

A photograph of a rectangular brick lying on a gravel surface. The brick is covered in green moss, particularly on its sides and top. The surrounding area is scattered with dry, brown leaves and pieces of driftwood. A blue fabric strip is visible in the bottom right corner.

Degradirana okolja in umetnost

Degradirana okolja, tekstil in 3D tisk
v umetnosti in izobraževanju



Degradirana okolja in umetnost

Degradirana okolja, tekstil in 3D tisk
v umetnosti in izobraževanju

Učbenik



Projekt Degradirana okolja in njihovo oživljanje v kulturni prostor z umetnostjo sofinancirata Republika Slovenija, Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in inovacije, ter Evropska unija – NextGenerationEU.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA VISOKO ŠOLSTVO,
ZNANOST IN INOVACIJE



NAČRT ZA
OKREVANJE
IN ODPORNOST



Financira
Evropska unija
NextGenerationEU

Degradirana okolja in umetnost – učbenik

Degradirana okolja, tekstil in 3D tisk v umetnosti in izobraževanju

Urednici: izr. prof. Anja Jerčič Jakob, asist. Zala Simčič

Fotografija: Arhiv Zavoda za gradbeništvo Slovenije, asist. Jana Mršnik, asist. Zala Simčič, dr. Mateja Golež, izr. prof. Anja Jerčič Jakob, Boris Beja, Jaka Babnik, Kristijan Jarni, Marija Jenko, Miha Jeršek, Kristi Komel, Petra Molan, dr. Darja Rant

Avtorji: izr. prof. Anja Jerčič Jakob, asist. Zala Simčič, doc. Boris Beja, Ana Brunčič, doc. dr. Sabina Dolenec, dr. Mateja Golež, dr. Lidija Korat Bensa, asist. Jana Mršnik, doc. dr. Uršula Podobnik, dr. Darja Rant, Janko Rožič, dr. Aljoša Šajna

Jezikovni pregled: Valerija Vegič, prof. slov.

Jezikovni pregled angleških povzetkov: Isabella Riley

Oblikovanje in prelom: Zala Simčič

Celostna grafična podoba: Zalka Leskovar

Fotografija na naslovnici: Zala Simčič

Recenzenta: izr. prof. dr. Jurij Selan, izr. prof. dr. Bea Tomšič Amon

Založila in izdala: Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani

Zanjo: prof. dr. Karmen Pižorn

Prva elektronska izdaja.

Dosegljivo na (URL): <https://zalozba.pef.uni-lj.si/index.php/zalozba/catalog/book/237>

Ljubljana, 2025

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Publikacija je brezplačna.

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani
COBISS.SI-ID 243970051
ISBN 978-961-253-339-7 (PDF)



To delo je ponujeno pod licenco Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Deljenje pod enakimi pogoji 4.0 Mednarodna licenca (izjema so fotografije). / This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (except photographs).

Kazalo vsebine

Projekt Degradirana okolja in njihovo oživljanje v kulturni prostor z umetnostjo sofinancirata Republika Slovenija, Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in inovacije, ter Evropska unija – NextGenerationEU.

Naziv projekta: Degradirana okolja in njihovo oživljanje v kulturni prostor z umetnostjo

Naziv krovnega projekta: UL za trajnostno družbo – ULTRA

Vodilni partner: Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Vodja projekta: izr. prof. Anja Jerčič Jakob

Sodelujoče institucije:

Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani (Oddelek za likovno pedagogiko),
Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani (Katedra za oblikovanje tekstilij in oblačil),
Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani (Oddelek za arheologijo),
Zavod za gradbeništvo Slovenije,
Narodni muzej Slovenije,
Moderna galerija in Muzej sodobne umetnosti Metelkova.

Podjetju Soven, d. o. o. in podjetju Inplet pletiva d. o. o., se zahvaljujemo za donacijo tekstilnega materiala za izvedbo poletne šole in usposabljanja za učitelje.

Predgovor – Degradirana okolja in umetnost izr. prof. Anja Jerčič Jakob	6
Predgovor – Degradirana območja dr. Mateja Golež	7
1. Degradirani prostori in njihova revitalizacija z znanostjo in umetnostjo dr. Mateja Golež, dr. Darja Rant, Ana Brunčič, doc. dr. Sabina Dolenec, Janko Rožič	9
2. Tekstilne tehnike v likovni ustvarjalnosti asist. Jana Mršnik	25
3. Tekstil kot gradnik umetniške izjave doc. Boris Beja	47
4. 3D tisk v umetnosti in oblikovanju uporabnih izdelkov dr. Aljoša Šajna, dr. Lidija Korat Bensa	61
5. Interdisciplinarnost pri pouku likovne umetnosti doc. dr. Uršula Podobnik	93
6. Degradirana okolja, umetnost in izobraževanje – primeri dobrih praks asist. Zala Simčič	101

Predgovor

Degradirana okolja in umetnost – učbenik ter projekt *Degradirana okolja in njihovo oživljanje v kulturni prostor z umetnostjo*

Projekt Degradirana okolja in njihovo oživljanje v kulturni prostor z umetnostjo, v sklopu katerega je nastal pričujoč visokošolski učbenik, je del krovnega projekta Univerze v Ljubljani UL za trajnostno družbo – ULTRA. Bistven cilj projekta Degradirana okolja je bil realizacija usposabljanj, ki predstavljajo pomemben prispevek k razvoju podpornega okolja za vseživljenjsko učenje in ekosistema mikrodokazil, ki se vzpostavlja na Univerzi v Ljubljani, kot del prenove visokošolskega izobraževanja v skladu s Smernicami za prenovo visokošolskega strokovnega izobraževanja s predlogom izvedbenega načrta (Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, 2022).

Pričujoča študijska gradiva so zasnovana na podlagi vsebin, ki smo jih vključili v dve usposabljanji: Degradirana okolja in umetnost – poletna šola in Degradirana okolja in umetnost – usposabljanje za učitelje. Posamezni prispevki so nastali neposredno na podlagi izvedenih predavanj in demonstracij, nekateri pa vključujejo vsebine, ki so bile iz usposabljanj izvzete zaradi časovnih omejitev. Vključujemo vsebine, ki se neposredno ali posredno dotikajo glavne tematike projekta in naslavljajo problematiko in potencialno revitalizacijo degradiranih okolij z likovno-pedagoško ali avtorsko likovno prakso, da bi udeležence usposabljanj ali druge bralce gradiva opolnomočili s kompetencami za naslavljanje problematike degradiranih okolij s pomočjo umetnosti. Ključne teme učbenika so degradirana okolja, tekstil, 3D tisk in interdisciplinarnost v umetnosti in izobraževanju, prispevali pa so jih strokovnjaki in visokošolski učitelji, ki delujejo na omenjenih področjih. Pričujoč učbenik je dragocen prispevek k izmenjavi znanj. Še posebej smo za delitev neprecenljivega znanja in izkušenj hvaležni avtorjem iz Zavoda za gradbeništvo Slovenije, ki s tem vstopajo v prostor univerzitetnega poučevanja. Učbenik je podporno gradivo, ki ga bomo uporabili pri nadaljnjih usposabljanjih v sklopu projekta z željo, da bomo usposabljanja ponujali učečim tudi v prihodnje.

Gradivo je prav tako namenjeno vsem študentom likovnih in pedagoških smeri, ki vključujejo poučevanje likovnih vsebin. Prav tako pa tudi študentom drugih umetniških ali inženirskih programov, kot sta arhitektura ali oblikovanje, oziroma vsem drugim programom, kjer se študenti v sklopu študijskega procesa srečujejo s praktičnim projektnim delom, pri katerem lahko naslavljajo degradirana okolja.

Gradivo lahko prav tako koristi vsem učiteljem ali ustvarjalcem za namene vključevanja obravnavanih vsebin v pedagoški proces, lastno likovno-ustvarjalno ali drugo projektno delo. Razumemo ga kot podpora k osebnemu, strokovnemu in pedagoškemu razvoju posameznika. Ponujamo dodatne vsebine, ki so trenutno iz študijskega procesa pri izobraževanjih za učitelje izvzete, kot izziv ali priložnost za odpiranje kritičnega razmisleka ob naslavljanju problematike degradiranih okolij z morebitnim vključevanjem tekstila in 3D tehnologij v svoje delo. Želja po dodatnem izobraževanju učiteljev in potreba po drugačnih pristopih pri poučevanju zaradi sprememb v družbi ter naslavljanje tovrstnih vsebin, ki jih ponujamo v pričujočem gradivu, omogočajo konstruktiven pristop v prostor umetnosti in likovne pedagogike ali likovno pedagoške prakse na vseh stopnjah izobraževanja.

Vodja projekta: izr. prof. Anja Jerčič Jakob

Predgovor

Degradirana območja

Človek že tisočletja naseljuje prostor in si ga prilagaja na različne načine, za kar potrebuje čedalje več naravnih virov. To pusti v okolju sledi, ki se glede na svoj obseg razlikujejo, od manjših do večjih, od nadzemnih do podzemnih posegov. Zlasti slednji so lahko zelo težavni, saj največkrat povzročajo pogrezanje in drsenje nadzemnih delov, kakor tudi iztoke kislih izcednih rudniških voda še dolgo po zaprtju rudarske dejavnosti. Degradirani prostori so prisotni v globalnem smislu, zato Slovenija v tem kontekstu ne zaostaja po prepoznavnosti in težavah, povezanih z negativnimi vplivi posegov v okolje. Ta trend se v zadnjem desetletju v Evropi poskuša zmanjšati z opuščanjem rudarske dejavnosti, čemur sledi tudi Slovenija. Tako se za opuščena degradirana okolja iščejo novi programi, ki bodo omogočali, da bo lokalna skupnost degradirana okolja ponovno sprejela kot del prostorov, kjer je možno kljub okoljski problematiki izvajati prilagojene programe. Eden takšnih pristopov je oživljanje degradiranih prostorov na interdisciplinaren način, kjer se povezuje znanost in umetnost. Primeri dobrih praks z oživljanjem rudarske dediščine v Občini Laško in Občini Litija pa kažejo, da so ti programi učinkoviti zlasti pri razvoju turizma. Povezovanje različnih strok in prenos znanja iz izobraževalnih ter raziskovalnih institucij na zainteresirano javnost, ki pridobi ustrezne kompetence, pa so v družbi sodobni trendi, ki so prepoznavni, tudi ko se bodo oblikovali novi programi oživljanja degradiranih prostorov.

dr. Mateja Golež, Zavod za gradbeništvo Slovenije

1. Degradirani prostori in njihova revitalizacija z znanostjo in umetnostjo

dr. Mateja Golež, dr. Darja Rant, Ana Brunčič, doc. dr. Sabina Dolenc, Janko Rožič

POVZETEK

Številni degradirani prostori, ki so odraz intenzivne industrijske dejavnosti, povezane s pridobivanjem kovinskih in nekovinskih mineralov ter energentov v preteklosti, kot je premog, kažejo, da je bilo tudi območje Slovenije nekoč pomemben prostor za pridobivanje mineralnih virov. Še zlasti so to območje Idrije zaradi pridobivanja živosrebrove rude, Mežice zaradi pridobivanja sfalerita in galenita, Litije pretežno zaradi kopanja galenita, cinabarita, barita in železa, Zasavska regija, vključno z Laškimi in Senovim, ter Šaleška regija pa zaradi premoga.

Prostori kovinskih in nekovinskih mineralnih virov, ki jih danes prepoznavamo kot degradirana območja, so po obsegu zelo različni, zato je tudi njihova namembnost po opustitvi dejavnosti raznolika. Številni primeri dobrih praks iz tujine in tudi Slovenije kažejo, da jih lahko s prilagojenimi programi primerno preuredimo v prostore ponovno dostopne lokalnim skupnostim, ki z njimi upravljajo. Eden od načinov interpretacije in revitalizacije degradiranih prostorov so programi, ki povezujejo znanost in umetnost, kar je izviren in uspešen, a še vedno redko pristop oživljanja degradiranih prostorov. V ta sklop sodijo tudi nestandardizirani spominki v smislu izkustvenega spominka.

Ključne besede: mineralni viri, prostor, revitalizacija, izkustveni spominek

ABSTRACT

Many degraded areas, which are a reflection of intensive industrial activity related to the past extraction of energy resources such as coal and other metallic and non-metallic minerals, show that the area of Slovenia was once an important place for the extraction of mineral resources. In particular, the areas of Idrija, due to the extraction of mercury ore, and Mežica, due to the extraction of sphalerite and galena, Litija, mainly due to the mining of galena, cinnabarite, barite and iron, and the Zasavje region, including Laško, Senovo and the Šaleška region, due to coal.

The areas for obtaining metallic and non-metallic mineral resources that we now identify as degraded areas are very diverse in terms of volume, so their purpose after the cessation of activity is also very different. Many examples from abroad and also from Slovenia show that, with adapted programs, they can be suitably converted into spaces that are once again accessible to the local community that manages these spaces. One of the ways to interpret and revitalise degraded areas is through programs that connect science and art, which is a successful but still rare approach to brownfield revitalization. This understanding also includes non-standardised souvenirs in the sense of an experiential souvenir.

Keywords: mineral resources, environment, revitalisation, experiential souvenir

1. UVOD

Pridobivanje nekovinskih in kovinskih mineralnih virov za različne namene človekove uporabe sega že v čas kamene dobe. Kamnitemu orodju, naravnim pigmentom, kamnitim glasbilom so s človekovim razvojem sledila kovinska orodja in glasbila, če zajamemo samo preplet med uporabo mineralnih virov v vsakdanjem življenju in najstarejšo umetnostjo (Petru, 2008; Fessmann, Kruhl, 2020; Yule, Bemmann, 1988; Cox idr., 2020). Pridobivanje mineralnih virov poteka na dva načina, in sicer kot površinsko odkopavanje in kot podzemno, galerijsko odkopavanje. Pri tem so skozi desetletja izvajanja rudarske dejavnosti ponekod nastali odkopi izjemnih dimenzij. Rudnik diamantov Mir v Rusiji je tako eden največjih svetovnih površinskih kopov diamantov, saj njegov premer znaša 1,2 km, v globino pa seže več kot 500 m (Splet 1). Prav tako izjemnih razsežnosti je dnevni kop rudnika zlata Bingham Canyon Mine iz ZDA, ki v globino meri 970 m, njegov premer pa je 4 km (Splet 2). Diamanti in zlato v večini primerov že od nekdaj predstavljajo statusni simbol in plačilno valuto, zato bi bilo treba v kontekstu trajnostnega rudarjenja zmanjšati pridobivanje naravnih diamantov in zlata ter ozavestiti druge, za okolje manj obremenjujoče vrednote, s čimer smo se zavezali tudi z Evropskim zelenim dogovorom (Splet 3), programi UNESCO (Splet 4), Novim evropskim Bauhausom (Splet 5), kakor tudi s trajnostnim in butičnim turizmom (Splet 6). V tem kontekstu so najbolj sporni diamanti, po definiciji Združenih narodov znani kot krvavi diamanti (Splet 7), ki se pogosto pojavljajo na črnem trgu in zato predstavljajo sivo ekonomijo, ker se z njimi financirajo vojne in suženjsko delo otrok ter odraslih (Splet 8). Pridobivanje naravnih diamantov se lahko bistveno zmanjša tudi zaradi dejstva, da se za potrebe industrije, kot so diamantna rezila, že uspešno uporabljajo sintetični diamanti.

Degradiran prostor, ki ga želimo revitalizirati, najprej vrednotimo v smislu njegovega potenciala, kot je dediščinski potencial, muzejski, rekreacijski, prireditveni, zdravstveni, energetski, ter že na samem začetku vzpostavimo dialog z lokalno skupnostjo. Takšen primer dobre prakse je revitaliziran industrijski kompleks rudnika Zollverein, Essen, Nemčija, ki je bil spremenjen v muzej in tehnološki park za industrijsko oblikovanje ter rekreacijski center (Splet 9). V rudniku soli Soligorsk v Belorusiji se danes izvajajo speleoterapije ob hkratnih rekreacijskih dejavnostih (Splet 10). Opuščen glinokop kaolinita v Združenem kraljestvu je preoblikovan v sli-

kovit botanični vrt (Splet 11) ali pa opuščen kamnolom Dalhalla Rättvik na Švedskem, ki je spremenjen v koncertni prostor (Splet 12). V izjemen podzemni prireditveni prostor je urejen tudi Quarries of Lights v Franciji, kjer izvajajo predvsem večpredstavne razstave, kot je to minula razstava francoskih impresionistov (Splet 13). V bližini Trsta v Italiji je v opuščenem kamnolomu Portopiccio prestižna marina z apartmajskim naseljem in gostinskimi objekti (Splet 14).

Primere dobrih praks poznamo tudi v Sloveniji, zato imamo vse znanje, izkušnje in kompetence, da lahko v prihodnje hitreje in učinkoviteje pristopamo k oživljanju številnih degradiranih prostorov, predvsem s pomočjo znanosti in umetnosti (Golež 2018a; Golež idr., 2018b; Obrovnik idr., 2018; Rožič idr., 2019).

2. IZVIRNI PRISTOPI K OŽIVLJANJU DEGRADIRANIH PROSTOROV

Čeprav raziskave kažejo, da je kreativni turizem v porastu, so standardni dogodki in standardni trg spominkov na prepoznavnih turističnih destinacijah, tudi v Sloveniji, še vedno vseprisotni, zato želimo v prihodnje to prakso spremeniti na način, da bo pristop k oživljanju destinacij unikatni in izviren ter temelječ na primerih dobrih praks oživljanja degradiranih rudniških območij. Z izvirnim pristopom namreč v največji možni meri nagovorimo lokalno skupnost in jo že na začetku aktivnosti vključimo v dialog, saj je proces oživljanja degradiranih prostorov namenjen predvsem njim, ki prostor upravljajo po njegovi revitalizaciji. Prestrukturiranje nestabilnih in večkrat toksičnih okolij je obsežen proces, ki se ga lokalne skupnosti zavedajo, zato za nove programe iščejo domača in mednarodna sredstva, s katerimi financirajo razvojne programe izkustvenega turizma, kot so ambientom prilagojene prireditve in izdelava inovativnih spominkov (Gosar, Miler, 2019a; Gosar, Miler, 2019b).

2.1 Izkustveni spominki

Spominki so v turističnih destinacijah zelo razširjeni. Oblikovalce problematika vedno znova izziva, kako pristopiti k oblikovanju novih spominkov, ki bodo učinkovito vključevali značilnosti destinacije, nagovarjali k ponovnemu obisku, bodo namenjeni kot darilo in še več kot to, kako vanje vključiti izkušnjo obiskovalca (Slika 1). Kako vsi ti izzivi delujejo v praksi, je bilo preverjeno s študenti Katedre za oblikovanje tekstilij in



Slika 1: Izkustveni spominek z uporabo pigmenta sitarjevec in s tiskom na tekstil, Darja Rant, fotografija: Darja Rant, Arhiv ZAG

oblačil Univerze v Ljubljani. Rezultati so pokazali, da je pristop s prepoznavnimi atributi destinacije najučinkovitejši za ustvarjanje izkustvenih spominkov, ki temeljijo na avtentični značilnosti in zgodbi destinacije, so edinstveni in pristni ter s tem drugačni od ponudbe, ki jo ima konkurenca.

Za ustvarjanje izkustvenega spominka je zato na destinacijah smiselno izvajati kreativne delavnice, saj se te ujemajo tudi s pojmom kreativnega turizma (Richards in Raymond, 2000). Obiskovalci imajo na ta način možnost aktivno sodelovati v procesu oblikovanja lastnega izdelka, proces skupinskega ustvarjanja pa omogoča sodelovanje, skupno učenje in delitev ustvarjalnih naporov. Kot je pojasnil Chen (2012), tovrstni dogodki predstavljajo priložnost za opolnomočenje posameznikov, tudi če nimajo formalne umetniške izobrazbe ali kakršnih koli kvalifikacij na področju umetnosti za ustvarjanje umetniških del. Inkluzivnost, ki jo ponuja ustvarjanje v skupini, poleg soustvarjanja omogoča udeležencem, da se z lastnimi idejami in ustvarjalnim navdušenjem vključijo v umetniško izražanje. Na ta način udeleženci procesa preverjajo in eksperimentirajo lastno ustvarjalno idejo (Chen, 2012). Med delavnico obiskovalci tako ustvarjajo lastne spomine na kraj, ki so ga obiskali, pri čemer je izdelek popolnoma

v rokah ustvarjalca. Uporabljeni material in tehnika izdelave sta edina vnaprej določena dejavnika, pri čemer je obseg omejen samo z materialom, glede na to, koliko materiala je na voljo za uporabo in kakšna bo velikost spominka, ki ga je mogoče izdelati v danem času. Ponudba ustvarjalnih delavnic, ki jih kot del programov na destinaciji izvajajo predstavniki lokalne skupnosti, lahko pritegne tudi izkušenejši popotnike, ki jim ponudba običajnih spominkov ni več navdušujoča. Izkušeni popotniki spominkom pripisujejo pomen na podlagi odnosov, ljudi in dogodkov ter na ta način svoje potovanje usmerjajo tudi k dejavnostim, ki jim omogočajo poglobitev stika z lokalno skupnostjo v kulturološkem smislu (Love, Sheldon, 1998; Smith, Olson, 2001). Ponudba ustvarjalnih rokodelskih delavnic na destinaciji tako pripomore k poglobitvi specifičnih znanj, kot tudi k nadgradnji oblikovalskih spretnosti in trajnostno-kulturnega turizma.

V prihodnje priporočamo, da se za vsako posamezno degradirano območje, ki se bo oživilo z umetnostjo, med obiskovalci preverja tudi interes po oblikovanju izkustvenega spominka, s katerim se ustvarja tesnejša vez med obiskovalcem in destinacijo.

3. OŽIVLJANJE RUDNIŠKIH PROSTOROV V LITJI IN LAŠKEM

Oživljanje rudniških prostorov z vključevanjem znanosti in umetnosti za namene trajnostnega in butičnega turizma v Litiji in Laškem je dober primer izvirnega pristopa k revitalizaciji rudniških prostorov, ki lahko zaradi inovativnega pristopa postane tudi družbena inovacija (Golež, 2018a). Degradirano območje je kot rana v prostoru, ki jo lahko zacelimo z razumevanjem preteklega dogajanja, s spoštovanjem zatečenega ter z osnovno temo in celovito vizijo prihodnjega stanja. Za resnično oživljanje in tudi kasnejše preživetje nove vrednote je pomembno, da celovita prenova izhaja iz stvarnih danosti ožjega prostora in se hkrati naveže na naravne in kulturne posebnosti širšega okolja. Območje med Laškim in Litijo je v geološkem smislu območje Posavskih gub, kjer segajo prvi znani arheološki ostanki rudarjenja na območju Litije v čas Keltov. Rudnik Sitarjevec je bil ekonomsko zanimiv zaradi pridobivanja kovinskih mineralov, od svinca, cinka, železa, živega srebra in pozneje tudi nekovinskega minerala barita.



Slika 2: Sodobni podzemni muzej rudnika Sitarjevec z geološko zbirko (Blaž Zadnik) in slikarsko interpretacijo naravnih pigmentov (Anja Jerčič Jakob). Oblikovanje razstave: Odprti krog, fotografija: Matej Povše

Območje Laškega pa je zaznamovalo pridobivanje zelo kakovostnega rjavega premoga, ki je postal industrijsko zaželen energent na začetku 19. stoletja. Za nestandardni pristop oživljanja degradiranih prostorov predlagamo interdisciplinarni pristop, ki zajema različne študije: 1. znanstveno, 2. prostorsko, 3. konservatorsko-restavratorsko (v primeru dediščine), 4. umetniško, 5. upravljanje in programi. Pri rudniku Sitarjevec je bila osnovna tema raziskav najstarejši več mineralni rudnik z rudarsko tradicijo Litije in Šmartnega, pri Govcah pa ostaline vasi in rudnika v še živi kulturni krajini vasi in njenem izjemnem naravnem okolju.

3.1 Rudnik Sitarjevec v Litiji

Rudnik Sitarjevec je z razvojnimi sredstvi, ki jih lokalna skupnost in država Republika Slovenija pridobivata z različnimi razpisi v sodelovanju z zunanjimi partnerji, v zadnjih nekaj letih pridobil podobo sodobnega podzemnega muzeja (Splet 15). Interdisciplinarni pristop projektnega dela se odraža v obogatenih interpretacijskih vsebinah, ki so ponujene obiskovalcem pri ogledu tega izjemnega dediščinskega podzemnega objekta (Slika 2).



Slika 3: Rudniško blato na dnu rudniških rovov v rudniku Sitarjevec (levo) in barvna lestvica naravnega pigmenta oker in žgani oker iz rudnika Sitarjevec (desno), fotografija: Darja Rant, Arhiv ZAG

3.1.1 Znanstvena izhodišča

Kot izhodišče interpretacijskih vsebin za nadaljnjo umetniško interpretacijo so bila uporabljena znanstvena dognanja o geološkem razvoju tega prostora (starost kamnin, paleookolje, nastanek rudišča, tektonika, mineraloške posebnosti, geokemija), prostorska študija, arheološka odkopavanja, zgodovina rudarjenja in okoljska problematika (Kolar Jurkovšek, Jurkovšek, 2002; Kolar Jurkovšek, Jurkovšek, 2019; Herlec idr., 2006; Rant, Golež, 2021; Toplak idr., 2020). Iz vseh znanstvenih spoznanj so nastale interpretacijske zgodbe, od katerih je najpomembnejše za povezovanje znanosti in umetnosti odkritje, da je odvečni rudniški mulj, ki se odlaga na dnu rudniških rovov, naravni pigment oker, kar dokazuje, kako ključno je v izhodišču urejanja nove lokacije v turistične namene sodelovati tudi z raziskovalnimi institucijami, ki opravijo vse raziskave lastnosti materialov, vključno z njihovo toksičnostjo (Golež, 2018b). Z žganjem naravnega rumenega okra nastane žgani oker rdeče barve (Slika 3). To sta najstarejša pigmenta, ki sta znana v jamskih poslikavah, starih približno 60.000 let (Petru, 2008). V rudniku so prisotni še drugi naravni pigmenti, npr. hematit in barit.

3.1.2 Prostorska študija

S prostorsko študijo sta se v sklopu urejanja rudnika Sitarjevec urejala tako plato pred rudnikom kot notranjost postavitve razstave, vključno s prostorskim načrtovanjem v razvojnem smislu za ta prostora. Kot rdeča nit so za informacijski stolp pred rudnikom in podstavke za geološko zbirko v rudniku bile izbrane oblike kristala cinabarita, ki je bil nekoč iskan mineral v rudniku Sitarjevec za industrijske namene zaradi pridobivanja živega srebra, med umetniki najbolj znan kot pigment cinober.



Prostorska študija v prostor umešča informacijsko-izobraževalni center, in sicer pred vhodom v rudnik, poleg tega pa tudi načrtovani informacijski obelisk, ki bo izveden v tehniki 3D tiska na cementni osnovi in z dodatkom pigmenta sitarjevec, postavljen pa bo pri železniški postaji v Litiji (Slika 4a, 4b). S prostorsko študijo so podane glavne vedute prostora s poudarki na kontekstu zgodbe rudnika Sitarjevec z drugo turistično ponudbo Občine Litija in Občine Šmartno pri Litiji v povezavi z gradom Bogenšperk, Vačami ter Svetimi gorami. (vir 4)



Slika 4a: Prostorska študija za vstopni objekt pred rudnikom Sitarjevec v Litiji (Janko Rožič, Gašper Drašler, Janez Pold, Odprti krog)



Slika 5: Sortirnica, ruševinska betonska zgradba pred vhodom rudnika Sitarjevec, fotografija: Mateja Golež, Arhiv ZAG



Slika 4b: Načrt obeliska v Litiji (Janko Rožič, Janez Pold, Odprti krog)

3.1.3 Konservatorsko-restavratorska izhodišča

Rudnik Sitarjevec je zaradi izjemne mineraloške pestrosti naravna dediščina državnega pomena, ki ga ureja Zakon o ohranjanju narave (ZON). Rudnik kot celota je življenjski prostor zaščitene vrste netopirjev, in sicer malega podkovnjaka, v njem pa najdemo tudi različne glive in plesni ter več kot 100 vrst različnih bakterij, ki so vključene v mikrorudarjenje goethita oz. železove rude. V podzemlju je urejena muzejska postavitvev z zahtevnim vzdrževanjem, saj je v rudniku 100-% relativna vlažnost in temperatura okrog 10 °C. V takšnih pogojih se zelo hitro razgrajujeta les in kovina, zato so nujni redni pregledi in vzdrževalna dela zbirke. Vzdrževanje lesenih elementov je zelo pomembno tudi v luči zagotavljanja varnosti za obiskovalce, medtem ko so kovinski deli del muzejske opreme, ki ji ob ustreznem pregledovanju in vzdrževanju lahko bistveno podaljšamo življenjsko dobo. Ostanki zgradb, ki so pred vhodom, so hkrati objekti kulturne dediščine, ki se po Zakonu o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1) varujejo kot anonimna dediščina, ker še nimajo statusa industrijske dediščine. Zgradbe so betonske in močno poškodovane, zato zahtevajo natančne naravoslovne raziskave in konstrukcijske analize, vključno z načrtom sanacije kot delom konservatorsko-restavratorskega projekta prenove (Slika 5).



Slika 6: Oblikovanje nakita iz hematitno jaspisne rude (mentor: Miha Jeršek) (levo) in Kresničke v rudniku – interpretacija rudniške svetlobe in barvitosti rudnika Sitarjevec (mentorica: Marija Jenko), fotografija: Marija Jenko, Miha Jeršek (levo)



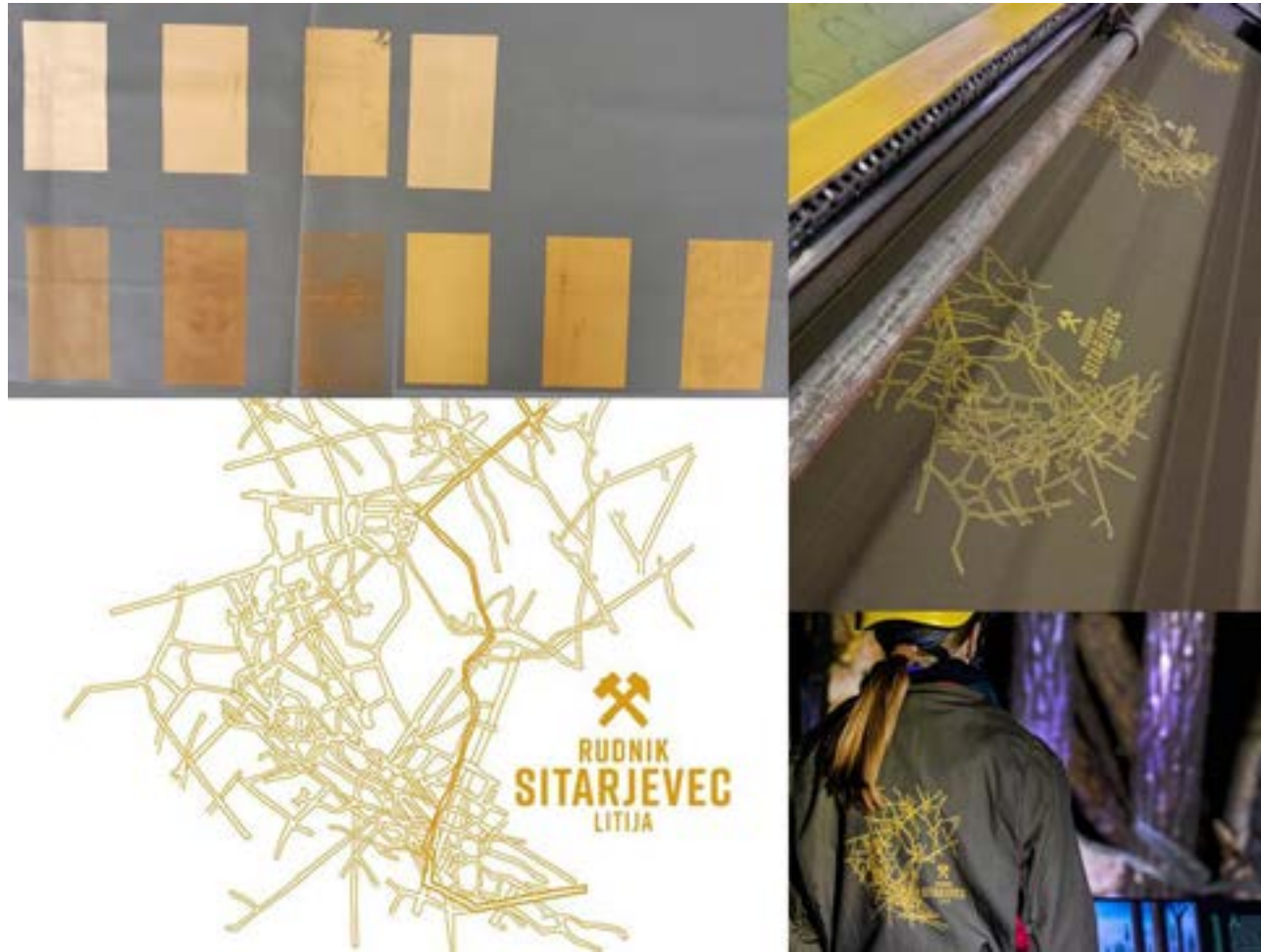
S posegi v podzemni prostor ravnamo premišljeno in v skladu s smernicami, ki so podane v Zakonu o ohranjanju narave, in konservatorskimi smernicami za kulturno dediščino.

3.1.4 Umetniška interpretacija

Zavod za gradbeništvo Slovenije je v okviru različnih projektih aktivnosti izdelal interpretacijske vsebine, ki zajemajo snovno in nesnovno dediščino rudnika Sitarjevec, pri čemer je sodeloval s številnimi sodelavci, Muzejem Litija, TIC Litija, Arhitekturnim ateljejem Odprti krog, Geološkim zavodom Slovenije, SIIPS AD, d. o. o., Prirodoslovnim muzejem Slovenije, Univerzo v Ljubljani (NTF, Katedra za oblikovanje tekstilij in oblačil, Pedagoška fakulteta, Fakulteta za strojništvo) in Višja strokovna šola Srečka Kosovele Sežana. V rudniku Sitarjevec je zato turistična ponudba obogatena z interpretacijo barvne pestrosti skozi različne znanstvene in umetniške vidike, tako z razstavo Kresničke v rudniku kot s predstavitevijo slikarskega dela, kjer so bili uporabljeni naravni pigmenti oker, hematit in barit (Slika 6).

Na razstavi so tudi unikatni tekstilni vzorci, ki se inspirirajo v rudniškem blatu, fosilnih ostankih in dediščinskih zgodbah, kar je na najbolj celosten način prikazano na kombinezonih, ki jih obleče obiskovalec rudnika. Iz rudnika izvira tudi poldragi kamen hematit z jaspisom,

ki se lahko oblikuje v nakit in druge predmete (Slika 7). Umetniško je interpretirano paleookolje, tako kiparsko kot slikarsko. S pigmentom sitarjevec je nastala serija umetniških materialov za slikarstvo, od različnih barv do voščenk.



Slika 7: Razvoj barve za tisk na tekstil s pigmentom sitarjevec in izvedba tiskanja na tekstil ter izdelan kombinezon (Darja Rant), fotografija: Darja Rant, Arhiv ZAG

3.1.5 Upravljanje in programi

Lokalna skupnost in druga zainteresirana javnost prirejata v rudniku in pred njim najrazličnejše dogodke, ki so povezani z rudarsko dediščino ali pa zanjo niso tipični, kot je razstava jaslic v božičnem času. Organizirajo se okrogle mize, konference in druga strokovna srečanja. Po drugi strani so to kulinarčni dogodki ali dogodki, ki so povezani z dediščino. Lokalna skupnost, ki objekt upravlja, skrbi tudi za varnost. To pomeni dnevno upravljanje objekta, kar je še posebej zahtevno, saj je to podzemni prostor, torej podzemna arhitektura. Za obiskovalce so priložnostno organizirane delavnice slikanja s pigmentom sitarjevec ali sitotisk na majice. Za šole je program uporabe pigmenta sitarjevec prilagojen, ker je pigment toksičen in v šolah ni dovoljen. Pigment se v tem primeru nadomesti s pigmentom oker/siena. Izkustvene spominke obiskovalci rudnika odnesejo s seboj, na primer potiskane majice (Slika 8).



Slika 8: Izkustveni spominki delavnice za otroke s sitotiskom na majice, rudnik Sitarjevec, fotografija: Darja Rant, Arhiv ZAG

3.2 Govce

Govce v Občini Laško so danes prazen prostor, v preteklosti pa je bil poseljen s sedmimi domačijami in cerkvijo sv. Magdalene. Vas so porušili na začetku 70. let prejšnjega stoletja, ko so z rudniškimi deli rudnika Laško napredovali pod vas. Prazen podzemni prostor pod vasjo je sprožil procese pogrezanja in drsenja, zaradi česar so morali prebivalci zapustiti svoje domačije. Na Govcah danes ni sledu nekdanjih domačij. Edini stoječi objekt na lokaciji je izjemen podzemni rudarski objekt – strojnica, ki jo je skupina umetnikov in kreativcev v sodelovanju z lokalno skupnostjo uredila v galerijo sodobne umetnosti, Galerijo Strojnica. V njej je med drugim poleg spremljevalnih dogodkov izvedla tudi dve razstavi – Odstiranja in Sence.

Govce so svojevrstna izkušnja urejanja izvirne turistične ponudbe, ker je bil rudarski objekt zapuščen, a varen, zato so lahko priprave na izvajanje programov, ob minimalnih posegih v objekt, nemudoma potekale, ko je lokalna skupnost podprla predlagane programe. Prosto-voljno delo in tudi velik del finančnih sredstev je vložila krajevna skupnost Sedraž, ki še danes upravlja objekt, v katerem pa sedaj gostuje rudarski muzej Sedraž.

3.2.1 Znanstvena izhodišča

Zapuščen podzemni objekt rudarske dediščine je za interpretacijo predstavljal svojevrsten izziv, ki smo ga z veliko mero piete do tega prostora naslavljali z znanostjo in umetnostjo. Območje rudnika Laško je namreč zaznamovala teža povojne zgodovine, kakor tudi izginule vasi Govce. Ker je strojnica mogočna betonska podzemna arhitektura, smo za izpovedno moč razstavljenih eksponatov razstave 'Odstiranja' izbrali cementno matrico (Slika 9). Iz zgodovinskih virov je znano, da je v Laškem bila tudi prva tovarna umetnega škrlja (betonskih strešnikov) na Štajerskem, Kamenit, zato so betonski izdelki že dolgo znani v tem prostoru. Po drugi strani je bila za razstavo 'Sence' izbrana toplota žgane gline, material, ki se je kot stranski produkt kopanja premoga odkopaval v rudniku Laško. Glina iz rudnika Laško je bila tako kakovostna, da so jo vozili v bližnjo tovarno keramike Liboje in iz nje izdelovali kuhinjsko keramiko.



Slika 9: Cementna matrica za namakanje rudarskih oblačil, fotografija: Mateja Golež, Arhiv ZAG

3.2.2 Konservatorsko-restavratorska izhodišča

Območje Govce je ohranjena kulturna krajina, kjer prepoznavamo terasasto strukturo, redke materialne ostaline nekdanje vasi Govce in podzemni objekt Galerija Strojnica. Njeno vrednotenje vključuje interpretacijo razpoložljivih virov tako v geološkem kot v geografskem in zgodovinskem smislu.

Interpretacija kulturne krajine nekdanje vasi Govce je izvedena v virtualnem smislu (<https://www.youtube.com/watch?v=FLLu7pvpvOGs>), izdelana pa je tudi prostorska študija, po kateri se bodo v prostor smiselno umeščale informacijske table in klopi. Na ta način se na Govcah ohranja kakovostna kulturna krajina kljub vsem posegom v prostor v preteklosti (Slika 10).

Ker je Galerija Strojnica podzemni objekt, je v njej 100-% relativna vlažnost. Voda ponekod pronica skozi betonski obok in gradi kapnike. Kapniki predstavljajo svojevrstno ambientalno kompozicijo, zato je pomembno, da se ohranjajo. Razstavniki eksponati naj bodo v čim večji možni meri iz materialov, ki niso občutljivi na vlago, sicer jih je treba ustrezno zaščititi. Zaradi boljšega upravljanja objekta se predlaga njegova natančna izmera s 3D zajemom podatkov.



Slika 10: Preoblikovana kulturna krajina (levo) s pogledom na rokonstrukcijo vasi Govce (desno), fotografija: Mateja Golež, Arhiv ZAG; izrez iz videogradiva: Kobale, Obrovnik, Likar, Rožič



Slika 11: Shematski prikaz premogovnika Laško pod plastnico in izginule vasi Govce nad plastnico (levo) ter tematske table za umeščanje v prostor (desno). Arhitekti: David Obrovnik, Katarina Kobale, Kaja Likar in mentor Janko Rožič.

3.2.3 Prostorska študija

Gručasta vas Govce, ki je nekoč dominirala na polici pod strmino v ozadju, živi le še v spominu redkih domačinov, ki so jo poznali ali celo v njej prebivali. Njena izjemna podeželska arhitektura je skupaj s cerkvijo in vaškim življenjem predstavljala nenadomestljivi občutek idiličnosti, ki se dotakne vsakega, kadar so te vrednote izgubljene. Pripravljen je idejni projekt ureditve razgledne poti s smiselno umeščenimi informativnimi tablami, maketo podzemnega in nadzemnega dela območja ter klopmi glede na ključno naravnane poglede v prostoru (Slika 11). Skozi vas Govce pa se je danes že možno sprehoditi tudi virtualno. Hkrati se čaka izvedba prostorske umestitve poti na Govcah, vključno z redkimi ruševinami, saj bi se na ta način vsaj delno vzpostavil stik z utripom nekdanjega vaškega življenja, ki se je moralo umakniti potrebi po pridobivanju sicer kakovostnega rjavega premoga pod njo.

3.2.4 Umetniška interpretacija

Naselitev praznega betonskega podzemnega objekta Galerija Strojnica in njegova umetniška interpretacija se odraža tudi v besedilu vabil, s katerim so umetniki povabili zainteresirano javnost na dva dogodka, razstavo Odstiranja in Sence, kar je svojevrstno čuten nagovor povabljenim in prav tako sodi h kakovosti izvedbe programov.

Razstava 'Odstiranja' je s cementnimi oblačili in škornji ter dodatno opremo rudarske kopalnice nagovarjala golo ostenje prostora, kjer so nekoč brneli stroji, ki so po jašku Liša v podzemlje laškega premogovnika spuščali rudarje, na plano pa dvigovali jalovino. Hrapave površine betonskega objekta so obrasli lišaji in plesni, voda, ki pronica skozi ostenje, pa gladi razpoke ter ustvarja drobne kapnike, samosvoje umetniške tvorbe. Golo premišljenost industrijske gradnje je čas spremenil v ve-

ličasten ambient, ki obiskovalca popolnoma prevzame. Pod širok stropni lok se dviga duh rudarske preteklosti, ki je bila vse prej kot lahka. Z likovno postavitvijo okamnjenih rudarskih oblačil – rudarji so jih po opravljenem delu obesili pod strop – so se v tem posvečenem prostoru z umetniško metaforo odstirali spomini in vabili obiskovalce, da so se sprehodili med njimi, potipali trenutke, ujete v večno materijo, in težko delovno orodje (Slika 12). Omenjeno umetniško delo je bilo delo skupine PH 15, Naravoslovnotehniške fakultete, Katedre za oblikovanje tekstilij in oblačil Univerze v Ljubljani, kustosa iz Muzeja Laško in Zavoda za gradbeništvo Slovenije. Za razstavo 'Sence' je umetnica uporabila tehniko ročnega oblikovanja gline pri snovanju kipov, ki je po tehnični strani podobna oblikovanju glinenih izdelkov v starih časih, v antiki ali še prej. Že nekdaj so nekatere

predmete namenjali zgolj občudovanju ali v religiozne namene, ne pa za dejavnosti in uporabo. Skulpture Milojke Drobne še najbolj spominjajo na tovrstne predmete z duhovno komponento: okrasne, votivne ali religiozne predmete. Pogosto se zdi, da so njeni kipi, zlasti kadar so razstavljeni, arheološke izkopanine. Neenakomerne površine, različni barvni odtenki, pepel, med kipe postavljene črepinje razbitih kipov prispevajo k občutku, da smo na arheološkem najdišču. Tako je bilo tudi na razstavi 'Sence', pa čeprav so bili kipi postavljeni v star industrijski objekt nekdanjega rudnika (Slika 13). Za galerijo sodobne umetnosti Galerija Strojnica je bil oblikovan logotip kot prepoznavni logotip objekta na Govcah. Predstavlja presečišče elipse, kot notranjosti objekta in kroga, kot okna, ki osvetljuje prostor.



Slika 12: ph15: Razstava 'Odstiranja' v galeriji sodobne umetnosti Strojnica na Govcah, fotografija: Mateja Golež, Arhiv ZAG



Slika 13: Milojka Drobne: 'Sence', prostorska postavitev (detajl), Galerija Strojnica, Govce, fotografija: Petra Molan, kurator Denis Volk.



Slika 14: Ročno izdelana glinena opeka iz lokalne gline kot izkustveni spominek, fotografija: Mateja Golež, Arhiv ZAG

3.2.5 Upravljanje in programi

Objekt upravlja Rudarsko društvo iz krajevne skupnosti Sedraž. V njem ima urejeno rudarsko zbirko. Razstave in dogodki, ki so bili povezani z razstavama 'Odstiranja' in 'Sence', so bili dobro promovirani in obiskovani, kar je namen delujočega programa. Občina Laško ima na področju razvoja in promocije turizma namreč velik potencial, saj je v Laškem zdravilišče Thermana, v bližini pa so tudi Rimske terme. Za oživljeni degradirani prostor Govce lahko trdimo, da je bila zgodba s postavitvijo galerije sodobne umetnosti izviran turistični produkt, ki je zaradi interdisciplinarnosti vzbudil veliko pozornosti v širši javnosti (Slika 14). Lokalna skupnost si prizadeva Govce promovirati tudi skozi virtualni obisk (<https://www.lasko.si/objava/872714>), prav tako so vključene v tematsko rudarsko pot SREČNO. V okviru Ehofesta, prireditve na Govcah, je bila izvedena delavnica za osnovno šolo Sedraž, in sicer ročna izdelava opeke iz lokalne gline pod vodstvom mojstra obrti za ročno izdelovanje glinene opeke. Obiskovalci festivala so si lahko s sitotiskom na svoje majice natisnili izbrane motive in logotip Galerija Strojnica. Za lokalno skupnost Sedraž so bili iz cementne matrice namensko oblikovani tudi spominski magneti in broške z napisom Galerija Strojnica.

4. ZAKLJUČEK

Odziv obiskovalcev na nove programe oživljenih degradiranih območij z znanostjo in umetnostjo je pozitiven, saj se število obiskovalcev na teh destinacijah povečuje. Rezultati raziskav kažejo, da na doživljanje destinacije zelo vpliva izkustveni spominek. To je spominek, ki je povezan s specifičnostjo destinacije in si ga obiskovalec izdelava sam. Izzivi za nove spominke so tudi med oblikovalci, ki prav tako iščejo teme v destinaciji sami. Ključna vloga oživljanja degradiranih destinacij je v ozaveščanju ljudi, da se destinacije uspešno oživljajo, če se pristopa k oživljanju na interdisciplinaren način. S povezovanjem znanosti, umetnosti in lokalne skupnosti lahko dosežemo uspešne rezultate, kar dokazujejo tudi primeri dobrih praks v Litiji in Laškem.

5. VIRI IN LITERATURA

Literatura

1. Chen, K. K. (2012). Artistic presumption: Cocreative destruction at burning man. *American Behavioral Scientist*, 56(4): 570–595.

2. Cox, T. J. idr. (2020). Using scale modelling to assess the prehistoric acoustics of Stonehenge. *Journal of Archaeological Science*. *Journal of Archaeological Science* 122.

3. Fessmann, K. idr. (2020). Klangsteine. Vom Stein zum Klang zum Menschen – eine Standortbestimmung. 143 pp.

4. Golež, M. (2018a). Revitalised geotourism mining heritage potentials in the Posavje Folds. V: Rybár, P. (ur.), *Acta Geoturistica* 9(2). Košice: Tehnična univerza v Košicah, 35–41.

5. Golež, M. idr. (2018b). Znanstveno-umetniški potenciali rudnika Sitarjevec. V: Zarnik, B. idr. (ur.), *Rudnik Sitarjevec skriti zaklad: I. strokovni simpozij o rudniku Sitarjevec in srečanje rudarskih mest*. Litija: Občina Litija, 44–46.

6. Herlec, U. idr. (2006). Minerali žilnih rudišč v Posavskih gubah in rudnika Sitarjevec pri Litiji. V: Jeršek, M. (ur.), *Mineralna bogastva Slovenije, Scopolia Supplementum*, 3. Ljubljana: 52–65.

7. Petru, S. (2008). Paleolitska umetnost: magija podobe ali podoba magije. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete, Oddelek za arheologijo.

8. Yule, P. idr. (1988). Klangsteine aus Orissa – die frühesten Musikinstrumente Indiens? Lithophones from Orissa – the earliest musical instruments in India? *Archaeologia musicalis*, 1, pp. 46–50.

9. Kolar Jurkovšek, T., Jurkovšek, B. (2002). Karbonski gozd: Karbonske plasti z rastlinskimi fosili pri Ljubljani. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije.

10. Rant, D., Golež, M. (2021). Design of a Conference Gift for the CoMS 2020/21. V: Šajna, A. idr. (ur.), *Programme and Book of Abstracts, CoMS 2020/21: Construction Materials for a Sustainable Future 2nd International Online Conference*, April 20–21, 2021, Slovenia. Ljubljana: Zavod za gradbeništvo Slovenije, 57–58.

11. Toplak, N. idr. (2020). Diversity of Bacterial Populations with Iron Oxide/Hydroxide Formations in the Abandoned Sitarjevec Mine (Slovenia). *Geomicrobiology Journal*, Taylor Francis, 164–173.

12. Richards, G. W., Raymond, C. (2000). Creative Tourism. *ATLAS News*, 23, 16–20.

13. Love, L. L., Sheldon, P. S. (1998). Souvenirs: Messengers of meaning. *Advances in Consumer Research*, 170–175. Retrieved October 22, 2021, from <http://acrwebsite.org/volumes/8149/volumes/v25/NA-25>

14. Smith, R. K., Olson, L. S. (2001). Tourist shopping activities and development of travel sophistication. *Visions in Leisure and Business*, 20(1), 23–33. Retrieved October 19, 2021, from <https://scholarworks.bgsu.edu/visions/vol20/iss1/3>.

Viri:

1. Gosar, M., Miler, M. (2019a). Pregled vplivov rudarjenja in topilništva na okolje. Ekspertiza za Litijo.

2. Gosar, M., Miler, M. (2019b). Nastanek orudenja in opis geokemičnih razmer v opuščenem rudniku. Ekspertiza za rudnik Sitarjevec.

3. Obrovnik, D., Likar, K., Kobale, K., Rožič, J. (2018). Govce.

4. Projektna naloga. V: Rožič, J., Polda, J., Drašer, G. (2019). Sitarjevec – prostorska študija. Odprti krog.

5. Zakon o ohranjanju narave (ZON). (2004). Uradni list RS, št. 96/04 – uradno prečiščeno besedilo, 61/06 – ZDru-I, 8/10 – ZSKZ-B, 46/14, 21/18 – ZNOrg, 31/18, 82/20, 3/22 – ZDeb, 105/22 – ZZNSPP in 18/23 – ZDU-IO. Dostopno na: <https://pisrs.si/pregled-Predpisa?id=ZAKO1600>.

6. Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1). (2008). Uradni list RS, št. 16/08, 123/08, 8/11 – ORZVKD39, 90/12, 111/13, 32/16, 21/18 – ZNOrg in 78/23 – ZUNPEOVE. Dostopno na: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO4144>.

Splet 1: <https://www.bing.com/images/search?q=rudnik+diamantov+mir+rusija>.

Splet 2: <https://pixelizam.com/bingham-canyon-rudnik>.

Splet 3: <https://ec.europa.eu/stories/european-green-deal>.

Splet 4: <https://www.unesco.org/en/sustainable-development>.

Splet 5: https://new-european-bauhaus.europa.eu/about/about-initiative_en.

Splet 6: https://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_tourism.

Splet 7: <https://press.un.org/en/2024/ga12590.doc.htm>.

Splet 8: https://www.dol.gov/agencies/ilab/reports/child-labor/list-of-goods-print?items_per_page=10&combine=diamonds.

Splet 9: <https://www.zollverein.de>.

Splet 10: <https://en.wikipedia.org/wiki/Salihorsk>.

Splet 11: https://en.wikipedia.org/wiki/Eden_Project.

Splet 12: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Dalhalla>.

Splet 13: <https://www.france.fr/en/article/quarries-of-light-provence/>.

Splet 14: <https://www.tivolihotels.com/en/tivoli-portopiccolo-sistiana>.

Splet 15: <https://rudniksitarjevec.si>.

2. Tekstilne tehnike v likovni ustvarjalnosti

asist. Jana Mršnik

POVZETEK

Zgodovina tekstilnih ročnih del sega v najzgodnejša obdobja zgodovine, ko so ljudje razvili tehnike za obdelavo naravnih materialov, ki so jim omogočale preživetje in kulturno izražanje. Tekstilne ročne tehnike, kot so tkanje, pletenje, vezenje ipd., so se tisočletja razvijale in pogosto povezovala z družbenim statusom. V času industrijske revolucije so ročna dela nadomestili stroji, vendar so v sodobnem času ponovno postala priljubljena zaradi trajnosti, unikatnosti, kulturne dediščine, pa tudi številnih dobrodejnih učinkov, ki jih prinaša ročno delo s tekstilom. Vedno pogostejše po njem posegajo likovni umetniki, saj jih navdihuje njegov široki izrazni potencial in specifične likovne odlike. Tekstil s svojo taktilnostjo in večplastnostjo nudi neskončne možnosti raziskovanja in izražanja. Tekstilne ročne tehnike, kot so pletenje s prsti in rokami, kvačkanje s prsti, vezenje s šivanko ali udarno iglo, strojno vezenje in taftanje, so enostavne in lahko priučljive. Nekatere so primerne tudi za delo z otroki, vse pa čudovito izrazno orodje za študentske likovne projekte.

Ključne besede: pletenje, kvačkanje, taftanje, vezenje, zračna čipka

ABSTRACT

The history of textile handcrafts dates back to the earliest periods of human history when people developed techniques for processing natural materials that enabled them to survive and express their culture. Textile hand techniques, such as weaving, knitting, embroidery, and more, have evolved over millennia and were often associated with social status. During the Industrial Revolution, handcrafts were replaced by machines, but in modern times, they have regained popularity due to sustainability, uniqueness, cultural heritage, as well as the numerous beneficial effects of manual work with textiles. Increasingly, visual artists are also turning to them, inspired by their wide expressive potential and specific artistic qualities. Textile, with its tactility and multi-layered nature, offers endless possibilities for exploration and expression. Textile hand techniques, such as finger knitting and hand knitting, finger crocheting, embroidery with a needle or punch needle, machine embroidery, and tufting, are simple and easy to learn. Some of them are also suitable for working with children, and all are wonderful expressive tools for student art projects.

Keywords: knitting, crocheting, tufting, embroidering, hand-controlled machine embroidering

1. UVOD

1.1 Zgodovinski razvoj tekstila in tekstilnih tehnik

Že v zgodnjih obdobjih so ljudje morali razviti različne tehnike za obdelavo naravnih materialov, da bi preživel in razvijali kulturo. Sčasoma so te tehnike postale pomemben del vsakdanjega življenja, obrti in umetnosti. Eden najpomembnejših gradnikov kulture je tekstil. Poleg tega, da je nudil zaščito pred vremenskimi vplivi, je bil tudi sredstvo za izražanje statusa, kulturne identitete in duhovnih prepričanj.

Najzgodnejše tkanine so bile podobne pletarjenju. Izdelane so bile iz materialov, ki so bili na voljo v določenem okolju, na primer vlaken, pridobljenih iz dreves, trav, trstičja. Najstarejše tekstilno vlakno je lan. Divjo različico lanu so v tekstilne namene začeli uporabljati že v zgodnjem paleolitiku. V neolitiku, pred približno deset tisoč leti, pa so v Mezopotamiji in ponekod po Evropi začeli pridobivati vlakna iz udomačenih rastlin (Splet 1). Uporaba bombaža in drugih vlaken se je začela pozneje, arheološke najdbe pa pričajo o tem, da so Egipčani bombaž uporabljali že pred 12.000 leti.

Najbolj znana naravna vlakna, ki se v današnjem času uporabljajo za izdelavo tekstilij, so bombaž, lan, svila, volna in druga vlakna, pridobljena iz rastlin ali živali. Z razvojem industrije so v 19. stoletju kot alternativo svili iznašli viskoso, ki je izdelana iz celuloze, pozneje pa še druga sintetična vlakna, ki niso bila narejena iz naravnih surovin. Prvo takšno vlakno je bil najlon, sledili pa so mu poliestri, akril, elastan in druga vlakna. Razvoj sintetičnih vlaken je pripomogel k velikim spremembam v tekstilni industriji, saj so omogočila večjo dostopnost, trpežnost in nizke stroške proizvodnje izdelkov. Z napredkom v tehnologijah ter zavedanjem o vplivu tekstilne industrije na okolje pa so raziskave na področju trajnostnih vlaken postale ključni dejavnik v prihodnjem razvoju (Nielson, 2007).

Tekstilne tehnike, kot so tkanje, vezenje, pletenje, kvačkanje, šivanje in druge, so se razvijale tisočletja. Predstavljale so veščine, ki so se prenašale iz roda v rod, hkrati pa so bile pomemben del vsakdanjih gospodinjskih opravil. Tekstilna ročna dela so bila od nekdaj pretežno v domeni žensk. Prestižnejše tehnike, kot so bile vezenje, izdelava čipk ipd., so nekoč pripadale plemkinjam, z naraščajočo potrebo po tovrstnih tekstilnih izdelkih pa so se v izdelavo vključili tudi nižji družbeni sloji. V času industrijske revolucije se je povpraševanje po ročno narejenih izdelkih močno zmanjšalo, izdelavo tekstilnih izdelkov pa so prevzeli stroji. Ročno delo se je ohranilo v zelo majhnem obsegu in največkrat predstavljalo prostčasno dejavnost. V sodobnem času ročna dela doživljajo ponovni razmak. Postajajo pomembna v kontekstu trajnostnosti, unikatnosti in kulturne dediščine. So simbol povezovanja z naravo in preteklostjo. Tkanje, pletenje, vezenje in druga tradicionalna tekstilna ročna dela postajajo priljubljena med posamezniki, ki iščejo osebne, etične in trajnostne alternative izdelkom množične proizvodnje (Bavcon idr., 2012 in 2014; Howard, 1978; Nielson, 2007).

V polju sodobne likovne umetnosti tekstil doživlja razcvet. Nekoč razumljen kot material, ki ni sposoben posredovanja umetniške misli, je danes redno prisoten v umetniških galerijah. Številne umetnike navdihuje njegov široki izrazni potencial in specifične lastnosti, kot so gibljivost, lahкотnost, fluidnost in taktilnost. Tekstil je postal umetniški medij, enakovreden drugim likovnim zvrstem, kot so slikarstvo, kiparstvo ipd.

2. TEKSTILNA ROČNA DELA

Tekstilna ročna dela so tisočletja stara veščina. Poleg umskih in ročnih spretnosti vključujejo ustvarjalnost, natančnost, potrpežljivost in vztrajnost. Delo z rokami je počasna, intimna dejavnost, pri kateri so v nenehni povezavi človekova glava, roke in srce (Bavcon idr., 2012). Tekstilno ročno delo je obojerno in vključuje številne čute, kot so tip, vid, prostorski občutek in občutek za ritem. Pri delu z rokami se povežemo z materialom, z nastajajočim izdelkom pa vzpostavimo osebni odnos. Spoštovanje materiala, njegovega izvora, vloženega dela in končnega izdelka so pomembni koraki k osebni odgovornosti do okolja (Bavcon idr., 2014).

Raziskave so pokazale, da imajo tekstilna ročna dela številne dobrodejne učinke na človeka. So učinkovita terapija proti stresu. S svojo ritmičnostjo, ponavljanjem, monotonostjo in taktilnostjo sproščajo, pomirjajo in ustvarjajo stanja, podobna meditaciji. Med pletenjem in izvajanjem drugih tekstilnih tehnik nastaja sprostitveni odziv, ki je merljivo stanje in prinaša umirjenost, znižanje krvnega tlaka, srčnega utripa, presnove, dihanja, napetosti mišic ter upočasnjeno možgansko delovanje. Tekstilna ročna dela imajo povezovalni učinek in so odlična za delo v skupinah. Pričarajo nam tudi občutek domačnosti (Bavcon idr., 2012 in 2014).

2.1 Tekstilne ročne tehnike

Vse tekstilne tehnike, ki smo jih izbrali za delavnico in pripravo gradiva, so osnovane na uporabi tekstilne niti, in sicer pretežno za izdelavo enonitnih sistemov (v nasprotju s tkanjem, kjer je v ospredju preplet več sistemov niti). Tehnike so lahko priučljive, enostavne, hitre in imajo široko uporabnost. Z njimi lahko izdelamo različne izdelke, od dekorativnih hišnih tekstilij do umetniških objektov in prostorskih instalacij. Večina predstavljenih tehnik je primerna tudi za delo z otroki.



Slika 1: tehnika kvačkanja s prsti, fotografija: Jana Mršnik, 2024

PLETENJE S PRSTI

V sodobnem času je vse priljubljenejše pletenje, pri katerem pletilk ne potrebujemo, saj jih nadomestijo prsti. Tehnika je enostavna in lahko priučljiva. Ker pletemo samo s štirimi prsti, je tovrstno ročno delo primerno za izdelovanje ožjih trakov. Za pletenje s prsti so primerni številni materiali in preje. Sami pa smo uporabili trakove, ki so odpadki pri proizvodnji pletiv. Trak je zaradi vrste materiala in vsebnosti elastana prožen, kar je olajšalo pletenje. Na sliki 4 je prikazan postopek pletenja s prsti, za boljši prikaz in razumevanje tehnike pa je na voljo video posnetek: <https://youtu.be/LFhsDa3DUI4>.

1. Prsti od kazalca do mezinca so naše pletilke. Nit ovijemo med prste v obe smeri in nasnujemo prvo vrstico petelj.

2. Postopek ponovimo, da dobimo na vsakem prstu dve petlji.

3. Začnemo z zapletanjem zank. Spodnjo petljo na vsakem prstu povlečemo čez zgornjo. Pazimo, da zank ne zategujemo preveč. Ko zapletemo vse zanke, nadaljujemo s snovanjem petelj.

4. Vedno moramo imeti na vsakem prstu po dve petlji, ki ju v nadaljevanju zapletemo v zanko tako, da spodnjo petljo povlečemo čez zgornjo.

5. Na hrbtni strani dlani nam nastaja pletivo. S pletenjem nadaljujemo do želene dolžine pletiva.

6. Začnemo s snemanjem zank. Zanko z mezinca prenesemo na prstanec in spodnjo zanko povlečemo čez zgornjo.

7. Enako naredimo še na preostalih prstih. Nato nam ostane zanka na kazalcu.

8. Odrežemo nit in jo povlečemo skozi zadnjo zanko.

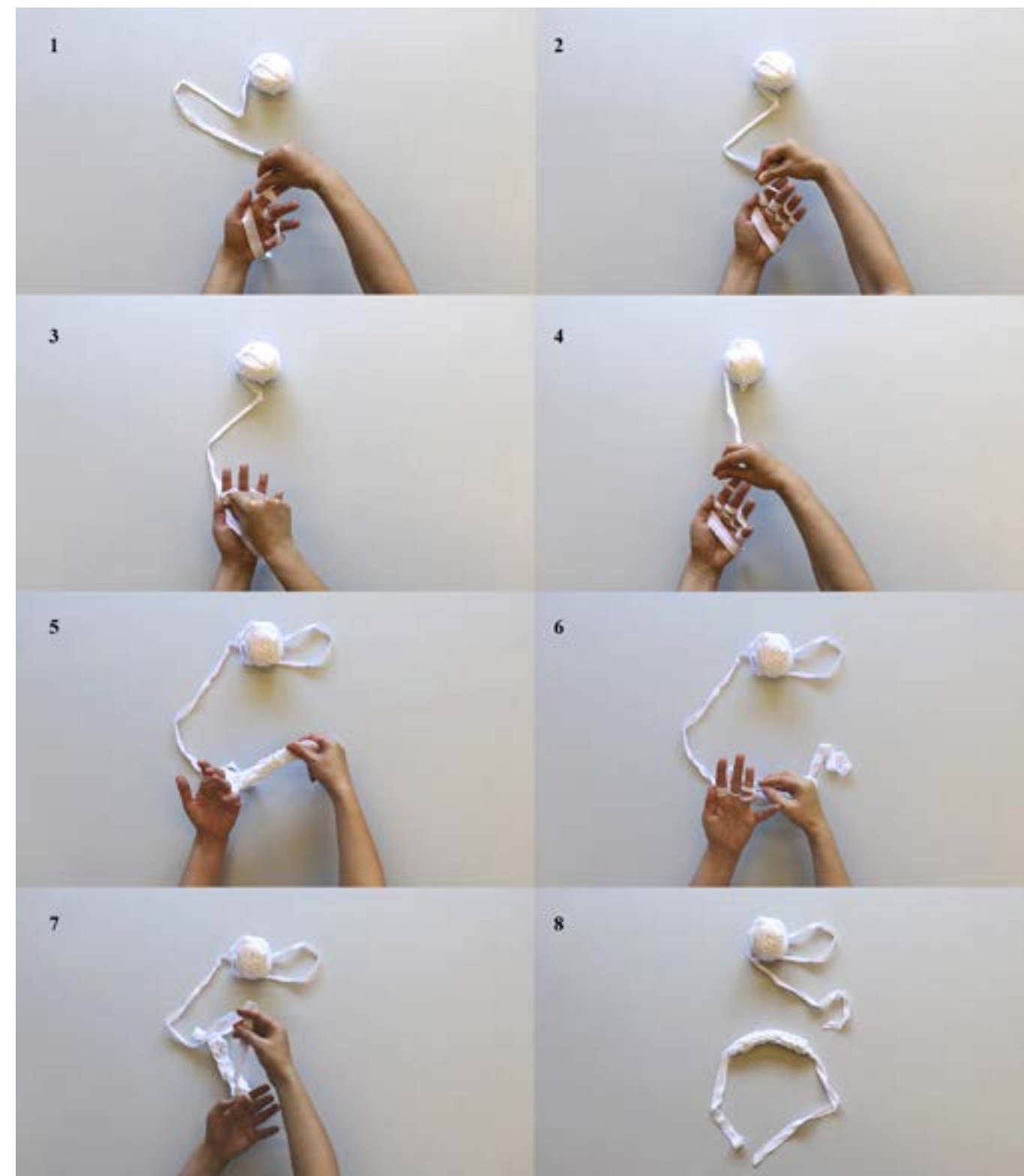
Naslednji fotografiji prikazujeta izdelek študentke, ki je nastal na delavnici Degradirana okolja in likovna umetnost – poletna šola za študente. Izdelki so bili razstavljeni septembra 2024 na istoimenski razstavi v avli Pedagoške fakultete UL.



Slika 2: Izdelek študentke Klare Grgetić, detajl, fotografija: Jana Mršnik, 2024



Slika 3: Izdelek študentke Klare Grgetić, detajl, fotografija: Jana Mršnik, 2024



Slika 4: Postopek pletenja s prsti, Fotografija: Jana Mršnik, Zala Simčič, 2025

PLETENJE Z ROKAMI

V nasprotju s pletenjem s prsti, ki je primerno za izdelavo ožjih trakov, je pletenje z rokami namenjeno izdelovanju ohlapnega pletiva večjih dimenzij. Namesto pletilk uporabimo svoje podlakti. Tehnika je enostavna in hitrejša od običajnega pletenja s pletilkami. Primerni so različni materiali, od debeline niti pa je med drugim odvisna odprtost zank. Uporabimo lahko eno samo ali snop več niti, odvisno od tega, kako gosto in debelo pletivo želimo ustvariti. Na roki lahko nosimo veliko nasnutih petelj in zank, zato lahko napletemo tudi dimenzije, primerne za posteljna pregrinjala, večje paravane ipd.

Sami smo ponovno uporabili trak iz elastičnega pletiva. Obseg podlakti do neke mere določa velikost zank, ki jih z zategovanjem lahko prilagajamo. Nastalo pletivo je zelo odprto in ohlapno, zato ga je možno na številne načine preoblikovati. V nadaljevanju slika 5 prikazuje posamezne korake pletenja z rokami, za nazornejši prikaz pa je na voljo video posnetek: <https://youtu.be/kY68BPzeztI>.

1. Začetek niti zapletemo v začetno zanko in jo prenese-mo na zapestje leve roke. Zanko zategnemo do te mere, da pustimo nekaj prostora za snovanje petelj.

2. Petljo oblikujemo z desno roko tako, da prekržamo nit in jo prenese-mo na levo podlaket.

3. Nasnujemo toliko petelj, kolikor široko pletivo želimo naplesti. Pri tem moramo upoštevati, da širina nasnutih petelj ni pravi pokazatelj širine končnega pletiva, slednje bo namreč širše.

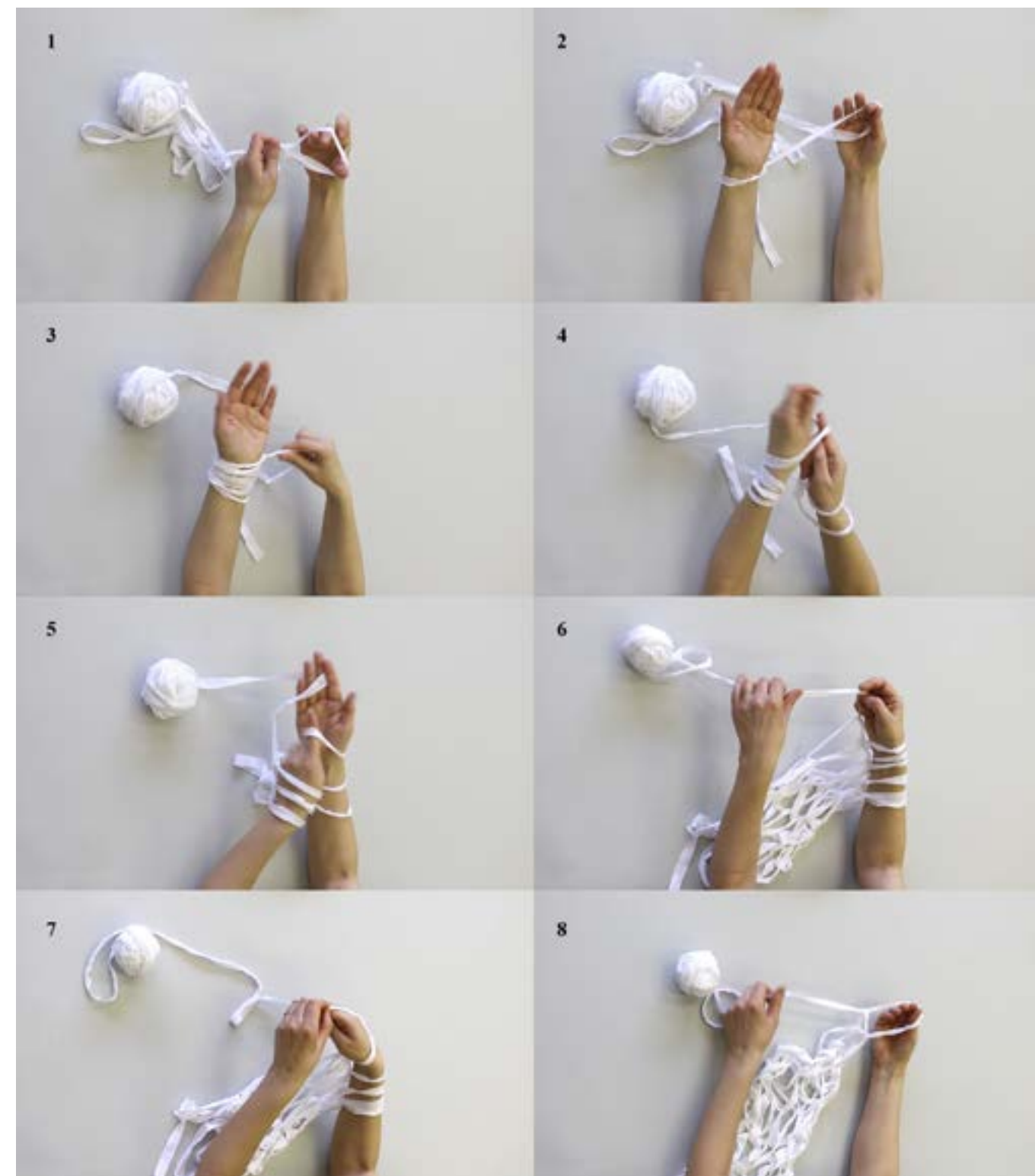
4. Z desno roko začnemo plesti. Z dlanjo skozi prvo petljo zajamemo nit in jo zapletemo v zanko; nit pridržimo s prsti leve roke. Enako naredimo s preostalimi petljami. Petlje na levi roki postajajo zanke na desni roki. Zankam sproti prilagajamo velikost. Na desni roki imamo prvo pleteno vrsto.

5. Pletenje nadaljujemo z levo roko. Pri zapletanju zank nastajajoče pletivo prehaja z ene roke na drugo.

6. Ko napletemo želeno dolžino pletiva, začnemo z zaključevanjem oz. snemanjem zank. Upoštevajmo, da snemanje zank nekoliko prispeva k dolžini pletiva, saj je treba vse zanke zaplesti z nitjo.

7. Drugo zanko v vrsti povlečemo čez prvo. Z desno roko pridržimo nit in jo prepletemo z zadnjo zanko. Enako naredimo s preostalimi zankami. Prikazan postopek zaključevanja pletenja je le eden od možnih, odvisno od strukture zaključka, ki ga želimo doseči.

8. Na roki nam nato ostane ena zanka. Odrežemo nit in jo povlečemo skoznjo.



Slika 5: Postopek pletenja z rokami, fotografija: Jana Mršnik, Zala Simčič, 2025

KVAČKANJE S PRSTI

Tudi kvačkanje je način izdelovanja tekstilnih površin, pri katerih se za prepletanje zank uporablja ena nit. Ime izhaja iz angleškega izraza *crochet*, kar pomeni 'kavelj'. Tudi ta tehnika temelji na snovanju petelj, ki se v nadaljevanju zapletejo v zanke (Bavcon idr., 2012; Splet 2). V nasprotju s pletenjem imamo pri kvačkanju vedno eno samo zanko, ki z vsakim prepletom petlje ustvari zaključni element. Nastala tekstilna tvorba – kvačkani – na je bistveno kompaktnjša, dimenzijsko stabilnejša od pletiva in manj prožna.

Kvačkanje je tehnika, ki se pretežno izvaja ročno. Strojev za kvačkanje je zelo malo. Ti so večinoma namenjeni enostavnim tehnikam. Orodje za kvačkanje se imenuje kvačka, ki pa jo lahko pri enostavnejših tehnikah in ustreznih nitih nadomestimo s svojim kazalcem.

Trak iz prožnega pletiva, ki smo ga uporabili, je za kvačkanje s prsti zelo hvaležen material. Zaradi kompaktnosti in slabe prožnosti kvačkanine je mehka in elastična nit še posebej primerna. V nadaljevanju slika 8 prikazuje posamezne korake kvačkanja s prsti. Lahko pa si ogledate video posnetek, ki nazorno prikazuje celoten postopek kvačkanja: <https://youtu.be/GzHEl-30fZAI>.

1. Začetek niti ovijemo okrog palca in kazalca ter oblikujemo osmico.
2. S kazalcem druge roke povlečemo nit s kazalcem prve roke skozi petljo na palcu in jo zapletemo v začetno zanko. Zanka ne sme biti pretesna. Pustimo prostora približno za pol prsta, pri neprožnih materialih pa za en prst.
3. Začnemo s kvačkanjem verižice iz verižnih petelj. Skozi zanko s palcem in kazalcem povlečemo nit in naredimo novo petljo. Naslanjamo toliko petelj, kolikor dolga bo verižica. Dolžina verižice predstavlja širino kvačkanega kosa. Posamezni členi verižice predstavljajo petlje, skozi katere bomo kvačkali.
4. Poiščemo prvo petljo. Pri tem se izognemo zakvačkanemu delu zanke.
5. Skozi prvo petljo povlečemo nit. Na kazalcu dobimo dve petlji, skozi kateri ponovno povlečemo nit in zapletemo zanko. Nadaljujemo postopek, pri čemer se pri

zapletanju zank vedno izognemo niti, ki pripada zadnji zanki. S kvačkanjem nadaljujemo do zadnje petlje na verižici.

6. Nakvačkali smo prvo vrstico. Na zgornjem robu vidimo petlje, sestavljene iz dveh niti. Struktura spominja na kitko. Preden začnemo kvačkati naslednjo vrstico, naredimo dodatno verižno petljo.

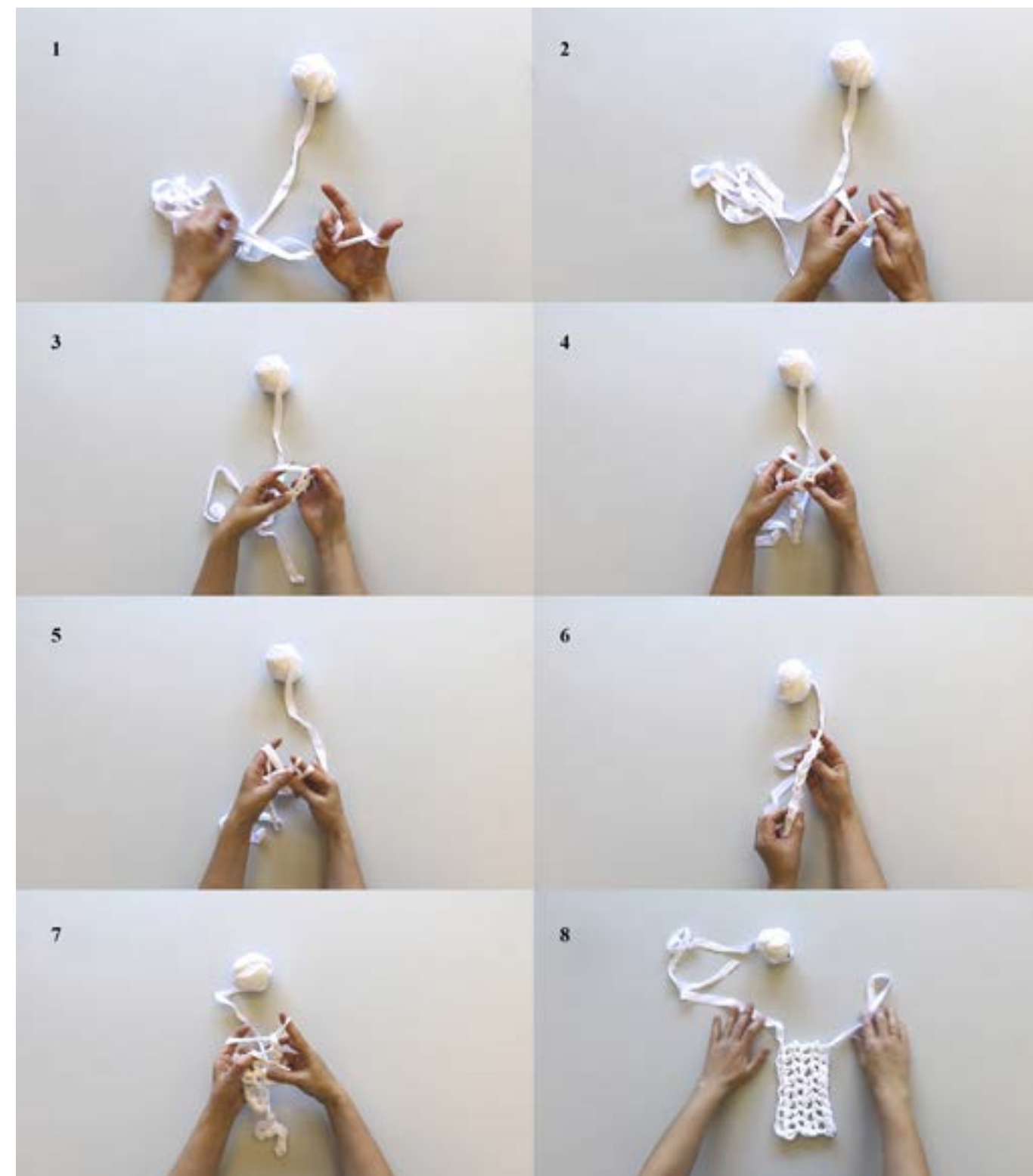
7. Poiščemo prvo petljo za kvačkanje, pri čemer se izognemo niti, ki pripada zadnji petlji. Postopek nadaljujemo do konca vrstice. Pri kvačkanju pazimo, da pri naslednji petlji izpustimo odprtino, ki jo ustvarja zadnja zanka. Ko zaključimo novo vrstico, ponovno naredimo dodatno verižno petljo in nadaljujemo s kvačkanjem.
8. Ko nakvačkamo želeno višino kosa, odrežemo nit in jo povlečemo skozi zadnjo zanko.

Slika 6 in 7 prikazujeta izdelka študentk, ki sta nastala na delavnici Degradirana okolja in likovna umetnost – poletna šola za študente. Izdelki so bili razstavljeni septembra 2024 na istoimenski razstavi v avli Pedagoške fakultete UL



Slika 6: Izdelek študentke Vite Čepič, detajl, fotografija: Jana Mršnik, 2024

Slika 7: Izdelek študentke Mance Semprimožnik, fotografija: Jana Mršnik, 2024



Slika 8: Postopek kvačkanja s prsti, fotografija: Jana Mršnik, Zala Simčič, 2025

IZDELAVA PREJE IZ MAJICE

Prejo za kvačkanje ali pletenje z rokami si lahko izdelamo tudi sami. Izdelava preje iz različnih kosov tekstila je priljubljen, hiter in enostaven način recikliranja oz. nadcikliranja materialov, med najbolj razširjenimi pa je uporaba odpadnih majic. Izdelane so namreč iz pletiv, ki so prožni tekstilni materiali, dobrodošla pa je vsebnost elastana. Slednja namreč dodatno prispeva h kakovosti in obstojnosti izdelane preje, ki jo pridobimo tako, da izdelek razrežemo na trakove.

Preja iz odpadlih majic je primerna za izdelavo številnih izdelkov, od uporabnih oblačilnih kosov do dekorativnih tekstilij za dom, ter uporabna za različne tehnike, pri katerih potrebujemo nit, od tkanja, pletenja do makrameja ipd. Pri izdelavi je zelo malo odpadka, saj lahko za razrez uporabimo skoraj celotno majico. Sami smo uporabili moško majico iz bombažnega pletiva z vsebnostjo elastana. Razrezali smo samo spodnji del majice. Po enakem postopku lahko razrežemo tudi rokave in del z vratnim izrezom. V nadaljevanju slika 9 prikazuje postopek rezanja po korakih.

1. Pripravimo majico in ostre škarje. Majico po potrebi zlikamo. Raztegnjeno položimo na podlago.

2. Odrežemo del majice z rokavi. Režemo tik pod obojima šivoma. Odparamo ali odrežemo spodnji rob.

3. Spodnji del majice poravnamo in prepognemo tako, da je eden od stranskih šivov nekaj centimetrov oddaljen od drugega. Dobro poravnamo in zgladimo morebitne gube.

4. Določimo širino trakov. Odločili smo se za širino 2 cm. Pri debelejših ali kompaktnejših materialih bi se lahko odločili za ožje trakove.

5. Začnemo z rezanjem. Zarežemo v spodnji rob in režemo proti vrhu. Prerežemo prvi šiv. Zarežemo še toliko, da se ustavimo nekaj centimetrov pred drugim šivom. Režemo čim bolj enakomerno široke trakove.

6. Razpremo razrezani kos in se lotimo rezanja dela, ki je ostal ob drugem šivu. Režemo diagonalno. Začnemo na skrajnem robu in zarezemo v smeri zareze naslednjega traku. Enako ponovimo pri drugih zarezah. Na ta način nastaja neprekinjen trak.

7. Začnemo z oblikovanjem preje. Trak primemo med dlani in ga rahlo raztegujemo po vsej dolžini. Vidimo, da se trak začne zvijati navznoter in spominjati na prejo. Ko dosežemo dele s šivi, pazimo, da jih ne strgamo. Če se pretrgajo, jih zvežemo s preprostimi vozli.

8. Nastalo prejo zvijemo v klobčič.

Za lažje razumevanje postopka izdelave preje iz majic si oglejte video posnetek na <https://youtu.be/LuxRQW7XMB4>.



Slika 9: Postopek izdelave preje iz majice, fotografija: Jana Mršnik, Zala Simčič, 2025

VEZENJE

Vezenje je starodaven način vzorčenja tekstilnih in drugih materialov z uporabo igle, s pomočjo katere na površino nanašamo nit. Tehnika sega daleč v zgodovino (egipčanska, perzijska in kitajska kultura) in sovпада z začetkom uporabe šivov za oblačila. Nekoč je bilo vezenje namenjeno okraševanju oblačil višjih slojev. Vezena je bila element prestiža, bogato okrašeni kostumi in hišni tekstil pa znak moči in bogastva (Bavcon idr., 2012; Howard, 1978).

Vezenje v današnjem času lahko poteka strojno ali ročno, v obeh primerih pa obstajajo številne tehnike, načini, pristopi in možnosti apliciranja. V nasprotju s pletenjem in kvačkanjem, kjer tekstilna površina nastaja neposredno iz niti, potrebujemo pri vezenju vezilno osnovo. Odvisno od namena, lahko izberemo tkanino, pletivo ali netkano tekstilijo. Primerni so številni materiali z ustrezno strukturo, ki je igla ne poškoduje ali uniči.

Tehnike vezenja večinoma povezujemo s tradicionalnimi elementi, kot so križni, verižni in podobni vbodi, največkrat vezeni po vnaprej pripravljeni slikovni predlogi. V času, ko tekstil vedno bolj vstopa v polje sodobne umetnosti, pa se vezena lahko uporablja kot linijski gradnik neke spontane, tudi abstraktne likovne kompozicije. Vezena linija ima podoben vizualni učinek kot narisana črta, zato pri vezenini lahko govorimo o tekstilni risbi (Hedley, 2010).

Sami smo tako uporabili orodja, načine in tehnike, ki so enostavno priučljivi in se pri uporabi lahko svobodno interpretirajo.

Ročno vezenje s šivanko

Ročno vezenje s šivanko je najosnovnejša in najenostavnejša od vseh vezilnih tehnik. Za delo potrebujemo šivanko za ročno šivanje ali vezenje, nit, vezilno osnovo in škarjice. Uporabimo lahko tudi vezilni obroč, ki tkanino ves čas vezenja ohranja primerno napeto, vendar smo v našem primeru vezli brez obroča.

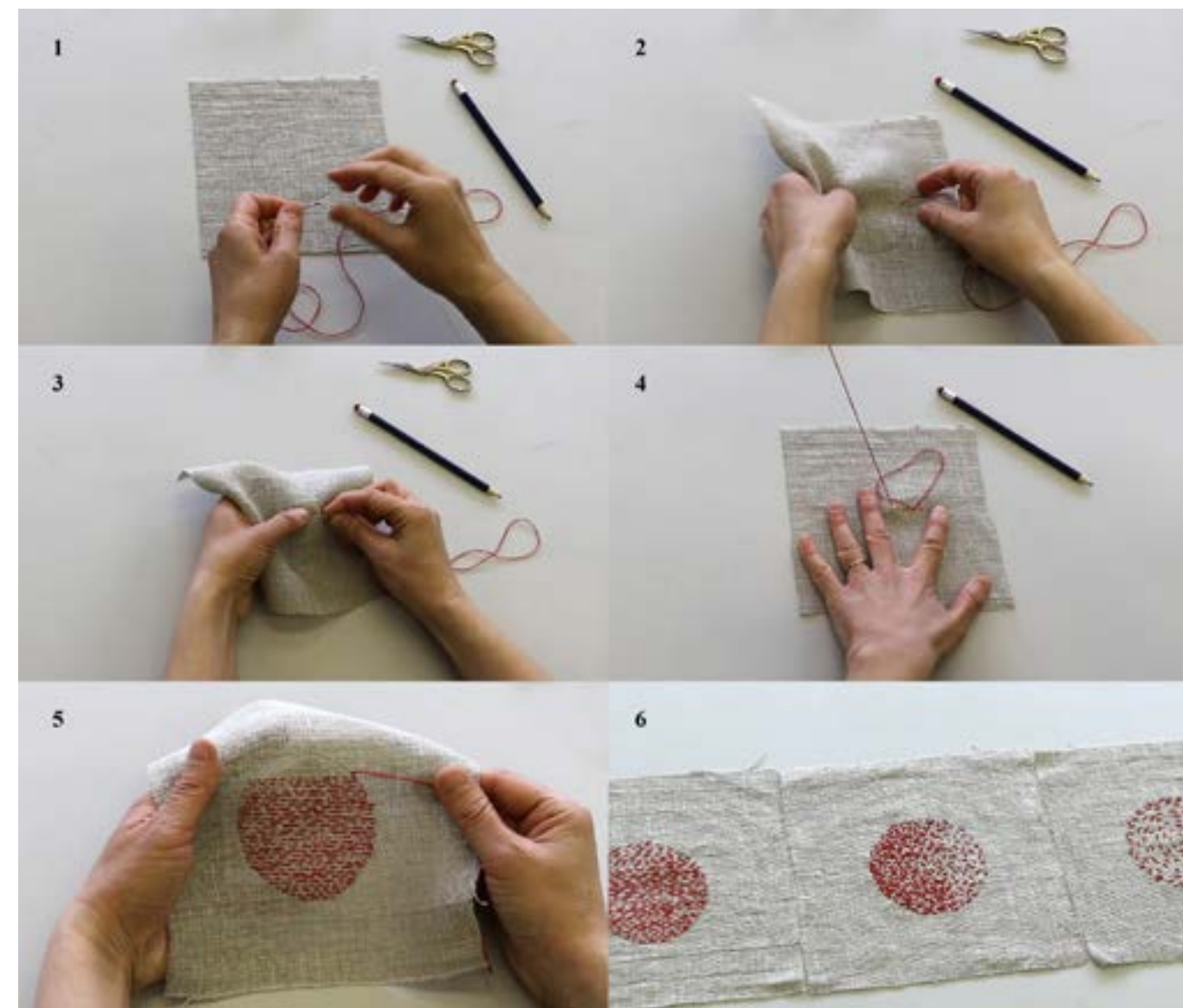
Za vezilno osnovo smo uporabili laneno platno, za nit pa navaden sukanec za šivanje. Vezli smo z navadno šivanko, uporabili pa zelo enostaven vbod, ki ga imenujemo tudi naudarni vbod. S tem načinom vezenja dobimo prekinjene linije.

Na sliki 10 so razvidni posamezni koraki ročnega vezenja s šivanko.

1. Nit vdenemo skozi uho šivanke. Naredimo zaščitni voz. Ker želimo izvesti krog, smo si s svinčnikom rahlo začrtali obliko.
2. Šivanko vbodemo s hrbtni strani platna, nit pa izvlečemo na lično stran.
3. Začnemo z vezenjem. Šivanko vbodemo tako daleč od izhodišča, kolikor dolg začetni šiv želimo ustvariti. Izvlečemo jo tako daleč, kolikor dolg bo presledek med obema vbodoma oz. kolikor dolga bo prekinitev linije.
4. Nadaljujemo s poljubnimi dolžinami vbodov oz. presledkov. Odločili smo se, da bodo presledki zelo majhni.
5. Krog bomo popolnoma zapolnili z vezeno teksturo. Smeri vezenja so lahko poljubne.
6. Lahko vezemo v krogih, linijah ali pa ustvarimo 'neurejeno' površino, ki bo spominjala na potresena riževa zrna.

Za lažje razumevanje in podrobnejši prikaz tehnike ročnega vezenja s šivanko si oglejte video posnetek na <https://youtu.be/3SRaSkpXBDY>.

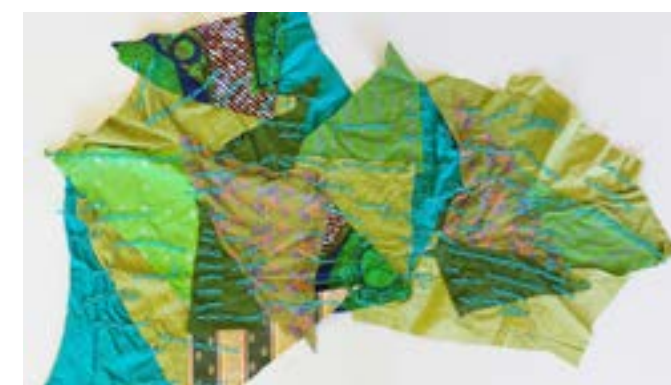
Slika 11 in 12 prikazujeta tekstilni kolaž študentke Klare Grgetić. Za vezenje je uporabila verižni vbod. Tekstilija je nastala pri projektu Degradirana okolja in likovna umetnost – poletna šola za študente. Razstavljena je bila septembra 2024 na istoimenski razstavi v avli Pedagoške fakultete UL.



Slika 10: Postopek ročnega vezenja s šivanko, fotografija: Jana Mršnik, Zala Simčič, 2025



Slika 11: Izdelek študentke Klare Grgetić, detajl, fotografija: Jana Mršnik, 2025



Slika 12: Izdelek študentke Klare Grgetić, fotografija: Jana Mršnik, 2025

ROČNO VEZENJE Z UDARNO IGLO

Naslednja vezilna tehnika je vezenje z udarno iglo (angl. needle punch). Z njo prebadamo tekstilno osnovo in vanjo vnesemo nit. Ustvarjamo zankasto površino, ki spominja na preprogo. S kombinacijo različnih materialov in prilagajanjem dolžine vbodov lahko ustvarimo različne učinke, od ploskovnih do reliefnih. Tehnika je primerna za izdelavo izdelkov manjših dimenzij.

Za vezilno osnovo smo uporabili laneno platno, za nit pa bombažno pletilno prejo. Obvezen pripomoček je vezilni obroč, potrebujemo pa tudi škarjice. Za tehniko so primerne različne niti. Pomembno je primerno trenje med nitjo in podlago, da zadrži zanko.

Slika 15 prikazuje postopek vezenja z udarno iglo. Tudi za to tehniko smo pripravili video posnetek, v katerem je postopek prikazan v celoti: <https://youtu.be/inRj-02funr0>.

1. Pripravimo vezilno osnovo. S svinčnikom začrtamo zeleno obliko. Vezilno osnovo vpnemo v vezilni obroč in pazimo, da je dobro napeta. Slabo napeta osnova povzroči, da zanke ne bodo enakomerne. Za začetek vijak na obroču samo rahlo privijemo, da lahko osnovo z vseh strani dodatno napnemo. Vijak dokončno privijemo in zatesnimo, ko smo prepričani, da je osnova dobro napeta.

2. Pripravimo vezilno iglo in vanjo s pomočjo posebne kvačke vdenemo nit. Nit povlečemo še skozi luknjico na očesu igle. Začnemo z vezenjem. Nit vezemo neposredno s klobke, ne da bi jo pri tem odrezali, kot smo to naredili v primeru vezenja s šivanko. Nit med iglo in klobko ne sme biti napeta in ne sme vsebovati vozlov.

3. Zapičimo iglo v podlago in jo izvlečemo. Očesce igle je pri tem obrnjeno naprej. Iglo vedno zapičimo do ročaja. Pred vsakim naslednjim vbodom izvlečemo čim manjšo dolžino niti. Šivi morajo biti ravni in popolnoma položni.

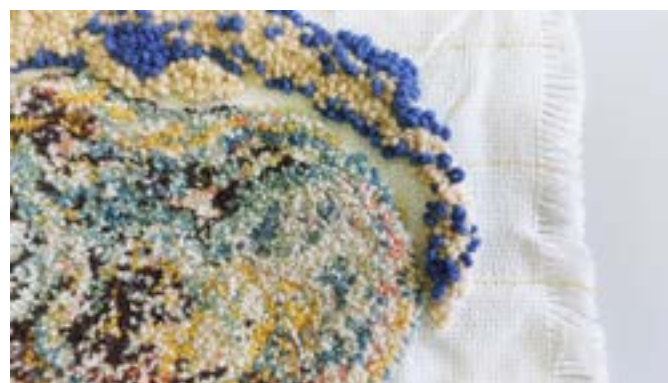
4. Vezemo lahko v različne smeri, odvisno od učinka, ki ga želimo doseči. Pri tem pazimo, da iglo vedno

obračamo v smeri vezenja, torej z očescem naprej. 5. Kadarkoli želimo, lahko zamenjamo barvo ali debelino preje in igle, pri čemer moramo paziti, da debelina igle ustreza strukturi vezilne osnove. Tkanina mora zadržati nit, igla pa podlage ne sme poškodovati.

6. Na hrbtni strani smo ustvarili zankasto površino.

Ko zaključimo z vezenjem, odstranimo obroč. Izdelek lahko izrežemo, pri čemer naj nekaj materiala ostane za robljenje. Za lepši zaključek izdelka lahko hrbtni del prekrijemo s polstjo ali drugim primernim materialom.

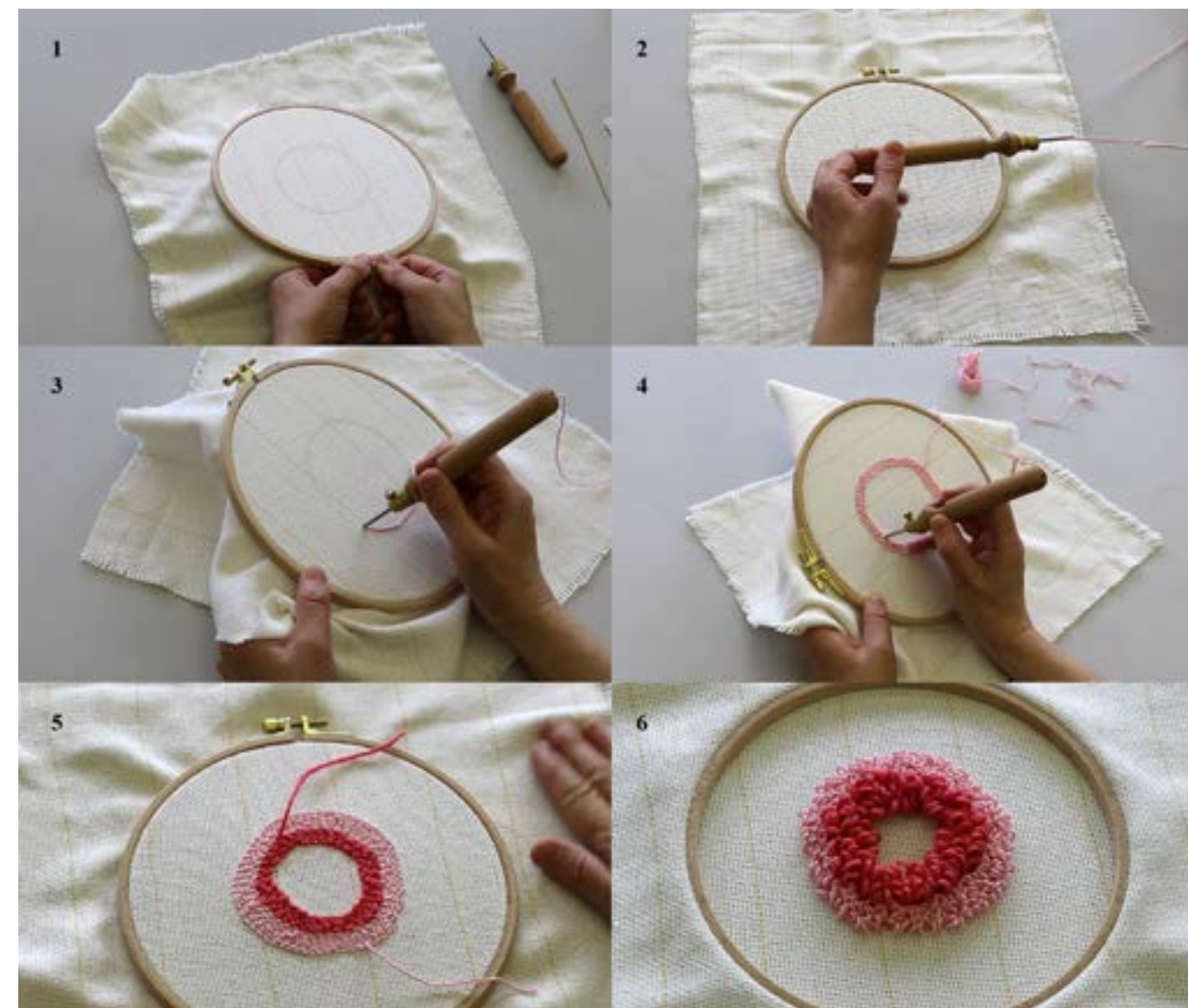
Slika 13 in 14 prikazujeta izdelek študentke Sanje Stiković, ki je uporabila tehniko vezenja z udarno iglo. Osnovni material je bila tkanina za taftanje, za vezenje pa je bila uporabljena večbarvna tekstilna nit. Izdelek je nastal na delavnici Degradirana okolja in likovna umetnost – poletna šola za študente septembra 2024.



Slika 13: Izdelek študentke Sanje Stiković, detajl, fotografija: Jana Mršnik, 2025



Slika 14: Izdelek študentke Sanje Stiković, detajl, fotografija: Jana Mršnik, 2025



Slika 15: Postopek ročnega vezenja z udarno iglo, fotografija: Jana Mršnik, Zala Simčič, 2025

TAFTANJE

Taftanje je tehnika izdelovanja tekstilnih izdelkov, pri kateri s pomočjo posebnega orodja (pištola za taftanje) s prebadanjem vstavljamo prejo v tekstilno podlago in tvorimo zankasto ali lasasto površino (Nielson, 2007; Splet 4). Po načinu vstavljanja preje v podlago ta tehnika spominja na vezenje z udarno iglo, vendar je primerna za večje dimenzije izdelkov. Preje so lahko narejene prav za namene taftanja, uporabne pa so tudi preje za pletenje in druge, ki imajo ustrezno vitje in dobro trenje s podlago. Ta mora imeti veliko prebodno in pretržno trdnost. Najprimernejše so tkanine, izdelane v panama vezavi in večinoma v mešanici bombaža in poliestra, uporabne pa so tudi močnejše tkane jute, ki niso poobdelane. Tkanina ne sme vsebovati elastana in ne sme biti prožna.

Taftanje poteka v treh korakih: taftanje, lepljenje ter zaključevanje. Za izvedbo potrebujemo okvir, na katerega vpnemo tekstilno podlago. Obstajajo že vnaprej pripravljeni leseni ali kovinski okvirji z žebliji, na katere vpnemo tkanino, uporabni pa so tudi druge vrste okvirji, ki jih lahko kupimo ali naredimo sami. Sami smo uporabili lesene okvirje, tkanino pa smo nanje pritrdili s kovinskimi sponkami. Okvir z napeto tkanino smo z mizarškimi sponami pritrdili na nosilno konstrukcijo. Za taftanje smo uporabili volneno prejo za pletenje.

Naslednja navodila opisujejo postopek taftanja, ki je delno prikazan na fotografiji 17.

1. Tkanino s kovinskimi sponkami močno napnemo na okvir. Okvir z napeto tkanino pritrdimo na nosilno konstrukcijo.

2. Pred začetkom taftanja temeljito pregledamo pištolo in z nje očistimo morebitne ostanke prej ali vlaken. Po potrebi jo naoljimo. Zadostuje nekaj kapljic. Uporabimo olje za šivalne stroje, pri čemer upoštevamo priložena navodila. Po oljenju ročno zavrtno kolut, saj s tem olje enakomerno porazdelimo po mehanizmu. Po potrebi uporabimo krpico za brisanje.

3. V pištolo vdenemo nit; za lažje vdevanje uporabimo pomožno orodje, ki je priloženo pištoli. Nit vdenemo tako, da nekaj preje visi s konca igle. Nastavimo primerno hitrost na pištoli. Za začetek nastavimo manjšo

hitrost, ki jo bomo pozneje povečali.

4. Začnemo s taftanjem. Konico orodja močno pritisnemo ob tkanino. Konica igle mora biti med taftanjem vedno vdeta popolnoma v tkanino.

5. Prednja stran tkanine predstavlja hrbtno stran izdelka; taftamo s hrbtne strani. Pištolo vedno obračamo v smeri taftanja. Taftamo od spodaj navzgor ali v vodoravni smeri. Na hrbtni strani nastajajo položni vbodi, na prednji strani pa se pojavljajo reliefne teksture.

6. Ko zaključimo vse linije in zapolnimo površine, moramo zaščititi izdelek pred paranjem. Hrbtno stran premažemo z lepilom, ki ga enakomerno nanesemo po celotni površini taftanja. Pustimo najmanj 12 ur, da se lepilo dobro posuši. Odstranimo izdelek z okvirja in ga zarobimo. Nato lahko hrbtno stran prekrijemo z zaščitno prevleko, da zakrijemo z lepilom premazano površino. Uporabimo lahko različne gume ali netkane tekstilije, kakršna je volnena ali sintetična polst.

Postopek taftanja si lahko ogledate na <https://youtu.be/83smHrNsyFc>.

Slika 16 prikazuje končni izdelek študentke Sanje Stiković, kjer proces nastajanja prikazujeta fotografija in videoposnetek. Izdelek je nastal na delavnici Degradirana okolja in likovna umetnost – poletna šola za študente. Študentka je uporabila kombinacijo tehnike taftanja in vezenja z udarno iglo. Izdelek je bil razstavljen septembra 2024 na istoimenski razstavi v avli Pedagoške fakultete UL.



Slika 16: Izdelek študentke Sanje Stiković, detajl, fotografija: Jana Mršnik, 2024



Slika 17: Postopek taftanja, fotografija: Jana Mršnik, Zala Simčič, 2025

VEZENJE S ŠIVALNIM STROJEM – IZDELAVA ZRAČNE ČIPKE

Šivanje in vezenje s šivalnim strojem je v osnovi namenjeno izdelovanju natančnih in enakomernih šivov v ravnih linijah, pri čemer je možno z nastavitvami prilagajati tako širino kot dolžino specifičnih vbodov. Številni stroji lahko izvezejo vzorčaste dekorativne linije, ki se ravno tako lahko prilagajajo glede na gostoto, napetost, širino in vizualni učinek. Pa vendar so že preprosti ravni šivi uporabni za vzorčenje površin in ustvarijo zanimive linijske strukture. Z ročnim usmerjanjem šivanja je možno strojno izvesti teksture z zanimivim, risbi sorodnim videzom. Z nekaj iznajdljivosti se lahko dosežejo tudi reliefni učinki (Hedley, 2010; Howard, 1978).

Strojno vezenje je uporabno tudi za izdelavo čipk. Znana je zračna čipka, ki je priljubljena med tekstilnimi umetniki, saj omogoča številne interpretacije in inovativne pristope. Možno jo je kombinirati z drugimi tehnikami in materiali, lahko pa se tudi modelira v tridimenzionalne izdelke. Pri izdelavi zračne čipke ne vezemo na običajno tkanino. Uporabimo vodotopno vezilno osnovo, na katero izvezemo želeni motiv. Nastalo vezenino potopimo v vodo, pri čemer se osnova raztopi. Ostane samo struktura iz sukanca, ki se iz vezenine pretvori v čipko.

1. Pripravimo vezilno osnovo. Za lažje vezenje po obliki si lahko motiv narišemo s svinčnikom.

2. Pripravimo šivalni stroj. Izberemo želeno barvo sukanca in nastavitve šivanja. Za začetek smo izbrali ravni šiv dolžine vboda 2 mm, napetost niti pa smo nastavili na '8'. Napetost je lahko pri vsakem stroju in materialu drugačna, zato jo je treba vedno preizkusiti. Pomembno je, da šiv lepo teče in ne zateguje materiala, ne sme pa biti ohlapen, ker po odstranitvi osnove ne bo stabilen.

3. S šivom 'rišemo' po površini vezilne osnove, pri čemer ročno napenjamo in premikamo material.

4. Vso površino elementa zapolnimo z linijsko strukturo. Odločili smo se, da bo struktura sestavljena iz linij, ki se bodo križale v središčih krogov.

5. Med nastavitvami poiščemo 'cikcak' šiv. Širino šiva

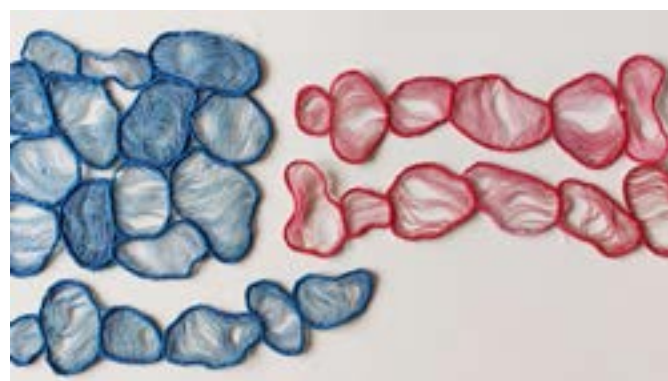
nastavimo na 4 mm, dolžino pa na 0,1 mm. Nastavljeni parametri nam bodo omogočili vezenje debelejših obrobe.

6. Izvezemo obrobo kroga. Ko jo zaključimo, še najmanj dvakrat prešijemo isto linijo, da se nam šiv po odstranitvi osnove ne bo podrl.

7. Enak postopek ponovimo še pri drugih krogih. Vse površine zapolnimo z linijskimi strukturami, ki jih nato obrobimo s cikcak šivi.

8. Vezena je zaključena. Čas je, da jo spremenimo v čipko. Pripravimo posodo z vodo in vanjo potopimo vezenino. Počakamo nekaj minut. Po potrebi vodo zamenjamo, lahko pa izdelek dodatno izpiramo s tekočo vodo. Čipko posušimo na ravni površini.

Navodila so najbolj razumljiva ob ogledu video posnetka, ki ga najdete na <https://youtu.be/imotdsYvLw>.



Slika 18 in 19: Zračne čipke Jane Mršnik, detajl, fotografija: Jana Mršnik, 2025



Slika 20: Postopek izdelave zračne čipke, fotografija: Jana Mršnik, Zala Simčič, 2025

Sliki 18 in 19 prikazujeta primer zračnih čipk Jane Mršnik. Pri čipkah sta bila uporabljena ravni in cikcak šiv, posamezni elementi čipk pa so sestavljeni iz dveh plasti. Barvi spodnjega in zgornjega sukanca se razlikujeta, kar se pozna pri končnem učinku, ki je dvobarven.

Na sliki 20 so prikazani koraki izdelave zračne čipke na gospodinjstvem šivalnem stroju. Za ogled celotnega postopka in lažje razumevanje pa je na voljo video posnetek (glej str. 42).

3. ZAKLJUČEK

Tekstilni material je večplasten ustvarjalni medij, ki ponuja neomejene možnosti za prepletanje tradicionalnega in sodobnega. Nit in vlakno kot osnovna gradnika tekstilnih izdelkov sta v osnovi abstraktna likovna elementa z veliko asociativno močjo. Slednja se lahko navezuje na številne koncepte, kot so čas, prostor, gibanje in energija. Nit lahko postane več kot material – postane nosilec sporočil in preizkuša meje med funkcionalnim in estetskim.

Ročno ustvarjanje s tekstilom ima meditativne in kontemplativne učinke in je odlična protiutež današnjim hitrim medijem. Uči nas potrpežljivosti, osredotočenosti, krepi zavedanje o sebi in nas pomirja.

Večletno pedagoško delo na področju tekstilne umetnosti in oblikovanja mi vedno znova potrjuje, kako pomemben je tekstil za razvoj različnih ustvarjalnih veščin ter za spodbujanje inovativnega razmišljanja. To je še posebej prisotno, kadar so uporabljene ročne tekstilne tehnike, ki med drugim spodbujajo introspekcijo in osebno rast. Povezovanje abstraktnih idej z materialom, kot je nit, pomaga študentom razvijati sposobnost konceptualnega mišljenja. Z zavedanjem različnih simbolnih pomenov niti lahko svojo ustvarjalnost usmerijo v raziskovanje globljih pomenov ter ustvarjanje del, ki niso le vizualno privlačna, temveč tudi intelektualno in čustveno bogata. Pri delu s tekstilom študent vstopi v večdimenzionalni svet, v katerem se sreča s številnimi likovnimi prvinami. Vstopi v interakcijo s svetlobnimi učinki, teksturami, linijami, oblikami, polnimi in praznimi prostori, ritmi ter ne nazadnje taktilnostjo materiala, ki nagovarja k temu, da se končnega izdelka dotaknemo. Prav naštete prvine omogočajo študentu, da razširi svoj miselni prostor in ga odpre za nove ideje, razmišljanja, poglede in dojemanja znotraj polja likovne ustvarjalnosti.

4. LITERATURA

1. Bavcon, T., Burger, K., Ferček, J. (2012). Razkrite roke. Oloop.
2. Bavcon, T., Burger, K., Ferček, J. (2014). Razkrite roke 2. Oloop.
3. Ferček, J., Orel, Z. (2023). Tekstilne skupnosti kot prostori moči. Priročnik BIEN. Layerjeva založba.
4. Hedley, G. (2010). Drawn to Stitch. Line, Drawing, and Mark-making in Textile Art. Interweave Press LLC.
5. Howard, C. (1978). Textile Crafts. The Herbert Press Ltd.
6. Mowery Kieffer, S. (2004). Fiberarts Design Book 4. Lark Books.
7. Nielson, K. J. (2007). Interior Textiles. Fabrics, Application & Historis Style. John Wiley & Sons, Inc.
8. Seiler-Bardinger, A. (1994). Textiles. A classification of techniques. Smithsonian Institution Press.

Splet 1: <https://www.delo.si/novice/znanoteh/zgodovina-ljudi-stkana-v-tkaninah>.

Splet 2: <https://en.wikipedia.org/wiki/Crochet>.

Splet 3: <https://en.wikipedia.org/wiki/Knitting>.

Splet 4: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tufting>.

3. Tekstil kot gradnik umetniške izjave

doc. Boris Beja

POVZETEK

Tekstil na neki način nosi v sebi arhetipskost. Lahko bi ga imenovali tudi druga koža. Ves čas je v dialogu z zavedanjem lastnega telesa, hkrati pa deluje v želji telesnega prekrivanja, varovanja in zakrivanja. Ob tej uporabni vsakdanji vlogi je prisoten praktično na vseh področjih likovne ustvarjalnosti. Na eni strani kot nosilec za ustvarjeno dvodimenzionalno podobo – v slikarstvu, risbi, pisavi, s površinsko opremo z različnimi tiskarskimi tehnikami. Po drugi strani pa nastopa kot gradnik in materija v kiparstvu, scenografiji, kostumografiji, prostorskih instalacijah in pri oblikovanju uporabnih predmetov. V sodobnem času se vključuje tudi na številna druga sodobna področja likovnega izražanja, ki jih nadgrajujejo ali dopolnjujejo nove tehnologije in sodobni mediji. Zaradi vodljivih in transformativnih karakteristik in vključenosti s preoblikovanjem in oblikovanjem je izjemno povezovalen in lahko glede na želje in potrebe ustvarjalca prehaja z enega področja na drugega.

Ključne besede: tekstilna umetnost, nit, tekstil kot objekt prezentacije, tekstilni prostori

ABSTRACT

In a way, textiles carry an archetypal quality. It could also be called a second skin. It is always in dialogue with the awareness of one's own body, but at the same time, it acts in the desire to cover, protect and conceal the body. Alongside this useful everyday role, it is present in practically all fields of artistic creativity. On the one hand, as a vehicle for two-dimensional images – created in painting, drawing and writing with surface decoration with various printing techniques. On the other hand, it acts as a building block and matter in sculpture, scenography, costume design, spatial installations and the design of applied objects. In contemporary times, it is also involved in many other contemporary fields of artistic expression, which are enhanced or complemented by new technologies and contemporary media. Its conductive and transformative characteristics and its involvement with transformation and design make it highly connective and able to move from one field to another according to the desires and needs of the creator.

Keywords: textile art, thread, textile as an object of presentation, textile spaces.

1. OD NITI DO OBDELOVALNE POVRŠINE

Med vsemi področji klasičnega likovnega snovanja je morda prav tekstilna umetnost tista, ki nas z umetno-stnozgodovinskim pregledom vsakdanje navdihuje. V svojih tisočletnih zasnovah je vedno prisotna sodobnost, saj se je ves čas odzivala na posodobitve, ki jih je v polje umetniškega izraza vpeljeval tehnološki napredek in želja posameznika s posodobljenimi izjavami, da preseže preteklost. Je torej preplet in splet tehničnega napredka in posameznikove želje po organizaciji in opleševanju vsakdanjega življenja. Na vseh kontinentih se srečujemo s specifičnimi vzorci in postopki, ki v lokalnostih iščejo razlike v oblikah, ornamentih in barvitosti uporabljenega in preoblikovanega materiala, četudi izhajajo iz enakega načina prepletanja oziroma tkanja.

S pomočjo fragmentov ohranjenih tekstilij danes sestavljamo tkano preteklost v materializirani sodobnosti, ko je nit in z njo tekstilna umetnost zavzela enakovredno mesto z vsemi drugimi likovnimi izraznimi področji in nastopa tako v dvodimenzionalnih predstavitev kot v drugih prostorskih razsežnostih. Oblikovana, preoblikovana tekstilna materija se vzpostavlja kot enakovredno področje likovne ustvarjalnosti vseh naštetih klasičnih likovnih panog, kar je posledica različnih izobraževalnih sistemov, ki obravnavajo tekstil kot možnost likovnega raziskovanja. Posledično se je na porast tekstilnih izjav odzval tudi institucionaliziran umetniški sistem, ki v razstavne projekte vključuje tekstilne nagovore in tovrstne materializirane izjave umetnikov. Po svetu se vzpostavljajo različni centri, ki negujejo tekstilno umetnost in organizirajo bienalne ali trienalne razstave, posvečene tekstilni umetnosti.

Ustvarjalni proces se ne začne s stikom svinčnika s papirjem, modelirke z glino in nožkom v grafično matrico, škarjami s platnom, čopičem z barvo. Ustvarjati začnemo že v materialnem svetu, ki nas vodi v duhovnega, v miselni svet likovne artikulacije, s katero v procesu dela preoblikujemo določeno oz. izbrano materijo in ji podamo različne možnosti interpretiranja. Na eni strani se po Butini likovna ustvarjalnost oziroma likovno mišljenje izvaja ob fizičnem stiku z materialom, po drugi strani pa nam lahko tudi material vzbudi ustvarjalne premisleke za prostorske spremembe, njegove interpretacije, preoblikovanje in oblikovanje. V tem procesu se odvijajo najrazličnejši ustvarjalni procesi, vsak ustvar-

jalec pa ima ali išče svojega. Tekstil s svojo značilno 'transformativnostjo' prehaja iz ene forme v drugo, je lahko vodljiv, prilagodljiv, glede na materialne oziroma fizikalne značilnosti pa je uporaben za različne formalne in vsebinske izjave. Omenjena arhetipskost tekstila, ki se je razvijal vzporedno z različnimi civilizacijami, nas je vodila do tega, da o tekstilu vselej razmišljamo v odnosu do telesa, saj je ta primarno ustvarjen oz. preoblikovan v oblačilo. Po drugi strani pa je ta opazovan in je v odnosu tudi do gledalca, ko se ta v obliki umetniških del predstavlja v estetski funkciji v najrazličnejših prostorih. A vse tekstilne realizacije, ki so se vzpostavljale v obliki zaves, preprog ali tapiserij, so imele svojo vlogo – tekstil nas je varoval pred pogledi drugega in nam omogočil boljše bivanjske pogoje. Tako je večinoma bil v funkciji uporabnega predmeta.

Tekstilna umetnost, ki se je razvijala vzporedno s potrebami človeštva in vzporedno tudi z razvojem poljedelskih kultur, s katerimi smo s pomočjo vlaken prišli do niti, ki jo že tisočletja prepletamo, tkemo, z njo šivamo in gradimo ali spajamo različne kose tekstila, ima tisočletno tradicijo. To nit slavno prepleta v Homerjevi Odisejadi tudi Penelopa, ki nas uči vztrajnosti, kar je eden od pogojev obstanka vsakega umetnika. Nit oz. preja je osnova samega tekstila. Tkanina nastane s pretkanimi osnovnimi nitmi in votkom, v pletenini prepletamo niti v zanke. Dodajamo jima še netkane tekstilije. Te dosegamo z vlakni, ki jih povezujemo z mehanskimi, toplotnimi ali kemijskimi postopki.

Nit kot linija nastopa v tekstilu kot aktivni likovni element, kadar govorimo o šivu in spoju različnih ploskev. S prepletanjem, sestavljanjem, povezovanjem, nalaganjem različnih tekstilnih kosov lahko oblikujemo in snujemo najrazličnejše tekstilne objekte in volumne. Tekstil primarno povezujemo z modno industrijo in oblačili, kjer je likovno področje oziroma njen rezultat podrejen funkciji in telesu, ki ga nosi oz. uporablja. Pri modnem oblikovanju so to lahko serijsko izdelani oblačilni kosi ali pa unikatno zasnovane modne kolekcije. Predvsem pa se modno oblikovanje navezuje na človeško figuro, s čimer modno oblikovanje in njegovi rezultati nosijo predznak dvojnosti. Na eni strani lahko govorimo o vsakdanjih oblačilih, po drugi pa o umetniških, ekskluzivnih modnih kosih. Dvojnost lahko poudarimo v plastičnih oblikah, ko so te oblečene ali razstavljene v prostoru. Po drugi strani pa so to ploskve, ki so postavljene v celoto iz tekstilne osnove, ki je na

voljo, da iz nje izrežemo in ukrojimo volumne, oblačila in prostorske tekstilne objekte, ki pa jih vedno lahko pospravimo in zložimo v pravokotnik ali drugo ploskovito formo.

Moda je ob arhitekturi zvrst ustvarjalnosti, ki je v socialnem okolju prisotna v vsakem organiziranem prostoru in je v najrazličnejših kontekstih včasih krivično sprejeta kot samoumevna. Pogoj modnega izražanja je tekstil, površina materiala, iz katerega ustvarjalec izrezuje ali ga predeluje v uporaben in funkcionalen predmet. Moda oblikuje družbo tako kot kreativna industrija oblikuje trende in se odziva na različne prostorsko-socialne spremembe. Pri tem pa je še vedno v ospredju osebni slog posameznika in predvsem način, kako ta nosi oziroma uporablja oblikovano oblačilo. Z njim lahko v javnem prostoru izjavljamo svoje prepričanje, smo kritični ali angažirani. Ta angažiranost pa se v sodobnem času povezuje tudi s trajnostnimi premisleki v tekstilni industriji, v katere se vključujejo različni načini recikliranja in ponovne uporabe tekstilnega materiala. Lahko bi rekli, da so prav ustvarjalci v polju tekstila med umetniki najbolj ozaveščeni o vplivih umetniške produkcije na obremenitve okolja. Zato posegajo po naravnih materialih in tehnologijah, ki so večinoma prijazne okolju.

Tekstilnemu razvoju oblačilne kulture lahko sledimo z umetnostnozgodovinskim pregledom, z različnimi umetniškimi artefakti v slikarskih oziroma dvodimenzionalnih tehnikah ali kiparskih, kjer se tekstil dopolnjuje še s tretjo prostorsko dimenzijo, ki ji je tudi močno zavezan. Vazno slikarstvo nam kaže, kako so se oblačili v Stari Grčiji, rimski imperij pa v marmorju in freskah ter mozaikih predstavlja modne vzore Rimljanov. Srednji vek je nadaljeval tradicijo Starega veka, kjer tekstil prevzame reprezentativno vlogo razslojenega prebivalstva. Fevdalni sistem je tudi s tekstilnim oblikovanjem prikazoval razlike in predvsem kapitalsko moč vladarjev. Z renesanso in barokom nam umetnostna zgodovina do današnjih dni s slikarskimi upodobitvami predstavlja pogled v zgodovino oblačenja. V slovenskem kulturnem prostoru je tekstilno zelo pripovedna freska v Crngrobu. Delo iz Sv. Nedelje, ki je nastalo v delavnici Janeza Ljubljanskega (1446–1460) med vsakdanjimi opravili tedanjega prebivalstva, ki jih na nedeljo ne bi smeli opravljati, poudarja tudi tekstil. Ta poznogotska freska namenja tekstilu veliko pozornosti. Tako v dveh pasovih lahko sledimo krojaštvu in trgovanju s tekstilom. Upodobljena sta tudi predelava volne in tkanje na statvah ter priprava lanu za prejo in tkanje. Tekstilna

umetnost se ni historično razvijala le skozi oblačilno kulturo. Človek je ob oblekah razmišljal tudi o prostorski opremi s pomočjo tekstila. Prav ta transformativnost, ki mu omogoča hitro preoblikovanje in obvladovanje velikih površin in volumnov, nas je vodila do sodobnih prostorskih rešitev, kjer lahko s tekstilom premagujemo oziroma obvladujemo velike razstavne prostore.

Možnosti predstavitve tekstilnih objektov ali prostorskih rešitev je nešteto, kot tudi načinov predelovanja in obdelovanja. Primarni orodji sta škarje oziroma rezilo (v primeru, ko uporabimo šablonsko izsekovanje) in šivanka, skozi katero je vdeta nit, ki je po eni strani namenjena kot vezivo, po drugi strani pa lahko nastopa kot dekorativna linija na površini tekstila. Ob šivanki so pomembne še kvačke in pletilke, s katerimi lahko gradimo pletene tekstilne objekte. Nit se v primeru spajanja največkrat uporablja v obliki sukanca in nam ponuja različne oblike šivov, ki tekstil povezujejo, čeprav lahko izbrane materiale spajamo tudi z različnimi lepili, sponkami, objekti (v obliki gumbov). Sukanec pa je lahko uporabljen tudi za posredovanje sporočila, ko lahko z njim vsijemo v tekstil različne vzorce, risbe, sporočila.

»Beseda tekstil izvira iz latinskega glagola *textere*, besede, ki so jo Rimljani uporabljali za pomen tkati, prepletati ali konstruirati. (Gillow, 1999) Tekstil je preplet niti, s katerimi lahko dosežemo najrazličnejše izpeljave z različnimi načini in gostotami tkanja, debelinami preje oziroma niti, z rabo umetnih ali naravnih materialov. Vsak postopek nam v raznolikosti izbire materiala ponuja drugačen rezultat in izkustvo na vizualni in taktilni ravni. V odnosu do prej omenjene človeške postave nastopa v obliki oblačila, kjer z lastnim prostorskim križem dopolnjujemo oblikovan in krojen ter preoblikovan tekstil, po drugi strani pa smo s svojim prostorskim križem tudi opazovalci tekstilnih rešitev, v primeru zaves v stanovanju, v gledališču, v obliki likovnih prostorskih rešitev, ki za material izkoriščajo tekstil. Tekstilni ustvarjalci lahko posegajo po najrazličnejših materialih, ki se med seboj razlikujejo po različnih rabah surovin. Razlikujemo jih lahko z vidom ali pa delimo glede na otip. Poznamo in občutimo gladke ali hrapave površine. Vsak izbrani material se bo v prostoru in preoblikovanem procesu obnašal drugače in bo napovedoval svojo obliko in v procesu ustvarjanja usmerjal njen končni videz.

Nit deluje kot vezivo v materiji, ki vodi do ustvarjalca iz predilnice in mu je na voljo, da z njo ustvarja odnose.

Ta odnos je na žalost velikokrat predstavljen kot okras in vse prevečkrat samoumeven. Nit kot aktivna linija je »konstrukcijska prвина, ki veže in poveže likovne enote v celoto ali pa to celoto razčleni, na primer razdeli slikovno ploskev (format) in ji nakaže konstrukcijsko mrežo... (Šuštaršič, idr., 2007) Konstrukcijsko mrežo pa prepoznavamo na statvah, ko tkemo in pripravljamo blago, površino, iz katere bomo lahko izrezali različne oblike. Tako v mehanskem preoblikovanju ploskve s škarjami ustvarjamo z aktivno linijo nove oblike. Tekstilni ustvarjalnosti pripisujemo skoraj vse likovne elemente, kot so črta, ploskev, svetlo, temno, oblika in barva. Te pa dopolnjujejo še likovne spremenljivke: gostota, tekstura, število, smer, velikost, likovna teža.

Tekstil je bil stoletja del trgovskih poti in izmenjav, cenjen z bližnjega ali z daljnega vzhoda. Tekstilno tkanje naj bi se razvilo iz prepletenih košar. Med najstarejše tekstilne surovine sodi svila, ki se uveljavi že 4500 let pred našim štetjem na Kitajskem, od koder poznamo svilno pot, ki je svilo tovorila z daljnega vzhoda na zahod. Je eden najbolj cenjenih materialov v tekstilnem ustvarjanju. Svile pa ne proizvajajo le sviloprejk, ki se prehranjujejo z listi murve, ampak tudi številne druge žuželke, ki imajo mreže in gnezda iz svile v obliki kokona, ki jih varuje in ščiti med njihovo preobrazbo. Po otipu in videzu lahko naravno svilo hitro zamenjamo z viskozo. Sintetična vlakna, izdelana iz polimerov, so odporna proti vročini, plesni, so trdna in zadržijo svojo obliko. Umetnim vlaknom konkurirata bombaž in lan, ki sta cenjena in uporabljena tudi v slikarskem izražanju.

Na drugi strani sveta pa s pomočjo arheoloških najdb v Peruju sledimo prvim vzorcem bombaža. Volno ceni jo Rimljani, ki so jo po imperiju izvažali iz Britanije, še posebej za oblačila njihove vojske. Babilonija pa je bila prva dežela, ki je predelovala in trgovala z volno. S prvimi zgrajenimi predilnicami in tkalnicami se je rodila tekstilna industrija, ki je podprla industrijsko revolucijo. Tovarne so tedanjo Anglijo popeljale v svet industrijske družbe (Schoeser, 2003), vanjo pa vključile tudi kolonializirano Indijo. Naravnim surovinam so sledila masovno proizvedena umetna vlakna. »Prvi, ki je vizualiziral možnost izdelave umetne tkanine po postopku, podobnem predenju sviloprejk, je bil angleški znanstvenik Robert Hooke, ki je to temo obširno obravnaval v svoji knjigi Micrographia, objavljeni leta 1664. Več kot pol stoletja pozneje, leta 1734, je francoski znanstvenik Rene A. F. de Reamur predvidel izdelavo

umetnega tekstila iz gum in smol, ki so se takrat uporabljale za izdelavo lakov, ki so imeli veliko odpornost na toploto in topila. (Trocme, 2002) Tehnološki napredek nas je vodil do številnih kakovostnih, predvsem pa hitrejših rešitev, ki se uporabljajo v najrazličnejših okoljih, od vesoljskih tehnoloških postaj do gasilske opreme, ki človeka obvaruje pred nevarnostjo. Vsi ti raziskovalni pristopi tekstilnih inženirjev so usmerjeni tudi v trajnostni razmislek pri potrošnikih, pri katerih se danes spodbujajo trajnostne navade, ko govorimo o tekstilni potrošnji, torej posegamo po materialih in izdelkih, prijaznejših do okolja.

Naš lokalni prostor je zaznamovala volna. Volneni keratin je kemično gledano živalska beljakovina, sestavljena iz ogljika, vodika, dušika, kisika in žvepla. V procesu predelave ovčje dlake nastane preja – nit, s katero lahko pletemo kompaktne tekstilne izdelke. Volni se pridružita še moher in kašmir, po načinu pletenja pa kamgarn.

2. TEKSTIL V PROSTORU

Vstopimo s prostorskim križem v najrazličnejše izpeljave, izvedene in stkane z nitjo. Nit nam lahko govori ali nemo molči. Lahko kaj zaveže ali odveže. Z njo se veze vzorec. Lahko kaj prikrije, zakrije, spet drugič odkrije. Nit nas povezuje na vsakem koraku, na eni strani simbolno, po drugi strani pa kot fizični element povezuje naše obleke, jadra, padala, zaves, odeje ... Nit v tekstilu je močan gradnik v obliki mreže ali veznega člena.

Materialnost likovnega sveta vključuje najrazličnejše naravne in umetne materiale, ki so nam na voljo, da jim s preoblikovanjem vdahnemo moč. Jožef Muhovič pravi: »Smisel vsakega umetniškega dela je pomembnost, izvirnost, intenziteta in univerzalnost njegove vsebine. Pa tudi njegova ekskluzivnost. Vsebina namreč v umetniškem delu ni na površju in zato ni očitna, niti ni 'prinesena na krožniku', ampak jo je potrebno v delu iskati in seveda najti.« (Muhovič, 2018) Tekstilna ustvarjalnost zaradi svoje manipulacije v materialu potrebuje prostorski odnos, v katerem se bo 'razpeta' ali obešena, po drugi strani tudi oblečena, predstavljala. In ob tem je ves čas prisotna variabilna konstanta spreminjanja. Ko tekstil ni razpet na podokviru, obešen na steno, se ta v prostoru vedno predstavlja kot gibanje in neprestano formalno spreminjanje. Zaveso odgrnemo in zagnemo, tkanine se s prepihom premikajo. Nastane ritem gibanja, ki ga

na neki način vzpostavljamo vedno v odnosu do lastnega telesa. Ta dinamični in statični učinek dosegamo v formalnem oziroma ustvarjalnem procesu, ko iz geometrijskega pravokotnika nastanejo različne organske oblike, ki se sestavljajo v nove celote v različnih proporcih, smereh, menjavi materialov ali načinov in postopkih oz. tehnikah sestavljanja, zlaganja, sopostavljanja.

Tekstil pridobiva vsebino s formalnim in prostorskim preoblikovanjem likovnih ustvarjalcev. Ob oblačilni industriji nam ponuja tudi raznolike priložnosti za umetniško izražanje in snovanje, je predmet izjavljanja in izjave, nosilec sporočila ali pa sporočilo samo po sebi. Zgodovinsko se je tekstil osamosvojil oblačilne funkcionalnosti s preprogami in tapiserijami. »Tapiserija je tkana tanka preproga, narejena po slikarjevi predlogi. Njeno ime izvira iz francoske besede tapisserie, ki pomeni stenska preproga, vezenje. Po navadi je velikih dimenzij. Ustvarjena je lahko iz niti različnih materialov: volne, svile, sintetike itd. (Šuštaršič idr. 2007) Tapiserije so za svoje izjave izrabljali številni umetniki. Še posebno z modernizmom, ko so svoje likovne izjave v tapiserijo prevedli številni umetniki tudi v našem prostoru, med njimi Jože Ciuha.

Tekstil kot material se v prostorskem snovanju razlikuje od klasičnih kiparskih materialov (kamna, glina, železa, brona in lesa). Za tekstil bi lahko rekli, da je predoblikovan in pripravljen material, ki ga lahko razgrnemo, pospravimo, z njegovim preoblikovanjem pa lahko dopolnjujemo in udejanjamo različne prostornine. S prosojnostjo in transparentnostjo rahlo premikajoče se materije pa v gledalcu lahko vzbujamo različne asociacije in razmisleke, ki smo jih navajeni iz domačega prostora. Zgodovinsko je tekstil imel vedno močno vlogo, ki se je z različnimi posodobitvami in civilizacijami nadgrajevala, posodabljala in dopolnjevala – v današnji zavesti nam je ostal ta proces tekstilnega razvoja predelave surovin v kontekstu etnološkega izročila oz. raziskovanja. Ob tem pa so posodobitve z industrijsko revolucijo poskrbele za različne tehnološke izpeljave, izboljšave in kot takšne sooblikovale naše kulturne krajine oz. prostore. Tekstilne arhitekture so zaznamovale urbanistično pokrajino Evrope. Ob tem pa je pomembno poudariti, da se v te delovne procese vključujejo tudi ženske, ki so se v tekstilni industriji izenačile z moškimi. Na stari celini so tako ostala različna degradirana okolja, ki so v novem tisočletju pridobila nove vsebine in programe v arhitekturnih prostorih pretekla tekstilna industrije.

Zanimivost tekstila je tudi njegova večnamenska raba. Različne izpeljave in rešitve nam omogočajo preoblikovanje prostorov, subjekta ali opremljanje vsakdanjega objekta. V različnih kontekstih se nam predstavlja površinsko, ko opazujemo, ali je tkanina tkana ali pletena, v raznolikih barvah in vzorcih. Na drugi strani pa je ta izkustvena stran tekstila drugačna od drugih likovnih področij ustvarjalnosti, saj je ta v večini primerov na voljo, da ga občutimo tudi na lastni koži. Z dotikom in izkušnjo ga v večini primerov dojemamo kot mehkega in toplega. Tekstilna ustvarjalnost edina omogoča vključevanje različnih likovnih čutov posameznika, gledalca. Tekstil lahko vonjamo, tipamo, zaznavamo z vidom. Distalne in proksimalne čute pa dopolnjujejo še proprioceptivni čuti. To so čuti, ki so omejeni na telo gledalca. Posameznik, ki je vsak dan v stiku s tekstilom, tega občuti kot 'drugo kožo' oz. vanj lahko vključimo tudi čut za lastno telo. (Butina, 1982)

Razmerje med tekstilnim objektom in tekstilnim izdelkom določa kontekst umestitve oziroma predstavitve tekstilnega izdelka. To v našem prostoru opredeljuje s svojim delom Elena Fajt, ki v likovna dela vključuje organske materiale, med drugim tudi človeške lase. Sama razmerje med objektom in izdelkom definira kot: »Ko je delo, oblačilo, na telesu, govorim o izdelku, ko pa ga postavim v galerijo, z njim izpostavljam vsebinske, sporočilne dimenzije, ki jih nosijo lasje.« Lasje kot material ji ne narekujejo same forme, saj je avtorici pomembnejša vsebina. Forma je sredstvo za operiranje ter predstavljanje in doseganje sporočilnosti, ki jo lasje imajo. »Forma ni toliko vznemirjajoča kot vsebina, ki jo nosi. Je pravzaprav posoda, ki vsebuje sporočilo. Vsebina je absolutno na prvem mestu. (Beja, 2011)

3. KULTURNI KONTEKST TEKSTILA

Tekstil umeščamo tako v kulturološko, sociološko, etnološko, tudi psihološko, antropološko, filozofsko in ne nazadnje tudi umetniško raziskovanje. Ob tem se pri tekstilu ves čas vzpostavljajo taktilnost, dotik in stik, ki ga je v današnji družbi virtualnega in podatkovnega delovanja vse manj. Tekstil razbije zadržanost do dotika. S tem imamo priložnost, da vsako novo tekstilno izpeljavo vodi izkušnja do nas. Ob tekstilni umetnosti se seznanjamo s svojimi vrednotami, predsodki in stereotipi, geografskimi raznolikostmi, navadami in kulturnim izročilom. Z vidika zgodovine je tekstilna ustvarjalnost

imela ključno vlogo pri pripovedovanju, zapisovanju zgodovine, izražanju identitete in ohranjanju kulturne dediščine.

Videti je, da je zaradi vseprisotnosti in navidezne prepoznavnosti tekstila ta v polju vsakdanjega vizualnega mišljenja. Ne nazadnje smo z njim ves čas v stiku, dotiku. Naša naloga je, da vsakdanje vizualno mišljenje zamenjamo s produktivnim premislekom in tekstil uvidimo kot material ali priložnost, ki bo namenjena abstraktnemu in oblikotvornemu mišljenju. Z njegovo pomočjo namreč komuniciramo z drugimi in si z njim pripovedujemo ter razlagamo različne socialne spremembe, kulturne pojave in lastna razmišljanja. Vsak od nas ima v rokah svoje platno in škarje, pogovorno si krojimo življenje ali pa nam ga krojijo drugi.

Obvladovanje tekstila pomeni razstavljati, definirati, konstruirati, razčleniti in včasih tudi poenostaviti ter prilagoditi. Ob poznavanju materiala je ključna tudi spretnost z orodji in razumevanje različnih tekstilnih tehnik. Sinteza vsega tega nas lahko vodi v raziskovanje prostorskih možnosti, ki nam jih tekstil ponuja v priložnostih oblikotvorjenja.

Formalno so tekstilne forme lahko geometrijske, čeprav smo navajeni zaobljenih, mehkih in toplih, saj ga v večini primerov doživljamo s stikom in dotikom lastnega telesa. Tudi ko se tekstil vpenja v pravokotne volumne, je ta z naborki sprejet kot zaobljena, organska forma, čeprav izhaja iz geometrijskega pravokotnika.

Barva in pigmenti so v tekstilnih vzorcih prisotni že od njegovih začetkov. Primarne tekstilne barve bi lahko imenovali tudi kot avantgardne, konstruktivistične, ki jih sestavljajo črna, rdeča in bela, njim pa so se postopoma dodajale še druge. Vse te postopke tekstilnega raziskovanja je močno krepila šola Bauhaus. V tkalskem ateljeju, v katerem so bili ustvarjeni številni tekstilni izdelki in vzorci, so se izjemno tankočutno izkazali tudi slikarski principi likovnega snovanja Weimarske šole. Razstava v letu 1923 z naslovom Umetnost in tehnologija – nova enotnost je javnosti predstavila prve koncepte sodobnega tekstilnega oblikovanja, ki so temeljili tudi na teoriji barv in kontrastov Paula Kleeja, Johannesesa Ittna in drugih profesorjev šole. Med študentkami Bauhauusa sta s svojim delom najbolj zaznamovali tekstilno ustvarjalnost Gunta Stölzl in Anni Albers. Z barvnimi akvareli, ki so bili namenjeni kot študijske barvne

matrice in skice, so ustvarjalci na statvah tkali izjemne, barvite tekstilne površine. Med njimi izstopajo Guntine realizacije, ki so geometrijo slikarske ploskve, ustvarjene s čopičem, preoblikovale v pretkano tekstilno umetnino. Tekstilni izdelki Bauhauusa so navdihnili številne oblikovalce, arhitekta in ustvarjalce. Med njimi naj omenimo Mies van der Rohe in Kay Sekimachi. Slednja je pionirsko utemeljevala tekstilijo kot kiparski objekt. Predvsem pa je pomembno poudariti, da so tekstilni ateljeji poskrbeli za profesionalizacijo umetne obrti, ki tako ni bila več popoldansko-prostočasna dejavnost, rezervirana izključno za ženske, postala je umetniška panoga in zvrst. Na teh poskusih in tekstilnih novih temeljih se je po drugi svetovni vojni razvijala tekstilna umetnost. Med umetniškimi izdelki posebno mesto zavzame tapiserija, ki je v petdesetih letih postala cenjena, prestižna, monumentalna in zanimiva za zbiratelje ter umetniške institucije. Četudi niso nikoli dosegale takšnih kapitalskih dobičkov kot oljna slika, so svoje motive in zamisli za prevode v tapiserije ustvarili Pablo Picasso, Henri Matisse in Joan Miró ter arhitekt Mathias Le Corbusier.

V veliki meri smo tekstil do nedavnega povezovali predvsem z obrtniškim in etnološkim izročilom. Kulturna dediščina hrani različne tehnike vezenja in ustvarjanja vzorcev. Vzorec v likovni ustvarjalnosti namreč v veliki meri pripada predvsem tekstilu, na katerem se je ta udejanjal z aktivno nitjo s pomočjo vezenja ali pa s pomočjo tiska. Vzorec s svojo 'nedefiniranostjo' in v vse strani nadaljevalno logiko ponavljanja ustreza formi tekstilnega materiala, ki je navit v kolutu ali zložen z zgibanjem v pravokotne formate in kot takšen na voljo, da ga transformiramo. Hkrati pa se v obliki preoblikovanja in prostorskega umeščanja vzorci sestavljajo in postavljajo v nove prostorske koordinate, ki so zarezano preoblikovane, s prekinitvami in zgibanjem izgubljajo svojo prvinsko konstrukcijo oziroma zastavljeno mrežo vzorca. Kompozicijski vzorci ali ornamenti so lahko konstruirani s pomočjo geometrijskih oblik, lahko pa so izpeljani iz botaničnih, naravnih motivov. Te vzorce pa v tekstilnih rezultatih sooblikujejo tudi sopostavitve različnih tekstur uporabljenega materiala, kar s sestavljanjem manjših oblik tkanine prav tako lahko vodi do sestavljenega novega vzorca, podobnega intarziji.

4. TEKSTILNI PREMISLEKI SLOVENSКИH USTVARJALCEV

V rokopisni zbirki Narodne in univerzitetne knjižnice (NUK) hranijo listino, v kateri sledimo izjemni formalni analizi dela skupine OHO. »Odločba o prekršku. Občinski sodnik za prekrške Ljubljana na podlagi čl. 56 in 123 temeljnega zakona o prekrških (Ur. list SFRJ, št. 26/65) na predlog PM LJ – Center, št. 6/192-69 z dne 23. 1. 1996 odloča: /.../ so krivi: 1) da so bili 26. 12. 1968 med 13. in 14. uro v parku na Trgu revolucije v Ljubljani nasproti zgradbe stare skupščine, pri tem so trije od njih stali na dvojni pleskarski letvi in bili prekriti s črno ponjavo, skozi odprtino v ponjavi pa so jim gledale kuštrave glave, kar vse so podkrepili z velikim plakatom, ki je stal pred njimi in na katerem je bilo napisano 'Triglav'; torej se nespodobno vedli na javnem kraju. /.../ S tem so storili dva prekrška po čl. 17 tč. 1. Zakona o prekrških zoper javni red in mir (Ur. List SRS št. 38/59) in se na podlagi istega čl. dost. 1, ob uporabi čl. 38 tč. 1 TZP, kaznujejo: z denarno kaznijo vsak po 40,00 (štirideset) din.« To likovno formalno analizo je 28. maja 1969 na odločbi podpisal Rudi Zajko, občinski sodnik za prekrške. Živa skulptura z naslovom Triglav je bila v letu študentskih protestov postavljena v središču Ljubljane leta 1968. Živo skulpturo, ki je bila novoletno darilo Ljubljančanom, so v parku uprizorili David Nez, Milenko Matanović in Drago Dellabernardina. Tri glave, ki so zrle izza črne ponjave, so udejanjale alegorično besedno igro, ki se naslanja na tri glave, naše najvišje gore.

Umetniška akcija skupine OHO, ki je izrabila moč in funkcijo tekstila, je bila odziv na družbeno realnost, tudi na vse večjo potrošnjo tedanjega prebivalstva. Ko je v ospredju tekstil, ki je ves čas v vlogi med umetniškim in nujnim materialom posameznika, je tudi skupina OHO, s tem ko se je odrekala institucionaliziranemu sistemu, želela v svoji praksi zabrisati mejo med realnim življenjem in umetnostjo. Njihova praksa je zavrgla subjektivne geste umetnika z brezosebnimi in predvsem serijskimi postopki ustvarjanja nove forme, kar ustreza na neki način tudi tekstilni industriji oziroma potrošnji.

Leta 2004 je skupina IRWIN na istem mestu poustvarila projekt skupine OHO, ki so ga naslovili Svoji k svojim. Delo sestavlja šest barvnih fotografij velikega formata, na katerih so dokumentirane akcije, ki se referirajo na historični konceptualizem iz šestdesetih let prejšnjega stoletja.

Akcijo skupine OHO, človeško skulpturo, so v svojem delu reartikularili tudi Janez Janša, Janez Janša, Janez Janša v delu Triglav na Triglavu (2007). Avtorji so se v Triglavski narodni park odpravili s črno ponjavo, ki so si jo trajnostno izposodili pri skupini IRWIN. Če so člani skupine OHO s svojo akcijo prekinili tedanjo socialistično rutino mestnega vrveža v Ljubljani in se z umetniško gesto vključili v študentsko gibanje, so se Janše v nasprotju s skupino IRWIN, ki v svojih ponovitvah ustvarja ponovitve na lokacijah članov skupine OHO in si želi predvsem ustvariti dobro dokumentacijo praks iz preteklosti, odpravili na lokacijo, v kateri bi lahko ustvarili tavitološko ponovitev insitu. Tako kot so se s črnim pregrinjalom prekrile historične avantgarde, so se tudi Janezi Janše prekrili s črnim tekstilom, vendar ob tem ni v ospredju klasična ponovitev ohojevske prakse. Ključno pri delu je upodobitev pred Triglavom in dokumentacija v nadaljevanju. Postprodukcijsko so namreč fotografije natisnili na podlago treh domačih vodilnih časopisov, kjer na površini sledimo rastru in mešanju barvnega vtisa na osnovi offset tiska CMYK. Figuralno kompozicijo v ozadju dopolnjuje fizična realnost Triglava.

Ko so člani skupine OHO ustvarili svoje delo, je bilo študentsko gibanje na vrhuncu. Člani skupine IRWIN ponovijo delo v letu, ko se Slovenija priključi EU. Janše pa so svojo akcijo ustvarili na dan, ko je na Triglavu potekala 80. obletnica smrti Jakoba Aljaža, ob 33. obletnici pešpota z Vrhnike na Triglav in ob 5. obletnici pešpota od Vrbskega jezera čez Triglav v Bohinj, ob 25. obletnici Nove revije in ob 20. obletnici 57. številke Nove revije ter ob 16. obletnici slovenske osamosvojitve. S svojim vzponom na Triglav so ustvarili novo obletnico, predvsem v polju sodobne likovne produkcije. Ob fotografijah so Janezi Janše ustvarili še Zlati Triglav, v katerem so uporabili postopke sodobnih 3D tehnologij. Mehkoba in transformativnost tekstila je bila s 3D zajemom prostora natisnjena kot 3D objekt, ki je bil dodatno polihromiran z zlatom.

Med tekstilnimi primeri taktilnost tekstila poudarja Zora Stančič z delom Avtocenzura (1997). Knjiga umetnika kot umetniški prostor z razširjenim komunikacijskim sistemom in nadgradnjo linearne dramaturgije se v objektu smislu osredotoča tudi na produkcijo in distribucijo umetniških del. Forma knjige ni le vsebinski nosilec likovnih podob. Z aktivnim vstopom v listanje in branje likovnih podob gledalec vstopa v prostor umetnika. Kot umetniško delo v sodoben likovni kontekst

vnašajo interaktiven odnos med umetnikom, umetnino in občinstvom, kar pa velja tudi za večino tekstilnih umetniških izjav. Tako v sodobno umetnost vključujejo aktivnega bralca in gledalca. Meja med notranjim in zunanjim se zabriše, razdalje pa se skrajšajo. V primeru Stančičeve knjige umetnika je v ospredju raba tekstilnega materiala, ki je nosilec in hkrati tudi materialnost sporočila. Pri izdelavi objekta je avtorica uporabila tehniko ploskega tiska, sitotisk flock.

Odtis na nosilcu je mogoče zaznavati z vidom in hkrati tudi s tipom s pomočjo reliefnega odtisa. Mehka žametnost se povezuje in navezuje na erotično pripoved v knjigi. Podobe na tekstilu so formalni prevod iz lino-rezne matrice v matrico ploskega tiska. Avtonomne podobe, misli in besede pripovedujejo različne erotične zgodbe z družbeno kritičnostjo, ki je na nekaterih straneh izražena popolnoma abstraktno, brez besed ali razpoznavnih podob, v drugih pa je ilustrativna in berljiva z avtoričinim avtorskim podpisom. Umetniški tekstilni predmet, ki po obliki povzema formo knjige, lahko označimo tudi kot skulpturo, v kateri se srečujejo različne metaforizirane in likovno prevedene subjektive ideje, v njej pa se srečujejo in preizkušajo obstoječe oblike likovne organizacije. Pričujoče delo briše vezi med življenjskim in umetniškim prostorom in pripada vsakomur.

Tekstil kot nosilec je umetnica uporabila v svojem večletnem projektu Ruta (2016–2023), kjer je svilo oplemenitila s postopkom sitotiska. V iskanju individualnosti je v zapuščini svoje mame izrabila ruto kot ready-made podlago, na katero je odtisnila podobe ženskih obrazov in figure. V abstrahiranih podobah se lahko prepozna vsak. Obraz, ki ga s tekstilom zakriva, jo kulture bližnjega vzhoda, avtorica razkriva in pokaže kot onface portret slehernice. Kompaktne, a tankočutne tekstilne objekte srečamo v delu Alena Ožbolta z naslovom Mesečnik. Tretji človek. (Mehka postavitev) (1996). Mehka postavitev Alena Ožbolta pripoveduje o dvomih, s katerimi se srečuje posameznik pri razumevanju sveta. Mehka postavitev je na voljo, da jo zaznavamo z vidom, ali pa si dovolimo, da se nas ta dotakne, dobesedno zareže in umesti v naš prostorski križ. Težko se izognemo srečanju z njegovo talno postavitvijo tekstilnih objektov. Okupacija izbranega prostora nas na kraju dogodka zaustavi in hkrati prestavi v mišljenje o umetnostnem delu.

Poetično in subtilno nas avtor vodi do mišljenja o delu in o umetnosti nasploh. Izčiščena forma, ki spominja na vzglavnik, predmet iz osebnega intimnega prostora, v tem primeru nastopa javno, razgaljeno, formalno enakopravno za vse. A vsak od nas intimnost in poetičnost dela, torej Mesečnika, podoživlja z lastnimi izkušnjami individualizirano. V trenutku spojitve z delom, ko na



Zora Stančič: Ruta, 2016 - 2023, fotografija: Boris Beja



Zora Stančič: Oblike, 2015 - 2016, fotografija: Boris Beja

njem stojimo, se srečujemo z realno danostjo galerijskega objekta in svojimi fantazijami sanjskega sveta.

Mesečnik je torej prestavljen iz postelje na tla galerije, iz spanja in meditacije nas prestavi v aktivno podoživljanje umetnosti. V tem primeru avtor združuje nočni in dnevni čas, čas dela in čas počitka, aktivno kontemplacijo in pasiven položaj posameznika. Stojišče, na katerem je posameznik, je podstavek mišljenja na prehodu. Življenje je za marsikoga prehodno stanje subjekta. Ves čas se srečujemo z neugodnimi in negotovimi prehodi. Ta hoja, pogled ali dotik po mehkih in simbolnih vzglavnikih pa je na neki način tudi pot po različnih odnosih in pomenih sodobne umetnosti.

Prostornina tekstila se tankočutno razprostira in dograjuje v delih Ete Sadar Breznik. Ročno tkani objekti se razprostirajo v prostoru kot lebdeči sateliti z močno poudarjenimi vertikalami, ki vpete v prostor kljubujejo težnosti. Odnos med polnim in praznim, z različnimi gostotami tkanja in obdelovanja ter tkanja prostornine dopolnjujejo različni barvni odnosi, ki se povezujejo v tekstilne krajine in lebdeče v prostoru, spominjajo kot na kakšne ekspresivno odslikane oblake severnega geografskega prostora. Avtorica poudarja ključnost vpetosti tekstilnega umetniškega objekta v prostor, kjer se ta predstavlja. V večini primerov so izobešeni s stropa in tako prostorskemu križu gledalca, ki njene objekte spoznava iz talne ravnine, dodaja še arhitekturno ravnino stropa.

Mrežo, ki jo v prostoru rišejo vertikalne niti, prekinjajo različne oblike, krivulje in površinske obdelave oziroma pretkane zapolnitve. Ena najbolj prepoznavnih umetnic tekstila v našem prostoru je prekinila izročilo tapiserij, ki so se vključevale v sodobne interiere preteklega stoletja. Gosto pretkano ali vozlano površino tapiserije je predstavila kot lahkoten objekt, ki s svojo kinetičnostjo vzpostavlja kontrast z omenjeno težko in nepremično stensko tekstilijo. V tem pogledu je prekinila predstavnost tekstila na vertikalni, frontalni površini in pres-topila v prostor ter s tem angažirala samega gledalca, obiskovalca prostora, da v njenih prepletenih nitih najde odgovore sodobnosti tekstilnega izraza, ki smo ga tako vajeni, in se lahko okrog objektov sprehaja in vidi tekstil tudi zadaj – to pa je še ena od specifičnih lastnosti tekstila – redko ga imamo na voljo spoznati z 'druge strani'. Ta dialog sodobne tapiserije se je leta 1993 močno poudaril z avtoričino razstavo v avli Cankarjevega doma.

V njenih nitih, ki se prekrivajo, prepletajo, včasih so gosto pretkane, drugič redkeje, pa nam avtorica predstavi še afekt moare, ki ga lahko dosežemo s prekrivanjem transparentnih tekstilij. Njeni tekstilni objekti so izjemno 'prilagodljivi' in se lahko prostorsko vpenjajo in naseljujejo v različne prostore. Prav v tem se ob izjemnih formalnih izvedbah njeni projekti izkazujejo kot sodobne izpeljane izjave v tekstilu, s katerimi posodablja in vsakič na novo vzpostavlja tekstilne dramaturgije prostora, v katerih ob osvetlitvi imajo ključno vlogo tudi sence. Tako kot v zračnih skulpturah v urbanem prostoru združuje tekstilno umetnost, arhitekturo in inženirstvo Janet Echelman, to v interierjih v svojem proporcu gradi Eta Sadar Breznik.

V arhitekturnem pogledu, povezanem s tekstilom, je naš prostor močno zaznamoval Matej Andraž Vogrinčič, ko je z zbranimi oblačili oblekel pročelje ene od hiš v Ljubljani. Delo Oblečena hiša (1993) se je zapisalo v kolektivno zavest Ljubljancanov. Raba ready-madea je v njegovi praksi ves čas stalnica in predvsem premišljena avtorjeva gesta, s katero ustvarja ponovitve, zgostitve in razširjene prostorske instalacije, ki pa so v njegovih primerih intervencije v izbrane prostorske priložnosti, na katere se s svojim delom vsebinsko in formalno odziva. V projektu Oblečena hiša je fasado predstavil kot obleko in tako vsakdanji tekstilni predmet povezal z različnimi skupnostmi in z infrastrukturami, v katerih se tekstil ves čas predstavlja in s tem mineva, se razkraja, propada in se vpenja v družbeni in kulturni kontekst naše vsakdanjosti. Njegov projekt je bila na neki način druga koža izbrane arhitekture.

To vsakdanjost je Vogrinčič ponovil v Benetkah (1999) in v delu povezal lokalno skupnost, kjer so mu prebivalci mesta, ki so se dnevno sprehajali mimo izbrane arhitekture, prinašali svoje 'odslužene' tekstilne kose. Za površinsko opremo zapuščene zgradbe je Vogrinčič zbral 3000 oblačilnih kosov, ki jih je nato sestavil kot nov 'plašč' na arhitekturo. Tako kot Christo in Jeanne-Claude s svojimi prostorskimi intervencijami 'oblačita' hiše in druge arhitekturne spomenike, med njimi berlinski Zaviti Reichstag (1971–1995), je tudi Vogrinčič s svojo intervencijo opozoril na priložnosti, ki jih tekstil v vlogi ready-made objekta lahko nudi v kontekstu umetniške izjave, ki pa zaradi svojih posebnosti v materialu ne morejo biti v eksterierju trajne.



Eta Sadar Breznik: Ujeti vihar, fotografija: Boris Beja



Eta Sadar Breznik: Ujeti vihar, fotografija: Boris Beja



Eta Sadar Breznik, Ujeti vihar, fotografija: Boris Beja



Eta Sadar Breznik, Ujeti vihar, fotografija: Boris Beja

Trajnostni premislek pa v svojem delu raziskuje avtorska skupina Oloop, ki jo sestavljajo Tjaša Bavcon, Katja Burger Kovič in Jasmina Ferček. Njihovo tekstilno snovanje in oblikovanje temelji na spoštovanju tradicije, ki jo ves čas preoblačijo s predznakom sodobnosti. Tekstilno prepletanje se nadgrajuje v socialno vrednotenje tekstila, ki se umešča v sisteme umetnosti, oblikovanja in družbeno-socialnih participativnih praks.

Eden takšnih je projekt z naslovom Povezave (2012), tekstilna instalacija v nastajanju. V svoje delo so vključevali naključne obiskovalce razstave in v skupinskem delu ponudili možnosti umiritve, sproščenega druženja, ustvarjalnega izražanja in povezovanja – kar je tekstil in njegova predelava v preteklosti vedno vključevala. Od predelave surovine na polju do preje se je okrog tekstilnega izražanja vedno gradila razširjena skupnost ljudi. To povezovanje in vključevanje kolektiv Oloop gradi in vzpostavlja tudi v sodobnem času.



Skupina Oloop: Povezave, 2012, fotografija: Kristjan Jarni

Projekt Povezave nas na neki način opomni tudi na to, kakšno vlogo ima tekstil pri ohranjanju in ozaveščanju o kulturi ter zgodovini narodnostnih obrtniških izročil, ob ročnih spretnostih pa krepi projekt tudi zavest o raznolikosti naše družbe, ki je medkulturna, večjezična in medgeneracijska. Projekt v nastajanju se ves čas spreminja in dopolnjuje s posamezniki, ki so vključeni v veliko tekstilno instalacijo, ki izhaja iz rumenega kroga v različno barvno nadaljevanje in dopolnjevanje polžasto zgrajene tekstilne preproge. Obiskovalci so povabljeni, da si sezujejo čevlje, se usedejo na rob in se naučijo preproste tekstilne tehnike, ki jo izvajajo s prsti. Vsak posameznik tako gradi varni prostor razširjenega kroga, ki z vsako razstavo oz. predstavitevijo širi svoj premer. Vizualizacija ljudske umetnosti ima ključno vlogo pri ohranjanju in ozaveščanju o kulturi ter zgodovini naroda, hkrati pa krepi zavest o raznolikosti naše družbe.

Ustvarjalno-izobraževalni projekt Razkrite roke I/II (2012–2014) je v sodelovanju s človekoljubnim dobrodelnim društvom UP potekal na Jesenicah. K projektu so bile povabljene priseljenke iz nekdanje republike Jugoslavije. S projektom se je ustvarjal medkulturni dialog, izmenjava različnih ročnih tekstilnih tehnik in njihovih izkušenj, ki so razkrile svoje roke in s sklenitvijo ustvarile nove prodajne kolekcije, s katerimi bi si udeleženke lahko zagotovile finančno neodvisnost. V vseh projektih so se avtorice zavemale za aktualiziranje tekstila kot izraznega materiala in za ohranjanje pristnega stika s tem materialom. Ob tem je ključna njihova ustvarjalna praksa, ki se v večini primerov dopolnjuje tudi s pedagoškimi ustvarjalnimi projekti, ki navdihujejo in nas spodbujajo k premisleku, kaj nam tekstil pomeni v sodobni družbi.

Med mlajšo generacijo, ki svoj ustvarjalni opus gradi z nitjo, predvsem njenim prepletanjem in pletenjem, naj omenim Kristi Komel. Avtorica očitno svoj navdih črpa v naravi, ki pa ni izolirana od urbanega vsakdana. Še več, naravno je postalo, da izzive iščemo tudi v virtualnih krajinah, ki pa postanejo v njenih artikulacijah znova naravne. V prepletanju z nitjo gradi odnose med polnim in praznim, z repetitijo pa išče razlike, ki jih tekstil s svojo predstavitevijo in umeščanjem v reprezentativni prostor ponuja. V delo vključuje posameznika, ki njeno delo na neki način nadaljuje in nadgrajuje z lastnimi navadami, predvsem pa poudarja dotik in stik v odnosih, bodisi človeških bodisi s predmetnim svetom.

V projektu Borovčje (2022) je domačo pokrajino, v kateri je odrasla, predstavila v tekstilu. Zanimiv je prevod, ki ga je v ustvarjalnosti gradila z video umetniškim dokumentom s prevodom v digitalni tisk. Sekvence iz videa je preoblikovala v tekstilni vzorec, organske podobe pa natisnila na bombaž. Delo je predstavila kot prostorske rute, kjer se longitudinalni narativ videa predstavi vertikalno, navezujoč se na frontalno ravnino prostorskega križa. S tem se gradi svojevrsten odnos tudi do tapiserij, ki so se, naslanjajoč na stene, vezle in predstavljale v preteklosti.

Tudi v delu z naslovom Kocke (2022) se je avtorica navezala na svoje domače okolje, in sicer je v njem povzela zgodbe svoje babice, ki jih je kot pomanjšane spominske kartice v kvadratnih oblikah postavila v kompozicijo tekstilne podatkovne zbirke. Delo sestavljajo pleteni pravokotniki, ki se v ogliščih sestavljajo v kompleksno pletenino v odnosih med polnim in praznim in se lahko nadaljujejo v vse smeri. Pletenine kot zračne forme so bile javnosti predstavljene v kombinaciji z video umetniškim delom. S prekrivanjem je Komelova gradila palimpsestno podobo, tako kot to navado tekstil v platenju oblačenja vsakdanje rabe ima. Oba omenjena projekta sta nastala pod mentorstvom izr. prof. Katje Burger Kovič in prof. Marije Jenko na Naravoslovnotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani.

Ob likovnih pojmi, ki jih lahko pripišemo tekstilnemu snovanju in izražanju, je pomembna tudi časovna komponenta tekstila. Čas in prostor sta v ustvarjalnosti vselej povezana s trajanjem, kar se lahko kaže kot likovna forma, ki nam ponuja, da si v različnih časovnih okvirih pogledamo, beremo in prisluhnemo določeno umetniško delo. Čeprav slika, kip in grafika v svoji formi nimajo vključenega časa, je ta prikrit s časom nastajanja umetniškega dela in s časom, ki ga gledalec namenja izbranemu likovnemu delu. Prav v tekstilnih postopkih je videti, da je vključenost različnih ustvarjalcev v časovni okvir ustvarjalnega procesa zelo pomembna. Skozi tisočletja so se ohranili fragmenti tekstilnih izdelkov, ki nas navdihujejo in nam predstavljajo prostore preteklosti. S časovnimi distancami danes premišljujemo pretekle postopke, materiale, vzorce in oblike, načine tkanja in šivanja, ne nazadnje tudi človekove navade. Vse to v tekstilnih časovnih okvirih opozarja na izkustvo minevanja, razkrajanja in propadanja. Če na eni strani modna industrija išče potrditev v funkcionalnosti in hitrem odzivanju na prostorske spremembe socialnega prostora, so tekstilni umetniški objekti v nasprotju

s hitrim tempom življenja. Temu lahko kljubujejo v izkoriščanju nefunkcionalnosti, včasih v nedotakljivosti, nepredstavljenosti in prenosljivosti določenega objekta v socialno-družbeni in vsakdanji kontekst. Tudi zaradi tega so lahko večni in arhetipski. Rezultat dela so različne oblike razmišljanja o materialu, vlogi objekta, ki kot svojstven produkt izraznosti prav tako vključuje potrebe po načrtovanju, risanju, konstruiranju, sestavljanju in kolažiranju, po koncipiranju vsakega projekta na temeljih likovnega, antropološkega, sociološkega in zgodovinskega izkustva tekstila. Z njim vedno znova pridobimo nove poglede in izkustva, ujete v mreže, prepletene z nitmi.



Kristi Komel: Borovčje, 2022, fotografija: Kristi Komel

5. VIRI IN LITERATURA

1. Beja, B. (7. 11. 2011) Elena Fajt: Oblikovalec naj bo vizionar. *Siol.net*. <https://siol.net/trendi/kultura/elena-fajt-oblikovalec-naj-bo-vizionar-232145>
2. Beja, B. (10. 8. 2012) Mesečnik. Tretji človek. *Siol.net*. <https://siol.net/trendi/svet-znanih/mesechnik-tretji-clovek-103305>
3. Beja, B. (25. 8. 2012) Matrica v tekstilu. *Siol.net*. <https://siol.net/trendi/svet-znanih/matrica-v-tekstilu-353144>
2. Bienale tekstilne umetnosti. (2023). BIEN 2023: 31. 5. - 10. 8.: bienale tekstilne umetnosti: = Textile Art Biennial: Kranj, Škofja Loka, Jesenice, Nova Gorica (str. 157). Layerjeva založba.
3. Butina, M. (1982). Elementi likovne prakse (str. 334, 60 pril.). Mladinska knjiga.
4. Gillow, J., Sentence, B. (1999). World textiles: a visual guide to traditional techniques (str. 240). Bulfinch. Str. 10.
- Albert, J. (2011). Sedanjost in prisotnost: izbor del iz zbirke Arteast 2000+ in nacionalne zbirke Moderne galerije (str. 61). Moderna galerija.
5. Košir, M. (b.d.) *Eta Sadar Breznik*. V ospredje: pionirke slovenske arhitekture, gradbeništva in oblikovanja. [Plakat]. https://uifs.zrc-sazu.si/sites/default/files/Eta_Sadar_Breznik.pdf
6. Monem, N. K. (ur.) (2008) Contemporary textiles: the fabric of fine art. Black Dog Publishing.
7. Muhovič, J. (2018). Vidno in nevidno: uvod v formalno likovno analizo: teorija, primeri, metode: [znanstvena monografija] (str. 263). Inštitut Nove revije, zavod za humanistiko. Str. 40.
8. Oolooop (b.d.) O nas. <http://www.ooloopdesign.com/o-nas/>.
9. Schoeser, M. (2003). World textiles: a concise history (str. 224). Thames & Hudson.
10. Šuštaršič, N., Butina, M., De Gleria, B., Skubin, I., Zornik, K. (2007). Likovna teorija: učbenik za likovno teorijo v vzgojno-izobraževalnem programu umetniška gimnazija – likovna smer (2. natis, str. 373, XXV). Debora. Str. 58.
11. Šuštaršič, N., Butina, M., De Gleria, B., Skubin, I., Zornik, K. (2007). Likovna teorija: učbenik za likovno teorijo v vzgojno-izobraževalnem programu umetniška gimnazija – likovna smer (2. natis, str. 373, XXV). Debora. Str. 135.
12. Trocmé, S. (2002). Fabric (str. 21). Mitchell Beazley
13. Wortmann Weltge, S. (1998). Bauhaus textiles: women artists and the weaving workshop: with 220 illustrations, 122 in colour (1st paperback ed., str. 208). Thames and Hudson. Str. 10.



Kristi Komel: Borovčje, 2022, fotografija: Kristi Komel

4. 3D tisk v umetnosti in oblikovanju uporabnih izdelkov

dr. Aljoša Šajna, dr. Lidija Korat Bensa

POVZETEK

Uporaba digitalnih tehnologij v umetnosti in oblikovanju je postala vse bolj razširjena in omogoča nove načine ustvarjanja, izražanja in interakcije. Uporaba digitalnih tehnologij zajema dva povezana procesa: digitalno načrtovanje in digitalno izvedbo. Digitalno načrtovanje se nanaša na uporabo digitalnih orodij in tehnologij v fazi oblikovanja ali ustvarjanja konceptov in se izvaja s pomočjo specialnih računalniških orodij, ki omogočajo grafično, semiparametrično ali parametrično oblikovanje.

Oblikovani model objekta je potrebo z ustrezno programsko opremo pripraviti za tisk, pri čemer se je potrebno uskladiti geometrijo objekta, tehnologijo in material.

V fazi digitalne proizvodnje s pomočjo različnih tehnologij načrtovani objekt pretvorimo v fizično ali končno digitalno obliko. Digitalna izvedba zahteva uporabo strojne opreme (npr. tiskalniki, stroji) ali posebne programske rešitve (npr. programsko opremo za kodiranje ali tiskanje).

Ena od možnih izvedbenih tehnologij je družina dodajalnih tehnologij. Zanje je značilno, da se predmeti izdelujejo s postopnim dodajanjem materiala, pogosto plast za plastjo. Dodajalne tehnologije omogočajo bolj učinkovito uporabo materialov, zmanjšanje odpadkov in izdelavo kompleksnih geometrij, ki bi bile s klasičnimi metodami težko izvedljive. Uporabljajo se za široko paleto materialov, od katerih cenovno dostopni so cementni in glineni materiali.

Ključne besede: digitalne tehnologije, digitalna proizvodnja, načrtovanje, oblikovanje, materiali

ABSTRACT

The use of digital technologies in art and design has become increasingly widespread, enabling new ways of creating, expressing and interacting. The use of digital technologies encompasses two related processes: digital design and digital implementation. Digital design refers to the use of digital tools and technologies in the design or concept generation phase and is carried out with the help of specialised computer tools that allow graphical, semi-parametric or parametric design.

The modelled object needs to be prepared for printing using appropriate software, whereby the geometry of the object, the technology and the material need to be coordinated.

In the digital production phase, the designed object is converted into a physical or final digital form using various technologies. Digital production requires the use of hardware (e.g. printers, machines) or specific software solutions (e.g. encoding or printing software).

One possible implementation technology is the family of additive technologies. These are characterised by the gradual addition of material to objects, often layer by layer. Additive technologies enable more efficient use of materials, reduce waste and produce complex geometries that would be difficult to achieve with conventional methods. They are applied to a wide range of materials, with cement and clay materials being the most affordable.

Keywords: digital technologies, digital manufacturing, design, design, materials

1. UVOD

1.1 Uporaba digitalnih tehnologij v umetnosti in oblikovanju

Uporaba digitalnih tehnologij v umetnosti in oblikovanju je postala vse bolj razširjena in omogoča nove načine ustvarjanja, izražanja in interakcije. Digitalne tehnologije so revolucionirale način dela umetnikov in oblikovalcev ter razširile meje tradicionalnih umetniških praks. Pri tem razumemo umetniško delo kot nekaj, kar ima estetsko in sporočilno vrednost, ne pa tudi uporabno. Oblikovanje industrijskih izdelkov pa je namenjeno oblikovanju uporabnih predmetov, ki pa so namenjeni množični proizvodnji.

Nekatera področja, kjer digitalne tehnologije vplivajo na umetnost in oblikovanje so:

- Digitalna umetnost (Digital Art), ki jo predstavljajo računalniška grafika in digitalna fotografija, 3D modeliranje in generativna umetnost;
- Digitalni mediji in multimedijaska umetnost, s podsklopi video umetnost in animacija ter virtualna resničnost (VR) in obogatena resničnost (AR);
- Oblikovanje in arhitektura z grafičnim in industrijskim oblikovanjem ter 3D-tiskanje;
- Interaktivna umetnost in instalacije, ki omogoča interaktivne instalacije in digitalni performans;
- Spletna umetnost in družbeni mediji, ko umetniška dela nastajajo in obstajajo izključno na internetu;

Digitalna umetnost (Digital Art): Računalniška grafika in digitalna fotografija je zvrst, kjer umetniki uporabljajo programsko opremo, kot so Adobe Photoshop, Corel Painter ali Procreate, za ustvarjanje digitalnih slik, ilustracij in grafik. Te slike so lahko samostojna umetniška dela ali pa jih umetniki uporabijo kot del širših projektov. O 3D modeliranju govorimo, ko umetniki in oblikovalci ustvarjajo tridimenzionalne modele s programi, kot so Blender, Maya ali ZBrush. Te modele lahko uporabijo za virtualno resničnost, filme, igre ali celo 3D-tisk. Ko umetniki pri svojem ustvarjanju uporabljajo algoritme in umetno inteligenco (AI) za ustvarjanje novih oblik umetnosti, govorimo o generativni umetnosti (Soban, b. d.). Pri tej »tehniki« umetniki za ustvarijo umetniških del uporabljajo kodiranja, npr. s programi, kot so Processing ali p5.js, kjer računalnik samodejno generira kompleksne vzorce in slike. (Mohar K., 2024)

Digitalni mediji in multimedijaska umetnost, posebno digitalni video in animacija, sta postala ključna področja sodobne umetnosti. Umetniki uporabljajo video montažo in animacijo za ustvarjanje eksperimentalnih filmov, video instalacij ali kratkih animiranih filmov. Virtualna resničnost omogoča ustvarjanje prototipnih umetniških svetov, kjer lahko uporabniki raziskujejo interaktivne 3D prostore. Obogatena resničnost pa dodaja digitalne elemente v resnični svet, kar se lahko uporablja pri umetniških razstavah ali interaktivnih instalacijah.

Področje oblikovanja in arhitekture zajema grafično oblikovanje, kjer z uporabo orodij, kot so Adobe Illustrator, InDesign in Canva (Splet 1), oblikovalci ustvarjajo digitalne postavitve, logotipe, ilustracije, plakate, promocijske materiale in drugo, kar omogoča natančnost in fleksibilnost, ki ju ročne tehnike težko dosežejo, ter industrijsko oblikovanje, kjer oblikovalci industrijskih izdelkov in arhitekti s pomočjo CAD (Computer-Aided Design) orodji, kot so AutoCAD, Rhino ali SolidWorks, natančno načrtujejo in simulirajo realne objekte, in 3D-tiskanje za ustvarjanje fizičnih objektov iz digitalnih modelov. Slednja tehnologija je močno vplivala na področja kiparstva, mode in industrijskega oblikovanja, saj omogoča hitro in natančno izdelavo prototipov in končnih izdelkov. (Splet 2)

Ko umetniki uporabljajo senzorje, kamere, gibanje in tehnologijo, da ustvarijo instalacije, ki se odzivajo na gledalca, ko se npr. svetloba, zvok ali vizualni elementi spremenijo, ko se obiskovalec premakne ali komunicira z delom, govorimo o interaktivni instalaciji. O digitalnih performansih pa ko se v gledališke predstave ali performativne umetnosti vključujejo tehnologije, na primer z uporabo projekcij, interaktivnih svetlobnih sistemov ali sledenja gibanja v realnem času.

Digitalne tehnologije se v umetnosti uporabljajo tudi na druge, neposredne načine, npr. za razširjene dostopnost in distribucija umetnosti preko spletnih galerij in muzejev, prodajajo umetnin preko spletnih platform, kot so DeviantArt, ArtStation, Behance (Splet 3), ali za promocijo in širjenje svojega dela preko platform kot so Instagram, TikTok in YouTube.

Digitalne tehnologije omogočajo umetnikom in oblikovalcem, da ustvarjajo inovativne, večplastne in interaktivne umetnine, ki vključujejo gledalca na povsem nove

načine. Nekaj zanimivih primerov tiskanih objektov je mogoče najti na Emerging Objects (Splet 4).

1.2 Pregled tehnologij za digitalno načrtovanje in izvedbo umetnin

Digitalno načrtovanje in digitalna izvedba sta dva povezana procesa, ki se pogosto pojavljata v ustvarjalnih disciplinah, kot so umetnost, oblikovanje, arhitektura in industrijsko oblikovanje. Oba izraza se nanašata na uporabo digitalnih tehnologij, vendar imata različne vloge in pomen v ustvarjalnem procesu.

Digitalno načrtovanje se nanaša na uporabo digitalnih orodij in tehnologij v fazi oblikovanja ali ustvarjanja konceptov. To je tisti del procesa, kjer se razvijajo ideje, skice in modeli, vendar še ne gre za končno izvedbo ali izdelek. Glavni poudarek je na ustvarjanju, prilagajanju in iteraciji dizajna z uporabo programske opreme. Digitalna izvedba pa se nanaša na fazo, kjer se ideja ali načrt, zasnovan digitalno, realizira in postane dejanski izdelek, ki je lahko digitalni ali fizični. V tej fazi se načrti prenešajo v prakso – bodisi s fizičnim izdelovanjem, bodisi s končno digitalno produkcijo.

V digitalnem načrtovanju gre za ustvarjanje prvotnih konceptov, ki lahko vključujejo vse od skic, shem, grafičnih elementov do tridimenzionalnih modelov. Načrtovanje se izvaja z uporabo računalniških programov, kot so CAD (Computer-Aided Design), Adobe Illustrator, Blender, Figma, Rhino (Splet 5), in druge. Ti programi omogočajo natančno modeliranje in prilagajanje načrtov v realnem času. Digitalno načrtovanje je pogosto iterativno. To pomeni, da se oblikovalci lahko hitro in učinkovito prilagajajo in izboljšujejo svoj dizajn, saj digitalna orodja omogočajo hitro eksperimentiranje in testiranje različnih različic. Digitalna orodja omogočajo visokokakovostno vizualizacijo končnega izdelka, preden pride do dejanske izvedbe. To pomeni, da lahko oblikovalci vidijo, kako bo izdelek izgledal v končnem stanju, včasih celo v simuliranem okolju (npr. pri arhitekturi ali notranjem oblikovanju). Pri nekaterih oblikah digitalno načrtovanje lahko vključuje tudi izdelavo digitalnih prototipov, ki jih je mogoče preizkusiti, ne da bi se še lotili fizične izdelave.

Primeri digitalnega načrtovanja so:

- Ustvarjanje arhitekturnih načrtov s CAD orodji.
- Grafično oblikovanje logotipa v Adobe Illustratorju.
- 3D modeliranje izdelka z orodji, kot so SolidWorks ali

Blender.

- Načrtovanje spletne strani ali aplikacije s programsko opremo za UX/UI, kot sta Figma ali Sketch.

Digitalna izvedba je proces pretvorbe načrtov v realnost. V primeru fizičnih izdelkov to lahko vključuje izdelavo z uporabo strojev, kot so 3D-tiskalniki, laserski rezalniki, CNC-stroji itd. V primeru digitalnih izdelkov (npr. grafike, spletnih strani) pa to vključuje končno oblikovanje, kodiranje ali distribucijo. V digitalni izvedbi se uporabljajo posebna orodja, kot so tiskalniki, stroji za izrezovanje ali programska oprema za kodiranje, da bi načrt postal dejanski izdelek. Če gre za fizične izdelke, digitalna izvedba vključuje proizvodnjo predmetov, kot so prototipi, modeli ali celo končni izdelki, narejeni s pomočjo digitalnih tehnologij, kot je 3D-tiskanje ali CNC obdelava. Pri digitalnih izdelkih (npr. spletnih straneh, animacijah ali videu) je digitalna izvedba faza, ko projekt doseže svojo končno obliko, ki je pripravljena za objavo ali uporabo.

Primeri digitalne izvedbe:

- Tiskanje 3D modela.
- Končna produkcija animiranega filma, ustvarjenega s programsko opremo, kot je After Effects (Splet 6) ali Maya.
- Izdelava fizičnega prototipa izdelka z uporabo CNC stroja.
- Kodiranje in lansiranje spletne strani, zasnovane med fazo digitalnega načrtovanja.
- Tiskanje vizitk, plakatov ali drugih tiskovin po končanem grafičnem oblikovanju.

Digitalno načrtovanje je zgodnja faza, osredotočena na ustvarjanje idej in vizualizacijo. Digitalna izvedba je kasnejša faza, kjer se načrt pretvori v fizično ali končno digitalno obliko. V digitalnem načrtovanju gre predvsem za uporabo programske opreme za oblikovanje in modeliranje, medtem ko digitalna izvedba zahteva uporabo strojne opreme (npr. tiskalniki, stroji) ali posebne programske rešitve za izdelavo (npr. programsko opremo za kodiranje ali tiskanje). Cilj digitalnega načrtovanja je ustvariti in izboljšati zasnovo, medtem ko je cilj digitalne izvedbe dejanska produkcija ali implementacija zasnove. Obe fazi sta ključni in pogosto tesno povezani. Načrt brez ustrezne izvedbe ostane le koncept, medtem ko brez skrbnega načrtovanja izvedba lahko postane neučinkovita ali neuspešna.

2. DODAJALNE TEHNOLOGIJE

Dodajalne tehnologije, tudi dodajalne proizvodne tehnologije (ang. Additive Manufacturing ali AM), so postopki, pri katerih se predmeti izdelujejo s postopnim dodajanjem materiala, pogosto plast za plastjo. V nasprotju s tradicionalnimi subtraktivnimi metodami (kjer se od materiala odvzema ali reže), dodajalne tehnologije omogočajo bolj učinkovito uporabo materialov, zmanjšanje odpadkov in izdelavo kompleksnih geometrij, ki bi bile s klasičnimi metodami težko izvedljive.

Na Sliki 1 so prikazani logotipi Zavoda za gradbeništvo Slovenije (ZAG), natisnjeni z različnimi tehnologijami, različnimi tiskalniki, s katerimi razpolagamo na ZAG.



Slika 1: Logotip ZAG, natisnjen z različnimi tiskalniki in različnimi materiali, Arhiv ZAG

2.1 Pregled ključnih dodajalnih tehnologij

V tem poglavju podajamo kratek pregled dodajalnih tehnologij. Podrobnejše opise in prikaze je mogoče najti v 3D-tisk (Muck, 2015 in Splet 7)

- 3D tiskanje (3D Printing)

Najbolj razširjena oblika dodajalne tehnologije je 3D tisk. 3D tisk vključuje različne metode, kjer se iz digitalnega modela (CAD) izdelajo fizični predmeti s postopnim nanašanjem materiala. Postopek je zelo prilagodljiv in se uporablja na številnih področjih. V 3D tisku se uporabljajo različni materiali: plastika (npr. PLA, ABS), kovine (npr. jeklo, titan), keramika, smola, bio-materiali, cementni materiali (malta, beton). 3D tisk se uporablja za izdelavo prototipov, izdelava končnih

izdelkov, medicinskih pripomočkov, v modni industriji, v avtomobilski in letalski industriji, gradbeništvu...

- Stereolitografija (SLA – Stereolithography)

SLA je eden prvih 3D tiskarskih procesov, ki je bil razvit. Deluje z uporabo ultravijolične (UV) svetlobe za utrjevanje tekoče smole (fotopolimerov) plast za plastjo. Postopek omogoča zelo visoko natančnost in gladke površine. Primerna je zgolj za fotopolimerne smole. Uporablja se za zelo natančno prototipiranje, dentalne aplikacije, modele za precizno litje.

- Selektivno lasersko sintranje (SLS – Selective Laser Sintering)

SLS uporablja laserski žarek za sintranje oziroma zlitje majhnih delcev materiala (npr. plastike ali kovine) v trden objekt. Material se nanaša v tankih plasteh in laser segreje ter stopi določena področja, da nastane končni izdelek. Najpogostejši materiali so plastika (npr. najlon), kovine, keramika. Uporablja se za industrijsko prototipiranje, proizvodnjo končnih izdelkov, medicinskih pripomočkov, v avtomobilski in letalski industriji.

- Tlačno nanašanje materiala (Fused Deposition Modeling)

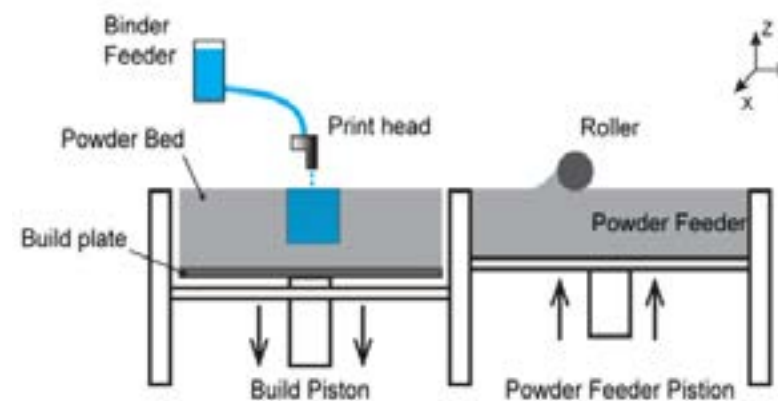
FDM je ena najbolj priljubljenih tehnik 3D tiskanja, zlasti v potrošniškem segmentu. Material (navadno plastika v obliki filamente) se segreje in stali, nato pa se nanese v plasteh, ki se strdijo ob ohlajanju. Za to tehnologijo so primerni plastika (npr. PLA, ABS, PETG) in ojačani polimeri. Uporaba: prototipiranje, izdelava funkcionalnih delov, izobraževalne aplikacije, hobi uporaba.

- Digitalno svetlobno procesiranje (DLP – Digital Light Processing)

DLP je podobno SLA, vendar namesto laserskega žarka uporablja projektor za osvetlitev in utrjevanje celotnih plasti tekoče smole naenkrat. DLP je znan po hitrejši izdelavi v primerjavi s SLA.

- Kapljično nanašanje (Binder Jetting)

Pri tej tehniki se tekoče vezivo selektivno nanaša na prah (npr. pesek, kovinski prah) za utrjevanje slojev, da ustvarja želeno strukturo. Po tiskanju se pogosto zahteva dodatna obdelava (npr. pečenje ali utrjevanje). Primerna je za izdelavo kovinskih delov, oblik za litje ali izdelavo arhitekturnih modelov iz kovin, peska, keramike in polimerov.



Slika 2: Shema tiskalnika za kapljično nanašanje, Arhiv ZAG

- Selektivno lasersko taljenje (SLM – Selective Laser Melting)

SLM je podobno SLS, vendar ta proces uporablja višje temperature za popolno taljenje delcev kovine. Rezultat so robustni in trdni kovinski deli z lastnostmi, primerljivimi s kovinskimi deli, izdelanimi s tradicionalnimi metodami, kot je litje. Primeren je npr. za izdelavo visoko zmogljivih industrijskih komponent ali medicinskih vsadkov iz kovin (npr. aluminij, titan, jeklo).

- Materialno brizganje (Material Jetting)

V tej tehniki se material (običajno fotopolimer) brizga skozi šobe podobno kot brizgalni tiskalnik in se nato utrjuje s svetlobo (UV). Material Jetting omogoča izjemno natančno izdelavo z možnostjo več barv in materialov. Ta tehnologija omogoča izdelavo zelo natančnih delov, prototipov, zobnih pripomočkov in orodij za litje iz fotopolimerov in voska.

- Neposredno lasersko sintranje kovin (DMLS - Direct Metal Laser Sintering)

DMLS je proces, ki uporablja laserski žarek za sintranje kovinskih prahov. Podobno kot SLM se uporabljajo kovinski materiali, vendar se pri DMLS delci ne stalijo povsem, ampak se zgolj zlepijo na molekularni ravni. Primeren je npr. za izdelavo visoko zmogljivih industrijskih komponent ali medicinskih vsadkov iz kovin (npr. aluminij, titan, zlitine jekla).

- Večmaterialno taljenje (MJF – Multi Jet Fusion)

MJF uporablja brizganje tekočih veziv in dodatnih agentov na prašne plasti materiala, ki se nato selektivno segrevajo z infrardečo svetlobo, da se material strdi in zlepi. Proces omogoča hitro izdelavo delov z dobrimi mehanskimi lastnostmi.

Prednosti dodajalnih tehnologij so:

- Manj odpadkov, ker se material dodaja po plasteh, se porabi le toliko materiala, kot je potrebno za izdelavo izdelka.
- Izdelava kompleksnih geometrij, ki bi jih bilo z drugimi tehnikami težko ali nemogoče izdelati.
- Prilagodljivost - hitro ustvarjanje prototipov in prilagajanje modelov brez velikih sprememb v proizvodnem procesu.
- Hitro prototipiranje - dodajalne tehnologije omogočajo hitreje testiranje in iteracije dizajnov.

Slabosti dodajalnih tehnologij:

- Počasna proizvodnja - za serijsko proizvodnjo je dodajalne tehnologija lahko počasnejša od tradicionalnih metod, kot sta brizganje ali litje.
- Omejena izbira materialov - čeprav se seznam materialov širi, še vedno obstajajo omejitve glede materialov, ki so na voljo za določene postopke.
- Kakovost površin - v nekaterih primerih (zlasti pri FDM) so lahko izdelki hrapavi ali imajo vidne plasti, kar zahteva dodatno obdelavo.

Dodajalne tehnologije so ključni del sodobne proizvodnje, saj omogočajo večjo prilagodljivost, zmanjšanje stroškov in hitrejši razvoj inovativnih izdelkov.

2.2 3D tiskanje anorganskih nekovinskih materialov

3D tiskanje anorganskih nekovinskih materialov je hitro razvijajoče se področje v dodajalni proizvodnji. To so materiali, ki vključujejo keramiko, steklo, beton, zemljino in druge podobne materiale. 3D tisk tovrstnih materialov ponuja široko paleto možnosti za industrije, kot so gradbeništvo, biomedicina, elektronika in inženiring. 3D tiskanje teh materialov omogoča ustvarjanje kompleksnih struktur in komponent z edinstvenimi lastnostmi, kot so visoka temperaturna odpornost, trdnost in kemična stabilnost.

Zanimanje za digitalno dodajalno tehnologijo, poljudno imenovano 3D tisk, je tudi v gradbeništvu v izjemnem porastu. To nakazuje število znanstvenih objav, ki je naraslo iz -25 v letu 2011 na preko 400 objav v letu 2021 (Ma al., 2022). V tem času je tehnologija napredovala od unikatnih tiskalnikov izdelanih v raziskovalnih laboratorijih do komercialno dostopnih tiskalnikov, ki so primerni za proizvodnjo na gradbišču in lahko tiskajo stavbe v naravni velikosti (Cobod, 2023; CyBe, 2023). ob globalnem pomanjkanju delovne sile v gradbeni industriji postaja 3D tiskanje vedno bolj zanimiva alternativa za izvajalce gradbenih del, sočasno pa omogoča izdelavo digitalno oblikovanih elementov z optimizirano geometrijo, kar znatno zmanjšuje porabo materiala (Wangler, 2023).

Beton, kot material katerega letna poraba predstavlja -80 % celotne svetovne porabe materialov (Ashby, 2012), je seveda v središču pozornosti za 3D tisk v gradbeništvu. Glede na svoje lastnosti je izjemno primeren za ekstruzijsko oblikovanje, saj je v svežem stanju plastičen in ga je možno iztisniti skozi šobo, po iztiskanju ohrani obliko in se v primernem času strdi v kompozit z dobro obstojnostjo in mehanskimi karakteristikami. Cement kot vezivo, ki je bistveno za navedene lastnosti betona, pa je moč uporabiti tudi za tehnologijo kapljičnega nanosa oz. selektivnega spajanja zrnatih materialov.

2.3 Selektivno spajanje zrnatih materialov

Selektivno spajanje zrnatih materialov je skupina dodajalnih tehnologij, ki vključujejo uporabo prahov (zrnatih materialov) za gradnjo tridimenzionalnih objektov plast za plastjo. Osnovni postopek temelji na selektivnem povezovanju ali sintranju teh zrnatih delcev v trdne strukture. Materiali so običajno v obliki prahu in se nanašajo v tankih plasteh, povezovanje pa se izvaja s pomočjo toplote (npr. laserjev) ali kemičnih veziv. Med najpogostejše tehnologije selektivnega spajanja zrnatih materialov spadata selektivno lasersko sintranje (SLS) in kapljični nanos (Binder Jetting). Te tehnologije se pogosto uporabljajo v industriji za izdelavo kompleksnih komponent iz različnih materialov, kot so kovine, keramika, polimeri in kompoziti, tudi cementni (mate, betoni).

Kapljični nanos (Binder Jetting) je tehnologija, kjer se prah selektivno povezuje z vbrizganjem veziva. Namesto laserskega segrevanja se uporablja tekoče vezivo, ki ga tiskalna glava natančno nanese na določena področja prašnega sloja, tako da se oblikuje željeni proizvod. Pri tem sta možni dve strategiji, in sicer (i) baza prahu sestoji iz prekursorja (veziva) ter, opcijsko, inertnega polnila (agregata), tekoča komponenta pa je aktivator (npr. voda), in (ii) baza prahu je inertna, tekoča komponenta pa vsebuje prekursor in aktivator, kot na primer cementna pasta. Izraz baza prahu je nekoliko zavajajoč, saj je možno to metodo uporabiti tudi z agregati, katerih zrna so večja od 1 mm. Tekočo komponento je možno nanašati kapljično ali z brizganjem, zato se za tovrstne tehnike pogosto uporablja tudi angleški izraz "binder-jetting".

Postopek kapljičnega nanosa zajema sledeče faze:

- Avtomatizirano se pripravi enakomerna plast prahu.
- Brizgalna glava selektivno nanese tekoče vezivo na površino plasti prahu v obliki izbranega modela, delci reagirajo z tekočim vezivom in ustvarijo trdno plast oz. debelino modela.
- Postopek je avtomatiziran in naprava tiska oz. nanaša plasti prahu.
- Po zaključku tiska se izdelek za povečanje stabilnosti in trdnosti pogosto utrdi ali sintra.

Prednosti selektivnega spajanja zrnatih materialov:

- Visoka natančnost - postopek omogoča izdelavo zelo

natančnih in kompleksnih oblik z dobrimi mehanskimi lastnostmi.

- Raznolikost materialov - zmožnost uporabe širokega spektra materialov, kot so keramika in različni kompoziti.
- Manj odpadkov - ker se material nanaša samo na območja, kjer je potreben, je poraba materiala optimizirana, kar pomeni manj odpadkov v primerjavi s tradicionalnimi metodami.
- Prilagodljivost - tehnologija omogoča prilagodljivost pri oblikovanju in izdelavi kompleksnih delov brez potrebe po dragih orodjih ali kalupih.

Izzivi selektivnega spajanja zrnatih materialov:

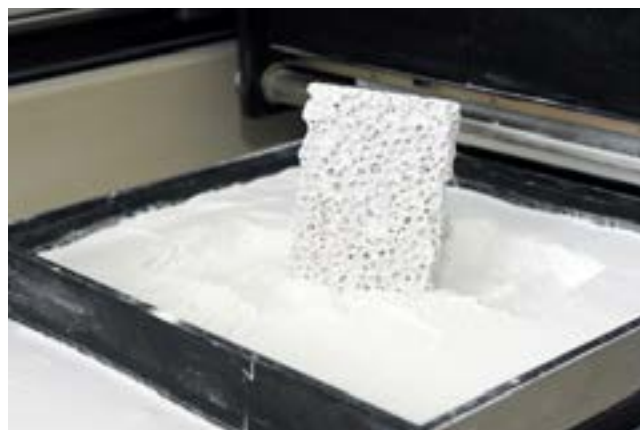
- Postprocesiranje - nekateri materiali po tisku potrebujejo dodatne postopke, kot so sintranje, strjevanje ali toplotna obdelava, da dosežejo končne mehanske lastnosti.
- Stroški - kljub zmanjšani porabi materiala so začetni stroški za opremo (tiskalniki, peči za sitiranje, sušilniki) in materiale še vedno visoki.
- Omejitve velikosti - izdelek je lahko večji kot je sama površina tiskalnika, kar pomeni, da se morajo večji deli tiskati v več segmentih in nato sestaviti.

Selektivno spajanje zrnatih materialov je revolucionarna tehnologija, ki odpira nove možnosti na področju inženiringa, industrije in celo umetnosti. Z napredkom na področju materialov in metod se obeti za širšo uporabo teh tehnologij še povečujejo.

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije razpolagamo z Binder Jetting tiskalnikom ZPrinter 310 proizvajalca Z Corporation. ZPrinter 310 uporablja različne prahove (npr. na osnovi sadre) in veziva na bazi vode in dodatkov (Korat, b.d.). Končne izdelke je mogoče utrditi s premazom ali impregnacijskimi sredstvi, da pridobijo večjo trdnost in trajnost. Ena od prednosti tega tiskalnika je, da omogoča tiskanje z prahovi ki vsebujejo barvila. S tem pa lahko predstavlja zanimivo nišo v arhitekturi, industrijskem oblikovanju in izobraževanju. Tiskalnik je znan po svoji hitrosti izdelave modelov.. ZPrinter 310 ima relativno majhen delovni volumen, ki meri približno 203 mm x 254 mm x 203 mm. To pomeni, da je tiskalnik primeren za izdelavo manjših prototipov in modelov.



Slika 3: Tiskalnik ZPrinter 310, fotografija: Arhiv ZAG



Slika 4: Primer objekta, natisnjenega s tiskalnikom ZPrinter 310, fotografija: Arhiv ZAG

2.4 Ekstruzijsko tiskanje

Ekstruzijsko tiskanje, znano tudi kot Fused Deposition Modeling (FDM) ali Fused Filament Fabrication (FFF), je ena izmed najbolj razširjenih metod 3D tiskanja, ki temelji na procesu ekstruzije materialov. Gre za dodajalno tehnologijo, kjer se material, običajno »plastična« nit (filament), nanese v slojih, da ustvari tridimenzionalni objekt. Šoba se premika v dveh dimenzijah (X in Y) in nanese stopljeni material v natančnih potezah, ki sledijo načrtovani geometriji prve plasti modela. Ko je prva plast dokončana, se gradbena plošča ali šoba premakne v višino (Z-os), nato se nanese naslednja plast. Vsaka nova plast se veže na prejšnjo. Ta proces se ponavlja, dokler ni natisnjen celoten objekt.

Ekstruzijsko tiskanje (FDM/FFF) je ena najbolj dostopnih in enostavnih tehnologij 3D tiskanja, kar je ključni razlog za njeno široko uporabo tako med domačimi kot industrijskimi uporabniki. Njegova zmožnost uporabe širokega spektra materialov in možnost tiskanja kompleksnih geometrij ga naredi zelo vsestranskega, vendar je zaradi vidnih plasti in omejene natančnosti včasih potrebna dodatna obdelava za doseganje zelenih rezultatov. Zaradi enostavnosti uporabe je FDM idealen za učne laboratorije in šole, kjer se študenti lahko naučijo osnov 3D tiskanja.

Prednosti ekstruzijskega tiskanja:

- Enostavna in cenovno dostopna tehnologija: FDM/FFF tiskalniki so pogosto poceni in enostavni za uporabo, kar je eden od razlogov, zakaj so tako priljubljeni pri domačih uporabnikih, proizvajalcih in izobraževalnih ustanovah.
- Raznolikost materialov: na voljo je širok spekter

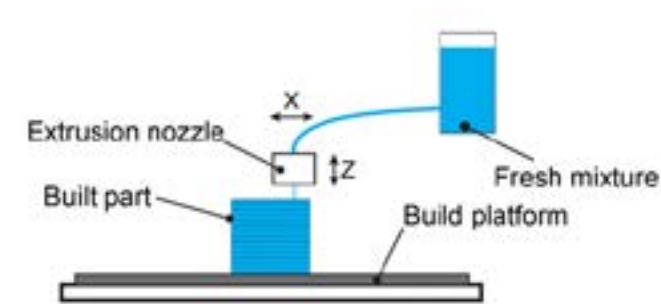
termoplastičnih filamentov različnih lastnosti, kot so fleksibilnost, trdnost, kemična odpornost, toplotna odpornost, kar omogoča tiskanje različnih predmetov glede na potrebe.

- Možnost prilagajanja: ekstruzijsko tiskanje omogoča prilagodljivost pri tiskanju kompleksnih geometrij, prilagajanje gostote polnila znotraj modela (uporaba votlih struktur za prihranek materiala) in uporabo več barv ali materialov, če tiskalnik to podpira.

- Enostavno vzdrževanje in popravila: FDM tiskalniki so preprosti za vzdrževanje in popravila, saj imajo manj premikajočih se delov v primerjavi z nekaterimi drugimi vrstami 3D tiskalnikov.

Slabosti ekstruzijskega tiskanja:

- Vidne plasti: ker se objekt izdeluje plast za plastjo, so včasih vidne slojne črte, kar lahko vpliva na gladkost površine. Za boljše rezultate je potrebno dodatno postprocesiranje, kot je brušenje ali poliranje.
- Natančnost: natančnost ekstruzijskega tiskanja je nižja v primerjavi z drugimi tehnologijami, kot sta stereolitografija (SLA) ali selektivno lasersko sintranje (SLS). Debelina plasti in širina šobe omejujeta ločljivost, kar lahko vpliva na zelo fine podrobnosti.
- Hitrost: ekstruzijsko tiskanje je relativno počasno, saj se mora material nanašati sloj za slojem. Tiskanje večjih modelov ali modelov z visoko ločljivostjo lahko traja več ur ali celo dni.
- Podporne strukture: pri tiskanju objektov s previsi ali kompleksnimi geometrijami je pogosto treba dodajati podporne strukture, ki jih je po tiskanju treba odstraniti. To povečuje količino porabljenega materiala in zahteva dodatno postprocesiranje



Slika 5: Shema ekstruzijskega tiskalnika, arhiv ZAG

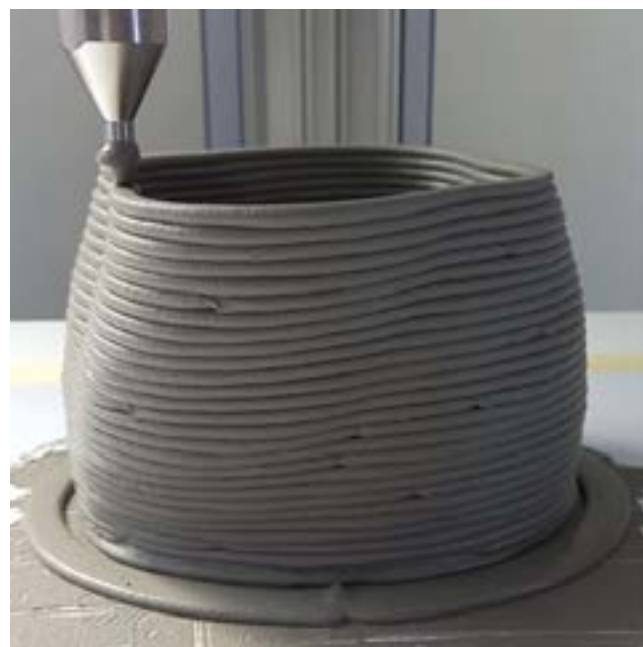
Na Zavodu za gradbeništvo razpolagamo z dvema tiskalnikoma za ekstruzijsko tiskanje: Delta WASP 40100 in po naročilu sestavljeno robotsko postajo. Delta WASP 40100 je 3D tiskalnik zasnovan posebej za tiskanje manjših objektov iz različnih materialov, vključno keramiko, plastiko, biomateriale, glino in cementno pasto. WASP (World's Advanced Saving Project) je italijansko podjetje, znano po svojih inovativnih rešitvah za 3D tiskanje velikih struktur, predvsem v industrijskih in umetniških aplikacijah. Delta WASP 40100 ima tiskalno prostornino z višino do 1000 mm in premerom do 400 mm. To omogoča tiskanje manjših velikih objektov v enem kosu, kar je primerno za industrijsko proizvodnjo, arhitekturo, oblikovanje pohištva ali umetniške projekte. Tiskalnik zagotavlja izjemno natančnost in kakovost tiska, pri čemer ima ločljivost tiska približno 100 mikronov (0,1 mm). Ima delta kinematično zasnovano, kar pomeni, da se tiskalna glava premika znotraj konstrukcije s tremi navpičnimi stebri, kar zagotavlja hitro in natančno tiskanje. Zaradi delta zasnove in zanesljive mehanike je Delta WASP 40100 zelo hiter, kar omogoča proizvodnjo večjih kosov v relativno kratkem času. WASP-ovi tiskalniki so opremljeni z napredno programsko opremo za nadzor nad parametri tiskanja, kar omogoča natančno prilagajanje nastavitvev za vsak material in projekt. Tiskalnik, s katerim razpolagamo na ZAGu ima dve zamenljivo tiskalni glavi, in sicer a) gravitacijsko glavo za tiskanje mešanic na bazi cementa in b) kompresijsko glavo za tiskanje z glinenimi materiali. Serija šob različne velikosti omogoča ekstruzijo 2 do 10 mm širokih filamentov z maksimalnim zrnem agregata 1 mm. Vmesnik omogoča enostavno uporabo, spremljanje tiskanja v realnem času in prilagoditve brez potrebe po ustavljanju tiskanja. Ena glavnih prednosti Delta WASP 40100 je možnost uporabe različnih tiskalnih glav, kar omogoča tiskanje z različnimi materiali. Na Zavodu za gradbeništvo ta tiskalnik uporabljamo pred-

vsem za tiskanje z glino in cementno pasto. Tiskalnik je izdelan iz robustnih materialov, kar zagotavlja stabilnost pri tiskanju velikih in težkih objektov. Zasnova je prilagojena za natančno tiskanje tudi pri dolgih tiskalnih ciklih. Velikost in prilagodljivost Delta WASP 40100 omogočata umetnikom in oblikovalcem, da ustvarjajo skulpture, pohištvo in unikatne oblikovalske kose iz različnih materialov. Zlasti je priljubljen za tiskanje z glino in drugimi naravnimi materiali.



Slika 6: Ekstruzijski tiskalnik WASP 40100, fotografija: Arhiv ZAG

Robotska postaja, s katero razpolagamo na ZAGzu je bila iz komponent različnih proizvajalcev izdelana in skonfigurirana po naročilu in ni standardni proizvod nekega proizvajalca tiskalnikov. Osrednja komponente robotske postaje je robotska roka KUKA KR 240 R2 700 s šestimi prostostnimi stopnjami, dosegom 2,7 m in nosilnostjo 240 kg. Tiskalna glava je fiksna in sestoji iz vertikalne šobe okroglega prereza in je torej primerna za 1K mešanice s srednje plastično konsistenco. Dovajanje materiala direktno na šobo poteka s črpalko MAI 2PUMP Pictor 3D, s kapaciteto 1, 2 do 9,0 l/min in zalogovnik prostornine 33 l. Črpalka je deklarirana



Slika 7: Objekt natisnjen z ekstruzijskim tiskalnikom WASP 40100, fotografija: Arhiv ZAG

za materiale z maksimalnim zrnem 2 mm. Iztisnjeni filament ima širino 15 do 50 mm, odvisno od mešanice, hitrosti črpalke in hitrosti pomika glave. Fromntalno postavljena miza za tiskanje ima površino 2,7 x 1,5 m, tiskanje pa je možno tudi bočno na levi in desni strani. Robotsko postajo uporabljamo za tiskanje tako glinenih, kot cementnih materialov.



Slika 8a: Elementi ekstruzijskega tiskalnika: črpalka, fotografija: Arhiv ZAG



Slika 8b: Elementi ekstruzijskega tiskalnika ZAG: robotska roka, fotografija: Arhiv ZAG

2.5 Ekstruzijsko tiskanje cementnih materialov

Oblikovanje betona z ekstruzijo ni noviteta, saj se ekstrudiranje svežega betona v gradbeni proizvodnji že desetletja uporablja v tehnologiji drsnih opažev (ang. »slip-forming« ali tudi »sliding formwork«). Novost je v povezovanju ekstruzijskih tehnik z digitalno vodenimi nosilnimi sistemi, po katerih pogosto razlikujemo ekstruzijske tiskalnike. Najpogostejša sistema sta portalni sistem s tremi prostostnimi stopnjami in artikulirana robotska roka s šestimi prostostnimi stopnjami. Na nosilnem sistemu je nameščena tiskalna glava, katere centralni del je ekstruzijska šoba. Dovajanje materiala na šobo poteka s črpalko, na nekaterih laboratorijskih tiskalnikih pa tudi v zalogovnik na tiskalni glavi. Možna je tudi kombinacija obeh sistemov, kjer črpalka dovaja material v manjši zalogovnik na tiskalni glavi, kar po eni strani omogoča boljšo kontrolo iztekanja materiala pri prekinjenih linijah ter dodajanje komponent, kot so pospešila. Kontrolo iztekanja in mešanje komponent omogoča polžasti vijak, ki material potiska iz zalogovnika skozi šobo. Pri razvoju tiskalne glave je treba najprej proučiti strategijo zagotavljanja stabilnosti sveže tiskanega 3D izdelka, saj dodajanje slojev lahko povzroči deformacije zaradi poseda naloženih slojev svežega betona ali pa povzroči uklonsko porušitev. Stabilnost izdelka



Slika 9: Primera slip-forming gradnje betonske varnostne ograje, pridobljeno z: https://www.gomaco.com/resources/commander_4t_barrier.html

se pri tako imenovanih enokomponentnih (1K) sistemih zagotavlja s sestavo mešanice, in sicer tako, da je beton bodisi trdo plastičen, bodisi tiksotropen. Pri dvokomponentnih (2K) sistemih pa potrebujemo na tiskalni glavi nastavek za doziranje pospešila in mehanizem za mešanje obeh komponent. V odvisnosti od izbrane strategije se izbere oblika šobe. Za 1K trdoplastične materiale so bolj primerne šobe s pravokotnim prerezom,

medtem ko 1K tiksotropni materiali in 2K sistemi omogočajo širši izbor šob, a se najpogosteje uporablja šoba okroglega prereza. Za tiskanje ukrivljenih elementov s pravokotno šobo je potrebna vgradnja vrtljive glave, medtem ko je z okroglo šobo moino tiskati ukrivljene linije z nepremično glavo. Na Sliki 1 je grafično prikazana povezava med strategijo tiskanja in izbiro elementov tiskalne glave.



Slika 10: Strategija tiskanja in izbira elementov tiskalne glave.

3. GEOMETRIJSKO OBLIKOVANJE ZA 3D TISK

Geometrijsko oblikovanje za 3D tiskaje je proces ustvarjanja tridimenzionalnih modelov, ki temeljijo na matematičnih in geometrijskih principih. Pri oblikovanju za 3D tisk je treba posebno pozornost posvetiti geometrijskim lastnostim, kot so pravilna topologija, dimenzije, razmerja, debelina sten in optimizacija modela za specifično tehnologijo 3D tiskanja. Uporaba pravilne geometrije je ključna za uspešen tisk, saj lahko nepravilnosti povzročijo težave pri tiskanju ali pri funkcionalnosti natisnjenega objekta. Ključni vidiki geometrijskega oblikovanja za 3D tisk, na katere moramo biti pozorni, so: geometrija modela mora biti zaprta in brez napak. To pomeni, da model ne sme imeti odprtih, lukenj ali prekrivajočih se ploskev (ang. manifold geometry), saj bi lahko to povzročilo napake pri tisku. V programski opremi za 3D modeliranje je pomembno preveriti in popraviti vse morebitne napake v topologiji pred izvozom modela v format, ki je združljiv z 3D tiskalnikom, kot je STL.

Debelina sten je eden najpomembnejših dejavnikov pri geometrijskem oblikovanju za 3D tisk. Če so stene preveč tanke, lahko med tiskanjem počijo ali se sploh ne natisnejo pravilno. Po drugi strani pa predebele stene povečajo čas tiskanja in porabo materiala. Pravilna debelina sten je odvisna od vrste materiala in tehnologije tiskanja. 3D tiskalniki imajo omejitve glede ločljivosti in natančnosti. Če geometrija vsebuje premajhne podrobnosti, ki so manjše od zmožnosti tiskalnika, se te ne bodo pravilno natisnile. Pri oblikovanju je pomembno preveriti, ali so podrobnosti modela dovolj velike, da jih bo tiskalnik lahko natančno reproduciral. Višja ločljivost tiskanja (tanjše plasti) omogoča boljše podrobnosti, vendar poveča čas tiskanja.

Geometrija modelov za 3D tisk mora upoštevati naravo tiskanja sloj za slojem. Previsi (deli modela, ki nimajo podpore pod sabo) so eden izmed izzivov pri oblikovanju. Če ima model preveč previsne dele, bo potrebno dodati podporne strukture, ki tiskalniku omogočajo izdelavo teh delov. Pri oblikovanju je priporočljivo minimizirati previse in upoštevati smer tiskanja, da zmanjšamo potrebo po podpornih strukturah, saj te povečujejo porabo materiala in zahtevajo dodatno obdelavo po tisku. Če oblikujete premične dele (npr. tečaje, zobnike ali vgrajene mehanizme), je treba upoštevati dovolj velik

razmik med deli, da se lahko prosto gibljejo. Običajno je priporočljivo imeti vsaj 0,5 mm razmika med dvema gibljivima površinama. Premični deli se morajo oblikovati tako, da se izognejo zlitju med seboj med tiskom, kar bi onemogočilo gibanje.

Pri oblikovanju večjih geometrijskih oblik je včasih smiselno izprazniti notranjost modela (ang. hollowing), da prihranimo material in čas tiskanja. Votli modeli so lažji in bolj ekonomični za tiskanje. Pomembno je dodati odprtine ali luknje za izpust materiala, še posebej pri tehnologijah, kot je SLA, kjer se uporablja tekoča smola, saj brez teh lukenj smola ne more iztekati.

Ena od pomembnih tehnik geometrijskega oblikovanja je uporaba rešetkastih ali celičnih struktur v notranjosti modela. Te strukture zagotavljajo trdnost modela z minimalno količino materiala. Programska oprema omogoča ustvarjanje notranjih struktur, ki omogočajo optimizacijo porabe materiala brez zmanjšanja trdnosti objekta. Uporablja se predvsem v industrijskih aplikacijah za zmanjšanje teže komponent.

Simetrija in ponavljajoči se vzorci so lahko ključni elementi geometrijskega oblikovanja za 3D tisk. S simetričnimi oblikami je mogoče poenostaviti proces oblikovanja in optimizirati model za hitrejši tisk. Geometrijska zasnova, ki temelji na simetriji, lahko izboljša stabilnost in funkcionalnost izdelka. Ponavljajoči se vzorci, kot so celične ali rešetkaste strukture, prav tako izboljšajo učinkovitost materiala.

Oblikovalci pogosto vključujejo povezave, kjer se deli modela lahko zaskočijo skupaj brez uporabe lepil ali vijakov. Te povezave zahtevajo natančno geometrijo, saj je treba predvideti natančen razmik in fleksibilnost materiala, da se deli povežejo pravilno. Taki modeli so še posebej uporabni pri oblikovanju prototipov, sestavljenih iz igračk ali industrijskih komponent.

Za geometrijsko oblikovanje lahko uporabljamo programska orodja, kot so CAD (Computer-Aided Design) orodja SolidWorks, Fusion 360 in TinkerCAD (Splet 8). Blender je orodje za bolj organsko modeliranje in je odlična izbira za oblikovanje kompleksnih geometrij, kjer ni potrebna popolna tehnična natančnost ali Mesh-mixer, primeren za urejanje in popraviljanje 3D modelov, ustvarjanje podpornih struktur in votlih modelov ter optimizacijo geometrije.

Geometrijsko oblikovanje za 3D tisk zahteva natančno poznavanje matematičnih principov, pravilne topologije in omejitev same tehnologije tiskanja. Oblikovalci morajo upoštevati pravilno debelino sten, previse, detajle, gibljive dele in notranje strukture, da zagotovijo uspešen in učinkovit tisk. Z uporabo ustreznih tehnik in orodij je mogoče ustvariti zelo kompleksne in funkcionalne modele, ki ustrezajo specifikam 3D tiskalnika in izbranega materiala.

3.1 Grafično oblikovanje

Grafično oblikovanje za 3D tisk se osredotoča na ustvarjanje digitalnih 3D modelov, ki jih je mogoče fizično natisniti s 3D tiskalnikom. Proces vključuje uporabo programske opreme za tridimenzionalno modeliranje ter poznavanje posebnosti tehnologije 3D tiskanja. Da bi bil 3D model primeren za tiskanje, je treba upoštevati več tehničnih in oblikovalskih dejavnikov, kot so geometrija modela, debelina sten, uporaba podpornih struktur, materiali, itd.

Koraki grafičnega oblikovanja za 3D tisk so: Izbira prave programske opreme za 3D modeliranje: npr. TinkerCAD (enostavno za začetnike), Blender (brezplačno in vsestransko orodje), Fusion 360 (CAD program, ki je primeren za tehnične modele), SketchUp, ZBrush (za kompleksno oblikovanje organskih oblik in skulptur).

Uporaba pravilnega formata datotek, pri čemer je najpogostejše uporabljen format za 3D tiskanje je STL (Standard Tessellation Language), ki vsebuje informacije o površinski geometriji 3D objekta brez barvnih ali teksturnih informacij. Drugi možni formati so OBJ, 3MF in AMF.

Sledi oblikovanje s pravilnimi dimenzijami, saj je pri 3D tiskanju pomembno natančno določiti merilo in dimenzije modela, da bi zagotovili objekt natisnjen v željeni velikosti. Programska orodja omogočajo merjenje dimenzij, zato je pomembno, da pred tiskom preverimo, ali so te pravilne. Debelina sten modela je ključna. Preveč tanke stene lahko povzročijo lomljivost ali težave pri tiskanju, medtem ko preveč debele stene povečajo porabo materiala in podaljšajo čas tiskanja. Različni tiskalniki in materiali imajo različne minimalne debeline sten, zato je treba to preveriti glede na specifikacije tiskalnika in filamenta, ki se uporablja.

Pri oblikovanju modelov za 3D tiskanje je pomembno upoštevati previse in podpore. Če ima model dele, ki nimajo neposredne podpore pod sabo (npr. vodoravni deli ali previsi), jih bo treba podpreti z dodatnim materialom, ki ga tiskalnik ustvari in ga je treba kasneje odstraniti. Pravilno oblikovanje lahko pomaga zmanjšati potrebo po podporah, na primer z izogibanjem previsom večjim od določenega kota (običajno več kot 45°).

Natančnost in podrobnosti, ki jih model vsebuje, so odvisne od ločitve plasti (ang. layer resolution) tiskalnika. Če so detajli modela premajhni v primerjavi z zmožnostmi tiskalnika, se morda ne bodo dobro natisnili. Ločljivost tiskalnika se običajno meri v mikronih, npr. 100 mikronov (0,1 mm) debeline posamezne plasti.

Različni materiali, ki se uporabljajo pri 3D tiskanju (npr. PLA, ABS, PETG, TPU, glineni in cementni materiali), imajo različne lastnosti, kot so trdota, fleksibilnost, odpornost na toploto itd. Oblikovalec mora razumeti, kako se bo izbrani material obnašal in prilagoditi model glede na materialne omejitve. Nenazadnje, pomembna je tudi cena, saj so npr. kovinski materiali bistveno dražji od ostalih. Oblikovalec mora najti tudi ravnovesje med kakovostjo natisnjenega modela, časom tiskanja in porabo materiala. Uporaba votlih struktur znotraj modela ali manjše gostote polnila lahko znatno zmanjša čas tiskanja in količino potrebnega materiala, kar je pomembno pri večjih modelih.

Pred tiskanjem je pametno uporabiti programsko orodje za preverjanje morebitnih napak v modelu, kot so luknje v površini, napake v geometriji ali nepravilnosti. Na voljo so orodja, kot je Netfabb (Splet 9, Splet 10), ki omogočajo samodejno popravilo modelov. Prav tako je mogoče z nižjo kakovostjo natisniti prototip, da se preverijo ključni elementi pred končnim tiskom.

Po tiskanju je pogosto potrebno postprocesiranje, ki vključuje odstranjevanje podpor, brušenje, glajenje površin in barvanje. Oblikovalec lahko vnaprej načrtuje, katere dele modela bo potrebno obdelati po tiskanju, da zagotovi najboljšo kakovost končnega izdelka.

Grafično oblikovanje za 3D tisk zahteva natančno poznavanje programskih orodij za 3D modeliranje in zmožnosti 3D tiskalnikov. Upoštevanje materialnih lastnosti, tehničnih omejitev, debeline sten, podpor in drugih dejavnikov omogoča oblikovalcu ustvarjanje

kakovostnih modelov, ki jih je mogoče učinkovito in natančno natisniti. Ta proces odpira veliko novih možnosti v industriji, umetnosti in izobraževanju, kar omogoča hitrejšo prototipiranje, izdelavo kompleksnih geometrij in prilagojenih izdelkov.

Autodesk Maya (Splet 11) je eno najbolj priljubljenih in vsestranskih programskih orodij za 3D modeliranje, animacijo, vizualne učinke (VFX) in renderiranje, ki se pogosto uporablja v industrijah, kot so film, videoigre, arhitektura, industrijsko oblikovanje, vizualizacije in reklame. Zlasti je cenjen zaradi svojih naprednih orodij za ustvarjanje kompleksnih 3D modelov, animacijskih funkcij in simulacij.

Maya ponuja nabor orodij za poligonalno modeliranje, ki omogočajo ustvarjanje zelo podrobnih in kompleksnih 3D oblik. S pomočjo teh orodij lahko grafični oblikovalci in 3D umetniki izdelujejo predmete, like, okolja in druge elemente za vizualizacije in animacije. Poleg poligonskega modeliranja Maya omogoča delo z NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) in Sub-division Surfaces, kar omogoča ustvarjanje gladkih in natančnih površin, pogosto uporabljenih pri oblikovanju izdelkov in industrijskem oblikovanju. Zaradi možnosti 3D animacije, vizualnih učinkov, oblikovanja tekstur in osvetlitev ter renderiranja ter drugih naprednih funkcij, je Maya priljubljeno orodje v filmski in TV industriji ter industriji videoiger.

ZBrush (Splet 12) je visoko specializirano orodje za digitalno kiparjenje in 3D modeliranje, ki se pogosto uporablja v industriji vizualnih efektov, videoiger, industrijskega oblikovanja, animacije ter umetnosti. Njegova glavna prednost je zmožnost ustvarjanja zelo podrobnih modelov z uporabo metod, ki posnemajo tradicionalno kiparjenje, kar oblikovalcem omogoča intuitivno delo z modeli, kot da bi delali z glino. ZBrush je izjemno priljubljen med umetniki, ki ustvarjajo organske oblike, kot so 3D modeli likov, pošasti, anatomskih struktur in drugih kompleksnih, podrobnih modelov. Zaradi svoje zmogljivosti pri delu s podrobnostmi se ZBrush pogosto uporablja v kombinaciji z drugimi 3D programi, kot sta Maya in Blender.

3.2 Semiparametrično oblikovanje

Semiparametrično oblikovanje za 3D tiskanje je pristop, ki združuje elemente tako parametričnega kot tudi tradicionalnega ročnega oblikovanja, pri čemer oblikovalec

uporablja delno določene parametre za nadzor nekaterih vidikov modela, vendar hkrati ohranja ročno manipulacijo drugih elementov. To omogoča večjo kreativno svobodo kot popolnoma parametrični pristopi, medtem ko še vedno ohranja prednosti prilagodljivosti, ki jo ponuja parametrično oblikovanje. Pri parametričnem oblikovanju so vse lastnosti modela določene s parametri, ki jih lahko spremenimo, model pa se samodejno prilagodi glede na te parametre. V nasprotju s tem semiparametrično oblikovanje ohranja nekatere lastnosti modela fiksne ali ročno določene, kar daje oblikovalcu večjo kontrolo nad posebnimi podrobnostmi modela.

Ključne značilnosti semiparametričnega oblikovanja so:

- Delna uporaba parametrov: pri semiparametričnem oblikovanju se določeni deli modela generirajo ali prilagajajo na podlagi parametrov (npr. dimenzije, oblika), medtem ko se drugi deli modela ustvarijo ročno ali se parametri nanje ne nanašajo. Ta pristop omogoča hitro prilagajanje določenih lastnosti modela, medtem ko so specifični detajli ustvarjeni bolj individualno. Na primer: v 3D tiskanju lahko osnovna oblika objekta (kot je škatla ali okvir) temelji na parametričnih vrednostih, medtem ko se okraski, texture ali drugi detajli oblikujejo ročno.

- Omogoča večjo prilagodljivost oblikovalcu, saj omogoča združevanje avtomatizacije in kreativne manipulacije. To je še posebej koristno, kadar je treba ustvariti modele z visoko stopnjo detajlov, ki bi bili s popolnoma parametričnim oblikovanjem preveč rigidni ali omejeni. Oblikovalec ima tako večjo kreativno svobodo pri ustvarjanju unikatnih ali kompleksnih oblik, medtem ko še vedno izkorišča prednosti parametrične prilagodljivosti za ponavljajoče se ali simetrične elemente. Je zelo primeren za oblikovanje unikatnih izdelkov ali omejenih serij izdelkov, kjer je potrebno določene dele modela prilagajati ročno, na primer pri oblikovanju nakita, umetnosti ali arhitekturnih elementov. To omogoča večjo personalizacijo in umetniško svobodo. Na primer, pri izdelavi nakita lahko osnovno obliko (npr. prstan) nadzirajo parametri, medtem ko je zapletena ornamentacija ali gravura ustvarjena ročno.

Pri 3D tiskanju je semiparametrično oblikovanje uporabno za optimizacijo oblikovanja glede na specifične zahteve proizvodnje, kot so materialne lastnosti, dimenzijske omejitve, uporaba podpore in minimizacija materiala. Parametrično oblikovanje lahko pomaga pri

nadzoru teh tehničnih aspektov, medtem ko se vizualni elementi prilagajajo bolj ustvarjalno. Parametri se lahko uporabijo za nadzor debeline sten, porabe materiala ali kompleksnosti podpornih struktur, medtem ko se oblikovalec osredotoča na estetske vidike modela.

Semiparametrično oblikovanje omogoča kombinacijo ročnega modeliranja in algoritmičnega oblikovanja, kar je koristno pri ustvarjanju kompleksnih struktur, kjer je treba določene dele modela natančno kontrolirati, medtem ko drugi deli sledijo določenim algoritmičnim pravilom ali omejitvam. Na primer, v arhitekturi se lahko uporablja za oblikovanje stavb, kjer so določeni elementi (kot so okna ali strehe) parametrično zasnovani glede na višino stavbe, medtem ko so detajli fasade oblikovani ročno.

Prednosti semiparametričnega oblikovanja v 3D tisku so:

- hitro prilagajanje osnovnih parametrov,
- kreativna svoboda,
- personalizacija,
- optimizacija za proizvodnjo.

Semiparametrično oblikovanje združuje najboljše iz sveta parametričnega oblikovanja in ročnega oblikovanja, kar omogoča večjo prilagodljivost in kreativnost v oblikovalskih procesih. Še posebej je uporabno v 3D tiskanju, kjer je pogosto potrebna optimizacija modelov za proizvodnjo, hkrati pa se ohranja visoka stopnja estetske in funkcionalne svobode.

Autodesk Fusion 360 (Splet 13) je zmogljivo orodje za 3D modeliranje, ki omogoča različne tehnike oblikovanja, vključno s semiparametričnim oblikovanjem. Gre za eno najbolj priljubljenih orodij za oblikovalce, inženirje in ustvarjalce, saj združuje orodja za parametrično oblikovanje, ročno modeliranje, CAD/CAM funkcionalnosti ter simulacije na enem mestu. Fusion 360 je odličen za semiparametrično oblikovanje zaradi svoje prilagodljivosti, ki omogoča uporabo parametrov za določene lastnosti modelov, hkrati pa omogoča ročno prilagajanje drugih elementov. Omogoča združevanje prednosti parametričnega modeliranja z ročnim prilaganjem, kar je ključnega pomena za ustvarjanje unikatnih in prilagodljivih modelov. Omogoča učinkovito oblikovanje kompleksnih geometrij, hkrati pa ohranja enostavno prilagajanje tehničnih vidikov modela. V kontekstu 3D tiskanja je Fusion 360 še posebej uporaben, saj omogoča tako natančno tehnično optimizacijo

kot kreativno svobodo pri oblikovanju. Rhinoceros 3D (Splet 5), ali preprosto Rhino, je zelo priljubljeno orodje za 3D modeliranje, ki omogoča izjemno natančno ustvarjanje kompleksnih oblik, predvsem z uporabo NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) geometrije. Z dodatkom vtičnika Grasshopper postane Rhino še posebej zmogljiv pri parametričnem oblikovanju, kar ga naredi uporabnega tudi za semi-parametrično oblikovanje. Rhino 3D v kombinaciji z Grasshopperjem je odlično orodje za semi-parametrično oblikovanje, saj omogoča združitev natančnosti parametričnih geometrij s svobodo ročnega oblikovanja.

3.3 Parametrično oblikovanje

Parametrično oblikovanje za 3D tisk je pristop, kjer se geometrija modela določi s pomočjo parametrov in pravil, namesto da bi bila ustvarjena neposredno s prostoročno manipulacijo. To pomeni, da se lastnosti modela, kot so dimenzije, oblike in razmerja, določijo z nastavljenimi parametri, ki jih lahko kasneje prilagajate, kar omogoča hitro spreminjanje in optimizacijo modelov za različne potrebe. Ta način oblikovanja je izjemno uporaben v kontekstu 3D tiskanja, saj omogoča enostavno iteracijo in optimizacijo modelov.

Kako deluje parametrično oblikovanje za 3D tisk?

Pri parametričnem oblikovanju določite parametre (kot so dolžina, širina, višina, kot, debelina stene itd.), ki določajo geometrijske značilnosti modela. Ti parametri so lahko preprosti (kot dimenzije osnovnih oblik) ali bolj kompleksni (kot npr. matematične enačbe za oblikovanje vzorcev). Z nastavitvijo parametrov lahko hitro prilagodite model. Na primer, lahko preprosto spremenite velikost modela ali prilagodite debelino sten z nekaj kliki brez ponovnega modeliranja.

Parametrično oblikovanje pogosto vključuje uporabo algoritmov za definiranje pravil, po katerih se model generira. To omogoča ustvarjanje kompleksnih vzorcev, struktur ali ponavljajočih se elementov, ki jih je težko ročno modelirati. Na primer, lahko ustvarite rešetkasto strukturo, kjer se vsaka enota prilagaja glede na okoliške enote, kar bi bilo zelo zamudno ročno modelirati, medtem ko z algoritmično metodo to naredite z enostavnim prilaganjem parametrov.

Parametrično oblikovanje omogoča hitro iteracijo modela. Ko določite začetne parametre, jih lahko prilagodite in takoj vidite, kako spremembe vplivajo na celoten model. To je še posebej uporabno pri 3D tisku, kjer lahko spremembe dimenzij ali materialnih lastnosti vplivajo na uspešnost tiskanja. Iterativni proces je ključen pri prilagajanju modela glede na omejitve 3D tiskanja, kot so toleranca, podporne strukture, poraba materiala in trajanje tiskanja.

Parametrično oblikovanje pogosto vključuje uporabo generativnega oblikovanja, kjer algoritmi na podlagi določenih vhodnih podatkov (npr. obremenitve, materiali, omejitve) ustvarijo optimalno obliko. To je zelo koristno za 3D tisk, kjer lahko optimizirate obliko za manjšo težo, večjo trdnost ali minimalno porabo materiala. Na primer, lahko ustvarite lahke, a trdne strukture (kot so topološko optimizirane rešetke), ki se uporabljajo v inženirskih aplikacijah.

Prednosti parametričnega oblikovanja za 3D tisk so:

- prilagodljivost in hitrost,
- optimizacija za tisk,
- učinkovita iteracija,
- generiranje kompleksnih oblik,
- topološka optimizacija.

Izzivi parametričnega oblikovanja za 3D tisk so:

- učenje in kompleksnost,
- časovna zahtevnost,
- mejne zmogljivosti tiskalnikov.

Parametrično oblikovanje je močno orodje za 3D tisk, saj omogoča ustvarjanje prilagodljivih, natančnih in kompleksnih modelov. S pravilno uporabo parametrov in algoritmov lahko oblikovalci hitro prilagajajo modele, optimizirajo strukture in ustvarjajo napredne geometrije, ki so idealne za 3D tiskanje.

Najbolj znana orodja za parametrično oblikovanje za 3D tisk so:

1. Grasshopper, ki deluje znotraj Rhino 3D. Uporabniki ustvarjajo geometrijo s pomočjo »vozlišč«, ki določajo odnose med elementi modela. Ti odnosi temeljijo na vhodnih parametrih, ki jih lahko kadarkoli prilagodite. Grasshopper omogoča ustvarjanje kompleksnih, ponavljajočih se vzorcev, ki jih lahko optimizirate za 3D tisk. V nasprotju s tradicionalnim 3D modeliranjem, kjer

so oblike določene s točkami, ploskvami in krivuljami, Grasshopper omogoča oblikovanje na podlagi matematičnih funkcij in povezovanja podatkov. To pomeni, da lahko oblikovalci spreminjajo parametre (kot so dolžine, koti, debeline) in Grasshopper samodejno prilagodi model.

Grasshopper uporablja vizualni programski vmesnik, kjer uporabniki ne pišejo tradicionalne kode, temveč s pomočjo grafičnih blokov (komponent) povezujejo različne funkcije in parametre. Vsaka komponenta predstavlja določen matematični, geometrijski ali logični proces. To omogoča uporabnikom, tudi tistim brez izkušenj s programiranjem, da ustvarjajo kompleksne modele.

Ena ključnih prednosti Grasshopperja je možnost ustvarjanja parametričnih modelov. Parametrični modeli so tisti, kjer uporabnik določi spremenljivke, kot so dimenzije, oblike ali vzorci, nato pa lahko te spremenljivke dinamično spreminja. Grasshopper prilagodi model glede na te parametre brez potrebe po ponovnem ročnem modeliranju. Na primer, arhitekt lahko nastavi določene dimenzije zgradbe, nato pa spreminja te dimenzije in opazuje, kako se model samodejno prilagodi. Med drugim je Grasshopper je zasnovan za algoritmčno oblikovanje, kar pomeni, da uporabniki definirajo postopke za ustvarjanje oblike, namesto da neposredno oblikujejo objekte. Algoritmi omogočajo ustvarjanje ponavljajočih se vzorcev, kompleksnih površin ali prilagajanje oblik glede na določene zahteve (npr. geometrijske omejitve, strukturne zahteve ali materiali). Na primer, s pomočjo algoritma lahko ustvarimo fasado, kjer vsak element fasade spreminja svojo velikost glede na sončno svetlobo ali druge okoljske dejavnike.

Grasshopper je še posebej zmogljiv pri oblikovanju kompleksnih oblik, kot so organske oblike, površine s prostorsko krivuljo ali strukture, ki jih je z običajnimi metodami težko ustvariti. Uporablja se lahko za generiranje geometrij, ki temeljijo na matematičnih enačbah ali iterativnih procesih. Z orodjem je mogoče ustvariti geometrije, ki bi bile sicer izjemno zahtevne za ročno modeliranje, na primer geometrije, ki vključujejo fraktales, mreže, lupine ali druge kompleksne vzorce.

Grasshopper omogoča, da uporabniki gradijo modele na način, ki je modularen, kar pomeni, da lahko preprosto dodajajo, odstranjujejo ali spreminjajo po-

samezne komponente modela. Vsaka komponenta je neodvisna, vendar povezana z drugimi, kar omogoča prilagodljivost. Na primer, pri oblikovanju stolpa lahko uporabnik spremeni obliko samo enega elementa, kar bo vplivalo na celotno strukturo modela.

Nenazadnje, Grasshopper je močno povezan z Rhinoceros 3D, vendar omogoča tudi integracijo z drugimi orodji in programi. Na primer, s pomočjo dodatkov, kot sta Kangaroo (za simulacijo fizike) ali Galapagos (za optimizacijo), lahko ustvarjamo še bolj kompleksne simulacije in modele. Prav tako omogoča izvoz in uvoz podatkov v različne formate (npr. za 3D tiskanje, simulacije ali proizvodnjo).

2. Autodesk Fusion 360 je zmogljivo CAD/CAM orodje, ki podpira parametrično modeliranje. Oblikovalci lahko določijo parametre in s tem ustvarijo modele, ki se dinamično prilagajajo glede na vhodne vrednosti. Fusion 360 vključuje tudi simulacije, kar omogoča, da preverite model glede na različne obremenitve in optimizirate obliko za 3D tiskanje. To orodje omogoča tudi ustvarjanje modelov s prilagodljivimi elementi, kot so stene, notranje rešetke ali podporne strukture, ki so bistvene za 3D tisk.

3. SolidWorks je še eno močno orodje za parametrično modeliranje, ki je pogosto uporabljeno v inženirstvu in industriji. Z uporabo parametrov lahko ustvarjate zelo natančne modele, ki jih nato preprosto prilagodite za različne namene, na primer za optimizacijo 3D tiskanih delov.

4. OpenSCAD je brezplačno orodje za parametrično oblikovanje, ki temelji na kodiranju. Uporabniki pišejo skripte, s katerimi ustvarijo modele, kar omogoča zelo natančno parametrično modeliranje. Čeprav je manj vizualno kot orodja, kot so Rhino ali Fusion 360, OpenSCAD omogoča ustvarjanje prilagodljivih modelov, ki jih je enostavno spreminjati za 3D tiskanje.

3.4 Skeniranje

Skeniranje za 3D tisk je postopek, pri katerem s pomočjo 3D skenerjev zajamemo fizični objekt in nato ustvarimo digitalni 3D model, ki ga lahko natisnemo s 3D tiskalnikom. Ta tehnologija omogoča preprosto reprodukcijo, prilagoditev ali obdelavo že obstoječih fizičnih predmetov, kar je izjemno koristno v industriji, umetnosti, medicini in drugih področjih.

Kako deluje 3D skeniranje za 3D tisk?

Objekt se skenira z uporabo 3D skenerja, ki zajame njegovo obliko in dimenzije. 3D skenerji delujejo na več različnih načinov, na primer z lasersko triangulacijo, strukturirano svetlobo ali fotogrametrijo. Skener ustvari oblak točk (point cloud), ki predstavlja površino objekta v obliki koordinat točk v prostoru. Zbrane točke se pretvorijo v 3D mrežo, ki je sestavljena iz trikotnikov ali štirikotnikov. Ta mreža se nato uporablja za predstavitev površine skeniranega objekta. Model, ki ga dobimo po skeniranju, je običajno v obliki datotek, kot so STL, OBJ ali PLY, ki so združljive s programi za 3D tiskanje. Po skeniranju in pretvorbi oblaka točk v mrežo je pogosto potrebno dodatno čiščenje in popravljanje modela. To vključuje odstranjevanje šuma, zapolnjevanje lukenj, glajenje površin in optimizacijo geometrije. Uporabljajo se posebna programska orodja, kot so MeshLab, Blender ali ZBrush, za urejanje in pripravo modela na tisk.

Pred tiskanjem je treba preveriti model za morebitne napake, kot so preveč tanke stene, nepravilne ali napačne površine, ki bi lahko povzročile težave med 3D tiskanjem. Programi za 3D tiskanje, kot so Cura, PrusaSlicer ali Simplify3D, omogočajo preverjanje modela in pripravo g-kode, ki jo tiskalnik uporabi za tiskanje. Možno je tudi prilagajanje modela, kot so spreminjanje velikosti, dodajanje podpornih struktur ali izboljšanje geometrije, da je bolj primeren za 3D tisk. Ko je model pripravljen in optimiziran, ga je mogoče natisniti z različnimi tehnikami 3D tiskanja.

Obstaja več vrst 3D skenerjev, ki se razlikujejo po načinu zajemanja podatkov, natančnosti in namenu uporabe. Med najpogostejšimi so:

1. Laserski skenerji uporabljajo laser, ki ga projicirajo na površino objekta, in zaznavajo odboj. Na podlagi časovnega zamika ali spremembe kota odboja izračunajo oddaljenost točk na površini. Ta metoda je zelo natančna in se uporablja pri skeniranju zelo podrobnih in zahtevnih objektov.

2. Skenerji s strukturirano svetlobo uporabljajo projektor, ki projicira vzorce svetlobe (običajno črte ali mreže) na objekt. Kamera zaznava deformacije teh vzorcev, kar omogoča rekonstrukcijo 3D oblike. Ta vrsta skenerjev je hitra in dovolj natančna za skeniranje srednje velikih objektov z veliko podrobnostmi.

3. Fotogrametrija je metoda, pri kateri se zajame veliko število fotografij objekta iz različnih zornih kotov. Programska oprema nato analizira slike in ustvari 3D model na podlagi razmerij in podobnosti med točkami na fotografijah. Fotogrametrija je cenovno dostopna rešitev, saj lahko uporabite običajne fotoaparate ali celo pametne telefone, vendar je postopek daljši in zahteva več procesorske moči za obdelavo.

4. Kontaktni skenerji delujejo tako, da se fizično dotikajo površine objekta z natančno sondo. Merijo koordinate vsakega dotika in tako ustvarijo 3D model. Uporabljajo se v industriji, kjer je potrebna visoka natančnost, vendar so počasnejši od drugih metod in niso primerni za skeniranje mehkih ali občutljivih objektov.

Skeniranje omogoča hitro digitalizacijo že obstoječih fizičnih objektov brez potrebe po ročnem modeliranju v CAD programih. Sodobni 3D skenerji so zelo natančni in lahko zajamejo drobne podrobnosti na površini objekta, kar je idealno za natančne 3D modele, ki se uporabljajo v industriji, medicini in kulturni dediščini. Po skeniranju je mogoče model prilagoditi, kar omogoča enostavne spremembe oblike, velikosti ali detajlov pred 3D tiskom. To je uporabno v medicinskih aplikacijah (na primer prilagajanje protez ali ortopedskih pripomočkov). Skeniranje omogoča reprodukcijo kompleksnih oblik, ki bi jih bilo težko ali nemogoče ročno modelirati. To je posebej koristno za ustvarjanje kopij umetniških del, zgodovinskih artefaktov ali bioloških struktur.

Napredni 3D skenerji so lahko zelo dragi, kar predstavlja oviro za manjše podjetnike ali neprofesionalno rabo. Čeprav so na voljo cenovno ugodnejše možnosti, so te običajno manj natančne. Medtem ko je skeniranje objektov lahko hitro, je obdelava in priprava modela na tiskanje (čiščenje, popravljanje, optimizacija) lahko zamudna, še posebej za zelo podrobne ali kompleksne modele. Površine, ki so sijajne, prozorne ali zelo temne, lahko povzročajo težave pri skeniranju, saj skener težko pravilno zajame odboj ali prepustnost svetlobe. To lahko povzroči nepravilnosti v modelu, ki jih je treba ročno popraviti.

3D skeniranje se pogosto uporablja za reverzno inženirstvo, kjer se obstoječi izdelek skenira, da se ustvarijo načrti ali optimizacije za ponovno izdelavo. To je zelo koristno, kadar je potrebno zamenjati dele, za katere ni

več na voljo tehnične dokumentacije. Na področju kulturne dediščine mnogi muzeji in institucije uporabljajo 3D skeniranje za digitalizacijo kulturnih artefaktov. Tako ustvarijo natančne kopije, ki jih lahko uporabijo za študij, ohranjanje ali izdelavo 3D natisnjenih replik za razstave ali raziskave. V medicini se 3D skeniranje uporablja za izdelavo prilagojenih medicinskih pripomočkov, kot so proteze, ortoze in zobne aparate. Skeniranje omogoča hitro in natančno prilagajanje pacientovih anatomskih lastnosti. Umetniki uporabljajo 3D skeniranje za digitalizacijo svojih del, ustvarjanje replike ali za nadaljnjo obdelavo z digitalnimi orodji.

CT skeniranje (računalniška tomografija) za 3D tisk je postopek, pri katerem se medicinski, industrijski ali laboratorijski CT skenerji uporabljajo za ustvarjanje natančnih 3D modelov objektov, ki jih je nato mogoče uporabiti za 3D tiskanje. Ta tehnika je izjemno uporabna na področjih, kot so medicina, industrijski dizajn, inženirstvo ter ohranjanje kulturne dediščine. XCT skeniranje uporablja rentgenske žarke za zajemanje številnih dvodimenzionalnih (2D) slik različnih presekov objekta ali telesa. Te slike se nato računalniško obdelajo, da se ustvari 3D model. Ta proces vključuje naslednje korake:

XCT skener zajema vrsto rentgenskih slik presekov skozi objekt, običajno v krožnih rotacijah okoli objekta. Rentgenski žarki prodirajo skozi različne materiale in tkiva ter ustvarjajo sliko na podlagi različne gostote materialov. Rezultat so večplastne 2D slike, ki jih programska oprema združi v 3D volumenski model. Nastali model je zelo natančen in lahko vključuje tudi detajle notranjih struktur, kar je ena od ključnih prednosti CT skeniranja pred drugimi metodami, kot je površinsko 3D skeniranje.

CT podatki so običajno v obliki volumetričnih podatkov, kot so DICOM (v medicini) ali Voxel datoteke (v industriji). Za 3D tiskanje je treba te podatke pretvoriti v bolj primeren format, kot je STL ali OBJ. Programska orodja, kot so Materialise Mimics (Splet 14), 3D Slicer ali Simpleware, omogočajo pretvorbo teh volumetričnih podatkov v tovrstne datoteke. Pri tem je pogosto potrebno izvesti dodatno obdelavo, kot je glajenje, popravilo mreže in prilagajanje specifikacij za 3D tiskanje. Po pridobitvi STL modela ga je mogoče obdelati s standardnimi programi za 3D tiskanje, kot so Cura, PrusaSlicer ali Simplify3D (Splet 15), kjer prilagodimo



Slika 11: CT scaner na Zavodu za gradbeništvo Slovenije, fotografija: Arhiv ZAG



Slika 12: Replika neandertalske piščali, skenirane s CT skenerjem in natisnjene s tiskalnikom Zprinter 310, fotografija: Arhiv ZAG

nastavitve za tisk, kot so ločljivost, podpora in material. 3D model se nato natisne z ustrežno tehniko. CT skeniranje lahko zajame zelo podrobne strukture, vključno z notranjimi votlinami in zapletenimi oblikami, kar je nemogoče s klasičnimi metodami skeniranja, ki zajamejo samo površino objekta. Ena največjih prednosti CT skeniranja je možnost rekonstrukcije notranjih delov objektov, kar je še posebej uporabno v medicini (npr. za načrtovanje kirurških posegov ali izdelavo implantatov) in pri reverznem inženiringu kompleksnih industrijskih komponent, poleg medicinskih aplikacij v industriji, znanosti in umetnosti. Lahko se uporablja za skeniranje kosti, organov, zobovja ali industrijskih delov, kot so turbine, motorji ali mikrokomponente. 3D tiskanje modelov, ki temeljijo na CT skeniranju, omogoča zdravnikom, inženirjem ali raziskovalcem hitro pridobitev fizičnih kopij za nadaljnje analize, prilagoditve in študije. To je uporabno pri razvoju novih izdelkov, diagnosticiranju bolezni ali simulacijah kirurških postopkov.

CT skenerji so precej dragi, še posebej tisti, ki zagotavljajo visoko ločljivost in natančnost. Zaradi tega so bolj dostopni večjim institucijam, bolnišnicam ali industrijskim podjetjem. Kljub višjim stroškom in zahtevnejši obdelavi podatkov ponuja CT skeniranje prednosti, ki jih druge metode 3D skeniranja ne morejo doseči.

4. PRIPRAVA NA TISK

3D modeli, ki so oblikovani na enega od načinov, opisanih v prejšnjem poglavju, so običajno zapisani v obliki datotek formata STL, OBJ ali 3MF. Te datoteke je potrebno pretvoriti v format, ki ga »razume« tiskalnik, t.i. G-koda.

To »pretvorbo« izvedemo s t. i. program za »razrezovanje« (slicing software), kot so npr. Ultimaker Cura (brezplačen in zelo priljubljen), PrusaSlicer (odličen za Prusa tiskalnice, a tudi druge), Simplify3D (plačljiv, vendar zelo zmogljiv), Repetier-Host (brezplačen), MatterControl (brezplačen in open-source).

Pri tej pretvorbi v programu za razrezovanje je potrebno modelu prilagoditi predvsem vrsto tiskalnika in material, tako da se nastavi parametre kot so: (odvisno od tipa tiskalnika in materiala) velikost šobe, višina plasti, hitrost tiskanja, debelina sten, polnjenje (infill) – koliko modela bo zapolnjenega (npr. 20%), temperatura tiskanja (odvisna od materiala, PLA, ABS, PETG, itd.), hitrost tiskanja in premikov, podporna struktura (supports) – če model zahteva podporo za previsne dele. Ko so nastavitve izbrane, razrezovalnik model razreže na sloje in generira G-kodo. G-koda vsebuje navodila za gibanje tiskalniške glave, ekstruzijo filameta, nastavitve temperature in vse druge parametre potrebne za tiskanje.

G-kodo se shrani in preko ustreznega medija (SD-kartice, WiFi-ja) prenese na tiskalnik. Datoteka z G-kodo ima običajno končnico .gcode.

4.1 Simplify

Simplify3D je plačljiv program za 3D- za pripravo za tisk, t.i. razrezovanje (slicing software). Med naprednimi uporabniki je priljubljen zaradi svojih zmogljivosti, prilagodljivosti in optimiziranega delovanja.

Simplify3D podpira več kot 100 različnih modelov 3D tiskalnikov in omogoča enostavno prilagoditev za različne naprave. Uporabniki z njim lahko prilagajajo nastavitve na različnih višinah plasti, kar omogoča optimizacijo določenih delov modela, kjer je potrebna večja natančnost ali drugačen način tiskanja. Simplify3D ponuja možnost samodejnega generiranja

podpornih struktur (supports), hkrati pa omogoča ročno dodajanje ali odstranjevanje podpor. To je uporabno za doseganje boljše kvalitete končnega tiska in za zmanjšanje odpadnega materiala. Ustvarjene podporne strukture so zasnovane tako, da jih je po tiskanju enostavno odstraniti.

Program omogoča podrobno vizualno simulacijo tiskanja, kar pomaga odkriti morebitne težave pred začetkom tiskanja in natančen izračuna čase tiskanja in porabe materiala, kar je pomembno za optimalno načrtovanje tiska. Simplify3D omogoča tiskanje z več različnimi nastavitvami v istem modelu, npr. hitrejšo tiskanje spodnjih in počasnejše zgornjih. Ko je pomemben izgled program odlično podpira 3D tiskalnice z več ekstruderji, kar omogoča tiskanje z več različnimi materiali ali barvami v enem tiskanju. Funkcija napredno upravljanje z natisi (Sequential Printing) omogoča, da tiskalnik natisne celoten model po delih (npr. vsak del posebej pred nadaljevanjem), kar zmanjša tveganje poškodb natisnjenega dela med premiki tiskalne glave, natančna kontrola nad začetnimi in končnimi točkami slojev pa zmanjša vidne sledi prehoda med plastmi na končnem modelu. Simplify3D generira zelo optimizirano G-kodo, ki zmanjša čas tiskanja in hkrati poveča kakovost natisnjenih modelov. Napredni uporabniki lahko ročno prilagodijo G-kodo za še večji nadzor nad tiskanjem. Uporabniški vmesnik je intuitiven in omogoča enostavno dostopanje do naprednih funkcij. Program ima prednastavljene profile za številne različne tiskalnice, kar uporabnikom olajša začetek dela brez prevelikih nastavitvev, uporabnikom pa omogoča ustvarjanje lastnih, prilagojenih tiskalniku glede na svoje potrebe.

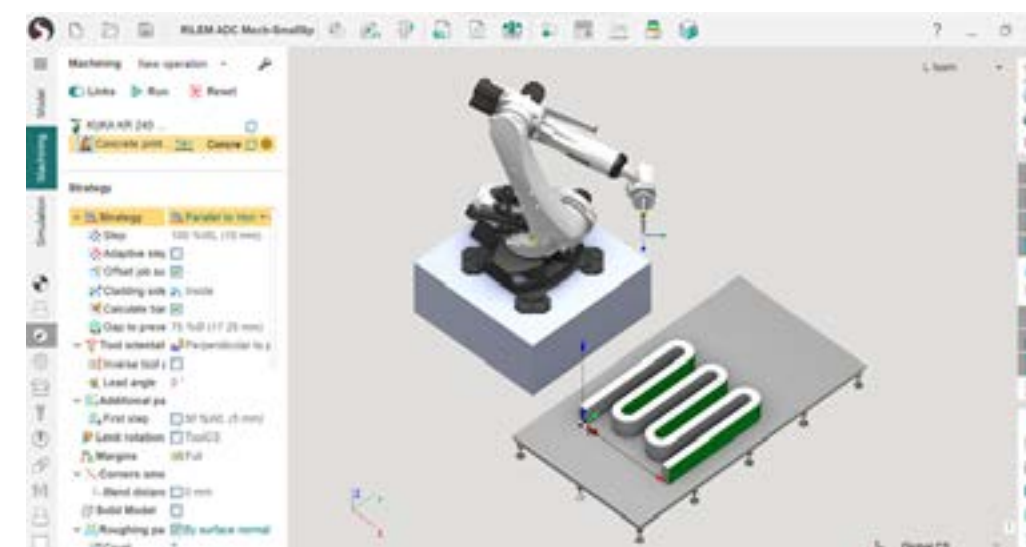
Simplify3D je odličen za uporabnike, ki iščejo napredne funkcije in natančen nadzor nad tiskalnikom ter kakovostjo tiska. Čeprav je plačljiv, mnogi uporabniki cenijo, da jim omogoča optimizacijo tiskanja za različne vrste modelov, kar na dolgi rok lahko prihrani čas in izboljša rezultate.

4.2 SprutCAM

SprutCAM je zmogljiv CAM (Computer-Aided Manufacturing) programski paket, ki se uporablja za programiranje CNC strojev. Omogoča ustvarjanje poti orodja za različne vrste obdelave, vključno z rezkanjem, struženjem, žično erozijo, dodajalnimi tehnologijami (3D tisk) in večosnimi stroji (do 5 osi).

Če se tu omejimo samo na 3D tisk, SprutCAM omogoča enostavno 3D modeliranje in uvoz datotek. Podpira širok spekter uvoznih formatov, vključno z STEP, IGES, STL in drugimi, kar omogoča enostavno integracijo z različnimi CAD programi, kot so SolidWorks, Autodesk Inventor, Creo in drugi. SprutCAM omogoča hitro in učinkovito generiranje poti orodja na podlagi 3D modela z minimalno potrebno ročno prilagoditvijo. Program ponuja različne strategije za rezkanje, kot so žepkanje, kontura, grobo in fino obdelovanje ter strateško načrtovanje poti za najbolj učinkovito odstranjevanje materiala. Realistična simulacija omogoča preverjanje poti orodja pred dejanskim izvajanjem tiskanja, vključno preverjanje preverja kolizije. SprutCAM omogoča uporabo prilagodljivih postprocesorjev, kar pomeni, da lahko generira optimalno

G-kodo za skoraj vse vrste CNC strojev in robotov. Uporabniki lahko ustvarijo ali prilagodijo obstoječe postprocesorje, da se prilagodijo specifičnim potrebam. Ima enostaven in pregleden uporabniški vmesnik, ki omogoča hitro prilagajanje obdelovalnih operacij, izbiro orodij in nastavitvev poti orodja. Omogoča optimizacijo poti orodja za minimalne premike, kar skrajša čas obdelave in poveča produktivnost. SprutCAM je vsestransko orodje, namenjeno programiranju CNC strojev, vključno 3D tisk, ki vključuje napredne funkcije za obdelavo kompleksnih oblik in optimizacijo poti orodja. Primeren je tako za manjše delavnice kot tudi za večja industrijska podjetja, ki potrebujejo zanesljiv CAM sistem za večosne CNC stroje in robotske aplikacije.



Slika 13: Tipični zaslon simulacije tiska s programskim orodjem SprutCam, Arhiv ZAG

5. MATERIALI ZA TISK

Značilnost 3D tiska je, kot že sinonim dodajalna proizvodnja nakazuje, da »gradimo« z dodajanjem materiala. Material dodajamo v plastični fazi, ko je možno njegovo oblikovanje, uporabljamo pa po prehodu v trdno stanje. Prehod iz plastičnega v trdno stanje poteka preko fizikalnih ali kemijskih procesov. Fizikalni procesi so sušenje in s njim izguba vlage ter fazne spremembe zaradi zniževanja temperature (hlajenje). Kemijski procesi so polimerizacija zaradi UV svetlobe ter kemijske reakcije med prekursorjem in aktivatorjem.

Prehod iz plastične faze v trdno stanje zaradi sušenja je značilno za materiale na osnovi gline. Fazne spremembe srečujemo pri umetnih materialih. Kemijske reakcije, ki povzročijo fazni prehod pa so reakcija med mavcem in vodo, reakcija med cementom in vodo, med apnom in zrakom ter alkalijska aktivacija pri t.i. geopolimerih. Hitrost prehod iz plastičnega v trdno stanje je v osnovi odvisna od materiala, ki se uporablja, jo pa je možno pri npr. cementih materialih v določeni meri prilagajati z izbiro vrste cementa ter uporabo kemijskih dodatkov, t.j. pospešil in zavlačil.

5.1 Aktivatorji in prekursorji za selektivno spajanje

Pri selektivnem spajanju s tehnologijami, kot je selektivno lasersko sintranje (SLS) ali selektivno spajanje materialov z uporabo kemičnih ali termičnih postopkov, so ključnega pomena aktivatorji in prekursorji. Ti omogočajo, da se posamezni delci materiala pod določenimi pogoji povežejo v celoto, pri čemer se ohrani nadzor nad lokalnim in selektivnim spajanjem, kar omogoča natančno izdelavo kompleksnih geometrij.

Prekursorji so izhodni materiali, ki se med procesom spajanja kemično ali fizikalno pretvorijo v končne povezave ali strukture. Pri selektivnem spajanju so prekursorji pogosto prahovi ali polimeri, ki se aktivirajo le na določenih območjih pod vplivom aktivatorjev (npr. laserja ali dodanih kemikalij). Pri selektivnem sintranju kovin in keramike (kot je SLS) se uporabljajo kovinski ali keramični prahovi kot osnovni prekursorji. Prašni delci se pod vplivom laserske energije delno ali popolnoma talijo, kar omogoča njihovo spajanje v trdno strukturo. Polimerni prekursorji, kot so najlon, polietere-ter-eton (PEEK) ali poliuretan, se pogosto uporabljajo za selektivno spajanje pri nizkotemperaturnih postopkih.

Uporaba polimerov omogoča prilagodljive in lahke končne izdelke. Keramika se pri selektivnem spajanju uporablja za izdelavo visokotemperaturnih odpornih delov. Prekursorji za keramiko se sintrajo ali selektivno spajajo pod višjimi temperaturami in včasih potrebujejo dodatne aktivatorje, kot so visokotemperaturne plazme ali kemijska veziva.

Aktivatorji sprožijo proces spajanja v izbranih območjih, bodisi s toploto, svetlobo, kemičnimi reakcijami ali pritiskom. Njihova naloga je omogočiti spajanje prekursorjev le tam, kjer je to potrebno, kar omogoča kompleksne in prilagojene oblike. Pri postopkih, kot je selektivno lasersko sintranje, laser služi kot toplotni aktivator. Laserski žarek lokalno segreje prekursorje (kot so kovinski ali polimerni prahovi), kar omogoča njihovo taljenje in posledično povezovanje. Pri nekaterih procesih selektivnega spajanja se uporabljajo kemijski aktivatorji, ki sprožijo reakcijo, na primer polimerizacijo ali utrjevanje materialov. Primer so fotopolimeri, ki se pod vplivom UV svetlobe strdijo, ali materiali, ki reagirajo z dodanimi kislinami ali bazami. V nekaterih primerih se dodajo katalizatorji, ki pospešujejo proces sintranja ali spajanja. Veziva, kot so epoksi smole ali drugi polimeri, lahko dodatno stabilizirajo strukturo in omogočajo povezovanje med različnimi materiali. Napredne tehnike, kot je plazemsko aktiviranje, se uporabljajo za sintranje materialov pri nižjih temperaturah in z večjo natančnostjo. Mikrovalovne naprave omogočajo segrevanje materiala od znotraj, kar omogoča bolj enakomerno spajanje in zmanjšanje razpok.

Kakšno kombinacijo prekursorjev in aktivatorjev izbrati, je odvisno od končnega namena izdelka in izbranega materiala. Pri kovinsko selektivno sintranje (SLS) se uporablja kovinski prah (kot prekursor) in laser kot toplotni aktivator. Kovinski prah se talino sintra na določenih mestih, kjer laser segreje in povzroči taljenje. Za vezanje med plastmi so pogosto uporabljeni dodatki, ki izboljšajo oprijem in zmanjšajo oksidacijo med procesom. Pri stereolitografiji (SLA) in digitalnem svetlobnem procesiranju (DLP) se uporabljajo fotopolimerni prekursorji in UV-svetloba kot aktivator. UV-svetloba povzroči hitro polimerizacijo smole na mestih, kjer se osvetli, kar omogoča izgradnjo tridimenzionalnih struktur plast po plast. Za selektivno sintranje keramičnih prahov se uporabljajo laserski ali mikrovalovni aktivatorji, ki omogočajo segrevanje na višje temperature brez popolnega taljenja materiala. Keramika se pogosto

sintra z dodatki, ki izboljšajo mehanske lastnosti. Fluidnost in viskoznost tekočih aktivatorjev igrata ključno vlogo pri kemijsko aktiviranem selektivnem spajanju, saj vplivata na učinkovitost prenosa in porazdelitve aktivatorja ter na končne lastnosti materiala. Fluidnost določa, kako enostavno se aktivator premika skozi strukturo prekursorja. Dobra fluidnost zagotavlja enakomeren nanos in omogoča, da aktivator doseže vse potrebne površine. To je pomembno zlasti pri 3D strukturah ali poroznih materialih, kjer mora aktivator učinkovito potovati med delci ali plastmi in jih povezati.

Visoko fluidni aktivatorji omogočajo hitro širjenje po površini, kar je uporabno pri hitro izvedenih procesih, kjer mora aktivator enakomerno prekriti ali prepojit površino. Pri nizki fluidnosti je aktivator mogoče usmeriti bolj natančno, kar omogoča bolj selektivno spajanje. Tako lahko obdelamo samo določene dele materiala brez prekomernega razširjanja. Različne stopnje fluidnosti aktivatorjem omogočajo, da selektivno interagirajo s poroznimi ali neporoznimi območji materiala, kar je uporabno pri izdelavi kompleksnih struktur.

Viskoznost določa, kako se aktivator porazdeli in vpliva na samo kemijsko reakcijo. Pri nižji viskoznosti se aktivator lažje in enakomerneje porazdeli po materialu, vendar lahko to povzroči prekomerno širjenje na nezaželeno površino. Višja viskoznost, po drugi strani, omogoča bolj nadzorovano in lokalizirano aplikacijo, vendar lahko upočasni proces prodiranja v globlje sloje. Visoko viskozni aktivatorji omogočajo večjo natančnost, saj ostanejo na izbranem mestu in se ne razširjajo nekontrolirano. To je uporabno, kadar je potrebno precizno nanašanje za doseganje detajlov. Nizko viskozni aktivatorji omogočajo boljše prodiranje v globlje sloje materiala, kar je pomembno pri debelih ali gostih strukturah, kjer je potrebna enakomerna porazdelitev aktivatorja po celotnem volumnu. Viskoznost vpliva tudi na površinsko napetost aktivatorja, kar pomeni, da lahko bolj viskozni aktivatorji tvorijo debelejšje plasti na površini, medtem ko nizko viskozni aktivatorji omogočajo tanjše, bolj enakomerne sloje.

Viskoznost in fluidnost neposredno vplivata tudi na hitrost kemijske reakcije, ki je bistvena za čas in nadzorovan potek spajanja. Nizko viskozni aktivatorji lahko hitro prodrejo med delce in povzročijo enakomerno reakcijo, kar je uporabno, kadar je potrebno hitro spajanje. Višje viskozni aktivatorji pa omogočajo poča-

snejšo in bolj nadzorovano reakcijo. Pri visoko viskoznih aktivatorjih je mogoče reakcijski čas podaljšati, saj aktivator počasneje potuje po strukturi. To omogoča boljšo kontrolo nad celotnim procesom in preprečuje, da bi reakcija stekla prehitro, kar bi lahko povzročilo napake. Optimalna viskoznost omogoča, da aktivator enakomerno prepoji površino in ustvari homogeno kemijsko vezavo. To je ključno za mehansko trdnost in stabilnost končnega izdelka.

Vertikalna penetracija tekočega aktivatorja ima pomemben vpliv na debelino sloja in resolucijo tiskanja po postopku selektivnega spajanja, še posebej v tehnologijah 3D tiskanja s tekočimi aktivatorji, kot je kemijsko aktivirano selektivno spajanje. Vertikalna penetracija aktivatorja določa, kako globoko bo tekoči aktivator prodrl v plasti materiala in koliko materiala bo med seboj povezanega. Če aktivator prodira pregloboko, to povzroča prekomerno vezanje v spodnjih plasteh in lahko vpliva na končne dimenzije objekta.

Povečana vertikalna penetracija aktivatorja povzroči, da se tekočina razširi globlje v sloje, kar poveča debelino končnega sloja. Posledično lahko to vodi v zamegljene robove in manj natančne podrobnosti, saj se material veže prek predvidene debeline. Pri nizki vertikalni penetraciji se aktivator zadrži bolj na površini sloja, kar omogoča bolj kontrolirano debelino sloja in bolj ostre meje. To je idealno za doseganje finejših slojev, saj se vsak sloj spoji na predvideni debelini in ohrani natančnost.

Resolucija tiskanja se nanaša na sposobnost ustvarjanja podrobnosti in natančnih robov v natisnjenem objektu. Prekomerna vertikalna penetracija aktivatorja lahko negativno vpliva na resolucijo, saj povzroča neželene reakcije med sloji in zmanjšuje ostrino robov. Za doseganje optimalne debeline sloja in resolucije je pogosto potrebno prilagajati globino penetracije aktivatorja.

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije tiskanje po tehnologiji selektivnega spajanja izvajamo na tiskalniku Zprinter 310, pri čemer kot prekursor uporabljamo sadro, kot aktivator pa vodo z dodatki. Sadra (kalcijev sulfat dihidrat, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), se v procesu segrevanja (pri določeni temperaturi in vlažnosti zraka) pretvori v mineral bassanit (kalcijev sulfat he-

mihidrat, $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), kateri je na voljo v dveh različnih polimorfnih oblikah: alfa (α) in beta (β): $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{heat} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + 1.5\text{H}_2\text{O}$. β -kalcijev sulfat hemihidrat se v večini primerov uporablja v gradbeni industriji zaradi dobre požarne odpornosti. Kalcijev sulfat hemihidrat pomešan z vodo se pri sobni temperaturi povrne (eksotermna reakcija) v dihidratno obliko in tvori trdno in relativno močno kristalno mrežo, ki je cilj tehnologije kapljičnega nanašanja selektivnega spajanja. Proces je v večini primerov razdeljen na tri korake: (I) pretvorba kalcijevega sulfat hemihidrata, (II) rast kristalov sadre in (III) nastanek stabilne sadre. Pri tem je zaradi hitrosti vezanja (izjemno pomembno pri industrijskih procesih) in vpliva na končne trdnosti, izjemno pomembno spremljanje razvoja mikrostrukture. Za korekcijo prirastka trdnosti, za zaviranje ali pospeševanje časa vezanja, je možno uporabiti različne zaviralce (iz organskih spojin) ali pospeševalce kot so kalijev sulfat in/ali naravne ali sintetične soli.

Poleg že omenjenega vpliva mineraloških in kemijskih lastnosti prahov, so pomembne morfološke karakteristike materialov kot so velikost, oblika in porazdelitev delcev, kakor tudi specifična površina delcev. Te lastnosti imajo bistven vpliv na postopek nanosa in na končno oblikovanje izdelka. Delci velikosti 20 mikronov ali več, se lažje nanesejo v suhem stanju, medtem ko so finejši prahovi težavnejši pri mehanski porazdelitvi nanosa, ker se nagibajo k aglomeraciji zaradi Van der Waalsovih vezi in vpliva vlage. Vendar manjši delci zapolnijo vmesne prostore med večjimi in povečajo gostoto podlage. Pomembnejša je velikost delcev kot oblika. Sferični prahovi so primernejši za suh nanos, saj se lažje razporedijo po površini in imajo nižje notranje trenje, medtem ko imajo anizotropni prahovi večji interakcijski stik; povečano notranje trenje pa zmanjša porazdelitev prahu po površini ter lahko zviša razmerje »pakiranja«. Da ustvarimo ustrezno formulacijo prahov, je potrebno uporabiti ustrezno kombinacijo delcev z različnimi premeri. Upoštevati je potrebno, da je kombinacija bistvenega pomena za idealno razporeditev prahu po površini, saj je pri 3D-tisku zelo pomembno, da se nanese gladka in enakomerno debela plast v minimalnem časovnem razponu. Prav tako je zaželeno, da se poveča gostota pakiranja vsake nanesene plasti.

Za 3D-tisk je potrebna ustrezna zrnastost surovine z namenom primerne razporeditve delcev oz. »pretočnosti« po površini, da se ustvari gladka in homogena podlaga

in na katero izjemno vpliva velikost delcev. Premajhna razporeditev oz. »pretočnost« prahu, zmanjša resolucijo postopka zaradi neustreznega ponovnega nanosa, po drugi strani pa zelo visoka »pretočnost« prahu ne zagotavlja zadostne stabilnosti sloja. Pretočnost prahu zmanjša z zmanjšanjem velikosti delcev. Vpliv velikosti delcev na ključne parametre 3D-tiska, kot so »pretočnost«, hrapavost in »omočljivost«. Količina veziva, ki je nanosena na vrhnji sloj podlage in tudi količina veziva, ki ga absorbirajo delci prahu, določa ločljivost (voxel) in mehanske lastnosti natisnjenih delov. Premajhno »vlaženje« finih delcev povzroči »preureditev« površine in slabo vezavo, premočno »vlaženje« ter počasna reakcija mehanizma med vezivom in delci, pa vplivata na deformacijo končne strukture, kar dolgoročno škoduje pri nadaljnjem procesu tiska.

Na kapljični »prodor« veziva vpliva tudi porazdelitev delcev. Obnašanje »prodora« veziva in »omočljivosti« (opredeljeno s tremi parametri, čas prodora kapljice veziva, globina in razlez kapljice med delci). Za tehnologijo kapljičnega nanašanja se lahko uporabijo različni prahovi, vendar je ob tem potrebno izpostaviti, da je izjemno pomembna tudi ustrezna izbira veziva, saj njegove lastnosti vplivajo na kontrolirano doziranje veziva iz šob. Pri tem je ustrezno določiti primerno viskoznost in površinsko napetost izbranega veziva. Pri kapljičnem nanosu se uporabljajo trije tipi veziv, najbolj razširjeno je vezivo na vodni osnovi (komercialna veziva, prahovi na osnovi cementa ali »sadri-podobne materiale« opredelimo kot »samo-vezujoče« (ne potrebujejo dodatnega vezivnega sredstva), ki pri procesu hidratacije vežejo. S takšnimi procesi, ki temeljijo na hidrataciji, dosežemo visoko zanesljivost tiskanja. Takšni materiali imajo naslednje prednosti: so dobro raziskani in jih lahko dobavimo po nižjih cenah. Dodatno, njihove lastnosti vezanja (npr. začetek vezanja) je mogoče uravnavati z dodatki, ki pripomorejo k zmanjšani potrebi po vodi. Njihova diverziteta in učinek še nista podrobneje opisana v literaturi, kar predstavlja novo temo za nadaljnji razvoj.



Slika 15: Primeri različnih struktur, natisnjeni s tiskalnikom Zprinter 310, s sadro kot prekurzorjem in vodo kot aktivatorjem, fotografija: Arhiv ZAG

5.2 Pastozni materiali za ekstruzijsko tiskanje

Pastozni materiali za ekstruzijsko tiskanje so tisti, ki imajo gosto, poltrdno konsistenco. Ti materiali se stiskajo skozi šobo v plasteh. Najpogostejši pastozni materiali za ekstruzijsko tiskanje so materiali na osnovi glin in cementa (paste, malte, beton), biomateriali (npr. kolagen, biogeli), hrana (čokolada, testo, sadni pireji itd.), silikoni in polimerne paste, itd. Pastozni materiali za ekstruzijsko tiskanje omogočajo tiskanje različnih vrst izdelkov v širokem spektru industrij, vključno z gradbeništvo, kulinariko, biomedicino, elektroniko in umetnostjo. Ti materiali nudijo možnosti za tiskanje kompleksnih oblik, ki jih s klasičnimi postopki ni mogoče doseči, ter omogočajo inovativne rešitve v več panogah.

Ključni lastnosti pastoznih materialov za 3D tisk sta printability in buildability. Žal ustreznih slovenskih prevodov teh dveh pojmov še nimamo. Printability je nekaj, kar je primerno za tiskanje, torej primernost materiala za tiskanje/iztiskanje. Buildability je sposobnost materiala, da v svežem stanju prenaša lastno težo brez da se posede. Objekt bomo lahko natisnili le, če bomo uporabili »printable« material in tiskanje objekta s tem materialom načrtovali tako, da bo »buildable«.

Printability pastoznih materialov v 3D tiskanju se nanaša na lastnosti teh materialov, ki vplivajo na uspešno ekstruzijo, nanos in strjevanje, kar omogoča kakovostno gradnjo objektov. Cementni materiali, kot so beton in malta, so specifični zaradi svoje viskoznosti, hitrega strjevanja in zahtev po strukturi, ki mora biti dovolj močna, da podpira naslednje plasti brez dodatnih opor. Ključni dejavniki, ki vplivajo na printability cementnih materialov, so:

- Reološke lastnosti (viskoznost in tiksotropija): Material mora imeti pravilno viskoznost za ekstruzijo skozi šobo tiskalnika. Če je material preveč tekoč, bo težko obdržal svojo obliko in se lahko razlije; če je preveč gost, pa se lahko zamaši tiskalna šoba ali bo težje ustvarjati enakomerne plasti. Tiksotropija je lastnost materiala, da se ob mehanskem vplivu (npr. pri ekstruziji) utekočini, po ekstruziji pa se ponovno strdi in obdrži svojo obliko. Material mora biti dovolj tiksotropen, da se lahko ekstrudira kot pasta, nato pa hitro stabilizira in podpira naslednje plasti.
- Ohranjanje oblike (Shape Retention): Materiali morajo po ekstruziji obdržati obliko, ki je bila določena s šobo, in se ne smejo sesesti pod lastno težo. To je kritično za natančnost in stabilnost večplastnih struktur. Material mora biti dovolj stabilen, da lahko prenaša težo nadaljnjih slojev, ne da bi se deformiral. Slaba stabilnost lahko povzroči, da se plasti sesedejo ali deformirajo, kar bo povzročilo napake v strukturi.
- Ekstruzijska sposobnost (Extrudability) - Material mora biti enostavno ekstrudibilen skozi tiskalno šobo, kar zahteva uravnoteženo mešanico cementa, vode in dodatkov. Če je mešanica preveč gosta, lahko povzroči težave pri ekstruziji, če pa je preveč tekoča, bo težko obdržati obliko po nanosu. Uporaba dodatkov, kot so plastifikatorji, izboljša ekstruzijske lastnosti in omogoča enakomerne plasti brez prekinitev med tiskom.

Finozrnate komponente pastoznih materialov so ključnega pomena za kohezivnost pastoznih materialov za 3D tisk, saj pomembno vplivajo na lastnosti mešanice, kot so reologija, adhezija med plastmi, strjevanje in končna trdnost.

Finozrnate komponente, v cementih materialih so to cement, mikrosilika, kamena moka..., zagotavljajo homogeno strukturo mešanice. Ta homogenost preprečuje segregacijo (ločevanje) sestavin med ekstruzijo in omogoča enakomeren nanos plasti. Finozrnate komponente vplivajo na viskoznost in tiksotropijo mešanice, kar je ključno za uspešno ekstruzijo in oblikovanje natančnih plasti. Deluje kot polnilo, ki izboljša notranje trenje v mešanici, kar preprečuje, da bi material prehitro stekel ali se sesedel pod lastno težo. To omogoča, da cementna zmes po ekstruziji ohrani svojo obliko, kar je bistveno za kohezivnost in stabilnost med sloji. Pomagajo povečati tiksotropijo, kar omogoča, da material teče skozi tiskalno šobo, a se nato hitro ustali in ohrani obliko po iztisku. Z izbiro finozrnate komponente lahko kon-

troliramo hitrost strjevanja, kar je ključno za uspešno plastenje brez sesedanja ali deformacij ter vplivamo za adhezijo med plastmi. S prisotnostjo drobnih delcev se ustvari bolj kompaktna in enakomerna struktura, ki med potiskanjem skozi cevi ne segregira, kar izboljša stabilnost tiskanih plasti ter zagotovi konsistentno kakovost in trdnost v celotni tiskani strukturi.

Nenazadnje, finožrnate komponente prispevajo k večji gostoti materiala, saj bolje zapolnijo praznine med večjimi delci agregata. To zmanjšuje poroznost materiala, kar izboljša tako kohezivnost kot končno mehansko trdnost strukture.

Z optimizacijo količine finožrnate komponente lahko zmanjšamo količino vode, potrebne za zahtevano konsistenco mešanice, brez da bi ta izgubila svojo obdelovalnost.

Finožrnate komponente imajo ključno vlogo pri zagotavljanju kohezivnosti pastoznih materialov za 3D tiskanje. Omogočajo izboljšanje reoloških lastnosti, povečujejo tiksotropijo in adhezijo med plastmi ter zmanjšujejo poroznost in segregacijo. S tem povečujejo stabilnost tiskanih plasti, zagotavljajo večjo gostoto in zmanjšujejo pojav razpok. Vse te lastnosti so ključne za ustvarjanje močnih, trajnih in funkcionalnih struktur, zlasti v gradbenih aplikacijah, kjer je kakovost kohezije materialov bistvena za dolgoročno uporabnost.

Za hitro in cenovno ugodno oceno primernosti pastoznega material za tisk priporočamo 2 testa: ekstruzijski test in test s svaljki (slug test). Za oba testa velja, da nekih merljivih kriterijev ni, zato je ocena prepuščena izkušnjam operaterja.

Ekstruzijski test lahko izvedemo, ne da bi pri tem uporabili tiskalnik. Opravimo ga preprosto z brizgalko, kateri smo odstranili konico (ostane samo široki del brizgalka). V brizgalko, katere velikost prilagodimo maksimalnemu zrnu materiala ter velikosti šobe, vstavimo material, ter ga preprosto z brizgalko iztisnemo. Sila, potrebna za iztis, ter oblika iztisnjene material nam bosta, ob nekaj nabranih izkušnjah, dala hitro oceno o primernosti materiala tisk.

Test s svaljki (slug test), zahteva uporabo tiskalnika. Material, ki ga testiramo, pošljemo skozi tiskalnik in opazujemo iztisnjeni matiral. Pri tem nas zanima, kako



Slika 16: Preprost ekstruzijski test z brizgalko, fotografija: Arhiv ZAG

hitro se iztisnjen svaljek pretrga (kasneje se, bolje je), ter kako se nalaga na predhodno iztisnjen material. Poleg inženirske presoje, si lahko pomagamo z merjenjem mase posameznih svaljkov, ter skupna mase iztisnjene materiala do porušitve.

Test s svaljki (slug test), zahteva uporabo tiskalnika. Material, ki ga testiramo, pošljemo skozi tiskalnik in opazujemo iztisnjeni matiral. Pri tem nas zanima, kako hitro se iztisnjen svaljek pretrga (kasneje se, bolje je), ter kako se nalaga na predhodno iztisnjen material. Poleg inženirske presoje, si lahko pomagamo z merjenjem mase posameznih svaljkov, ter skupna mase iztisnjene materiala do porušitve (Splet 17)

• Materiali na osnovi cementa

Materiali na osnovi cementa so cenovno ugodna vrsta pastoznih materialov za 3D tisk. Podobno kot "običajni" cementni materiali so sestavljeni iz veziva, vode in agregata. Po potrebi se osnovnim surovinam dodaja kemijske dodatke za uravnavanje vezanja in reoloških lastnosti. Zasnovani morajo biti tako, da ustrezajo zahtevam dodatne tehnologije, navedenih v prejšnjih poglavjih.

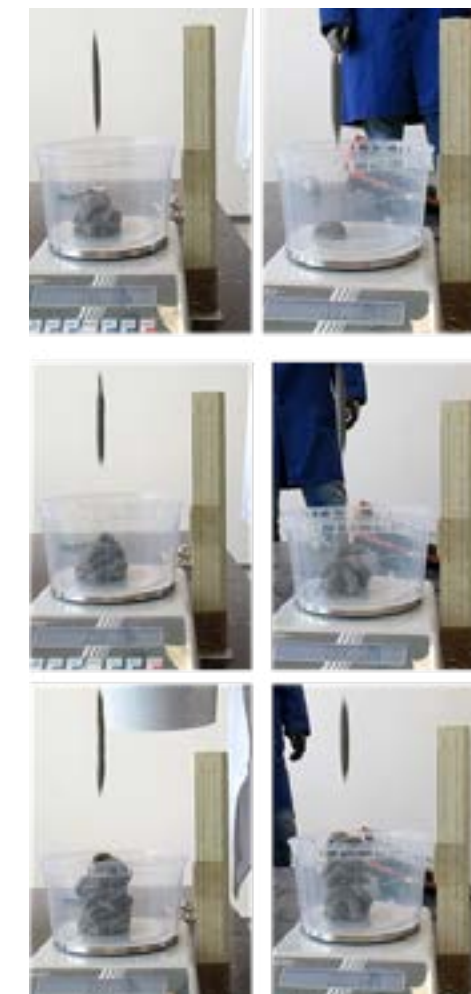


Slika 17a: Test s svaljki, fotografija: Arhiv ZAG

Cement, zmešan z vodo, predstavlja osnovo veziva. Druge komponente veziva so lahko še mineralni dodatki kot so mikrosilka, filterski pepeli, kamene moke, in kemijski dodatki kot so pospešila in zavlačila vezanja, (super)plastifikatorji ter dodatki za korekcijo tiksotropnosti.

Poleg klasičnih portlandskih cementov se lahko uporabljajo mešani cementi ali beli cementi, vse odvisno od namena uporabe. Cement do določene mere lahko nadomestimo z drugimi finožrnatimi materiali, pri čemer moramo upoštevati vpliv teh materialov na kohezivnost, kot je že opisano v prejšnjem poglavju.

Količino vode v mešanici je potrebno natančno načrtovati in nadzirati, saj vpliva tako na lastnosti sveže mešanice, kakor na strjeni material. Vsebnost vode v cementitnih materialih je zelo pomembna za printability. Preveč vode lahko povzroči, da se material po ekstruziji razlije, medtem ko premalo vode otežuje ekstruzijo in



Slika 17b: Test s svaljki, fotografija: Arhiv ZAG

lahko vodi do zamažitve tiskalne glave. Preveč vode tudi zmanjšuje trdnost strjenega materiala in zmanjšuje njegovo obstojnost na vplive okolja. Z manjšim razmerjem voda-cement je mogoče doseči boljše kohezivnost in večjo trdnost končnega izdelka, saj odvečna voda pogosto povzroča poroznost in slabše mehanske lastnosti.

Superplastifikatorji zmanjšajo količino potrebne vode, hkrati pa ohranjajo konsistenco betona. S tem je mešanica primerna za tiskanje, ne da bi ogrozila končno trdnost.

Tiksotropni dodatki omogočajo, da material teče med tiskom, a se takoj po iztisnitvi "zgosti". Ta lastnost preprečuje, da bi se posamezni sloji deformirali, ter omogoča večjo višino tiskanja.

Pospeševalci vezanja se uporabljajo pri t.i. dvokomponentnem tisku. Mešanici se dodajajo na šobi in omogo-

čajo hiter prirastek trdnosti iztisnjenega materiala. Čas strjevanja (Set Time), oz. prirastek zgodnje trdosti je ključen za 3D tiskanje z cementom. Po eksruziji mora material hitro pridobiti na nosilnosti, da omogoči nanos naslednjih plasti, ne da bi se struktura sesedla. Prepočasno strjevanje lahko povzroči deformacije ali sesutje plasti. Medtem ko mora cementni material hitro pridobiti kratkoročno stabilnost, mora tudi zagotoviti dolgotrajno strukturno trdnost in vzdržljivost, da prenese obremenitve v daljšem časovnem obdobju.

Tehnologija 3D tiska cementnih materialov zahteva materiale, ki vsebujejo velik delež finih delcev. Običajno je to cement, katerega oglični odtis ni majhen. V želji izboljševanja ogličnega odtisa tiskanega betona, se poskuša cement zamenjati z drugimi praškastimi, po

možnosti sekundarnimi materiali kot so pepeli, kamene moke, odpadno steklo, ... Pri tem je za ohranitev predvsem lastnosti svežih mešanic zelo pomembno ohranjati enako ali čim bolj podobno zrnavostno sestavo finih delcev.

Krčenje predstavlja enega večjih izzivov tiskanja s cementnih materialov. Med strjevanjem se cementni materiali krčijo, kar v tiskani strukturi lahko povzroči razpoke, ki zmanjšujejo trdnost in obstojnost natisnjenih objektov in seveda vplivajo tudi na njihov izgled. Krčenje je možno zmanjšati z zmanjšanjem količine vode v materialu, uporabo nereaktivnih praškastih materialov (npr. kamene moke) in z ustrezno nego po tisku.

V preglednici kot primer podajamo eno od sestav tiskanega betona:

Preglednica 1: Referenčna sestava ZAG betona za 2D tisk

surovina	Proizvajalec	Količina
cement CEM II/B-M (LL-V) 42,5 N	Alpacem	570 kg/ m3
mikrosilika, bela	TKK Srpenica	53 kg/m3
kamena moka	Kalcevita	267 kg/m3
voda	/	347 kg/m3
Superplastifikator Cementol Hiperplast 463	TKK Srpenica	11,0 kg/m3
Zavlačilo Cementol Retard R2	TKK Srpenica	6,4 kg/m3
Agregat 0/4n	Savska Loka, Hotič	889 kg/m3



Slika 18: Tisk stola z ekstruzijskim tiskalnikom Kuka in cementnim materialom, fotografija: Arhiv ZAG



Slika 19: Stol, natisnjen z ekstruzijskim tiskalnikom Kuka in materialom na osnovi cementa, fotografija: Arhiv ZAG



Slika 20: Miza s podstavkom, natisnjen z ekstruzijskim tiskalnikom Kuka in materialom na osnovi cementa, fotografija: Arhiv ZAG

• Nega po tisku
Za zagotovitev zadostne količine vlage za vezanje veziva in zaradi preprečevanja nastanka razpok zaradi krčenja, je potrebno nekaj dni po tisku izvajati ustrezno nego. Cilj nege je zagotoviti čim višjo vlažnost zraka v okolici natisnjenega objekta. To se lahko zagotovi z povišanjem vlage v samem prostoru (> 80 % RH), prekrivanjem objekta s plastično folijo ali celo z prebrizgom s sredstvom za nego betona.

• Materiali na osnovi gline
Glineni materiali za 3D tisk postajajo vse bolj priljubljeni zaradi svojih trajnostnih lastnosti, dostopnosti in unikatnega estetskega videza. Ker je glina naravni in obnovljiv material, jo je mogoče enostavno oblikovati in ponovno uporabiti, kar je privlačno za okoljsko osveščene oblikovalce in arhitekte. Poleg tega glina omogoča ustvarjanje kompleksnih in organskih oblik, ki so idealne za 3D tisk.

Glina ima visoko plastičnost, kar omogoča enostavno oblikovanje in spreminjanje oblike med tiskanjem. Ta lastnost je ključna za gradnjo večslojnih struktur brez razpokanja ali deformacije. Glina zadrži vodo, kar zagotavlja, da se material ne strdi prehitro, medtem ko poteka tiskanje. Vendar je pomembno, da vsebnost vode ni prevelika, saj lahko s tem zmanjšamo stabilnost slojev. Glina, v nasprotju s cementnimi materiali, iz plastične v trdno stanje ne prehaja zaradi kemijskih, ampak fizikalnih procesov, t.j. sušenja. Po tiskanju se glina suši na zraku ali pa jo lahko obdelamo z dodatnim sušenjem in žganjem, kar poveča njeno trdnost in odpornost. Pred uporabi je glino treba temeljito premešati z vodo, da dosežemo idealno konsistenco za tiskanje. V nekaterih primerih se dodajajo tudi pesek, mineralni dodatki ali vlakna, ki pomagajo izboljšati strukturo in preprečijo krčenje med sušenjem.

Glinenim mešanicam lahko dodajamo vlakna, kot so naravna rastlinska vlakna, tudi slamo ali umetna vlakna (npr. polimerna), ki izboljšajo mehanske lastnosti in zmanjšajo verjetnost razpokanja med sušenjem. Da bi se izboljšala trajnost in zmanjša krčenje, se pogosto poleg vlaken lahko dodaja še pesek ali zdrobljena keramika. Ti dodatki izboljšujejo mehanske lastnosti končnega izdelka.

Za tiskanje gline se običajno uporabljajo sistemi za ekstrudiranje, kjer glino v obliki paste ali kaše potiskamo skozi šobo. Na trgu obstajajo specializirani keramični 3D tiskalniki, ki so prilagojeni za tiskanje z glinenimi materiali. Ti tiskalniki imajo pogosto močnejše ekstruderje za gosto glino in zagotavljajo večji nadzor nad nanosom posameznih plasti. Napredni tiskalniki omogočajo prilagajanje hitrosti in debeline slojev ter nadzor nad pritiskom v ekstruderju, kar je ključno za ohranjanje konsistence med tiskanjem kompleksnih oblik.

Glina je naravni, razpoložljiv in biološko razgradljiv material. Odpadni deli, ki nastanejo pri tisku, se lahko ponovno uporabijo ali reciklirajo. Tudi poraba energije pri obdelavi gline je relativno nizka, razen v primeru, ko je potrebno žganje. Glinene strukture imajo naravno toplotno izolacijo in so hkrati prepustne za vlago, kar je koristno pri gradnji objektov, ki potrebujejo uravnavanje vlage in temperature.

Ena glavnih težav je krčenje gline med sušenjem, kar lahko povzroči razpoke. Da bi se temu izognili, je treba paziti na enakomerno sušenje in dodajanje stabilizatorjev. Čeprav se lahko glina posuši na zraku, žganje omogoča trajno stabilnost in odpornost proti vodi. Vendar pa žganje zahteva visoke temperature in porabo energije, zato to lahko predstavlja logistični izziv.

Dodajanje vlaken, kot so konoplja, slama ali kokosova vlakna, izboljša mehansko trdnost in zmanjša krčenje. To je še posebej uporabno za večje konstrukcije, saj vlakna pomagajo preprečiti nastanek razpok. Z dodatkom naravnih ali umetnih pigmentov se ustvarjajo dekorativni elementi in prilagojene barvne sheme, kar omogoča širše oblikovne možnosti.

Glineni materiali za 3D tisk prinašajo številne možnosti, zlasti na področju trajnostne gradnje in oblikovanja. S svojimi lastnostmi, kot so plastičnost, naravna izolacija in estetski videz, so privlačna izbira za mnoge aplikacije. Kljub temu pa se industrija še naprej sooča z izzivi, kot sta krčenje med sušenjem in potreba po žganju za trajno stabilnost. Z napredkom v tehnologiji in razvojem novih dodatkov za izboljšanje lastnosti gline se bodo možnosti uporabe teh materialov v 3D tisku še razširile.



Slika 21: Porušitev objekta iz gline zaradi neustrezne nege, fotografija: Arhiv ZAG

6. VIRI IN LITERATURA

- Soban, B. (b. d.) Generativna umetnost. <http://www.soban-art.com/slo-ga.asp>
- Mohar, K. (2024) Generativni modeli umetne inteligence in umetnostna zgodovina. <https://doi.org/10.3986/alternator.2024.04>
- Muck, T., Križanovskij, I. (2015) 3D-tisk, SBN - 978-961-6661-69-0, COBISS.SI-ID - 281864960
- Korat Bensa, L. (b.d) <https://www.zag.si/raziskave-in-razvoj/seznam-opreme/seznam-opreme-podrobno/?id=86>
- SIST EN ISO/ASTM 52900:2022 Aditivna proizvodnja - Splošna načela - Osnove in terminologija (ISO/ASTM 52900:2021)
- Splet 1: <https://rubenstomdesign.com/blogs/news/adobe-indesign-vs-canva-choosing-the-right-design-tool-for-your-project?srltid=AfmBOopUjUwtjy3gi8x276jLQzObWEYK3yMHTjPRqVaQYihksdxuPxbu>
- Splet 2: <https://www.solidworks.com/solution/solidworks-makers/costume-cad-software>
- Splet 3: <https://www.behance.net/>
- Splet 4: <https://emergingobjects.com/>
- Splet 5: <https://www.rhino3d.com/>
- Splet 6: <https://www.adobe.com/products/aftereffects.html>
- Splet 7: <https://www.ntf.uni-lj.si/igt/wp-content/uploads/sites/8/2015/10/3D-Tisk-Dodajalne-tehnologije.pdf>
- Splet 8: <https://www.tinkercad.com/>
- Splet 9: <https://www.3dnatives.com/en/netfabb-software-241120205/>
- Splet 10: https://www.netfabb.com/userfiles/pdf/netfabb_professional_orga.pdf
- Splet 11: <https://www.autodesk.com/products/maya/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=MAYA>
- Splet 12: <https://www.maxon.net/en/zbrush?srltid=AfmBOoroD-pZ9nobJKqaqGG2hYACzYyp27KQhkCtpluUzvoPwmdTwVS7E>
- Splet 13: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=FSN>
- Splet 14: <https://www.materialise.com/en/healthcare/mimics-innovation-suite/mimics>
- Splet 15: <https://www.simplify3d.com/>
- Splet 16: <https://chatgpt.com>
- Splet 17: <https://hal.science/hal-03954700v1>.

5. Interdisciplinarnost pri pouku likovne umetnosti

doc. dr. Uršula Podobnik

POVZETEK

Povezovanje znanj z različnih področij predstavlja eno sodobnih pedagoških paradigem. Sočasno s širjenjem in poglobljanjem znanja na enem področju se namreč kaže potreba tudi po upoštevanju znanj z drugih področij. S tem se širi učenčeva pojmovna mreža in tvori plodna podstat za vznikanje nepričakovanih idej ter razvija prožnost pri iskanju novih rešitev. V prispevku predstavimo nekaj didaktičnih premislekov o interdisciplinarnosti v šoli, povezanih predvsem s področjem likovnosti.

Ključne besede: interdisciplinarnost, vrste, modeli, uporabnost, LUM

ABSTRACT

Integrating knowledge from different fields is one of the current pedagogical paradigms. As knowledge in one field is expanded and deepened, there is a need to take into account knowledge from other fields. This broadens the learner's conceptual network and creates fertile ground for the emergence of unexpected ideas and develops flexibility in the search for new solutions. In this paper, we present some didactical reflections on interdisciplinarity in school, mainly related to the field of fine arts.

Keywords: interdisciplinarity, types, models, usability, fine arts

1. DISCIPLINARNOST IN INTERDISCIPLINARNOST

Leta 1926 ameriškega kiparja Alexandra Calderja kiparsko-uprizoritvena miniaturna Cirque Calder vpelje v svet pariške avantgarde. V svojih skicah umetnik preučuje šotor kot prostorsko obliko, opazuje vrvi in naprave za razpenjanje velikih volumnov, ki definirajo veličastno lupino cirkuške arene, in specializirane tehnične mehanizme, ki omogočajo izvajanje predstav (Rower, 2016). V svojo spreminjajočo instalacijo vključi figure, ki predstavljajo različne cirkuške protagoniste, od krotilcev zveri do akrobatov, požiralcev nožev in drugih. Pri oblikovanju poseže po različnih vrstah (odpadnega) materiala, od žice do lesa, tkanine, papirja, vrvi idr., iz katerih oblikuje svojo mobilno formo. Figure v postavitvi so premične, gibanje v obliki guganja, vrtenja, nihanja, prepogibanja pa temelji na različnih fizikalnih vzvodih, kot so vzmeti, ročke, kolesca in drugi mehanizmi. Avtor pri oblikovanju uporabi svoje znanje s področja mehanike in tehnike, za katera je zanimanje pokazal že davno pred tem (Umetniško delo je umeščeno v stalno zbirko Whitney Museum v New Yorku).

Človek je z okoljem v nenehni interakciji. V tem odnosu običajno črpa podatke in prepleta znanja z različnih področij, ki se mu v dani situaciji pokažejo kot relevantna. Opazovanje predšolskega otroka nam pokaže, da je to bolj ali manj samonikla značilnost (sposobnost), ki je človeku lastna že od samega začetka, izobraževalni sistem pa jo s pomočjo oblikovanja ustrezno kompleksnih vsebin postopoma kultivira. Čeprav pomisleki o interdisciplinarnosti v umetnosti med raziskovalci drugih (znanstvenih) področij niso redki (Newell, 2001), je videti, da je likovno področje, izvirajoč iz okolja in ponujeno skozi umetniški artefakt v premislek sočloveku, vse prej kot monodisciplinarno. Pomembno z vidika organiziranja pedagoških aktivnosti v vzgojno-izobraževalnih sistemih je dejstvo, da lahko podobne karakteristike ugotavljamo pri slehernem učnem področju. Pojavljajo se na vsebinski ali na izvedbeni ravni ali celo pri kombinaciji obojega.

Razvoj, širjenje in poglobljanje znanja na posameznem področju omogoča pridobitev specifičnih znanj in je za delovanje človeka v sodobnem svetu neizogibno. A nič manj pomembna ni sposobnost tvornega povezovanja znanj z različnih področij. V izobraževalnih procesih je zato znanja z več področij smiselno priložnostno vpeti v situacije, ki od učečega zahtevajo povezovanje

(Lotrecchiano, Hess, 2019), s čimer se okrepi tudi zmožnost modificiranja pristopov k reševanju težav. Prenajanje določenih protokolov z enega področja na drugo lahko olajša iskanje novih poti. Tovrstne izkušnje sicer pogosto vsebujejo podton nekoliko podcenjene 'uporabnosti', kjer ni v tolikšni meri izrazito faktografsko znanje, temveč v ospredje bolj stopa aplikativna vrednost naučenega. A tudi slednja lahko v določenih situacijah prispeva k razumevanju in reševanju nalog.

Pri raziskovanju razlik in sorodnosti med disciplinarnostjo in interdisciplinarnostjo avtorji posegajo po različnih metodah, odvisnih od vidikov, ki jih želijo preučiti (Cuevas-Garcia, 2018), med študijami pa se pojavljajo tudi vprašanja o pomembnosti prve ali druge. Medtem ko disciplinarnost zagotavlja, da so na izbranem področju metode in koncepti umeščeni v sistem v skladu s področno doktrino, se z interdisciplinarnostjo in transdisciplinarnostjo v proces vnaša prečkanje meja posameznega področja (Barry idr., 2008). Salter in Hearn (1996) v svoji študiji poudarita, da pri interdisciplinarnosti ni v ospredju nova samostojna disciplina, prav tako ne predstavlja neke trivialne začasne didaktične domislice brez resne perspektive na pedagoškem področju. Klein (2010) k temu dodaja, da pri interdisciplinarnosti ni v ospredju pristop, ki bi sam po sebi bil plitev, površen in nepoglobljen, ter da tudi nima ambicije nadvladati vseh drugih pedagoških pristopov ali kakor koli ogroziti obstoj samostojnih področij. Lattuca, Voigt in Fath (2004) se v primerjalni študiji sprašujejo, ali interdisciplinarnost pozitivno prispeva k promociji učenja ter ali se učeči dejansko naučijo več in bolje ob učenju ločenih ali ob povezanih vsebinah. Kot ugotavlja omenjena skupina, so zagovorniki interdisciplinarnosti prepričani, da smiselno povezovanje in prepletanje vsebin prispeva k boljšemu opolnomočenju učečega skozi razvoj kognitivnih veščin višjega reda. Med slednjimi naštevajo sposobnost gledanja na težavo z različnih zornih kotov, reševanje situacij in kritičnega mišljenja (prav tam, 2004; 23). William Newell (2001) pa zatrjuje, da lahko tovrstno učenje izboljša sposobnost učečega na več področjih, in sicer pri razvijanju kritične presoje določenih strokovnih tez, poglobljanju razumevanja dvoumnosti, razvijanju sposobnosti poslušanja, krepitvi občutljivosti za etična vprašanja, spodbujanju ustvarjalnega mišljenja ipd. Omenjeni avtor uporabo tovrstnega učnega pristopa zagovarja predvsem pri kompleksnejših vsebinah s področja naravoslovja in družboslovja, pri drugih pa je do tega zadržan. Meni namreč, da je pri

interdisciplinarnem raziskovanju med naravoslovnimi in družboslovnimi področji dobro sprejet pristop, med humanističnimi in umetnostnimi področji pa je nekoliko manj uveljavljen. Newell (2001) to povezuje s ključno paradigmo, ki naj bi pri prvih dveh področjih bila osredotočena na 'vzroke in posledice', pri humanizmu in umetnosti pa na 'vplive in odzive' (prav tam, 2001; 4). V nadaljevanju bomo sicer poskusili poudariti nekatere poglede, ki kažejo, da ima interdisciplinarnost svoje mesto tudi na področju LUM.

2. INTERDISCIPLINARNOST V PEDAGOŠKEM PROCESU

Tendence, ki jim sledijo sodobni kurikulumi, vse bolj poudarjajo pomen dveh ključnih komponent, tako dosežkov učenja kot značilnosti učnega procesa, ki neizbežno vplivata eden na drugega. Kot vse pogostejše ugotavljajo strokovnjaki s področja didaktike, ima holističen pristop, v katerem se aktivno prepletajo cilji spoznavnega, čustvenega, socialnega, telesnega, estetskega, moralnega in motoričnega razvoja, na kakovost znanja pozitiven učinek. Izvedbeni pogoji, ki jih predvideva ustaljen način dela pri običajnem pouku, kjer se različni šolski predmeti menjujejo v 45-minutnih intervalih, postavlja glede kakovostne realizacije vsega naštetega učitelje pred zelo zahtevno nalogo, zato je dobrodošlo (vsaj občasno) povezovanje med različnimi področji. Slednje temelji na sorodnih ali podobnih vsebinah, ki so prav na tovrsten način tudi celoviteje osvetljene z različnih vidikov. Obenem se ob tovrstnem delu oblikujejo celo neke nove vsebine, ki jih v pedagoškem procesu sicer ne bi bilo mogoče kakovostno realizirati (Marentič Požarnik, 2000). Prav to učnemu procesu zagotavlja dinamičnost in živost, še zlasti, kadar pri načrtovanju vsebine temelje postavimo na problemskih paradigmah. Ob tem je seveda posebnega pomena, da kljub interdisciplinarnosti ne rušimo znanj vključenih področij. Njihove specifične ne le ohranjamo, temveč iz njih tvorimo smiselno vsebinsko celoto.

Sicherl Kafol (2007) poudarja, da je treba ob tem v največji meri ohranjati tudi ustrezno stopnjo avtonomije učiteljev in učencev. Vsak od njih namreč pomembno individualno prispeva k vsebini. Ta občutek morajo imeti vsi, če želimo interes za izobraževanje ohranjati. Obsežna študija Petra Harta, ki jo navajajo Clayton in sodelavci (2010), dokazuje, da je več kot 80 % učečih

bolj motiviranih za učenje, če v učnih vsebinah prepoznajo relevantnost zase, torej za lastno kariero ali nadaljnje izobraževanje. Podobno je pred tem ugotovila tudi Marilla Svinicki (2001), ki ugotavlja, da so učenci bolj motivirani, ko imajo z učno materijo vzpostavljen osebni odnos in se vsebina nanaša na lastne izkušnje. Tovrstne vsebine so pogosto povezane z več kot enim področjem, torej so vpete v več področij oziroma jih je skozi različna področja učencu mogoče (bolje) približati.

V okviru načrtovanja interdisciplinarne vsebine je torej treba skrbeti za ustrezen razmislek o področjih, ki jih bomo povezovali, na kakšen način in s kakšnim namenom, ob tem pa morajo tako učna vsebina kot načini izvedbe in sredstva omogočati uspešno realizacijo zastavljenih ciljev. Ti se utegnejo med ustvarjalnim procesom sicer delno modificirati zaradi procesnih zakonitosti, a naj bi vsaj v okviru pedagoško načrtovane izvedbe bila glavnina vsebine dovolj premišljena, da ne bi vodilo do ekstremnih odstopanj. V pedagoških okvirih je sicer razmeroma zahtevno vnaprej predvideti prav vse dejavnike, ki jih bo živ proces v praksi aktiviral. Kljub temu pa si prizadevamo, da potencialna odstopanja od zasnovanih ciljev vodijo kvečjemu do izboljšanja, tj. koriščenja dodatnih možnosti, ki so se v procesu pokazale in jih vnaprej ni bilo mogoče v celoti predvideti. Načrtovanje vsebin pri LUM je že v svoji osnovi zavezano k temu, da poskusimo ohranjati pravšnjo mero odprtosti ter da smo tudi med izvedbo dovolj prilagodljivi, saj s tem odpiramo pot tudi potencialnim nepredvidenim rešitvam, ki se pojavijo v ustvarjalnem procesu in temeljijo na subjektivnih zamislih učencev. V kolikšni meri in kako uspešno so bili rezultati tovrstnega dela realizirani, je mogoče korektno ovrednotiti na osnovi kritičnega spremljanja učnih dosežkov in reflektiranja izvedbe. Barica Marentič Požarnik (2000; 59) poudari, da medpredmetno povezovanje na osnovi skupnih konceptov/pojmov omogoča oblikovanje pojmovnih vezi oz. pojmovnih mrež, kar prispeva k razumevanju določenih splošnih zakonitosti ter boljšemu pomnjenju. »Temeljni pomen za razumevanje sveta imajo nekateri ključni medpredmetni pojmi, ki presegajo obravnavo v posameznih predmetih in bi jim morali posvetiti prav posebno pozornost, npr. ravnotežje, razvoj, kroženje, sistem /.../« Ob tem seveda ne moremo ob dejstvo, da prav veliko pojmov, ki bi imeli univerzalno vrednost, ni, zato je vselej treba temeljito razmisliti o pojmihih, ki lahko predstavljajo skupno podlago za smiselno medpredmetno povezovanje.

2.1 Vrste interdisciplinarnosti

Susan Drake in Rebecca Burns (2004) ugotavljata, da je izvedba vsebin, kjer povezovanje področij prispeva k tovrstnim ciljem, sčasoma pokazala potrebo po različnih vrstah in oblikah povezovanja. V literaturi lahko zasledimo različno členitev, povezano s poudarjenim osnovnim pojmom. David Alvanzon (2011), sklicujoč na druge študije, poudarja multidisciplinarnost, interdisciplinarnost in transdisciplinarnost, ki jih Choi in Pak (2006; 359) opredeljujeta kot: »Multidisciplinarnost črpa iz znanja iz različnih disciplin, vendar ostaja znotraj meja teh področij. Interdisciplinarnost analizira, sintetizira in usklajuje povezave med disciplinami v skladno in koherentno celoto. Transdisciplinarnost povezuje naravoslovne, družbene in zdravstvene vede v humanističnem kontekstu in pri tem presega njihove tradicionalne meje.« Marilyn Stember (1991) opisuje pet vrst, in sicer intradisciplinarnost, meddisciplinarnost, multidisciplinarnost, interdisciplinarnost in transdisciplinarnost.

Posamezne vrste povezujejo več, druge manj področij znotraj izobraževalne institucije, nekatere pa vključujejo sodelujoče tudi izven institucije. Intradisciplinarno povezovanje je omejeno na povezovanje znanj in spretnosti znotraj predmetnega področja. Pri pouku likovne umetnosti to pomeni iskanje smiselnih povezav med različnimi likovnimi področji. Poleg sinergijskih učinkov poglobljanja znanj na različnih likovnih področjih in kompleksnejših ter izpopolnjenih likovnih rezultatih ima tovrstno povezovanje dodatno prednost na učnem področju Likovna umetnost, ki je povezana s skopo odmerjenim časom, zlasti v zadnjem triletju osnovne šole. Izvedba kompleksnejših vsebin, ki prepletajo znanja z izbranih likovnih področij (risanje, kiparjenje, slikanje, grafika, arhitektura, fotografija idr.), učenca navaja na zavedanje pomena nadgradnje in ga usmerja v premišljeno načrtovanje posameznega koraka. Tovrsten proces zahteva od učitelja dobro načrtovanje, da v proces vpenja vsebine, ki jih je mogoče (in seveda smiselno) realizirati s postopnim nadgrajevanjem, in da poskrbi tudi za logično zaporedje korakov, ki so včasih povezani z oblikovalsko strategijo, pogosto pa tudi z izbranimi tehničnimi sredstvi in postopki.

Meddisciplinarno povezovanje predstavlja pojem, ki ponazarja pogled na eno disciplino z vidika druge; na primer zgodovina šolstva kot dopolnjevanje študija pedagogike.

Multidisciplinarno povezovanje vključuje več disciplin, od katerih vsaka ponuja drugačen pogled na težavo ali vprašanje. Manolakelli (2022) kot primer navede arhitekta, ki sodeluje z inženirjem in notranjim oblikovalcem, da skupaj poiščejo ustrezno rešitev, ki celostno ustreza zastavljeni nalogi. Kot del tega procesa se združujejo različne ideje za rešitev skupne težave. Interdisciplinarno povezovanje se nanaša na integracijo prispevkov več disciplin k težavi ali vprašanju s povezovanjem medsebojno odvisnih delov znanja v harmonične odnose s strategijami, kot je povezovanje dela in celote ali posameznega in splošnega. Zato interdisciplinarni pristopi obravnavajo celostni kompleks medsebojnih odnosov (Manolakelli, 2022). Glede na število vključenih predmetnih področij je lahko zasnovano v ožji ali širši izvedbi, povezujejo pa se v skupnih namenih poučevanja in učenja. Strategije povezovanja narekujejo širino in obseg vključenih področij in so prilagojene temu, ali želi učitelj vsebine predvsem nadgrajevati ali želi v ospredje bolj postavljati različne vidike na skupno izhodišče. Pri prvem se znanja in spretnosti z enega področja potrebujejo za to, da lahko na drugem področju učencem sploh predstavimo izbrano vsebino. Pri drugem pa smo bolj osredotočeni na to, da predstavimo vsebino z različnih vidikov ter s tem širimo pojmovno mrežo. Tovrsten pristop uporabljamo z namenom spodbujanja širšega razmišljanja in izmenjave metod za rešitve, ki presegajo tradicionalne meje med posameznimi področji.

Pri transdisciplinarnem povezovanju je načrtovanje usmerjeno v razvoj učnih spretnosti za delovanje v okolju in vseživljenjsko učenje. Vsebine ne izhajajo nujno iz učnih načrtov, temveč vsako vključeno področje prispeva v temo specifične vsebine, ki jih z ustaljenimi načini dela pri učnem predmetu ne bi bilo mogoče udeležiti. Pomembna dodana vrednost pa je povezana predvsem s tem, da v ospredje stopajo (nove) vsebine, ki izhajajo iz medpodročno sestavljene formacije in se jih v ločenih področnih vsebinah niti ne bi dotaknili. Tovrstne vsebine običajno presegajo okvir ustaljenega šolskega okolja in lahko z vključevanjem drugih institucij in/ali soizvajalcev segajo v širši (izvenšolski) prostor.

2.2 Modeli povezovanja

Drake in Burns (2004) ugotavljata, da so pedagogi pogosto v negotovosti in pod pritiskom pričakovanj, ki jih prednje postavljajo visoko zastavljeni standardi. V didaktični stroki so se na podlagi preučevanja priporočil

teoretikov, izkušenj učiteljev ter tudi pogledov staršev in učencev na izobraževalni proces in kurikulum razvile tako različne strategije sinhroniziranja standardov medpodročnega povezovanja (prav tam) kot vrsta različnih modelov povezovanja vsebin (Fogarty, Pete, 2009). Robin Fogarty in Brian Pete (2009) se osredotočata na preverjanje načinov za posredovanje vsebin, ki temeljijo na raziskavah o delovanju možganov, podpirajo vseživljenjsko učenje, se osredotočajo na učečega in ponujajo smiselno povezano učenje. V svojem delu opredelita deset modelov integriranih kurikulumov, in sicer celični (določanje kurikularnih prioritet); povezan (vzpostavljanje eksplicitnih povezav); ugnedni (plastenje življenjskih veščin v vsebinske lekcije); sekvenčni (kartiranje učnih načrtov); skupni (sodelovanje za konceptualno razumevanje); mrežasti (ustvarjanje vzorcev in tem); nit (prepletanje življenjskih veščin skozi vsebino); integrirani (oblikovanje izdelkov in predstav); potopljivi (spodbujanje poučevanja, osredotočenega na učenca) in omrežni (spodbujanje učnih omrežij v resničnem svetu). Običajno je medpredmetno povezovanje zasnovano načrtno, v določenih primerih pa se vendarle srečamo tudi z nekimi naključnimi situacijami, ki zahtevajo ustrezno pojasnjevanje, da je učenec sposoben uvideti razlike, podobnosti in sorodnosti. V nadaljevanju predstavljamo nekaj izbranih možnosti.

1. način je običajno uporabljen, ko vsebina teče v medsebojni neodvisnosti učnih predmetov, učitelj pa v pretežni meri sledi ciljem, osredotočenim na naravo posameznega področja. V situaciji, ko se pojavi določen pojem, vsebina, postopek ali druga sorodnost, ki je aktualna tudi na nekem drugem področju, učitelj relacijo do tega učencem pojasni. Pri pripravi vsebine učitelj torej ne izhaja iz vsebin prvega področja, da bi jih načrtno vključeval v drugega. Pri vsakem od področij sledimo specifičnim ciljem, ki jih narekuje učna vsebina, in te zgolj priložnostno oz. po potrebi dopolnimo z razlago, ko/če tako nanese situacija.

2. način je uporaben, kadar je med področji (učnimi predmeti) smiselno poudariti skupni cilj ali koncept, ker je znanje z enega področja koristno za uspešno posredovanje vsebin pri drugem učnem predmetu. Pri načrtovanju je v ospredju vsebinska in časovna uskladitev, učni predmeti pa izvedbeno niso nujno popolnoma ločeni, temveč se lahko prepletajo tudi med realizacijo.

3. način predstavlja obsežnejše zaporedno povezovanje več področij in velja za zahtevnejšega. Povezovalni člen ali rdečo nit med učnimi predmeti predstavlja na primer določena tehnologija, miselni proces ipd. Vsebinsko in časovno usklajevanje je zapleteno in zahteva poglobljen premislek o tempiranju posameznih (delov) vsebin, da končni izid dejansko prispeva h korektnemu in kakovostnemu razumevanju problematike. Način je preprosto izvedljiv, kadar ima učitelj sam pregled nad vsemi vključenimi predmetnimi vsebinami (učitelj razrednega pouka) in pri tem ni odvisen od drugih učiteljev. Slednje seveda ne pomeni, da je izvedba ob sodelovanju več učiteljev nemogoča, zahteva pa nekoliko več medsebojnega usklajevanja, da so učencem v pravem trenutku zagotovljena znanja, ki jih na določeni stopnji oz. v dani situaciji potrebujejo.

4. način predstavlja spleteno povezovanje, ki zajema več področij. Ti se v tem primeru navezujejo na enako osrednjo temo. Vsako učno področje nanjo nasloni specifične vsebine ali pa izhodiščno temo izkoristi za obravnavo določene problematike, ker je v ospredju aktualna vsebina. Eno od izvedbenih možnosti predstavljajo tematski sklopi, ki jih je možno organizirati tudi v obliki zaključenih enot, povezanih s specifično vsebino ali načinom izvedbe (npr. projektno delo, dan dejavnosti ipd.).

3. UPORABNOST IN UČINKI INTERDISCIPLINARNOSTI LUM

Pedagoška stroka se vseskozi spoprijema z iskanjem in preverjanjem različnih načinov posredovanja z učnimi načrti predvidenih vsebin, ki naj bi otrokom hkrati zagotavljali uspešno spoznavanje in ustvarjalno udeležanje, gradnjo odnosa do poudarjenega področja, možnosti napredovanja pri razvoju uporabnih in psihomotoričnih veščin ipd. Pri pouku likovne umetnosti je vse naštet v največji meri povezano s (s)spoznavanjem ustreznih temeljnih likovno-teoretskih znanj (v učnem načrtu poudarjenih v obliki likovnih pojmov), na osnovi katerih je mogoče zasnovati izhodišča za nadgradnjo izbrane vsebine. V tem procesu se na določenih vsebinah vsekakor kažejo smiselne možnosti povezovanja z drugimi učnimi predmeti. Že bežen pregled učnih načrtov namreč pokaže stične točke z različnimi predmetnimi področji, bodisi na ravni terminologije (tj. identični pojmi, npr. simetrija, ritem, zaporedje,

harmonija ipd.), tehnologije (tj. identična sredstva za realizacijo, npr. uporaba tehničnega orodja pri LUM, tehniki, naravoslovju), v nekaterih primerih tudi vsebin. Žal pa v pedagoški realnosti ostajajo te možnosti (pre) pogosto bolj ali manj prepuščene pobudi entuziastičnih učiteljev, ki v tem vidijo neko dodano vrednost za učenca v učnem procesu. Običajno se te pobude udejanjajo v sklopu izbranih, zaključenih projektnih vsebin, medtem ko sistematično ostajajo manj uveljavljene.

Kot smo omenili, se posamezne vsebine v razmislek ponujajo kar same, za druge pa se včasih domneva, da zahtevajo preveč napora. Vendar pa je tudi pri teh s postavitvijo drugačne zasnove mogoče ustvariti pogoje za vznikanje drugačnih vsebin ali širšega pogleda na vsebino. Realizacija tovrstnega povezovanja od likovnega pedagoga zahteva korektno seznanjenost z vsebinami z drugih učnih področij, s katerimi se srečujejo učenci v določenem obdobju. Le tako namreč lahko išče smiselna vsebinska povezovanja in tvorno izkoristi znanja učencev, pridobljena izven likovnega področja. Seveda pa je v primerih kompleksnejše vsebine priporočljivo, da se tako na vsebinski kot na organizacijski ravni povezujejo učitelji, kompetentni za izbrana področja. Salter in Hearn (1996) sta poseben del svoje študije o interdisciplinarnosti namenila tudi odnosu med tovrstnim učnim pristopom in ekipnim delom, ki ima pomembno vlogo v večini medpodročno zasnovanih vsebin. K posameznim vsebinam je mogoče poleg internega kadra pritegniti tudi zunanje strokovnjake, ki imajo na izbranih področjih ustrezne kompetence. S tem učencem zagotovijo dodatne poglede v neko vsebino, področje, organizacijo dela ipd.

LUM v šolskem prostoru še vedno pogosto velja za sproščujoč element v šolskem kurikulumu in je pogosto zmotno razumljena celo kot dekorativno dopolnjevanje vsebin z drugih področij. Z večpodročnim povezovanjem je to prepričanje možno preseči. LUM lahko namreč s povezovanjem z drugimi predmeti poleg specifičnih znanj, ki jih razvija pri učencih in nedvomno prispevajo k splošnemu znanju in sposobnostim (npr. prostorska predstava, orientacija, vizualizacija ipd.), praktično ponazori tudi pozitivne učinke specifičnega načina dela, tipičnega za ustvarjalno tvorjenje neke ideje.

Način koncipiranja ideje je pri LUM v temelju povezan z divergentnim razmišljanjem in ustvarjalnim reševanjem težav. Nabor rešitev, ki nastajajo znotraj gabaritov likov-

ne naloge, je pri LUM razmeroma širok in od učenca zahteva, da v reševanje vključi različne premisleke o težavi (tudi izrazito subjektivne). Poleg tega spodbuja učenca, da se ne boji modificirati svoje prvotne zamisli, če se izkaže potreba po tem. Zaradi prilagodljivosti, ki je pri odpravljanju likovnih težav imanentna, LUM prispeva, da se učenci ne ustrašijo nečesa, kar je na prvi pogled videti kot napaka ali ovira, temveč jih ta kvečjemu opogumlja, da iščejo drugačne poti in jih napeljuje, da uvidijo drugačne rešitve.

Omenili smo že, da lahko učinke interdisciplinarnosti spremljamo tako v obliki ekonomike učinkovitega časa znotraj pouka kot na njenem prispevanju k snovanju zahtevnejših vsebin. Interdisciplinarnost omogoča pogled v različne načine poučevanja, preučevanje učinkov poučevanja ter celo preučevanje razvoja posameznega koncepta v okviru različnih disciplin (npr. razumevanje določenega pojma pri učencu pri različnih učnih predmetih). Nezanemarljiv pa je tudi potencialni transfer interesa učenca. Učenci iste generacije tvorijo heterogeno skupino z vidika interesov. Zanimanje za eno področje, ki ga učitelj načrtno kombinira z drugim, do katerega sicer učenec čuti manj interesa, lahko vodi do pozitivnega transfera tudi na slednjega. Ker lahko z interdisciplinarno zasnovanimi vsebinami povežemo različna področja, utegnejo s tem učenci pridobiti možnost, da v poudarjeno vsebino vključijo tudi neformalna znanja ali znanja s področij, kjer so uspešnejši, ter tako napredujejo tudi na področjih, kjer bi sicer težje.

Kadar učenec sprejme dejavnejšo vlogo in se iz pasivnega prejemnika prelevi v aktivnega sooblikovalca, novo znanje lažje pomni. V primerih, ko interdisciplinarna vsebina poteka v sodelovalnih oblikah dela, so intenzivnejši tudi emotivni dejavniki, ki dodatno aktivirajo preostale. S sodelovanjem in usklajevanjem se namreč oblikujejo pogoji za sodelovalno (Slavin, 2014) in medsebojno učenje (Thurston, Topping, 2007). Učenec v celoto doda svoj prispevek, tj. znanje in veščine z bližnjega področja. S tem se poleg kognitivnega področja razvijajo tudi kooperativnost in druge socialne kompetence ter krepi samozavest.

4. ZAKLJUČEK

Didaktična stroka si vseskozi prizadeva preverjati pristope, s katerimi bi oblikovali dovolj stimulativen učni proces, da bi ta zagotovil kar najboljše učne izide. Interdisciplinarnost v šolskem prostoru nesporno ima prihodnost tudi v okviru pouka likovne umetnosti in z njenim vključevanjem v projektne aktivnosti. Razumljivo je (tega v nobenem primeru nismo želeli postavljati pod vprašaj), da je treba ohranяти in poglobljati znanja na posameznih učnih področjih. Obenem obstaja veliko manevrskega prostora za sistematično vpeljevanje vsebin, ki jih ločena področja ne nagovarjajo in lahko vzniknejo šele, ko se med seboj povežejo različni učni predmeti. Tovrstna povezovanja imajo pozitiven učinek tako na učence kot na pedagoški kader, zlasti na predmetni stopnji osnovnošolskega izobraževanja. Omogočajo namreč boljše spoznavanje vsebin, s katerimi se ukvarja posamezni predmetni učitelj, ter krepijo medsebojno sodelovanje in spoštovanje.

5. VIRI IN LITERATURA

- Alvargonzález, D. (2011). Multidisciplinarity, Interdisciplinarity, Transdisciplinarity, and the Sciences, *International Studies in the Philosophy of Science*, 25(4), 387–403. DOI: 10.1080/02698595.2011.623366.
- Barry, A., Born, G., Weszkalnys, G. (2008). Logics of interdisciplinarity. *Economy and Society*, 37(1), 20–49. DOI: 10.1080/03085140701760841.
- Choi, B. C. K., Pak, A. W. P. (2006). Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 1. Definitions, objectives, and evidence of effectiveness. *Clinical and Investigative Medicine* 29, 351–364.
- Clayton, M., Hagan, J., Ho, P. S., Hudis, P. M. (2010). Designing Multidisciplinary Integrated Curriculum Units.
- Cuevas-Garcia, C. A. (2018). Understanding interdisciplinarity in its argumentative context: thought and rhetoric in the perception of academic practices. *Interdisciplinary Science Reviews* 43(1), 54–73. DOI: 10.1080/03080188.2016.1264133.
- Fogarty, J. R., Pete, B. P. (2009). How to integrate the curricula. Corwin. Sage.
- Klein, J. T. (2010). A taxonomy of interdisciplinarity. V: Frodman, R., Klein, J. Z., Mitcham, C. (ur.). *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. Oxford University Press.
- Lattuca, L. R., Voigt, L. J., Fath, K. Q. (2004). Does Interdisciplinarity Promote Learning? Theoretical Support and Reseachable Questions. *The Review of Higher Education*, 28(1), 23–48. DOI: 10.1353/RHE.2004.0028.
- Lotrecchiano, G. R., Hess, A. (2019). The Impact of Julie Thom-

- pson Klein's Interdisciplinarity: An Ethnographic Journey. *Issues in Interdisciplinarity Studies*, 37(2), 169–192.
- Manolakelli, A. (2022). Inter, Multi, Cross, Trans & Intra-disciplinarity: What is the difference and why is it important? *ArchPsych*.
 - Marentič Požarnik, B. (2000). Psihologija učenja in pouka. DZS.
 - Newell, W. H. (2001). A Theory of Interdisciplinary Studies. *Issues in Integrative Studies*, 19, 1–25.
 - Rower, A. S. C. (2016). Cirque Calder. Foundation Beyeler. Alexander Calder&Fischli/Weiss. Exhibition catalogue.
 - Salter, L., Hearn, A. (1996). Outside the lines: Issues in interdisciplinary research. McGill-Queen's University Press.
 - Sicherl Kafol, B. (2007). Procesni in vsebinski vidiki medpredmetnega povezovanja, V: Krek, J. idr. (ur.), Učitelj v vlogi raziskovalca, akcijsko raziskovanje na področjih medpredmetnega povezovanja in vzgojne zasnove v javni šoli, Pedagoška fakulteta, 131–150.
 - Slavin, R. E. (2014). Cooperative learning in elementary schools. *Education 3-13, International Journal of Primary, Elementary and Early Years Education*, 43(1), 5–14. DOI: 10.1080/03004279.2015.963370.
 - Sember, M. (1991). Advancing the social sciences through the interdisciplinary enterprise. *The Social Science Journal*, 28(1), 1–14. Dostopno na: [https://doi.org/10.1016/0362-3319\(91\)90040-b](https://doi.org/10.1016/0362-3319(91)90040-b).
 - Svinicki, M. D. (2001): Encouraging Your Students to Give Feedback, *New Directions for Teaching and Learning* (87), 17–24. DOI: 10.1002/tl.24.
 - Thurston, A., Topping, K. (2007). Peer Tutoring in Schools: Cognitive Models and Organizational Typography. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 6(3), 356–372. DOI: 10.1891/194589507787382070.
 - Učni načrt za Likovno vzgojo. (2011). Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

6. Degradirana okolja, umetnost in izobraževanje – primeri dobrih praks

asist. Zala Simčič

POVZETEK

V prispevku so obravnavani primeri dobrih praks, ki se povezujejo z vsebinami projekta Degradirana okolja in njihovo oživljanje v kulturni prostor z umetnostjo. Degradirana območja kot prostor, zaznamovan zaradi preteklih človekovih dejavnosti, nagovarjajo številne posameznike in skupine. Prizadevanja k razumevanju njihovega nastanka ter raziskovanja njihovih vplivov na okolje in družbo lahko zaznamo tako v raziskovalni kot v umetniški sferi. Kljub številnim izzivom, ki jih degradirana okolja prinesejo, lahko ob prepoznavanju potenciala tovrstnih neizkoriščenih območij s pomočjo različnih dejavnosti javnost ozavešamo o njihovi problematiki ter jo hkrati spodbudimo k načrtovanju trajnostne rabe prostora. Slednja je ključna za zagotavljanje okolja, ki bo omogočalo zadovoljevanje potreb današnjih in prihodnjih generacij, prispevala k splošni blaginji ter uresničevanju drugih ciljev trajnostnega razvoja.

Ključne besede: degradirana okolja, kulturna dediščina, umetnost, izobraževanje, trajnostni razvoj

ABSTRACT

This paper analyses examples of good practices in relation to the themes of the project Degradirana okolja in their revitalization in cultural space with art. Brownfields, as spaces affected by past human activity, appeal to many individuals and groups. Efforts to understand their origins and explore their impact on the environment and society can be seen in both science and art. Despite the many challenges posed by brownfield sites, they also have inherent potential for sustainable development. By recognising the potential of such areas, we can raise public awareness of these issues through a variety of activities, linked to education, arts and culture, and encourage sustainable land use, which can ensure that the needs of present and future generations are met and contribute to the general well-being of everyone.

Keywords: brownfields, cultural heritage, art, education, sustainable development

1. UVOD

Degradirana območja so v strokovni literaturi najpogosteje definirana kot predhodno rabljen prostor, ki je popolnoma ali delno zapuščen, prizadet zaradi pretekle človekove dejavnosti (Alker idr., 2000; Lampič, Kikec, 2019). Degradirana območja so lahko delno okupirana oz. delno v rabi, brez konkretnih posegov, strukturnih sprememb in sanacije, pa ta ne omogočajo celostne uporabe prostora (Alker idr., 2000). Njihova koncentracija je največja v urbanih in urbaniziranih okoljih, pojavljajo pa se tudi drugje (Lampič, Kušar, Lamovšek, 2017). Omenjena območja so pogosto onesnažena (Lampič, Kikec, 2019) in zaradi prepleta več dejavnikov negativno vplivajo na ekosisteme in človeka, kar se odraža tudi v zmanjšanju estetskega videza pokrajine (Cvahte, Snoj, 2011).

Problematika degradiranih območij je v Sloveniji aktualna tema, ki odpira nove možnosti za razvoj prostora in njegovo trajnostno rabo. Inovativne rešitve in umeščanje novih dejavnosti v razvrednotene prostore (Cvahte, Snoj, 2011) pospešijo notranji razvoj območij in preprečujejo širitev na nepozidana zemljišča (Sevšek, 2020) oziroma tako imenovane 'greenfield' investicije, ki dodatno prispevajo k obremenitvi okolja (Lampič, Kušar, Lamovšek, 2017).

2. DEGRADIRANA OBMOČJA

V strokovni literaturi avtorji degradirana območja kategorizirajo na podlagi različnih dejavnikov. Drozg (1997) degradirana območja ločuje glede na vrsto degradacije, ki je v dotičnem okolju prisotna, in sicer:

- Ekološko degradirana območja, kjer je porušeno naravno ravnovesje oz. je prisotna prizadetost naravnih elementov;
- Funkcijsko degradirana območja, ki so pasivna območja večjih dimenzij z neprimerno oz. neracionalno izrabo prostora in so ekonomsko potratna oz. nezadostno uporabljena;
- Socialno degradirana območja, kjer nastaja koncentracija marginalnih skupin prebivalstva (brezposelni, vzdrževani, etnične manjšine) in kjer je kakovost bivalnega okolja nizka;

- Vizualno degradirana območja, pri katerih je predhodna človeška dejavnost razvrednotila videz območja;
- Urbanistično degradirana urbana območja, kjer že obstoječe prostorske ureditve ne omogočajo zadovoljevanja osnovnih potreb prebivalstva in so sporne iz krajinskega in ekološkega vidika (Drozg, 1997).

Grimski in Ferber (2001) degradirana območja razvrščata glede na njihovo lokacijo in vzrok nastanka v tri kategorije:

- Degradirana območja v tradicionalnih industrijskih območjih, ki so posledica posegov v okolje zaradi specifičnih potreb industrije in hkrati zmanjševanja obsega oz. opuščanja industrijskih dejavnosti v promogovništvu, jeklarstvu, tekstilni in drugih industrijah (Grimski, Ferber, 2001).
- Degradirana območja v urbanih območjih, ki so nastala in nastajajo v procesu razraščanja mest, ki ga usmerja razvoj storitvenega sektorja in selitev industrije na mestna obrobja. V postindustrijski družbi lahko tako v urbanih območjih zasledimo ostanke opuščene industrijske, prometne in druge infrastrukture. Razlogi za degradacijo urbanih območij so poleg opuščanja nekaterih gospodarskih dejavnosti tudi špekulativno trgovanje s parcelami ter nesporazumi glede interesov in uporabe območij, ki problematiko še poglobljajo (Grimski, Ferber, 2001).

- Degradirana območja v ruralnih območjih so opuščena podeželska območja, povezana s preteklimi dejavnostmi v primarnem in sekundarnem gospodarskem sektorju (agrikultura, gozdarstvo, rudarstvo itn.). (Grimski, Ferber, 2001). V Sloveniji npr. hlevi in živinorejske farme predstavljajo večja degradirana območja, ki so pogosto zapuščena in izpostavljena propadanju. Tudi kmetije, ki trenutno še obratujejo na podlagi državnih subvencij, predstavljajo potencialno nova, obsežna degradirana območja, če se subvencioniranje prekine in dejavnost opusti (Trobeč, Snoj, 2011).

Gonilna sila nastanka degradiranih območij so ekonomske strukturne spremembe in upad dejavnosti tradicionalne industrije, ki posledično vodijo tudi do zmanjšane števila delovnih mest. Ranljivost prebivalstva za brezposelnost se tako poveča, kar vodi do degradacije naselij v neposredni bližini degradiranih območij in tudi širši okolici. Prisotnost degradiranih območij

negativno škoduje naravnemu okolju, poleg tega pa ogroža tudi ekonomsko in socialno ravnovesje urbane prostora (Grimski, Ferber, 2000). Nerazrešena težava degradiranih območij čez čas vodi do sekundarne degradacije okolja, ki dodatno okoljsko in socialno obremenjujejo razvrednotene prostore. V posameznih degradiranih območjih se lahko tako prepletajo različne vrste in stopnje degradacije, pojavljajo se hkrati vizualna degradacija (prostor je vizualno razvrednoten), ekološka degradacija (prostor je onesnažen, prisotno je divje odlaganje odpadkov, nezakonito skladiščenje nevarnih odpadkov), socialna degradacija (prisotna je kriminalna dejavnost) ipd. (Širovnik, 2021).

V Sloveniji odločilen korak na področju razreševanja problematike degradiranih okolij predstavlja vzpostavitev Podatkovne baze funkcionalno degradiranih območij (FDO) v letu 2017. Ta vsebuje obsežno identifikacijo, dokumentiranje, mapiranje in ažurno spremljanje funkcionalno degradiranih območij. V procesu evidentiranja je bilo zabeleženih 1080 območij v obsegu 3423 hektarjev. Od tega največji delež predstavljajo območja industrijske in obrtne dejavnosti. Od nastanka FDO se s pomočjo ažurnega zbiranja podatkov ta sprotno dopolnjuje in nadgrajuje (Lampič, Kušar, Lamovšek, 2017).

Nastanek degradiranih območij je neposredno povezan s spremembami v gospodarstvu. Tako so se npr. posledice svetovne gospodarske krize odražale tudi v slovenskem prostoru, saj so vodile v zapiranje podjetij, opuščanje nekaterih gospodarskih dejavnosti ali njihovo prestrukturiranje. Istočasno se je upočasnil tok razvojnih projektov, gradnje infrastrukture ipd., zaradi česar se je proces nastajanja funkcionalno degradiranih območij po letu 2010 le še pospešil (Lampič, Kušar, Lamovšek, 2017).

Podatkovna baza opredeljuje 9 različnih tipov FDO, ki opisujejo preteklo oziroma aktualno namembnost gospodarske dejavnosti območja. Baza je javno dostopna na spletni strani <http://crp.gis.si/>, kjer je omogočen pogled v osnovne značilnosti evidentiranih območij in v druge podatke (Lampič, Kušar, Lamovšek, 2017).

2.1 Oživljanje degradiranih okolij

Stroka sanacijo in revitalizacijo degradiranih območij prepozna kot ključno za doseganje ciljev trajnostnega razvoja (Grimski, Ferber, 2000; Širovnik, 2021). Rehabilitacija, upravljanje in ponovna raba degradiranih

območij so bili kot trajnostna praksa prvič definirani v sklopu projekta RESCUE (Lampič, Kušar, Lamovšek, 2017). Degradirana območja lahko namreč ob primerni sanaciji in oživitvi omogočajo učinkovito trajnostno rabo prostora, obenem pa preprečijo nadaljnjo širitev degradacije, izboljšajo estetski videz pokrajine, spodbudijo razvoj lokalne skupnosti (Cvahte, Snoj, 2011), odpirajo možnosti za nove ekonomske izzive ter okrepijo socialno vključenost (Kokot, 2013). Naštete prakse omogočajo ohranjanje okolja na način, da to lahko zagotovi zadovoljevanje človekovih potreb v sedanjem in prihodnjem času (Kokot, 2013; Lampič, Kušar, Lamovšek, 2017).

Ureditev degradiranih območij je v javnem interesu, ki pa ga velikokrat otežujejo številne kompleksne ovire, kot so zapletena lastniška struktura, okoljska obremenjenost, ekonomske in finančne ovire itd. (Cvahte, Snoj, 2011). Kljub oviram pa imajo degradirana območja za državo pomemben prostorski in razvojni potencial (Sevšek, 2020).

V strokovni literaturi se oživljanje degradiranih okolij navezuje predvsem na sanacijo in revitalizacijo, ki vključuje premišljeno prostorsko ureditev in vodi v njihovo ponovno uporabo. V skladu s cilji projekta *Degradirana okolja in njihovo oživljanje v kulturni prostor z umetnostjo* oživljanje degradiranih območij v okviru projektnih aktivnosti razumemo kot dejavnost časovno omejene ponovne uporabe, torej začasna ali časovno omejena kontinuirana uporaba degradiranih okolij, ki ne temelji na gradnji infrastrukture in večjih strukturnih posegih v prostor.

Tudi z časnimi umetniškimi intervencijami v prostoru in kulturnimi dogodki lahko namreč širšo javnost opozarjamo o pomenu varovanja kulturne dediščine in na neizkoriščen potencial prostorov pretekle industrijske dejavnosti tako na regionalni kot na nacionalni ravni. Ker v projektu naslavljamo tudi industrijska območja, ki so del kulturne dediščine in so po opustitvi dejavnosti velikokrat prepuščena degradaciji, se aktivnosti, ki jih načrtujemo v okviru projekta, približujejo definiciji 'oživljanja', opisani v Zakonu o varstvu kulturne dediščine.

'Oživljanje' je v kontekstu varovanja kulturne dediščine namreč opredeljeno kot »vključevanje kulturne dediščine v sodobno življenje in ustvarjalnost, njeno trajnostno

uporabo in uživanje v njej«. Pojem 'uporaba' pa poleg stalnih dejavnosti vključuje tudi občasne dejavnosti, ki bodisi vplivajo na kulturno dediščino ali pa uporabljajo njene kulturne vrednote in družbeni pomen (Zakon o varstvu kulturne dediščine, 2008).

2.2 Degradirana območja in kulturna dediščina

Ker so nekatera degradirana območja del kulturne dediščine (Cvahte, Snoj, 2011), je pred začetkom dejavnosti oživljanja in revitalizacije tovrstnih območij pomembno ozavestiti specifične ohranjanja, zaščite in upravljanja kulturne dediščine.

V Zakonu o varstvu kulturne dediščine (2011) je kulturna dediščina opredeljena kot »dobrine, podedovane iz preteklosti, ki jih Slovenke in Slovenci, pripadnice in pripadniki italijanske in madžarske narodne skupnosti in romske skupnosti, ter drugi državljanke in državljani Republike Slovenije opredeljujejo kot odsev in izraz svojih vrednot, identitet, etnične pripadnosti, verskih in drugih prepričanj, znanj in tradicij«.

Dediščina zajema vse vidike okolja, ki so nastali na podlagi interakcij in medsebojnega vpliva ljudi in njihovega življenjskega prostora skozi čas. Delimo jo na materialno (premična in nepremična dediščina) ter nesnovno dediščino (Zakon o varstvu kulturne dediščine, 2011). »Kultura, kulturne vrednote in kulturna dediščina so pomembni spodbujevalci trajnostnega razvoja« (Nared, 2014), zato je ohranjanje kulturne dediščine nepogrešljivo za doseganje ciljev. Celosten pristop k ohranjanju kulturne dediščine stremi k zagotavljanju nadaljnega obstoja in njeni bogatitvi, se posveča njenemu vzdrževanju, prenovi, uporabi in oživljanju. Varovanje kulturne dediščine so dejavnosti, ki se ukvarjajo z rednim vzdrževanjem in obnovo kulturne dediščine, kar zagotavlja ohranjanje vrednot dediščine in uporabo te vsaj v najmanjšem obsegu (Zakon o varstvu kulturne dediščine, 2008).

Varstvo kulturne dediščine je v javnem interesu (Zakon o varstvu kulturne dediščine, 2008), saj ta za javnost predstavlja pomembno duhovno, kulturno, družbeno in ekonomsko vrednost ter hkrati nosi pomembno vzgojno in izobraževalno vlogo (Erhartič, 2014). Ob upoštevanju načel okoljske in kulturne trajnosti lahko kulturno dediščino uporabljamo za raznovrstne namene ter izboljšamo kakovost življenja v posameznih skupnostih. Za zagotavljanje trajne rabe kulturne dediščine

ni dovolj, da poskrbimo samo za njeno zaščito pred degradacijo, zaščiti je treba dodati tudi izobraževalno, vzgojno, identifikacijsko, turistično in razvojno prvino (Šmid Hribar, Lapuh, 2014).

Izobraževalna vloga kulturne dediščine se izpolnjuje ob posredovanju informacij o življenju v preteklosti, tehničnih in vzorčnih vidikih dela v preteklosti ter pomembnih dognanjih in dosežkih. Vzgojni vidik kulturne dediščine izvira iz vrednotenja posameznega elementa kulturne dediščine kot glavnega nosilca tradicije nekega območja in del vrednot posamezne družbe. Z izpolnjevanjem izobraževalne in vzgojne vloge kulturne dediščine omogočimo, da se prebivalci ob pomembni kulturni dediščini poistovetijo z nekim območjem, z njim povezano tradicijo in vrednotami. S povečanjem prepoznavnosti določene kulturne dediščine lahko ta postane pomemben identifikator kraja oz. se v družbi prepozna kot njegov simbol (Nared, 2014).

Izobraževalni in vzgojni vlogi kulturne dediščine se ob širši prepoznavnosti njenih vrednot priključi še gospodarski potencial, ki vodi v razvoj turizma in se kaže v večkratnih učinkih, ki jih ta prinaša. Pri trženju kulturne dediščine je ključno sočasno upoštevati vidik njenega ohranjanja in varovanja, saj lahko obremenitve, kot sta veliko število obiskovalcev in povečan promet, ogrozijo pristnost in celovitost območja ali nekega spomenika (Šmid Hribar, Lapuh, 2014).

Šmid Hribar in Lapuh (2014) poudarjata, da ima ohranjanju kulturne dediščine njena zgodovinska vrednost in identiteta močnejši pomen kot sama fizična obnova objektov, kar lahko izkoristimo tudi pri oživljanju degradiranih območij, ki so del kulturne dediščine. Organizacija kulturnih aktivnosti, kot so razstave, sejmi, glasbeni dogodki itn., pripomorejo k večji razpoznavnosti in promociji nekega kraja. Vključevanje lokalne skupnosti in participacija pripomoreta h krepitvi lokalne identitete, ki v času globalizacije pridobiva vse večji pomen (Šmid Hribar, Lapuh, 2014).

2.3 Industrijska dediščina

Industrijska dediščina je del kulturne dediščine, nastale po začetku industrijske revolucije in razvoju težke industrije, ki sta odločilno vplivala na prostorski razvoj in razvoj sodobne družbe (Berger, Wicke, 2017). V drugi polovici 20. stoletja je proces deindustrializacije, velikih gospodarskih kriz in prestrukturacije proizvodnje vodil v opuščanje tradicionalne industrijske dejavnosti, kot so železarstvo, premogovništvo in tekstilna industrija, ter tako pospešil nastanek degradiranih okolij (Ifko, 2002; Grimski, Ferber, 2001). Zaradi številnih negativnih posledic, ki spremljajo gospodarske in socialne spremembe, se je v družbi najprej izoblikoval zapleten odnos do industrijske dediščine. Izguba delovnih mest oz. ekonomske in socialne varnosti ter okoljska in socialna degradacija okolja sta namreč povzročili zavračanje identitete, povezane z industrijo (Ifko, 2002). Na spremembe družbenega dožemanja industrijske dediščine kot del kulturne dediščine so vplivale prve uspešne revitalizacije zapuščenih in degradiranih območij nekdanje industrije v ZDA in Veliki Britaniji. Skrb za ohranjanje industrijske dediščine je tako postal vedno pomembnejši vidik gospodarske preobrazbe (Ifko, 2002).

V razvoju industrijske dediščine so odločilno vlogo odigrali industrijski delavci in člani delavskih sindikatov. Glavna motivacija in želja po ohranitvi industrijske dediščine je izhajala predvsem iz njihovega osebnega odnosa do tradicionalnih industrijskih veščin in znanj, ki so v storitvenem gospodarstvu izgubili svojo vrednost, ter sindikalni tradiciji ščitenja delavskih interesov in pravic. Na razvoj industrijske dediščine so poleg nekdanjih industrijskih delavcev vplivali tudi številni intelektualci, umetniki in akademiki (Berger, Wicke, 2017). Sprememba v odnosu do industrijske zapuščine je pri sledenjih izvirala predvsem iz želje po raziskovanju in razumevanju kolektivne preteklosti in identitete (Polyák, 2016), ki jo danes lahko zasledimo v fotografskih beleženjih ostankov industrije in življenj delavcev, zgodovinskih besedilih o preteklosti in v razvoju skupnosti ter drugih socioloških, geografskih, urbanističnih raziskovanjih o ponovni rabi in oživljanju urbanega in ruralnega prostora. Sorodne tendence so se pojavile tudi v umetnosti, ki je raziskovala družbene spremembe kot del procesa deindustrializacije (Berger, Wicke, 2017). Industrijska dediščina kot skupek kolektivnega spomina, skupnosti in njene preteklosti lahko postane del identitete kraja (Del Pozo, Gonzalez, 2012) in tako v

javnih predstavitev nastopa kot njen simbol (Berger, Wicke, 2017). Arhitektura kot zapuščina industrijske revolucije priča o zgodovinski specifični tehničnih inovacij ter o življenju lokalnega prebivalstva, vpetega v industrijo (Oevermann idr., 2016). Danes je v prostorih industrijske dediščine veliko kulturnih ustanov, npr. industrijskih muzejev, lokalnih zgodovinskih zbirk, nacionalnih institutov za dediščino, arhivov itn. Čez čas se je razvilo tudi zanimanje za umeščanje umetniških vsebin v prostore nekdanje industrije, ki postanejo kulise za predstavljanje umetnosti in ustvarjalni prostor sodobne umetniške produkcije (Polyák, 2016).

Politike načrtovanja prostora so se čez čas oddaljile od rušenja degradiranih industrijskih območij nekdanje industrije ter se usmerile v varovanje, ohranjanje in revitalizacijo le-teh (Del Pozo, Gonzalez, 2012). Zadnjih nekaj let so se v procese obnove, ponovne uporabe in upravljanja prostorov industrijske dediščine začele vse bolj vključevati tudi lokalne skupnosti (Oevermann idr., 2016). Posameznikova identiteta se v družinskem okolju in domačem kraju oblikuje namreč tudi ob prepoznavanju pomena lokalne kulturne dediščine za njeno lokalno skupnost (Šmid Hribar, Lapuh, 2014). Občutek sprejetosti, pomembnosti in domačnosti so psihološki dejavniki, ki tvorijo skupnost in kolektivno zavest, ki sta temelja lokalne identitete (Zupančič, 2011). Z vključevanjem lokalne skupnosti v upravljanje dediščine lahko dosežemo njeno trajno rabo in ohranjanje.

Odsotnost vključevanja lokalnih skupnosti in participacije lokalnega prebivalstva v procese načrtovanja rabe prostora ter neupoštevanje kolektivnega spomina, zavesti in lokalne identitete v praksi velikokrat povzroči pomanjkanje zanimanja ali celo zavračanje kulturne zapuščine s strani širše javnosti. Del Pozo in Gonzales (2012) zagovarjata pomembnost dožemanja industrijske dediščine kot dela kulturne krajine, krajinske in lokalne identitete, saj lahko z ustvarjanjem novih čustvenih povezav in identitet s preteklostjo omogočimo razvoj pozitivnega odnosa širšega občinstva do prostorov industrijske zapuščine. S participativnim pristopom je mogoče omejiti in preseči parcialne interese posameznih regionalnih odločevalcev ter ustvariti sodelovalen odnos med lokalno skupnostjo in upravljavci industrijske dediščine. Na ta način se je mogoče prednostno posvetiti socialnemu kapitalu nekega industrijskega območja, vključevanju družbenih institucij in kulturnih prvin v vsakodnevno življenje (Nared, 2014).

Na področju promocije industrijske dediščine je v evropskem prostoru eden ključnih akterjev organizacija ERIH, ki je v turističnoinformacijsko mrežo evropske industrijske dediščine – 'European route of industrial heritage' vključila več kot 100 območij zgodovinskega pomena.

Spletna stran organizacije ERIH prikazuje seznam vseh območij industrijske dediščine ter predstavlja več kot 2200 zanimivosti iz vseh evropskih držav. Vsaka zanimivost je del 16 tematskih poti, ki prikazujejo različne industrijske panoge in pričajo o raznolikosti evropske industrijske preteklosti ter o njenem skupnem izvoru. Na spletni strani ERIH je možen pogled v zanimivosti s pomočjo interaktivnega zemljevida, na katerem so označene lokacije, ki so del mreže (t. i. ancor points), ter druge regionalne znamenitosti. Vsaka lokacija ima tudi svojo predstavitevno stran, ki vsebuje informacije o industrijski zgodovini posameznih evropskih držav, njenem razvoju ter podrobnosti o lokalno specifičnih industrijah (European route of industrial heritage, 2024).

3. DEGRADIRANA OKOLJA V KONTEKSTU IZOBRAŽEVANJA

V sodobnem času je del poslanstva šole tudi prizadevanje za uresničevanje ciljev trajnostnega razvoja z vzgojo in izobraževanjem za trajnostni razvoj. Ta je zasnovan na izobraževalnih in vzgojnih temeljih odgovornega vedenja vsakega posameznika ter njegovem razumevanju aktualnih problematik, s katerimi se spoprijema sodobna družba (Kolnik, 2007).

Lampič in Kikec (2019) prepoznavata problematiko degradiranih okolij kot pomembno učno vsebino, s katero lahko učenci osnovne šole oz. dijaki srednjih šol in gimnazij razvijejo občutljivost za prostorske procese in njegove spremembe ter se obenem kot bodoči upravljavci prostora izobrazijo za odgovornejšo in racionalnejšo rabo le-tega. Z raziskovanjem prostora se učenci in dijaki naučijo prepoznavati degradacijo prostora ter hitre spremembe v svojem lokalnem okolju ter razširiti svoje razumevanje okolja (Lampič, Kikec, 2019).

Lampič in Kikec (2019) izobraževanje o funkcionalno degradiranih območjih kot učno vsebino umeščata v vsebine predmeta geografije na osnovnošolski in sre-

dnješolski stopnji, omenjata pa tudi možnosti za vključevanje vsebin na druga področja, saj tematika omogoča številne povezave z drugimi predmeti v sklopu medpredmetnega povezovanja.

Degradirana okolja v okviru projekta *Degradirana okolja in njihovo oživljanje v kulturni prostor z umetnostjo* prepoznavamo kot tematiko, ki jo lahko obravnavamo tudi pri pouku likovne umetnosti na osnovnošolski ravni, saj se lahko povezuje z razvojem razumevanja vizualnega (naravnega, osebnega, družbenega in kulturnega) prostora, na podlagi katerega učenec pridobiva likovne kompetence (Kocjančič idr., 2011).

Likovna vzgoja učence spodbuja, da na spoznavni (kognitivni) ravni analizirajo in presojujejo vidni svet, ki ga na izrazni nato likovno formirajo (Kocjančič idr., 2011). Če na eni strani terensko delo na funkcionalno degradiranih območjih v sklopu šolskih aktivnosti pouka geografije spodbuja spoznavanje domače pokrajine ter prepoznavanje vrednot prostora in trajnostnega razvoja (Lampič, Kikec, 2019), lahko angažirana likovna dejavnost učencev po obisku FDO-jev s transformacijo naravnega oz. fizičnega prostora v likovni prostor podpre razvoj njihove okoljske zavesti in trajnostnih vrednot (Flajšman, 2011).

Na terenskem delu in pri pouku na prostem učenci pri pridobivanju informacij o prostoru in zaznavanju tega uporabljajo vsa čutila (Kolnik, 2007). Cilj čutnega zaznavanja je predvsem zaznavanje sprememb v okolju, ki so za neki organizem življenjsko najbolj pomembne (Butina, 2003), kar lahko izkoristimo pri poučevanju trajnostnih vsebin.

Opazovanje in raziskovanje lokalnega okolja ter spremljanje prostorskih sprememb in zaznavanje odstopanj učečim omogoči razvoj občutljivega dožemanja za dogajanje v prostoru že v času njihovega izobraževanja, kar je podlaga za razvoj kritičnega odnosa in odgovornega, aktivnega državljanstva (Lampič, Kikec, 2019). Terensko delo, ki temelji na izkustvenem učenju, omogoča medpredmetno in interdisciplinarno povezovanje ter spodbuja prenos teoretičnega znanja v življenjsko prakso učečih (Kolnik, 2007).

3.1 Projekt ERASMUS+: Degradirana območja in trajnostni razvoj

Primer dobre prakse vključevanja vsebin degradiranih okolij v izobraževalni kontekst je projekt z naslovom Degradirana območja in trajnostni razvoj – kako naj šola vpliva na lokalno okolje. Projekt je trajal od leta 2019 do leta 2020 v sklopu projekta Erasmus +, ki ga je vodila Srednja šola Domžale, v mednarodno sodelovanje pa so se vključile še šole z Islandije, Češke, Estonije in Švedske. Eden glavnih rezultatov projekta je bila izpeljava geografske raziskave oz. konkreten geografski projekt z dijaki iz prakse v lokalnem okolju. Projekt je bil zasnovan interdisciplinarno, v njem pa so sodelovali učitelji geografije, kemije, biologije, IKT, angleščine, državljan-ske vzgoje in sociologije (Dovč, Lampič, 2021).

Aktivnosti za dijake v sklopu šolskega projekta so bile zasnovane na podlagi nacionalne raziskave o degradiranih območjih v Sloveniji, v sklopu katere je bila v Sloveniji prvič vzpostavljena evidenca funkcionalno degradiranih območij. Ta je nastala pod vodstvom raziskovalcev Oddelka za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani ter drugih strokovnjakov in institucij. Dijaki so se na podlagi lastnega interesa in motivacije za dodatne aktivnosti vključevali v projekt prostovoljno. Sodelujoči učenci so se v času projekta udeležili tudi enkratne izmenjave v izobraževalne institucije drugih projektnih članic (Dovč, Lampič, 2021).

Delo dijakov je bilo ciljno usmerjeno, in sicer so se posvečali raziskovalnemu delu, ki je bilo osredinjeno na spoznavanje lokalnega okolja, spoznavanje in uporabo različnih metod raziskovalnega dela, identifikacijo in razlago procesov, ki vodijo v degradacijo prostora, prepoznavanje različnih oblik degradacije prostora ter participativno iskanje rešitev za oživljanje analiziranih območij (Dovč, Lampič, 2021).

Dijaki so ob raziskovalnem delu, ki je vključevalo tako kabinetno kot terensko delo, spremljali spremembe na funkcionalno degradiranih območjih v primerjavi s stanjem iz leta 2017, zabeleženim v nacionalni evidenci. Nove ugotovitve so bile zapisane ter nato predstavljene. Učeči so se pred začetkom raziskovalnega dela najprej udeležili predavanja, na katerem so se seznanili s širšim kontekstom obravnavane vsebine. V sklopu kabinetnega dela so dijaki usvojili osnove teoretičnega znanja v povezavi z degradiranimi okolji ter se srečali z javno dostopno evidenco FDO. Posebna pozornost je bila namenje-

na spoznavanju degradiranih območij v lokalni okolici – občini Domžale. Dijaki so se nato posvetili terenskemu delu, v okviru katerega so preverili aktualne razmere ter jih zabeležili, popisali značilnosti raziskovanih območij in prepoznavali različne oblike degradacije. V postopek dokumentacije je bilo vključeno tudi fotografiranje. Ob koncu pa so dijaki razmišljali tudi o dejavnostih, ki so vodili v opustitev dejavnosti, in možnostih za oživitve območij. Pri terenskem delu so dijaki uporabljali popisni list, ki je bil oblikovan s strokovnjaki Oddelka za geografijo Filozofske fakultete v Ljubljani (Dovč, Lampič, 2021).

Rezultati projekta Erasmus + so primer dobre prakse, kako problematiko degradiranih okolij vključiti v izobraževalni kontekst ter učečim omogočiti usvojitev novih kompetenc. Učni cilji so sestavni del učnega procesa, skozi katerega učenci vstopajo in zaključijo sami, naloga učitelja pa je, da jih v tem procesu spodbuja, vodi in usmerja. Metoda izkustvenega učenja spodbuja reševanje konkretnih težav, usmerjena pa je k celostnemu dožemanju učnih informacij (Kolnik, 2007). V sklopu projekta so dijaki imeli možnost srečanja z lokalnimi upravljavci prostora, s katerimi so opravili tudi intervju. Na podlagi pogovora so tako učenci pridobili dodatne informacije, ki so jim omogočile pogled v večplastnost problematike in proces upravljanja prostora (Dovč, Lampič, 2021).

Razmišljanje dijakov o možnostih oživitve nekaterih analiziranih degradiranih območij kaže tudi razvoj njihovega kritičnega mišljenja, kar je najbolj vidno prav v predlogih dijakov za oživitve zapuščenega gradu Krumperk. Na občini namreč načrtujejo rabo slednjega za turistične namene – hotelski kompleks, ki pa bi po mnenju dijakov moral biti namenjen uporabi širši javnosti, in sicer v obliki muzeja, knjižnice, poročne dvorane itn. (Dovč, Lampič, 2021). Miselni proces dijakov nakazuje tudi razumevanje področja kulturne dediščine, katere del je grad Krumperk. Na podlagi Zakona o varstvu kulturne dediščine je varstvo kulturne dediščine v javno korist, v katero je vključeno tudi »omogočanje dostopa do dediščine ali do informacij o njej vsakomur, še posebej mladim, starejšim in invalidom« (Zakon o varstvu kulturne dediščine, 2008).

4. DEGRADIRANA OKOLJA, UMETNOST IN KULTURA

V okviru dokumenta Analiza dobrih praks smo želeli identificirati različne primere dobrih praks s področja umetnosti in kulture. V analizo so bila tako vključena družbenokritična umetniška dela, ki se formalno in konceptualno navezujejo na degradacijo prostora, ter primeri oživljanja degradiranih prostorov s kulturno-umetniško dejavnostjo.

4.1 Sodobna umetnost

DNLM – Preglaševanje Jesiharja

Preglaševanje Jesiharja je projekt Danila Milovanovića, združujoč več umetniških intervencij v javnem prostoru, ki ga avtor uporabi kot svoj umetniški medij. S posegom v prostor in transformacijo Milovanović podaja lasten komentar na aktualne družbene tematike. Delo se inspirira v sliki Ivana Groharja z naslovom Sejalec, in sicer z izrabo njene ikonične podobe za tržne namene (logotip podjetja Semenarne Ljubljana) ter v arhitekturni posebnosti kozolca, ki je v slovenskem prostoru najbolj znan element nacionalne kulturne dediščine (Juvanec, 2007). Kozolec se kot simbol slovenske krajine pojavlja tudi v delu Sejalec, danes pa se v procesu opuščanja kmetijske dejavnosti večkrat uporablja izobešanje reklamnih napisov in plakatov, ki so v prostoru kulturne krajine moteč, tuj element (MG+MSUM, 2023).

Arhitektura je poleg tipične rabe zemljišč pomemben vizualni element kulturne krajine in njen temeljni označevalec (Zupančič, 2011). Pri uporabi oz. izkoriščanju elementov kulturne dediščine za tržne namene in poseganje v dediščino lahko govorimo o vizualni degradaciji okolja in kulturne krajine, saj tovrstni posegi spreminjajo njen značilni videz. Z dediščino je namreč treba ravnati tako, da se upošteva njen družbeni pomen in da se njene kulturne vrednote v čim večji meri ohranijo za prihodnost (Zakon o varovanju kulturne dediščine, 2008). Ohranjanje kmetijske dejavnosti na podeželju je glavni element ohranjanja kulturne pokrajine, saj ta vodi v ohranjanje okolja, vzdrževanje podeželja in njegovega varstva ter hkrati omogočanje turističnega razvoja določenega območja. Sprememba rabe in namembnosti kmetijskih zemljišč se kaže v degradaciji podobe kulturne pokrajine oz. v vizualni degradaciji okolja, s katero se izgublja tudi značilna prostorska identiteta (Lampič, 2011).

Umetniško delo Preglaševanje Jesiharja prepoznavamo kot primer dobre prakse zaradi osvetljevanja težave vizualne degradacije kulturne krajine. DNLM z izvedbo intervencije razreza reklamnega plakata na trakove in umeščanja teh na kozolec gledalca spomni na izvirno namembnost omenjenega arhitekturnega elementa in absurdno prakso uporabe tega za komercialne, tržne namene. Z izvedbo druge intervencije, umeščanjem sena na eno od oglaševalskih tabel v urbanem okolju Ljubljane, pa dodatno opozori na neprimerno rabo prostora ter na vsiljivost in neskladje podeželskih elementov z oglasnim prostorom. Intervenciji tako tvorita zaključen, družbenokritičen pogled umetnika, ki s svojo angažirano prakso aktivno nagovarja javnost k ozaveščenju problematike neprimerne rabe prostora (MG+MSUM, 2023).



DNLM, Preglaševanje Jesiharja, 2023, fotografija: Jaka Babnik, (MG+MSUM, 2023)



DNLM, Preglaševanje Jesiharja, 2023, fotografija: Jaka Babnik, (MG+MSUM, 2023)

Kristina Leko: Rudarske uspomene

Primer dobre prakse oživljanja industrijske kulturne dediščine in vključevanja lokalne skupnosti je umetniški projekt sodobne hrvaške umetnice Kristine Leko z naslovom Rudarske uspomene, ki je nastal leta 2008. 'Rudarske uspomene' je participativno-dokumentarni umetniški projekt, ki ga je umetnica snovala z nekdanjimi rudarji in njihovimi družinami. Posveča se raziskovanju zgodovine rudarjenja na območju Labina in sedanosti nekdanje rudarske občine. Kljub več desetletij rudarske tradicije na območju Labina je bila ta po zaprtju rudnikov ob koncu 90. let 20. stoletja hitro pozabljena. V času trajanja projekta je bila namreč večina rudarskih mest zanemarenih in prepuščenih degradaciji (Otvoreni likovni pogon, b. d.).

Projekt je želel osvetliti problematiko zanemarjanja rudarske dediščine in rudarske skupnosti, ki je pozabljena (Marjanić, 2011). V času projekta je bil ustvarjen medijski arhiv, v katerem so bili zbrani dokumenti, fotografije, izjave in pripovedi upokojenih rudarjev. Izdelani so bili tudi štirje dokumentarni videi, ki so opisovali pomembne dogodke, povezane z rudnikom, in sicer zaprtje premogovnika, protest iz leta 1987, življenje rudarjev po zaprtju rudnika, in dramsko besedilo, ki je avtorsko delo labinskega rudarja, nastalo v 60. letih preteklega stoletja (Otvoreni likovni pogon, b. d.). Videi so delovali kot 'dokumentarni kino', ki je bil osrednji del razstave (Marjanić, 2011).

Sodelovanje med umetnico in lokalno skupnostjo je tako obudilo spomine, povezane z rudarsko dejavnostjo pokrajine, ter ustvarilo bogato zbirko zapuščine labinskega rudnika. Pozitiven rezultat projekta je bil formiranje skupnosti, ki je pozneje ustanovilo društvo za varovanje rudarske kulturne dediščine, ter predvsem blaženje stigme, ki je bila prej povezana s propadom nekdanje industrije (Marjanić, 2011). Nekdanji rudarji so tako aktivno sodelovali pri oblikovanju javnega kulturnega prostora, ki je oživil območje Labina (Otvoreni likovni poligon, b. d.).

Ilona Nemeth – Eastern sugar

Z opuščanjem industrije in posledicami omenjenega procesa se ukvarja umetniško-raziskovalni projekt Eastern sugar (Sladkor z vzhoda) umetnice Ilone Németh. Predmet zanimanja umetnice je propad proizvodnje sladkorja v Srednji Evropi, ki ga z interdisciplinarno umetniško prakso raziskuje v svojih fotografskih esejih in video intervjujih (35. grafični bienale Ljubljana, b. d.). Ime projekta izvira iz imena britansko-francoskega podjetja, ki je v letu 1991, po razpadu Sovjetske zveze in začetku privatizacije, kupilo nekdanje državne tovarne sladkorja. Podjetje je do leta 2002 zaprlo 12 svojih obratov, v letu 2007 pa je z zaprtjem zadnjih treh delujočih tovarn popolnoma prenehalo proizvajati (Bovino, 2022).

V času trajanja projekta Eastern sugar je avtorica z raziskovanjem propada proizvodnje sladkorja ustvarila obsežen arhiv (Bovino, 2022), v katerem osvetljuje družbene posledice političnih in poslovnih odločitev preteklosti ter išče zgodovinske vzroke za nastanek sodobne gospodarske krize (35. grafični bienale Ljubljana, b. d.).

Delo Eastern sugar je primer dobre prakse ne samo zaradi obravnave večplastne tematike degradiranih območij, temveč tudi zaradi navezovanja umetnice na lokalno okolje, v katerem živi. Eden od obratov nekdanje proizvodnje sladkorja je namreč v neposredni bližini njene hiše v jugozahodni Slovaški, s katerim je avtorica nenehno v stiku (Bovino, 2022). Posledice opuščanja industrije, ki so vidne v degradaciji industrijskih poslopij in njene okolice v fotoesejih, pričajo o družbenih in okoljskih spremembah kot posledici človekovega delovanja v prostoru (35. grafični bienale Ljubljana, b. d.). S pogovori v video formatu, v katere so vključeni številni posamezniki in strokovnjaki s področja industrije sladkorja v Franciji in Srednji Evropi (35. grafični bienale Ljubljana, b. d.), Ilona Németh odpira dialog o posledicah hitrega prehoda držav srednje Evrope iz socializma v kapitalizem in Evropsko unijo (Bovino, 2022) ter o preteklih in sedanjih vplivih kolonizacije, ki je bila povezana s proizvodnjo sladkorja. S kontinuirano umetniško prakso si avtorica prizadeva ozavestiti širšo javnost o pomenu preučevanja skupne preteklosti in razumevanja te za razvoj odgovornejšega vedenja in odločanja, ki vpliva na prihodnost človeštva (35. grafični bienale Ljubljana, b. d.).

Boris Beja – Die grüne

Delo Borisa Beje z naslovom Die grüne, podobno kot delo Ilone Németh, raziskuje obdobje polpretekle zgodovine ter se navezuje na gospodarske in družbeno-politične spremembe v okolju po prehodu iz socializma v kapitalizem. Die grüne je prostorska postavitev, vključujoča fotografijo, ready-made, risbo in objekte, ki pripovedujejo o procesu naravnega prilaščanja zapuščene politične šole v Kumrovcu.

Beja skozi medij fotografije dokumentira notranjost stavbe opuščene politične šole, ki je v času nastanka umetniškega dela samevala že več kot dve desetletji. Politična šola v Kumrovcu, rojstnem kraju nekdanjega jugoslovanskega voditelja Tita, je bila po zaprtju nekaj časa uporabljena za vojaške namene, v času razpada

Jugoslavije leta 1991 pa so v stavbi zatočišče začasno našli begunci. Po odhodu slednjih so prostori postali dokončno zapuščeni in prepuščeni degradaciji. V procesu razkroja je interier politične šole zavzela narava s procesom preraščanja, ki ga je umetnik upodobil s fotografijo in herbarijem tam nabranih rastlin. V ambientalni postavitvi se fotografija in herbarij v celoto povežeta s sobnimi rastlinami v koritih, risbo igrišča politične šole in zvokom projektorja, ki risbo osvetljuje (N. Š, 2018).

V nasprotju s projektom Easter sugar, ki v svojem delu poudarja negativne posledice družbenogospodarskih sprememb po razpadu komunističnega režima in posledice tega za človeško družbo, se delo Borisa Beje osredotoča na odsotnost človeka v prostoru in zmožnost narave, da ta v opuščeni prostorih ustvari nove ekosisteme.



Boris Beja, Die grüne, 2018, fotografija: Boris Beja



Boris Beja, razstava Die grüne v Kulturnem centru Tobačna, 2018, fotografija: Boris Beja

Anna Francis – Brownfield Ikebana

Delo Anne Francis – Brownfiels Ikebana se, tako kot delo Die grüne, inspirira v nastanku novih ekosistemov na degradiranih območjih. Avtorica v svojem ustvarjalnem procesu obiskuje zapuščena območja v urbanem okolju ter z nabiranjem tamkajšnjega lokalnega rastja in odpadkov ustvarja ikebane po vzoru tradicionalne japonske umetnosti urejanja cvetja in drugih rastlin (Francis, 2012).

Umetnica s svojo prakso želi opozoriti na potencial novonastalih naravnih habitatov na degradiranih območjih ter na številne pozitivne vidike za okolje, lokalno skupnost in širšo javnost. Umetniški projekt Brownfield Ikebana združuje več pristopov, in sicer se lahko izvaja kot performans, uporablja se lahko v obliki navodil za izdelavo ikebane z materiali, najdenimi v degradiranih okoljih, ter izvaja kot ustvarjalna delavnica. Cilj vseh omenjenih dejavnosti je odpiranje dialoga o možnostih drugačne uporabe degradiranih okolij, ki je trajnostna in vključuje lokalne skupnosti (Francis, 2012).

Ikebane Anne Francis gledalce nagovarjajo k drugačnemu gledanju in dožemanju prostora s prepoznavanjem lepote v nečem, kar družba sicer prepozna kot neuporabno in neestetsko: v plevelu in odpadkih. Te, prav tako kot degradirana okolja, namreč dojemamo kot 'odvečna' in nekoristna za družbo. S postavitvijo elementov po strogih načelih japonske umetnosti urejanja cvetja jih umetnica preuredi v samostojne celote, ki jim v novem kontekstu pripišemo drugačno vrednost. Delo prepoznavamo kot primer dobre prakse tudi zaradi možnosti multipliciranja tega s pomočjo navodil avtorice, ki gledalce nagovarjajo k raziskovanju lokalnih degradiranih okolij skozi lasten ustvarjalni proces.

4.2 Tekstilna umetnost

Otobong Nkanga – The weight of scars

Nigerijska umetnica Otobong Nkanga v svojem delu The weight of scars (Teža brazgotin) raziskuje posledice težke industrije za okolje in človeško družbo v seriji štirih tapiserij, ki so nastale na podlagi obiska rudnikov v Namibiji. Avtorica opuščene namibijske rudnike in mesta izkopavanja razume kot 'brazgotine', ki so nastale v času nemške kolonizacije ter obstajajo še danes tako v krajini kot na človeških telesih, v kolektivnem spominu in čustvih namibijskega prebivalstva (Fowkes, Fowkes, 2022).

Interdisciplinarna umetnica Otobong Nkanga tako v tapiseriji The weight of scars kot v svojem delu nasploh raziskuje ekološke teme soodvisnosti in povezanosti človeka, družbe in narave. Kot avtorico jo zanimajo predvsem kompleksen družbeni in politični odnos do telesa, ozemelj, mineralov in zemlje kot naravne surovine. Vsako njeno delo temelji na konkretni raziskavi preteklih dogodkov, njen umetniški pristop pa združuje več medijev, in sicer risbo, instalacijo, fotografijo, tekstilno umetnost in kiparstvo. V delu The weight of scars se prepletata tekstilna umetnost tapiserije in fotografija, ki prikazuje opuščena območja nekdanje rudarske industrije (Lisson gallery, b. d.). Fotografije so na tapiseriji povezane z belo linijo in umeščene med dve surrealistični človeški figuri. Množica rok drži belo linijo, ustvarja napetost in simbolično prikazuje kompleksen odnos med telesom in zemljo v procesu pridobivanja naravnih dobrin. V delu lahko zaznamo prepoznavno surrealistično upodabljanje človeških teles, ki se stikajo z elementi in simboli človeško preoblikovane krajine ter skupaj ustvarjajo pripoved o kompleksni in napeti preteklosti kolonialistične lastitve ozemelj in izkoriščanju delovne sile (C&, b. d.).

4.3 Kulturni projekti, bienali, razstave

V iskanju in raziskovanju kolektivne preteklosti in identitete se je odnos do prostorov industrijske dediščine spremenil. V skladu s spremenjenim odnosom do industrijske zapuščine se je razvilo tudi zanimanje za uporabo opuščenih industrijskih poslopij za namene kulturne in umetniške produkcije (Polyák, 2016). V vsakem urbanem prostoru je mogoče najti številne zapuščene prostore, ki so po opustitvi različnih dejavnosti izgubili prvotni namen in posledično postali prostori brez namembnosti (Berc idr., 2010). Kot taki vzbujajo pozornost številnih kulturno-umetniških organizacij in projektov, ki jih z različnimi pristopi ponovno oživljajo in vključujejo v javno življenje.

Invisible Zagreb

Pomembno vlogo v oživljanju opuščenih industrijskih prostorov ima tudi neodvisna, alternativna kultura, ločena od javnih kulturnih institucij (Polyák, 2016). Eden od primerov dobre prakse oživljanja urbanih degradiranih območij je projekt Invisible Zagreb, ki ga je izvedel neodvisni arhitekturni kolektiv Platforma 9,81 pod vodstvom koordinatorskega Damirja Blaževića (Expanding architecture: Design as activism, 2008). Projekt se je razvil iz potrebe po novih prostorih kulturne produkcije, saj se veliko nevladnih kulturnih organizacij na Hrvaškem srečuje s pomanjkanjem prostora za opravljanje svojih vsakodnevnih dejavnosti, predstavljanje umetniških del in organizacijo kulturnih dogodkov (Berc idr., 2010).

Platforma 9,81 je v zapuščenih zagrebških prostorih prepoznala potencial ter začela evidentirati, mapirati in beležiti vse zapuščene objekte in lokacije, ki so bile nato urejene v podatkovno bazo. Zemljevid zapuščenih prostorov je bil po evidentiranju javno objavljen v časopisih ter na spletu, kjer je bil dostopen širši javnosti. Cilj evidentiranja in oblikovanja zemljevida je bil opozoriti na neizkoriščenost zapuščenih, pozabljenih in spregledanih prostorov, ki jih javnost ne uporablja (Expanding architecture: Design as activism, 2008).

V času mapiranja je bilo na območju mesta Zagreb zaznanih približno 60 degradiranih prostorov, ki so bili največkrat zapuščeni zaradi nerazrešenega lastniškega vprašanja (Expanding architecture: Design as activism, 2008). Proces nastanka zapuščenih, degradiranih območij je na Hrvaškem in v drugih nekdanjih članicah

Jugoslavije povzročila demilitarizacija in deindustrializacija (Berc idr., 2010), težavo pa je pospešila privatizacija javnega prostora (Expanding architecture: Design as activism, 2008).

Procesa oživljanja zapuščenih prostorov se je Platforma 9,81 kot neprofitna organizacija najprej lotila 'gverilsko', saj za začasno uporabo prostorov ni imela legalne pravice. Pri okupiranju degradiranih območij se je povezala z lokalnimi, neodvisnimi kulturnimi akterji in organizacijami, ki so se srečevali s pomanjkanjem delovnega prostora in prizorišč. V letu 2004 je bilo v sklopu projekta Invisible Zagreb organiziranih 50–60 različnih dogodkov. V zapuščeni klavnici so bili npr. organizirani koncerti, v zapuščeni tovarni tekstila pa je bila vzpostavljena in organizirana gledališka produkcija. Platformi 9,81 je skupaj z drugimi kulturnimi organizacijami uspelo tudi premakniti odmevno, že obstoječo razstavo iz okvira nacionalnih institucij (galerije) v degradirano območje zapuščenih stavb na obrobje Zagreba ter tako uspešno opozoriti na njihov neizkoriščen potencial (Expanding architecture: Design as activism, 2008).

Invisible Zagreb je zgledni primer dobrega sodelovanja med nevladnimi, neodvisnimi organizacijami in posameznimi akterji na področju kulture ter javnimi ustanovami, zasebnimi upravljavci nepremičnin in širšo javnostjo. Po nekaj uspešnih 'ilegalnih' intervencijah so za uporabo zapuščenih prostorov sčasoma pridobili tudi dovoljenje lastnikov in se za najem opreme za izvedbo dogodkov celo povezali z državno vojsko. Ker je bil velik del zapuščenih območij, vključenih v projekt Invisible Zagreb, v občinski oziroma državni lasti, so člani Platforme 9,81 z drugimi projektnimi sodelavci imeli možnost vključevanja v načrtovanje javnega prostora mesta Zagreb. Tako so posredno vplivali na odločitve, povezane z upravljanjem omenjenih degradiranih prostorov. Projekt Invisible Zagreb dokazuje, da se v javnosti pojavlja zanimanje za oživljanje degradiranih prostorov ter da je za uspešno oživitev treba vključiti tudi širšo javno sfero. Zaradi velikega števila udeležencev na dogodkih se je namreč ustvarila kritična masa ljudi, ki je pospešila željo po obiskovanju kulturnih dogodkov in uporabi zapuščenih prostorov. S širjenjem novic o javnem zanimanju za degradirane prostore pa je Platformi 9,81 uspelo pridobiti naklonjenost odločevalcev in lastnikov poslopij in zemljišč ter se vključiti v procese upravljanja in načrtovanja rabe javnega prostora (Expanding architecture: Design as activism, 2008).

Svetlobna gverila

Kot v tujini se je tudi v slovenskem prostoru razvilo zanimanje za organizacijo in izvedbo kulturnih, umetniških dogodkov v degradiranih prostorih opuščene industrije. Eden vidnejših primerov rabe tovrstnih prostorov za namene predstavljanja sodobne umetnosti je projekt Svetlobna gverila, ki je v preteklosti zapuščeno stavbo Palača Cukrarna prelevil v razstavni prostor. To je zgledni primer začasne rabe degradiranega prostora, v katerega so umeščene svetlobne prostorske instalacije različnih umetnikov.

Svetlobna gverila je mednarodni festival, ki deluje od leta 2007 in se posveča produkciji in predstavitvi sodobne vizualne in novomedijske umetnosti (Svetlobna gverila, 2024). V letih 2017 in 2018 je festival zapuščeno stavbo Palače Cukrarna in bližnjo okolico uporabil kot uprizoritveni in razstavni prostor. Z umeščanjem svetlobne umetnosti v javni prostor Svetlobna gverila želi predrugačiti podobo mesta in približati sodobno umetnost širšemu občinstvu. Cilj festivala je tudi opozoriti na vlogo umetnosti v vsakdanjem življenju ter pomen vključevanja umetnikov v sooblikovanje javnega prostora (Svetlobna gverila, 2024).

Festival Svetlobna gverila je zgleden primer dobre prakse tudi zaradi sodelovanja s širšim okoljem in vključevanja številnih javnih in zasebnih institucij s področja kulture v organizacijo in izvedbo festivala. Poleg kulturnih institucij se Svetlobna gverila povezuje tudi s fakultetami in srednjimi šolami, kot so ALUO in Srednja šola za oblikovanje in fotografijo. V sklopu festivalskega programa Laboratorij Svetlobne gverile se v sodelovanju z izobraževalnimi institucijami izvajajo delavnice, med katerimi nastajajo nova umetniška dela, ki so pozneje razstavljena kot del festivala (Svetlobna gverila, 2024).

Razstava Prilagajanje

V času pisanja analize dobrih praks je bila v Ljubljani organizirana razstava Prilagajanje v stavbi nekdanjega Cestnega podjetja Ljubljana (Mrevlje, 2023), ki je od leta 2013 zapuščen skladiščni objekt v bližini središča Ljubljane. Na razstavi so bili umetniški objekti različnih avtorjev postavljeni v degradirano okolje in stopali v dialog z različnimi procesi v okolici, povezanimi z degradacijo prostora (Mrevlje, 2023). Skupinska razstava Prilagajanje je produkcija platforme Plaza Protokol, na kateri so razstavljali Živa Božičnik Rebec, Samra Buljić, Jon Derganc, Maša Knapič, Istvan Ist Huzjan, Ema Maznik Antić, Andrej Škufca, Slavko Tihec, Neja Zorzut, Lara Žagar, Maks Bricelj in Plaza Protokol (Projekt Atol, 2023). Vsa dela, razen dela Slavka Tihca, so nastala specifično za omenjen prostor in se konceptualno povezujejo z njim (RTV Slovenija, 2023).

Ime razstave Prilagajanje je povezano z odnosom med razstavljenimi umetniškimi deli in okoljem, v katerega so postavljeni za čas razstave. V degradiranem prostoru skladiščnega objekta so bili namreč izpostavljeni različnim pogojem in dejavnikom, kot so vremenski procesi, procesi razkroja in rasti itn. Spremembe v atmosferi umetniške objekte silijo k prilagajanju, ki se podreja okolju, katerega del so postali (Projekt Atol, 2023). Posebnost razstave Prilagajanje je prav odsotnost strogih konservatorskih pogojev, ki so po navadi značilne za muzejske in galerijske prostore. Na začetku 20. stoletja se je z razvojem gretja, ventilacije in klimatizacije prostorov razvila nova paradigma vzdrževanja in ohranjanja umetniških del, ki stremi k čim daljšemu obstoju brez zaznavnih sprememb (Novotny, 2023).

Strogi konservatorski pogoji so za ohranjanje umetniških del nujni. Umetniško delo na papirju bi tako morali na primer hraniti v prostoru pri temperaturi 20 °C in 50-% relativni vlažnosti, da bi ga lahko ohranili 100 let. Z znižanjem temperature na 10 °C in 40-% vlažnost v prostoru lahko papir ohranimo do približno 1200 let, vendar mora ta biti shranjen v popolni temi, saj svetloba povzroči razkroj celuloze, pigmenta, črnila in barvila. Ohranjanje umetniških del iz plastike je še kompleksnejše, saj je njihova življenjska doba v naravnih razmerah samo 20 let (Novotny, 2023). Zagotavljanje nespremenjene oblike umetniških del je zato v degradiranih prostorih za kustose in organizatorje razstav toliko večji izziv.

V 20. izdaji revije ŠUM Novotny (2023) tematsko povezane z razstavo Prilagajanje kritično razmišlja o trajnostnem vidiku ohranjanja in vzdrževanja umetniških del, saj je tovrstna dejavnost energijsko zelo potratna. Avtor navaja, da približno 90–95 % umetniških del, ki so del javnih zbirk, ne bo nikoli javno razstavljenih. Njihov 'stalni razstavni' prostor in 'habitat' je zaradi nujnosti zagotavljanja strogih konservatorskih pogojev večinoma le klimatiziran prostor arhivov in depojev (Novotny, 2023).

Glavno poslanstvo muzeja je zbiranje, hranjenje in prikazovanje umetnosti, pri čemer se Novotny (2023) kritično sprašuje, ali ni morda muzej le 'enota za intenzivno nego', ki si prizadeva za večno ohranitev umetniških del (Novotny, 2023).

Na razstavi Prilagajanje so dela namenoma postavljena v nepredvidljivo in nenadzorovano okolje, v katerem so podvržena spremembam. Prostor degradiranega skladišča tako postane ne le prostor začasne, 'pop up' razstave, temveč hkrati tudi eksperimentalni laboratorij, v katerem gledalec opazuje spajanje umetniških del z okoljem in vsemi njegovimi značilnostmi. Edino umetniško delo, ki se 'deloma izogne' tovrstnim spremembam, je delo Slavka Tihca, SF76, ki je bilo za namene razstave izposojeno iz zbirke Moderne galerije (RTV SLO1). Na vodenem ogledu kustos razstave, Andrej Škufca, obiskovalcem razloži, da je Tihčevo delo v prostoru, v katerem je mogoče zagotoviti nadzorovanje relativne vlage in temperature, kar je bil pogoj za izposajo in vključitev tega na razstavo. Kljub strogim nadzorovanim pogojem pa umetniško delo, postavljeno v nepredvidljiv kontekst zapuščenega skladišča, odpira možnosti ustvarjanja novega narativa v dialogu z drugimi umetniškimi deli in je zato zanimiv primer kuratorske prakse v degradiranih okoljih. Razstava tako postane konceptualen umetniški medij, ki lahko obstaja tudi izven konvencionalnega galerijskega ali muzejskega prostora v priložnostni obliki, po zaključeni dejavnosti pa živi skozi svojo dokumentacijo (Novotny, 2023).

5. ZAKLJUČEK

V procesu deindustrializacije je veliko obsežnih industrijskih poslopij izgubilo prvotno funkcijo. Po opustitvi dejavnosti so ta postala prepuščena degradaciji ter posledično postala 'mrtva območja', izključena iz mestnega tkiva (Berc idr., 2010). Proces deindustrializacije je enako prizadel tudi industrijska in ruralna območja (Grimski, Ferber, 2001), kar se danes kaže v velikem številu funkcionalno degradiranih območij, tudi v Sloveniji (Lampič, Kušar, Lamovšek, 2017). Izzivi, ki se pojavljajo pri poskusu revitalizacije omenjenih območij, so raznovrstni, najpogostejše pa ovire predstavljajo bodisi pomanjkanje razvojnih načrtov, težave pri usmerjanju investicij v prioriteta območja, birokratske prepreke in špekuliranje s prostorskimi viri (Berc idr., 2010). Oviram navkljub pa degradirana območja še vedno nosijo potencial za prostorski in družbeni razvoj (Sevšek, 2020).

Na začetku 21. stoletja se je v kontekstu prostorskega načrtovanja, povezanega z urbaniimi okolji, razvil nov koncept 'kreativnega mesta', ki je postal nova paradigma prostorskega razvoja. V sklopu koncepta se je v širši javnosti popularizirala vizija o živahnem mestu s cvetočim kulturnim sektorjem, ki zadovoljuje potrebe prebivalstva po razvedrilu in izobraževanju ter nosi velik turistični potencial. Degradirana območja opuščene industrije so tako postala zanimiva za vladne in nevladne kulturne organizacije, civilne iniciative, zasebne investitorje ipd., ki so začeli z vlaganjem resursov, svojega časa in truda za njihovo oživitev (Fischer, 2012).

Na področju prostorskega načrtovanja se je razvil tudi javni interes za vključevanje lokalnih skupnosti v procese načrtovanja, odločanja in oblikovanja prostora. S participacijo lahko spodbudimo angažiranost lokalnega prebivalstva za urejanje in oživljanje prostora, povezanega z vsakdanjim življenjem skupnosti (Cancellieri idr., 2018). Eden od načinov, kako lokalno skupnost motiviramo k sodelovalni dejavnosti in aktivnemu vključevanju k sooblikovanju prostora, je kulturna dejavnost, ki aktivno vključuje različne ciljne skupine skozi ustvarjalni proces (Cancellieri idr., 2018). Participativna umetniška praksa ima namreč moč, da svoje občinstvo

motivira za aktivno vključevanje v ustvarjalne procese ter omogoča delitev znanja širši javnosti (Birchall, 2017). Primer participativne umetnosti, ki poleg ustvarjanja skupnosti ozavešča tudi o pomenu varovanja kulturne dediščine, je delo hrvaške umetnice Kristine Leko z naslovom Rudarska uspomena. Vključevanje lokalne skupnosti v ustvarjalni proces je v tem primeru spodbudilo samoorganizirano delovanje udeležениh, ki so po projektu nadaljevali delo na področju ohranjanja in varovanja industrijske zapuščine. Sonja Ifko (2002) poudarja, da lahko z izvedbo ustreznih izobraževalnih in promocijskih akcij okrepimo pozitiven odnos do industrijske dediščine v družbi.

Participativna umetnost je del družbeno angažirane umetnosti, ki se vključuje tudi v družbene sfere in deluje na področju aktivizma, urbanizma, ekologije ipd. (Birchall, 2017). Degradirana okolja kot aktualna družbena tematika nagovarjajo številne umetnike, ki se nanje odzivajo z različnimi interdisciplinarnimi pristopi, združujoč več umetniških medijev. V dokumentu smo analizirali več primerov dobre prakse domačih in tujih umetnikov, ki se formalno in konceptualno navezujejo na degradirana okolja.

Degradirana okolja lahko postanejo tudi prostori produkcije in prikazovanja sodobne umetnosti. Ta v novem, neobičajnem kontekstu odpira dialoge o perečih družbenih vprašanjih ter osvetljuje neizkoriščen potencial zapuščenih poslopij in zemljišč. Funkcionalno degradirana območja pa so prostor, ki je zanimiv tudi iz izobraževalnega vidika, saj ponuja priložnost o učenju trajnostnega upravljanja s prostorom in družbeno-odgovornega vedenja.

Z analizo dobrih praks smo raziskali področje degradiranih okolij, industrijske kulturne dediščine, njihovega izobraževalnega potenciala, upodabljanja teh v umetnosti in njihovem oživljanju z različnimi kulturnimi dejavnostmi. Dokument je bil v oporo pri snovanju projektnih aktivnosti, hkrati pa je bil namenjen kot učno gradivo udeležencem krajših izobraževanj in usposabljanj Degradirana okolja in likovna umetnost. Zgledni primeri dobrih praks učeče seznanjajo s pomembnostjo upoštevanja specifičnih značilnosti in kompleksnosti degradiranih okolij ter spodbujajo k razvoju lastnega trajnostnega delovanja za družbo prihodnosti.

6. VIRI IN LITERATURA

1. Alker, S., Joy, V., Roberts, P., Smith, N. (2000). The definition of brownfield. *Journal of Environmental Planning and Management*, 43(1), 49–69.
2. Art Viewer. (10. 4. 2018). Otobong Nkanga at Museum of Contemporary Art Chicago. Dostopno na: <https://artviewer.org/otobong-nkanga-at-museum-of-contemporary-art-chicago/>.
- Bardos, R. P., Jones, S., Stephenson, I., Menger, P., Beumer, V., Neonato, F., Wendler, K. (2016). Optimising value from the soft re-use of brownfield sites. *Science of the Total Environment*, 563, 769–782.
3. Berc, D., Mrduljaš, M., Vidović, D., Veljačić, M., Hanaček, I., Kutleša, A., Rimanić, M., Vuković, V. (2010). Aktivacije – mapiranje naseljavanja napuštenih prostora u javne svrhe. *Život umjetnosti: časopis za pitanja likovne kulture*, 87, 88–119.
4. Berger, S., Wicke, C. (2017). Introduction: Deindustrialization, Heritage, and Representations of Identity. *The Public Historian*, 39(4), 10–20.
5. Bovino, E. V. (2022). Ilona Nemeth: Eastern sugar. [Razstavni letak] Razstavljeno v Trafogaleria 6. maj–19. junij 2022.
6. Butina, M. (2003). Mala likovna teorija (2. natis, str. XVII, 173). Debora.
7. Cancellieri, G., Turrini, A., Perez, M. J. S., Salido-Andres, N., Kullberg, J., Cognat, A. S. (2018). Social Innovation in Arts & Culture: Place-regeneration initiatives driven by arts & culture to achieve social cohesion. In *Social Innovation* (pp. 79–103). Routledge.
8. C&. (b. d.). Otobong Nkanga: From Where I Stand. Dostopno na: <https://contemporaryand.com/exhibition/otobong-nkanga-from-where-i-stand/>.
9. Cvahte, A., Snoj, L. (2011). Geografsko vrednotenje degradiranih območij v izbranih statističnih regijah. *Dela*, 36, 111–122.
10. Del Pozo, P. B., Gonzalez, P. A. (2012). Industrial heritage and place identity in Spain: From monuments to landscapes. *Geographical Review*, 102(4), 446–464.
11. Dovč, P., Lampič, B. (2021). Spoznavanje degradiranih območij v lokalnem okolju ter raziskovanje sprememb v prostoru: projektno delo dijakov Srednje šole Domžale. *Geografija v šoli*, 29(1), 38–46.
12. Drozg, V. (1997). Nekatere značilnosti ustroja Maribora. *Geografski vestnik*, 69, 73–92. Dostopno na: <http://www.dlib.si>.
13. Erhartič, B. (2014). Ohranjanje kulturne dediščine. V: *Upravljanje območij s kulturno dediščino*, 27–33. Založba ZRC.
14. European route of Industrial heritage. (b. d.). Dostopno na: <https://www.erih.net/>.
15. Expanding architecture: Design as activism. (2008). Metropolis Books.
16. Fischer, K. (2012). Revitalisation Through Arts and Culture: New Developments for 5 European Industrial Complexes. Second Chance.
17. Flajšman, B. (2011). Likovna vzgoja in trajnostni razvoj. *Trajnostni razvoj kot načelo vzgoje in izobraževanja pri likovni in glasbeni vzgoji ter filozofiji. Zbornik referatov in razprav. Ljubljana: Državni svet Republike Slovenije*, (3), 13–20.
18. Fowkes, M., Fowkes, R. (2022). Art and climate change (str.

294). Thames & Hudson.

19. Francis, A. (2012). Brownfield Ikebana. Dostopno na: <https://annafrancis.blogspot.com/2012/09/brownfield-ikebana.html>.
20. Francis, A. (2015). Brownfield Ikebana: recognising the beauty in urban wastegrounds. In: *Nordic Geographers Meeting 2015*, 15–19 junij 2015, Talinn and Tartu, Estonia.
21. Grímski, D., Ferber, U. (2001). Urban brownfields in Europe. *Land Contamination and Reclamation*, 9(1), 143–148.
22. Ifko, S. (2002). Industrijska arhitekturna dediščina in njeno varovanje. *Koroški fužinar*, 52(2), 11–15.
23. Ifko, S. (2002). Industrijska arhitekturna dediščina kot nova razvojna priložnost. V: *Zgodnja industrijska arhitektura na Slovenskem: vodnik po arhitekturi* (str. 42–52). Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije.
24. Juvanec, B. (2007). Kozolec (1. izd., str. 116). Fakulteta za arhitekturo.
25. Kocjančič, N. F., Karim, S., Kosec, M., Opačak, Ž., Prevodnik, M., Rojc, J., Velikonja, A., Zupančič, T., Kepec, M., Prevodnik, M., Tomšič Amon, B., Selan, J. (2011). Učni načrt, Program osnovna šola, Likovna vzgoja. Ministrstvo za šolstvo in šport; Zavod RS za šolstvo. Dostopno na: http://mizs.arhiv-spletisc.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/os/prenovljeni_UN/UN_likovna_vzgoja.pdf.
26. Kokot, M. (2013). Model trajnostne revitalizacije starih industrijskih območij. *Revija za geografijo*, 8(1), 97–111. Dostopno na: <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=56032>.
27. Kolnik, K. (2007). Proaktivnosti in terensko delo v izobraževanju za trajnostni razvoj. *Revija za geografijo*, 2/2, 21–28. Dostopno na: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-ON-FVPSSC/b56ca596-4d90-42f8-93f5-b5aeec9002eb/PDF>.
28. Lampič, B. (2011). Spremembe v kulturni pokrajini. V: *Spodnje Podravje pred izzivi trajnostnega razvoja*. (str. 88–100). Znanstvena založba Filozofske fakultete.
29. Lampič, B., Kikec, T. (2019). Funkcionalno razvrednoten prostor – razmere v Sloveniji in možnost vključevanja vsebine v osnovno- in srednješolsko izobraževanje. *Geografija v šoli*, 27(2), 8–21.
30. Lampič, B., Kušar, S., Zavodnik Lamovšek, A. (2017). Model celovite obravnave funkcionalno degradiranih območij kot podpora trajnostnemu prostorskemu in razvojnemu načrtovanju v Sloveniji = A model of comprehensive assessment of derelict land as a support for sustainable spatial and development planning in Slovenia. *Dela*, 48, 5–59. Dostopno na: <https://revije.ff.uni-lj.si/Dela/article/view/dela.48.1.5-59>.
31. Lisson gallery. (b. d.). Otobong Nkanga. Dostopno na: <https://www.lissongallery.com/artists/otobong-nkanga>.
32. Marjanić, S. (2011). Art intervention in industrial cultural heritage or, how does socially useful art come about? *Narodna umjetnost: hrvatski časopis za etnologiju i folkloristiku*, 48(1), 52–53.
33. MG+MSUM. (2023). Preglaševanje jesiharja. Dostopno na: <https://www.mg-lj.si/si/razstave/3804/danilo-milovanovic-preglasovanje-jesiharja-2023/>.
34. Mrevlje, N. (2023). Umetniška dela v zapuščeni stavbi. Dostopno na: <https://www.dnevnik.si/1043040553>.
35. Nared, J. (2014). Trajnostno upravljanje območij s kulturno dediščino. V: *Upravljanje območij s kulturno dediščino* (str. 11–15). Založba ZRC.
36. Novotny, M. (2023). Museum or a tombstone. *Šum*, 20, 2673–2676.

37. N. Š. (2018). Boris Beja z razstavo o vdoru narave v zapuščeno politično šolo v Kumrovcu. MMC RTV SLO. Dostopno na: <https://www.rtv slo.si/kultura/razstave/boris-beja-z-razstavo-o-vdoru-narave-v-zapusceno-politico-solo-v-kumrovcu/450932>.
38. Oevermann, H., Degenkolb, J., Dießler, A., Karge, S., Peltz, U. (2016). Participation in the reuse of industrial heritage sites: The case of Oberschöneweide, Berlin. *International Journal of Heritage Studies*, 22(1), 43–58.
39. Otvoreni likovni pogon. (b. d.). Rudarske uspomene. Dostopno na: <https://otvorenilikovnipogon.org/projekti/rudarske-uspomene.html>.
40. Polyák, L. (2016). III. The Culture of brownfields: The Creative revitalization of industrial spaces in Central Europe.
41. Projekt Atol. (2023). Prilagajanje. Dostopno na: <https://projekt-atol.si/work/prilagajanje/>.
42. RTV Slovenija. (15. 12. 2023). Razstava Prilagajanje. Oddaja Kultura, RTV SLO 1. Dostopno na: <https://365.rtv slo.si/arhiv/kultura/175009127>.
43. Sevšek, M. (2020). Funkcionalno degradirana območja Osrednjeslovenske statistične regije: pregled stanja v letih 2017 in 2020. *Geografski obzornik*, 67(1/2), 16–31. Dostopno na: <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-8XJ8I3K9>.
44. Svetlobna gverila. (2024). Dostopno na: <http://www.svetlobnagverila.net/festival/>.
45. Širovnik, K. (2021). Obrtno-poslovno cono v vsako občino? *Outsider*, 7(25), 32–37.
46. Šmid Hribar, M., Lapuh, L. (2014). Razvojni potenciali kulturne dediščine. V: *Upravljanje območij s kulturno dediščino* (str. 113–120). Založba ZRC.
47. Trafó galerija. (2022). Ilona Németh: Eastern Sugar. Dostopno na: https://trafo.hu/en/trafo_gallery/easternsugar.
48. Zupančič, J. (2011). Identiteta Spodnjega Podravja. V: *Spodnje Podravje pred izzivi trajnostnega razvoja* (str. 9–21). Znanstvena založba Filozofske fakultete.
49. 35. grafični bienale Ljubljana. (b. d.). Ilona Németh. Dostopno na: <https://35.bienale.si/sl/umetniki/ilona-nemeth/>.
50. Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1). (2008). Uradni list RS, št. 16/08, 123/08, 8/11 – ORZVKD39, 90/12, 111/13, 32/16, 21/18 – ZNOrg in 78/23 – ZUNPEOVE. Dostopno na: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO4144>.
51. Tobačna 001. (2018). Boris Beja: Die grüne. Dostopno na: <https://mgml.si/sl/center-tobacna/razstave/257/boris-beja/>.