

ŠOLSKI CENTER VELENJE

ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA

Trg mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

ZAGOZDA

Tematsko področje: Tehnika

Avtorja:

Žak Lubej, 3. letnik

Urh Rošar, 3. letnik

Mentor:

Rok Urbanc, dipl. inž. rač. in inf. tehnol. (UN)

Velenje, 2021

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD** ŠC Velenje, šolsko leto 2020/2021
- KG** zagozde /izdelava/3d oblikovanje/ tiskanje
- AV** LUBEJ, Žak / ROŠAR, Urh
- SA** URBANC, Rok
- KZ** 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3
- ZA** ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2020
- LI** 2021
- IN** **ZAGOZDA**
- TD** Raziskovalna naloga
- OP** VI, 19 str., 0 tab.,0 graf.,16 slik,0 pril., 12 vir
- IJ** SL
- JI** sl
- AI** V sodobnem času, kjer se tehnologija razvija in širi iz dneva v dan, se marsikdaj soočimo tudi z različnimi izdelki, ki so narejeni s pomočjo 3d tiskalnika. Ko sva izvedela, da ima profesor doma tako dober 3d tiskalnik, sva takoj pomislila na izdelek, ki ga bi bilo mogoče narediti. Ta nama bi veliko pripomogel pri najinem športu. Tako sva izdelala model s pomočjo programa »Fusion 360«. Poudarek pa sva dala predvsem na izboljšavo modela in pa seveda na material.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2021

CX jets/ manufacture / 3d design / printinnng

AU LUBEJ, Žak / ROŠAR, Urh

AA URBANC, Rok

PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2021

PY 2021

TI **JETS**

DT Research work

NO VI, 19 pag., 0 col.,0 gra.,16 pic,0 anne., 12 sources

LA EN

AL sl/en

AB In modern times, where technology is evolving and expanding day by day, we often also face various products made with the help of a 3d printer. When we found out that the professor at home has such a good 3d printer, we immediately thought of a product that could be made. This would help us a lot in our sport. So we made a model with the help of the "Fusion 360" program. We focused mainly on improving the model and, of course, on the material.

KAZALO VSEBINE

1	Uvod	1
1.1	Hipoteze	1
2	Pregled objav	2
2.1	3D tiskanje	2
2.2	Zgodovina	3
3	Material	4
3.1	Opis materialov	4
3.1.1	Materiali	4
3.1.2	PLA (Polylactic Acid) material	5
3.1.3	ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) material	5
3.1.4	PVA-material	5
3.1.5	Vrste materialov	5
4	Metode dela	6
4.1	Oprema	6
4.1.1	Tiskalnik	6
4.1.2	Čistilna komora	6
4.1.3	Potrošni material	6
5	Pot do končnega izdelka	7
5.1	Programska obdelava	7
5.2	Tiskanje	7
5.3	Obdelava po končanem tiskanju	8
6	Rezultati in razprava	9
6.1	Hipoteze	9
6.2	Prvi rezultati oz. Feed back po testih	9
6.3	Opredelevanje hipotez	16
7	Zaključek	17
8	Povzetek	17
9	Zahvala	18
10	Viri in literatura	19
11	Avtor raziskovalne naloge	20

KAZALO SLIK

Slika 1.....	2
Slika 2.....	5
Slika 3.....	7
Slika 4.....	8
Slika 5.....	9
Slika 6.....	10
Slika 7.....	10
Slika 8.....	11
Slika 9.....	12
Slika 10.....	13
Slika 11.....	14
Slika 12.....	14
Slika 13.....	15
Slika 14.....	15
Slika 15.....	16
Slika 16.....	20

Seznam okrajšav in kratic

% – odstotek

angl. – polni pomen iz angleškega jezika

slo. – prevod v slovenščino

° - stopinje

dipl. – diplomirani

ERŠ – Elektro in računalniška šola

inž. – inženir

npr. – na primer

oz. – oziroma

ŠCV – Šolski center Velenje

ti. – tako imenovani

URL – enotni naslov vira (angleško Uniform Resource Locator) je naslov spletnih strani v svetovnem spletu

wiki – Wikipedia

www – angl. world wide web (Svetovni splet)

fps – sličice na sekundo (angl. Frames per second)

inc. – vključena (angl. Incorporated)

CAD - Računalniško podprto oblikovanje (angl. Computer-aided design)

LOM - Izdelava laminiranih predmetov (angl. Laminated object manufacturing)

SLS - Mejno stanje uporabnosti (angl. The Serviceability Limit State)

FDM - Modeliranje taljenih usedlin(angl. Fused Deposition Modeling)

dr. – zdravnik (angl. Doctor)

PLA – polilaktična kislina (angl. Polylactic acid)

ABS - protiblokirni zavorni sistem (angl. Anti-lock braking system)

mm – milimeter

FFF - Končana inženirska gradnja tal (angl. Finished Floor Elevation Engineering)

EBF - Ekscentrično podprt okvir (angl. Eccentrically Braced Frame)

3D – tridimenzionalno (angl. Three-dimensional)

4D - štridimenzionalno (angl. Four-dimensional)

Dpi - pik na palec(angl. Dots per inch)

1 Uvod

3D tiskanje je postopek, s katerim lahko naredimo katero koli stvar in za katero koli področje. Zaradi tega je precej zanimiva stvar. Marsikdo ne ve, na kakšen način pridemo do kakšnega izdelka. Kot novosti letošnje skakalne sezone so bila pravila glede zagozd, katere skakalci uporabljajo, ker pa so se nam zagozde ki so že obstajale na trgu zdele manj funkcionalne in drage, pa smo se odločili poizkusiti narediti svoje. Zato smo se odločili, da s pomočjo programa »Fusion 360«, ustvarimo model zagozde.

Idejo smo dobili po tem, ko smo izvedeli, da ima profesor zelo dober 3d tiskalnik. Takoj smo pomislili, da bi lahko naredili zagozde, ki nam bi pripomogle pri smučarskih skokih. Spodbudilo nas je predvsem, da bi lahko naredili povsem svoj izdelek, ki pa bi bil seveda veliko boljši.

Težavo je predstavljalo predvsem ne znanje na področju 3D modeliranja in tiskanja, kar pa smo bili odločeni spremeniti. Skupaj z mentorjevim vodenjem smo prišli do delujočega produkta, ki pa je funkcionalen in hkrati lepo oblikovan.

1.1 Hipoteze

1. Ali je s 3D tiskom mogoče uspešno natisniti uporaben del športne opreme?
2. Ali je trda guma primernejša za uporabo pri zagozdah, kot pa plastika?
3. Ali je športna oprema narejena s pomočjo 3D tiska zanesljiva?

2 Pregled objav

2.1 3D tiskanje

3D-tiskanje^[1] ali aditivna proizvodnja je postopek izdelave trirazsežnih trdnih objektov skoraj katere koli oblike iz digitalnega modela. 3D-tiskanje se doseže z uporabo aditivnega postopka, pri katerem se v različnih oblikah odlagajo zaporedne plasti materiala. 3D-tiskanje se razlikuje od tradicionalnih proizvodnih tehnik, pri katerih se večinoma uporablja odstranjevanje materiala z metodami, kot sta rezanje ali vrtanje (subtrakcijski postopki).

Tiskalnik materialov običajno izvaja procese 3D-tiskanja z uporabo digitalnih tehnologij. Od začetka 21. stoletja se je prodaja teh strojev močno povečala, njihova cena pa je močno padla.

3D tiskalniki lahko za tisk uporabljajo veliko različnih materialov (npr. guma, plastika, papir, poliuretanski materiali, kovine in podobno), izbira pa je odvisna od zmogljivosti in tipa tiskalnika. V splošnem se materiali po plasteh nanašajo na različne načine, a najpogostejši v tiskalnikih nižjega cenovnega razreda je nanos topljenega polimera skozi majhno šobo. Polimer je v večini primerov topljiva plastika z ugodnimi lastnostmi za topljenje in hlajenje (v angleščini se uporablja bioplastika PLA ali bolj vzdržljiva ABS, ki za uporabo potrebuje ogrevano posteljo za nanos). 3D tiskalnik filament med 3D tiskanjem vleče v ogrevano glavo (ang. ekstruder), kjer se filament stopi in skozi šobo nanese na tiskalno posteljo. Spodnja slika prikazuje 3D-tiskalnik ZORTRAX M2001.



Slika 1

¹ https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fwww.viptoner.si%2F3d_tiskalniki_in_material-3d_tiskalniki--p-

2.2 Zgodovina

Koncept izdelovanja materialnih objektov iz 3D CAD (Computer-aided design) je drugače znan tudi kot Rapid Proto-Typing. Sicer ima zelo kratko zgodovino, saj se je začel razvijati šele nedavno, vendar je v tem kratkem obdobju doživel že mnogo različnih tehnologij. Prva tehnologija je tako imenovana (stereolithography). Uporabljala tekočo polimerno plastiko, ki se nato nanaša v plasteh debeline 0.002 -0,006 inča ter je s pomočjo laserja strjena. Tako se po številnih plasteh oblikuje plastični objekt.

Postopek je dolgotrajen in poteka zelo počasi, uporabljeni material (tekoča polimerna plastika) je izredno drag, ravno tako pa je za delo potreben posebej nadzorovan in prilagojen prostor (soba). Iz naštetih razlogov so ta postopek ohranile le nekatere raziskovalne institucije.

Z razvojem je do danes sledilo mnogo različnih tehnologij, ki so navadno ponujale in ponujajo cenejše in hitrejše postopke, omembe vreden je LOM sistem (Laminated Object Manufacturing), ki ga je razvil Helisys Inc. Deluje po principu lepljenja in laserskega izrezovanja listov papirja. S tem se tvori izdelan 3-dimenzionalen objekt. Ravno tako sta pomembni tudi SLS (Selective Laser Sintering) in FDM (Fused Deposition Modeling) tehnologiji. SLS uporablja izredno močne laserje (primer: cabron dioxide laser) za taljenje plastičnih, kovinskih ali keramičnih delcev prahu, ki se nato nanaša po plasteh, do zaključka 3-dimenzionalnega objekta.

Tehnologija SLS tako zajema relativno široko območje trenutno dostopnih materialov v prahu, saj z njo lahko uporabljamo polimere (najlon, steklo,...), kovine (jeklo, titan in ostale mešanice) in tako imenovani Green Sand1. Postopke je možno izvajati s stroji imenovanimi SLS sistemi, med katerimi je trenutno najbolj znan model Sinterstation SLS system. SLS je razvil in patentiral Dr. Carl Deckard v sredini osemdesetih prejšnjega stoletja. Že omenjeni FDM je ravno tako eden izmed tipa Rapid Proto-Typing-a procesov, ki ga je razvil S. Scott Crump v poznih osemdesetih letih prejšnjega stoletja, v komercialne namene pa se je začel uporabljati šele po letu 1990. Deluje po podobnem principu kot nekateri ostali tipi Rapid Proto-Typing-a tehnologij, in sicer nanašanje plast na plast. Za delovanje pa uporablja kar nekaj različnih vrst polimerov.

3 Material

3.1 Opis materialov

3.1.1 Materiali

3D tiskalniki lahko za tisk uporabljajo veliko različnih materialov^[2] (npr. guma, plastika, papir, poliuretanski materiali, kovine in podobno), izbira pa je odvisna od zmogljivosti in tipa tiskalnika. V splošnem se materiali po plasteh nanašajo na različne načine, a najpogostejši v tiskalnikih nižjega cenovnega razreda je nanos topljenega polimera skozi majhno šobo. Polimer je v večini primerov topljiva plastika z ugodnimi lastnostmi za topljenje in hlajenje (v angleščini se uporablja bioplastika PLA ali bolj vzdržljiva ABS, ki za uporabo potrebuje ogrevano posteljo za nanos). 3D tiskalnik filament med 3D tiskanjem vleče v ogrevano glavo (ang. extruder), kjer se filament stopi in skozi šobo nanese na tiskalno posteljo.

3D tiskanje je omogočilo razvoj novih materialov, ki so namenjeni posebej za 3D tiskalnike. Glede na različne tehnologije 3D tiskanja, na trgu obstaja ogromno različnih materialov, kot so plastika, kovine, keramika, vosek itd. Med seboj se razlikujejo predvsem po vrsti, minimalni debelini, teksturi in seveda ceni.

Materiali so običajno predelani v vrvično obliko, ki se prodaja po kolutih, standardna preseka pa sta 1,75 in 3 mm, zaradi dimenzij šob, skozi katere se material topi. Poraba materiala je odvisna od zapoljenosti objekta ter sten. Material strokovno imenujemo tudi filament. Na strani je naštetih samo nekaj materialov, ki se uporabljajo v različnih tehnologijah 3D tiskanja, saj na trg vedno znova prihajajo novi materiali s še bolj izpopolnjenimi karakteristikami. Razvija se tudi tako imenovan material za 4D tiskanje, kar pomeni, da se struktura materiala časovno lahko spreminja.

Pri FDM in FFF, tehnologijah iztiskanja oziroma nalaganja materiala po plasteh, se uporabljajo naslednji materiali za 3D tiskanje:

- EBF tehnologija, ki uporablja žični proces za nanašanje kovine, uporablja kot materiale za 3D tiskanje skoraj vse kovine.
- Zrnat proces, ki uporablja tehnologije EBM, SLM, SHS ter SLS, uporablja naslednje materiale:
 - o DMLS skoraj vse kovine,
 - o EBM skoraj vse kovine vključno s titanom,
 - o SLM zmesi titana, zmes kobalta in kroma, jeklo, aluminij,
 - o SHS termoplastični prah,
 - o SLS termoplastiko, kovinski prah, keramični prah. Tehnologija PP 3D tiskanja uporablja kot material gips ali omet.
- Laminirano 3D tiskanje (LOM) za materiale uporablja papir, kovinsko folijo, film iz plastike.
- Svetlobno polimerizirano 3D tiskanje SLA, DPL kot material, uporablja fotopolymer.

3.1.2 PLA (Polylactic Acid) material

PLA (Polylactic Acid) je eden izmed največkrat uporabljenih materialov. Izdelan je na osnovi obnovljivih virov, koruznega škroba ter sladkornega trsa. Je razgradljiv in se ga lahko reciklira. Objekti so trdni, ne pa odporni na visoke temperature, ter močne udarce. Iz PLA-materiala se izdelujejo predvsem okrasni izdelki.

3.1.3 ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) material

ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) je alternativni material PLA-materiala. Odporen je na udarce pri višjih temperaturah ne zbledi ali se zmehta, ima dolgo življenjsko dobo. Material žal ni okolju prijazen, saj je narejen na osnovi nafte, vendar se ga da reciklirati. Temperatura posteljice mora biti ogreta vsaj na 110°C, v nasprotnem primeru s tem materialom ni možno tiskati.

3.1.4 PVA-material

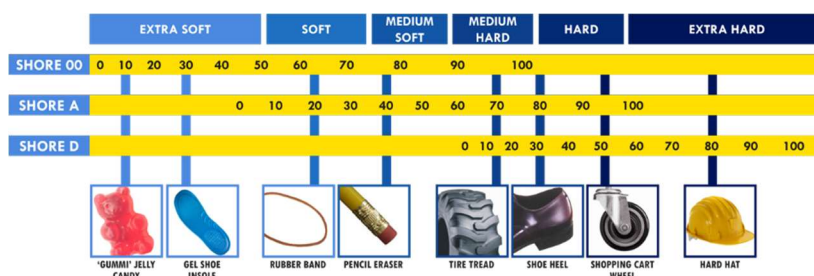
PVA-material se uporablja pri izdelkih, ki potrebujejo podporno strukturo med tiskanjem. Model po tiskanju lahko postavimo v vodo, kjer se podporna PVA-struktura popolnoma raztopi. Material se uporablja pri 3D tiskalnikih, ki imajo več glav. Ostali materiali, ki se uporabljajo, so še najlon, kovine (zlato, srebro, bron, baker), guma, porcelan, keramika.

3.1.5 Vrste materialov

Obstajajo različne lestvice trdote/upora za merjenje trdote različnih materialov. Te lestvice so bile izumljene tako, da lahko ljudje razpravljajo o teh materialih in imajo skupno referenčno točko.

Lestvica trdote 00 meri zelo mehke gumije in gele. Lestvica trdote Shore A meri trdoto prožnih gumijastih gum, ki imajo trdoto od zelo mehke in prilagodljive, do srednje in nekoliko prilagodljive, do trde, skoraj brez fleksibilnosti. Poltrdo plastiko lahko merimo tudi na zgornjem koncu trdote A. Lestvica trdote D meri trdoto trde gume, poltrdne plastike in trde plastike.

Različne lestvice trdote merijo odpornost materiala na vdolbino. Merilnik trdote (videti je kot okrogel merilnik tlaka v pnevmatikah) ima iglo na vzmeti, ki štrli na enem koncu. Igla se namesti na gumo ali plastiko in pritisne. Ko je merilnik močno pritisnjen na material in je igla prodrla do konca, bo merilna igla pokazala ustrezen meritev trdote. Spodnja slika prikazuje lestvico trdote materialov.



Slika 2

² <https://3devo.com/wp-content/uploads/2017/05/durometerchart.png>

4 Metode dela

4.1 Oprema

4.1.1 Tiskalnik

Najpomembnejši kos opreme za 3D tisk je nedvomno tiskalnik. Teh je veliko, v tej seminarski pa bo podrobneje opisan Contex-ov DESIGNmate Cx. Tiskalnik je sestavljen podobno kot običajni namizni inkjet tiskalniki. Za nanašanje barve in veziva skrbijo štiri injekt glave. Poleg tiskarskih glav se v mehanskem drsniku nahaja še valj, ki skrbi, da se prah prenese iz polnega pladnja na tistega, kjer izdelek nastaja, in da se enakomerno porazdeli po celotni površini. Resolucija tiskanja je 600 x 540 dpi pri 24 bitni globini. Natis na vodoravno ploskev visoke kvalitete, pri navpičnih ploskvah pride do rahlo opaznih deformacij zaradi grajenja slojev prahu. Tiskalnik je zmožen natisniti modele do maksimalne velikosti 254 x 356 x 203 mm. Seveda se, da večje modele brez težav razdeliti na več manjših, in jih nato sestaviti v celoto. Plast je debeline od 0.089 do 0.203 mm in se lahko tiska tudi do dve minuti, kar pa je še zmeraj dosti hitreje kot konvencionalni načini izdelovanja 3D modelov.

4.1.2 Čistilna komora

Ko je izdelek natisnjen, se prestavi v čistilno komoro, kjer se s pomočjo sesalnikov in kompresorskih pihalnikov odstrani ves ne strjen in odvečen prah. Ves ne uporabljen prah se lahko še enkrat uporabi, kar je praktično glede na njegovo relativno visoko ceno.

4.1.3 Potrošni material

Prah:

Obstajajo trije različni tipi prahu. Najpogosteje se uporablja prah na osnovi poliestra imenovan zp130. Izdelek je trden, a krhek. Prah zp15e daje izdelku gumijaste lastnosti. Z uporabo prahu ZCast 501 lahko natisnemo kalupe, s pomočjo katerih lahko ulivamo modele.

Vezivo:

DESIGNmate Cx uporablja vezivo zb58. Od 85 % do 95 % kemikalije prestavlja voda, ostalo pa različne kemikalije in pigment.

Barva:

Tiskalnik uporablja standardne Cyan (modro - zelena), Magenta (modro – rdeča) in Yellow (rumena) - CMY barve.

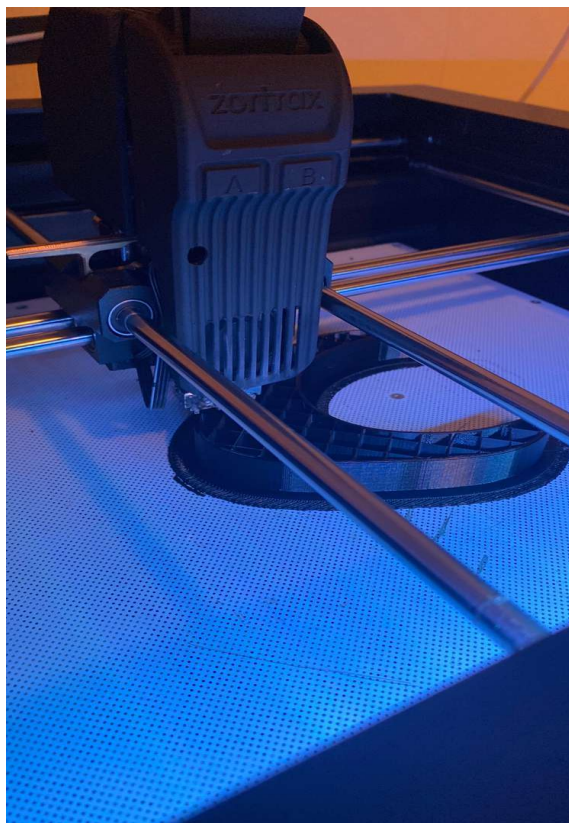
5 Pot do končnega izdelka

5.1 Programska obdelava

Model je treba najprej programsko oblikovati in izvoziti v Contex-ov program za obdelavo pred tiskanjem. V območje tiskanja lahko postavimo poljubno število objektov, paziti moramo le, da so objekti med seboj razmaknjeni toliko, da se ne sprimejo med seboj. S tem ko tiskamo več objektov na enkrat, prihranimo na času. Program zajame vse objekte kot celoto in jih razreže na tanke plasti in podatke pošlje do tiskalnika, ki prevzame nadzor.

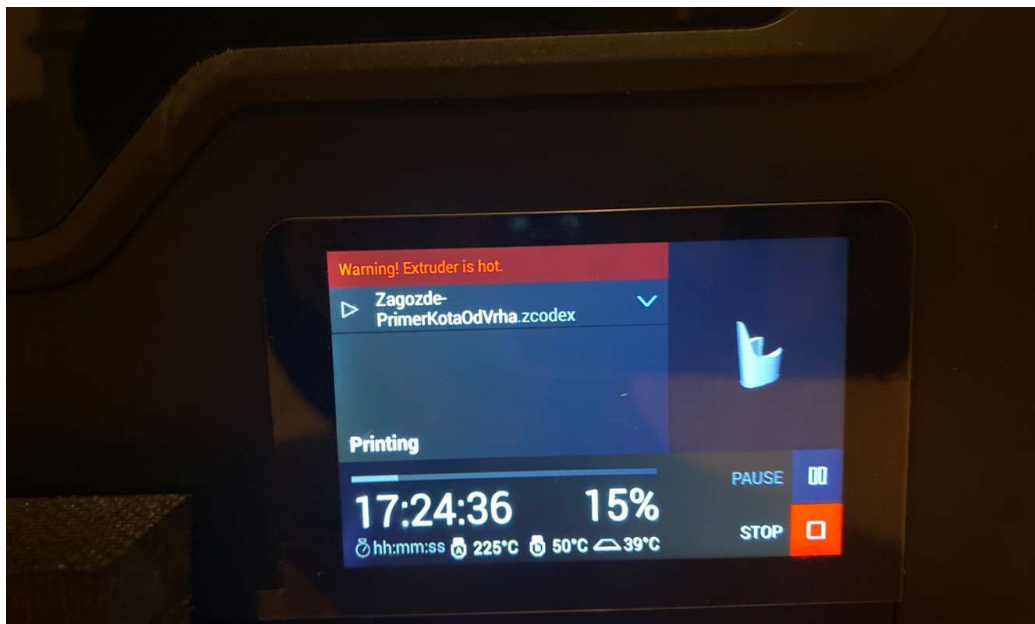
5.2 Tiskanje

Če je objekt pobarvan in zapolnjen (soliden), ga tiskalnik prepozna, kot da je pobarvan samo po površju, medtem ko se vezivo nanaša povsod, kjer je objekt zapolnjen. S tem prihranimo veliko barve, saj je ni treba nanašati po celotni prostornini. Da je površina zares dobro pobarvana, se barva ne nanese samo na en sloj, ampak na tri ali več. Od tu naprej je postopek podoben kot pri običajnih injekt tiskalnikih, le da imamo tu plasti prahu namesto listov papirja. Najprej valj iz levega pladnja na desnega prenese tanek sloj prahu. Zatem se na plast nanese vezivo in barva. Nato se čez ta sloj nanese nov sloj prahu, h kateremu sledi tiskanje. Postopek se ponavlja, dokler niso natisnjene vse plasti izdelka. Spodnja slika prikazuje tiskanje prve zagozde.



Slika 3

Samo tiskanje je zelo časovno zahtevno, vse je odvisno od same kompleksnosti materiala in pa velikosti izdelka, ki ga tiskamo. Tiskanje prve zagozde je trajalo kar nekaj časa, kar lahko tudi vidimo na spodnji sliki. Spodnja slika prikazuje ekran 3D tiskalnika med tiskanjem.



Slika 4

5.3 Obdelava po končanem tiskanju

Ko se tiskanje konča, je model "zakopan" v prahu. Preden ga vzamemo ven, je treba počakati pol ure, pri večjih projektih tudi po več ur, da se vezivo in barva dobro osušita. Paziti pa je treba, da modela ne pustimo v prahu predolgo, ker začne navzemati nevezani prah.

Večji del prahu okoli modela posesamo med tem, ko je model še v tiskalniku, nato pa tak, na grobo očiščen izdelek, preselimo v čistilno komoro, kjer se odstranijo vsi nestrjeni delci prahu. Tak očiščen model še nima svojih pravih barv, še večja pomanjkljivost pa je, da se strjen prah drobi ob dotiku in zato ni obstojen. Zato je treba izdelek še obdelati tako, da se mu doda sloj sekundnega lepila. Površina modela je rahlo hrapava, a jo lahko pri preprostih modelih ročno zbrusimo. Izdelek je po obdelavi končan in pripravljen na predstavitev.

6 Rezultati in razprava

6.1 Hipoteze

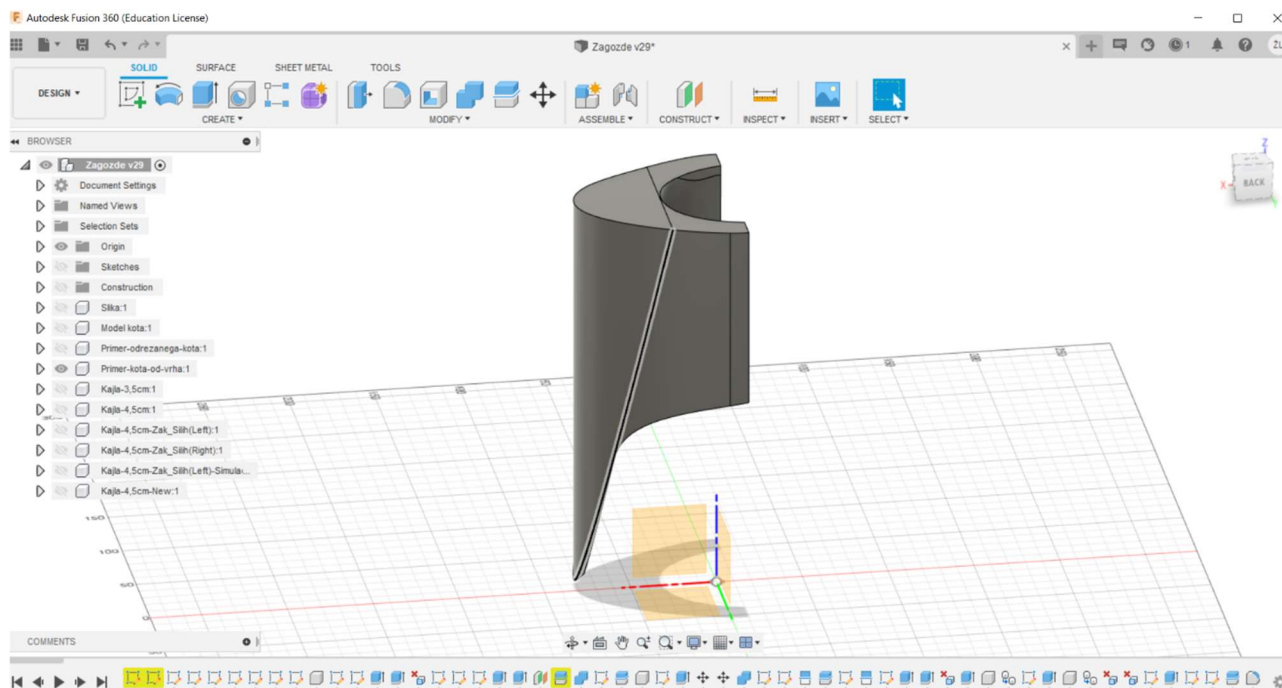
S 3D tiskom je mogoče uspešno natisniti uporaben del športne opreme

Trda guma je primernejša za uporabo pri zagozdah, kot pa plastika

Ali je športna oprema narejena s pomočjo 3D tiska zanesljiva?

6.2 Prvi rezultati oz. Feed back po testih

Prva izrisana zagozda ali »kajla« v skakalnem žargonu, je bila veliko prevelika, robovi so bili zelo ostri in se ni preveč dobro prilagajala nogi in samemu skakalnemu čevlju. Slika prikazuje prvo natisnjeno zagozdo v programu Fusion360.

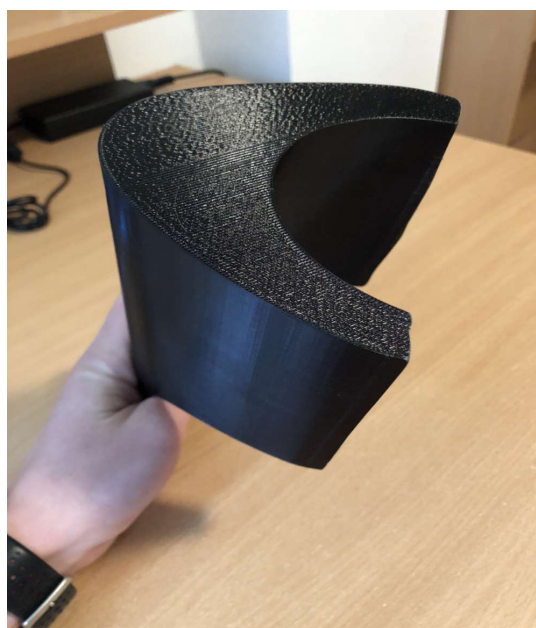


Slika 5

Spodnji dve sliki prikazujeta prvo natisnjeno zagozdo.



Slika 6



Slika 7

Zato je sledil ponoven izris zagozde v Fusion 360, a tokrat je bila zagozda malce manjša in bolj dodelana. Robovi so bili zaobljeni, oblika je bila zelo elegantna in izpiljena, torej je bilo porabljeno vse znanje, ki ga premoreva v Fusion-u trenutno. Z zagozdo smo bili več kot zadovoljni, zato je sledi tisk oziroma 3D tisk zagozde.

Print je trajal kar nekaj ur, a končni izdelek je bil več kot navdušujoč in nas je navdajal z optimizmom. »Kajla« je bila videti zelo privlačna, bele barve (slika spodaj), narejena je bila iz plastičnega 3D filameta (trde plastike) in se je zelo dobro prilegala tako v čevlji, kot tudi na nogo. Zaradi udobnega položaja v samem čevlju, smo se odločili tudi za prvi pravi test zagozde. Spodnja slika prikazuje pripravljeno zagozdo na test.



Slika 8

Že takoj smo imeli v mislih najslabši scenarij, in sicer, da se zagozda zlomi in bi sloji, ki so dokaj ostri poškodovali nogo ali skakalni čevlji, zato smo opravili nekaj poskusnih poskokov na tleh in s tem dobili potrditev, da bi zagozda morda pa le zdržala skok in sile pri pristanku. Urh je zagozdo prvi testiral, test pa je bil poučen, čeprav se je uresničilo naše predvidevanje, da zagozda sil ob pristanku ne bo zdržala.

Sicer je bilo vse odlično, tako občutek v čevlju kot tudi sama pozicija zagozde in funkcionalnost v počepu ter pri odskoku in v samem letu. Zagozda je delovala točno, kot smo jo zasnovali, občutki so bili fenomenalni, le bolečina ob pristanku zaradi same trdote zagozde je bila moteča, pri katerem je zagozda tudi popustila. Spodnja slika prikazuje počeno zagozdo po testu.



Slika 9

Test ni bil ravno po naših željah, ampak vse ne more biti popolno v prvem poskusu, zato smo informacije in izid testa posredovali svojemu mentorju, s katerim smo začeli iskati nov, boljši material.

Naslednja natisnjena zagozda se je zelo dobro odzivala in smo jo tudi kar nekaj treningov uporabljali, vendar je nato začel odstopati zgornji sloj in je posledično zagozda odpovedala. Spodnja slika prikazuje odstopanje zgornjega sloja.



Slika 10

Ta zagozda je bila do sedaj najboljša, saj je dejansko delovala, material je bil dokaj mehak in upogljiv, vendar je postopoma začela slabeti, predvidevava, da se je to zgodilo zaradi mnogo repetitiv in pritiskov na zagozdo, torej moramo najti še bolj vzdržljiv material. Spodnji dve sliki prikazujeta prileganje zagozde v čevelj.

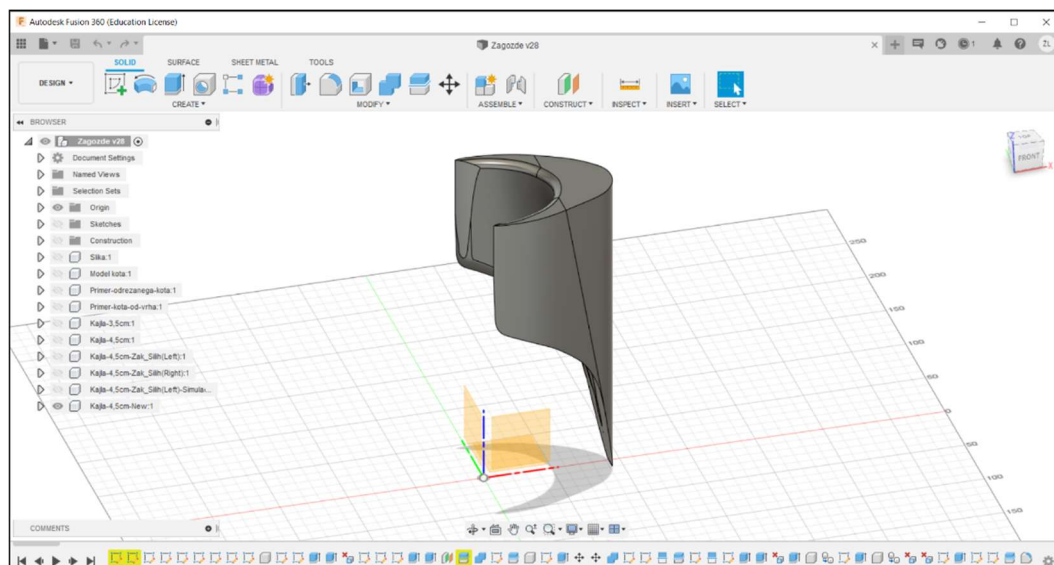


Slika 11



Slika 12

Ker nam je od prejšnjega para zagozd ostalo še kar nekaj materiala, smo se odločili, da poizkusimo zagozdo natisniti tako, da bi bil notranji del trši, zunanost pa bi ostala mehkejša in upogljiva. Spodnja slika prikazuje načrtovanje zagozde v Fusion360.



Slika 13

Ko smo zagozde dobili, je bila ena izmed njih že na pogled in dotik malce drugačna. Spodnji del le te je bil občutno premehak in zelo stisljiv na dotik, a smo se vseeno odločili za test zagozde. Spodnja slika prikazuje ponesrečen 3D tisk.



Slika 14

Spodnja slika prikazuje zagozdo po prvem skoku. Torej mehkejši stisljiv del ni preстал sil ob doskoku in je počil.



Slika 15

6.3 Opredelitev hipotez

Ali je s 3D tiskom mogoče uspešno natisniti uporaben del športne opreme?

Prvo hipotezo sva potrdila, saj smo uspešno natisnili nekaj parov zagozd in jih tudi uporabili oziroma preizkusili na skakalnici. Za izdelavo samega modela zagozd smo uporabljali program FUSION 360, s katerim smo oblikovali in izrisali zagozde za nadaljnji tisk. Torej odgovor na to hipotezo je, DA s 3D tiskom je mogoče natisniti uporaben del športne opreme.

Ali je trda guma primernejša za uporabo pri zagozdah, kot pa plastika?

Tudi drugo hipotezo sva potrdila, saj smo pri testiranju materialov (plastika, flex plastika, guma itd.) ugotovili, da je plastika premalo prožna in se ob silah zlomi, guma pa je bila ravno dovolj trdna in hkrati imela dovolj upogiba, da je ob silah pri doskoku ostala cela. Torej odgovor na to hipotezo je, DA trda guma je primernejša za uporabo pri zagozdah, kot pa plastika.

Ali je športna oprema narejena s pomočjo 3D tiska zanesljiva?

Tretjo hipotezo pa sva bila primorana ovreči, saj so zagozde bile nezanesljive in se prehitro bodi si zlomile ali pa so se odlepili posamezni sloji. Verjameva, da bi zanesljivost lahko izboljšali s kakšnim drugim materialom in še podrobnejšo poglobitvijo v 3D tisk.

7 Zaključek

Za ustvarjanje sva porabila veliko časa, vendar z najinim interesom ter motivacijo na srečo to ni bil problem. Najin cilj je bil skoraj popolnoma dosežen, saj sva želela dokazati, da je s 3D tiskom mogoče natisniti športno opremo, ni pa nama uspelo popolnoma izpiliti in izbrati popolnega materiala. Med samim izvajanjem ter izdelovanjem projekta sva se tudi veliko naučila. Sprva nam je veliko preglavic povzročal Fusion360^[3], saj je kot novo in ne poznano orodje za nas bil kar velik zalogaj. Zato je tudi izris prve zagozde trajal malce dlje od pričakovanj, vendar je ob naslednji zagozdi, ko smo orodje že malce spoznali, vse teklo brez večjih težav. Kar nekaj časa pa smo porabili tudi z izbiro materiala^[4]. Poglobljali smo se v funkcionalnost, sestavo, vzdržljivost itd. Želeli smo izbrati material, ki bi bil trden, a ob enem dovolj prožen, da bi vzdržal sile ob doskoku. To nam sicer ni popolnoma uspelo, vendar smo se kar dobro približali temu, iskanje najboljšega možnega materiala in nadgrajevanje zagozde pa bomo poskušali nadaljevati tudi po končani nalogi.

Testiranje zagozd je potekalo sprva na trdnih tleh, preverjali smo, kako se zagozda prileže samemu skakalnemu čevlju, testirali smo, kako se odzove na podobne gibe, kot jih izvajamo kasneje na skakalnici. Ko smo bili stoodstotni, da je zagozda varna in primerna, smo se odpravili na skakalnico in opravili prve skoke z njimi. Občutki so bili fenomenalni, saj je zagozda delovala več kot odlično, probleme nam je povzročal le doskok in sile ob le tem, saj so zagozdo dodobra načeli.

8 Povzetek

V sodobnem času, kjer se tehnologija širi iz dneva v dan, se marsikdaj soočamo tudi s 3D tiskom. Ko sva izvedela, da ima profesor doma 3D tiskalnik in da je eden tudi na Šolskem centru, sva dobila idejo in željo po iskanju novega načina izdelave športne opreme. Izdelala sva model zagozde in ga natisnila, ter tudi testirala njihovo funkcionalnost. Osredotočila sva se na samo zgradbo oziroma obliko zagozde, da bi bile čim bolj estetsko privlačne in pa seveda kar se da učinkovite, hkrati pa sva se osredotočala na material in raziskovala možnosti le tega, ter se poglobila v zgradbo in sestavo materialov, ki se uporabljajo. Po vsakem natisnjenem paru sva opravila tudi teste na skakalnici in s tem pridobila odziv in pa si s stvarmi, ki sva jih opazila na skakalnici (tako slabosti kot pozitivne stvari) lahko pomagala pri nadaljnjem delu.

9 Zahvala

Za pomoč pri izdelavi raziskovalne naloge bi se zahvalila Elektro in računalniški šoli, saj sva prejela potreben material in dovoljenje uporabe 3D tiskalnika, mentorju Roku Urbancu, za pomoč in vodenje skozi sam projekt, hkrati bi se mu rada zahvalila za hitro odzivnost na vprašanja in prošnje, ne nazadnje vsem skakalcem in trenerjem, ki so nama pomagali s svojimi mnenji in pa pomagali pri testiranju najinega projekta.

10 Viri in literatura

<https://www.smooth-on.com/pw/site/assets/files/30090/durometerchart.png>

[1] <https://sl.wikipedia.org/wiki/3D-tiskanje>

[2] <http://www.3dtiskalnik.si/materializa3Dtiskanje.html>

<https://www.autodesk.com/>

[3] <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR>

<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/free-trial>

<https://www.youtube.com/c/AutodeskFusion360/videos>

[4] <https://colorfabb.com/>

[4] https://www.azurefilm.si/3d-filamenti?gclid=CjwKCAjw6qqDBhB-EiwACBs6x4Blgoh04UL-dcn8tCICWLTNwFeYuKfmC8GdGOitXltCksGnfx2wwRoCqpMQAvD_BwE

<https://3devo.com/blog/tpu-3d-printing-polymer-twist/>

<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/learn-support>

http://www.viptoner.si/3d_tiskalniki_in_material-3d_tiskalniki--p-6028.html

<https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>

<https://amfg.ai/industrial-applications-of-3d-printing-the-ultimate-guide/>

<https://builtin.com/3d-printing>

https://www.3djake.si/filament-za-vas-3d-tiskalnik?gclid=CjwKCAjw1uiEBhBzEiwAO9B_HSxGOSmm-VYJcNSguovqVQF5qDnRttNKJxN1qpRerVfURYnJdAENhBoC1pEQAvD_BwE

<https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/>

<https://www.cmac.com.au/blog/top-10-materials-used-industrial-3d-printing>

<https://all3dp.com/1/3d-printing-materials-guide-3d-printer-material/>

<https://www.igus.com/info/3d-printing-materials>

<https://www.sculpteo.com/blog/2017/03/29/3d-printing-materials-our-focus-on-material-simulation/>

https://www.deakin.edu.au/_data/assets/pdf_file/0019/933031/3d-printer-spec-table.pdf

https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing_filament

<https://filaments.ca/blogs/3d-printing/15475957-shore-hardness-of-flexible-3d-printing-materials>

<https://www.terrafilum.com/products/elastomers/>

11 Avtor raziskovalne naloge

Urh Rošar in Žak Lubej sta dijaka 3. letnika Elektro in računalniške šole (ERŠ) v Velenju. Za raziskovalno nalogo sta se odločila, ker ju zanima 3D modeliranje in tiskanje. Zanima ju tudi razvoj športne opreme ter nove tehnologije. Imata že tudi kar veliko izkušenj na področju športne opreme in njenega razvoja. Zelo sta aktivna tudi na športnem področju, v smučarskih skokih sta člana Smučarsko skakalnega kluba Mislinja in občasna člana slovenskih selekcij na mednarodnih tekmah za mladince. V prihodnosti se želita ukvarjati s programiranjem, 3D modeliranjem in tiskanjem, športom, ter ostalimi športnimi in elektro ter računalniških stvarmi. Spodnja slika prikazuje avtorja raziskovalne naloge.



Slika 16