3D PRINTĒŠANAS TEHNOLOĢIJA



SHIFTVET

Digital Transformation for
Wood and Furniture VET

SHIFTVET
Digital Transformation for Wood and Furniture VET

SATURS

Saīsinājumi 4
1. IEVADS 5
1.1 ShiftVET Projekta kopskats 5
1.2 Šī ceļveža mērķis 5
1.3 Kam ir domāts šis ceļvedis? 6
1.4 Kā izmantot šo ceļvedi? 7
2. Tehnoloģiju raksturojums 9
2.1 Kas ir 3D printēšana? 9
2.2 Kā strādā 3D printēšana? 9
2.3 Dažāda veida 3D printēšanas 13
FDM 3D drukāšana 13
SLA 3D drukāšana 13
SLS 3D drukāšana 14
2.4 Vispārīgie pielietojumi 14
2.5 Nepieciešamais ekipējums 15
2.6 Tipiskākās iesācēju kļūdas, ko nepieļaut 19
2.7 Tehniskās uzstādīšanas kontrolsaraksts 19
3. Tehnoloģiju potenciāls galdniecības profesionālajā izglītībā (VET) 21
3.1 Izglītības ieguvumi 21
3.2 3D izdrukas tehniskās priekšrocības profesionālajā izglītībā - kokapstrādes un galdniecības jomā 22
3.3 Pedagoģiskais kontrolsaraksts 23
3.4 Piemēri aktivitātēm profesionālajā izglītībā (VET) galdniecībā 24
4. Integrācija klasē 26
4.1 Metodiskie ieteikumi 26
4.2 Pakāpenisks ieviešanas plāns 27
4.3 Kontrolsaraksts integrēšanai klasē 29

4.4 Ieteikumi skolotājiem 30
5. Drošība un ilgtspējība 3D drukāšanā 32
6. Papildresursi 35
7. Nobeigums 36
Literatūras saraksts 37

Attēls

Attēls 1: 3D printēšana [2] 9
Attēls 2: FDM printeris [3]
Attēls 3: SLS printeris [4] 10
Attēls 4: Objekts tiek printēts. [5]. 11
Attēls 5: Objekts pirms un pēc apstrādes. [6] 12
Attēls 6: 3D printēšanas soļi. Avots: Open AI (2025) 13
Attēls 7: FDM 3D printera uzbūves daļas. Avots: Open IA (2025). 17
Attēls 8: Cocoon' lampa. Autors: Hagen Hinderdael, veidots izmantojot 3D druku. [11] 22
Attēls 9: 3D printera ekstrūderis [17]. 27
Attēls 10: 3D printera filaments [18] 28
Attēls 11: 3D printera sprausla [22]. 33

Saīsinājumi

CAD (Computer-Aided Design)
Programmatūra, ko izmanto trīsdimensiju digitālo modeļu izstrādei, kurus vēlāk var izdrukāt.

STL (STereoLithography)
Standarta faila formāts 3D drukāšanai, kas attēlo 3D objekta ģeometriju. Tas nesatur informāciju par krāsu vai materiālu.

OBJ / 3MF
Alternatīvi 3D failu formāti STL vietā. Tāpat kā STL, tos bieži izmanto 3D drukas sagatavošanai.

Slicer / Slicing software
Programmatūra, kas pārveido 3D modeli (STL, OBJ, 3MF) drukājamās instrukcijās, sadalot to slāņos un nosakot drukāšanas parametrus.

G-code
Mašīnas instrukciju valoda, ko ģenerē slāņu griezis. Tā norāda 3D printerim, kā kustēties, kādu temperatūru izmantot un kā veidot katru slāni.

FDM (Fused Deposition Modelling)
3D drukāšanas tehnoloģija, kas kausē un nogulsnē plastmasas pavedienu slāni pa slānim. Visbiežāk sastopama izglītības vidē.

SLA (Stereolithography)
3D drukāšanas tehnoloģija, kas izmanto gaismu, lai sacietinātu šķidros sveķus slāni pa slānim, nodrošinot augstas detalizācijas izdrukas.

SLS (Selective Laser Sintering)
Rūpnieciskā 3D drukāšanas tehnoloģija, kas izmanto lāzeru, lai sapludinātu pulverveida materiālu cietās detaļās.

PLA (Polylactic Acid)
Bioloģiski noārdāma, viegli drukājama plastmasa, ko bieži izmanto izglītībā..

PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol)
Plastmasas diegs, kas ir izturīgāks un elastīgāks nekā PLA.

PPE (Personal Protective Equipment)
Drošības aprīkojums, piemēram, cimdi, aizsargbrilles vai elpošanas maskas, ko lieto, strādājot ar printeriem.

VOC (Volatile Organic Compounds)
Gāzes, kas var izdalīties drukāšanas laikā, īpaši svarīgi ņemt vērā ventilācijas apsvērumos.

1. IEVADS

1.1 ShiftVET Projekta kopskats

ShiftVET projekts ir izstrādāts, lai atbalstītu sākotnējās profesionālās izglītības un apmācības (i-VET) skolotājus, ieviešot digitālās tehnoloģijas galdniecības mācību procesā. Tā mērķis ir palīdzēt modernizēt esošās apmācību programmas, lai skolēni varētu attīstīt digitālās prasmes, kas nepieciešamas galdniecības un ražošanas nozarēs. Padarot mācīšanos inovatīvāku un saistošāku, projekts arī cenšas palielināt studentu interesi par šīm karjeras iespējām.
Lai vadītu šo pārveidi, ShiftVET koncentrējas uz četriem galvenajiem mērķiem:

- Palīdzēt skolotājiem izprast, kā digitālās tehnoloģijas var tikt pielietotas galdniecības profesionālajā izglītībā un kā tās var uzlabot pasniegšanu un mācīšanos.
- Izveidot bezmaksas tiešsaistes krātuvi ar pieejamiem materiāliem, piemēriem un uzdevumiem, ko skolotāji var viegli integrēt savās nodarbībās.
- Testēt praktiskos digitālos rīkus, piemēram, 3D drukāšanu, kopā ar skolēniem, lai izpētītu, kā šīs tehnoloģijas var uzlabot praktiskās nodarbības.
- Veicināt modernu tehnoloģiju izmantošanu ne tikai projekta partneru vidū, bet arī citos profesionālās izglītības centros, vienlaikus izpētot, kā šie rīki varētu būt noderīgi arī citās nozarēs.

1.2 Šī ceļveža mērķis

Šī ceļveža mērķis ir palīdzēt galdniecības profesionālās izglītības (VET) skolotājiem ieviest un integrēt 3D drukāšanu savā mācību stundu gaitā. Tā kā digitālās tehnoloģijas arvien vairāk ietekmē galdniecības un ražošanas nozari, 3D drukāšana ir kļuvusi par spēcīgu rīku dizainam, prototipu izstrādei un radošu problēmu risināšanai. Izpratne par tās potenciālu ir būtiska, lai sagatavotu skolēnus veiksmīgai darbībai mūsdienīgā, tehnoloģijām bagātā profesionālajā vidē.

Šis ceļvedis ir īpaši izstrādāts, lai palīdzētu skolotājiem iegūt zināšanas, pārliecību un praktiskās prasmes, kas nepieciešamas efektīvai 3D drukāšanas izmantošanai galdniecības mācību procesā.
Tas piedāvā skaidru un viegli saprotamu ievadu papildu ražošanas pamatos: kas tas ir, kā tas darbojas un kāpēc tas ir svarīgs papildinājums tradicionālajām galdniecības tehnikām.
Konkrētāk, šī ceļveža mērķis ir:

- Iegūt stabilu pamatu 3D drukāšanas principos, tostarp galvenajos jēdzienos, materiālos, mašīnu veidos un būtiskajos digitālajos darba procesos.
- Skaidrot tās nozīmi galdniecībā, parādot, kā 3D drukāšana var atbalstīt tādas darbības kā prototipu izstrādi, individuālu instrumentu ražošanu, savienojumu testēšanu, dizaina pārbaudi un sarežģītu formu izstrādi, kā arī citas aktivitātes.
- Nodrošināt praktiskas, nodarbībām gatavas stratēģijas 3D drukāšanas integrēšanai profesionālajās izglītības programmās, tostarp nodarbību idejas, uzdevumus, drošības apsvērumus un padomus printeru pārvaldībai.
- Atbalstīt skolotājus ar dažādu pieredzes līmeni, piedāvājot skaidrojumus un piemērus, kas padara tehnoloģiju pieejamu pat tiem, kuri ar to iepazīstas pirmo reizi.

Stiprināt saikni starp digitālo un tradicionālo amatniecību, palīdzot skolēniem saprast, kā 3D drukāšana var papildināt galdniecības tehnikas, nevis tās aizvietot.

Galu galā šī ceļveža mērķis ir padarīt 3D drukāšanu par pieejamu, iedvesmojošu un izglītības vērtīgu resursu gan skolotājiem, gan skolēniem, palīdzot tiem pārvarēt plaisu starp tradicionālo amatniecību un digitālās ēras iespējām.

1.3 Kam ir domāts šis ceļvedis?

Šis ceļvedis ir paredzēts profesionālās izglītības pedagogiem galdniecībā, kuri vēlas ieviest 3D drukāšanu savā stundu praksē. Tas ir domāts pedagogiem ar dažādu pieredzes līmeni digitālo tehnoloģiju jomā – gan tiem, kuri tikai sāk iepazīt šīs tehnoloģijas, gan pieredzējušiem pedagogiem, kuri vēlas tās efektīvāk integrēt savās nodarbībās.
Konkrētāk, šis ceļvedis ir paredzēts:

- Galdniecības profesionālās izglītības skolotājiem, kuri meklē praktiskus rīkus, piemērus un stratēģijas 3D drukāšanas integrēšanai savās nodarbībās un darbnīcās.
- Profesionālās izglītības iestādēm un apmācību centriem, kas vēlas modernizēt savas mācību programmas un nodrošināt skolēniem piekļuvi atbilstošām digitālajām tehnoloģijām.
- Pedagogiem saistītajās tehniskajās vai ražošanas nozarēs, kuri vēlas saprast, kā 3D drukāšana var papildināt tradicionālo amatniecību un uzlabot mācību pieredzi.
- Skolotājiem turpmākajā profesionālajā pilnveidē, kuri vēlas stiprināt savas digitālās prasmes un paplašināt mācību resursus.
- Ikvienam, kas iesaistīts profesionālās izglītības programmu izstrādē, koordinēšanā vai atbalstā, un kura mērķis ir veicināt inovācijas, radošumu un digitālo sagatavotību starp skolēniem.

1.4 Kā izmantot šo ceļvedi?

Šis ceļvedis ir izstrādāts kā praktisks un elastīgs resurss, kas palīdz skolotājiem integrēt 3D drukāšanu profesionālajā izglītībā galdniecībā.

To var izmantot pakāpeniski, atgriežoties pie dažādām nodaļām, pieaugot izpratnei un pārliecībai. Nav nepieciešams lasīt to visu uzreiz; tā vietā ceļvedis var tikt izmantots pēc vajadzības.

Kā maksimāli izmantot šo ceļvedi:

1. Sāciet ar pamatiem – Sāciet, iepazīstoties ar ievada nodaļām, lai saprastu, kas ir 3D drukāšana, kā tā darbojas un kāpēc tā kļūst arvien nozīmīgāka galdniecībā. Šis pamats palīdzēs sasaistīt tehnoloģijas ar tradicionālajām mācību metodēm.
2. Iepazīstieties ar rīkiem un materiāliem – Pārskatiet nodaļas, kas apraksta 3D printeru tipus, biežāk lietotos materiālus, programmatūras darbplūsmas un būtisko terminoloģiju.
3. Izpētiet pedagoģiskās pielietošanas iespējas – Ceļvedī ir piemēri un skaidrojumi, kas ilustrē, kā 3D drukāšanu var izmantot profesionālajā izglītībā galdniecībā. Šīs nodaļas palīdzēs vizualizēt iespējas klasē.
4. Izmantojiet praktiskās aktivitātes – Jūs atradīsiet demonstrācijas nodarbībām. Šīs aktivitātes ir veidotas elastīgas, lai tās varētu pielāgot dažādiem līmeņiem.

5. Eksperimentējiet un reflektējiet kopā ar skolēniem – Ieviešana ir visefektīvākā, kad skolotāji un studenti kopā izpēta tehnoloģiju. Izmantojiet praktiskos uzdevumus, lai eksperimentētu, pārrunātu rezultātus, risinātu problēmas un veicinātu studentu dizaina uzlabošanu.
6. Izmantojiet to kā pastāvīgu atsauci – Ceļvedis nav domāts tikai vienreizējai lasīšanai un nolikšanai malā. Tas ir resurss, pie kura varat atgriezties jebkurā laikā, kad nepieciešami skaidrojumi, piemēri vai iedvesma jaunu nodarbību izstrādei. To var arī kombinēt ar citiem resursiem, kas tiks izstrādāti ShiftVET projekta ietvaros.

2. Tehnoloģiju raksturojums

2.1 Kas ir 3D printēšana?

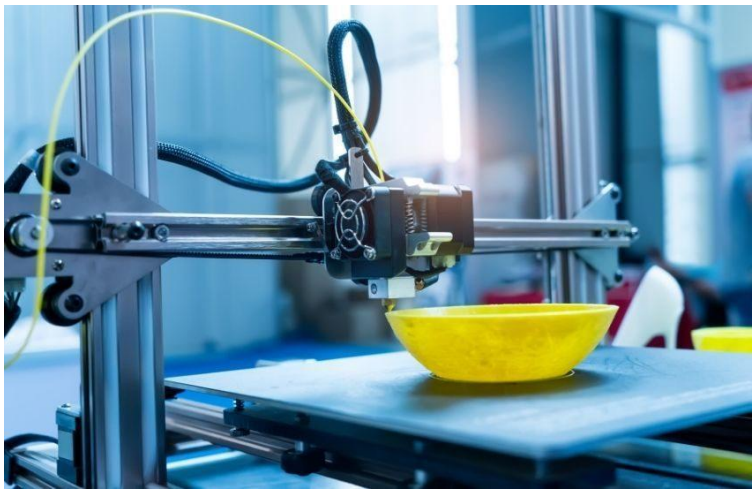
3D drukāšana ir process, kurā objekti tiek radīti, uzklājot materiāla slāņus vienu uz otra. Šī tehnoloģija pastāv jau ilgu laiku – tā tika izgudrota 1980. gadu sākumā un tehnoloģiski attīstījusies gadu gaitā. Mūsdienās tā ir viena no visplašāk izmantotajām tehnoloģijām ražošanas procesos, jo tā ir daudz pieejamāka un ātrāka nekā agrāk.

3D drukāšanā tiek izmantota datorizētā dizaina (CAD) programmatūra, lai radītu trīsdimensionālus objektus, izmantojot slāņošanas principu.

Šī objekta radīšana tiek panākta ar papildu ražošanas procesiem, uzklājot slāni uz slāņa [1].

3D drukāšanai ir trīs raksturīgās iezīmes, kas jāņem vērā:

- Tās ir ražošanas tehnoloģijas, kas ietver materiāla pievienošanu, lai izveidotu cietu trīsdimensionālu objektu.
- Objekts tiek veidots, uzklājot vienu uz otra vairākus materiāla slāņus.
- Objekts tiek ražots no digitālā 3D modeļa.



Attēls 1: 3D printēšana [2].

2.2 Kā strādā 3D printēšana?

3D drukāšana ir atšķirīgs veids, kā ražot detaļas, salīdzinot ar citām tehnoloģijām. 3D drukāšanas process vienmēr sākas ar digitālo 3D modeli kā fiziskā objekta plānu. Printera programmatūra pēc tam sagriež šo modeli plānos divdimensionālos slānīšos un pārvērš to mašīnas valodā, ko printeris spēj izpildīt.

Pēc šī soļa process var atšķirties atkarībā no printera modeļa. Darbvirsmas FDM printeru gadījumā tiek kausēti plastmasas diegi un uzklāti uz drukas platformas caur sprauslu.
Lielu industriālo iekārtu, piemēram, SLS printeru, gadījumā tiek izmantoti lāzeri, lai kausētu plānus materiāla slāņus.
Materiāli, ko izmanto objekta radīšanai, arī atšķiras atkarībā no procesa. Plastmasa ir visbiežāk izmantotais materiāls, taču var tikt lietoti arī citi materiāli, piemēram, metāli.
Atkarībā no izgatavojamās detaļas lieluma, process var ilgt aptuveni no 4 līdz 18 stundām. Tomēr process nebeidzas šeit, jo detaļu reti kad var izmantot tieši pēc izdrukāšanas. Parasti tai nepieciešama kāda veida apstrāde, lai panāktu vēlamo virsmas kvalitāti, un tas bieži prasa papildus laiku un piepūles, tipiski manuālas.



Attēls 2: FDM printeris [3]



Attēls 3: SLS printeris [4]

Lai to apskatītu detalizētāk un labāk izprastu, mēs soli pa solim izpētīsim detaļas izgatavošanas procesu ar 3D printeri.

Pirmais solis – satura izveide:

Pirmkārt, jāizveido trīsdimensionāls digitāls faila objekts, ko plānojam izdrukāt. Visizplatītākais veids ir izveidot datorizētu dizainu (CAD), taču ir arī citas programmatūras iespējas, kas ļauj izveidot šo failu.
To var izdarīt, izmantojot dizaina programmatūru, piemēram, Blender, SketchUp, AutoCAD, SolidWorks, Maya, Photoshop, TinkerCAD un citas. To var veikt arī, izmantojot 3D skenēšanu, ja tā ir pieejama. Vēl viens veids ir lejupielādēt gatavus, brīvi pieejamus failus 3D drukāšanai.

Otrais solis – dizaina konvertēšana uz STL formātu:

Kad dizains ir pabeigts, ir laiks to nosūtīt uz printeri. Pirmkārt, to jākonvertē formātā, kas ir saderīgs ar 3D printeri.

3D drukāšanā izmantotais formāts tiek saukts par STL (STereoLithography). Šis faila formāts ir pareizais nākamajam solim.

Svarīgi atzīmēt, ka STL, .OBJ un .3MF, kas ir alternatīvas STL, nesatur krāsu informāciju, tāpēc, ja vēlaties drukāt krāsainu objektu, būs jāizmanto failu formāti, piemēram, .X3D, WRL, DAE vai PLY.

Trešais solis – Slāņošana (Slicing):

Šajā solī 3D fails tiek pārtulkots instrukcijās, ko printeris var izpildīt. Tam nepieciešama īpaša programmatūra.

Šis solis būtībā sastāv no 3D modeļa sadalīšanas vai pārgriešanas daudzos horizontālos slāņos, precīzi norādot mašīnai, ko darīt.

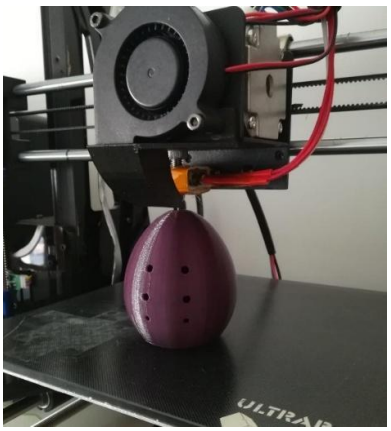
Pēc failu slāņošanas tiek ģenerēts jauns failu formāts, ko sauc par G-code. Tas ir visplašāk izmantotais skaitliskās koda programmēšanas valodā, lai automatizētu mašīnu, piemēram, 3D printeru, vadībai.

Vienkārši sakot, G-code ir mašīnas valoda, ko izmantojam, lai sazinātos ar printeri un dotu tam instrukcijas.

Ceturtais solis – Drukāšana:

Drukāšanas iekārtas sastāv no daudzām detaļām un prasa pareizu uzturēšanu un kalibrēšanu, lai nodrošinātu, ka detaļa tiek izdrukāta pareizi.

Lielākajai daļai printeru modeļu nav nepieciešama nepārtraukta uzraudzība drukāšanas laikā, jo iekārta seko automatizētām G-code instrukcijām. Tādēļ, ja vien programmatūrā nav kļūdas vai printerim nebeidzas diegs, problēmu nebūs.



Attēls 4: Objekts tiek printēts. [5].

Piektais solis – Detaļas noņemšana no printera:

Šis solis atšķiras atkarībā no izmantotās 3D drukāšanas tehnoloģijas. Dažos gadījumos, piemēram, darbvirsmas printeros, tas ir tik vienkārši kā objekta atdalīšana no drukas platformas.

Citās situācijās, piemēram, industriālajos printeros, detaļas noņemšana ir tehniskāks process, kas prasa profesionālas prasmes.

Sestais solis – Pēcapstrāde:

Šis pēdējais solis arī atšķiras atkarībā no izmantotajām 3D drukāšanas tehnoloģijām un materiāliem.

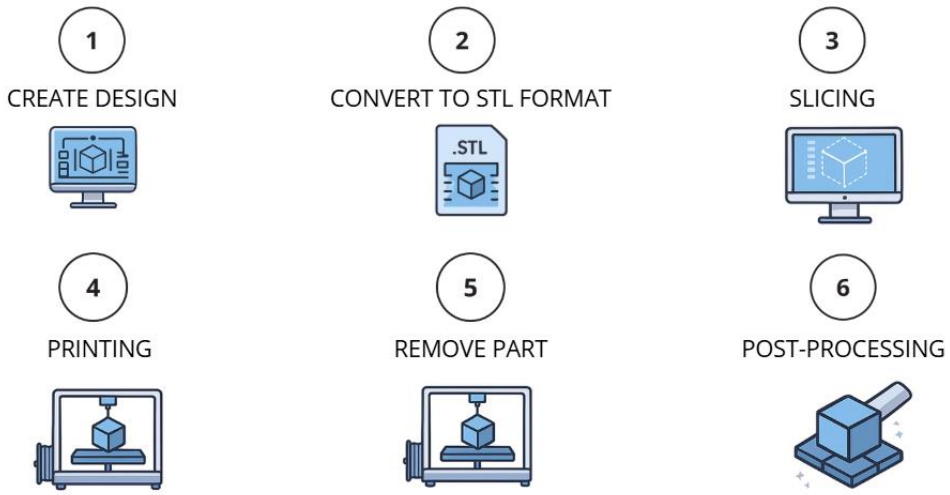
Dažas tehnoloģijas ļauj uzreiz manipulēt ar izdrukāto detaļu, bet citām nepieciešami daži papildu soļi objekta estētikai un funkcionalitātei.

Dažām detaļām virsma mēdz būt raupja, taču to var izlabot ar amatniecības paņēmieniem, piemēram, slīpēšanu, pulēšanu vai citām metodēm.

Savukārt, ja svarīgas nav vizuālās īpašības, bet mehāniskās īpašības, pēcapstrāde var būt sarežģītāka un prasīt lielākas tehniskās prasmes [1].



Attēls 5: Objekts pirms un pēc apstrādes. [6]



Attēls 6: 3D printēšanas soļi. Avots: Open AI (2025)

2.3 Dažāda veida 3D printēšanas

Ir pieejamas dažādas 3D drukāšanas tehnoloģijas, taču visizplatītākās no tām ir uzskaitītas zemāk:

FDM 3D drukāšana

Šī ir visplašāk lietotā tehnoloģija patērētāju vidū un vispazīstamākā cilvēkiem, kuriem nav lielu zināšanu šajā jomā.

FDM 3D printeri visbiežāk sastopami klasēs, skolu darbnīcās, kur tos izmanto kā iepazīšanās rīku ar digitālās ražošanas pasauli. Profesionālā vidē tos galvenokārt izmanto ideju pārbaudes modeļu veidošanai, ļaujot pārbaudīt konceptus pirms sarežģītāku prototipu ražošanas.

To popularitāte ir saistīta ar vienkāršu lietošanu un pieejamu cenu, kas samazina iepazīšanas procesu jaunajiem lietotājiem 3D drukāšanas pasaulē. Jāatzīst, ka šī tehnoloģija bieži upurē virsmas kvalitāti vai mehānisko izturību, jo tā nav paredzēta augstākajai veiktspējai.

SLA 3D drukāšana

Stereolitogrāfijas (SLA) 3D drukāšana bija pasaulē pirmā 3D drukāšanas tehnoloģija, taču tai ir bijis nepieciešams ilgāks laiks, lai gūtu plašu atzinību un atpazīstamību, jo tā parasti ir dārgāka un drukāšanas process ir nedaudz sarežģītāks tiem, kuri ar to nav labi pazīstami.

Šī drukāšanas tehnoloģija ir process, kurā gaismas avots sacietina šķidros sveķus, tos cietinot slāni pa slānim. Kādreiz gaismas avots bija lāzers, taču mūsdienās to arvien biežāk aizstāj digitālais gaismas projektors.
Šie printeri izgatavo detaļas ar gludāku virsmas apdari, precīzākām pielaidēm un augstāku izmēru precizitāti. Tie ir ideāli piemēroti funkcionālai prototipēšanai un gala lietošanas produktu izgatavošanai, pateicoties izcilai virsmas kvalitātei.

SLS 3D drukāšana

Selektīvā lāzera saķepināšana (SLS) ir visizplatītākā papildražošanas tehnoloģija industriāliem pielietojumiem. Inženieri un ražotāji daudzās nozarēs to izmanto, pateicoties tās spējai izgatavot izturīgas un funkcionālas detaļas.
Šajos printeros parasti tiek izmantots augstas jaudas lāzers, lai kausētu sīkas polimēru pulvera daļiņas. Neizkausētais pulveris drukāšanas laikā kalpo kā atbalsts detaļai un novērš nepieciešamību pēc papildu atbalsta struktūrām
Ar SLS tehnoloģiju izgatavotajām detaļām ir ļoti labas mehāniskās īpašības, kuru izturība ir līdzīga liešanas ceļā ražotām detaļām. Visbiežāk izmantotais materiāls ir neilons (termo-plastmasa, jo tas ir viegls, izturīgs un elastīgs [7].

2.4 Vispārīgie pielietojumi

Papildus kokapstrādes nozarei ir svarīgi ņemt vērā plašo 3D drukāšanas pielietojumu klāstu, jo tās sniegtie ieguvumi attiecas uz daudzām industriālajām, izglītības un radošajām jomām. Šī tehnoloģija ļauj optimizēt procesus, samazināt izmaksas un veicināt inovācijas dažādās disciplīnās.
Viens no nozīmīgākajiem pielietojumiem ir ātrā prototipēšana, kas ļauj dizaineriem, inženieriem un skolēniem ļoti īsā laikā izveidot savu ideju fiziskus modeļus. Tas dod iespēju pārbaudīt funkcionalitāti, atklāt kļūdas, novērtēt proporcijas un uzlabot produktu pirms pārejas uz dārgāku ražošanas posmu. Tādējādi tiek samazināti riski un saīsināti izstrādes cikli.
3D drukāšana ir būtiska arī pielāgotu detaļu izgatavošanā. Tādās nozarēs kā medicīna un zobārstniecība to izmanto protēžu, ortēžu, implantu vai anatomisko modeļu izveidei, kas pielāgoti katra pacienta individuālajām īpašībām. Savukārt tādās jomās kā inženierija, mode vai sports tā ļauj izstrādāt konkrētiem izmēriem pielāgotus produktus, uzlabojot ergonomiku un lietošanas komfortu.
Vēl viens būtisks pielietojums ir pielāgotu industriālo instrumentu, stiprinājumu un palīg elementu izgatavošana. Daudzi uzņēmumi drukā balstus, vadotnes,

šablonus, adapterus vai mašīnu detaļas, tādējādi uzlabojot procesu precizitāti un samazinot darba izpildes laiku. Šāda pielāgošana nodrošina tūlītējus risinājumus, nepaļaujoties uz ārējiem piegādātājiem vai ilgiem ražošanas termiņiem.
3D drukāšana ir arī ļoti efektīva iespēja nelielu produktu sēriju ražošanai. Ja nepieciešams izgatavot nelielu skaitu vienību, pielāgotus produktus vai eksperimentālas produktu sērijas, šī tehnoloģija ir ekonomiskāka nekā tradicionālās metodes, kurām nepieciešamas veidnes vai specializētas iekārtas. Tāpēc tā arvien plašāk tiek izmantota tādās nozarēs kā produktu dizains, juvelierizstrādājumi, arhitektūra un personalizētas patēriņa preces.
Šī tehnoloģija ir vērtīga arī remonta un apkopes darbos. Iespēja pēc pieprasījuma izdrukāt konkrētas detaļas ļauj izvairīties no lielu noliktavu krājumu uzturēšanas vai iekārtu norakstīšanas grūti atrodamu detaļu trūkuma dēļ. Tas veicina ilgtspējību un samazina nomaiņas izmaksas.
Visbeidzot, 3D drukāšana tiek izmantota arī tādās jomās kā izglītība, lai atbalstītu praktisku mācīšanos un STEM prasmju attīstību; pētniecībā un jaunu materiālu izstrādē; arhitektūrā – ēku un mēbeļu modelēšanai; kā arī mākslas nozarē, kur tā ļauj radīt skulptūras, dekoratīvus elementus un sarežģītas reprodukcijas [8].

2.5 Nepieciešamais ekipējums

Šīs tehnoloģijas ieviešana izglītības iestādēs prasa pareizu aprīkojuma un materiālu izvēli, lai nodrošinātu tās korektu, efektīvu un profesionālās izglītības iestāžu (VET) vajadzībām atbilstošu izmantošanu. Zemāk ir sniegti daži būtiski ieteikumi, kā uzsākt darbu ar šo tehnoloģiju. Tā kā šis ceļvedis ir vērsts uz VET izglītības vidi, turpmāk uzmanība tiks pievērsta ieteicamajam aprīkojumam, kas nepieciešams izglītības iestādēm.

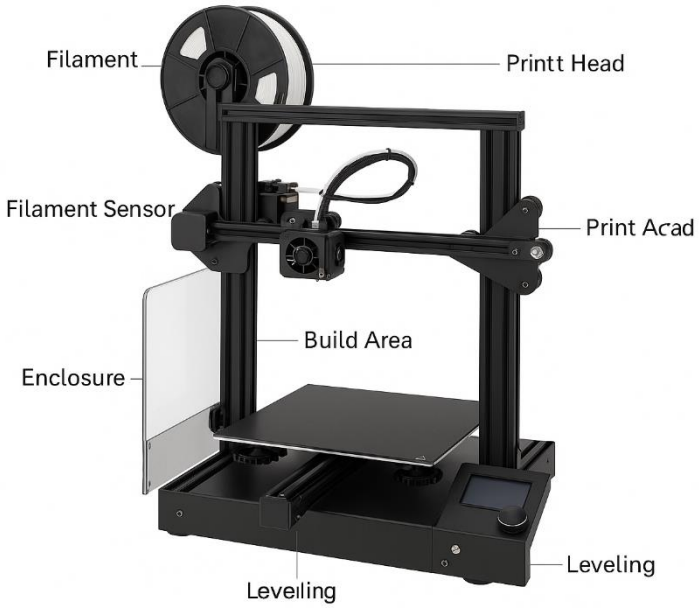
A. FDM (Fused Deposition Modelling) printeri ir visizplatītākā tehnoloģija izglītībā, jo tie ir vienkārši, pieejami un viegli apgūstami. Saskaņā ar "Formlabs" datiem, FDM printeri joprojām ir visbiežāk izmantotais veids, jo:

- Tiem ir intuitīvi procesi, kas ir piemēroti skolotājiem un skolēniem, kuri ar šo tehnoloģiju saskaras pirmo reizi.
- Tie piedāvā viegli uztveramu mācību līkni, jo ražošanas slāņi ir skaidri redzami.

- Tie ir pieejami izglītības iestādēm atbilstošā cenu diapazonā, jo to cena parasti svārstās no 850 līdz 3 450 eiro.

Zemāk ir sniegti vairāki pamata ieteikumi izglītības iestādēm, lai integrētu šo tehnoloģiju mācību procesā:

- Minimālais drukas laukums 200 × 200 × 200 mm (drukas laukums ir telpa printera iekšpusē, kur tiek veidoti objekti).
- Apsildāma drukas pamatne (virsma, uz kuras detaļa balstās drukāšanas laikā).
- Automātiska vai asistēta līmeņošana (lai drukāšana noritētu korekti, drukas pamatnei jābūt perfekti nolīmeņotai).
- Diega sensors (diegam ir "materiāla" loma – tas ir kā plastmasas pavediens, ko printeris izmanto drukāšanai. Sensors brīdina, kad spolē materiāls tuvojas beigām, aptur drukāšanu, ja diegs pārtrūkst, un novērš ilgstošu drukas darbu zaudēšanu materiāla trūkuma dēļ).
- Slēgta vai daļēji slēgta konstrukcija papildu drošībai (slēgta tipa printerim ir korpuss jeb "kaste" ap drukas zonu).
- Pieejama un lietotājam draudzīga slāņošanas programmatūra (piemēram, Cura, PrusaSlicer u.c.).
- Vienkārša apkope un pieejamas rezerves daļas (sprauslas tīrīšana, siksnu vai riteņu maiņa, drukas pamatnes nomaiņa nodiluma gadījumā).



Attēls 7: FDM 3D printera uzbūves daļas. Avots: Open IA (2025).

A. Materiāli

Materiāla izvēle ietekmē detaļas kvalitāti, izturību un estētisko izskatu. Starp profesionālās izglītības (VET) kursos visbiežāk ieteicamajiem materiāliem ir:**

- PLA (polipienskābe) – visizplatītākais materiāls, pateicoties tā vienkāršajai drukāšanai, izmēru stabilitātei, drošībai un labai virsmas apdarei.
- PETG (polietilēntereftalāta glikolāts) – šis materiāls ir nedaudz izturīgāks un elastīgāks.
- Koksnes diegi – pieejami arī šāda veida diegi, kas izgatavoti no PLA un īstu koksnes šķiedru maisījuma [9].

Materiāls	Ieguvumi	Limitācijas	Tipiskais VET pielietojums
PLA (polipienskābe)	Viegls drukāšanai, neliels deformācijas risks, laba virsmas apdare, bioloģiski noārdāms, zems dūmu izmešu līmenis	Mazāka mehāniskā izturība, mazāk karstumizturīgs	Ideāli piemērots iesācējiem, prototipiem, dekoratīviem elementiem,

			vienkāršiem instrumentiem
PETG (polietilēnteref-talāta glikolāts)	Izturīgāks un elastīgāks nekā PLA, laba slāņu saķere, izturīgs pret mitrumu	Nedaudz grūtāk drukājams, var veidoties pavedienveida iztrūkumi	Funkcionālas detaļas, darbnīcas piederumi, elementi, kas pakļauti mērenai slodzei
ABS (akrilnitrila butadiēna stirēns)	Liela karstumizturība	Prasa augstu temperatūru, slēgtu printeri, rada dūmus, pakļauts deformācijai	Tikai pieredzējušiem lietotājiem; parasti nav ieteicams skolas videi.

A. Programmatūra

Lai strādātu ar 3D drukāšanu, nepieciešams izmantot divu veidu programmatūru: vienu, lai modelētu objektu, ko vēlaties izdrukāt ar 3D printeri, un otru, lai sagatavotu un pārvērstu modeli instrukcijās, ko printeris spēj izpildīt.

Modelēšanas programmatūra: CAD (datorizētā dizaina) programmatūra ļauj izveidot digitālus trīsdimensionālus modeļus, kurus pēc tam var eksportēt drukāšanai. Daži ieteicamie programmatūras risinājumi iesācējiem ir:

- Tinkercad (iesācēju līmenis)
- Fusion 360 (vidēja–augsta līmeņa lietotāji)
- FreeCAD (pilnīgi bezmaksas programmatūra)

Slāņotāji (Slicers): Slāņotājs pārvērš izveidoto 3D modeli failā, ko printeris saprot, parasti G-code formātā. Daži piemēri ir:

- Ultimaker Cura (visizplatītākais), bezmaksas un saderīgs ar gandrīz visiem FDM printeru modeļiem.
- PrusaSlicer, arī bezmaksas, kas ļauj detalizētāk kontrolēt tehniskās detaļas.

Minimālās tehniskās prasības: Lai CAD un slāņošanas (Slicer) programmas darbotos, ieteicams, lai izglītības iestādes datori atbilstu šādām prasībām:

- Dators (PC vai portatīvais) – Procesors: Intel i5 vai tam ekvivalents, RAM: vismaz 8 GB (ideāli 16 GB Fusion 360), Grafiskā karte: integrēta pietiekama Tinkercad un FreeCAD; Fusion 360 ieteicama atsevišķa grafiskā karte. Atmiņa: 10–20 GB brīvas vietas, operētājsistēma: Windows 10/11, macOS vai Linux (dažām programmām).
- Interneta savienojums
- 3D drukāšanai – USB ports, SD karšu lasītājs vai Wi-Fi savienojums (atkarībā no printera modeļa) un vieta diskā STL un G-Code failu pārvaldībai [10].

2.6 Tipiskākās iesācēju kļūdas, ko nepieļaut

3D drukāšanā iesācēji bieži pieļauj kļūdas, kas rezultējas zemas kvalitātes produktā, materiāla izšķērdēšanā vai neveiksmīgās drukās, ja tās no paša sākuma netiek novērstas. Visbiežāk sastopamās kļūdas ir: drukas pamatnes (bed) nepareiza nolīmeņošana vai Z ass augstuma nepareiza iestatīšana, kas pasliktina pirmā slāņa saķeri; nepiemērotu temperatūru lietošana izvēlētajam materiālam vai drukāšana pārāk lielā ātrumā, kas izraisa defektus, piemēram, pavedienveida iztrūkumu vai slāņu sliktu saplūšanu; kā arī slāņošanas (Slicer) iestatījumu nepielāgošana katram modelim vai diegam, kas var novest pie nepietiekamas ekstrūzijas vai deformācijas. Šo pamata kļūdu novēršana jau no sākuma ietaupa laiku, samazina vilšanos un materiāla zudumus, kā arī būtiski uzlabo rezultātu kvalitāti.

2.7 Tehniskās uzstādīšanas kontrolsaraksts

Pirms uzsākt jebkādas nodarbības ar 3D drukāšanu, ir būtiski pārliecināties, ka aprīkojums ir pareizi uzstādīts un drošs lietošanai. Zemāk esošais kontrolsaraksts apkopo galvenos tehniskos elementus, kurus skolotājiem vajadzētu pārbaudīt pirms drukāšanas. To var izmantot kā ātras atsauces rīku, lai nodrošinātu printera uzticamību, drošību un nevainojamu darbību.

Aprīkojuma gatavība

- ☐ Printeris ir uzstādīts stabilā, ventilētā un drošā vietā.
- ☐ Drukas pamatne (build plate) ir tīra un pareizi nolīmeņota (manuāli vai ar palīdzību).
- ☐ Diega spole (filament spool) ir pareizi ievietota, un printeris to atpazīst.

- Sprausla un ekstrūderis ir brīvi no putekļiem, sadeguša diega vai šķēršļiem.
- Ir pietiekami daudz diega visai drukas sesijai.
- Slāņošanas (Slicer) programmatūra ir atjaunināta un saderīga ar printeri.
- STL faili ir pareizi eksportēti un nesatur tīkla (mesh) kļūdas.
- G-code ir pārskatīts (slāņa augstums, atbalsti, piepildījums, temperatūras).

Drošības pārbaudes

- Skolēni ir informēti par karstām virsmām.
- Blakus iekārtai nav brīvi krītošu drēbju vai garu matu.
- Pieejami ugunsdroši materiāli un individuālās aizsardzības līdzekļi (PPE), ja nepieciešams.
- Skolēniem ir skaidri norādīts, kam drīkst un kam nedrīkst pieskarties drukāšanas laikā.

Digitālie resursi

- Ir piekļuve CAD programmatūras pēdējā brīža korekcijām.
- Modeļiem no ārējiem avotiem ir atbilstošas licences lietošanai klasē.

3. Tehnoloģiju potenciāls galdniecības profesionālajā izglītībā (VET)

3.1 Izglītības ieguvumi

3D drukāšanas integrēšanai profesionālajā izglītībā ir daudz izglītojošu priekšrocību, kas bagātina mācību procesu. Šī tehnoloģija atvieglo dažu abstraktāku jēdzienu izpratni, kā arī veicina būtisku prasmju attīstību skolēnu profesionālajai nākotnei, jo nozare daudzos aspektos kļūst arvien digitalizētāka.

Praktiskās nodarbības:

Viena no galvenajām priekšrocībām ir tā, ka 3D drukāšana pārveido tradicionālo mācīšanos, kas balstās uz teoriju un iegaumēšanu, par dinamiskāku procesu. Skolēni var izstrādāt un izgatavot savus darbus, tādējādi veidojot reālu saikni ar mācību saturu. Tas palielina skolēnu motivāciju un līdzdalību nodarbībās.

Šī pieeja ir īpaši efektīva galdniecības un kokapstrādes profesionālās izglītības programmās, kur eksperimentēšana un prototipēšana ir neatņemama dizaina un ražošanas procesa sastāvdaļa.

Kritiskās domāšanas attīstīšana:

Turklāt 3D drukāšana veicina arī kognitīvo prasmju attīstību, piemēram, dizaina kļūdu identificēšanu, neveiksmju analīzi un prototipu uzlabošanu, kā arī parametru pielāgošanu rezultātu optimizēšanai.

Praktiskās nodarbības ļauj skolēniem ātrāk pamanīt problēmas, tādējādi veicinot analītisku un uz risinājumiem orientētu domāšanu.

Sagatavošanās nākotnes profesijām:

Ielūkojoties nākotnē, 3D drukāšanas izmantošana mācību procesā palīdz skolēniem apgūt digitālās prasmes, kas atbilst nozares augošajām vajadzībām. Darbojoties ar šīm tehnoloģijām nodarbību laikā, skolēni jūtas labāk sagatavoti reālajiem uzdevumiem, ar kuriem tie saskarsies savā profesionālajā darbībā.

Galdniecības profesionālās izglītības kursos šīs prasmes var nozīmēt lielāku patstāvību detaļu, modeļu un instrumentu izstrādē, kas var būt īpaši noderīga gan mūsdienu, gan nākotnes darba vidē.

Sadarbība:

Šī tehnoloģija arī veicina sadarbību starp skolēniem mācību procesā, jo tā rosina komunikāciju, koordināciju un zināšanu apmaiņu starp dažādām nozarēm,

piemēram, modi, inženierzinātnēm, dizainu un mākslu. Tā nav pielietojama tikai vienā sektorā, bet ir daudzpusīga tehnoloģija, kuru var pielāgot dažādām jomām.

Radošuma veicināšana:

Iespēja pārvērst savas idejas reālos objektos būtiski veicina skolēnu radošumu. Dažas atsauksmes no skolēniem valsts vidusskolā Dorčesterā, Masačūsetsas štatā, kur Formlabs un TechBoston Academy organizēja 3D drukas kursu, liecina, ka piekļuve 3D printeriem mācību klasē ļāva viņiem izstrādāt inovatīvas idejas, reālus prototipus un sarežģītus projektus, kurus nebūtu bijis iespējams realizēt ar tradicionālajām metodēm. Skolēni norāda, ka šī tehnoloģija viņiem sniedza brīvību eksperimentēt [9].

3.2 3D izdrukas tehniskās priekšrocības profesionālajā izglītībā - kokapstrādes un galdniecības jomā

Īpaši kokapstrādes nozarē 3D drukāšanas tehnoloģijas ieviešana var sniegt daudz priekšrocību. Šīs tehnoloģijas integrēšana projektos paplašina radošās iespējas un optimizē darba procesus.

3D drukāšana ļauj izstrādāt dizainus galdniecības projektos, sniedzot iespēju izveidot pielāgotas detaļas ar sarežģītiem rakstiem, ko nav iespējams realizēt manuāli.



Attēls 8: Cocoon' lampa. Autors: Hagen Hinderdael, veidots izmantojot 3D druku. [11].

3D drukāšana ļauj arī uzlabot precizitāti un detaļas kokapstrādes izstrādājumos. Šīs tehnoloģijas izmantošana garantē smalku apdari, kas paaugstina projekta kvalitāti.

Turklāt šī tehnoloģija optimizē materiālu izmantošanu darbnīcā, samazinot atkritumus un precīzi kontrolējot materiāla daudzumu, kas nepieciešams katrai detaļai.
Koka izstrādājuma radīšana prasa smalku amatniecību un daudz laika, tāpēc dažos gadījumos šīs tehnoloģijas pielietošana var būt ļoti noderīga.
3D drukāšana nav amatniecības aizvietotājs, jo tā ir ļoti vērtīga māksla, ko vēlamies saglabāt, taču dažkārt tā var būt kā noderīgs rīks, jo detaļas izveide ar printeri samazina izmaksas, paātrina ražošanas procesu un, kā minēts iepriekš, samazina izejmateriālu zudumus [12], [13].

3.3 Pedagoģiskais kontrolsaraksts

3D drukāšanas ieviešana profesionālajā izglītībā (VET) galdniecībā nav tikai tehnisks uzdevums, bet arī pedagoģiska iespēja. Pirms klasēs paredzēto aktivitāšu izstrādes skolotājiem jānodrošinās, ka mācību mērķi, skolēnu sagatavotība un saskaņotība ar mācību programmu ir skaidri savienota. Šis kontrolsaraksts palīdz nodrošināt, ka 3D drukāšana tiek izmantota jēgpilnā, motivējošā un pedagoģiski efektīvā veidā.

Mācību mērķi:

- Mācību uzdevums atbilst galdniecības mācību programmai.
- Skolēni saprot atšķirību starp CAD, slāņošanu (Slicing) un drukāšanu.
- Uzdevums veicina kritisko domāšanu (problēmu atklāšanu un uzlabošanu).
- Mācību uzdevums ietver iespējas praktiskai mācīšanās pieredzei.

Pedagoģiskā sagatavošanās:

- Jūs esat izdrukājis piemēru ar gatavo detaļu, lai parādītu klasei.
- Jūs esat identificējis iespējamās kļūdas, ar kurām skolēni var saskarties (deformācija, atbalsta struktūras kļūme utt.).
- Jūs esat sagatavojis vadlīniju jautājumus (piemēram: Kāpēc šis slānis izgāzās? Kā to var labot?).
- Jūs esat ieplānojis brīžus, lai veicinātu vienaudžu sadarbību un grupu diskusijas.

Materiāla pielāgošana kokapstrādei:

- Izdrukātais modelis ir saistīts ar reāliem galdniecības procesiem (savienojumu prototipiem, instrumentu palīglīdzekļu, stiprinājumu dekoratīvie elementi utt.).
- Skolēni var salīdzināt digitālos prototipus ar īstām koka detaļām.

- Jums ir piemēri, kas parāda, kā 3D drukāšana papildina amatniecību — nevis aizstāj to.

3.4 Piemēri aktivitātēm profesionālajā izglītībā (VET) galdniecībā

Lai palīdzētu skolotājiem iztēloties, kā 3D drukāšanu var integrēt galdniecības apmācībās, zemāk sniegti piemēri ar gatavām aktivitātēm, kuras var pielāgot dažādiem līmeņiem un darbnīcu vajadzībām. Šīs aktivitātes demonstrē, kā papildu ražošana var atbalstīt mācīšanos, prototipēšanu, instrumentu izgatavošanu un eksperimentēšanu galdniecībā.

Īsa garuma projekts – iesācēju līmenis (1–2 nodarbības): Vienkāršu galdniecības instrumentu drukāšana (stoperis, starplikas, jig aksesuārs)

- Mērķis: Iepazīstināt skolēnus ar 3D drukāšanas darba plūsmu, izmantojot funkcionālu, bet vienkāršu darbnīcas objektu.
- Apraksts: Skolēni lejupielādē vai izveido vienkāršu modeli, piemēram, griešanas stoperi, urbšanas vadotni vai starplikas bloku. Viņi slāņo modeli (Slice), izdrukā to un testē galdniecības darbnīcā.
- Mācību rezultāts: Saprast STL/G-code darba plūsmu; novērot pielaides un precizitāti; sasaistīt 3D izdrukātus objektus ar reālu lietošanu darbnīcā.
- Variācija: Skolēni pielāgo dizainu konkrētai iekārtai vai izmēram.

Vidēja garuma projekts – vidēja līmeņa (3–4 nodarbības): Sarežģīta savienojuma dizains un prototipēšana (piemēram, astes naglas savienojums, pirkstu savienojums, mortise-tenon ar īpašu ģeometriju)

- Mērķis: Izpētīt koka savienojumus, izmantojot digitālo dizainu un iteratīvu prototipēšanu.
- Apraksts: Skolēni izstrādā koka savienojumu CAD programmā, izdrukā mēroga modeli, novērtē pielaidi, pielāgo tolerances un beigās izveido savienojumu īstā kokā. Tas ļauj saprast leņķus, atstatumus un savienojumu mehānisko uzvedību pirms dārga materiāla griešanas.
- Mācību rezultāts: Attīstīt CAD dizaina prasmes; analizēt pielaidi un mehānisko uzvedību; samazināt materiāla zudumus darbnīcā.

- Variācija: Skolēni salīdzina vairākus savienojumu dizainus un prezentē, kurš no tiem darbojas vislabāk.

Gara ilguma projekts – progresīvs līmenis (1–2 nedēļas): Hibrīda objekta dizains, apvienojot koku un 3D drukātas detaļas (piemēram, lampa, neliela plaukta, rokturis, eņģe, dekoratīva panelis)

- Mērķis: Apvienot tradicionālo amatniecību ar digitālo ražošanu.
- Apraksts: Skolēni izveido objektu, kur koka elementi tiek papildināti ar 3D drukātām detaļām. Piemēram, lampa, kur struktūra ir koka, bet abažūrs ir 3D drukāts; vai dekoratīvs raksts, ko nav viegli izgrebt ar rokām.
- Mācību rezultāts: Saprast papildinošo lomu, ko spēlē papildu ražošana; plānot salikšanu starp diviem dažādiem materiāliem; pielietot gan digitālās, gan tradicionālās prasmes vienā projektā.
- Variācija: Skolēni dokumentē visu procesu (dizains → drukāšana → galdniecība → salikšana).

4. Integrācija klasē

4.1 Metodiskie ieteikumi

3D drukāšanas iekļaušana klasē jāveic pakāpeniski, jo vislabāk ir sākt ar vienkāršām aktivitātēm un soli pa solim virzīties uz priekšu, lai pilnībā izprastu šīs tehnoloģijas darbību.

Saskaņā ar Miaulatec, 3D drukāšana vislabāk darbojas, sākot ar ļoti vienkāršām aktivitātēm, piemēram, esošu modeļu vai vienkāršu detaļu drukāšanu. Tas palīdz skolēniem izprast visu procesu, un, strādājot pa posmiem un sadalot projektu mazākos uzdevumos, skolēni pilnībā apgūs darba plūsmu, kas iesaistīta 3D detaļas izveidē.

Citi nozīmīgi avoti, piemēram, Formlabs, uzsver, ka 3D drukāšana veicina praktiskas mācību metodoloģijas un projektu balstītas mācības (PBL). Spēja manipulēt ar fiziskiem objektiem ļauj skolēniem labāk izprast jēdzienus un palielina viņu iesaisti klasē. Ir arī ļoti svarīgi novērtēt klases tehnoloģiju apguves līmeni, lai skolotājs varētu pielāgot un izveidot uzdevumus, kas atbilst skolēnu līmenim, sākot ar vienkāršām aktivitātēm un vēlāk pārejot pie sarežģītākiem projektiem.

Pirms šīs tehnoloģijas ieviešanas klasē ir svarīgi, lai skolotāji būtu labi apmācīti par tās darbību, lai spētu atbalstīt skolēnus un pareizi mācīt nodarbības par šo tēmu.

Kopsavilkumā, svarīgākie aspekti, lai ieviestu šo tehnoloģiju klasē, ir:

- Sākt ar vienkāršiem praktiskiem projektiem
- Noteikt pakāpeniskus uzdevumus, lai soli pa solim virzītos uz priekšu, mācoties no kļūdām
- Veicināt citas ar šo tehnoloģiju saistītas prasmes, piemēram, radošumu, komandas darbu vai kritisko domāšanu, lai saprastu pieļautās kļūdas un to risināšanas veidus
- Pavadīt skolēnus visā procesa laikā
- Mācīt atbildīgu aprīkojuma un materiālu lietošanu [14], [15], [16].

Viens no galvenajiem izaicinājumiem, integrējot 3D drukāšanu profesionālās izglītības klasēs, ir drukas laika pārvaldība, jo dažas drukas sesijas var ilgt vairākas stundas. Lai to risinātu, skolotāji var izmantot šādas stratēģijas:

- Plānot drukas, kuras var pabeigt vienas nodarbības laikā iesācēju aktivitātēm.
- Izmantot iepriekš izdrukātus piemērus, iepazīstinot ar jauniem jēdzieniem, ļaujot skolēniem koncentrēties uz to analīzi un diskusiju.
- Ilgās drukas ieplānot ārpus mācību stundām vai starp nodarbībām.
- Sadalīt klasi lomās (dizains, slāņošana, uzraudzība, dokumentācija), lai visi skolēni būtu iesaistīti.
- Veicināt, lai skolēni novērtē drukas laiku un reflektē par efektivitāti un optimizāciju.

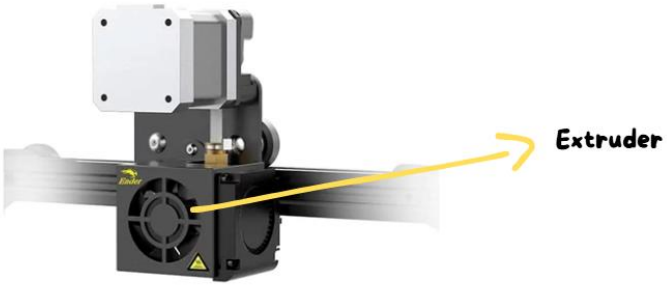
Efektīva laika pārvaldība nodrošina, ka 3D drukāšana paliek atbalstošs mācību rīks, nevis loģistikas šķērslis.

4.2 Pakāpenisks ieviešanas plāns

1. solis – Vides un aprīkojuma sagatavošana

Pirms sākat izmantot šo tehnoloģiju, ir svarīgi uzstādīt un konfigurēt printeri piemērotā telpā, kas ir labi vēdināta un pieejama.

Ieteicams sākt ar testa drukām, lai pārbaudītu pamatnes (build plate) nolīmeņošanu, pārbaudītu ekstrūderi un pārliecinātos, ka ir pieejami pamata materiāli, piemēram, PLA (filaments).

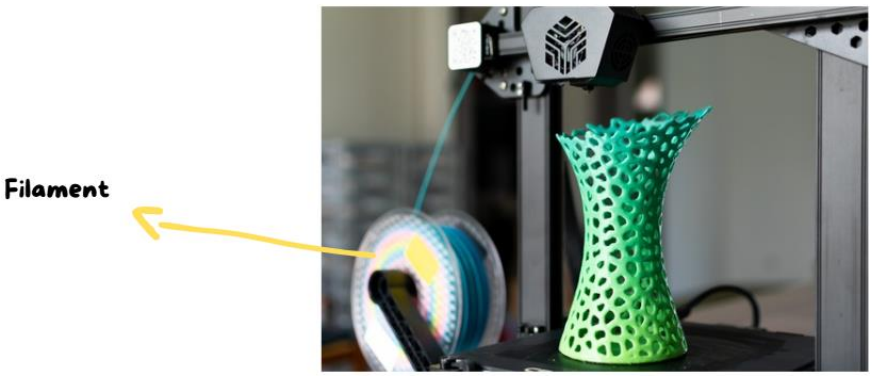


Attēls 9: 3D printera ekstrūderis [17].

2. solis – Skolotāju sākotnējā apmācība

Pirms darba ar skolēniem, skolotājiem jābūt pazīstamiem ar aprīkojuma pamatdarbību: filaments jāielādē pareizi, drukas jāsāk un jāpārtrauc, jāizmanto slāņošanas (laminēšanas) programmatūra un jāspēj atpazīt biežāk sastopamās kļūdas.

Ar apmācītiem skolotājiem nodarbības noritēs raitāk, un skolēnu mācīšanās pieredze būs pozitīvāka.



Attēls 10: 3D printera filaments [18].

3. solis – Ievads digitālajā dizainā (CAD)

Šis solis jāsāk ar intuitīviem, viegli lietojamiem rīkiem, piemēram, Tinkercad, kas ļauj skolēniem izstrādāt vienkāršus objektus bez lielām iepriekšējām zināšanām. Kad skolēni apguvuši šo programmu, viņi var pāriet uz citām, profesionālākām un precīzākām programmām, taču Tinkercad ir labs sākums, lai saprastu dizaina procesu.

4. solis – Pirmais iespaids

Ieteicams praktisko darbu sākt ar vienkāršiem, gataviem projektiem. Šīs aktivitātes ļauj skolēniem koncentrēties uz iekārtas darbību, nepārslogojot to ar pārāk daudz jēdzieniem. Gatavi modeļi, kurus var lejupielādēt, ir pieejami tiešsaistē un tos var nosūtīt drukāšanai.

5. solis – Pakāpeniska integrācija galdniecības projektos

Kad studenti saprot pamatjēdzienus un darbības noteikumus, var tieši ieviest projektus, kas saistīti ar mācību programmu, piemēram, mēbeļu modeļus, noderīgus paraugus galdniecības darbnīcai, koka detaļu savienojumus vai dekoratīvas detaļas.

3D drukāšana ļoti labi piemērota projektu balstītai mācībai un ļauj skolēniem iziet cauri visām tās fāzēm, taču ir svarīgi vispirms mācīt lietošanas teoriju un drošības noteikumus, pirms izmēģināt to praksē.

6. solis – Detaļu pārskatīšana un novērtēšana

Pēc katras drukas ir svarīgi kopā ar skolēniem analizēt rezultātus, pārskatīt tolerances, pārbaudīt detaļas stilu, dizaina kļūdas utt. Tas ir noderīgi, lai skolēni attīstītu kritisko domāšanu un uzlabotu savas tehnikas.

7. solis – Pārvaldība un uzturēšana

Var būt ieteicams piešķirt skolēniem noteiktas atbildības klasē.
3D printeri prasa pamata uzturēšanu, un ir laba ideja sadalīt lomas, lai palīdzētu skolotājam pārvaldīt iekārtas un materiālus. Skolēni var būt atbildīgi par filamenta atlikuma pārbaudi, tīrīšanu, failu organizēšanu drukāšanai un pat iekārtu uzraudzību.
Šī metodoloģija palīdz dot skolēniem patstāvību un atbildību [14], [15], [16], [19].

4.3 Kontrolsaraksts integrēšanai klasē

Kad skolotāji ir gatavi integrēt 3D drukāšanu savās nodarbībās, šis kontrolsaraksts sniedz ātri pārskatāmu ceļvedi par nodarbības sagatavošanu, vadīšanu un noslēgšanu. Tas nodrošina, ka visi nepieciešamie materiāli, rīki, digitālie resursi un pedagoģiskie soļi ir sagatavoti, palīdzot skolotājiem vadīt nodarbību raiti un droši.

Sagatavošanās nodarbībai

- Jūs esat izvēlējies vienkāršu, iesācējiem piemērotu modeli, ko var izdrukāt.
- Visi nepieciešamie faili (STL un G-code) ir saglabāti un dublēti.
- Printeris tika pārbaudīts iepriekšējā dienā, lai izvairītos no pārsteigumiem.
- Katras drukas laika novērtējums ir reāls attiecībā uz nodarbības ilgumu.
- Skolēniem ir pieejami CAD rīki, kas atbilst viņu līmenim (Tinkercad/Fusion utt.).

Materiāli un rīki

- Pieejams filaments (klasēs ieteicams PLA).
- Skrāpis, pincetes, līmes zīmulis/līmlente (ja nepieciešams, lai detaļa pielīp pie galda).
- Rezerves sprauslas vai būtiskie uzturēšanas rīki.
- USB/SD karte vai Wi-Fi savienojums failu pārsūtīšanai.

Nodarbības laikā

- Skolēni zina savas lomas (failu sagatavošana, slāņošana, uzraudzība, dokumentēšana utt.).
- Skolēni spēj identificēt galvenos drukas parametrus:

- slāņa augstums
- piepildījums (infill)
- atbalsta struktūras
- temperatūra

- Ir skaidri izskaidrota darba plūsma: Dizains → Slāņošana → Druka → Novērtēšana.
- Jūs esat ieplānojis laiku pēcapstrādei (atbalsta struktūru noņemšana, pamata slīpēšana).

Pēc nodarbības

- Skolēni dokumentē rezultātus (fotogrāfijas, skices, drukas piezīmes).
- Ir sagatavota refleksijas aktivitāte (Kas izdevās? Kas izgāzās? Kāpēc?).
- Printeris ir iztīrīts un gatavs nākamajai grupai.

4.4 Ieteikumi skolotājiem

Zemāk ir dažas rekomendācijas par 3D printeriem izglītības vajadzībām.

Rekomendācijas	Apraksts
Apkope un atbalsts	Pirms printera iegādes ir svarīgi pārbaudīt, vai uzņēmums, kas pārdeva ierīci, nodrošina tehnisko atbalstu klientiem un vai ir viegli pieejamas rezerves daļas. Tas ir svarīgi, jo nav nekas neparasts, ka printeri tiek bojāti lietošanas laikā klasē, un var būt nepieciešama papildu tehniskā palīdzība.
Drošība	Svarīgi arī būt informētam un zināt, kā izglītot citus par drošību, lietojot 3D ierīci, jo to izmantos daudzi cilvēki, un tā ir jālieto atbildīgi
Konstruktīvās zonas izmērs	Atkarībā no zonas izmēra mēs varam veidot dažādus objektus. Tomēr, lai iemācītos 3D drukāšanu, nav nepieciešama liela konstruktīvā zona. Var sākt ar kaut ko vienkāršāku, jo lielāku drukas objektu izveide prasa vairāk laika un izmaksā dārgāk, un tas var nebūt labākais risinājums šo apmācību sākumā.
Izmantojamā tehnoloģija	Kā minēts iepriekš, pastāv dažādi 3D tehnoloģiju veidi, tāpēc ir svarīgi izpētīt visas iespējas, lai noskaidrotu, kura

	vislabāk atbilst jūsu skolēniem, klasei un apmācību veidam. Ekonomiskākais variants, ar ko sākt, ir FDM tehnoloģija [20].

5. Drošība un ilgtspējība 3D drukāšanā

3D drukāšanas tehnoloģija kļūst aizvien izplatītāka, taču jāņem vērā, ka tā saistīta ar noteiktiem riskiem, kas, lai arī nav ļoti nopietni, tomēr ir svarīgi ņemt vērā.

Personīgās aizsardzības līdzekļu (PPE) izmantošana:

Lai aizsargātu pret saistītajiem riskiem, ir būtiski izmantot atbilstošus personīgās aizsardzības līdzekļus, kas pasargā lietotājus no dūmu ieelpošanas vai kontakta ar bīstamām vielām.

Respiratori: Tie nepieciešami, lai novērstu kaitīgo tvaiku vai īpaši smalku daļiņu ieelpošanu, kas izdalās drukāšanas laikā. Tos dažkārt nav nepieciešams lietot, izmantojot FDM 3D printerus, jo drukājamās daļas nav ļoti lielas, taču tas ir faktors, ko jāņem vērā.

Neoprēna cimdi: Šie cimdi nodrošina aizsardzību pret ķimikālijām un karstām virsmām, jo detaļas noņemšana vai jebkura kustība var radīt risku.

Šļakatu drošas aizsargbrilles: Lai pasargātu acis no šķidru materiālu šļakatām vai procesa atlikumiem, ieteicams valkāt aizsargbrilles vai vizierus.

Ugunsizturīgi kombinezoni: Šie kombinezoni var aizsargāt ādu no bīstamo ķimikāliju iedarbības vai iespējamiem ugunsgrēkiem.

Ventilācija:

No otras puses, adekvāta ventilācija ir arī svarīgs pasākums 3D drukāšanā, lai uzturētu veselīgu vidi.

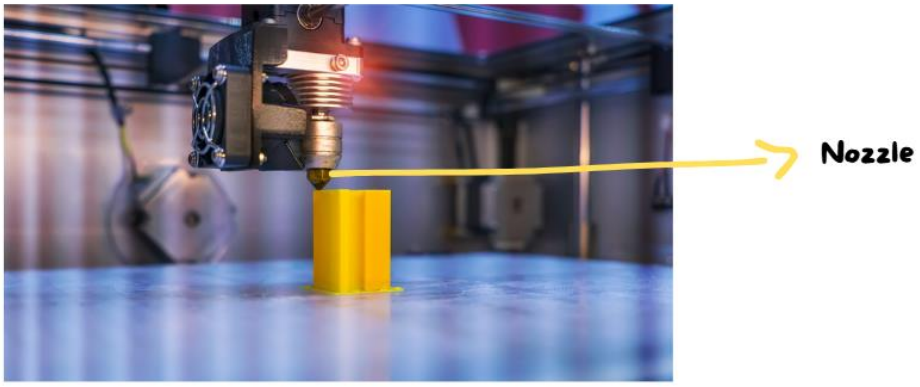
Efektīvas ventilācijas sistēmas samazina gaisā esošo piesārņotāju, piemēram, VOS (gaistošo organisko savienojumu) vai īpaši smalku daļiņu koncentrāciju. Lai to nodrošinātu, ir svarīgi:

- Mehāniskās ventilācijas sistēmas: uzstādīt gaisa nosūcējus, kas savāc un izvada kaitīgās emisijas tieši no avota, vai uzstādīt gaisa attīrītājus ar HEPA filtriem, jo tie spēj aizturēt sīkas daļiņas.
- Regulāra gaisa kvalitātes novērtēšana: ieteicams arī uzraudzīt gaisa kvalitāti drukas zonā, lai pārliecinātos, ka ventilācijas sistēmas darbojas pareizi.
- Negatīvā spiediena uzturēšana: drukas zonai jāuztur neliels negatīvais spiediens attiecībā pret blakus telpām, lai novērstu piesārņotā gaisa izplatīšanos.

- Ķīmisko absorbentu izmantošana: ieteicams integrēt aktivētā oglekļa filtrus, lai absorbētu VOS un vēl vairāk uzlabotu gaisa kvalitāti [21].

3D printeris var sasniegt ļoti augstu temperatūru, tāpēc ir svarīgi ievērot šādus ieteikumus:

- Neaiztikt sprauslu vai sildāmo plati, kamēr tiek drukāta detaļa.
- Turēt printeri prom no kabeļiem, audumiem vai jebkādiem citiem degošiem materiāliem
- Pastāvīgi pārbaudīt elektriskos savienojumus.
- Vienmēr uzraudzīt pirmās drukas kārtas, lai pārliecinātos, ka viss darbojas pareizi.



Attēls 11: 3D printera sprausla [22].

Ko darīt ar 3D drukāšanas radīto atkritumu?

Ar 3D drukāšanu radītie atkritumi parasti nav lieli, jo šī tehnoloģija bieži vien ir ilgtspējīga alternatīva. Tomēr var veikt šādas darbības:

Atkārtota izmantošana un pārvēršana citos mērķos: Pirms izmest drukāšanas atkritumus, var apsvērt iespēju tos atkārtoti izmantot, lai testētu vai pilnveidotu nākotnes dizainus, vai pārstrādāt atlikušās filamenta šķipsnas citos noderīgos izstrādājumos.

Pārstrāde: Ir iespējams pārstrādāt dažāda veida filamentus. PLA, piemēram, ir bioloģiski noārdāms un to var viegli pārstrādāt. Filamentus, piemēram, ABS vai PETG, var izkausēt un izmantot jaunos drukas objektos, ja tas ir iespējams un ja centrā ir nepieciešamās iespējas. Vēl viena mazliet mazāk praktiska iespēja ir pašdarināts filamenta ekstrudēšanas process (DIY filament extrusion), kas ietver

neveiksmīgi izdrukātu objektu sasmalcināšanu un izkausēšanu, lai iegūtu jaunu filamenta materiālu [23].

6. Papildresursi

Nosaukums: FDM 3D drukāšanas pamācība

Autors: UCSD Makerspace

Apraksts: Šajā video var redzēt īsu teorētisku un praktisku pamācību par to, kā izmantot FDM 3D printeri.

Saite: https://goo.su/f7KA

Nosaukums: 3D drukāšanas ceļvedis

Autors: Formlabs

Apraksts: Šajā saitē var uzzināt, kā darbojas 3D printeri, iepazīt dažādus 3D printeru veidus, materiālus un izpētīt 3D drukāšanas pielietojumus.

Saite: https://formlabs.com/3d-printers/?srsltid=AfmBOop31U6vY3A4DfpT4kC4hN7fggD0_pvgeniElRz70JmdG_DN0Sp6

Nosaukums: 3D printera filamentu ielāde un noņemšana – iesācēja ceļvedis

Autors: Ricky Impey

Apraksts: Šajā video tiek parādīts, kā ielādēt un noņemt filamentu no 3D printera. Video rāda, kas jādara pirms filamentu ielādes, lai sāktu darbu, un kā to noņemt, kad vēlaties mainīt materiālu.

Saite: https://goo.su/jxRwKlB

Nosaukums: 3D drukāšana 101: Galīgais iesācēja ceļvedis

Autors: The 3D Printing Zone

Apraksts: Video pamācība par to, kā lietot 3D printeri.

Saite: https://goo.su/UFRFV

Nosaukums: 3D drukāšanas ceļvedis skolotājiem

Autors: PrintLab

Apraksts: Plašāks ceļvedis par 3D drukāšanas tehnoloģijas izmantošanu skolotājiem.

Saite: https://www.stem.org.uk/system/files/elibrary-resources/2018/09/PrintLab%20-%203D%20Printing%20Guide%20for%20Teachers.pdf

7. Nobeigums

3D drukāšana ir ļoti noderīgs rīks, lai modernizētu profesionālās izglītības programmas (VET) galdniecībā. Tās integrēšana klasē ļauj skolēniem radoši projektēt, veidot, testēt un pilnveidot tehnikas un idejas, sasaistot teorētisko mācīšanos ar reālās pasaules praksi darbnīcā.

Šī tehnoloģija atvieglo prototipu izveidi un detaļu pielāgošanu, kā arī attīsta skolēnos būtiskas prasmes, piemēram, kritisko domāšanu, problēmu risināšanu un komandas darbu. Ar labu progresīvu plānošanu un labi strukturētām aktivitātēm 3D drukāšana var būt motivējošs resurss, kas saskan ar šī sektora prasībām.

Tā iekļaušana profesionālās izglītības ciklos ir solījums radošai un inovatīvai mācīšanai un palīdz sagatavot skolēnus tam, kas šajā nozarē ir vai būs nepieciešams.

Apsolīsim modernizēt nozari un pielāgoties pārmaiņām!

Literatūras saraksts

[1] “Aula 21,” [Online]. Available: https://www.cursosaula21.com/que-es-la-impresion-3d/.

[2] "CTRL 3D," [Online]. Available: https://control3d.net/que-se-puede-imprimir-en-una-impresora-3d-filamento/.

[3] “Wheaton college massachusetts,” [Online]. Available: https://wheatoncollege.edu/academics/special-projects-initiatives/innovation-spaces/fab-lab/fdm-printers/.

[4] L. C, “3D natives,” 14 July 2022. [Online]. Available: https://www.3dnatives.com/es/impresoras-3d-sls-220320182/#!.

[5] “Caracter maker,” [Online]. Available: https://caractermaker.es/que-es-una-impresora-3d/.

[6] M. d. Haro, “intelligy,” 2020. [Online]. Available: https://intelligy.com/blog/2020/09/15/tipos-de-acabados-en-impresiones-3d/.

[7] “formlabs,” [Online]. Available: https://formlabs.com/es/blog/fdm-sla-sls-como-elegir-tecnologia-impresion-3d-adecuada/?srsltid=AfmBOor3HqVddiYA8qobkWZg3YZ1B_drLZNmS9cJImqYdMricLnUiNGa.

[8] “Advanced factories,” 24 September 2024. [Online]. Available: https://www.advancedfactories.com/aplicaciones-impresion-3d-fabricacion-industrial/.

[9] “Formlabs,” [Online]. Available: https://formlabs.com/es/blog/guia-impresion-3d-en-educacion/?srsltid=AfmBOop7wU8RXGeKvrsoXRVqtlBXfGpipGEsEzd2f8m7OmmknnfOJx8t.

[10] “All3DP,” 28 March 2024. [Online]. Available: https://all3dp.com/es/1/programas-software-impresora-3d-printer-software-3d-gratis/.

[11] “mdec,” 02 March 2023. [Online]. Available: https://www.emedec.com/impresion-3d-en-madera-todo-lo-que-necesitas-saber/.

[12] J. Lewsam, “World of WoodCraft,” [Online]. Available: https://worldofwoodcraft.com/3d-printing-in-woodworking-possibilities-and-limitations/.

[13] Imprimakers, “Imprimakers,” [Online]. Available: https://imprimakers.com/es/impresion-3d-en-madera-una-apuesta-segura-por-la-sostenibilidad/.

[14] MiAulaTec, “MiAulaTec,” 6 January 2025. [Online]. Available: https://miaulatec.com/articulos/como-implementar-la-impresion-3d-en-el-aula/.

[15] “formlabs,” [Online]. Available: https://formlabs.com/es/blog/como-empezar-a-usar-la-impresion-3d-en-el-aula/?srsltid=AfmBOooiuUJSGIWoJzieqvKaT2J0GPII1eJzmrJIN1dCGbf6DrcF80nv.

[16] “Intech3D,” 23 September 2020. [Online]. Available: https://intech3d.es/como-integrar-la-impresion-3d-en-centros-educativos-y-planes-de-estudio/.

[17] “Servitec,” [Online]. Available: https://servitec3d.com/blog/extrusor-impresora-3d/.

[18] Admin, “Mastoner,” [Online]. Available: https://www.mastoner.com/blog/borrador-automaticocolocar-filamento-impresora-3d-tutorial/.

[19] D. Stewart, “Makerbot,” 5 September 2025. [Online]. Available: https://www.makerbot.com/stories/education-needs-industry-support-now-more-than-ever/.

[20] “3DP TEACHER,” [Online]. Available: https://3dp-teacher.erasmus.site/ite/3DP%20Teacher's%20Guidebook_final_ES.pdf.

[21] Peiling, "Raise3D," 15 September 2024. [Online]. Available: https://www.raise3d.com/blog/3d-printing-safety/. [Accessed 25 November 2025].

[22] “Cults,” [Online]. Available: https://cults3d.com/es/blog/articles/como-se-limpia-boquilla-impresora-3d?srsltid=AfmBOorHXggJwsCJeyaRgdWMQOUEzFlrxwKlRTKeH1anqwnd9wgOWDno. [Accessed 25 November 2025].

[23] “ECO Recycling Today,” [Online]. Available: https://www.recyclingtoday.org/es/blogs/news/what-to-do-with-3d-printer-waste. [Accessed 25 November 2025].

[24] “formlabs,” [Online]. Available: https://formlabs.com/es/blog/fdm-sla-sls-como-elegir-tecnologia-impresion-3d-adecuada/?srsltid=AfmBOor3HqVddiYA8qobkWZg3YZ1B_drLZNmS9cJImqYdMricLnUiNGa.

[25] “All3DP,” [Online]. Available: https://all3dp.com/es/1/slicer-3d-programa-corte-impresora-3d/.

[26] [Online]. Available: https://all3dp.com/es/1/slicer-3d-programa-corte-impresora-3d/.

SHIFTVET

Co-funded by
the European Union

Līdzfinansē Eiropas Savienība. Paustie uzskati un viedokļi ir tikai autora(-u) uzskati un viedokļi, un tie ne vienmēr atspoguļo Eiropas Savienības vai Spānijas Izglītības internacionalizācijas dienesta (SEPIE) nostāju. Ne Eiropas Savienība, ne finansējuma piešķīrēja iestāde nevar tikt saukta pie atbildības par tiem.