihtaršič, 2018a).

Metodologija

Kot smo že v uvodu pokazali, so komercialne merilne naprave zelo drage. Ta faktor celo vpliva na pojavnost le teh v izobraževalnem procesu. Zaradi (ne)dostopnosti teh merilnih naprav, so učitelji primorani prilagoditi izvajanje učnega procesa v manj učinkovite oblike. Zato je bilo zanimivo raziskati kakšne potenciale ima merilna oprema, ki smo jo zasnovali na krmilniku Arduino UNO in jo lahko učitelji fizike izdelajo sami. Eksperimentalna raziskava je merilna odnos študentov do tovrstne opreme, njihovo sposobnost uporabe in sposobnost prispevanja

podobnih vsebin z licenco odprtih-virov. Sestavili smo vprašalnik z različnimi trditvami, študentje pa so se morali po šest-stopenski (0 – nikoli; 5 - vedno) Likertovi lestvici opredeliti kako pogosto so se odločali za posamezno aktivnost. Aktivnosti so se navezovala na uporabo samogradnje merilnega sistema s krmilnikom Arduino, o uporabi in prispevanju k vsebinam tipa odprtih-virov ter o procesu reševanja težav. Vprašalnik je sestavljalo 27 takih trditev, združenih v šest področij (Rihtaršič, 2018d):

1. Uporaba in prispevanje k vsebini tipa odprti-virov (število trditev, $N = 4$).
2. Uporaba IKT v STEM poučevanju ($N = 3$).
3. Težave med snovanjem merilne naprave ($N = 10$).
4. Prednosti/slabosti naprav »prikluči in uporabi« (P & P) ($N = 2$).
5. Prispevek naprav PnP k znanju iz področja STEM ($N = 4$).
6. Prispevek samogradnjih naprav k znanju iz področja STEM ($N = 4$).

V eksperiment so bili vključeni študentje 4. letnika, študijskega programa prve bolonjske stopnje: Dvopredmetni učitelj, ki obiskujejo študijsko smer: Fizika – Matematika ali Fizika – Kemija. Študentje ($N = 19$) so bili med raziskavo trikrat testirani z enakim vprašalnikom, kar nam je omogočilo spremljanje, njihovega odnos do uporabe samogradnjih merilnih sistemov med samo učno aktivnostjo. Prvič smo jih testirali na samem začetku še pred izvedbo učnih aktivnosti in s tem pridobili informacije o prvotnem odnosu študentov to tega področja. Drugo testiranje smo opravili po vodenem delu učnega procesa v katerem smo predstavili osnovne pojme v merilni tehniki in jim z nekaj praktičnimi primeri uporabe pokazali možnosti tovrstne merilne opreme. S tem vmesnim merjenjem smo predvsem želeli zaznati razliko med učnim učinkom med vodenimi aktivnostmi in učinkom, ki ga lahko pripišemo snovalskemu aktivnemu procesu. Na zadnje smo študente testirali po opravljenih njihovih projektih, kjer so morali zasnovati celoten merilni sistem s katerim so preverili zakonitosti nekega fizikalnega eksperimenta.

Za statistično analizo smo izbrali programsko okolje Python 3.6.6. pri čemer smo vključili nekatere potrebne knjižnice za delo s statističnimi podatki. Tako smo za razvrščanje in ločevanje podatkov ter za izračun osnovnih statističnih kazalnikov (povprečje, standardni odklon, preverjanje normalne porazdelitve) uporabili knjižnico *pandas 0.23.1*. Za analizo variance in večkratno regresijsko analizo smo uporabili knjižnico *statsmodels 0.9.0* ter knjižnico *SciPy 1.1.0* za izračun t-test statistike in Levenevega testa za preverjanje homogenosti variance. Mejo statistične značilnosti smo določili s faktor $p < 0,05$. Velikost učinka pa smo podajali s faktorjem eta kvadrat (η^2) pri izračunu analize variance.

Rezultati

Iz analize obstoječega stanja smo ugotovili, da študentje nimajo veliko izkušenj (mnogi nikakršnih) z uporabo vsebin značaja »odprtih virov«. Povprečna ocena testnih postavk s tega področja je bila zelo nizka $M = 0,68$ (standardni odklon $SD = 0,54$) Izkazalo se je, da so le redki študentje in to zelo redko uporabili »odprte vire«, noben od njih pa v to skupnost še ni prispeval nekih svojih izdelkov (Rihtaršič, 2018d). Med samo aktivnostjo se je odnos študentov do tovrstnih virov bistveno spremenil. Med samim učnim procesom so pričeli spoznavati vsebine, ki jih drugi ljudje po svetu dajejo javno v uporabo z namenom, da bi k vsebinam prispevali tudi drugi ljudje iz skupnosti. Pozitiven namen skupnosti »odprtih virov« je spodbudil študente in so se med izvajanjem aktivnosti priučili tudi kako lahko v to skupnost prispevajo s svojim

znanjem in delom. Prispevanje v skupnost »odprtih virov« je bistveno spremenilo njihov odnos do uporabe in prispevanja k tem viru informacij in smo tako v raziskavi izmerili veliko spremembo. Izmerili smo statistično značilen ($p = 0,003$) faktor učinka $\eta^2 = 0,22$ ($F(2,45) = 7,18$) v odnosu študentov do uporabe in prispevanja vsebin v skupnost »odprtih virov«.

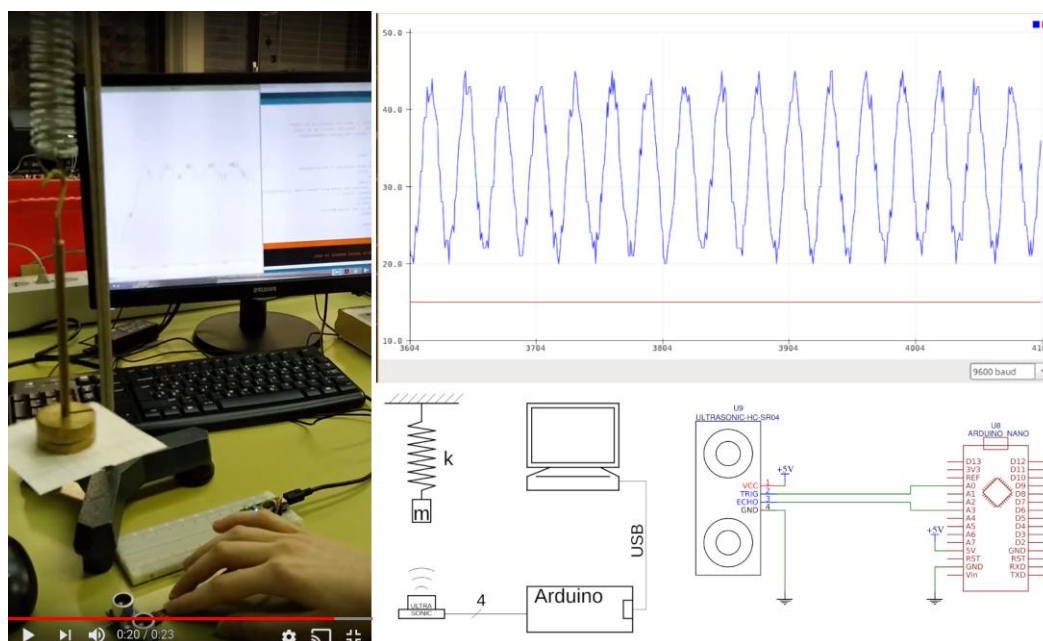
V raziskavi smo veliko pozornosti namenili tudi težavam, s katerimi so se študentje morali soočiti in jih rešiti. Zavedali smo se, da je to en od dejavnikov, ki vpliva, da se tovrstna oprema v izobraževanju ne pojavlja pogosto. S spremljanjem teh težav, smo točneje determinirali vzrok težave in bi lahko v prihodnje preoblikovali/dopolnili/prilagodili izvajanje učnega procesa. V preglednici so zbrane povprečne ocene pogostosti izvajanja nekaterih aktivnosti, ki so se jih študentje posluževali relativno redko:

Preglednica 5: Pogostost pojavnosti nekaterih aktivnosti pri samogradnji merilne naprave.

| Kako pogosto so študentje izvajali naslednje aktivnosti: | <i>M</i> (pred izvedbo) | <i>M</i> (po vodenem delu) | <i>M</i> (po projektu) |
|--|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Uporaba navodil »po korakih«. | 3,05 | 3,00 | 3,62 |
| Dosledno upoštevanje električnih shem. | 3,63 | 3,81 | 3,54 |
| Sprotno reševanje problemov. | 3,58 | 3,31 | 3,39 |
| Predvidevanje morebitnih težav. | 3,05 | 3,00 | 3,00 |
| Sprotno preverjanje delovanja naprave. | 2,11 | 2,56 | 2,85 |

Iz preglednice 5 (Rihtaršič, 2018d) lahko razberemo, da so študentje upoštevali le najnujnejša navodila. Še najbolj izstopa ocena o sprotnem preverjanju delovanja sestavljenega vezja, ki je zelo nizka zlasti pred samo izvedbo eksperimenta ($M = 2,11$, $SD = 1,84$). Pogostost preverjanja napak se nekoliko izboljša proti koncu eksperimentalne aktivnosti ($M = 2,85$, $SD = 1,73$), vendar o znatnem učinku ne moremo poročati ($\eta^2 = 0,021$), saj praga pomembne statistične značilnosti nismo presegli ($p = 0,082$), kar pomeni, da tudi po tej aktivnosti študentje zelo redko sprotno preverjajo delovanje naprav.

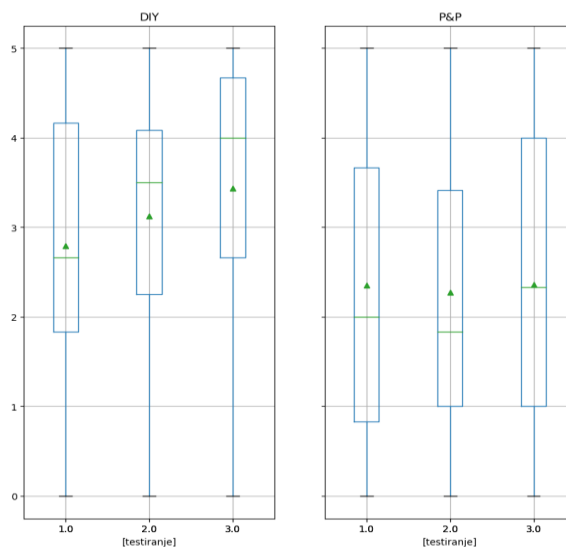
Čeprav smo izpostavili nekaj pomanjkljivosti raziskovalnega eksperimenta, smo s končnimi izdelki študentov lahko zadovoljni. Vsi študentje so uspešno zasnovali fizikalni eksperiment in zanj izdelali merilno napravo na osnovi krmilnika Arduino. Prav tako so vsi študentje pripravili primerno dokumentacijo merilne naprave in jo objavili na GitHub platformi (Rihtaršič, 2018a) z vključno postavitvijo eksperimenta in izdelavo merilnega sistema. Slika 3 prikazuje primer take izvedbe fizikalnega eksperimenta, kjer je študent predstavljal harmonično nihanje, premike uteži je izmeril z zasnovano merilno napravo, izmerjene podatke primerno obdelal in jih prikazal na graf.



Slika 3: Primer študentskega projekta z zasnovanim fizikalnim eksperimentom in merilno napravo.

Diskusija

Poleg deskriptivnih rezultatov samega poteka izvedbe eksperimentalne raziskave moramo omeniti tudi, da se je spremenil tudi odnos študentov do uporabe samogradnjih naprav na področju izobraževanja v naravoslovju. Pred samim pričetkom eksperimentalne raziskave študentje niso bili mnenja, da bi lahko samogradnja merilnih naprav (angl. do-it-yourself = DIY) prispevala k boljši izvedbi učnega procesa, kot komercialne merilne naprave, ki jih lahko uporabljamo po načinu »prikluči in uporabi« (angl.: plug-and-play = P&P). Kako se je povprečna vrednost ocene o učinkih uporabe merilnih naprav na znanje spreminjala skozi eksperimentalni proces je prikazano na sliki 4. Na levi strani slike 4 je grafično prikazana porazdelitev ocen za samogradno merilno napravo, njena povprečna vrednost je na sliki 4 označena s trikotnikom in enakomerno narašča skozi časovno obdobje eksperimenta. Medtem pa povprečna ocena vpliva uporabe komercialne merilne naprave (graf na desni strani slike 4) stagnira v tem istem časovnem okviru. Podrobnejša analiza pokaže, da je povprečna ocena uporabe komercialnih merilnih naprav ($M_{P\&P} = 2,35$, $SD_{P\&P} = 1,69$) nekoliko nižja od povprečne vrednosti za samogradne naprave ($M_{DIY} = 2,79$, $SD_{DIY} = 1,65$), a brez statistično pomembne razlike ($F(1,36) = 0,66$, $p = 0,42$). Na koncu eksperimentalne raziskave (po 3. merjenju) pa se je njihovo mnenje bistveno spremenilo. Študentje so bili mnenja, da lahko samogradnja merilnega sistema bistveno bolje pripomore k znanju na področju naravoslovja ($M_{DIY} = 3,68$, $SD_{DIY} = 1,32$) kot komercialne merilne naprave ($M_{P\&P} = 2,36$, $SD_{P\&P} = 1,85$) s statistično pomembno razliko ($F(1,24) = 4,35$, $p = 0,048$) in blagim faktorjem učinka ($\eta^2 = 0,15$) (Rihtaršič, 2018d).



Slika 4: Mnenja študentov o vplivu uporabe samogradnih in komercialnih merilnih naprav.

Zanimivi pa so tudi končni komentarji študentov, ki so jih strnili na koncu vprašalnika. Kljub temu, da se študentje zavedajo, da so z načrtovanjem svoje, namenske merilne naprave pridobili/utrdili svoje znanje na celotnem STEM področju in da te naprave pripomorejo k izvajanju učnih vsebin, še vedno načrtujejo uporabljati komercialne merilne naprave. Zasnove merilne naprave ni bila lahka naloga in zato pozitivne lastnosti take opreme ne odtehtajo vloženega dela izdelave le-teh.

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Za mnoge bodoče učitelje (študente) poučevanja fizike je bila uporaba »odprtih virov« prva tovrstna izkušnja. Še več študentov pa je svoje vsebine v tovrstno skupnost delila prvič. Menimo, da v izobraževalnem področju močno primanjkuje sodelovanja in izmenjave učnih vsebin po zgledu »odprtih virov«. To področje bi moralo biti bolj vključeno tudi v izobraževalno področje in ne le omejeno na IKT področje (zlasti programski del). Sistem za porazdeljen nadzor različic vsebine (na primer GIT) je izredno primeren, da lahko vsebino uporabimo, jo spremenimo po lastnih potrebah in jo nato tako delimo ostalim interesentom. Tak sistem bi lahko uporabili za deljenje učnih vsebin, učnih priprav, učbenikov, delovnih zvezkov ... Glede na odziv študentov, pa verjetno ne moremo pričakovati korenitih sprememb na tem področju v kratkem časovnem obdobju.

Nekoliko bolj optimistični smo lahko glede uporabe krmilnik Arduino UNO kot enostavnega merilnega sistema. Pokazali smo, da si z njim, na dokaj enostaven način, lahko pomagamo pri pouku naravoslovja, kjer je učenčeva aktivnost v raziskovanju ključna za učni proces. Zaradi zelo nizke cene elementov, ki jih potrebujemo za izdelavo takega merilnega sistema (nekaj 10 €), je tak sistem izredno dostopen. Tako si učitelj lahko zagotovi dovolj merilnih naprav in s tem omogoči vsakemu učencu ali skupini učencev izvedbo meritev in s tem eksperimentiranje po njihovi načrtovani poti. Tak merilni sistem omogoča dovolj natančne meritve za didaktične potrebe in nudi ustrezne načine vizualizacije podatkov, ki pomagajo pri prehodu iz abstrakcije v konkretnije vsebine.

Literatura

- Avsec, S., in Kocijančič, S. (2014). Effectiveness of inquiry-based learning: How do middle school students learn to maximise the efficacy of a water turbine? *International Journal of Engineering Education*, 6(a)(30), 1436–1449.
- Avsec, S., in Kocijancic, S. (2016). A Path Model of Effective Technology-Intensive Inquiry-Based Learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(1), 308–320.
- Barragán, H. (2004). *Wiring: Prototyping Physical Interaction Design* [Interaction Design Institute Ivrea]. http://people.interactionivrea.org/h.barragan/thesis/thesis_low_res.pdf
- Barragán, H. (2016). *The Untold History of Arduino*. The Untold History of Arduino. <https://arduinhistory.github.io/>
- Chittum, J. R., Jones, B. D., Akalin, S., in Schram, Á. B. (2017). The effects of an afterschool STEM program on students' motivation and engagement. *International Journal of STEM Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0065-4>
- Estianinur, Parno, Latifah, E., in Ali, M. (2021). Exploration of students' conceptual understanding in static fluid through experiential learning integrated STEM with formative assessment. *THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION (ICoMSE) 2020: Innovative Research in Science and Mathematics Education in The Disruptive Era*. <https://doi.org/10.1063/5.0043129>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., in Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Freitas, W. P. S., Cena, C. R., Alves, D. C. B., in Goncalves, A. M. B. (2018). Arduino-based experiment demonstrating Malus's law. *Physics Education*, 53(3), 035034. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aab43d>
- Garrigos, A., Marroqui, D., Blanes, J. M., Gutierrez, R., Blanquer, I., in Canto, M. (2017). Designing Arduino electronic shields: Experiences from secondary and university courses. *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2017 IEEE*, 934–937. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2017.7942960>
- Green, T., Wagner, R., in Green, J. (2018). A Look at Robots and Programmable Devices for the K-12 Classroom. *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning* A Publication of the Association for Educational Communications & Technology, 62(4), 414. <https://doi.org/10.1007/s11528-018-0297-2>
- Hearn, T. (2021). *Thearn/Python-Arduino-Command-API* [Python]. <https://github.com/thearn/Python-Arduino-Command-API> (Original work published 2012)
- Hughes, J., Gadani, G., in Yiu, C. (2017). Digital Making in Elementary Mathematics Education. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3(2), 139. <https://doi.org/10.1007/s40751-016-0020-x>

- Jong, T. de. (2019). Moving towards engaged learning in STEM domains—there is no simple answer, but clearly a road ahead. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(2), 153–167. <https://doi.org/10.1111/jcal.12337>
- Kondaveeti, H. K., Kumaravelu, N. K., Vanambathina, S. D., Mathe, S. E., in Vappangi, S. (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100364>
- Murovec, B., in Kocijancic, S. (2006). Single chip data acquisition system with USB connectivity. *MIPRO 2006 - 29th International Convention Proceedings: Computers in Education*, 4.
- Pernjak, A. A., Puhek, M., in Orgo, A. A. (2010). Lower Secondary School Students' Attitudes Toward Computer-Supported Laboratory Exercises. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 5(2010). <https://www.learntechlib.org/p/44934/>
- Restivo, T., Chouzal, F., Rodrigues, J., Menezes, P., in Lopes, J. B. (2014). Augmented reality to improve STEM motivation. *2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 803–806. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2014.6826187>
- Rihtaršič, D. (2018a). *Arduino DAQ Projects*. GitHub. https://github.com/davidrihtarsic/Data-Acquisition-Device_Arduino
- Rihtaršič, D. (2018b). *Data-Acquisition-Device_Arduino*. GitHub. https://github.com/davidrihtarsic/Data-Acquisition-Device_Arduino
- Rihtaršič, D. (2018c). *Off Line Arduino DAQ*. GitHub. https://github.com/davidrihtarsic/Data-Acquisition-Device_Arduino
- Rihtaršič, D. (2018d). Using an Arduino-based low-cost DAQ in science teacher training. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 16, 380–385.
- Rihtaršič, D. (2019). *ArduinoPythonSerialCOM*. GitHub. <https://github.com/davidrihtarsic/ArduinoPythonSerialCOM> (Original work published 2021)
- Rihtaršič, D. (2013). InFiRo-Xplained board. *INFIRO Proceedings [Elektronski Vir]*, 84–91.
- Severance, C. (2014). Massimo Banzi: Building Arduino. *Computer*, 47(1), 11–12. <https://doi.org/10.1109/MC.2014.19>
- Šorgo, A. (2010). Apacer: A Six-Step Model For The Introduction Of Computer-Supported Laboratory Exercises In Biology Teaching. *Problems of Education in the 21st Century*, 24, 130–138.
- Steinsberger, T., Kathriner, P., Meier, P., Mistretta, A., Hauser, P., in Müller, B. (2017). A portable low cost coulometric micro-titrator for the determination of alkalinity in lake and sediment porewaters. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.09.191>
- Zachariadou, K., Yiasemides, K., in Trougakos, N. (2012). A low-cost computer-controlled Arduino-based educational laboratory system for teaching the fundamentals of photovoltaic cells. *European Journal of Physics*, 33, 1599. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/33/6/1599>
- Ziaeeafard, S. (1), Page, B. r. (1), Knop, L. (1), Ribeiro, G. a. (1), Rastgaar, M. (1), Mahmoudian, N. (1), in Miller, M. (2). (2017). GUPPIE program—A hands-on STEM learning experience

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja

for middle school students. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2017-October*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190546>

POIZVEDOVALNO UČENJE S POMOČJO 3D TISKA V 8. RAZREDU OSNOVNE ŠOLE

INQUIRY-BASED LEARNING OF EIGHTH GRADERS USING 3D PRINTING

Tina Perše¹, Stanislav Avsec²

¹OŠ Žirovnica, ²Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Povzetek

Induktivne metode poučevanja predstavljajo nasprotje od klasičnega, tradicionalnega pouka, saj v ospredje postavljajo učenca in od njega zahtevajo neprestano aktivnost in uporabo višjih kognitivnih procesov. Ena izmed metod je tudi poizvedovalno učenje (PU), ki posnema pristop pravega znanstvenega raziskovanja. Poleg tega pa PU pri učencih izzove kognitivne konflikte, z razrešitvijo teh pa učenci razvijajo kritično mišljenje (KM) in druge veščine. Cilj raziskave je ugotoviti, kako uporaba tridimenzionalnega (3D) tiskalnika vpliva na razvoj kritičnega mišljenja pri učencih 8. razreda ter morebiten obstoj povezave med prirastom kritičnega mišljenja in učenčevim odnosom do kritičnega mišljenja. Raziskava temelji na deskriptivni in kavzalni kvazi-eksperimentalni metodi, pristop je kvantitativen. V razredu smo izvedli pet šolskih ur v obliki tehniškega dneva v 8. razredu na temo gonil. Pouk smo načrtovali po metodi PU 5E. 55 osmošolcev smo razdelili v eksperimentalno in kontrolno skupino. V obeh smo pred obravnavo teme gonil izvedli predtest kritičnega mišljenja, po koncu pa posttest ter izpolnjevanje vprašalnika o kritičnem mišljenju, ki ugotavlja učenčev odnos do kritičnega mišljenja. Ugotavljamo, da so učenci na splošno napredovali, saj so v povprečju na posttestu ($\bar{x} = 30,91\%$) dosegli boljše rezultate kot na predtestu ($\bar{x} = 26,55\%$). V povprečju so učenci eksperimentalne skupine ($\bar{x} = 8,53\%$) bolj napredovali kot učenci kontrolne skupine ($\bar{x} = 3,69\%$). V povprečju so učenci, ki bolj vrednotijo KM, tudi bolj napredovali v kritičnem mišljenju. Nasprotno pa zgolj zaupanje v KM ne zadošča za napredovanje v samem kritičnem mišljenju. Zavedati se moramo omejitev naše raziskave, kjer je vzorec majhen, intervencija pa kratka. Dobljeni rezultati niso pokazali statistično pomembnih vplivov prisotnosti 3D tehnologij pri razvoju kritičnega mišljenja, kljub temu pa zaznamo trend rezultatov, ki kažejo v prid 3D tiskanju ter metodi 5E PU.

Ključne besede: tehnika in tehnologija, aktivno učenje, model poizvedovalnega učenja 5E, 3D tiskanje, kritično mišljenje.

Abstract

Inductive teaching and learning methods are the opposite of traditional teaching, as they are learner-centered, which means they impose more responsibility on pupils for their own learning and require constant activity and the use of higher cognitive processes. One of the methods is inquiry-based learning, which imitates the approach of authentic scientific research. In addition, inquiry learning provokes cognitive conflicts in students, and by resolving these, students develop critical thinking and other skills. The aim of the research is to determine how the use of a 3D printer affects the development

of critical thinking in 8th grade elementary school students. We were also interested in whether there are any correlations between students' value of critical thinking and their progress in critical thinking. The research is based on a descriptive and causal quasi-experimental method and quantitative approach. Implementation of the school activity day lasted for 5 school hours, the main topic was gears. The sample represents 55 students, 25 of whom presented experimental group, the remaining 30 students consisted of a control group. In both groups, a pre-test of critical thinking was conducted before addressing the topic of gearboxes, and a posttest was performed after the implementation of the school activity day. Through the test of critical thinking we obtained information about the students' critical thinking level. A few weeks after the implementation of the school activity day, the students of both groups completed a questionnaire of critical thinking, which showed us the students' attitude towards critical thinking. From the obtained results, it can be concluded that all the students generally progressed, as on average they achieved better results on the posttest ($\bar{x} = 30.91\%$) than on the pretest ($\bar{x} = 26.55\%$). On average, students in the experimental group ($\bar{x} = 8.53\%$) progressed more than students in the control group ($\bar{x} = 3.69\%$), expressed with the class average normalized gain. The results of the questionnaire of the critical thinking showed that, on average, students who valued critical thinking more also made more progress in critical thinking. Conversely, confidence in critical thinking or in one's ability of critical thinking is not enough to advance oneself in critical thinking itself. It is important to be aware of the limitations of our research, where the sample is small and the intervention is very short. The obtained results did not show statistically significant influences of the presence of 3D technologies in the development of critical thinking. However, we notice a trend of results that show in favor of 3D printing and the 5E model of inquiry learning.

Key words: design and technology, active learning, inquiry-based learning model 5E, 3D printing, critical thinking.

Uvod

Znanost in tehnologija imata v sodobni družbi vedno večjo vlogo. Tako razvoj znanosti kot tehnologije zahtevata širok spekter znanja na različnih ravneh, saj se le tako lahko znanstveniki in inženirji celostno lotijo problema. Raznovrstne tehnološke aplikacije so čedalje kompleksnejše in človeka tesno povezujejo s tehnologijo na vsakem koraku. A za razvoj zahtevanih kompetenc inženirjev in znanstvenikov, je potreben tudi kakovosten izobraževalni sistem. Ta je eden izmed ključnih dejavnikov, ki omogoča konkurenčnost inovacij nekega gospodarskega sistema. Izobraževalni sistem mora zagotoviti širok spekter znanja ter biti usmerjen v učečega. Pomembno je, da se učeči srečajo z življenjskimi izzivi, kjer bodo morali uporabiti in tudi razvijati snovalsko razmišljanje (ang. *design thinking*). Tak izobraževalni sistem mora biti nujno interdisciplinarno usmerjen in spodbuja razvoj različnih kompetenc kot so: sodelovanje, vztrajnost, inovativnost in ustvarjalnost, KM... (Avsec, 2021).

Zlasti snovanje in snovalsko razmišljanje predstavljata izjemno pomemben del številnih razvojnih in industrijskih dejavnosti, ki nam omogočajo višjo kakovost življenja ter zmanjšajo ali kar se da omejijo vplive na okolje. Tako snovanje kot snovalsko razmišljanje sta tesno povezana z ustvarjalnostjo in inovativnostjo, ki razvijalcem omogočajo ustvarjanje sodobnih izdelkov, konceptov in storitev. Snovalsko razmišljanje lahko definiramo kot »strateški pristop, ki uporablja oblikovalčevo razumskost in metode za uskladitev potreb ljudi s tistim, kar je tehnološko izvedljivo in s čimer se lahko poslovna strategija pretvori v vrednost za uporabnike in tržno priložnost« (Brown, 2008 v Avsec, 2021, str. 11). Vloga snovalskega razmišljanja se opazi tudi kot sposobnost spreminjanja in izboljševanja izdelkov, tudi postopkov. Prav tako ima snovalsko razmišljanje pomembno vlogo pri prototipiranju in učenju. Veščine, ki so potrebne

za uspešen prenos snovalskega mišljenja v nek izdelek ali proces so npr. sposobnost razmišljanja izven okvirjev, sprejemanje odločitev, razmišljanje kot del skupine v družbenem procesu... Snovalsko razmišljanje bi bilo zato smotrno vključiti v različne aktivnosti kurikula, saj bi z vključevanjem dejavnosti načrtovanja, snovanja in oblikovanja omogočili razvoj inovativnosti učečih se. Poleg tega snovalsko razmišljanje in vključitev v izobraževalne dejavnosti ponuja možnosti eksperimentiranja, prototipiranja in zbiranja povratnih informacij, kar pa se odraža tudi v razvijanju analitičnih in ustvarjalnih sposobnosti, KM, samoučinkovitosti, sposobnosti reševanja problemov (Avsec, 2021).

Avsec (2021) povzema artikulacijo snovalskega razmišljanja, ki je bila razvita v začetku 21. stoletja, na Inštitutu Hassa Plattnerja na Univerzi Stanford. Ta model vsebuje pet faz, ki pa si ne sledijo nujno linearno, in so: empatija, opredelitev, zamisel, prototipiranje in testiranje rešitev izbranih konceptnih različic (Avsec, 2021).

Empatija je izjemno pomemben vidik modela snovalskega razmišljanja, saj se lahko z učinkovito empatijo osredotočimo na uporabnika in uporabniško izkušnjo, ne pa zgolj na postopek oblikovanja. Snovalec mora v tej fazi razmišljati predvsem o tem, zakaj in kako bo uporabnik izdelek ali storitev uporabljal. Vprašati se mora tudi, kaj uporabnik pričakuje od izbranega izdelka. Naslednji vidik, ki prevladuje celoten čas snovanja, je ustvarjalna ideja, zamisel. Ta vsakemu inženirju ali ustvarjalcu dandanes v poplavi kakovostnih izdelkov in storitev predstavlja ogromen izziv. Ustvarjalnost ima pomembno vlogo pri iskanju rešitev problemov, ocenjevanju in vrednotenju, izbiri in odločanju ter uporabi znanj in veščin, ki nas pripeljejo do konkretnih rešitev. Poleg prvih dveh vidikov je pomembna tudi racionalnost. Ta se pojavi v prav vseh fazah snovalskega razmišljanja in se odraža pri sprejemanju odločitev glede proračuna, materialov in drugih dilem glede etičnih in družbenih normativov (Avsec, 2021).

Faze, ki se v nelinearnem ciklu snovalskega razmišljanja ves čas ponavljajo, so prototipiranje, testiranje in izboljšave oziroma optimizacija izdelkov ali procesov. Predvsem v proces prototipiranja je smiselno vplesti tehnologije 3D tiskanja. Greenhalgh (2016) ugotavlja, da naj bi prav prototipi premostili razkorak med idejami snovalcev in končnim izdelkom (Greenhalgh, 2016).

Tehnologija 3D tiskanja se v današnjem času razvija in napreduje izjemno hitro. Opaziti je porast ponudbe 3D tiskalnikov na trgu. Ti so sicer večinoma namenjeni raznim podjetjem, saj jim omogočajo dokaj hitro, enostavno in kvalitetno izdelavo prototipov, lastnih orodij, sestavnih delov in tudi končnih izdelkov. Prav tako so 3D tiskalniki zelo uporabni pri tistih izdelkih, kjer je treba kaj narediti po meri. Pomembna lastnost 3D tiskalnikov je tudi učinkovita poraba materiala, odpadkov je namreč precej manj kot pri klasični izdelavi oziroma jih skoraj ni. Celoten napredek v razvoju 3D tiskanja je omogočil širok spekter materialov, ki jih lahko uporabljamo pri tej tehnologiji, ter visoko kakovost tiskanja, kar pomeni kvaliteten in natančen končni izdelek. Poleg same uporabe 3D tiskalnikov za industrijske namene, pa so ti dandanes cenovno dostopni tudi za domačo rabo. Soliden 3D tiskalnik lahko na trgu dobimo že za 300,00 EUR, prav tako je brezplačno dostopna tudi zadovoljiva programska oprema, 3D tiskalniki pa so tudi zmernih velikosti in lahko natisnejo 3D objekt dimenzij 15 x 15 x 15 cm (Krizmanić, 2018).

Glede na razširjenost in cenovno dostopnost tehnologije 3D tiska je velika verjetnost, da se bodo (naši bodoči) učenci s temi tehnologijami srečali v vsakdanjem življenju. Zato bi bilo smiselno, da bi jim 3D tisk predstavili že v šoli – pri pouku tehnike in tehnologije (TiT). Poleg spoznavanja učencev s tehnologijo 3D tiska pa ima vključevanje teh tehnologij v pouk TiT še veliko drugih prednosti. Širina in univerzalnost 3D tehnologij omogočata različna področja uporabe – od izdelave didaktičnih pripomočkov do uporabe pri izdelavi izdelka, projekta. Tehnologija 3D tiskanja je v uporabnika naravnana in zato zelo primerna za implementacijo v različne metode aktivnega učenja. Z uporabo 3D tiskalnika pri pouku lahko učitelj prevetri svoje poučevalne metode in strategije ter načrtuje tudi razvijanje višjih kognitivnih stopenj. Poleg tega s pomočjo 3D tiska razvijamo snovalsko razmišljanje in kreativnost. Tako snovalsko razmišljanje kot kreativnost sta izjemno pomembni pri reševanju problemov in sta eni izmed pomembnejših veščin/spretnosti 21. stoletja (Novak in Wisdom, 2019).

Vpeljava 3D tiskanja pa je koristna tudi za učitelje. Večini učiteljem predstavlja izziv, saj se s to tehnologijo še ne poznajo in je verjetno ne uporabljajo niti doma niti pri pouku. Učitelji, ki sprejmejo izziv, gredo tudi sami skozi proces učenja, kar je dober primer vseživljenjskega učenja. Učitelji bodo tako tudi lažje predvideli, kje se bodo pojavile morebitne težave in se bodo bolje pripravili na odpravljanje le teh. Poleg tega bodo učitelji tudi poglobili svoje strokovno znanje, kar jim omogoča tudi pedagoško rast (Novak in Wisdom, 2019). Strokovno znanje je namreč pri osnovnošolskih učiteljih, poudarek je na učiteljih, ki poučujejo TiT v nižjih razredih osnovne šole (OŠ), večkrat površno, zanimanje za naravoslovno tehniške predmete je šibko, zato avtorici Novak in Wisdom (2018) ugotavljata, da se naravoslovno tehniške predmete poučuje preveč površinsko. Ko učitelji enkrat postanejo večji uporabe 3D tiskalnika pa jim je 3D tehnologija lahko v pomoč tudi pomoč pri izvedbi pouka. Učitelji lahko natisnejo različne modele, didaktična učila in pripomočke. Na drugi strani pa lahko učitelj vpelje 3D tiskanje v pouk in ga uporabljajo tudi učenci pri različnih projektih in razvijajo njihovo snovalsko razmišljanje. Rezultati raziskave so pokazali, da so učenci, ki so dizajnirali prototipe s pomočjo 3D tiskalnika izdelali zahtevnejše, kompleksnejše prototipe. V primerjavi z učenci, ki so se izdelave prototipov lotili na klasičen način, se niso omejili zgolj na linearne oblike, ampak so pri dizajniranju uporabili tudi različne krivulje višjega reda, ne le krožnice. Raziskovalci domnevajo, da se predvsem tisti, ki so prototipe izdelovali na tradicionalen način, kljub morebitnim kompleksnejšim začetnim idejam med postopkom izdelave vrnejo korak nazaj in idejo zaradi lažje izdelave poenostavijo. Pri 3D tiskalniku pa konstrukcij ni treba poenostavljati in zato se raven kompleksnosti ohranja ali celo dviga (Greenhalgh, 2016).

Omenili smo že, da so tehnologija 3D tiskanja in induktivne metode učenja tesno povezave. Tako učitelji kot učenci s(m)o se v 21. stoletju znašli v poplavi informacij, hitremu napredku raznih tehnologij in s(m)o priča velikim spremembam v življenjskem ritmu. Vse to pa je seveda vplivalo tudi na šolski prostor, ki se počasi prilagaja korenitim spremembam. S sodobnimi metodami in načini poučevanja lahko učitelji veliko prispevamo k tem spremembam. Ena izmed teh je zagotovo tudi aktivno poučevanje in učenje. To namreč postavlja učenca v središče učnega procesa, učitelju pa omogoči ne le predajanje svojega znanja, temveč tudi postavljanje izzivov svojim učencem in posledično s tem razvijanje tako osebnostnih kot tudi kognitivnih kompetenc pri učencih. Prvotne koncepte aktivnega učenja je postavil John Dewey že v začetku 20. stoletja. Kranjc (2015) povzame misli Deweya, ki trdi, da je ključno pri poučevanju naravoslovja seznanjanje učencev z načinom razmišljanja in primernim pristopom, ne pa zgolj podajanje snovi. Vidimo, da osnovni koncepti aktivnega učenja temeljijo predvsem na raziskovanju in posnemajo znanstveno raziskovalni proces ter prilagajajo njegovo

kompleksnost uporabi v šolskem prostoru. Učenci naj bi s pomočjo samostojnega načrtovanja poskusov ter raziskovanja postavljali svoje hipoteze, jih ovrgli ali potrdili, iskali povezave, diskutirali o dobljenih rezultatih in o njih tudi podvomili. Hkrati bi se tudi urili v timskem delu in izboljševali svoje socialne kompetence (Kranjc, 2015).

Temelji PU izvirajo iz konstruktivizma, na katerem so osnovane na splošno vse metode induktivnega poučevanja. Korenine PU segajo že v 17. stoletje, kasneje pa je raziskovanje v svoji pedagoški teoriji prevzel tudi Rousseau. Zatem se je razvil konstruktivizem s Piagetom, Deweyem, Brunerjem in Vigotskym na čelu. Poizvedovanje (ang. *inquiry*) je sicer večplastna dejavnost, ki vključuje opazovanje, zastavljanje vprašanj, preučevanje literature in drugih že znanih podatkov, analiziranje in interpretacijo podatkov, raziskovanje in napovedovanje rezultatov (Maas in Artigue, 2013).

S procesom poizvedovanja oziroma iskanjem odgovorov na zastavljena vprašanja tudi iskanjem resnice se srečamo že zelo zgodaj, kmalu po rojstvu. Prav tako pa z odkrivanjem okolice, iskanjem različnih rešitev in poti nadaljujemo celo svoje življenje (Exline, 2004). Prince in Felder (2006) pa ugotavljata, da ima PU tudi v znanstvenem izobraževanju dolgo in dobro zasidrano tradicijo. PU poudarja razumevanje, zastavljanje vprašanj in enako kot druge metode aktivnega učenja postavlja učenca v center dejavnosti (Eick in Reed, 2002). Metoda PU po mnenju raziskovalcev »v najširšem pomenu opisuje procese učenja s poizvedovanjem in raziskovanjem« (Stanić in Avsec, 2014, str. 177). PU, tudi učenje s poizvedovanjem, je torej ena izmed metod aktivnega učenja, ki bolj poudarja in razvija KM, zastavljanje smotrnih vprašanj, strategije reševanja problemov ter komunikacijske sposobnosti kot usvajanje novega znanja (Eick in Reed, 2002). Kot osrednji cilj PU je tako postavljen »razvoj učenčevih raziskovalnih sposobnosti in priprava na vseživljenjsko učenje« (Stanić in Avsec, 2014, str. 177).

Avtor začetnega modela PU, iz katerega se je razvil model 5E, je Johann Friedrich Herbart. Za temelj izobraževanja je smatral praktično izkustvo in družbene interakcije. Zelo pomembno se mu je zdelo tudi aktiviranje in uporaba učenčevega predznanja. Pouk je razdelil v štiri glavne faze in sicer: priprava, predstavitev, posploševanje in aplikacija. V razvoju modela 5E je pomemben tudi John Dewey. Raziskoval je, kako razmišljamo in ugotovil, da so izkustva nepogrešljiva pri tvorjenju novih povezav in usvajanju konceptov. Zato osnuje različne učne modele, ki temeljijo na izkustvu in posnemajo znanstveno raziskovanje. Raziskovalci so na podlagi Deweyevih modelov zasnovali t. i. učni cikel (ang. *learning cycle*), na katerem temelji tudi model 5E. Sprva je imel Atkin-Karplusov učni cikel zgolj tri faze in sicer raziskovanje, iznajdbo in odkrivanje. Iz tega se je razvil model 3E, ki vsebuje zgolj 3 faze (raziskovati – ang. *explore*, pojasnjevati – ang. *explain* in izdelovati, aplicirati – ang. *expansion*), kasneje pa še model 5E (Bybee idr., 2006).

Faze PU po modelu 5E so (Bybee idr., 2006):

1. *motivirati* (ang. **Engage**)

V prvi fazi se učenci srečajo s problemom. Namen te faze je motivirati učence za delo, aktivirati njihovo predznanje in izzvati napačna razumevanja, za katera želimo, da jih razrešijo. Glede na obliko PU lahko učitelj ali učenci opredelijo problemsko situacijo in zastavijo raziskovalna vprašanja. Učitelj mora postaviti pravila za nadaljnje delo.

2. *raziskovati (ang. Explore)*

Če je učitelj v prvi fazi pri učencih izzval kognitivni konflikt, druga faza sproži raziskovanje in pot do razrešitve tega konflikta. Aktivnosti naj bi bile zasnovane tako, da so učenci seznanjeni s konkretno, praktično učno situacijo. Namen te faze je namreč učence srečati z različnimi izkušnjami preko katerih bodo kasneje tvorili formalne koncepte, postopke ali spretnosti. Učitelj je v tej fazi bolj pasiven. Učence po potrebi usmerja in motivira.

3. *pojasnjevati (ang. Explain)*

V tej fazi učenci interpretirajo in razlagajo, kar so že spoznali. Za to fazo je ključno enostavno in jasno formuliranje konceptov, postopkov. V tej fazi se učenci spoznajo tako s koncepti kot tudi s terminologijo. Učitelj lahko po potrebi doda tudi svojo razlago, če bo ta učencem še poglobila znanje ali omogočila boljše razumevanje konceptov.

4. *izdelovati (ang. Elaborate)*

Učenci v tej fazi poskušajo narediti transfer novo usvojenega znanja, konceptov in spretnosti na neko podobno, a novo problemsko situacijo. S tem bodo še poglobili razumevanje. V tej fazi učenci tudi diskutirajo in izmenjujejo podatke med skupinami.

5. *evalvirati (ang. Evaluate)*

Zadnja faza PU je namenjena samovrednotenju učenčevega razumevanja teme. Učenci se z učiteljem pogovorijo o napačnih predstavah ter izpostavijo pasti, na katere so naleteli med raziskovanjem. Sledi tudi evalvacija celotnega procesa PU.

Uporaba aktivnih metod poučevanja je tesno povezana tudi z razvojem višjih kognitivnih procesov, eden izmed teh je tudi KM in sposobnost odločanja. V poplavi različnih informacij je namreč ključno presojanje o resničnosti, smotrnosti in uporabnosti informacij za lastno rabo. Pri odločanju nam je v veliko pomoč KM. Halpernova (2014) opredeli KM kot *uporabo tistih kognitivnih strategij, ki povečajo možnosti ugodne, zelene rešitve. KM opisujemo kot namensko, utemeljeno in k cilju usmerjeno. Uporabimo ga pri reševanju problemov, oblikovanju sklepov in sprejemanju odločitev.* KM je analitično, vključuje tudi izvirne ideje. Gre za globoko znanje, s katerim iščemo in tvorimo nove povezave med posameznimi področji ter skušamo kreativno in učinkovito poiskati pot do rešitve danega problema (Stobaugh, 2013).

Stupple in ostali (2017) so razvili vprašalnik, ki meri odnos učencev do KM. Avtorji ugotavljajo, da je razvijanje KM pri študentih pomembno, skoraj nujno, in tesno povezano z zaposljivostjo diplomanta ter njegovo karierno uspešnostjo. Kljub temu pa raziskave kažejo, da ima veliko študentov težave z razumevanjem in razvijanjem KM. Za samo razvijanje KM je zelo pomembno tako učiteljevo, tutorjevo kot učenčevo pojmovanje KM. Če na primer učenec misli, da je KM veščina, ki jo bodisi poseduješ bodisi ne, potem je tako gledišče problematično za razvijanje KM. Zato je pomembno, da ugotovimo, kakšen je odnos učencev do KM.

Z vidika uporabnosti in aplikacije KM pri TiT nas še posebej zanimajo KM kot ena izmed treh dimenzij TP. To je v »najosnovnejšem smislu splošno razumevanje tehnologije« (Bizjak, 2019, str. 20). TP tvori tri kompleksne dimenzije, in sicer so to (Garmire in Pearson, 2006):

1. znanje,
2. zmožnosti ter
3. KM in sposobnost odločanja.

Dimenzije so medsebojno povezane, ena od druge odvisne in neločljive. Tako je le z znanjem opremljenim posameznikom omogočeno doseganja višjih ravni zmožnosti, hkrati pa mora posameznik za sprejemanje preišljenih odločitev dobro poznati in razumeti značilnosti tehnologije (Garmire in Pearson, 2006).

Tehnološko pismena oseba na področju KM in sposobnosti odločanja bo to pokazala tako, da (Avsec, 2012):

- zna sebi in drugim zastaviti ustrezna vprašanja o koristih in tveganjih tehnologij,
- sistematično tehta informacije, ki so ji na voljo o koristih, tveganjih, stroških in kompromisih tehnologije ter
- sodeluje, če je potrebno, pri odločitvah o razvoju in uporabi tehnologije.

Namen in cilji

Glavni namen izvedbe raziskave je vpeljati tehnologijo 3D tiska v pouk TiT ter jo podpreti z uporabo PU. Zadali smo si naslednje, predvsem teoretične, cilje (C1–4):

C1: Predstaviti, katere 3D tehnologije obstajajo in katere so primerne za uporabo v šolskem prostoru.

C2: Podati pregled obstoječih strategij pouka vsebin TiT in ciljno izbrati najprimernejšo za učno implementacijo tehnologije 3D tiska.

C3: Kritično analizirati in ovrednotiti učinke vpeljave 3D tehnologij z uporabo PU.

C4: Podati priporočila in smernice za delo učitelja TiT pri obravnavi vsebin, ki so podprte s 3D tehnologijo.

Za potrebe raziskave, pa smo si zadali naslednja raziskovalna vprašanja (RV1–4):

RV1: Kako učenci zaznajo KM, kako ga cenijo in kako razumejo napačna razumevanja?

RV2: Kakšni so učinki pouka vsebin TiT na KM učencev?

RV3: Ali obstajajo razlike med spoloma glede na prirast kompetenc kritičnega mišljenja?

RV4: Ali obstaja kakšna povezava med učenčevim odnosom do kritičnega mišljenja in učinkom pouka na razvoj kritičnega mišljenja, in če da, kakšna je ta korelacija?

Metoda

V empiričnem delu raziskave sta bili uporabljeni naslednja raziskovalna metoda in pristop:

- *raziskovalna metoda*: deskriptivna in kavzalno kvazi-eksperimentalna,
- *raziskovalni pristop*: kvantitativna raziskava.

Raziskava temelji na metodi kvazi-eksperimenta izvajanja PU po metodi 5E, podprtega s tehnologijo 3D tiska ob uporabi pred- in posttestov, ki preverjajo prirast kritičnega mišljenja ter vprašalnika kritičnega mišljenja, ki preverja učenčev odnos do kritičnega mišljenja.

Vzorec je namenski, predstavlja ga 55 učencev in učenk, ki so v šolskem letu 2018/2019 obiskovali 8. razred OŠ na območju severne Gorenjske. Raziskava je potekala v aprilu in maju 2019. Začetni vzorec se deli na dve skupini, in sicer na eksperimentalno in kontrolno skupino. Učenci v eksperimentalni skupini so bili deležni PU po metodi 5E in so delali s 3D tiskalnikom, medtem ko so učenci v kontrolni skupini obravnavali temo gonil na tradicionalen način. V eksperimentalni skupini je bilo skupaj 25 učencev (45,45 %), od tega 9 učencev (36,00 %) in 16 učenk (64,00 %). V kontrolni skupini je bilo skupaj 30 učencev (54,55 %), od tega 14 učencev (46,67 %) in 16 učenk (53,33 %). Celoten vzorec sestavlja 55 učencev in učenk, od tega 23 fantov (41,81 %) in 32 deklet (58,19 %). Učenci in učenke so bili stari 13 ali 14 let.

Podatke smo zbirali v dveh delih, in sicer s pomočjo pred- in posttestov ter vprašalnika o kritičnem mišljenju.

Vprašalnik kritičnega mišljenja je tipa 10-stopenjske Likertove lestvice o kritičnem mišljenju (10 – popolnoma se strinjam do 1 – sploh se ne strinjam). vsebuje 27 testnih postavk (TPO), ki so razdeljene v tri kategorije, kot je prikazano v preglednici 1. TPO so vzete iz testnih baterij, ki so jih sestavili Stupple in drugi (2017), celotnega najdemo v magistrskem delu (Perše, 2020). Učenci imajo za izpolnjevanje vprašalnika na voljo od 5 do 10 minut.

Preglednica 1: Razporeditev TPO vprašalnika KM po treh kategorijah KM.

| Kategorija KM | Številka TPO |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Zaupanje v KM</i> | 1–3, 8, 11, 13–15, 17, 19, 20, 22–27 |
| <i>Vrednotenje KM</i> | 4, 5, 7, 9, 16, 18 |
| <i>Zaznavanje napačnih razumevanj</i> | 6, 10, 12, 21 |

Predtest KM so učenci reševali pred obravnavo sklopa gonil, v začetku aprila 2019. Tako predtest kot posttest vsebujeta 20 testnih TPO, vse merijo komponento kritičnega mišljenja tehnološke pismenosti (TP), razdeljene so v pet različnih kategorij kot je prikazano v preglednici 2. TPO so vzete iz testnih baterij, ki jih je sestavil Avsec (2012), kot pred- in posttest so zbrane v magistrskem delu (Perše, 2020). Neposredno se ne navezujejo na teme povezane z gonili ali 3D tiskanjem in modeliranjem. Na ta način smo poskušali zagotoviti testiranje prirastka kritičnega mišljenja, ne pa usvojenega znanja. Vse TPO so zaprtega tipa, učenec izbira med petimi podanimi odgovori, od katerih izbere najbolj pravih. Pri petih TPO (TPO 4, 5, 8, 14 in 15) je potrebno izbrati kombinacijo najbolj pravih odgovorov in razlogov. Vsaka pravilno rešena TPO je točkovana z eno točko. Čas reševanja smo omejili na 30 minut.

Preglednica 2: Razporeditev TPO testa KM po petih kategorijah TP.

| Kategorija TP | Številka TPO |
|---|---------------|
| <i>Narava tehnike in tehnologije</i> | 1, 2, 3 |
| <i>Tehnika in tehnologija ter družba</i> | 4, 14 |
| <i>Oblikovanje in projektiranje</i> | 5, 6, 8 |
| <i>Zmožnosti za ustvarjanje tehnološke družbe</i> | 7, 9, 10, 11 |
| <i>Svet oblikovanja, konstruiranja in projektiranja</i> | 12, 13, 15–20 |

Zatem je sledila izvedba tehničnega dneva s PU po modelu 5E za eksperimentalno skupino oziroma klasični pouk obravnave sklopa gonil za kontrolno skupino. Po izvedenih intervencijah

so učenci konec maja 2019 reševali še posttest kritičnega mišljenja. Ko smo zaključili zbiranje podatkov, smo teste in vprašalnike uredile ter ustrezno kodirali. Vnesli smo jih v preglednico v programu Microsoft Office Excel. Zatem smo podatke normalizirali in jih statistično obdelali s pomočjo programa IBM SPSS verzija 22 (Statistical Package for the Social Sciences).

Rezultati

V nadaljevanju bomo predstavili rezultate testov kritičnega mišljenja ter vprašalnika kritičnega mišljenja. Za test in vprašalnik smo pred samo analizo in interpretacijo rezultatov najprej preverili zanesljivost, težavnost in občutljivost. Kasneje smo se lotili analize dobljenih rezultatov.

Za merjenje zanesljivosti testa KM in vprašalnika KM smo izračunali koeficient Cronbach α . Preveriti želimo, ali bi pri testiranju podobne populacije zbrali podobne odgovore ob ponovni uporabi teh vprašalnikov. Test oziroma vprašalnik je zanesljiv in primeren za nadaljnjo uporabo, če je vrednost koeficienta Cronbach $\alpha > 0,60$. Za test KM smo posebej preverili zanesljivost pred- in posttesta. V preglednici 3 so prikazani rezultati. Vrednost koeficienta Cronbach α je pri obeh zelo podobna in ravno mejna, tako da sta tako predtest kot posttest zanesljiva. Domnevamo, da je bil test dokaj zahteven, kar povzroča večja odstopanja v rezultatih. Poleg tega na nizko zanesljivost vpliva tudi dokaj majhen vzorec ($N = 55$). Zanesljivost smo preverili še z medrazrednim korelacijskim koeficientom ICC, katerega vrednost znaša $ICC = 0,87$, kar pomeni dobro zanesljivost testov KM.

Preglednica 3: Zanesljivost Cronbach α pred- in posttesta KM.

| Test KM | Cronbach α |
|-----------------|-------------------|
| <i>predtest</i> | 0,60 |
| <i>posttest</i> | 0,62 |

Zanesljivost vprašalnika KM smo preverjali za vsako od treh kategorij posebej. Rezultati so zbrani v preglednici 4. Razberemo, da so vrednosti vseh kategorijah višje od 0,6, kar pomeni, da je vprašalnik zanesljiv. Najmanjša zanesljivost je pri zadnji kategoriji (zaznavanje napačnih razumevanj), s čimer so se srečali že avtorji izvirnika vprašalnika (Stupple idr., 2017). Ta kategorija ima tudi najmanj TPO, kar bi lahko bil razlog za nekoliko nižjo zanesljivost.

Preglednica 4: Zanesljivost Cronbach α vprašalnika KM po treh kategorijah.

| Kategorija KM | Cronbach α |
|---------------------------------------|-------------------|
| <i>Zaupanje v KM</i> | 0,92 |
| <i>Vrednotenje KM</i> | 0,82 |
| <i>Zaznavanje napačnih razumevanj</i> | 0,70 |

S preverjanjem težavnosti preverimo, ali je bil test KM primerno zahteven. Težavnost bomo izračunali glede na rezultate reševanja testa. Vsako izmed TPO, razen TPO8, je vsaj eden od sodelujočih v raziskavi rešil pravilno, kar pomeni, da imamo eno nerešeno TPO. Iz preglednice 5 lahko razberemo, da nobena izmed TPO ni bila zelo lahka, le dve TPO sta bili lahki, TPO7 ($p = 0,78$) in TPO11 ($p = 0,71$). Kar pet TPO pa je bilo zelo težkih, in sicer TPO5 ($p = 0,06$), TPO6 ($p = 0,07$), TPO8 ($p = 0,00$), TPO14 ($p = 0,09$) in TPO15 ($p = 0,02$). Najbolj izstopata

TPO8 ($p = 0,00$), ki sploh ni bila pravilno rešena in TPO15 ($p = 0,02$). Še pet TPO je bilo težkih – TPO2 ($p = 0,24$), TPO3 ($p = 0,27$), TPO4 ($p = 0,29$), TPO13 ($p = 0,15$) in TPO20 ($p = 0,29$). Preostalih osem TPO je bilo srednje težkih.

Test je zajemal večji delež zahtevnih nalog in sicer 20,00 % zelo težkih nalog, 25,00 % težkih, 45,00 % srednje zahtevnih nalog in 10,00 % lahkih nalog. Zelo slabo rešene so bile predvsem TPO, kjer je bilo poleg pravilnega odgovora izbrati še razlog (TPO5, TPO14 in TPO15). Razlog, da TPO8 sploh ni bila rešena je morda v natančnem poimenovanju (učenci se odločajo med silo trenja in trenjem), kar jim lahko zaradi slabšega poznavanja fizike dela težave. Morda se učenci s tem pojmom niso še niti srečali in jim je že to povzročilo preglavice. Na splošno lahko rečemo, da je bil test zahteven in dokaj slabo rešen. Tudi Avsec (2012) ugotavlja, da je učencem na testu TP največ težav povzročala ravno dimenzija KRO, ki smo jo preverjali. KRO namreč od učencev zahteva uporabo višjih miselnih procesov.

Preglednica 5: Težavnost p posttesta KM.

| TPO | p | TPO | p |
|-----|------|-----|------|
| 1 | 0,36 | 11 | 0,71 |
| 2 | 0,24 | 12 | 0,35 |
| 3 | 0,27 | 13 | 0,15 |
| 4 | 0,29 | 14 | 0,09 |
| 5 | 0,06 | 15 | 0,02 |
| 6 | 0,07 | 16 | 0,38 |
| 7 | 0,78 | 17 | 0,36 |
| 8 | 0,00 | 18 | 0,54 |
| 9 | 0,33 | 19 | 0,31 |
| 10 | 0,58 | 20 | 0,29 |

Z izračunom korelacijskega koeficienta r_{pbis} preverimo, ali TPO meri, kar naj bi merila oz. želimo, da bi merila. Rezultati izračuna občutljivosti so zbrani v preglednici 6.

Razlog za zelo nizko občutljivost TPO2 je morda ugibanje. V tem primeru je najkrajši ponujeni rok izdelave tudi pravilni odgovor. Na splošno je TPO15 zelo težka in je skoraj nihče ni rešil pravilno, zato ne poda zelenih rezultatov, TPO8 pa sploh ni bila rešena in ne podaja nikakršnih relevantnih podatkov. Za preostale TPO, ki imajo nizko občutljivost, ugotavljamo, da so dokaj lahke. Torej so jih uspešno reševali tudi slabši testiranci. Diskriminativnost celotnega testa smo preverili še z izračunom Ferguson delta koeficienta. Ferguson delta koeficient variira med 0 in 1, višje kot so vrednosti, večja je diskriminativnost. Ferguson delta koeficient za celoten test je 0,93, kar kaže na visoko občutljivost testa. Ob takšnih rezultatih lahko zaključimo, da test razlikuje med zelo majhnimi razlikami v podanih odgovorih in zbranih točkah.

Preglednica 6: Občutljivost TPO r_{pbis} posttesta kritičnega mišljenja.

| TPO | r_{pbis} | TPO | r_{pbis} |
|-----|------------|-----|------------|
| 1 | 0,11 | 11 | 0,17 |
| 2 | 0,07 | 12 | 0,23 |
| 3 | 0,14 | 13 | 0,24 |
| 4 | 0,47 | 14 | 0,42 |
| 5 | 0,28 | 15 | 0,14 |
| 6 | 0,22 | 16 | 0,38 |
| 7 | 0,26 | 17 | 0,24 |
| 8 | 0,00 | 18 | 0,11 |
| 9 | 0,05 | 19 | 0,26 |
| 10 | 0,16 | 20 | 0,21 |

Opazimo, da so vse vrednosti pozitivne, razen za TPO8 ($r_{pbis} = 0,00$), ki ni bila rešena, dva izračuna pa sta blizu 0 (TPO2, $r_{pbis} = 0,07$ in TPO9, $r_{pbis} = 0,05$), kar pomeni, da so te tri TPO neznatno občutljive. Poleg teh pa ima še enajst TPO nizko občutljivost (TPO1, TPO3, TPO6, TPO10, TPO11, TPO12, TPO13, TPO15, TPO17, TPO18 in TPO20), od katerih jih ima kar pet vrednost $0,20 < r_{pbis} < 0,25$ (TPO6, TPO12, TPO13, TPO17 in TPO20). Preostalih šest TPO pa je srednje občutljivih. Razlog za zelo nizko občutljivost TPO2 je morda ugibanje. V tem primeru je najkrajši ponujeni rok izdelave tudi pravilni odgovor. Na splošno je TPO15 zelo težka in je skoraj nihče ni rešil pravilno, zato ne poda zelenih rezultatov, TPO8 pa sploh ni bila rešena in ne podaja nikakršnih relevantnih podatkov. Za preostale TPO, ki imajo nizko občutljivost, ugotovljamo, da so dokaj lahke. Torej so jih uspešno reševali tudi slabši testiranci.

Diskriminativnost celotnega testa smo preverili še z izračunom Ferguson delta koeficienta. Ferguson delta koeficient variira med 0 in 1, višje kot so vrednosti, večja je diskriminativnost. Ferguson delta koeficient za celoten test je 0,93, kar kaže na visoko občutljivost testa. Ob takšnih rezultatih lahko zaključimo, da test razlikuje med zelo majhnimi razlikami v podanih odgovorih in zbranih točkah.

Poglejmo si sedaj še rezultate pred- in posttesta kritičnega mišljenja, nivo kritičnega mišljenja v 8. razredu OŠ ter vplive intervencije PU po modelu 5E, podprtega s tehnologijo 3D tiska in razlike med spoloma glede na prirastek kritičnega mišljenja.

V preglednici 7 so prikazane povprečne odstotne vrednosti točk za posamezno TPO, ki so jih učenci dosegli na predtestu (\bar{x}_{pred}) in posttestu (\bar{x}_{post}) ter pripadajoča standardna odklona (s_{pred} in s_{post}). Tako na predtestu kot na posttestu ni bila rešena TPO8 ($\bar{x}_{pred} = \bar{x}_{post} = 0,00$ %). Ta TPO je ena izmed petih, kjer je potrebno izbrati pravilno kombinacijo odgovora in razloga in se sicer nanaša na gonila v povezavi s svetilnostjo žarnice, spada v kategorijo *oblikovanje in projektiranje*. Poleg te izstopa še TPO15 ($\bar{x}_{pred} = \bar{x}_{post} = 1,82$ %), kar pomeni, da jo je v obeh primerih pravilno rešil le en učenec. Ta spada v kategorijo *svet oblikovanja, konstruiranja in projektiranja*, zopet pa so mogli učenci izbrati kombinacijo odgovora in razloga. TPO se nanaša na najprimernejšo izbiro sorte krompirja na podlagi različnih kriterijev. Poleg teh dveh sta bili tako na predtestu kot posttestu slabo rešeni še TPO5 ($\bar{x}_{pred} = 9,09$ %, $\bar{x}_{post} = 5,45$ %) in TPO14 ($\bar{x}_{pred} = 3,64$ %, $\bar{x}_{post} = 9,09$ %). Pri obeh TPO je treba izbrati kombinacijo pravilnega odgovora in razloga. TPO5 sodi v kategorijo *oblikovanje in projektiranje*, nanaša pa se na gonila – vzrok

za padanje verige z novo zamenjanega zobnika, medtem ko TPO14 sodi v kategorijo *tehnika in tehnologija ter družba* in se nanaša na ekonomično porabo električne energije.

Rezultati posttesta so v večini TPO višji kot na predtestu razen pri TPO1, TPO2, TPO5 in TPO6. Pri TPO3, TPO8 in TPO15 pa so učenci dosegli povsem enake rezultate tako na predtestu kot posttestu. TPO3 se nanaša na izbiro ustreznega žaginega lista za rezanje bukovega lesa in sodi v kategorijo *narava tehnike in tehnologije*, TPO8 in TPO15 pa smo že opisali.

Preglednica 7: Aritmetična sredina (\bar{x}_{pred}) in standardni odklon (s_{pred}) TPO predtesta ter aritmetična sredina (\bar{x}_{post}) in standardni odklon (s_{post}) TPO posttesta kritičnega mišljenja.

| TPO | \bar{x}_{pred} [%] | s_{pred} [%] | \bar{x}_{post} [%] | s_{post} [%] |
|-----|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
| 1 | 58,18 | 49,78 | 36,36 | 48,55 |
| 2 | 38,18 | 49,03 | 23,64 | 42,88 |
| 3 | 27,27 | 44,95 | 27,27 | 44,95 |
| 4 | 21,82 | 41,68 | 29,09 | 45,84 |
| 5 | 9,09 | 29,01 | 5,45 | 22,92 |
| 6 | 14,55 | 35,58 | 7,27 | 26,21 |
| 7 | 56,36 | 50,05 | 78,18 | 41,68 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9 | 30,91 | 46,63 | 32,73 | 47,36 |
| 10 | 49,09 | 50,45 | 58,18 | 49,78 |
| 11 | 50,91 | 50,45 | 70,91 | 45,84 |
| 12 | 30,91 | 46,63 | 34,55 | 47,99 |
| 13 | 10,91 | 31,46 | 14,55 | 35,58 |
| 14 | 3,64 | 18,89 | 9,09 | 29,01 |
| 15 | 1,82 | 13,48 | 1,82 | 13,48 |
| 16 | 20,00 | 40,37 | 38,18 | 49,03 |
| 17 | 23,64 | 42,88 | 36,36 | 48,55 |
| 18 | 36,36 | 48,55 | 54,55 | 50,25 |
| 19 | 21,82 | 41,68 | 30,91 | 46,64 |
| 20 | 25,45 | 44,96 | 29,09 | 45,84 |

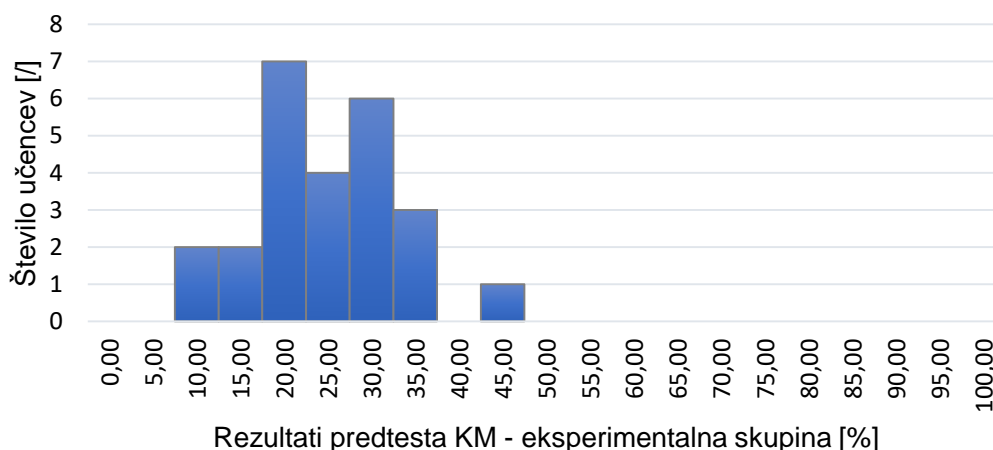
Preglednica 8: Nivo kritičnega mišljenja učencev pred izpeljavo PU po modelu 5E.

| Skupina | \bar{x}_1 [/] | \bar{x}_2 [%] | s [%] |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-------|
| eksperimentalna | 5,00 | 25,00 | 8,54 |
| kontrolna | 5,57 | 27,85 | 16,71 |
| povprečje vseh testirancev | 5,31 | 26,55 | 13,85 |

V preglednici 8 je \bar{x}_1 aritmetična sredina doseženih točk na predtestu kritičnega mišljenja, \bar{x}_2 aritmetična sredina doseženih odstotnih točk na predtestu kritičnega mišljenja in s pripadajoči standardni odkloni teh rezultatov. Grafična porazdelitev odstotnih točk je prikazana na grafu 1. Očitno je porazdelitev asimetrična, gostitev rezultatov je občutno večja pri nižjih odstotnih

točkah. To pomeni, da je več učencev na predtestu doseglo slabše, nižje rezultate. Povprečno število doseženih točk za $N = 55$ učencev je $\bar{x}_1 = 5,31$ (26,55 %), ob odklonu $s = 13,85$ %. Minimalno število odstotnih točk, ki so jih učenci eksperimentalne ali kontrolne skupine dosegli pri merjenju kritičnega mišljenja je $\bar{x}_{min} = 5,00$ %, največje število odstotnih točk pa je $\bar{x}_{max} = 50,00$ %. Učenci kontrolne skupine ($N = 30$) so na predtestu v povprečju dosegli boljše rezultate, $\bar{x}_1 = 5,57$ (27,85 %) ob odklonu $s = 16,71$ %. Učenci eksperimentalne skupine so v povprečju dosegli $\bar{x}_1 = 5,00$ (25,00 %) ob odklonu $s = 8,54$ %. Rezultati učencev kontrolne skupine so precej bolj razpršeni, na kar kaže tudi precej večji standardni odklon ($s = 16,71$ %).

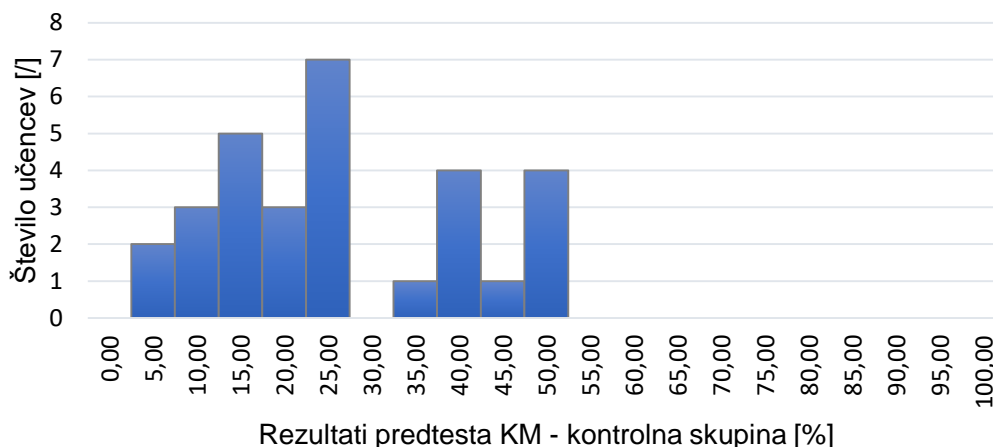
Povprečno število doseženih odstotnih točk za $N = 25$ učencev eksperimentalne skupine je $\bar{x}_1 = 5,00$ (25,00 %), ob odklonu $s = 8,54$ %. Minimalno število odstotnih točk, ki so jih učenci eksperimentalne skupine dosegli pri merjenju kritičnega mišljenja je $\bar{x}_{min} = 10,00$ %, največje število odstotnih točk pa je $\bar{x}_{max} = 45,00$ %, kar je prikazano na grafu 1.



Graf 1: Porazdelitev odstotnih točk pri merjenju kritičnega mišljenja učencev eksperimentalne skupine 8. razreda OŠ pred izvedbo PU po modelu 5E ($N = 55$).

Učenci kontrolne skupine so na predtestu kritičnega mišljenja dosegli boljše, a tudi bolj razpršene rezultate. V kontrolni skupini so kar štirje učenci dosegli 10 točk (50,00 %), kar je prikazano na grafu 2. Minimalno število odstotnih točk, ki so jih učenci kontrolne skupine dosegli pri merjenju kritičnega mišljenja je $\bar{x}_{min} = 5,00$ %, največje število odstotnih točk pa je $\bar{x}_{max} = 50,00$ %.

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veščin 21. stoletja



Graf 2: Porazdelitev odstotnih točk pri merjenju kritičnega mišljenja učencev kontrolne skupine 8. razreda OŠ pred izvedbo PU po modelu 5E ($N = 30$).

Po izvedbi PU po modelu 5E smo izvedli še posttest kritičnega mišljenja, na katerem je bilo prav tako možno doseči 20 točk (100 %). V preglednici 9 je \bar{x}_1 aritmetična sredina doseženih točk, \bar{x}_2 aritmetična sredina doseženih odstotnih točk na posttestu kritičnega mišljenja ter s pripadajoči standardni odkloni teh rezultatov. Grafična porazdelitev odstotnih točk je prikazana na grafu 5. Očitno je porazdelitev asimetrična, gostitev rezultatov je občutno večja pri nižjih odstotnih točkah. To pomeni, da je tako kot na predtestu tudi na posttestu več učencev doseglo slabše, nižje rezultate. Povprečno število doseženih odstotnih točk za $N = 55$ učencev je $\bar{x}_1 = 6,18$ (30,91 %), ob odklonu $s = 14,53$ %. Minimalno število odstotnih točk, ki so jih učenci eksperimentalne ali kontrolne skupine dosegli pri merjenju kritičnega mišljenja je $\bar{x}_{min} = 10,00$ %, največje število odstotnih točk pa je $\bar{x}_{max} = 50,00$ %.

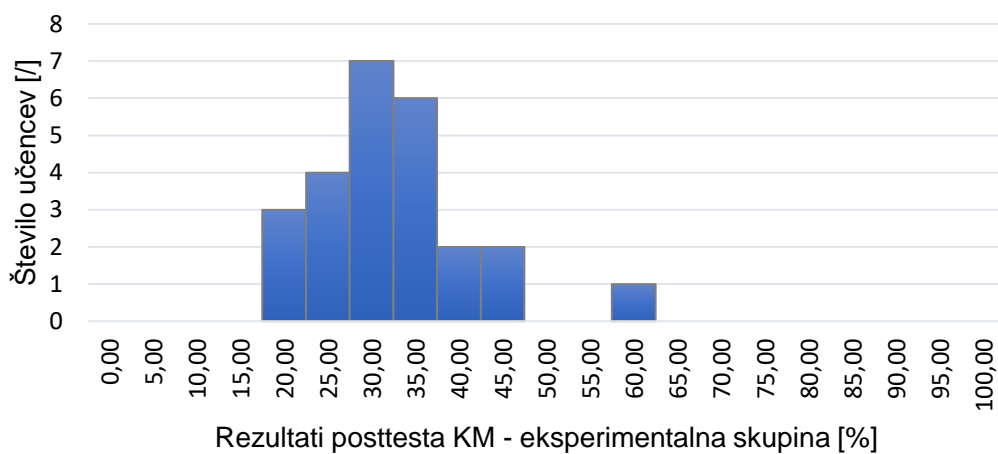
Preglednica 9: Nivo kritičnega mišljenja učencev po izpeljavi PU po modelu 5E.

| Skupina | \bar{x}_1 [I] | \bar{x}_2 [%] | s [%] |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-------|
| eksperimentalna | 6,28 | 31,40 | 10,56 |
| kontrolna | 6,10 | 30,50 | 17,34 |
| povprečje vseh testirancev | 6,18 | 30,91 | 14,53 |

Tako učenci v eksperimentalni, kot kontrolni skupini so v povprečju dosegli boljše rezultate. Opazimo pa, da so se na posttestu učenci eksperimentalne skupine odrezali bolje. V povprečju so dosegli več odstotnih točk ($\bar{x}_{eksp} = 31,40$ % > $\bar{x}_{kontr} = 30,50$ %) kot učenci kontrolne skupine. Učenci eksperimentalne skupine so v povprečju dosegli boljše rezultate pri naslednjih TPO: TPO1, TPO2, TPO3, TPO6, TPO7, TPO9, TPO12, TPO13, TPO14, TPO16, TPO17 in TPO19. Kar šest od teh TPO (1, 2, 9, 16, 17 in 19) je takšnih, ki za izbiro pravilnega odgovora zahteva uporabo preglednice, risbe ali grafa. Na testu kritičnega mišljenja so sicer še tri TPO (10, 11 in 15), ki predvidevajo uporabo preglednice oziroma grafa. Učenci eksperimentalne skupine so na štirih TPO (2, 16, 17 in 19) v povprečju dosegli slabše rezultate na predtestu kritičnega mišljenja kot učenci kontrolne skupine, a so kasneje na posttestu na teh štirih TPO povprečno dosegli boljše rezultate kot učenci kontrolne skupine. Pri TPO1 in TPO9 pa so učenci eksperimentalne skupine tako na predtestu kot posttestu kritičnega mišljenja v povprečju dosegli boljše rezultate kot učenci kontrolne skupine. Lahko sklepamo, da so učenci

eksperimentalne skupine v primerjavi z učenci kontrolne skupine napredovali predvsem v branju grafov, preglednic in risb. Učenci eksperimentalne skupine so se med intervencijo srečali s SketchUp-om, kar je lahko razlog za boljše odgovore pri TPO7, prav tako so tudi samostojno konstruirali, kar bi lahko vplivalo na TPO6. TPO3 se nanaša na izbiro ustreznega žaginega lista, kar so učenci morda spoznali med izdelavo, TPO13 in TPO14 se nanašata na toplotni stroj in električno energijo.

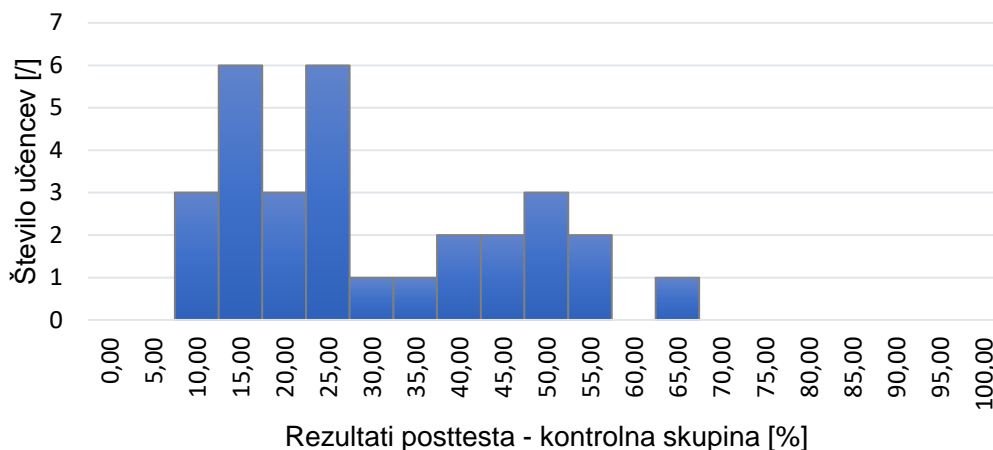
Povprečno število doseženih odstotnih točk za $N = 25$ učencev eksperimentalne skupine je $\bar{x}_1 = 6,28$ (31,40 %), ob odklonu $s = 10,56$ %. Minimalno število odstotnih točk, ki so jih učenci eksperimentalne skupine dosegli pri merjenju kritičnega mišljenja je $\bar{x}_{min} = 20,00$ %, največje število odstotnih točk pa je $\bar{x}_{max} = 60,00$ %. Porazdelitev je prikazana na grafu 3 in je asimetrična v levo.



Graf 3: Porazdelitev odstotnih točk pri merjenju kritičnega mišljenja učencev eksperimentalne skupine 8. razreda OŠ po izvedbi PU po modelu 5E ($N = 25$).

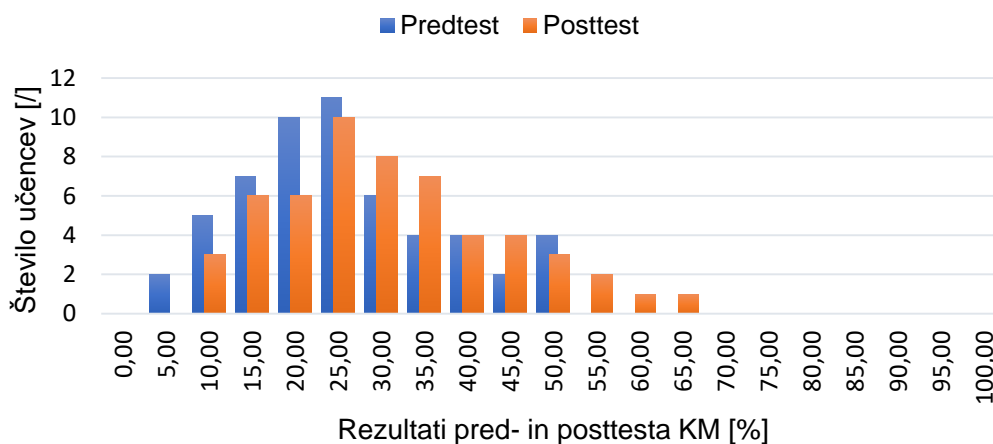
Povprečno število doseženih odstotnih točk za $N = 30$ učencev kontrolne skupine je $\bar{x}_1 = 6,10$ (30,50 %), ob odklonu $s = 17,34$ %. Minimalno število odstotnih točk, ki so jih učenci kontrolne skupine dosegli pri merjenju kritičnega mišljenja je $\bar{x}_{min} = 10,00$ %, največje število odstotnih točk pa je $\bar{x}_{max} = 65,00$ %. Porazdelitev je prikazana na grafu 4 in je asimetrična v levo ter precej raztrošena, na kar nas opozori že dokaj visok standardni odklon. Grafična porazdelitev rezultatov kontrolne skupine posttesta kritičnega mišljenja po obliki precej odstopa od normalne porazdelitve.

Snovalsko razmišljanje za spodbujanje veččin 21. stoletja



Graf 4: Porazdelitev odstotnih točk pri merjenju kritičnega mišljenja učencev kontrolne skupine 8. razreda OŠ po izvedbi PU po modelu 5E (N = 30).

Iz grafa 5 razberemo, da so prav vsi učenci v povprečju napredovali. Na predtestu je bil najvišji dosežen rezultat 50,0 %. Na posttestu pa je kar sedem učencev doseglo rezultat vsaj 50,0 % ali več. Najvišji dosežen rezultat je bil 65,0 %. Na predtestu sta dva učenca dosegla 5,0 %, kar je bil najslabši dosežen rezultat. Na posttestu pa so vsi učenci dosegli vsaj 10,0 % ali več.



Graf 5: Primerjava dosežkov [%] učencev glede na predtest in posttest (N = 55).

V povprečju so vsi učenci dosegli napredek. Z enosmerno analizo variance ANOVA bomo preverili prirastek KM. Povprečni normaliziran prirastek KM skupine izračunamo po enačbi za računanje prirastka (Colt, Davoudi in Murgu, 2011):

$$\text{Prirastek KM} = \left(\frac{\bar{x}_{post} - \bar{x}_{pred}}{100\% - \bar{x}_{pred}} \right) \cdot 100 [\%],$$

kjer je v enačbi:

\bar{x}_{pred} – aritmetična sredina doseženih odstotnih točk na posttestu KM;

\bar{x}_{post} – aritmetična sredina doseženih odstotnih točk na predtestu KM.

V preglednici 10 je prikazan prirastek KM. Opazimo, da je prirastek eksperimentalne skupine ($\bar{x} = 8,53$ %) večji kot prirastek KM kontrolne skupine ($\bar{x} = 3,69$ %). To pomeni, da so v povprečju učenci eksperimentalne skupine bolj napredovali v KM kot učenci kontrolne skupine. Učinek aktivnega učenja s pomočjo 3D tiska je glede na želeno učinkovitost pouka, ki znaša vsaj 30 % izraženo s prirastkom KM zelo nizek (Colt idr., 2011), kar je tudi razumljivo ob le enkratni izvedbi tehniškega dne obsega 5 šolskih ur.

Levenov test homogenosti varianc dveh neodvisnih vzorcev nam pokaže, da so variance v obeh skupinah homogene ($\alpha > 0,05$), torej lahko izvedemo parametrični test analize varianc.

Na osnovi primerjave aritmetičnih sredin prirastka KM med skupinama ugotovimo, da ne obstajajo statistično pomembne razlike med eksperimentalno in kontrolno skupino, kjer je statistika $F = 1,808$ in statistična pomembnost $\alpha = 0,184 > 0,05$. Učinek skupine na KM je zanemarljiv ($\eta^2 = 0,033$) in ni statistično pomemben ($\alpha > 0,05$).

Preglednica 10: Prirastek KM glede na eksperimentalno in kontrolno skupino.

| Skupina | \bar{x}_{pred} [l] | \bar{x}_{post} [l] | Prirastek KM \bar{x} [%] |
|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| eksperimentalna | 5,00 | 6,28 | 8,53 |
| kontrolna | 5,57 | 6,10 | 3,69 |
| povprečje vseh testirancev | 5,31 | 6,18 | 5,94 |

V preglednici 11 je prikazan prirastek KM glede na spol. Opazimo, da je prirastek KM učencev ($\bar{x} = 6,44$ %) večji kot prirastek KM učenek ($\bar{x} = 5,56$ %), kar pomeni, da so v povprečju učenci bolj napredovali v KM kot učenke.

Levenov test homogenosti varianc dveh neodvisnih vzorcev nam pokaže, da so variance v obeh skupinah homogene ($\alpha > 0,05$), torej lahko izvedemo parametrični test analize varianc. Na osnovi primerjave aritmetičnih sredin prirastka KM med skupinama ugotovimo, da ne obstajajo statistično pomembne razlike med učenci in učenkami, kjer je statistika $F = 0,123$ in statistična pomembnost $\alpha = 0,727 > 0,05$. Učinek spola na KM je zanemarljiv ($\eta^2 = 0,002$) in ni statistično pomemben ($\alpha > 0,05$). To kaže na to, da izobraževalni model vpeljan k pouku TiT ni občutljiv na spol in lahko omogoča enakomeren napredek vseh učencev.

Preglednica 11: Prirastek KM glede na spol.

| Spol | \bar{x}_{pred} [l] | \bar{x}_{post} [l] | Prirastek KM \bar{x} [%] |
|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| ženski | 4,91 | 5,75 | 5,56 |
| moški | 5,87 | 6,78 | 6,44 |
| povprečje vseh testirancev | 5,31 | 6,18 | 5,94 |

Poglejmo še, kako je s prirastkom KM glede na spol v posamezni skupini. Podatki so prikazani v preglednici 12. Ugotovimo, da so učenke v eksperimentalni skupini dosegle največji prirast v KM ($\bar{x} = 10,26$). V kontrolni skupini pa so učenci ($\bar{x} = 7,25$) v primerjavi z učenkami ($\bar{x} = 0,81$) dosegli višji prirast KM.

Učenke eksperimentalne skupine ($N = 16$) so bistveno napredovale v naslednjih TPO: 1, 2, 3, 6, 7, 9, 13, 16–20. Nazadovale so v TPO: 4, 12 in 14. V povprečju so enako dobro reševale TPO: 5, 8, 10, 11 in 15. Učenci eksperimentalne skupine ($N = 9$) so v povprečju manj

napredovali od učenk, napredovali pa so v naslednjih TPO: 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16–20. Nazadovali so v TPO: 1–3. V povprečju so enako dobro reševali TPO: 5, 6, 8 in 15.

Učenke kontrolne skupine ($N = 16$) so v povprečju slabše reševale posttest KM kot predtest. Napredovale so v TPO: 4, 7, 10–12, 18 in 20. Nazadovale so v TPO: 1–3, 5, 6, 9, 16, 17 in 19. Enako dobro pa so reševale TPO: 8 in 13–15. Učenci kontrolne skupine ($N = 14$) so v povprečju manj napredovali od učenk eksperimentalne skupine, a malce več od učencev eksperimentalne skupine. Napredovali so v naslednjih TPO: 3, 4, 5, 7, 10–12, 15–18 in 20, nazadovali v TPO: 1, 2, 9 in 13 ter v povprečju enako dobro reševali TPO: 6, 8, 14 in 19.

Opazimo, da so učenci in učenke eksperimentalne skupine ter učenci kontrolne skupine v primerjavi z učenkami kontrolne skupine napredovali predvsem v TPO 15–20, medtem ko so učenke kontrolne skupine te TPO z izjemo TPO18 in TPO20 slabo reševale. Možen razlog bi bila nezainteresiranost in padeč koncentracije pri reševanju posttesta, saj so te TPO proti koncu testa KM.

Preglednica 12: Prirastek KM glede na spol v posamezni skupini.

| Skupina | Spol | \bar{x}_{pred} [/] | \bar{x}_{post} [/] | Prirastek KM \bar{x} [%] |
|-----------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| eksperimentalna | ženski | 4,81 | 6,37 | 10,26 |
| | moški | 5,33 | 6,11 | 5,31 |
| kontrolna | ženski | 5,00 | 5,13 | 0,81 |
| | moški | 6,21 | 7,21 | 7,25 |

Z vprašalnikom KM smo želeli ugotoviti odnos učencev do KM, in sicer, kako zaupajo v KM, kako ga cenijo oziroma vrednotijo ter kako zaznavajo napačna razumevanja v zvezi s KM. Iz preglednice 13 lahko razberemo, da učenci eksperimentalne skupine v povprečju bolj zaupajo v KM in ga višje vrednotijo, medtem ko učenci kontrolne skupine bolje zaznavajo napačna razumevanja. Spomnimo namreč, da so TPO kategorije zaznavanje napačnih razumevanj inverzne.

Levenov test homogenosti varianc dveh neodvisnih vzorcev nam pokaže, da so variance v obeh skupinah homogene ($\alpha > 0,05$), torej lahko izvedemo parametrični test analize varianc. Analiza variance ne pokaže statistično pomembnih razlik glede zaupanja učencev v KM ter vrednotenja KM med učenci kontrolne in eksperimentalne skupine. Povprečne vrednosti vseh treh kategorij so nad srednjo točko lestvice, ki znaša $x = 5,50$. S tveganjem, manjšim od 6,8 %, pa lahko trdimo, da se med učenci kontrolne in eksperimentalne skupine pojavljajo razlike v zaznavanju napačnih razumevanj in sicer učenci kontrolne skupine bolje zaznavajo napačna razumevanja v zvezi s KM, kar kaže na to, da so bili učenci kontrolne skupine v povprečju kognitivno bolj zmožni. Na to kaže tudi bolje rešen predtest. Vseeno pa so učenci eksperimentalne skupine bolje izkoristili svoj potencial za napredek pri KM. Učinek PU na učence eksperimentalne skupine je zmeren ($\eta^2 = 0,061$).

Preglednica 13: Aritmetična sredina (\bar{x}) in standardni odklon (s) TPO vprašalnika KM glede na eksperimentalno (E) in kontrolno (K) skupino. Lestvica zaznavanja napačnih razumevanj je inverzna.

| Kategorija KM | Skupina | \bar{x} [I] | s [I] |
|--------------------------------|---------|---------------|-------|
| Zaupanje v KM | E | 6,37 | 1,50 |
| | K | 5,76 | 1,82 |
| Vrednotenje KM | E | 6,94 | 1,68 |
| | K | 6,20 | 2,07 |
| Zaznavanje napačnih razumevanj | E | 6,45 | 1,45 |
| | K | 5,58 | 1,94 |

Iz preglednice 14 lahko razberemo, da učenke (Ž) v povprečju bolj zaupajo v KM, ga višje vrednotijo. Zelo podobno pa učenci (M) in učenke zaznavajo napačna razumevanja, malenkost bolje jih zaznavajo učenci.

Levenov test homogenosti varianc dveh neodvisnih vzorcev nam pokaže, da so variance v obeh skupinah homogene ($\alpha > 0,05$), torej lahko izvedemo parametrični test analize varianc. Analiza variance ne pokaže statistično pomembnih razlik glede odnosa učencev do KM med učenci in učenkami.

Preglednica 14: Aritmetična sredina (\bar{x}) in standardni odklon (s) TPO vprašalnika KM glede na spol – učenke (Ž) in učenci (M).

| Kategorija KM | Spol | \bar{x} [I] | s [I] |
|--------------------------------|------|---------------|-------|
| Zaupanje v KM | Ž | 6,14 | 1,39 |
| | M | 5,91 | 2,07 |
| Vrednotenje KM | Ž | 6,64 | 1,55 |
| | M | 6,40 | 2,39 |
| Zaznavanje napačnih razumevanj | Ž | 5,98 | 1,68 |
| | M | 5,97 | 1,94 |

S pomočjo večkratne regresije, ki predstavlja linearni model, bomo analizirali odnose med neodvisnimi spremenljivkami, tudi *prediktorji/napovedovalci*, (odnos učencev do KM) in odvisno spremenljivko (povprečni normaliziran prirastek KM učenca). Podatki so predstavljeni v preglednici 15. Utež β imenujemo tudi regresijski nagib in zavzema vrednosti $-1 \leq \beta \leq 1$ in prikazuje korelacijo med odvisno in neodvisno spremenljivko ob predpostavki, da smo izločili vplive preostalih neodvisnih spremenljivk. Regresijski nagib pove, za koliko se bo povečala napovedana vrednost kriterija oziroma odvisne spremenljivke, če se vrednost prediktorja oziroma neodvisne spremenljivke poveča za eno enoto, pod pogojem, da se vrednosti preostalih neodvisnih spremenljivk ne spremenijo.

Vidimo, da zgolj zaupanje v KM ($\alpha = 0,01 < 0,05$) ne zadošča za napredovanje v KM, saj je $\beta = -0,48$, kar pomeni, da bolj kot zaupamo v KM, manj bomo napredovali v KM. Nasprotno pa ima vrednotenje oz. cenjenje KM ($\alpha = 0,03 < 0,05$) pozitiven vpliv na prirastek KM ($\beta = 0,37$). Torej bolj ko se zavedamo pomembnosti KM, bolj bomo tudi napredovali v KM. Za zaznavanje napačnih razumevanj ($\alpha = 0,26 > 0,05$) pa statistično nismo zaznali vpliva na razvoj KM.

Preglednica 15: Večkratna regresija, kjer so B nestandardiziran koeficient in s pripadajoča standardna napaka, β naklonski koeficient, t statistika in α statistična pomembnost.

| Kategorija KM | B | s | β | t | α |
|--------------------------------|-------|------|---------|-------|----------|
| Zaupanje v KM | -4,38 | 1,60 | -0,48 | -2,74 | 0,01 |
| Vrednotenje KM | 2,95 | 1,31 | 0,37 | 2,25 | 0,03 |
| Zaznavanje napačnih razumevanj | 1,57 | 1,40 | 0,18 | 1,14 | 0,26 |

Diskusija

Namen raziskave je bil vpeljati tehnologijo 3D tiska v pouk tehnike ter jo podpreti s PU, kar nam je uspelo. V samem teoretičnem delu raziskave smo predstavili izbrane tehnologije 3D tiska, opisali in predstavili različne metode aktivnega učenja, se osredotočili na PU. Opisali smo tudi KM in povzeli napotke, kako ga razvijati.

Sama raziskava pa je razkrila nekaj zanimivih ugotovitev. Sama zanesljivost instrumentov je bila po različnih kriterijih ugotovljena kot zmerna do visoka, kar nam omogoča veljavne.

Odnos učencev do kritičnega mišljenja smo preverjali z vprašalnikom kritičnega mišljenja. Učenci v povprečju glede na srednjo točko lestvice, ki je $x = 5,50$, delno zaupajo v KM ($\bar{x} = 6,04$), malo bolje vrednotijo oz. cenijo KM ($\bar{x} = 6,54$). TPO, ki zaznavajo napačna razumevanja so inverznega tipa. Ugotovili smo, da učenci najslabše zaznavajo napačna razumevanja v povezavi s kritičnim mišljenjem ($\bar{x} = 5,97$). V primerjavi z rezultati raziskav (Stupple idr., 2017) so učenci nižje ocenili zaupanje ($\bar{x} = 6,75$) in vrednotenje kritičnega mišljenja ($\bar{x} = 8,33$), približno enako pa so zaznavali napačna razumevanja ($\bar{x} = 5,75$). Pri nas podobne raziskave za področje OŠ nismo zasledili. Med učenci kontrolne in eksperimentalne skupine v odnosu do kritičnega mišljenja nismo razbrali statistično pomembnih razlik. Podobno tudi med učenkami in učenci v odnosu do kritičnega mišljenja nismo opazili statistično pomembnih razlik.

Rezultati raziskave niso pokazali statistično pomembnih razlik med učenci eksperimentalne in kontrolne skupine v prirastku kritičnega mišljenja. Kljub temu pa opazimo, da so učenci eksperimentalne skupine ($\bar{x} = 6,28$) na posttestu kritičnega mišljenja v povprečju dosegli boljše rezultate kot učenci kontrolne skupine ($\bar{x} = 6,10$). Tudi napredek učencev eksperimentalne skupine je v povprečju višji, saj so učenci eksperimentalne skupine ($\bar{x} = 5,00$) na predtestu KM dosegli v povprečju slabše rezultate kot učenci kontrolne skupine ($\bar{x} = 5,57$). Tako je prirastek KM učencev eksperimentalne skupine $\bar{x} = 8,53$ % in je v povprečju višji od prirastka KM učencev kontrolne skupine $\bar{x} = 3,69$ %. V povprečju so prav vsi učenci na testu KM napredovali, kar pomeni, da so vsi dosegli pozitiven prirastek KM. Na splošno so učenci dosegli slabe rezultate na pred- in posttestu KM. Na predtestu so le štiri učenci dosegli 50 % ali več, kar predstavlja 7,3 % vse anketiranih. Na posttestu pa je bilo takih učencev sedem, kar je 12,7 %. Na splošno rezultati raziskav v povezavi s TP kažejo velik primanjkljaj učencev na področju KM kot so pokazali že Avsec (2012), Avsec in Jamšek (2016), Keše (2016) ter Rupnik in Avsec (2019).

Rezultati raziskav niso pokazali statistično pomembnih razlik med učenci in učenkami v prirastku KM. Kljub temu pa so učenci tako na predtestu ($\bar{x}_M = 5,87 > \bar{x}_Z = 4,91$) kot na posttestu

KM ($\bar{x}_M = 6,78 > \bar{x}_Z = 5,75$) v povprečju dosegli boljše rezultate. Zanimiva pa je analiza prirastka KM glede na spol ter skupino. Tu pa opazimo, da so učenke v eksperimentalni skupini dosegle najvišji prirastek KM ($\bar{x} = 10,26$ %), kar je več kot učenci eksperimentalne skupine ($\bar{x} = 5,31$ %). Statistično sicer ni zaznanih pomembnih razlik, kljub vsemu pa opazimo, da je imel eksperiment na dekleta precej večji učinek kot na fante. Klasični pouk je imel večji pozitiven učinek na prirastek KM učencev ($\bar{x} = 7,25$) medtem ko so učenke le malo napredovale ($\bar{x} = 0,81$). Tudi tu nismo zaznali statistično pomembnih razlik.

S pomočjo večkratne regresije smo analizirali odnose med tremi komponentami odnosa KM (zaupanje v KM, vrednotenje KM in zaznavanja napačnih razumevanj) ter prirastkom KM, ki smo ga merili na testu KM. Ugotovili smo, da obstajajo statistično pomembne razlike med zaupanjem v KM in prirastkom KM, in sicer gre za negativno korelacijo, kar pomeni, da so učenci, ki bolj zaupajo v KM, manj napredovali v KM kot dimenziji TP. To pomeni, da zgolj zaupanje v KM ni dovolj za napredovanje v KM (TP). V nasprotju pa smo ugotovili, da so učenci, ki so bolj vrednotili KM tudi bolj napredovali v KM. Možna razlaga je, da učenci vrednotenje KM povezujejo z zavedanjem o pomembnosti KM in mu zato namenjajo več pozornosti, bolj napredujejo v KM. Zaznavanje napačnih razumevanj v zvezi s KM pa nima statistično pomembnega vpliva na razvoj KM.

Zanimivo je dejstvo, da zgolj zaupanje v KM ni dovolj za napredovanje v KM. Morda so učenci, ki so visoko ocenili zaupanje v KM precenili svoje zmožnosti misliti kritično. Tako so sebe visoko vrednotili kot kritične mislece, na testu KM pa so manj napredovali kot tisti, ki so sebe bolj kritično vrednotili kot kritične mislece. Še več, lahko je prišlo do kognitivne pristranskosti, kjer se neusposobljeni (ne dovolj kompetentni) učenci ne zavedajo lastnega nivoja znanja o določenem področju, kar vodi k slabim odločitvam in zmotnim zaključkom. Posameznikom lastna nesposobnost preprečuje, da bi spoznali svoje napake. Visoko usposobljeni posamezniki pa podcenjujejo svojo usposobljenost, saj napačno predpostavljajo, da so naloge, ki so enostavne za njih, enostavne tudi za druge ljudi. Gre lahko za Dunning-Krugerjev učinek, ki je zelo značilen zlasti pri učencih v Evropi in Združenih državah Amerike (Kruger in Dunning, 1999).

Zaključki s smernicami uporabe v izobraževalnem procesu

Na splošno ugotavljamo, da se družba razvija hitro, dostop do informacij je takojšen. V poplavi vseh informacij smo velikokrat soočeni s sprejemanjem odločitev, katerim verjeti in katerim ne. K temu veliko pripomore kritično mišljenje in sposobnost odločanja in druge veščine kot so npr. samoregulacija in metakognicija. Sploh kritično mišljenje postaja vedno pomembnejša veščina, nekateri jo umeščajo tudi kot eno izmed ključnih kompetenc 21. stoletja. K razvijanju kritičnega mišljenja in drugih veščin pripomore tudi uporaba induktivnih metod, ki so usmerjene v učenca. Ena izmed teh je tudi poizvedovalno učenje. Ta posnema znanstveno raziskovanje in pri učencih razvija kritično mišljenje, sposobnosti reševanja problemov, zastavljanje dobrih vprašanj, sodelovalne spretnosti. Ugotovimo, da sodobna družba potrebuje tudi sodoben pristop v šolskem prostoru, ki ga poizvedovalno učenje zagotovo predstavlja.

Vpeljava 3D tiskalnikov v pouk je privlačna, saj ponuja več prednosti. Ena je zagotovo motivacija za delo, saj učencem ta tehnologija predstavlja novost, s katero se (po vsej verjetnosti) še niso srečali. Poleg tega pa lahko vpliva tudi na učenčevo snovalko mišljenje, kreativnost in prostorsko predstavljivost. Ker je tehnologija 3D tiskanja usmerjena v ustvarjalca

oziroma učenca, jo za učinkovito implementacijo vpeljemo v pouk z metodo induktivnega učenja.

Zaradi pozitivnih učinkov, ki naj bi jih imela 3D tiskanje in aktivno učenje, nas je zanimalo ali bodo vplivali na razvoj kritičnega mišljenja pri učencih. Pri učencih eksperimentalne skupine smo zaznali motivacijo za delo že ob omembi 3D tiskalnikov. Z analizo pred- in posttestov kritičnega mišljenja smo ugotovili, da so učenci eksperimentalne skupine v povprečju dosegli boljše rezultate kot učenci kontrolne skupine. Prav tako so učenci eksperimentalne skupine v povprečju bolj napredovali v kritičnem mišljenju. Kljub temu so tako učenci kontrolne kot eksperimentalne skupine na pred- in posttestih kritičnega mišljenja dosegli slabe rezultate, kar kaže na primanjkljaj razvijanja kritičnega mišljenja na splošno.

Opozorimo še na omejitve dane raziskave, ki je bila opravljena na majhnem vzorcu, prav tako je bila intervencija zelo kratka, kar lahko vpliva na pristranskost rezultatov. Opravljeno raziskavo bi bilo za natančnejše napovedi in rezultate smiselno razširiti na večjo populacijo, vključili bi lahko tudi učence 6. in 7. razredov. Raziskavo bi lahko razširili in merili še TP, ne zgolj kritičnega mišljenja kot eno izmed treh njenih komponent. Poleg tega bi morali časovno razširiti raziskavo in večkrat vključiti v pouk 3D tiskalnik in ga načrtovati po metodi poizvedovalnega učenja. Na ta način bi bolj natančno merili vplive in učinke na razvoj kritičnega mišljenja. Smiselno bi bilo bolj natančno raziskati odnos učencev do kritičnega mišljenja ter tehnike in tehnologije in preučiti vpliv na prirastek kritičnega mišljenja. V primeru pozitivnih rezultatov bi lahko pripomogli h kakovosti poučevanja tehnike in tehnologije ter več učiteljev spodbudili k takemu načinu dela.

Literatura

- Avsec, S. (2012). *Metoda merjenja tehnološke pismenosti učencev 9. razreda osnovne šole* (Doktorska disertacija). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Avsec, S. (2021). Snovalsko razmišljanje v visokošolskem tehniškem izobraževanju. V T. Devjak (ur.), *Inovativno učenje in poučevanje za kakovostne kariere diplomantov in odlično visoko šolstvo: Specialne didaktike v visokošolskem prostoru* (str. 9–29). Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Avsec, S. in Jamšek, J. (2016). Technological literacy for students aged 6-18: a new method for holistic measuring of knowledge, capabilities, critical thinking and decision-making. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 43–60.
- Bizjak, P. (2019). *S tehnologijo podprto kritično mišljenje za razvijanje tehnološke pismenosti* (Magistrsko delo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: origins, effectiveness, and applications*. Colorado Springs.
- Colt, H. G., Davoudi, M., in Murgu, S. (2011). Measuring learning gain during a one-day introductory bronchoscopy course. *Surgical Endoscopy*, 25(1), 207–216.

- Drumm, B., Floyd Kelly, J., Roe, B., Bolin, S., Park, J. E., Baichtal, J., Winscot, R., Ernst, R., Cotter, C. (2016). *Make: 3D Printing Projects*. San Francisco: Maker Media.
- Eick, C. J., Reed, C. J. (2002). What Makes an Inquiry Oriented Science Teacher? The Influence of Learning Histories on Student Teacher Role Identity and Practice. *Science Teacher Education*, 86, 401–416.
- Exline, J. in Costa, A. L. (2004). *Concept to Classroom*. Pridobljeno s <https://www.thirteen.org/edonline/concept2class/index.html>, dne 10. 4. 2020.
- Ford, S. in Minshall, T. (2019). Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, (25), 131–150.
- Garmire, E. & Pearson, G. (2006). *Tech tally: Approaches to assessing technological literacy*. Washington, DC: National Academies Press.
- Greenhalgh, S. (2016). The effects of 3D printing in design thinking and design education. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 14(4), 752–769.
- Halpern, D. E. (2014). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking* (5. izdaja). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. in Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.
- Keše, J. (2016). *Diplomsko delo: Tehnološka pismenost učencev 5. in 6. razreda osnovne šole*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: Pedagoška fakulteta.
- Kranjc, T. (2015). *Aktivno učenje – višja raven znanja?* Koper: Univerzitetna založba Annales.
- Krizmanič, B. (2018). *Tehnologija 3D tiskanja izdelave prototipa* (Diplomsko delo). Ljubljana: ICES Višja strokovna šola.
- Kruger, J. in Dunning, D. (1999). Unskilled and Unaware of It: How Difficulties in Recognizing One's Own Incompetence Lead to Inflated Self-Assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1121–1134.
- Maas, K. in Artigue, M. (2013). Implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching: a synthesis. *ZDM Mathematics Education*, 45, 779–795.
- Novak E., Wisdom, S. (2018). Effects of 3D Printing Project-based Learning on Preservice Elementary Teachers' Science Attitudes, Science Content Knowledge, and Anxiety About Teaching Science. *Journal of Science Education and Technology*. Pridobljeno s <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9733-5>, dne 1. 7. 2019
- Novak, E., Wisdom, S. (2019). *Using 3D Printing in Science for Elementary Teachers*. *Active Learning in College Science: The Case for Evidence-Based Practice*, Kent State University: School of Teaching, Learning and Curriculum Studies.
- Perše, T. (2020). *Projektno učno delo s pomočjo 3D tiska v 8. razredu osnovne šole* (Magistrsko delo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
- Prince, M. J. in Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138.

- 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.
- Stanić, T. in Avsec, S. (2014). Poizvedovalno učenje robotike z reševanjem tehniških in tehnoloških problemov. *Zbornik triindvajsete mednarodne Elektrotehniške in računalniške konference*, 177–180.
- Stobaugh, R. (2013). *Assessing critical thinking in Middle and High Schools. Meeting the Common Core*. New York, USA: Routledge.
- Stupple, E. J. N., Maratos, F. A., Elander, J., Hunt, T. E., Cheung, K. Y. F., Aubeeluck, A. V. (2017). Development of the Critical Thinking Toolkit (CriTT): A measure of student attitudes and beliefs about critical thinking. *Thinking Skills and Creativity*, 23, 91–100.

Stvarno kazalo

3

3D tiskanje, 150, 152, 153, 156, 157, 160, 166, 169–171

A

aktivno učenje, 12, 13, 24, 61, 66, 100, 102, 103, 111, 117, 118, 127, 128, 134, 150, 153–155, 166, 169, 171
anketni vprašalnik, 28, 41, 44, 45, 49, 51, 57, 87
Arduino UNO, 133, 136, 137, 142, 146
aritmetična sredina, 47–53, 91, 122, 161, 163, 165, 166, 168, *Glejte* povprečna vrednost

C

Cohen d, 60, 61, 93, 96, 100, 101, 121, 122, 126, 127
Cronbach α , 17, 41–44, 60, 91, 96, 110, 120, 127, 158

I

informacijsko-komunikacijska tehnologija (IKT), 127, 129, 135–137, 141, 143, 146
inovacija, 11, 14, 24, 40, 102, 103, 105, 106, 117, 151
interdisciplinarnost, 10–12, 23–25, 151
izobraževanje, 10, 11, 13, 14, 16, 18, 24, 34, 35, 61, 64, 67, 69, 102, 115, 134–136, 141, 144, 145, 154, *Glejte* tehniško izobraževanje

K

korelacija, 10, 21, 24, 40, 42, 53, 56, 62, 91, 117, 156, 159, 168, 170, *Glejte* korelacijska analiza
korelacijska analiza, 10
kreativnost, 30, 33–35, 40, 63, 101, 103, 106, 153, 170, *Glejte* sposobnost kreativnega snovanja
kritično mišljenje, 10, 12–25, 29–31, 36, 54, 103, 112–115, 118, 125, 127, 150, 156–158, 160–165, 169–171

L

Levenov test, 41, 46, 93, 120, 121, 143, 166–168

M

merjenje snovalskega razmišljanja, 28, 38

model poizvedovalnega učenja 5E, 114, 150, 154, 156, 157, 160–165
motivacija, 33, 62, 69, 78, 79, 85, 89, 97, 100, 104, 106, 111, 113, 114, 117, 125, 127–129, 134, 170, 171

N

nizkocenovni merilni sistem, 133, 136, 137, 139–146

O

občutljivost, 41–44, 64, 66, 69, 82, 105, 120, 158–160, 166
objektivnost, 62, 63, 73, 78, 84, 89, 95, 97, 134
odnos učencev do tehnike in tehnologije, 100, 101, 110, 115–117, 121–125, 127
odprti viri, 133, 135, 137, 143, 144, 146
osnovna šola, 28, 36, 38, 40, 41, 55, 56, 100, 102, 104, 115, 118, 119, 128, 133, 135, 141, 153, 157, 160, 162–164, 169

P

postavka, 17, 41–46, 49, 51, 78, 91, 96, 143, 157, *Glejte* testna postavka
poučevanje, 11, 13, 16, 19–24, 28, 30, 31, 35, 40, 57, 85, 103, 110–112, 114, 117, 118, 127, 128, 133, 134, 136, 137, 141, 143, 146, 150, 153–155, 171, *Glejte* poučevanje naravoslovja
poučevanje naravoslovja, 112, 133, 134, 145, 146, 153
povprečna vrednost, 18, 41, 45, 47, 49–53, 55, 56, 85, 120, 122–124, 145, 160, 167, *Glejte* aritmetična sredina
predšolsko obdobje, 60–63, 65–69, 71–75, 77, 79, 80, 82, 85, 95, 97, 98
pristop, 13, 14, 16, 22, 28, 29, 38, 40, 55, 61, 62, 65, 66, 69, 70, 78, 79, 86, 95, 97, 100, 102, 111, 112, 117, 139, 141, 150, 151, 153, 156, 170
problemsko učenje, 12, 30, 110, 111, 134

S

samoregulacija, 25, 113, 115, 117, 127, 170
samoučinkovitost, 117, 152
snovalsko razmišljanje, 10, 12–14, 16, 22–25, 28–32, 34–41, 44, 45, 49, 53, 55–57, 102, 134, 151–153, *Glejte* merjenje snovalskega razmišljanja

sposobnost kreativnega snovanja, 10, 14, 16, 19–21, 23, 25
spretnosti, 10, 12, 14, 15, 23, 24, 30, 40, 70, 72–74, 77, 86, 103, 111, 118, 134, 153, 155, 170
standardni odklon, 18, 41, 54, 120, 122, 143, 160–164, 168
stil, 40, *Glejte učni stil*, *Glejte stil vodenja*
stil vodenja, 67, 113
strategija, 10, 13–15, 22, 24, 36, 56, 66, 72, 79, 111, 112, 151, 153–156

T

tehnika in tehnologija, 10, 13, 16, 19–23, 28, 35, 36, 40, 41, 45, 47–49, 56, 60, 61, 67–74, 79, 87, 95, 100–104, 110, 115–117, 119, 120, 122–129, 150, 153, 155–157, 161, 166, 171, *Glejte odnos učencev do tehnike in tehnologije*
tehniška ustvarjalnost, 36, 60–62, 67, 68, 74, 77, 86, 90, 94–98, 100–106, 117, 125–127
tehniško izobraževanje, 13, 28, 57, 102, 103, 105, 114
tehnološka pismenost, 57, 155, 157, 159, 169–171
test, 16–20, 38, 41, 46, 56, 57, 62, 78, 82, 84, 88, 90, 93–97, 103, 106–109, 119–122, 126, 128, 129, 143, 157–160, 163, 166–170, *Glejte Levenov test*, *Glejte test ustvarjalnosti z risanjem*
test ustvarjalnosti z risanjem, 60, 62, 78, 82, 83, 85, 86, 88, 89, 91, 95, 96, 98, 100, 101, 107, 108, 110, 120, 125
testna postavka, 157–161, 163, 166–169

U

učenje, 10, 12, 13, 15, 22–25, 30, 36–39, 48, 57, 64–66, 68, 69, 72, 77, 85, 102, 104, 110–112, 114, 118, 128, 134, 151, 153, 154, 171, *Glejte problemsko učenje*, *Glejte aktivno učenje*, *Glejte učenje s poizvedovanjem*
učenje s poizvedovanjem, 13, 100, 101, 103, 112–115, 117, 118, 121, 122, 125–127, 134, 150, 154, 156, 157, 160, 161, 167, 169–171, *Glejte model poizvedovalnega učenja 5E*
učni stil, 103, 104, 117
ustvarjalne tehnične delavnice, 60, 62, 85, 87, 92–94, 96, 97, 100, 118, 121–128
ustvarjalnost, 13–16, 23, 24, 28, 29, 35, 36, 40, 55–57, 60–68, 70, 73, 76–80, 82–89, 92–98, 100, 102–109, 114, 117, 120–122, 124–129, 151, 152, *Glejte tehniška ustvarjalnost*, *Glejte test ustvarjalnosti z risanjem*

V

večkratna regresija, 17, 21, 28, 41, 53, 54, 56, 121, 125, 127, 143, 168–170
veljavnost, 22, 60, 78, 83, 88, 91, 95, 96, 120, 125, 134, 169
vprašalnik, 17, 18, 28, 40–44, 46, 49–53, 86, 100, 119, 120, 127, 128, 143, 146, 150, 155–158, 167–169, *Glejte anketni vprašalnik*

Z

zanesljivost, 17, 22, 23, 41–44, 60, 78, 85, 91, 95–97, 110, 120, 127, 158, 169

