

3D DRUKAS PAMATI

kopā ar Josef Prusa

Trešais izdevums



Grāmatas tulkojumā izmantoti termini un svešvārdi. Terminu un svešvārdu tulkojumi un skaidrojumi atrodami grāmatas noslēgumā sadaļā "Vārdnīca".

Tāpat, grāmatas noslēgumā atrodami biežāk uzdotie jautājumi (BUJ) par 3D druku. Taču, ja neesi atradis atbildes uz sev interesējošiem jautājumiem šajā sadaļā, sazinies ar mums - mēs palīdzēsim!

Kontakti saziņai: info@tomega.lv

IEVADS

Par 3D druku un tās iespējām, jūs jau noteikti esat dzirdējuši TV vai lasījuši internetā. Tāpat kā citas mūsdienu jaunās tehnoloģijas, arī 3D druka piesaista dažādu plašsaziņas līdzekļu uzmanību, taču tēma bieži vien tiek atspoguļota virspusēji vai kā kaut kas sensacionāls. Par 3D drukāšanu kļūst dažādi mīti, tai skaitā tiek izplatīts maldīgs priekšstats, ka tā ir pavisam jauna tehnoloģija. Patiesībā, šī tipa ražošanas metode ir pazīstama jau kopš 1980. gada un mūsdienās tā tiek diezgan plaši izmantota dažādās nozarēs, tai skaitā, to lieto arī entuzisati mājas apstākļos.

Šajā grāmatā jūs uzzināsi, ka 3D druka nav kaut kāda futuristiska, sarežģīta un ļoti dārga tehnoloģija, kas pieejama tikai nelielai daļai cilvēku. Tieši pretēji - tās principi ir diezgan vienkārši un visiem saprotami. Iespējams, daži industrijas termini iesākumā jūs biedēs, taču par to nevajag uztraukties. Šādu terminu nav sevišķi daudz, un jau gana drīz tie būs pazīstami arī jums.

Šī grāmata palīdzēs jums saprast, kādas 3D drukas tehnikas un iespējas šobrīd ir pieejamas, un kā tās strādā. Mēs soli pa solim iziesim cauri visam 3D printēšanas procesam, sākot ar printējama 3D modeļa izveidi, turpinot ar sagatavošanās darbiem, līdz pat objekta pēcapstrādei. Jūs uzzināsi, kas ir ekstrūders (*extruder*), kā arī iepazīsi ar šķēlēšanu (*slicing*), perimetru (*perimeters*) vai aizpildījumu (*infill*). Mēs izskaidrosim atšķirību starp dažādiem populārākajiem 3D drukas materiāliem, kā arī iepazīsimies ar šīs tehnoloģijas praktisko pielietojumu.

Ar šīs grāmatas palīdzību jūs iegūsi padziļinātas zināšanas par 3D druku un pamatprasmes, lai uzsāktu darbību šajā jomā. Vienīgais, kas jums atliks - iegādāties 3D printeri un sākt darboties!

♦ **Josef Průša**

Josef Prusa

Josef Prusa (dz. 23.02.1990.) sāka interesēties par 3D druku vēl pirms iestāšanās Prāgas Ekonomikas Universitātē 2009. gadā. Drīz pēc tam Josefs kļuva par vienu no vadošajiem programmētājiem Adriena Boujera (*angl. val. Adrien Bowyer*) starptautiskajā brīvpiekļuves (*open-source*) projektā RepRap. Mūsdienās Prusa dizains dažādās variācijās ir redzams un sastopams visā pasaulē. Tas ir viens no populārākajiem 3D printeriem un tas ir viens no iemesliem, kāpēc zināšanas par 3D printeriem un šo jomu pasaulē turpina pieaugt. 2012. gadā Prusa dibināja uzņēmumu Prusa Research, kas ražo un piegādā klientiem visā pasaulē vairāk nekā 10 000 Prusa printerus gadā. Ar vairāk nekā 400 000 pārdotu vienību Original Prusa i3 ir pasaulē visplašāk izmantotais 3D printera dizains.



KĻŪSTI PAR 3D DRUKAS EKSPERTU AR PRUSA AKADĒMIJU (PRUSA ACADEMY)!

Prusa Akadēmija (*Prusa Academy*) piedāvā tiešsaistes kursus, kas ļaus jums apgūt 3D printēšanu ar viegli saprotamām pamācībām, video instrukcijām un citu materiālu palīdzību. Apmeklē *Academy* sadaļu prusa3d.com un uzzini vairāk!

SATURS

KAS IR 3D PRINTĒŠANA?	5
3D printēšanas vēsture	6
Stereolitogrāfijas atklāšana	6
RepRap projekts	6
3D drukas izmantošana	7
3D DRUKAS TEHNOLOĢIJAS	11
FDM/FFF	12
FFF 3D printeru komponentes	14
SLA – stereolitogrāfija	17
MSLA printera komponentes	19
SLS / DMLS	21
3D PRINTERA IZVĒLE	22
3D PRINTĒŠANA 101	24
3D modeļa iegūšana	26
Tiešsaistes bibliotēkas un 3D kopienu platformas	26
3D modelēšanas programmatūra	27
Tinkercad	27
Autodesk Fusion	28
Blender	29
OpenSCAD	30
Lietas, kas jāņem vērā, veidojot modeli	31
3D skenēšana un fotogrammetrija (Photogrammetry)	35
Pareizā drukas materiāla izvēle	36
Modeļa sadalīšana slāņos (Slicing)	36
PrusaSlicer	37
Simplify3D	38
Cura	38
Modeļa slāņotājs (Slicer) - pamata iestatījumi	39
Drukas virsmas sagatavošana	42
Druksas uzsākšana	43
Pēcapstrāde (Post-processing)	43
Līmēšana un modeļu izlīdzināšana ar acetonu	44
KVĒLDIEGS (FILAMENTS)	45
PLA	47
PETG, ASA UN PC (POLIKARBONĀTS)	48
FLEX (TPU/TPE/TPEE)	49
Pildītie materiāli (Filled materials)	49
PVA un BVOH - šķīstošie atbalsta materiāli	50
Citi materiāli	50
DAUDZKRĀSU 3D DRUKĀŠANA	51
DAUDZMATERIĀLU 3D DRUKĀŠANA	53
FOTOPOLIMĒRI / SVEĶI	55
Vārdnīca	57
BUJ (FAQ)	61



KAS IR 3D DRUKA?

3D printēšana ir automātisks ražošanas process, kura ietvaros 3D printeris izveido fizisku 3D objektu, balstoties uz digitālo datu pamata. Pastāv vairākas 3D printēšanas tehnikas, bet vispopulārākā no tām - FFF jeb Fused Filament Fabrication (*Kausētās plastmasas pavediena druka*), kas ir diezgan vienkārša: objekts slāni pa slānim tiek izveidots no izkausētas plastmasas pavediena.

Iedomājies, ka tu paņem 3D objektu un sagriez to plānās šķēlēs – līdzīgi kā kartupelis tiek sagriezts plānās šķēlēs, lai iegūtu čipsus. Tad tu paņem līmes pistoli un ar karsto līmi "uzzīmē" katru slāni. Apmēram tā arī notiek objektu drukāšana – tā ir aditīvā metode (*metode, kad objekti tiek veidoti, pievienojot materiālu slāni pa slānim*), jo materiāls tiek pievienots pakāpeniski pa slāņiem. Šī metode ir pretēja subtraktīvai metodei, kur no objekta tiek pa slānim noņemts esošais materiāls.



3D druka strauji attīstās un paplašinās. Pastāvīgi notiek 3D printeru un 3D drukas materiālu izstrāde un uzlabošana. Sākotnēji 3D printeri veiksmīgi izplatījās no profesionālās vides uz hobijs un "dari pats" pasauli. Tagad šī popularitāte hobijistu vidū ir palīdzējusi tehnoloģijai ienākt arvien jaunās nozarēs.

3D printēšanas vēsture

Iesākumā 3D printēšana tika saukta par Ātro prototipēšanu (*Rapid Prototyping*), un šis termins tiek lietots vēl šobrīd, lai gan salīdzinoši reti. Pirms 3D printeri kļuva plaši pieejami, tie tika pamatā izmantoti tikai prototipu izgatavošanai.

Tipiskākais piemērs ātrajai prototipēšanai būtu TV pults izstrāde un ražošana. Parasti ražošanas sagatavošanās darbi maksā desmitiem tūkstošu dolāru (šablonu izgatavošana, to ražošana, testēšana...), lai ražotājs precīzi saprastu, ka izstrādātā pults būs ērta rokās un ka visas pogas ir ērti aizsniegt. Šajā mirklī ienāk ražošanas nozarē prototipēšana. Lai arī 3D printeru cenas vēl ir ļoti augstas, taču ražotāja izmaksas viena prototipa izgatavošanā, izmantojot vecās metodes sasniedza ap tūkstoš dolāriem, kas jebkurā gadījumā ietaupītu daudz naudas. Lai arī, lielo iekārtu izmaksu dēļ, nebija nekādu iespēju, ka tās nonāktu parasto lietotāju rokās – par laimi, šī situācija ir mainījusies.

Stereolitogrāfijas atklāšana

3D drukāšana, kādu mēs to pazīstam šodien, tika atklāta 1984. gadā, kad uzņēmuma *3D Systems* dibinātājs Čārlzs V. Hals (*Charles W. Hull*) pieteica patentu savai izgudrotajai tehnoloģijai – stereolitogrāfijai. Hals bija pirmais, kurš izdrukāja digitālus 3D datus. Šī tehnoloģija, kas bieži tiek apzīmēta ar saīsinājumu SLA (stereolitogrāfija), tiek izmantota arī mūsdienās. Vairāk par to uzzināsi nodaļā, kurā aprakstītas dažādas 3D drukas metodes.



1992. gadā *3D Systems* sāka ražot un pārdot pirmo komerciāli pieejamo 3D printeri, kas darbojās, izmantojot SLA tehnoloģiju.

RepRap projekts

2005. gads, iespējams, bija nozīmīgākais mūsdienu 3D drukas vēsturē - Bātas Universitātē (University of Bath) Dr. Adrians Bovjērs (Dr. Adrian Bowyer) uzsāka RepRap projektu. Tā ideja bija izstrādāt 3D printeri, kas spēj izdrukāt pēc iespējas vairāk savu detaļu.

Projekts jau no paša sākuma tika iecerēts kā atvērtā koda (*open-source*) iniciatīva, kas nozīmē, ka visi avota kodi ir publiski pieejami bez maksas un tos var brīvi pielāgot un uzlabot pēc nepieciešamības. Tas bija nopietns lēmums, kas ļāva entuziastiem no visas pasaules piedalīties projektā. Un tieši tas ir galvenais iemesls, kāpēc RepRap iekārtas šobrīd ir visplašāk izplatītie 3D printeri pasaulē.

Pateicoties RepRap, ikvienam ir iespējams iegādāties 3D printerus - arī tiem, kas ir "dari pats" (DIY) un pusprofesionāļu kopienās - attiecīgi šīs ierīces parasti maksā mazāk par 4 000 ASV dolāru.

RepRap printeru kopiena ir milzīga. Ja vēlies saprast, kā darbojas 3D printeri (vai arī gribi izmēģināt dažādus uzlabojumus, pārveidojumus un eksperimentus), RepRap ir lieliska izvēle. Šos 3D printerus var iegādāties gan kalibrētu un pilnībā saliktu ierīču veidā, gan kā pašmontējamus komplektus (*DIY kits*), kuru būvēšana ir ne tikai aizraujoša, bet patiesībā arī mazāk sarežģīta, nekā varētu šķist.



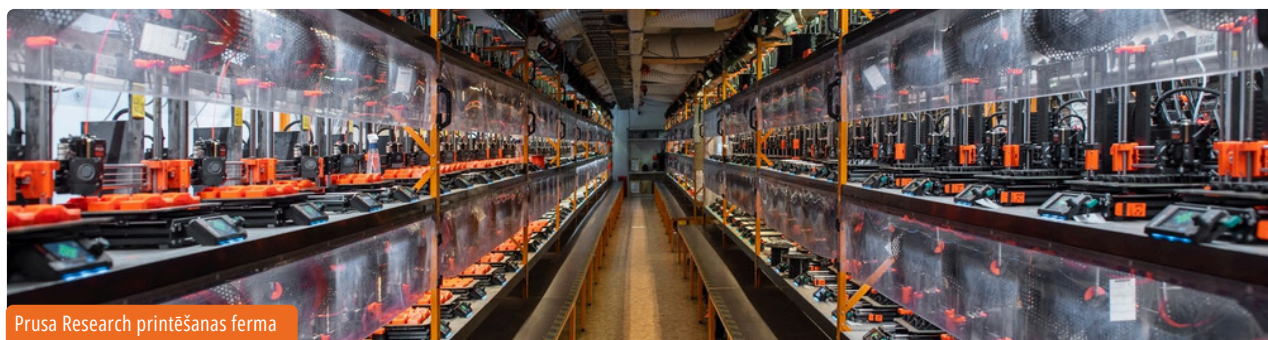
Adrian Bowyer (pa kreisi) ar viņa RepRap 3D printeri

3D drukas izmantošana

Sākotnēji 3D drukāšana tika izmantota kā līdzeklis, lai izgatavotu lētas un ātras prototipu versijas. Tehnoloģijām kļūstot lētākām, 3D printeri pielietojums tika atrasts arī citās nozarēs.

Viens no šādiem piemēriem ir neliela produkcijas apjoma ražošana. Ir uzņēmumi, kas ražo ierobežotu daudzumu produktu, un šādos gadījumos augstās masveida ražošanas izmaksas ir nepamatotas. Tādēļ 3D drukāšana kļūst par piemērotu risinājumu. Vēl viens noderīgs aspekts ir tas, ka, izstrādājot uzlabotu dizainu, ražošanu var uzsākt nekavējoties, kas nozīmē, ka jaunus un uzlabotus produktus iespējams ieviest tirgū daudz ātrāk nekā parasti.

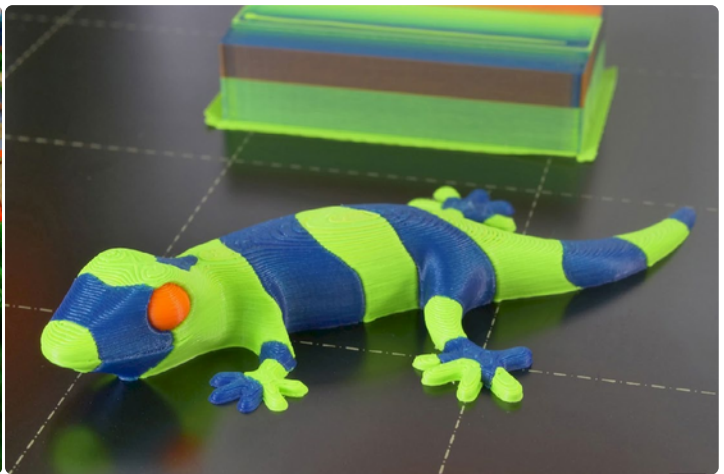
Mēs esam pieņēmuši šo pieeju, ražojot savus Original Prusa i3 3D printerus. Mūsu iekšējā 3D drukas ferma pašlaik sastāv no vairāk nekā 700 printeriem. Ja kāda detaļa tiek pārveidota vai uzlabota, viss, kas mums jādara - jānotestē tā un jāaugšupielādē uz drukas fermas sistēmu - ražošanu var sākt gandrīz nekavējoties. Turklātmums ir iespēja arī nosūtīt šos datus klientiem, lai viņi varētu izdrukāt detaļas uzreiz paši. Ātru *iterāciju* (1) iespēja ir viens no lielākajiem 3D drukāšanas ieguvumiem.



Prusa Research printēšanas ferma



Personalizēta ražošana ļauj ražotājiem izgatavot pielāgotus izstrādājumus pēc klientu vēlmēm un pieprasījuma. Tas var būt, piemēram, viedtālruna vāciņš ar individuālu motīvu, personalizēts atslēgu piekariņa vai dažādi reprezentācijas materiāli, kas pielāgoti konkrētā klienta vajadzībām.



3D printeris ir lieliski piemērots arī **rotaļlietu un figūriņu izgatavošanai**. Internetā ir iespējams atrast tūkstošiem bezmaksas, kā arī, maksas 3D modeļu - sākot no vienkāršām rotaļlietām līdz pat rūpīgi izstrādātām galda spēļu figūrām.

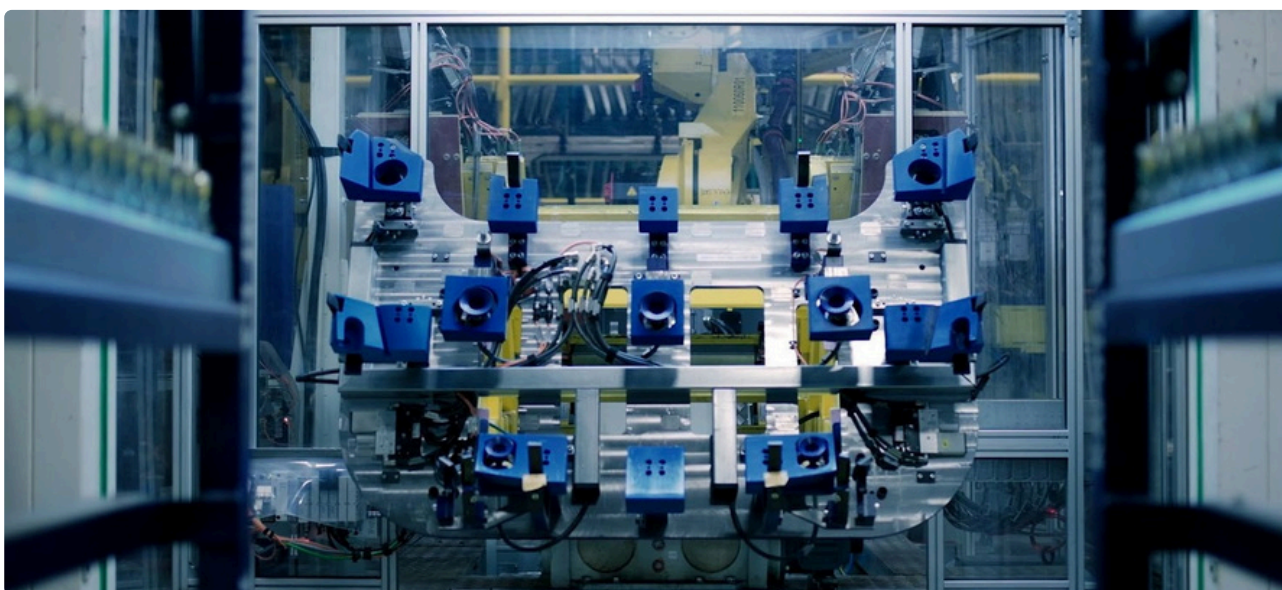


Cosplay (2) entuziastiem 3D printeri būs īpaši noderīgi, jo ar tiem iespējams izgatavot maskas, ekipējumu, aksesuārus un citus priekšmetus, kurus pēc tam var viegli apstrādāt un pielāgot (noslīpēt un nokrāsot), lai piešķirtu tiem autentisku izskatu.



Vēl viena joma, kurā izceļas 3D printēšana, ir rezerves daļu izgatavošana - gan tādu, kas vairs nav pieejamas oficiālajos tirdzniecības kanālos, gan arī tādu, ko ražotāji paši piedāvā drukāšanai. Izdrukājamo rezerves daļu skaits sadzīves tehnikai arvien pieaug, jo ražotāji arvien vairāk atbalsta šo tendenci. Daudz noderīgu piemēru no dažādiem zīmoliem iespējams atrast vietnē: printables.com/brands

Ja aplūkojam piemērus no profesionālās vides, atklājas daudzi aizraujoši 3D drukas pielietojumi dažādās nozarēs. Automašīnu ražotāji izmanto 3D printerus, lai izgatavotu dažādus pielāgotus darbarīkus ražošanas līnijām, tādējādi ietaupot gan laiku, gan izmaksas. Dažas izdrukātās detaļas pat kalpo ilgāk nekā metāla analogi!



Ātrākajai un vieglākajai lidmašīnai *Shark* zem pārsega ir vairāk nekā simts ar 3D printeri izgatavotu detaļu!



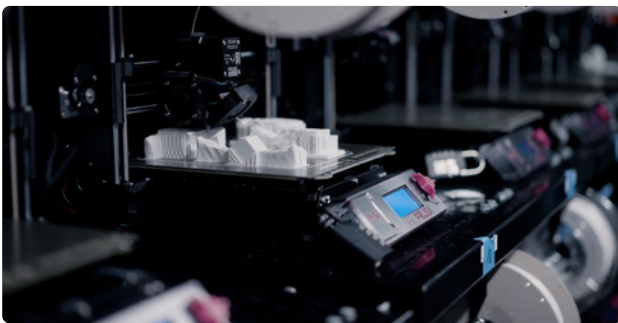
Dizaineri izmanto 3D printerus, lai veidotu prototipus un papildinātu, uzlabotu savas idejas pirms to nosūtīšanas ražošanai.



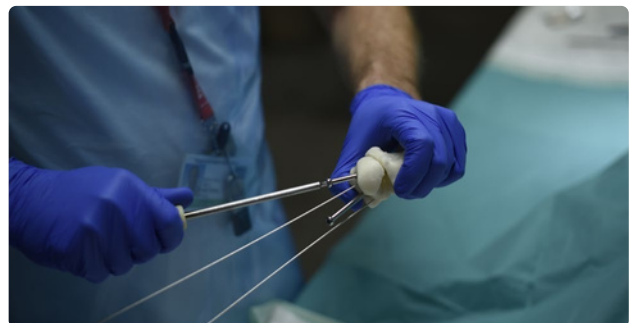
Dažas no izcilākajiem zinātnieku prātiem strādā pie Visuma noslēpumu atklāšanas CERN centrā. Un 3D printeri ir viņu palīgs, lai izgatavotu pielāgotu aprīkojumu un dažādus darbarīkus.



3D printeri ir ļoti populāri speciālo efektu mākslinieku vidū kino industrijā. Pateicoties 3D drukai, ir izveidoti dažādi rekvizīti, tērpi un modeļi šai industrijai.



3D printeri arhitektūrā un būvniecībā ieņem ļoti nozīmīgu vietu. Viena no svarīgākajām arhitektūras projektu sastāvdaļām ir modeļu vizualizācija. Turklāt 3D drukāšana ievērojami atvieglo smalku detalizētu modeļu un klientu prezentāciju izveidi. Pasaules prestižākās universitātes pat māca 3D drukāšanu arhitektiem.



3D drukāšana strauji ienāk arī medicīnā, atrodot daudzveidīgus pielietojumus - sākot no topošo ārstu apmācības anatomijas pamatos, līdz pat palīdzībai ķirurgiem sagatavoties operācijām. Tas viss iespējams, pateicoties 1:1 mērogā izdrukātiem 3D modeļiem, kas veidoti pēc pacienta datortomogrāfijas (CT) skenējumiem. Labāka sagatavotība ļauj ārstēšanu veikt ātrāk un ar labākiem rezultātiem, dažkārt pat glābjot dzīvības.

3D druka izglītībā

Tā kā 3D drukāšana kļūst arvien populārāka un pieejamāka, tā ienāk arī izglītības jomā visā pasaulē. Šī tehnoloģija ļauj skolotājiem izveidot pielāgotus mācību līdzekļus, bet skolēniem - ļauj attīstīt radošumu un praktisko domāšanu. Ar nelielu piepūli, izglītība var kļūt daudz vairāk nekā tikai grāmatas un pieraksti.

Skolēni veic dažādus eksperimentus un veido projektus, mācās sadarboties un aktīvi pēta pieejamo informāciju.



Visām skolām, universitātēm un citām izglītības iestādēm mēs piedāvājam *Prusa Education* programmu, kas palīdz ātri apgūt 3D drukāšanas iespējas. Apmeklējiet education.prusa3d.com, lai uzzinātu, ko programma var piedāvāt jums un jūsu izglītības iestādei.



3D DRUKAS TEHNOLOGIJAS

Vīsi 3D drukāšanas veidi balstās uz vienu un to pašu principu: objektu veidošana, pievienojot slāņus vienu virs otra. Šobrīd nepastāv tāda 3D drukāšanas tehnoloģija, kas būtu pilnīgi universāla un piemērota visiem mērķiem. Tāpēc ir svarīgi jau iepriekš noteikt un saprast, kā un kādam nolūkam ir plānots izmantot printeri.

Lai būtu vieglāk orientēties, sadalīsim 3D printeru tipus trīs galvenajās kategorijās:

1. Plastmasas diegs tiek izkausēts ar sildīšanas elementa palīdzību un izspiests caur drukas galvu (ekstrūderi) pa sprauslu. Šis ir tipisks FFF (kausētās diega formēšanas - *Fused Filament Fabrication*)/ FDM (kausētās nogulsnešanas modelēšanas - *Fused Deposition Modelling*) tehnoloģiju apraksts. Šie termini tiek uzskatīti par sinonīmiem. FDM ir uzņēmuma *Stratasys* prečzīme.
2. Šķidrums materiāls sacietē slāņos iepriekš noteiktās vietās. Šo procesu parasti sauc par SLA - stereolitogrāfija (*Stereolithography Apparatus*). Šķidrums materiāls - sveķi (*resin*) procesa laikā sacietē gaismas staru iedarbībā (UV lāzeru, LED paneli vai DLP projektoru).
3. Smalks pulveris tiek *sintēts* (saspiests un veidots, bet ne izkausēts) ar lāzera stariem. Šo tehnoloģiju sauc par SLS (selektīvā lāzersintēze - *Selective Laser Sintering*), un, salīdzinot ar iepriekšējām divām tehnoloģijām, šī metode ir ievērojami dārgāka.

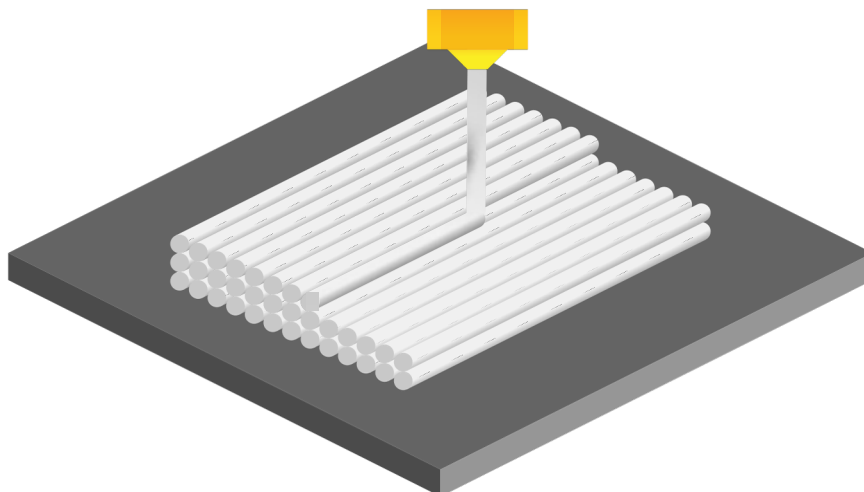
FDM/FFF

FDM/FFF ir visizplatītākā un pieejamākā 3D drukāšanas tehnoloģija, kas piemērota funkcionālu un mehānisku detaļu, kā arī prototipu drukāšanai. Printeris kā galveno izejmateriālu izmanto plastmasas diegu. Plastmasas diega ruļļus sauc par kvēldiegiem (*filamentiem*), un to standarta diametrs parasti ir 1,75 mm. Tirgū joprojām ir pieejami arī 3 mm diegi, tomēr to drukas precizitāte ir diezgan zema, tāpēc to izmantošana nav ieteicama.

Salīdzinājumā ar šķidrajiem sveķiem vai pulverveida materiāliem, diegi ir droši un vienkārši lietošanā. Trūkums šim izejmateriālam - uz izdrukātajiem objektiem, drukas slāņi ir redzami ar neapbruņotu aci. Parasti izmantotais slāņa augstums (izmantojot 0,4 mm sprauslu) ir no 0,05 līdz 0,3 mm.

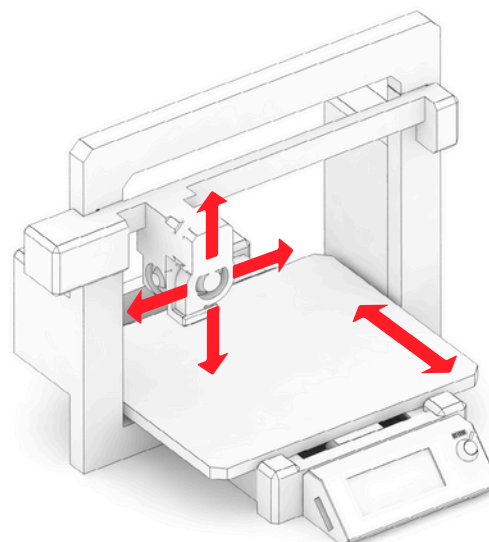


FFF 3D printeru cenu diapazons sākas no aptuveni 150 USD, t.i., par lētākajiem modeļiem no Ķīnas, bet profesionālām 3D drukas iekārtām cena var pārsniegt pat 100 000 USD. Original Prusa MK4S 3D printera sākumcena ir 729 USD (t.i. 819 EUR), un tā ir ideāla cenas un kvalitātes attiecība.

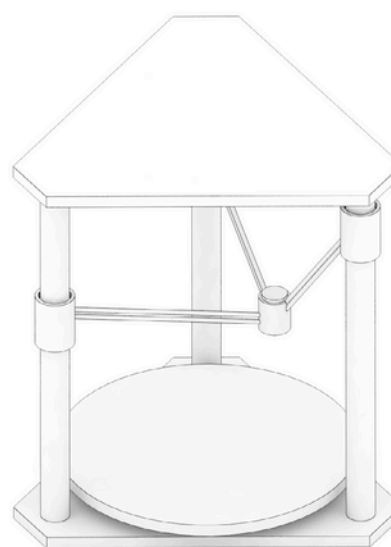


FDM/ FFF 3D printerus var iedalīt apakškategoriās, pamatojoties uz to asu kustību trīsdimensiju telpā.

1. **Kartēziskais (Cartesian)** 3D printeris ir nosaukts pēc XYZ koordinātu sistēmas. Ekstrūderis pārvietojas divos virzienos (X un Z asīs), savukārt drukas platforma kustas pa Y asi. Tas nozīmē arī to, ka drukas platforma parasti ir kvadrātveida vai taisnstūra formas. Original Prusa MK4S ir kartēzisks printeris.



2. **Delta** tipa 3D printeriem ekstrūdera kustību vada trīs kustīgas sviras, kas sanāk kopā ekstrūderī. Divas no galvenajām šo printeru priekšrocībām ir liels drukāšanas ātrums un plašs drukāšanas apjoms. Tomēr šiem printeriem nepieciešama īpaši precīza montāža un kalibrēšana. Printera ģeometrija prasa sarežģītus aprēķinus, lai noteiktu soļu motoru kustību katrā no svirām.



Delta tipa 3D printeri ir populāri rūpnieciskajos pielietojumos vairāku iemeslu dēļ. Tie spēj ražot ļoti augstus objektus ar vienmērīgu kvalitāti, jo sildvirsmā (saukta arī par “drukas gultu”, no angļu val. *heatbed*) ir fiksēta un nekustīga. Ekstrūderis ir viegls, kas samazina inerci un tādējādi palielina drukāšanas precizitāti. Prusa Research ražotie Delta 3D printeri ir aprīkoti arī ar aktīvi apsildāmu drukas kameru (telpu), kas ievērojami atvieglo darbu ar sarežģītiem un tehniskiem materiāliem.

3. **CoreXY** tipa **3D printeri** kļūst arvien populārāki. Tie izmanto kuba formas dizainu un ietver siksnu un skriemeļu sistēmu ar diviem soļu motoriem, kas pārvieto ekstrūderi X un Y asīs. Sildvirsmā ir piestiprināta Z asij un kustas augšup un lejup. Šāds risinājums nodrošina vairākas priekšrocības, piemēram, lielāku drukāšanas ātrumu un labu izdrukas kvalitāti, jo sildvirsmā nekustas uz priekšu un atpakaļ. Prusa Core ONE un Original Prusa XL ir CoreXY tipa 3D printeri.



FFF 3D printeru komponentes

Visi FFF 3D printeri pēc konstrukcijas ir diezgan līdzīgi. Parasti tie sastāv no šādām daļām:

Ekstrūderis

Ekstrūderis jeb *drukšanas galva* ir paredzēta, lai uzklātu izdrukas slāņus, izspiežot izkausētu plastmasu. Vispirms kvēldiegs (*filaments*) nonāk ekstrūderī - šajā brīdī tas ir ciets plastmasas pavediens istabas temperatūrā. Tas iziet caur dzesētāju (*heatsink*), kas paredzēts, lai izkliedētu siltumu, kas rodas no siltuma izolatora (*heatbreak*), un samazinātu pārejas zonu starp cieta un izkausēto kvēldiegu. Parasti dzesētājam sānos ir piestiprināts ventilators, lai uzlabotu dzesēšanas efektivitāti.

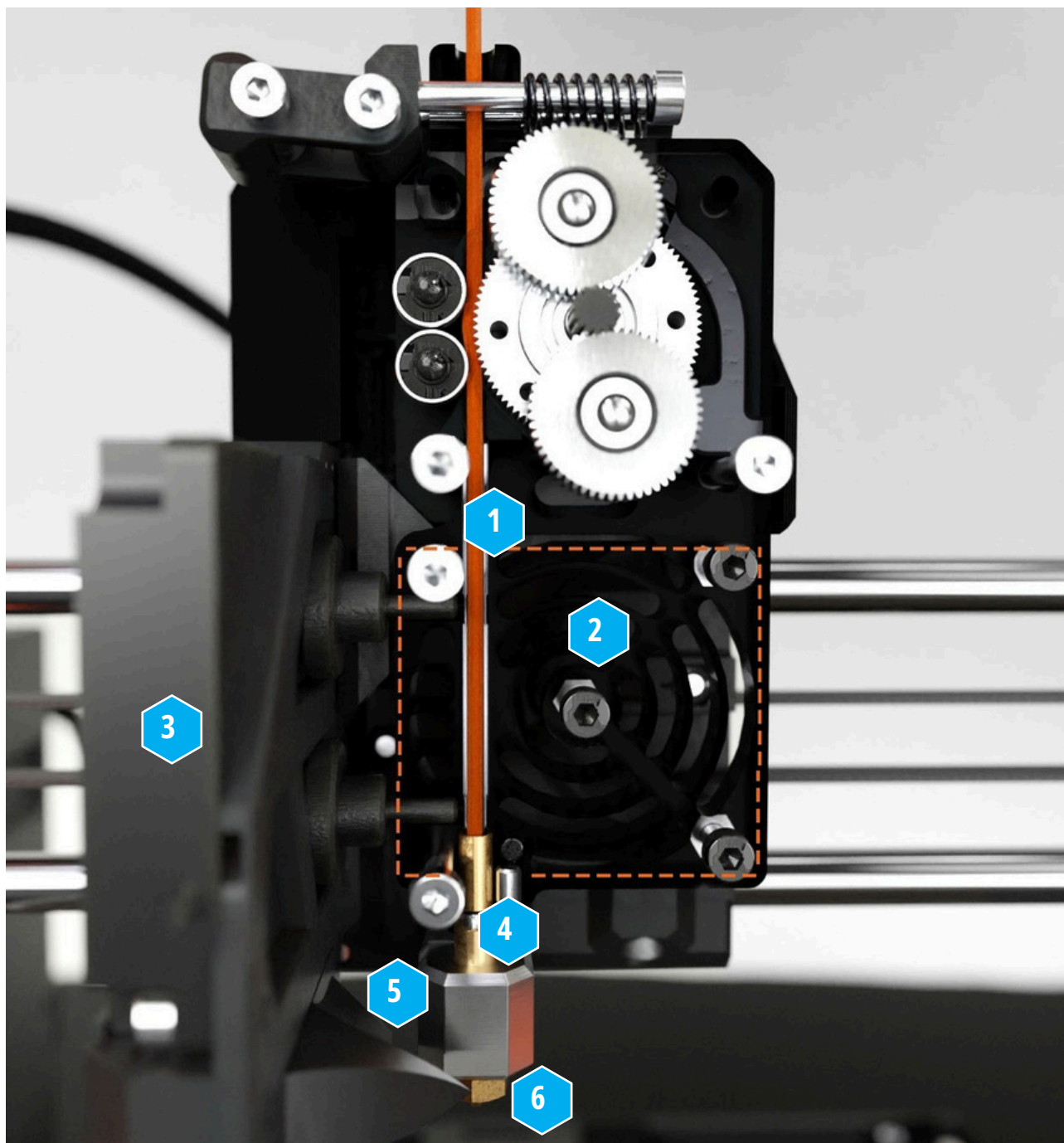
Siltuma izolators (*heatbreak*) ir būtībā caurules posms ar ārējo vītņi, kura viens gals ir sašaurināts, lai maksimāli samazinātu diametru. Tas palīdz samazināt siltuma pacelšanos uz augšu - uz to daļu, kur diegam joprojām jāpaliek cietā stāvoklī.

Sildbloks (*heater block*) ir izgatavots no siltumvadītspējīgiem materiāliem, parasti alumīnija, un tajā atrodas neliels elektriskais sildīšanas elements kopā ar termistoru temperatūras mērīšanai. Materiāls tiek izkausēts tieši sildblokā un tālāk tiek izspiests cauri sprauslai. Sprausla var būt ar dažādu diametru, un daudzi printeri ļauj lietotājam to nomainīt pret citu sprauslu ar atšķirīgu izmēru. Mūsdienu ekstrūderi ir aprīkoti arī ar papildu sensoriem un modernu aparātūru, kas padara drukāšanas procesu lietotājam ērtāku un intuitīvāku. Piemēram, Original Prusa 3D printeri ar *Nextruder*, ekstrūderi izmanto *Loadcell* tehnoloģiju, kas nodrošina pilnībā automātisku kalibrēšanu un vienmēr ideālu pirmo slāni.

Plašāk par dažādu diametru sprauslām un to priekšrocībām var lasīt rakstā: prusa.io/nozzles.

Ekstrūders (Extruder)

- 1 **PTFE caurule** - teflona caurule, kas palīdz vadīt filamentu no ieejas līdz sildīšanas zonai, samazinot berzi.
- 2 **Kvēldiega dzesētājs (Heatsink)** - izkliedē siltumu, lai novērstu nevēlamu filamenta kušanu augstāk ekstrūderī.
- 3 **Ventilators (Print fan)** - dzesē izdrukāto slāni, lai tas ātrāk sacietētu un saglabātu formu.
- 4 **Siltuma izolators (Heatbreak)** - nodrošina siltuma izolāciju starp karsto un auksto ekstrūdera daļu.
- 5 **Sildbloks (Heater block)** - kausē filamentu un satur sildītāju un temperatūras sensoru.
- 6 **Sprausla (Nozzle)** - gala daļa, caur kuru izkusušais plastmasas materiāls tiek izspiests uz drukas virsmas.



Sildvirsmā (Heatbed)

Sildvirsmā jeb *heatbed* ir svarīga sastāvdaļa ikvienam mūsdienīgam 3D printerim, kam jābūt savietojamam ar pēc iespējas plašāku materiālu klāstu. Sildvirsmā novērš izdrukāto objektu liekšanos, deformēšanos vai atdalīšanos no drukas virsmas.

Rāmis (Frame)

Rāmis ir printera balstošā konstrukcija. Stingri un precīzi izgatavoti rāmji pozitīvi var ietekmēt drukas kvalitāti. Izturīgs un stabils rāmis samazina vibrācijas un ļauj veikt ātrāku druku, nebojājot modeļa izdruku kvalitāti.

Soļu motori (Stepper motors)

Soļu motori nodrošina kustības visās asīs (X, Y, Z asis) – tas attiecas gan uz ekstrūderi, gan uz apsildāmo drukas galdu, savukārt cits motors kontrolē pavediena padevi. Soļu motoru priekšrocība ir tā, ka to kustības soļus var precīzi kontrolēt.

Mātesplate (Mainboard)

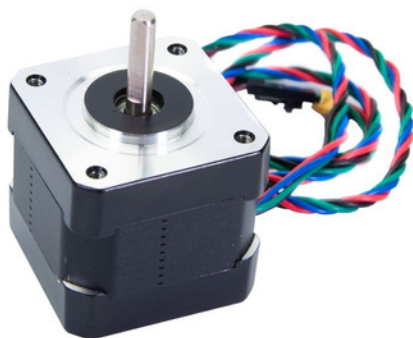
Mātesplate ir elektroniska sastāvdaļa ar integrētām shēmām, kas vada visu printera darbību. Tās galvenā funkcija ir nolasīt instrukciju failus (G-kodus *no angļu val. G-codes*) un, balstoties uz tajos esošajām komandām, kontrolēt motorus, apsildāmo drukas virsmu un sildītāju.



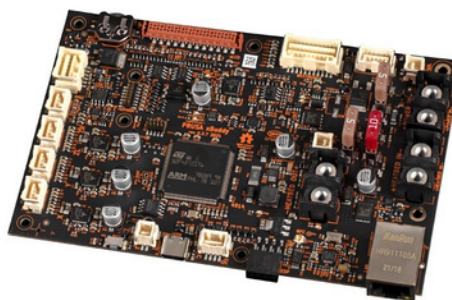
Sildvirsmā (Heated bed)



Rāmis (Frame)



Soļu motors (Stepper motors)

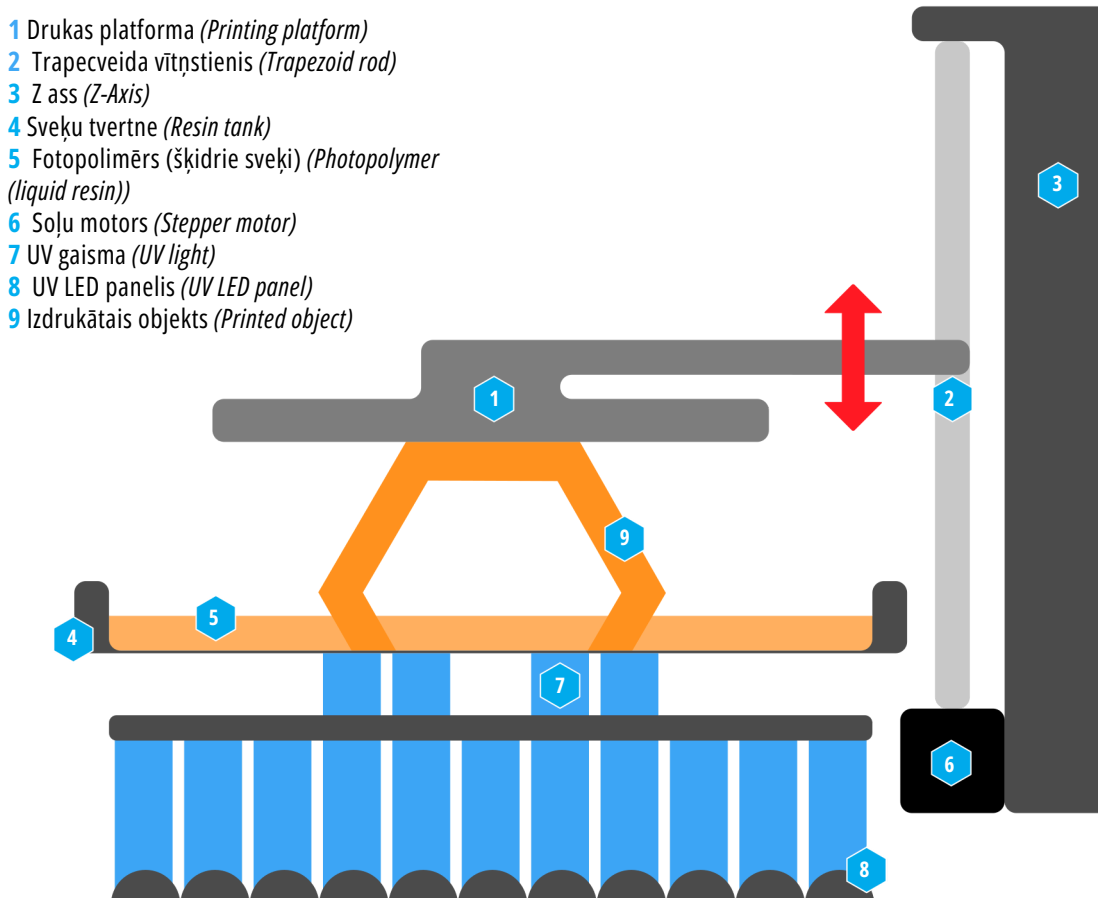


Mātesplate (Mainboard)

SLA - Stereolitogrāfija (Stereolithography)

SLA tehnoloģija balstās uz gaismjutīgu šķidro sveķu sacietēšanu, pakļaujot tos UV gaismai. SLA 3D printeri ir aprīkoti ar platformu, kas pārvietojas pēc katras kārtas sacietēšanas, lai atbrīvotu vietu nākamajai kārtai, kura pieķeras iepriekšējai. Sveķu tvertnei ir caurspīdīgs dibens, zem kura tieši ir uzstādīts LCD ekrāns. LCD ekrāns attēlo vienas kārtas masku, kamēr UV gaismas avots spīd cauri šai masai, apstarojot un sacietējot sveķus precīzā formā.

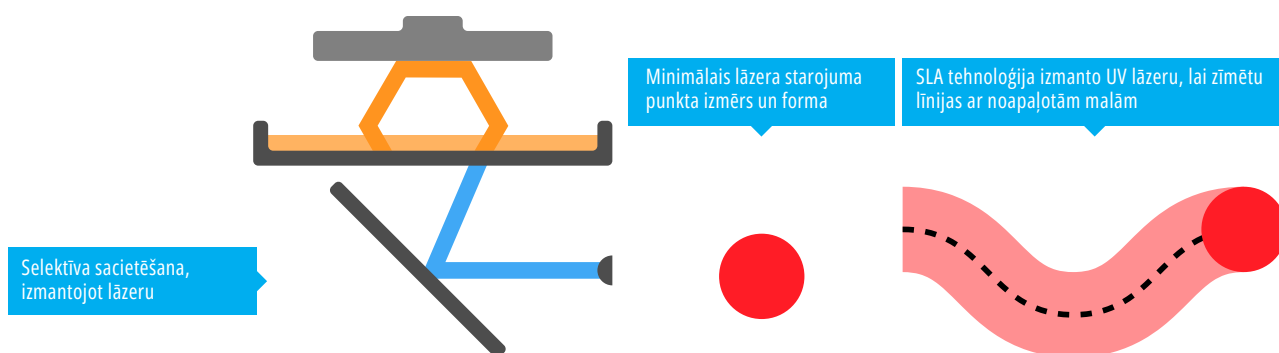
Šīs tehnoloģijas rezultātā tiek iegūti ārkārtīgi detalizēti un gludi 3D izdrukas objekti ar kārtām, kuras gandrīz nav saskatāmas ar neapbruņotu aci. SLA 3D printeri ir ideāli piemēroti miniatūrām un prototipiem, taču tie tiek augstu novērtēti arī dažādās rūpniecības nozarēs, jo īpaši - zobārstniecībā.



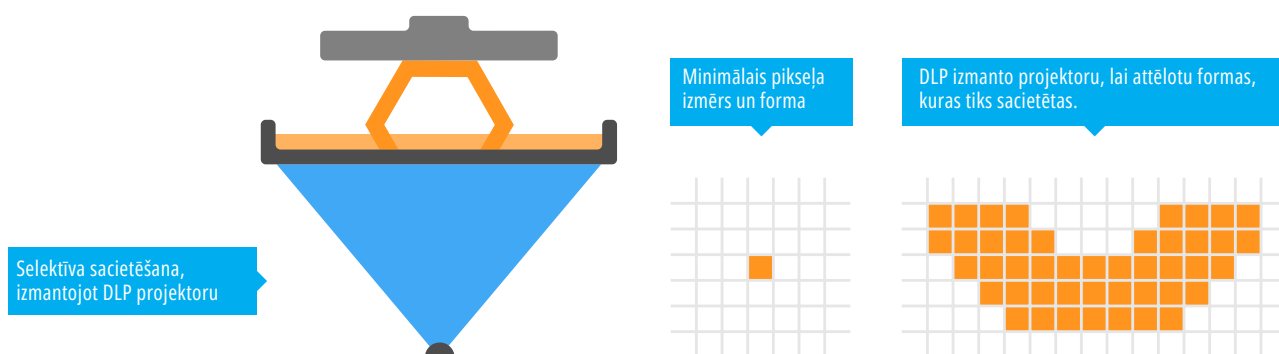
Tomēr SLA printeri ir nedaudz sarežģītāki lietošanā nekā to FFF/FDM analogi. Sveķi ir šķidrumi, kurus ir viegli izliet, turklāt ir svarīgi nodrošināt, lai tie nesaskartos ar ādu vai acīm, tādējādi jāievēro darba aizsardzības pasākumi. SLA tehnoloģijā drukātie objekti mēdz būt slapji un lipīgi, jo tie tiek izvilkti no tvertnes, kas piepildīta ar šķidrajiem sveķiem. Parasti ir nepieciešams izdrukas nomazgāt izopropilspirtā un sacietināt ar UV gaismu. Šis, nedaudz apgrūtinotais process var kļūt ievērojami vienkāršāks, ja tiek izmantots specializēts aprīkojums – mēs esam izstrādājuši *Curing and Washing Machine (CW1S)* kā universālu papildierīci mūsu *Original Prusa SL1S SPEED* printerim. *CW1S* var iepriekš uzsildīt sveķus līdz darba temperatūrai, kā arī dažu minūšu laikā bez lielas piepūles nomazgāt, nožāvēt un sacietināt uz sveķiem balstītas 3D izdrukas.

Ir trīs galvenie SLA printeru veidi. Tie atšķiras pēc sveķu apstarošanas metodes. Lai gan šie printeri var šķist līdzīgi, drukas kvalitāte starp tiem var ievērojami atšķirties.

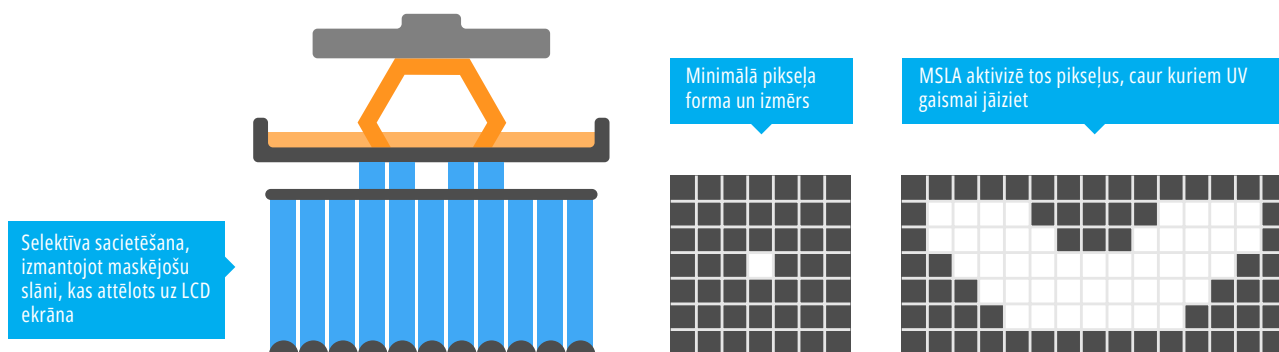
1. SLA – Lāzers – apstarošana tiek veikta ar UV lāzera staru. Staru vada divi spoguļi, un tas pakāpeniski "uzzīmē" katru slāni. Laiks, kas nepieciešams viena slāņa sacietēšanai, ir atkarīgs no apstrādājamās platības lieluma. Vienkāršāk sakot - jo vairāk objektu atrodas uz drukas platformas, jo ilgāks būs drukas laiks.



2. SLA – DLP (digitālā gaismas apstrāde) – viss slānis tiek sacietēts vienlaicīgi, jo printerī esošais digitālais projektorš apstaro visu drukas laukumu. Šīs metodes priekšrocība ir acīmredzama – katrs slānis sacietē vienādā laikā, neatkarīgi no tā, cik daudz objektu atrodas uz drukas platformas.



3. MSLA (maskētā stereolitogrāfija) – šķidrās sveķu kārtas apstarošanu veic augstas veiktspējas UV LED panelis, bet slāņa forma tiek attēlota augstas izšķirtspējas LCD ekrānā. UV gaisma var iziet tikai caur "atspējotajiem" pikseliem. Tā kā LCD ekrāniem ir fiksēta izšķirtspēja, tas nozīmē, ka izdrukātajiem objektiem ir arī fiksēta XY izšķirtspēja, un vienīgais faktors, kas ietekmē to izskatu, ir slāņa augstums. MSLA printeri sacietē visu slāni vienlaicīgi, līdz ar to nav nozīmes tam, cik daudz objektu ir uz drukas platformas. Original Prusa SL1S SPEED 3D printeris papildus izmanto īpašu noliecamu mehānismu, lai palielinātu uzticamību un drukas ātrumu.



Attēli augstāk ir vienkāršota katras tehnoloģijas ilustrācija. DLP un MSLA tehnoloģiju attēlojumos nav ņemtas vērā tādas īpašības kā *anti-aliasing* (malu izlīdzināšana). Bez *anti-aliasing* maskas malas būtu acīmredzami pikselētas. Vienkāršiem vārdiem sakot, *anti-aliasing* izlīdzina asās malas, vidējot krāsas no tuvumā esošajiem pikseliem. Tādējādi mūsu gadījumā nav tikai melnas un baltas malas, bet *anti-aliasing* metode rada pakāpenisku pāreju, kas rezultējas gludākās līnijās.

MSLA printera komponentes

Situācija ar SLA 3D printeriem ir līdzīga kā ar FFF/FDM modeļiem – pastāv dažādi dizaini un konfigurācijas, kas atkarīgas no tā, kā SLA 3D printeris sacietē sveķus. Mēs vēlamies īpaši pievērsties MSLA ierīcēm, jo mūsu pašu *Original Prusa SL1S* izmanto maskēto stereolitogrāfiju.

UV LED panelis

Augstas veiktspējas UV LED paneli tiek izmantoti, lai sacietētu šķidro sveķi tai paredzētajā sveķu tvertnē. SL1S SPEED izmanto lielu paneli vienas LED vietā, tādējādi UV gaismas sadalījums ir vienmērīgāks. Tas kopā ar augstas kvalitātes lēcu komplektu ļauj panākt ļoti īsu apgaismošanas laiku un ātrāku drukāšanu.

LCD panelis

Pašlaik SLA drukāšanai visvēlamākais LCD tips ir monohroms displejs. Tas tiek izmantots "maskēšanai." Faktiski UV LED panelis izgaismo šķidrumu caur šo displeju sveķu tvertnē. Bez maskas veidots objekts būtu viengabalains. Tāpēc LCD panelis attēlo masku (viena slāņa attēlu), ieslēdzot vai izslēdzot atsevišķus pikselus. Izslēgtie pikseli ļauj UV gaismai iziet cauri, bet ieslēgtie (melnie) pikseli bloķē gaismu. Displeja izšķirtspēja ietekmē drukas kvalitāti.

Skārienjutīgais ekrāns

Šis ir otrais printera LCD ekrāns, taču tas netiek izmantots pašai drukāšanai. Tā vietā, lietotājs ar to var ērti konfigurēt un vadīt printeri, izmantojot lietotājam draudzīgu saskarni.

Tvertne (vat) un noliekšanas mehānisms

Tvertne (*no angļu val. - vat*) ir šķidro sveķu konteineris. Tai ir caurspīdīga apakšējā daļa, kas ļauj UV gaismai iziet cauri. Original Prusa SL1S SPEED 3D printerim pat ir speciāls tvertnes noliekšanas mehānisms ātrākai drukāšanai un uzlabotai drukas kvalitātei.

Kā tas darbojas? Pēc katra slāņa sacietēšanas tam jāpielīp pie pārējā drukātā objekta, bet vienlaikus slānim ir tendence pielipt pie tvertnes apakšas. Lielākā daļa 3D printeru izmanto vienkāršu vertikālu kustību uz augšu, cenšoties atdalīt slāni no tvertnes apakšas. Savukārt noliekšanas mehānisms nodrošina daudz saudzīgāku "nolobīšanas" kustību, tādējādi slānis tiek pakāpeniski atdalīts. Tas ir arī daudz ātrāk nekā parastā vertikālā kustība.

Z ass tornis (Z-axis tower)

Vienīgā mehāniskā kustība drukas platformai ir pa Z asi (uz augšu un uz leju). Pateicoties maskējošajam LCD ekrānam ar fiksētu X-Y izšķirtspēju, citas kustības nav nepieciešamas.

Akrila vāks

SL1S ir aprīkots ar daļēji caurspīdīgu, oranžā tonī krāsotu akrila vāku. Tas bloķē lielu daļu no ārējās UV gaismas (piemēram, saules gaismas), kas citādi sacietinātu sveķus tvertnē. Tāpat tas novērš UV LED izstarotās gaismas noplūdi no printera ārpusē.

Gaisa filtrācija

Lielākā daļa komerciāli pieejamo sveķu izdala spēcīgu smaku. Tāpēc SL1S ir aprīkots ar iebūvētu gaisa filtru.

Izturīgs alumīnija rāmis

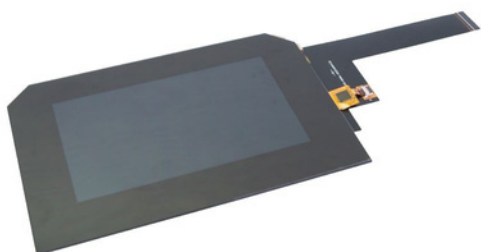
Rāmis nodrošina, ka ierīce ir stingra un stabila. Mīkstāki rāmji mēdz deformēties vai vibrēt, kas negatīvi ietekmē drukas kvalitāti.



UV LED panelis



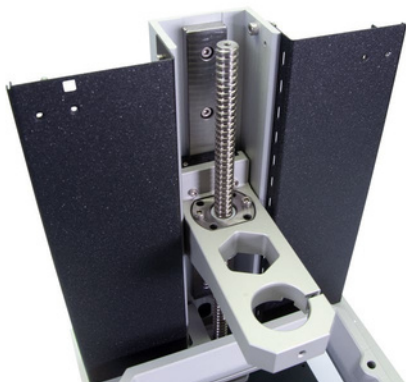
LCD ekrāns



Skārienjutīgais ekrāns



Tvertne (Vat)



Z ass tornis



Akrila vāks



Gaisa filtrs



Izturīgs alumīnija rāmis

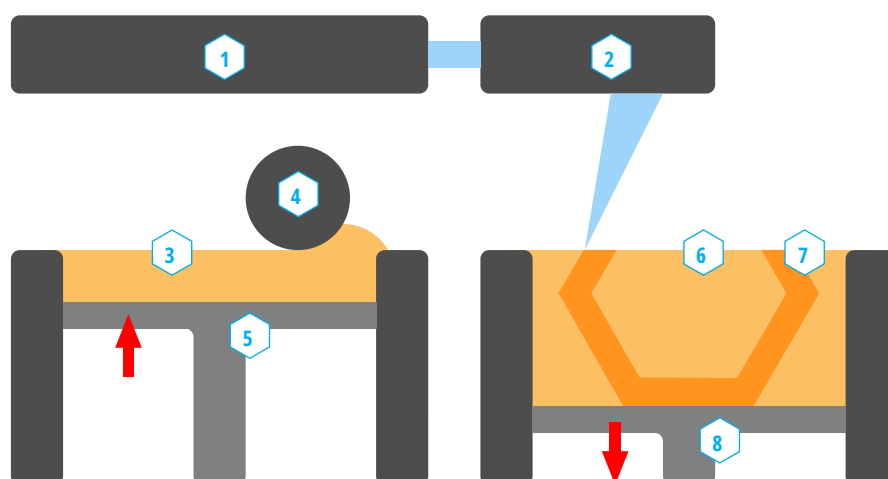
SLA 3D printeri parasti ir dārgāki nekā FFF iekārtas. Lētākie izmantojami SLA 3D printeri sākas aptuveni no 250 USD, savukārt profesionālie modeļi var maksāt vairāk nekā simts tūkstošus dolāru. Original Prusa SL1S SPEED cena sākas no 1 979 EUR / 1 999 USD. Izvēloties SLA 3D printeri, ieteicams izvēlēties modeli, kas ir savietojams ar trešo pušu sveķiem, lai nav jābūt atkarīgam tikai no viena ražotāja.

SLS / DMLS

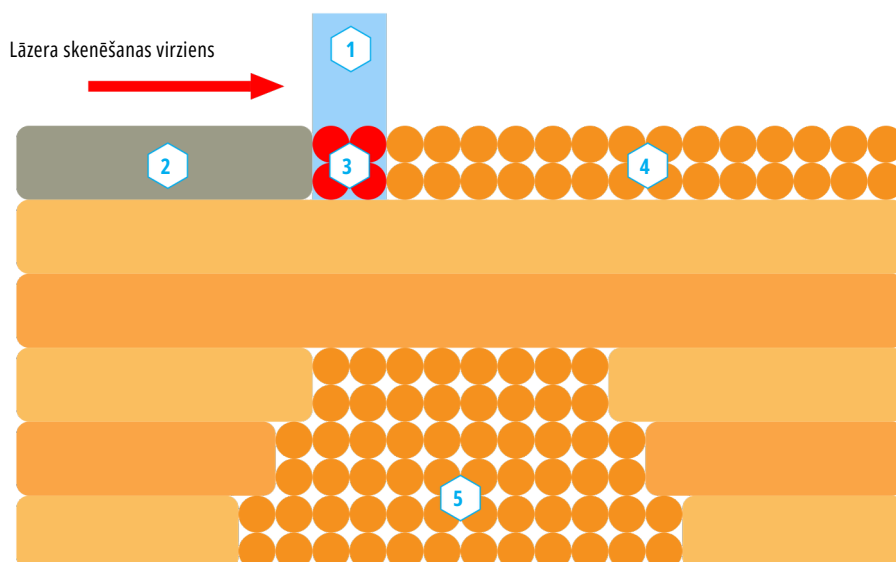
Vēl viens 3D drukas tehnoloģiju veids ir SLS un DMLS, kas izmanto procesu, ko sauc par sinterēšanu (*sintering*). Katru reizi, kad tiek izdrukāts jauns slānis, cilindrs izklāj plānu smalka pulvera kārtu pa platformu, kuru pēc tam lāzers sinterē vajadzīgajā formā. Kad drukāšana ir pabeigta, viss objekts ir pārklāts ar drukāšanas pulveri. Tā kā šī metode darbojas šādā veidā, izdrukātajiem objektiem jābūt ar caurumiem, caur kuriem tiek izvadīts liekais pulveris. Nesinterētais materiāls var tikt izmantots atkārtoti nākamajās drukās, kas nozīmē, ka materiāla patēriņš ir ļoti ekonomisks. Vēl viena priekšrocība ir tā, ka slāņi ir gandrīz neredzami.

Šie printeri nav plaši izplatīti ikdienas lietotāju vidū. Tā kā tos galvenokārt izmanto dažādās rūpniecības nozarēs, cenas ir ievērojami augstākas - lētākās iekārtas sākas apmēram no 6 000 USD.

- 1 Lāzers (*Laser*)
- 2 Skenēšanas sistēma (*Scanning system*)
- 3 Pulverveida konteineris (*Powder container*)
- 4 Cilindrs (*Cylinder*)
- 5 Pulverveida uzlādes mehānisms (*Powder loading mechanism*)
- 6 Pulverveida gulta (*Powder bed*)
- 7 Izdrukātais objekts (*Printed object*)
- 8 Motorvadāma platforma (*Motorized platform*)



- 1 Lāzera stars (*Laser beam*)
- 2 Sinterēta pulvera daļiņas (*Sintered powder particle*)
- 3 Lāzera sinterēšana (*Laser sintering*)
- 4 Pulverveida gulta (*Powder bed*)
- 5 Nesinterētais materiāls iepriekšējos slāņos (*Unsintered material in previous layers*)





3D PRINTERA IZVĒLE

Kad sākat domāt kā izvēlēties 3D printeri, vienmēr ir svarīgi skaidri noteikt, kā un kādam mērķim tas tiks izmantots. Varbūt jūs gaidījāt garu printeru sarakstu, sakārtotu no labākā līdz sliktākajam – taču to izdarīt bez pārlieku vienkāršošanas līdz galējībām ir gandrīz neiespējami. Tā vietā mēs vēlamies jums piedāvāt virkni jautājumu, ko būtu vērts sev uzdot pirms 3D printera iegādes. Atbildot uz tiem, būs vieglāk izvēlēties piemērotāko ierīci tieši jūsu vajadzībām.

Kādā cenu diapazonā plānojat izvēlēties printeri? Vai meklējat dārgus profesionālus modeļus vai lētus ķīniešu ražojumus?

Cena atspoguļo printera būvniecības kvalitāti un kalpošanas laiku, kā arī citas papildus ērtības. Daži lētāki printeri bieži nāk ar garu lietotāja modifikāciju sarakstu, kuras ieteicams veikt vēl pirms iekārtas lietošanas sākuma. Ja vēlaties ierīci, kas darbojas uzreiz pēc izpakošanas, iespējams, būs jāpielāgo savas prasības.

Kāds ir klientu atbalsts konkrētajam printerim? Vai ir aktīva lietotāju kopiena, kas varētu palīdzēt problēmu gadījumā? Vai printeris ir atvērtā pirmkoda? Kā ir ar rezerves daļām un uzlabojumiem?

Lietotāju kopiena ir ļoti nozīmīgs faktors, izvēloties 3D printeri. Līdzīgi kā viedtālruniem, kur aktīvas kopienas pagarina ierīces lietošanas laiku ar atjauninājumiem, arī atvērtā pirmkoda 3D printeri gūst labumu no iesaistītiem lietotājiem, kuri izstrādā uzlabojumus un rezerves daļas, tādējādi būtiski paildzinot ierīces kalpošanas laiku.

Kādas ir uzturēšanas izmaksas?

Daži ražotāji atļauj izmantot tikai savus zīmola materiālus un rezerves daļas. Tas paaugstina ekspluatācijas izmaksas un vienlaikus ierobežo atbalstīto materiālu klāstu.

Vai drukas ātrums ir svarīgs?

Izvēloties 3D printeri, var viegli apjukt iespaidīgos skaitļos, kas apraksta dažādus ātrumus un citus rādītājus. Lai gan šie skaitļi var šķist izšķiroši, lielākā daļa datu ir teorētiski. Reālajā darbībā drukas galvai ir jāapstājas, jāmaina virziens un jāveic dažādas kustības, tādējādi tā gandrīz nekad nerasniedz solītos desmitiem tūkstošu mm/s. Arī drukas materiāla termiskās īpašības un modeļa forma ir ierobežojoši faktori. Ja drukas ātrums ir pārāk liels, slāņi var nesalīpt kopā, un izdruka neizdosies. Tā vietā, lai fokusētos uz teorētiskiem ātruma rādītājiem, daudz svarīgāk ir pievērst uzmanību printera uzticamībai un lietotāju kopienai ap to.

Cik liela drukas virsma tev patiešām ir nepieciešama?

Varētu šķist, ka lielāka drukas virsma vienmēr ir labāka, tomēr lielākajā daļā gadījumu tā vienkārši ir lieka naudas izšķiešana. No PLA veidoti objekti parasti nevar būt lielāki par 20 cm vienā asi, jo materiāla termiskās izplešanās dēļ lielāki objekti var deformēties un atdalīties no drukas virsmas. Neaizmirsti – modeli vienmēr var sagriezt vairākās daļās un pēc tam salīmēt kopā.

Cik detalizētas izdrukas tev ir nepieciešamas?

Objektu kvalitāti un detalizācijas līmeni, drukājot ar FFF printeri, var ietekmēt sprauslas diametrs, kā arī pareizi izvēlēti materiāli, drukas ātrums un temperatūra. Tomēr jāņem vērā, ka FFF printeriem detalizācijas līmenis parasti ir zemāks nekā SLA printeriem.

Vai pietiek ar viena materiāla printeri, vai arī tev nepieciešams vairāku materiālu (vai pat pilnkrāsu) 3D printeris?

Par šo vairāk varēs uzzināt nākamajā nodaļā, kurā tiks apskatīta pilnkrāsu druka.



Mēs esam plaši apskatījuši tēmu par 3D printera izvēli vietnē prusa3d.com. Dodies uz sadaļu 3D printeri – Kā izvēlēties 3D printeri un ienirsti dziļāk 3D drukas pasaulē!



3D PRINTĚŠANA 101

ORIGINAL PRUSA MK4
by Josef Prusa

IZPĒTI PRUSA ACADEMY KURSU!

Šī daļa ir tikai īss ieskats šajā tēmā. Ja vēlies pilnvērtīgi apgūt savu modeļu izveidi, iesakām aplūkot kursu "Dizaina pamatprincipi 3D drukātām detaļām" sadaļā Academy vietnē: prusa3d.com.

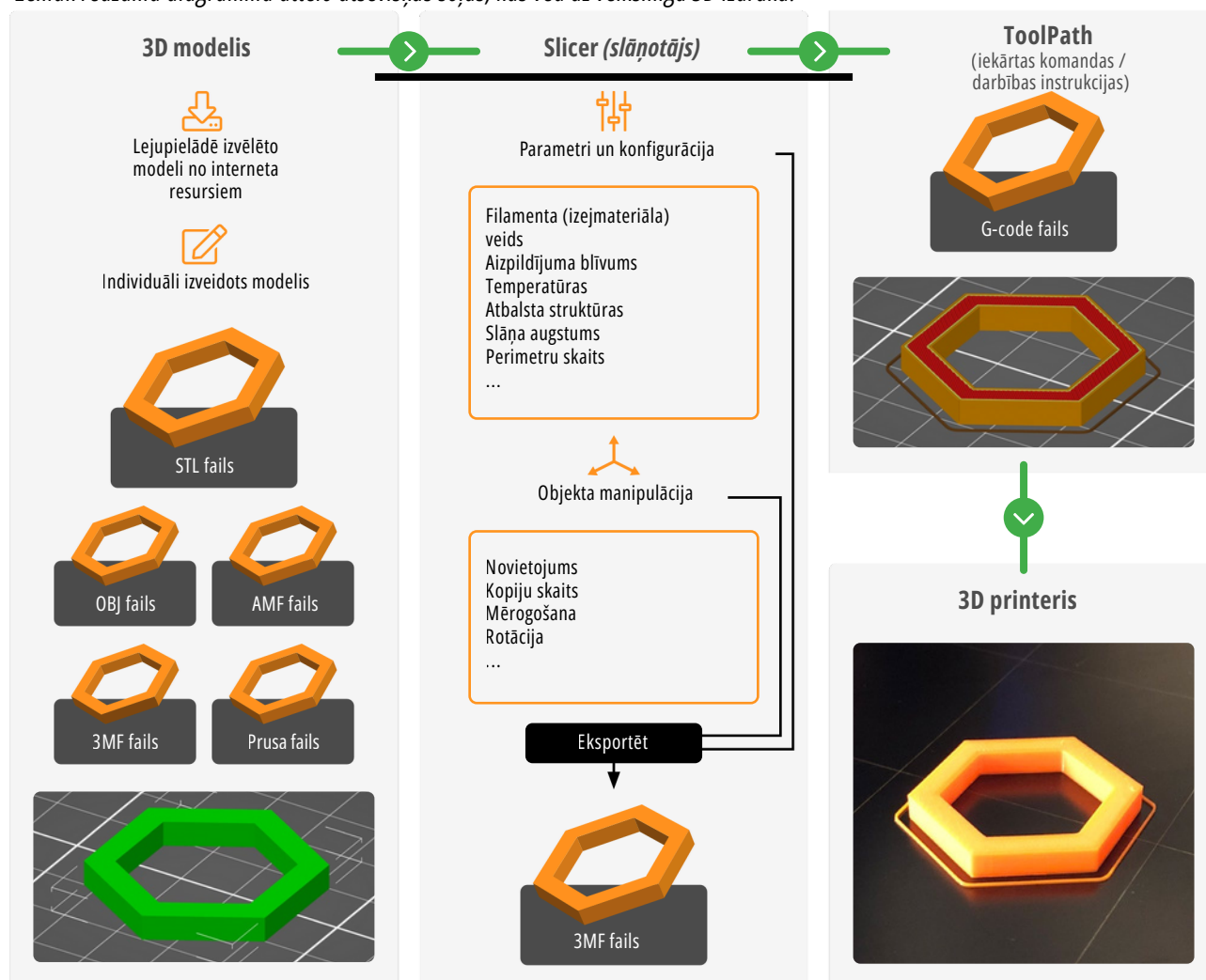
3 D drukas process sastāv no trim galvenajiem soļiem. Vispirms ir jāiegūst drukai piemērots 3D modelis. Pēc tam tas ir jāsagatavo drukāšanai, un pēdējais solis ir pati drukāšana. Apskatīsim visu vispārīgā līmenī, un tad pievērsīsimies detaļām.

Pirmais solis ir iegūt 3D objektu, kas parasti ir STL formāta fails (*paplašinājums .stl*). Tomēr šis formāts nav tieši saprotams 3D printeriem un nav uzreiz drukājams. Lai apstrādātu STL failu, ir jāizmanto speciāls rīks, ko dēvē par "slicer" jeb *šķēlētāju*. Tirgū pieejami dažādi *slicer* programmatūras risinājumi - daži ir bezmaksas (piemēram, *PrusaSlicer*), citi ir maksas (piemēram, *Simplify3D*), un tie parasti ir saderīgi tikai ar ierobežotu printeru klāstu, tādēļ svarīgi izvēlēties savam printerim piemērotu programmu.

Izvēlētajā *slicer* programmā var importēt STL failu, iestatīt drukas parametrus un pēc tam eksportēt gala rezultātu kā *G-code* (*G-koda*) failu. *G-kods* būtībā ir sākotnējais 3D objekts, kas ir sadalīts plānās kārtās un pārveidots par kustību komandu kopumu, ko 3D printeris spēj saprast. Turklāt *slicer* programma *G-kodā* iekļauj arī papildu informāciju, piemēram, temperatūras iestatījumus, dzesēšanas parametrus u.c. nepieciešmo informāciju.

G-kods ir specifisks konkrētam printeram modelim, tāpēc 3D objekti parasti tiek kopīgoti kā STL faili - lai lietotāji varētu tos individuāli sagatavot (slāņot) atbilstoši savam printerim un izmantotajam filamentam.

Zemāk redzamā diagramma attēlo atsevišķus soļus, kas ved uz veiksmīgu 3D izdrukā.



3D modeļa iegūšana

Vispārīgi runājot, 3D modeli var iegūt vienā no šādām metodēm:

1. Lejupielādējot 3D modeli no interneta
2. Izveidojot savus modeļus
3. Veicot 3D skenēšanu reālam objektam

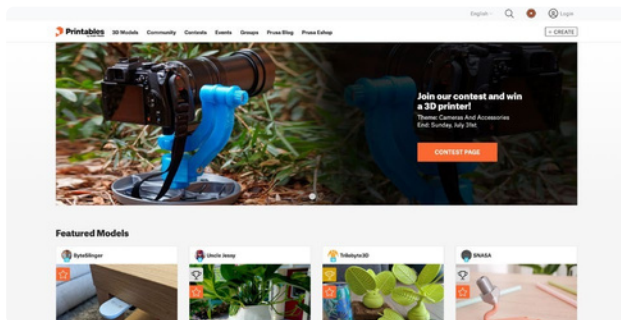
Tiešsaistes bibliotēkas un 3D kopienu platformas

Vienkāršākais veids, kā sākt darboties ar 3D drukāšanu, ir atrast internetā bez maksas pieejamus 3D modeļus. Tie parasti ir pieejami .stl vai .obj failu formātos. Ir vairāki tīmekļa resursi, kas piedāvā plašu lejupielādējamu modeļu klāstu - zemāk uzskaitītas labākās vietas.

Printables

Maksas un bezmaksas 3D modeļi

www.printables.com

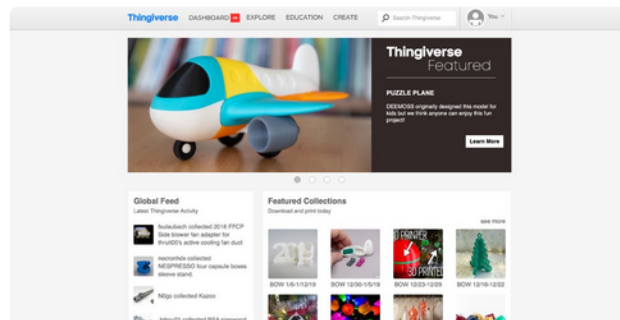


Visaptveroša tiešsaistes modeļu bibliotēka visiem 3D printeru īpašniekiem, kas tiek nepārtraukti attīstīta. Ar tādām iespējām kā kopienas plūsma, 3D objektu priekšskatījums, sasniegumi, fiziskas balvas un kopienas konkursi, *Printables* spēj apmierināt visas tavas 3D drukas vajadzības!

Thingiverse

Bezmaksas modeļi

www.thingiverse.com

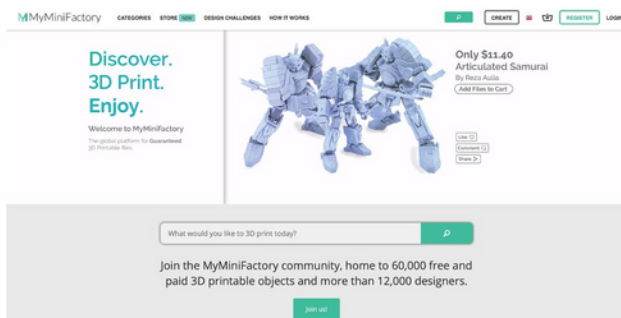


Thingiverse ir populāra tiešsaistes bibliotēka ar plašu drukājamo modeļu kolekciju, kas sadalīta vairākās kategorijās, piemēram, hobiji, izglītība, rotaļlietas un spēles u.c. Jauni modeļi tiek pievienoti katru dienu.

MyMiniFactory

Maksas un bezmaksas 3D modeļi

www.myminifactory.com

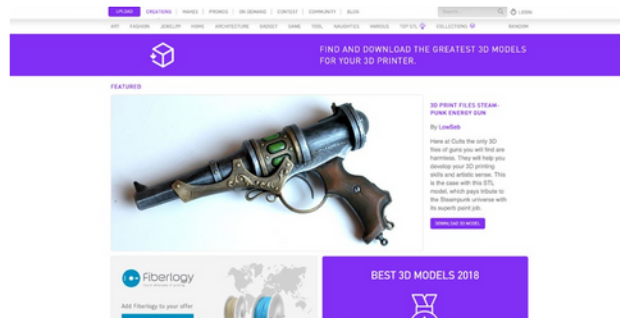


Populāra platforma ar profesionālu dizaineru veidotu un atlasītu 3D drukājamo modeļu krātuvi. Visi modeļi tiek pārbaudīti pirms publicēšanas, tāpēc var būt droši, ka saņem kvalitatīvus STL failus. Maksas modeļu cena parasti svārstās no 4 līdz 40 USD.

Cults

Maksas un bezmaksas 3D modeļi

www.cults3d.com



3D modeļu failu tirdzniecības platforma, kurā veidotāji var bez maksas dalīties ar saviem STL failiem vai tos pārdot. Interesanta atšķirība no citām vietnēm ir dažādas kolekcijas, kas veidotas ap populāriem zīmoliem, piemēram, Lego, IKEA vai GoPro.

3D modelēšanas programmatūra

Mūsdienās ir pieejams plašs dažādu 3D modelēšanas programmu klāsts. Ir vienkāršas un viegli apgūstamas (*bieži vien tiešsaistes programmas*) lietotnes, piemēram, *Tinkercad*. Vari izmēģināt parametrisko modelēšanu ar *OpenSCAD* vai izmantot pilnvērtīgu profesionālu rīku, piemēram, populāro *Autodesk Fusion*.

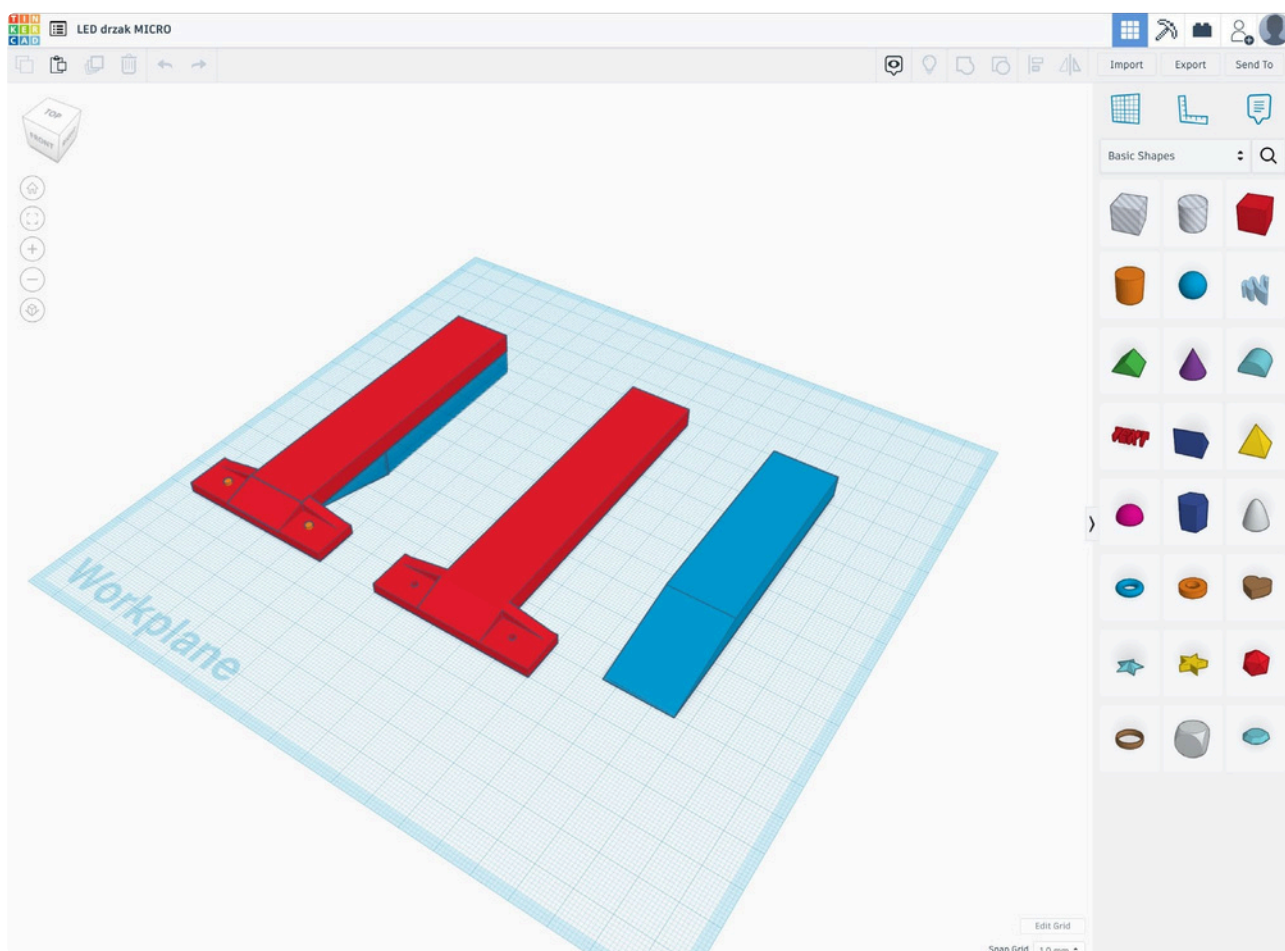
Visas šīs programmas ļauj izveidot modeli un eksportēt to kā STL failu.

Tinkercad

Tinkercad ir lielisks un intuitīvs rīks iesācējiem. Tas ir bezmaksas, taču tai ir nepieciešama reģistrācija. Internetā ir pieejams daudz pamācību, rokasgrāmatu un padomu.

Tinkercad ir veidots, balstoties uz ideju par vienkāršu formu bibliotēku – dažādas figūras var ievilkt galvenajā darba logā un turpināt tās modificēt. Lai gan lietotnei trūkst uzlabotu funkciju, tā spēj importēt un rediģēt jau esošus STL failus.

Tinkercad ir pieejams vietnē: www.tinkercad.com.



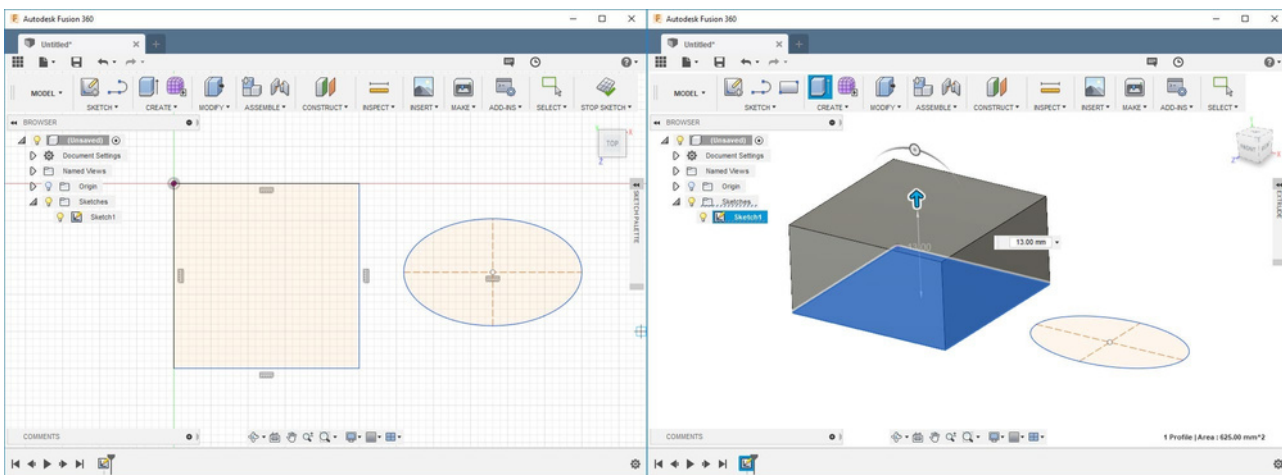
Autodesk Fusion

Ja vēlies sākt veidot sarežģītākus objektus vai pat dažādas detaļas, kurām precīzi jāiet kopā, tev būs nepieciešams profesionālāks rīks. *Fusion* ir ļoti populāra izvēle. Lietotāji tajā var strādāt gan CAD (datorizētais projektēšanas), gan CAM (datorizētas ražošanas) vidē, veikt stiprības analīzi un veidot vizualizācijas.

Autodesk Fusion piedāvā ne tikai parametrisko modelēšanu, bet arī formu veidošanu (*sculpting*).

Mums *Prusa Academy* platformā, vietnē prusa3d.com, ir plašs kurss par modelēšanu ar *Autodesk Fusion*, tāpēc šoreiz tikai īsi aplūkosim abas pieejas.

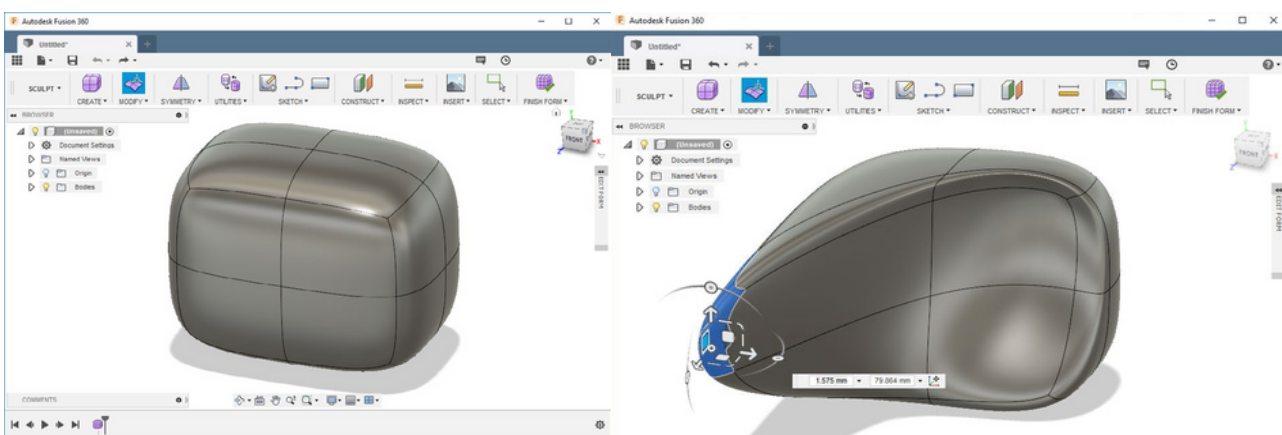
Parametriskā modelēšana ir izplatīts veids, kā veidot strukturālus modeļus vai mehāniskas detaļas. Objekts sākas kā 2D forma, izmantojot vienkāršas primitīvās formas (piemēram, līniju, kvadrātu, taisnstūri, punktu utt.). Pēc tam šī forma tiek izvilkta jeb ekstrudēta, pārvēršot to 3D objektā.



Tagad iedomāsimies, ka vēlamies izveidot suņa modeli. Parametriskā modelēšana šajā gadījumā būtu neefektīva un pārāk sarežģīta, jo vēlamies izveidot organisku formu. Tieši šeit noder digitālā veidošana jeb *sculpting*.

Digitālā veidošana zināmā mērā ir līdzīga reālās pasaules skulpturēšanai (piemēram, ar plastilīnu vai citiem līdzīgiem materiāliem), taču tai ir vairākas priekšrocības - piemēram, iespēja atsaukt darbības (*undo*).

Šajā gadījumā primitīvie objekti jau ir 3D formas - kubs, lode, cilindrs, toruss u.c. Šos objektus var brīvi izvilkāt, saplacināt, saliekt u.c. Skaties attēlus zemāk!



IZPĒTI PRUSA ACADEMY KURSU!

Ja tevi interesē veidot savus modeļus, izmantojot *Autodesk Fusion*, mēs iesakām apskatīt kursu "3D modelēšana programmā Fusion" - pieejams sadaļā *Academy* vietnē: prusa3d.com.

Blender

Blender, iespējams, ir labākais bezmaksas 3D modelēšanas rīks, kas šobrīd pieejams. Tas tiek izstrādāts kā atvērta pirmkoda programmatūra un ir pieejams *Windows*, *Mac* un *Linux* operētājsistēmām. Iesācējiem tas var šķist nedaudz sarežģīts vai pat haotisks, taču tas ir iekarojis daudzu lietotāju sirdis. Īpaši tos, kuriem ir mākslinieciskas ambīcijas un kuriem nav nepieciešama precīza parametriskā modelēšana. *Blender* piedāvā skulptēšanas, tekstūrēšanas, animāciju veidošanas un citas iespējas – tas ir kā "Šveices armijas nazis" 3D modelēšanas programmu vidū.

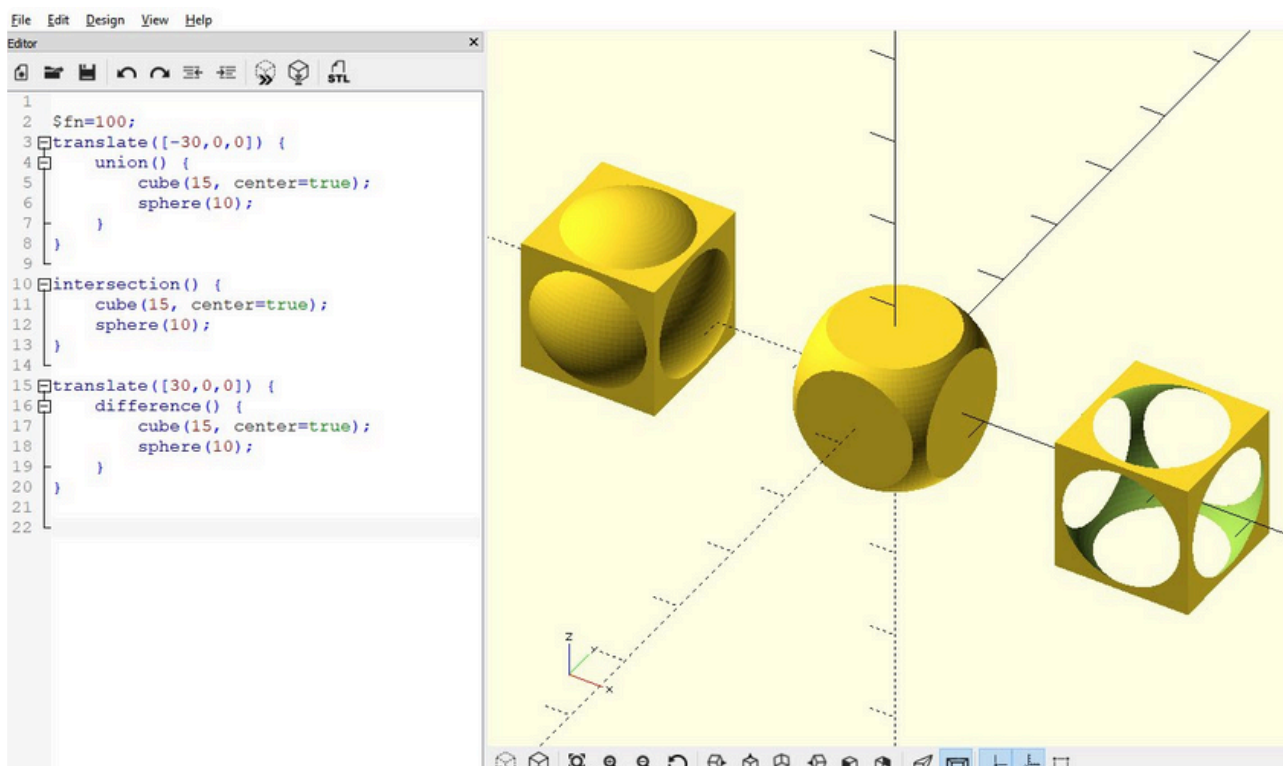


OpenSCAD

OpenSCAD ir atvērta pirmkoda projekts, kas bez maksas pieejams vietnē www.openscad.org. Tas piedāvā pilnīgi atšķirīgu pieeju 3D modelēšanai – viss tiek veidots, rakstot kodu. Lietotāja interfeiss ir sadalīts divās daļās. Kreisajā pusē lietotājs “programmē” 3D objektus, bet labajā pusē redzams šo objektu 3D priekšskatījums.

Programma galvenokārt strādā ar dažiem primitīviem objektiem (kubs, cilindrs, sfēra...) un pamata Būla operācijām (savienošana, izgriešana, šķēlums). Tomēr tā atbalsta arī sarežģītāku skriptu rakstīšanu – iespējams izmantot labi pazīstamus operatorus, piemēram, *if*, *while*, *for*, loģiskos operatorus un citus. Ja jūti, ka esi vairāk programmētājs nekā mākslinieks, iespējams, OpenSCAD būs tieši tev piemērots rīks.

Kā sākt modelēt ar OpenSCAD, sīkāk aprakstīts šeit: prusa.io/openscad.



Varat arī izmēģināt šādas lietotnes:

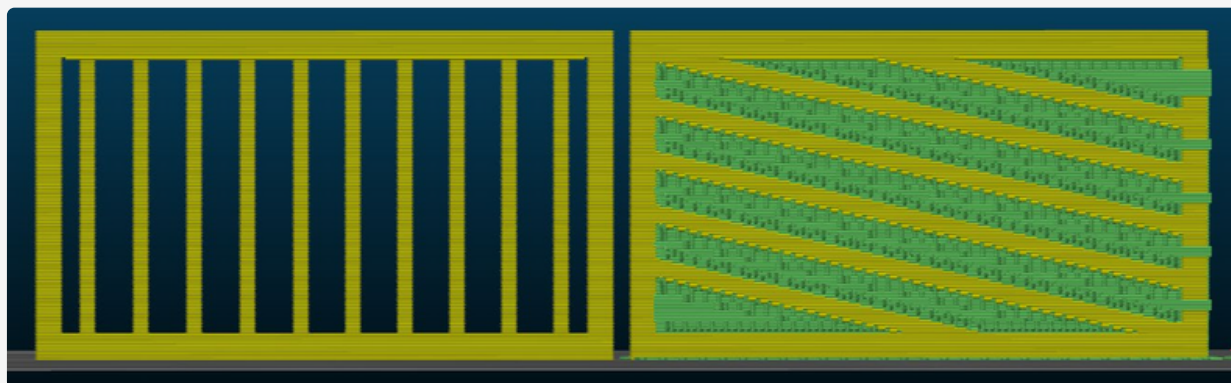
- Microsoft 3D Builder
- Meshmixer
- Rhinoceros 3D
- FreeCAD
- Autodesk Inventor
- SolidWorks
- Autodesk AutoCAD
- SketchUp

Lietas, kas jāņem vērā, veidojot modeli:

1. Mēģiniet samazināt atbalstu nepieciešamību. 3D printeri nevar sākt printēt gaisā, un masīvas pārkāres prasa atbalstus. Lai taupītu laiku, materiālu un uzlabotu objekta virsmas kvalitāti, mēģiniet izstrādāt modeli tā, lai atbalstu nepieciešamība būtu minimāla.

Piemēram, ja jums jāizveido žoga daļa un ir jāsaprot, kā izskatīsies žoga stabiņi, attēlos zemāk redzamas divas iespējas, kā dizainēt žogu, ja vēlamies to printēt vertikālā pozīcijā. Labākais risinājums šeit ir printēt daļu horizontāli.

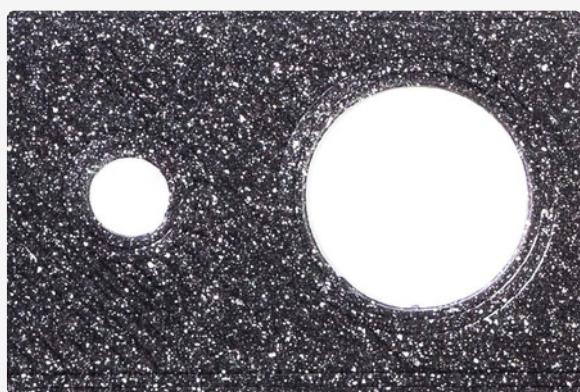
Modeļa priekšskatījums programmā *PrusaSlicer* – atbalsta struktūras ir atzīmētas zaļā krāsā, savukārt pats objekts – dzeltenā.



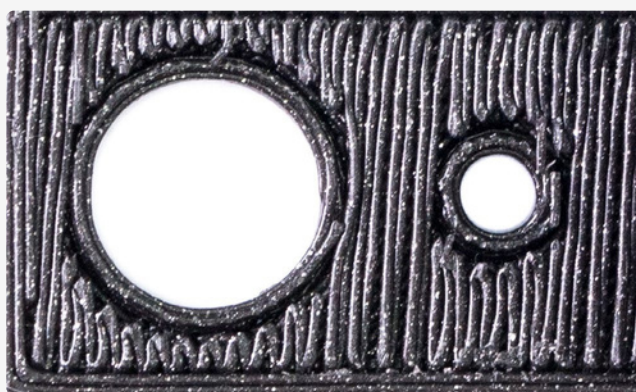
Šo modeli ir iespējams izdrukāt bez atbalsta struktūrām.

Lai šo modeli veiksmīgi izdrukātu, nepieciešamas atbalsta struktūras. Tomēr to noņemšana būs sarežģīta, un tādējādi, modeļa virsma nebūs pilnīgi gluda.

2. Izlem, kā modelis tiks novietots uz drukāšanas virsmas. Virsmas, kas balstās uz atbalsta struktūrām, nebūs tik gludas kā tās, kas tiek drukātas tieši uz drukas virsmas.



Virsma, kas tiek drukāta tieši uz drukas virsmas, ir pilnīgi plakana un gluda.



Virsma, kas tiek drukāta virs balstiem. Virsma ir nevienmērīga un raupja. Šis ir sliktākais iespējamais scenārijs demonstrācijas nolūkos. Virsmas ar mazāku pārkāres leņķi izskatās daudz labāk pat ar balstiem.

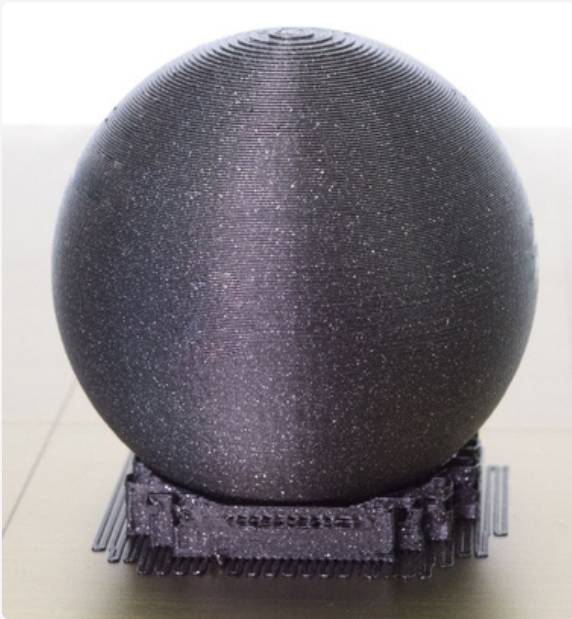
IZPĒTI PRUSA ACADEMY KURSU!

Ir vēl tik daudz, ko mācīties un atklāt. Lai pilnībā iedziļinātos savu modeļu veidošanā, iesakām apmeklēt kursu "3D drukai paredzēto detaļu projektēšanas principi" *Academy* sadaļā vietnē: prusa3d.com.

3. Izdruka ir mazāk izturīga tajā virzienā, kas ir paralēls drukas slāņiem, salīdzinājumā ar virzienu, kas ir perpendikulārs slāņiem. Ja paredzams, ka izdrukātajai detaļai būs jāiztur noteikts spēks vai slodze, ņemiet to vērā modeļa izstrādes laikā.

4. Apsveriet iespēju modeli sadalīt vairākās daļās un pēc tam atrast optimālāko šo daļu novietojumu uz drukas virsmas. Ņemsim vienkāršu piemēru – sfēru. Tās drukāšana kā vienotai detaļai ir sarežģīta, jo sākotnējais slānis, kas saskaras ar drukas virsmu, ir ļoti mazs. Šo problēmu var mazināt, pievienojot apmali (*brim*) un atbalsta struktūras, taču tas negatīvi ietekmēs virsmas kvalitāti (*skat. attēlu zemāk*). Iespējamais risinājums – sagriezt sfēru divās daļās, izdrukāt tās atsevišķi un pēc tam salīmēt kopā.

Sfēras drukāšana kā vienots objekts. Apakšējie slāņi tiek ietekmēti.



Sfēras drukāšana, sadalot to divās puslodēs, kuras pēc tam tiek salīmētas kopā.

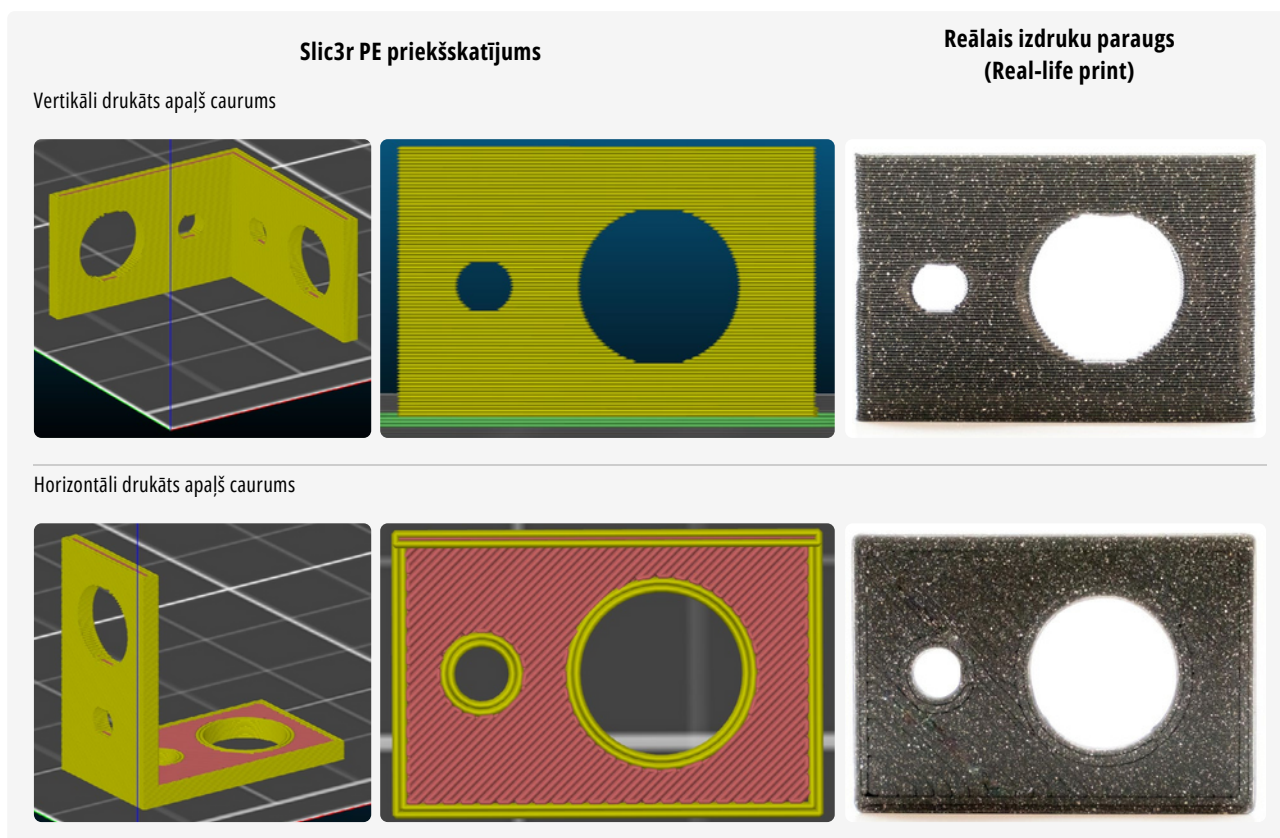


5. Kad modelē daļas, kas jāsaliek kopā, jāiekļauj noteikts spēles (tolerance) lielums. Divas daļas ar nulles toleranci nevarēs precīzi savienot. Ņem vērā, ka, visticamāk, būs jāpielāgo tolerances vairākas reizes, līdz sasniegsi optimālu rezultātu. Nav vienas "universālas" vērtības - tas viss atkarīgs no modeļa izmēra, tā orientācijas horizontāli vai vertikāli, daļu formas, kurām jāieslēdzas kopā, kalibrācijas, iestatījumiem, materiāliem un citiem aspektiem.

Tāpēc neuztraucies, ja pirmajā reizē nesanāk perfekti - būs vajadzīgas vairākas reizes, lai visu noregulētu. Galu galā 3D printeri ir radīti, lai būtu lieliskas prototipēšanas ierīces, tāpēc turpini eksperimentēt, līdz atrodi vislabāko risinājumu.

Īss piemērs: ja vēlamies ielikt 10 mm stieni caurulē, caurules diametrs jābūt apmēram par 0,15 mm lielākam.

6. Vertikāli drukāts apaļš caurums nebūs pilnīgi apaļš. Lai iegūtu labāku rezultātu, apaļus caurumus drukā horizontāli, kā parādīts zemāk esošajos attēlos.



7. Viena perimetra platums, drukājot ar standarta 0,4 mm sprauslu, ir aptuveni 0,45 mm. Tas ietekmē modeļa sienu kopējo platumu.

Sienas biezums	Vai to ir iespējams izdrukāt?
Mazāks nekā viena perimetra platums	✗
Viens perimetrs	✓
Vairāk nekā viena perimetra platums, bet mazāk nekā divu perimetru platums	✗
Vairāk nekā divu perimetru platums	✓

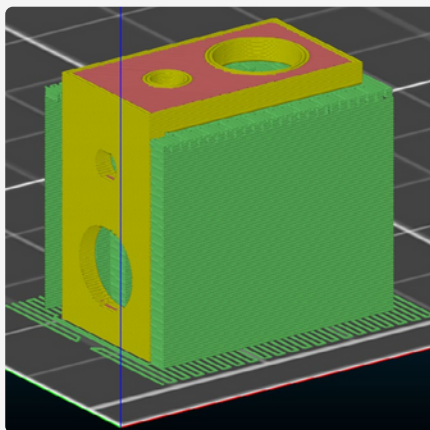
Iespējamo objektu orientāciju piemēri un to ietekme uz gala izdruku

Apskatīsim vienkāršu L veida skavu ar diviem caurumiem abos galos un to, kā objekta orientācija ietekmē tā gala izskatu. Un ietekmē ne tikai izskatu – objekta novietojums arī ietekmē tā strukturālo izturību un stingrību.

PrusaSlicer priekšskatījums

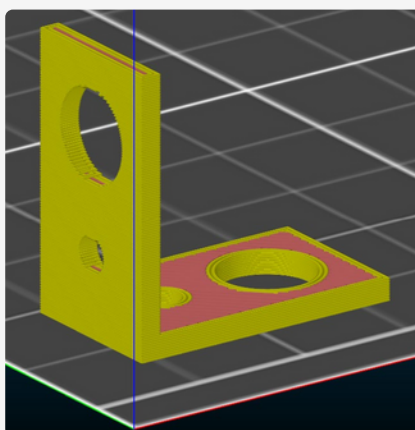
Izdrukātais objekts

- ⊕ Siena paralēli drukas galdam būs ar labi veidotiem apaļiem caurumiem.
- ⊖ Pārāk daudz atbalstu nozīmē lielu materiāla patēriņu un atkritumus.
- ⊖ Zema materiāla izturība 90° stūrī.
- ⊖ Vertikāli izdrukātai detaļai būs tendence lūzt drukāto slāņu virzienā.
- ⊖ Vertikāli izdrukātajai daļai nebūs perfekti apaļas caurumi.
- ⊖ Daļai, kas izdrukāta virs atbalsta struktūrām, virsma būs nedaudz raupja.



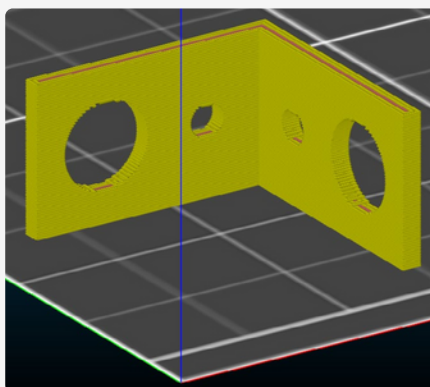
Šī nav optimālā orientācija šim modelim.

- ⊕ Sāns, kas ir drukāts paralēli drukas galdam, būs ar labi veidotiem apaļiem caurumiem.
- ⊕ Bez atbalstiem.
- ⊖ Zema materiāla izturība 90° stūrī.
- ⊖ Vertikāli izdrukātai detaļai būs tendence lūzt drukāto slāņu virzienā.
- ⊖ Vertikāli izdrukātajai daļai nebūs perfekti apaļas caurumi.



Šī nav optimālā šī modeļa orientācija.

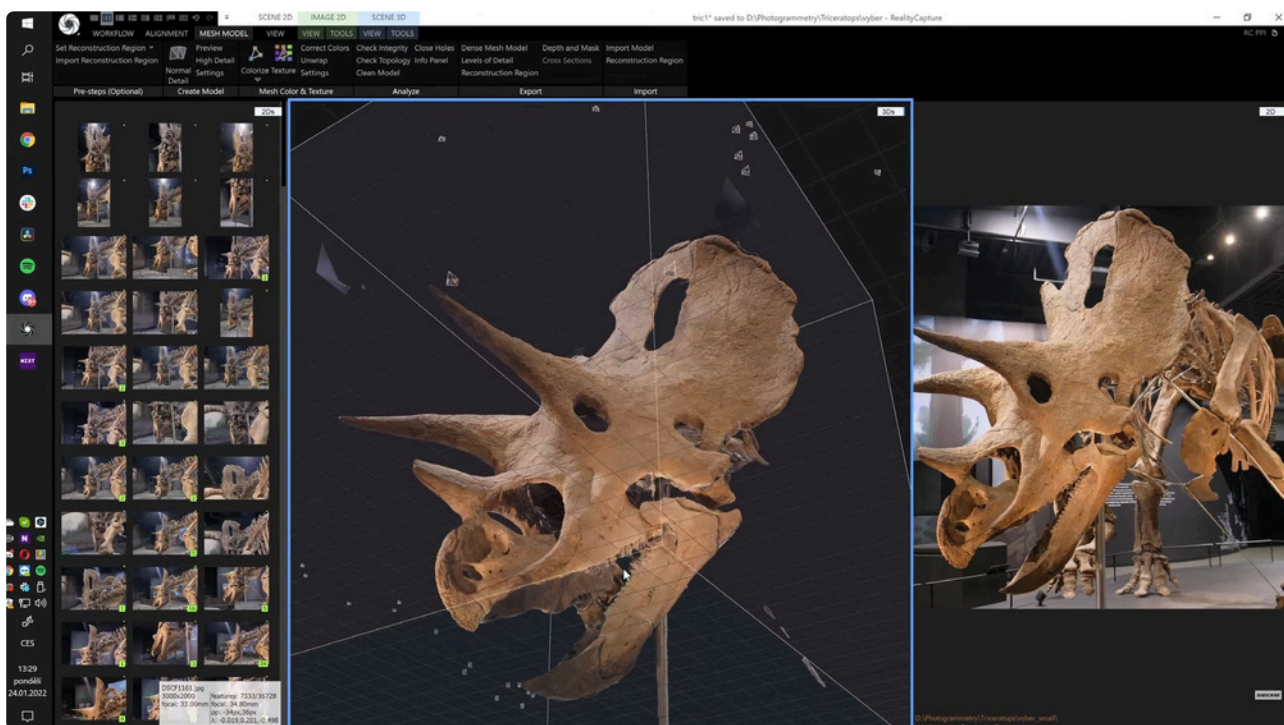
- ⊕ Labākā iespējama materiāla izturība 90° stūrī.
- ⊕ Bez atbalstiem.
- ⊖ Zema materiāla izturība 90° stūrī.



Šī ir optimālā objekta orientācija šim modelim.

3D skenēšana un fotogrammetrija (Photogrammetry)

3D skenēšana un fotogrammetrija ir divas populāras iespējas, kā izveidot digitālu objektu, balstoties uz reālu priekšmetu. 3D skeneri tirgū ir pieejami jau kādu laiku, taču to augstā cena padara tos nepieejamus plašam lietotāju lokam. Lētākos skenerus var iegādāties summās, kas nepārniedz 300 USD, kamēr dārgākie modeļi var maksāt arī vairāk nekā 10 000 USD. Te nu talkā nāk fotogrammetrija. Tā ir daudz lētāka tehnoloģija, taču tai joprojām ir spēja sniegt pārsteidzošus rezultātus, lai gan prasa nedaudz vairāk darba. Visa pamatprincips balstās uz desmitiem vai pat simtiem fotogrāfiju apstrādi specializētā programmā, kurā tiek apstrādāts viens objekts. Labi ir tas, ka darba veikšanai pilnīgi pietiek pat ar viedtālruni kameru. Vairāk par fotogrammetriju var uzzināt šeit: prusa.io/photogrammetry.



Sense 3D skeneris no 3D Systems

Avots: <https://3dprint.com/58221/3d-systems-sense-plus>

Pareizā drukas materiāla izvēle

Bieži sastopams maldīgs priekšstats ir tāds, ka dažādi pavedieni atšķiras tikai pēc krāsas. Patiesībā ir daudz dažādu pavedienu veidu ar ļoti atšķirīgām īpašībām. Daži materiāli ir ļoti viegli drukājami un ļauj iegūt daudz detaļu drukātajos objektos, taču tiem ir zema karstumizturība (PLA). Citi materiāli var būt pilnīgi pretēji (piemēram, PC Carbon Fiber).

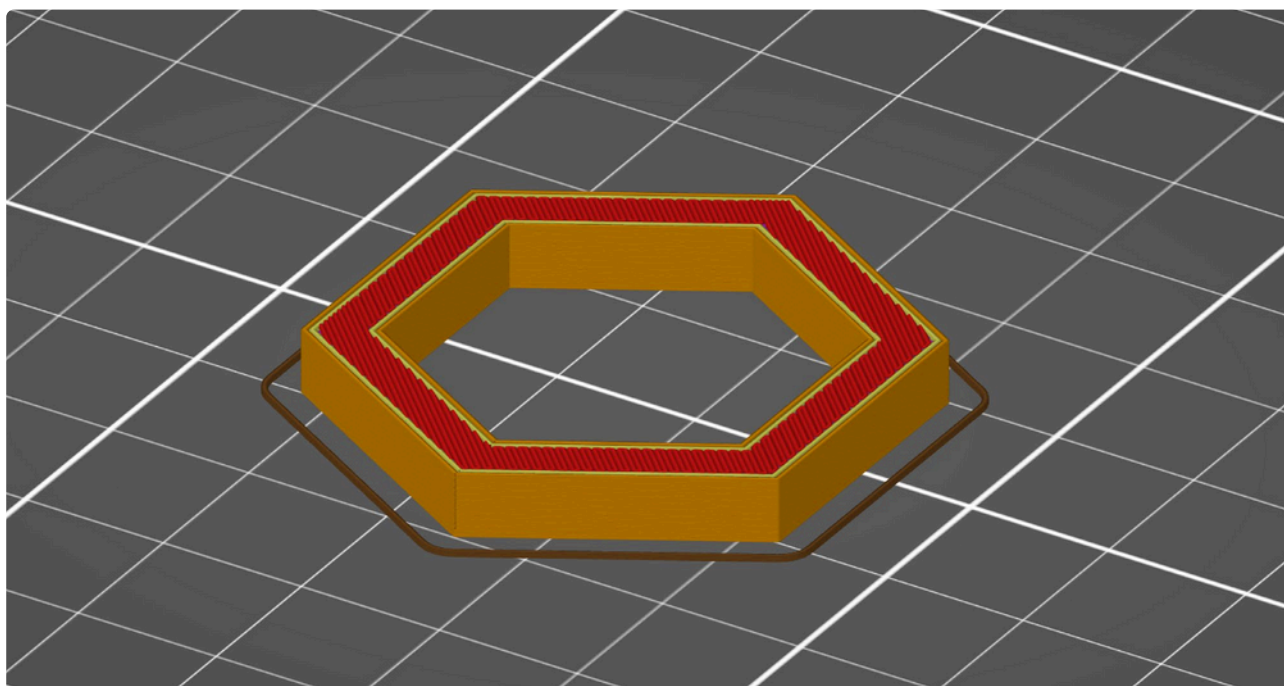


Par drukas materiāliem vairāk vari uzzināt nodaļā “Pavedieni” (Filaments).

Modeļa sadalīšana slāņos (Slicing)

Modeļa sadalīšana slāņos (*Slicing*) ir process, kurā 3D objekts tiek pārvērsts mašīnkodā, ko sauc par G-kodu (*G-code*), izmantojot programmatūras rīku, ko sauc par *modeļa slāņotāju* jeb *Slicer*. Populārākie *slāņotāji* (*Slicer*) ir *PrusaSlicer*, *Simplify3D* un *Cura*. G-koda ģenerēšanai ievade nav tikai 3D objekts, bet arī dažādi iestatījumi, kas var ietekmēt gan G-kodu, gan drukāšanas procesu dažādos veidos - piemēram, modeļa izturību, detaļu daudzumu vai drukāšanas ātrumu. Ir iespējams arī modificēt objektus - pieejamas funkcijas kā mērogošana, rotēšana, griešana un citas. Visbeidzot, ar slāņotāju var novietot objektu(-us) virtuālajā drukas laukā. Programmatūra ir tikpat svarīga kā aparātūra, tāpēc pareizi slāņotāja iestatījumi ir izšķiroši kvalitatīvai 3D drukai.

Ir pieejams daudz dažādu slāņotāju, katram no tiem ir savas priekšrocības un trūkumi. Lielākā daļa no tiem ir bezmaksas. Iesācējiem ieteicams izmantot slāņotājus, kuros ir pārbaudītas un iepriekš sagatavotas slāņošanas konfigurācijas tieši viņu printeriem. Kad būsiet ieguvuši pārlicību par kādu no šiem rīkiem, kas strādā “ārpus kastes” (*out-of-the-box*), varat izmēģināt arī citus programmatūras risinājumus un eksperimentēt. Praktiski katram lielākajam 3D printeru ražotājam ir savs slāņotājs, kas ir īpaši pielāgots viņu printeru sērijai. Apskatīsim trīs slāņotājus, kurus visbiežāk izmanto Original Prusa 3D printeru lietotāji.

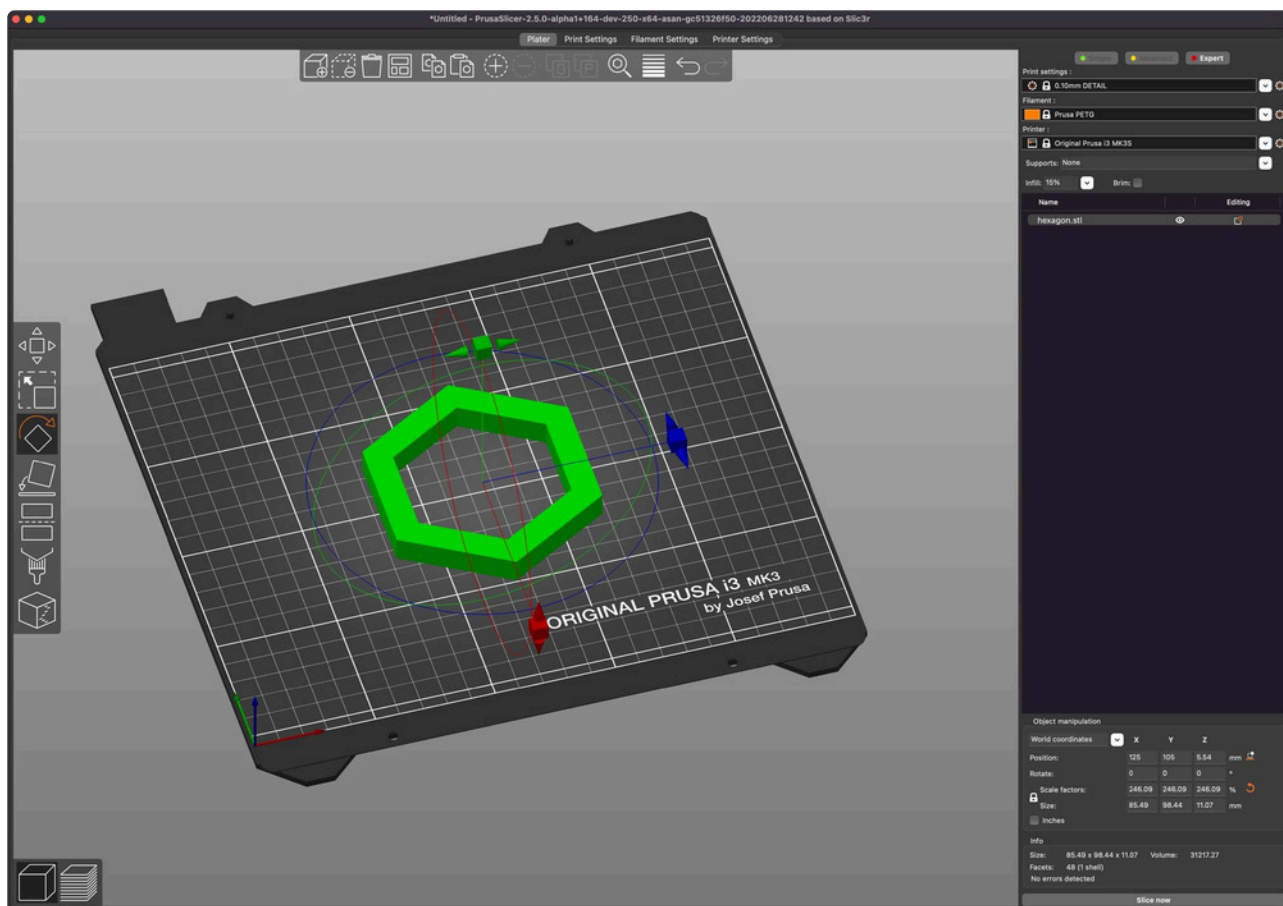


PrusaSlicer

PrusaSlicer ir balstīts uz atvērtā koda Slic3r projektu, precīzāk sakot, tas ir tā sauktais “forks” jeb atzars. PrusaSlicer ir mūsu standarta slāņotājs, un stabilās versijas var lejupielādēt vietnē prusa3d.com/prusaslicer. Šai lietotnei ir daudz noderīgu funkciju un tā tiek regulāri atjaunināta. Šajā lietotnē ir ievērojamas uzlabojumu un optimizāciju kopas Prusa Research produktiem, tostarp profili daudzmateriālu drukai un arī trešo pušu 3D printeriem. Tāpat lietotnē ir milzīga iepriekš sagatavotu un pārbaudītu iestatījumu bibliotēka dažādiem materiāliem.

Funkcijas:

- 📁 Bezmaksas un atvērtā pirmkoda (*Open-source*)
- ➞ Funkcijas: vairāk nekā 300 pārbaudītu profilu dažādiem drukas izejmateriāliem (*Filaments*) un sveķiem, sākot no populārākajiem līdz dažādiem eksotiskiem materiāliem (piemēram, Woodfil un daudzi citi). Drukas profili tiek regulāri atjaunināti.
- ➞ Iebūvēts programmaparatūras (*firmware*) atjaunināšanas rīks Original Prusa 3D printeriem.
- ➞ Atbalsts daudzmateriālu (*Multi-material*) drukāšanai
- ➞ Integrācija ar *OctoPrint*, *Prusa Connect* un *Printables.com*
- ➞ Daudz iespēju drukas iestatījumiem, tostarp īpaši reģiona balstīti modificētāji
- ➞ Slāņos sadalīta modeļa priekšskatījums, kas parāda objektu slāni pa slānim
- ➞ Maināmi, pielāgojami slāņu augstuma iestatījumi
- ➞ Atbalsts SLA 3D printeriem
- ➞ Tree supports generation - *atbalsta koku ģenerēšana*
- ➞ Atbalsts trešo pušu 3D printeru profiliem

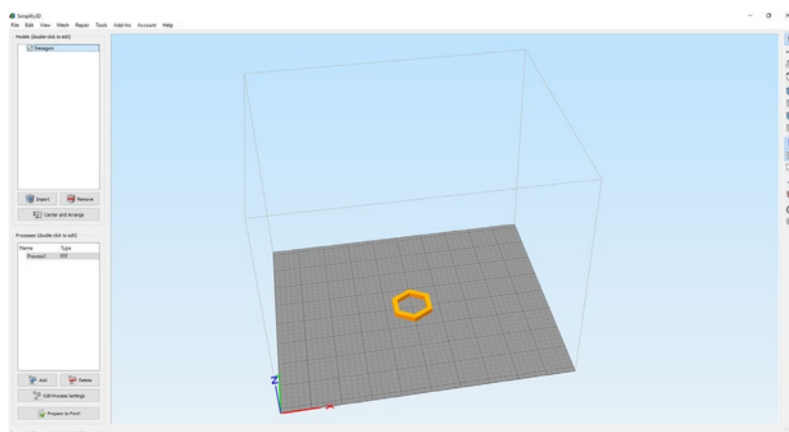


Simplify3D

Simplify3D ir neatkarīgi izstrādāta modeļa dalīšanas slāņos (*Slicing*) programmatūra - tā nav saistīta ar konkrētu 3D printeru ražotāju vai modeli. Tā piedāvā iepriekš sagatavotus profilus simtiem dažādu 3D printeru. Tas ir īpaši noderīgi, ja jums ir vairāk nekā viens 3D printeru zīmols, jo jums nav pašiem jāveido drukāšanas profili.

Funkcijas:

- 📁 Maksas programmatūra
- ➞ Reālistiska ekstrudera kustību simulācija priekšskatījuma režīmā
- ➞ Slāņos sadalīta 3D objektu priekšskatījums G-koda formātā
- ➞ Automātiski ģenerēti 3D atbalsti, ar iespēju tos lietotājam pielāgot
- ➞ Daudz drukas iestatījumu
- ➞ Iestatījumu modifikatori, kas balstīti uz konkrētām zonām, un objekta specifiski drukas iestatījumi

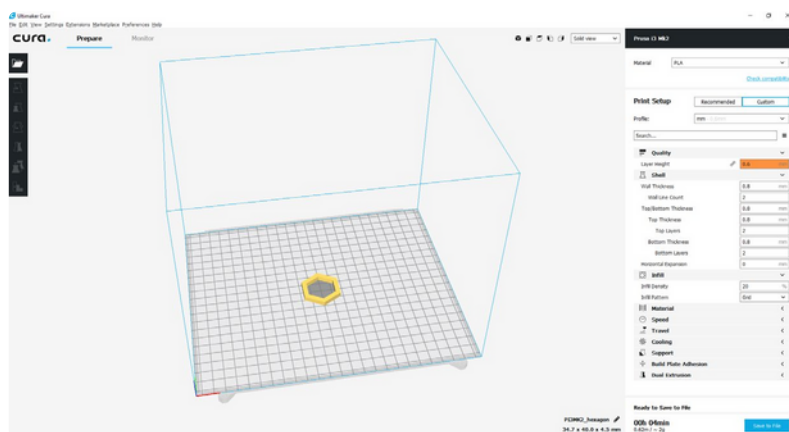


Cura

Cura ir slāņošanas (*slicing*) programmatūra, ko izstrādājis 3D printeru ražotājs *Ultimaker*. Tā ir vispopulārākā izvēle Ultimaker 3D printeru lietotājiem, taču programmā ir pieejami arī daudzi profili citu zīmolu 3D printeriem.

Funkcijas:

- 📁 Bezmaksas un atvērtā pirmkoda (Open-source)
- ➞ Vienkāršs interfeiss ir draudzīgs iesācējiem, taču ir pieejamas arī uzlabotas iestatījumu iespējas.
- ➞ Optimizēti profili oficiālajiem materiāliem un Ultimaker 3D printeriem.
- ➞ Objektam specifiski drukas iestatījumi, kas ļauj izvietot vairākus objektus uz vienas drukas virsmas, katram ar atšķirīgu konfigurāciju.
- ➞ Slāņos sadalīta 3D objektu priekšskatījums G-koda formātā
- ➞ Parāda detalizētu sadalījumu, cik ilgi aizņems katras modeļa sadaļas izdruka (apmales, atbalsti, pildījums un citas).



Modeļa slāņotais (Slicer) - pamata iestatījumi

Temperatūra **filamentam** un drukas galdam – katrs filamentu ražotājs norāda optimālo temperatūras diapazonu saviem materiāliem. Jāievēro ieteiktās vērtības. Drukas temperatūras maiņa ietekmē drukas vizuālo kvalitāti. Sprauslas un drukas galda temperatūra parasti svārstās no 200 °C līdz 240 °C (392 °F līdz 464 °F) un attiecīgi no 60 °C līdz 100 °C (140 °F līdz 212 °F).

Slāņa augstums - dažkārt saukts arī par “Z ass izšķirtspēju” (“Z-axis resolution”) - būtiski ietekmē gan drukas laiku, gan objekta virsmas kvalitāti. Lielāki slāņa augstumi nodrošina ātrāku drukāšanu, taču slāņi uz objekta virsmas kļūst redzamāki. Šī ietekme ir īpaši pamanāma uz virsmām, kas ir gandrīz paralēlas drukas galdam. Parasti izvēlas slāņa augstumu 0,15 – 0,20 mm. Mazāks slāņa augstums ļauj iegūt detalizētākas drukas (slāņi ir mazāk pamanāmi), taču drukāšanas laiks ievērojami palielinās.

PrusaSlicer piedāvā funkciju maināmajam slāņa augstumam - tas nozīmē, ka lietotājs var izvēlēties, kuras objekta daļas tiks drukātas ar zemāku slāņa augstumu (detalizētās vai slīpās vietas), un kurās daļās var izmantot lielāku slāņa augstumu. Atkarībā no objekta ģeometrijas, izmantojot adaptīvo slāņa augstumu, var ievērojami ietaupīt drukas laiku, jo PrusaSlicer automātiski aprēķina optimālo slāņa augstumu dažādām modeļa daļām, piemēram, taisnas vertikālas malas tiks drukātas ar palielinātu slāņa augstumu, bet noapaļotās malas būs gludākas, izmantojot zemāku slāņa augstumu. Lai to pielāgotu, nospiediet pogu “Variable layer height”, atverot izvēlni, pielāgojiet slīdņus un rezultātu pārbaudiet, nospiežot pogu “Adaptive”.

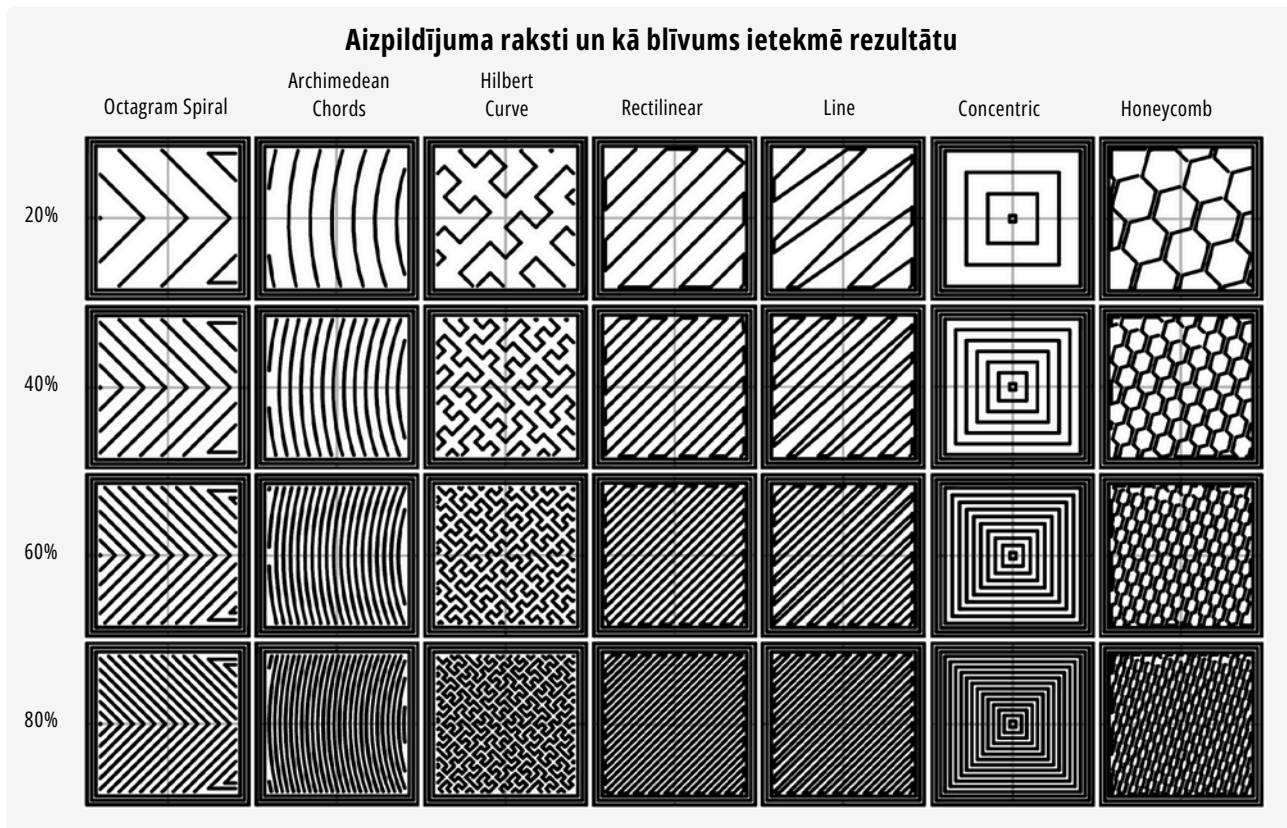
Kā slāņa augstums ietekmē objekta virsmu



Vertikālie apvalki (Vertical shells)/ Perimetri (Perimeters) - tās ir modeļa ārējās sienas, un, iestatot vertikālos apvalkus, mēs regulējam, cik daudz perimetru tiks izveidoti. Sienas biezumu var aptuveni aprēķināt šādi: perimetru skaits × sprauslas diametrs. Par perimetriem vari uzzināt vairāk mūsu ceļvedī: prusa.io/perimeters.

Horizontālie apvalki (Horizontal shells)/ Cietie slāņi (Solid Layers) - tiek izmantoti, lai iestatītu modeļa augšējo un apakšējo slāņu skaitu, kas būs pilnīgi ciets (100% aizpildījums).

Aizpildījums (Infill) - ietekmē drukas laiku, drukātā objekta izturību un patērēto filamentu. Aizpildījums tiek noteikts procentos, kur 0% nozīmē pilnīgi tukšu objektu. Parasti izmanto 10 – 20%. Ir arī iespējams izvēlēties aizpildījuma rakstu (skatīt zemāk).



Atbalsti (Supports) – sastatnēm līdzīgas konstrukcijas, kas atbalsta pārkares vai daļas, kas sākas gaisā. Atbalsti ir veidoti tā, lai tos būtu viegli noņemt, taču tie var atstāt pēdas uz modeļa. Mūsu mērķis ir samazināt atbalstu skaitu, pagriežot (vai pat veidojot) objektu tā, lai sasniegtu optimālu orientāciju, kurā nepieciešami tikai daži vai vispār nav atbalstu. Mazāk atbalstu nozīmē ātrāku drukāšanu un labāku modeļa kopējo izskatu. Šajā ziņā lielu palīdzību sniedza Organiskie atbalsti (*Organic Supports*) – ievērojami uzlabots atbalstu veids, kas atdarina koku augšanu. Organiskie atbalsti ļauj sasniegt ātrāku drukāšanu un mazāku materiāla patēriņu, vienlaikus nodrošinot kontaktu ar pārkarēm.

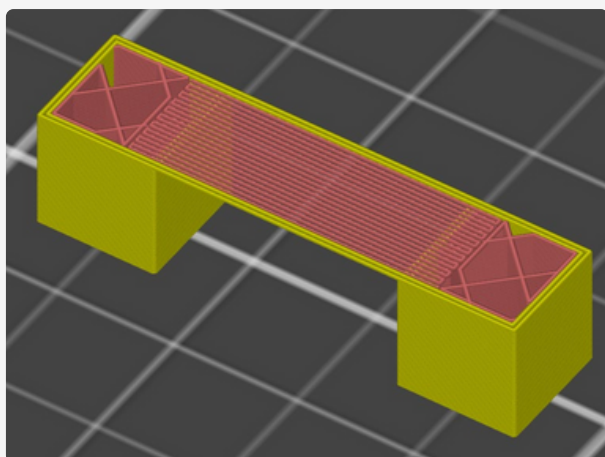
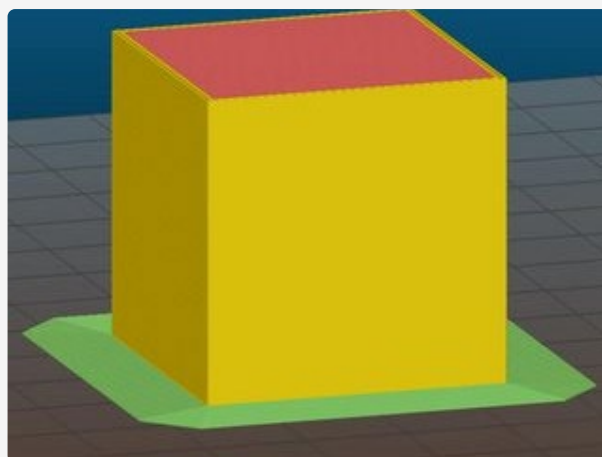
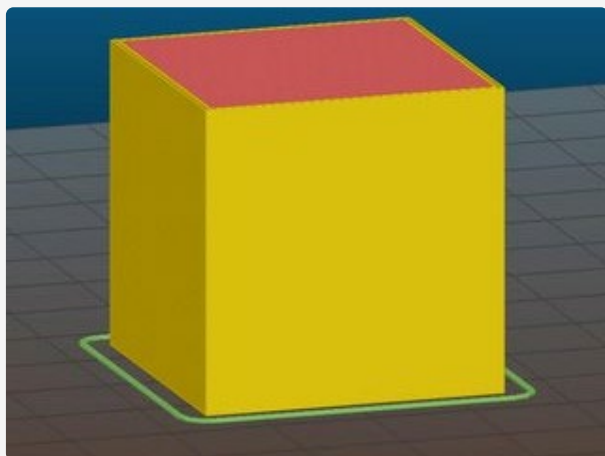
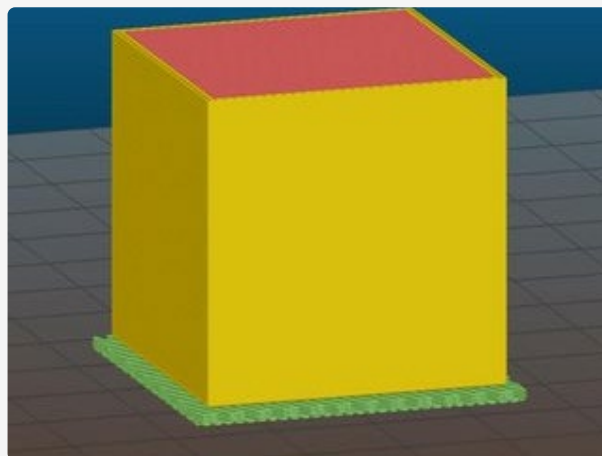


Pārsedze (*Bridging*) – vienīgais gadījums, kad printeris var drukāt gaisā bez atbalstiem zem kārtas. Tomēr tas ir īpašs gadījums – ekstruders var ievilkst izspiestas plastmasas stīgu taisnā līnijā starp diviem stingriem punktiem. Tas nozīmē arī to, ka pārsedzei ir jābūt pilnīgi paralēli drukāšanas platformai. Maksimālo pārsedzes garumu nosaka arī konkrētā 3D printera dzesēšanas jauda.

Mala (*Brim*) – lai uzlabotu drukātā objekta saķeri ar drukas platformu (piemēram, drukājot mazus vai plānus objektus), ieteicams izmantot malu. Tā ir papildu plakana virsma, kas novērš objekta deformēšanos vai atdalīšanos drukas laikā. Pēc drukas pabeigšanas to var viegli noņemt.

Apmale (*Skirt*) – 3D drukas kontūra ap visiem modeļiem uz drukas platformas. Tā tiek izdrukāta drukas darba sākumā, pirms pašu objektu drukāšanas, un tās galvenais mērķis ir stabilizēt plastmasas plūsmas vienmērīgumu caur sprauslu. Apmale ir noderīga arī, lai pārbaudītu pirmā slāņa saķeri ar drukas platformu. Tā kā tā tiek drukāta pirms modeļiem, var ātri pielāgot *Live Z* iestatījumu, ja redzat, ka pirmais slānis nepielip pietiekami labi vai arī sprausla to pārāk saspiež.

Pamatne (*Raft*) – īpašs atbalsta struktūras veids, kas paceļ visu drukāto objektu virs drukas platformas. To galvenokārt izmanto ar ABS materiāliem, jo tā palīdz novērst deformēšanos vai objekta pacelšanos no drukas virsmas.

Pārsedze (*Bridging*)Mala (*Brim*)Apmale (*Skirt*)Pamatne (*Raft*)

Dzesēšana (Cooling) – ieteicams aktīvi dzesēt drukātos objektus, īpaši plānas un augstas struktūras, kurām nav pietiekami daudz laika pašām atdzist, jo ekstruders mēdz ilgstoši uzturēties vienā zonā.

Papildu iestatījumi

Modeļa sadalīšanas slāņos (*Slicing*) lietotnes piedāvā plašu citu parametru klāstu, kurus var pielāgot un precizēt: ātrumu perimetriem, pārliekumiem (bridges), aizpildījumam un daudziem citiem. Šie iestatījumi parasti jau rūpnīcā ir noregulēti, tāpēc nav nepieciešams tos papildus mainīt.

Vairāk par modeļa dalīšanu slāņos varat lasīt mūsu rakstā vietnē prusa.io/prusaslicer.

Drukas virsmas sagatavošana



Drukas virsmas sagatavošana ir būtiska veiksmīgai drukai. Ja printeris nav pareizi kalibrēts un virsma nenodrošina labu saķeri, drukas darbs neizdosies. Vienmēr pārliedzinieties, ka pirmais slānis labi pieķeras drukas virsmai.

3D printeru attīstībā tika izstrādātas dažādas drukas virsmas versijas. Sākotnēji tika izmantotas tikai standarta stikla vai spoguļa drukas pamatnes bez papildus apsildes. Lai uzlabotu saķeri, tika izmantots ABS šķīdums (mazas ABS plastmasas skaidiņas, izšķīdinātas acetonā). Citas iespējas bija kaptona lente vai papīra līme (piemēram, Kores). Tas gan nozīmēja, ka darbs ar printeri bija visai netīrs un neērts. Tad tika atklāta PEI plēve - un viss mainījās. PEI virsmu var atrast visos Original Prusa 3D printeros, sākot ar MK2 versiju. Šāda veida virsma neprasa ilgstošu un sarežģītu sagatavošanu - vienkārši uzturi to tīru un bez taukiem. Tā ir saderīga ar plašu materiālu klāstu, un vienīgais gadījums, kad nepieciešams izmantot Kores līmi, ir tad, ja drukā ar PET materiālu. Šajā gadījumā līme darbojas kā atdalītājs, jo PET saķere var būt pārāk spēcīga, kas apgrūtina drukātā izņemšanu no virsmas.

Mūsdienās Original Prusa 3D printeriem ir pieejamas vairākas dažādas drukas virsmas ar dažādām īpašībām, kas padara tās piemērotas dažādiem materiālu veidiem. Dažas virsmas pat ietekmē drukas vizuālo izskatu - piemēram, tekstūrētā pulverkrāsotā plāksne pārnes savu raupjo tekstūru uz jūsu drukātā objekta apakšu.

Druksas uzsākšana

Druksas uzsākšana nozīmē ģenerētā G-koda nosūtīšanu uz 3D printeri. Tā kā 3D printeri strauji attīstās - tāpat attīstās arī iespējas, kā to izdarīt.

3D printerim ir nepārtraukti jāsaņem secīgas G-koda instrukcijas visas drukāšanas laikā. Tāpēc ieteicams izmantot SD karti vai USB disku.

Mūsdienīgu 3D printeriem ir Wi-Fi, LAN un attālinātas drukas uzsākšanas funkcijas, tāpat kā lielākajai daļai ierīču. Tomēr tradicionālās metodes, piemēram, SD kartes un USB savienojumi, vēl kādu laiku paliks, vismaz pateicoties to uzticamībai un lietošanas vienkāršībai pat bezsaistes vidē vai slēgtos, ierobežotos tīklos.

Papildu attālinātās printeru pārvaldības iespējas nodrošina platformas kā *Prusa Connect* vai *OctoPrint*, kas paplašina iespējas kontrolēt un vadīt 3D drukas procesu, izmantojot tīmekļa pārlūkprogrammas lietotāja saskarni.

Pēcapstrāde (*Post-processing*)

3D izdrukātie objekti parasti ir gatavi lietošanai tūlīt pēc izdrukas pabeigšanas — tas galvenokārt attiecas uz funkcionālām detaļām. Ja jums ir papildu prasības attiecībā uz objekta virsmu vai kopējo izskatu, jums nepieciešams virsmu pielāgot, izmantojot dažādus rīkus. Šo procesu sauc par pēcapstrādi.

Pēcapstrāde aptver plašu paņēmienu, materiālu, instrumentu un procedūru klāstu ar mērķi padarīt izdrukātā objekta virsmu gludu, krāsainu un vispārīgi pievilcīgu. Plastmasas modeļus var slīpēt (taču elektrisko slīpmašīnu izmantošana parasti noved pie modeļa bojājumiem, jo pārmērīgas berzes radītā augstā temperatūra var to sabojāt), izlīdzināt ar špakteli, pārklāt ar pildvielu, laminēt, krāsot ar akrila krāsām vai aerosola krāsām... Tomēr papildu materiāla pievienošana var izraisīt sīkāko detaļu zudumu.



Par pēcapstrādi var uzzināt vairāk mūsu rakstā: prusa.io/postprocessing.

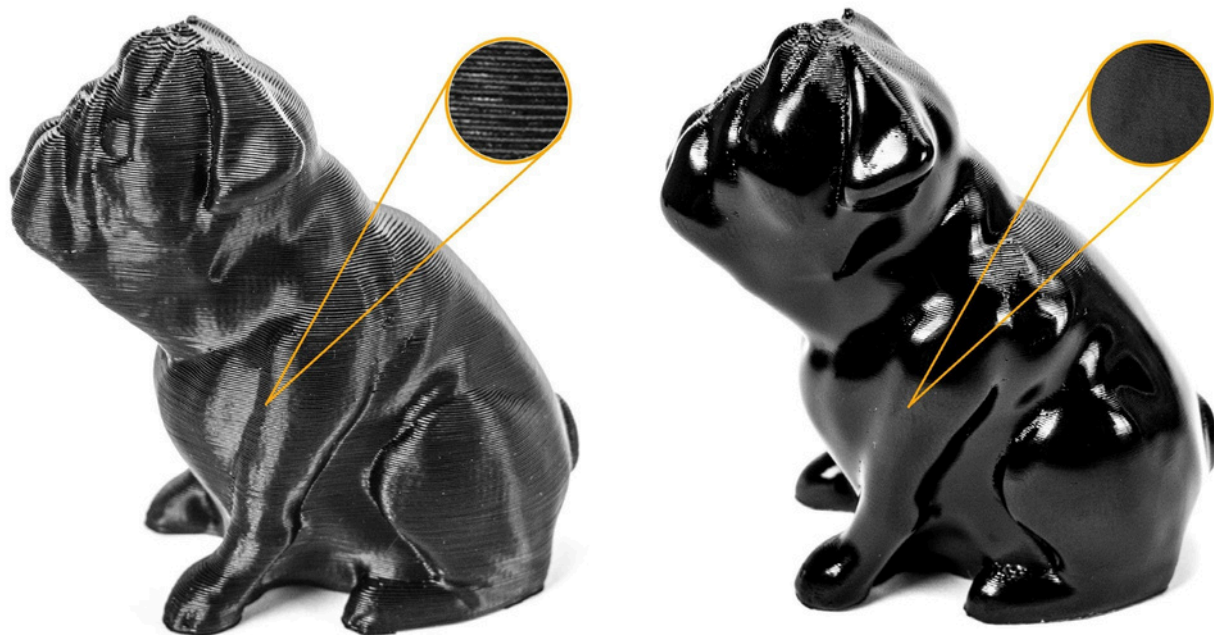


Līmēšana un modeļu izlīdzināšana ar acetonu

ABS un ASA ir materiāli, kas šķīst acetonā. To var izmantot arī, lai salīmētu izdrukātus modeļus kopā: uzklājat nedaudz acetona uz virsmām, kuras vēlaties savienot, un piespiediet tās kopā.

Acetonu var izmantot arī 3D izdrukātu modeļu virsmas izlīdzināšanai. Varat modeli īslaicīgi iemērcēt acetonā (5–10 sekundes) vai novietot modeli hermētiskā traukā, kur acetons atrodas apakšā - modelis neskar virsmu, bet tvaiki laika gaitā izlīdzinās virsmu. PVB pavedieni ir šķīstoši izopropilspirta šķīdumā, kas ir drošāks šķīdums darbam.

Virsmas izlīdzināšana noved pie sīku detaļu zuduma.



UZMANĪBU! Acetons ir viegli uzliesmojošs, gaistošs šķidrums — nodrošiniet labu telpas ventilāciju. Lietojiet aizsargcimdus un aizsargbrilles.

Vairāk padomu:

- ⇒ Tā saukto “stīgu veidošanos” (angļu val. “stringing”) (plānas diegveida līnijas uz virsmas) var viegli noņemt ar karstā gaisa pistoli - tomēr tas jādara ļoti ātri, pretējā gadījumā priekšmets pārmērīga karstuma ietekmē var deformēties.
- ⇒ Materiālus, piemēram, PLA un PETG, var salīmēt kopā, izmantojot jebkuru labu superlīmi. Lai paātrinātu procesu, varat izmantot aktivatoru.



PLA ir materiāls, kas ir šķīstošs hloroformā (trihlormetānā). Tomēr hloroforms nav piemērots drukāto objektu virsmu izlīdzināšanai (kā ABS/acetona kombinācija), jo tas noārda virsmu. Hloroformu var izmantot kā līmi detaļu savienošanai, taču daudz labāka izvēle ir parasta superlīme. Hloroforms ir bīstama viela, un ar to jārikojas piesardzīgi un labi vēdināmās telpās.



KVĒLDIEGS (*FILAMENTS*)

Kā 3D printeru popularitāte pieaug, ražotāji arī izstrādā jaunus pavedienus ar dažādām krāsām un īpašām īpašībām. Pašlaik pieejamo pavedienu klāsts ir diezgan plašs, un ir daudz materiālu izvēlei: viegli drukājams un ļoti populārs - PLA, universāls - PETG, kas piemērots mehānisko detaļu drukāšanai, ļoti izturīgs un temperatūrai noturīgs PC Carbon Fiber, kompozītmateriāli, kas imitē koka vai bronzas izskatu, gaismu absorbējoši pavedieni, mīksti elastīgi materiāli un daudzi citi.

Katram pavedienam nepieciešami specifiski drukas iestatījumi, kas nozīmē, ka viena un tā paša materiāla veids no diviem dažādiem ražotājiem var prasīt atšķirīgas drukāšanas parametru vērtības. Pat iespējams, ka vienam un tam pašam ražotājam dažādas krāsas pavedieniem var būt atšķirīgas drukāšanas prasības (piemēram, sarkanajam un zilajam PLA).

Lai drukāšanas laikā sasniegtu iespējami augstāko kvalitāti, vienmēr ievērojiet ražotāja norādītās ieteicamās drukāšanas temperatūras. Programmā *PrusaSlicer* mums ir izveidoti profili lielākajai daļai atbalstīto pavedienu. Tikai tad, ja drukas rezultātā parādās redzami defekti, var sākt pielāgot materiāla profilu *PrusaSlicer* iestatījumos - tas ietver temperatūras, ventilatora ātrumu, drukāšanas ātrumu, pavediena padeves plūsmu, retrakciju un citus parametrus.

Visbiežāk izmantotie pavedieni ir PLA, PETG un ASA. Tālāk paskaidrosim, ar ko šie materiāli atšķiras un kādās situācijās tie darbojas vislabāk. Taču tirgū ir pieejami arī daudzi citi interesanti materiāli – patiesībā to ir tik daudz, ka labākais veids, kā par tiem uzzināt vairāk, ir apmeklēt mūsu *Zināšanu bāzi (Knowledge Base)* ar materiālu ceļvedi vai ražotāju tīmekļa vietnes.

Ja esat 3D drukas iesācējs, pats svarīgākais ir iepazīties ar “pamata” materiāliem un saprast, kādās situācijās tie darbojas vislabāk. Lietotājam visdraudzīgākais materiāls ir PLA. Uzskatīsim PLA pavedienus par atskaites punktu šajā ceļvedī un salīdzināsim, kā uz tā fona izskatās citi populāri materiāli.



PLA

PLA, visticamāk, ir visbiežāk izmantotais pavediens kopumā.

Tam ir pāris iemeslu:

- ⇒ To ir viegli printēt. Ko tas nozīmē praksē? Ļoti gluda virsmas apdare un pieņemama virsmas kvalitāte virs atbalstiem un lielos pārkarēs. Piemērots mazu un detalizētu modeļu drukāšanai.
- ⇒ Drukāšanas laikā nav nepatīkamas smakas.
- ⇒ Zema termiskā izplešanās salīdzinājumā ar citiem materiāliem. Neizliecas un labi pieķeras drukas platformai. Tāpēc tas ir piemērots lielu objektu drukāšanai.
- ⇒ PLA ir pieejams ļoti plašā krāsu izvēlē.
- ⇒ Viens no lētākajiem materiāliem.

Tad kāpēc mums vajadzīgi citi materiāli?

- ⇒ PLA ir ciets un trausls. Tas mēdz lūzt un plaisāt, ja tiek pakļauts spiedienam.
- ⇒ PLA nav izturīgs pret augstu temperatūru – tas sāk kļūt mīksts aptuveni pie 60 °C (140 °F), tāpēc tas nav īpaši piemērots priekšmetu drukāšanai, piemēram, automašīnas viedtālruņa turētājam.
- ⇒ Salīdzinot ar citiem populāriem materiāliem, PLA ir sliktākā izturība pret laika apstākļiem.

Šajos trīs gadījumos labāka izvēle ir PETG, ASA un polikarbonāts.



PETG, ASA un PC (polikarbonāts)

Visi trīs materiāli ir elastīgāki salīdzinājumā ar PLA, kas nozīmē, ka tie nedaudz salieksies zem spiediena un neplīsīs uzreiz. Drukāšanas grūtības skalā PETG atrodas starp PLA un ASA/PC. Problēma ar ASA un PC ir to termiskā izplešanās. Šie materiāli mēdz drukāšanas laikā saliekties un deformēties, kas izraisa to atdalīšanos no drukas virsmas - īpaši lielākiem objektiem ir lielāka tendence saliekties un deformēties, padarot tos grūtāk drukājamus. Tāpat ASA drukāšanas laikā rada ļoti izteiktu smaku, kas ir daudz spēcīgāka nekā PETG vai PLA gadījumā. Salīdzinot ar PLA, PETG ir spēcīgāka virsma, taču tam ir tendence radīt plānas pavedienu stīgas (stringing) ekstrudera kustības laikā.

Kādam mērķim der ASA/PC, un kāda ir atšķirība starp tiem?

ABS bija pirmais plaši pieejamais materiāls 3D drukāšanai. Nozarei attīstoties, tirgū parādījās jauni un uzlaboti materiāli. ASA tiek uzskatīts par ABS pēcteci. Lielākā daļa to īpašību ir tādas pašas, bet ASA dažos aspektos ir labāka. ASA ir UV starojumu izturīgs materiāls, un tam ir arī zemāka termiskā izplešanās, kas atvieglo drukāšanu (salīdzinājumā ar ABS).

ASA un polikarbonāts parasti tiek uzskatīti par tehniskiem materiāliem. ASA tiek uzskatīts par ABS pēcteci, kas bija pirmais plaši pieejamais materiāls 3D drukāšanai.

ASA ir UV starojumu stabils, karstumizturīgs materiāls, un tam ir nedaudz zemāka termiskā izplešanās, kas atvieglo drukāšanu. Vispopulārākā ASA īpašība ir tā, ka to var izlīdzināt, izmantojot acetona tvaikus.

Polikarbonātu ir nedaudz grūtāk drukāt, taču tam ir liela mehāniskā un ķīmiskā izturība. To ir nedaudz grūtāk drukāt nekā ASA, taču tas ir daudz labāk piemērots mehānisku un karstumizturīgu detaļu drukāšanai nekā PETG un ASA.

Un tas attiecas uz PLA, PETG, ASA un PC – tie kopumā ir labi materiāli 3D drukāšanai. Tomēr jūs varētu vēlēties kaut ko īpašu. Apskatīsim dažus materiālus, kas tiek izmantoti retāk, bet tiem ir dažas interesantas īpašības – to cena gan parasti ir augstāka.



FLEX (TPU/TPE/TPEE)

Elastīgie materiāli ir liela īpašu pavadīnu grupa ar elastīgām īpašībām. Šie materiāli ir nedaudz līdzīgi gumijai – tos saliecot, tie nepīst. Elastīgie materiāli tiek ražoti ar dažādu cietības pakāpi. Jo mīkstāks ("elastīgāks") ir materiāls, jo grūtāk ar to ir drukāt.

Elastīgie filamenti var tikt izmantoti riteņu drukāšanai RC modeļiem, mobilo telefonu vāciņiem, klusajiem blokiem. Tomēr paturiet prātā, ka drukātajiem objektiem nav tāds pats saķeres līmenis kā gumijai. Citiem vārdiem sakot, augstas veiktspējas RC automašīnām labāk izmantot veikalā nopērkamās riepas.



Pildītie materiāli (*Filled materials*)

Kompozītmateriāli, piemēram, koksnes/metāla/oglekļa pildītie materiāli, sastāv no galvenās plastmasas daļas un iekšpusē sajaukta sekundārā materiāla. Tomēr šie pavedieni parasti ir pildīti ar materiāliem, kas uzlabo to mehāniskās vai estētiskās īpašības. Visbiežāk sastopamie kompozītmateriāli ir pildīti ar oglekļa šķiedrām, taču var sastapt arī stikla šķiedras, Kevlara šķiedras u.c. Šīs šķiedras palīdz filamentiem iegūt lielisku izmēru stabilitāti bez deformācijām (*warping*), palielinātu temperatūras izturību, nodilumizturību u.c. (*skatīt mūsu Prusament PC Blend Carbon Fiber*). Tomēr šie materiāli parasti ir dārgāki, un to izmantošanai ir nepieciešama rūdīta tērauda sprausla.



Koka pildījums un citi metāla kompozītmateriāli



Pulēts bronzas pildījums

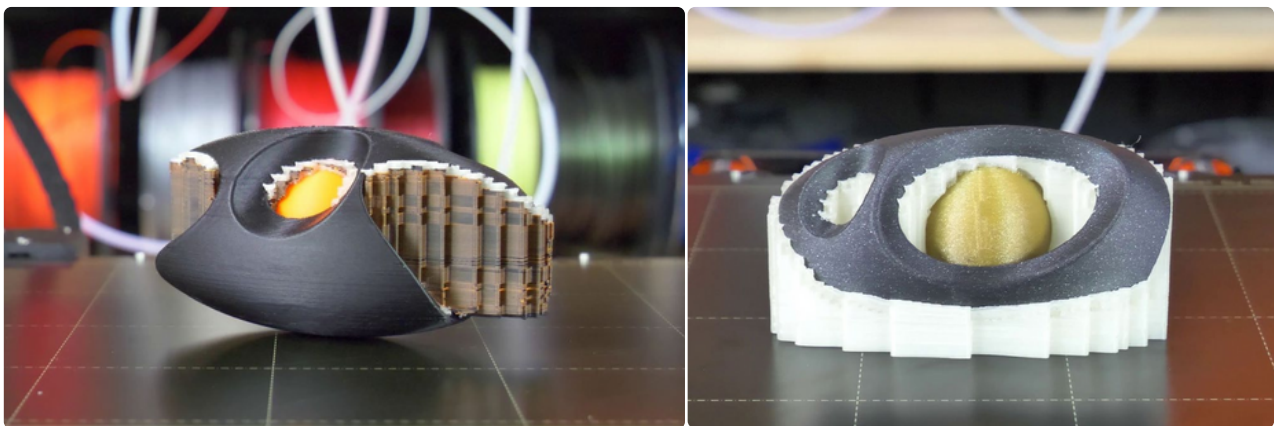
PVA un BVOH - šķīstošie atbalsta materiāli

Parasti, printējot modeli, labākā prakse ir pagriezt modeli tā, lai samazinātu nepieciešamo atbalstu skaitu. Tomēr tas ne vienmēr ir iespējams. Lielākajā daļā gadījumu atbalsti tiek izdrukāti no tā paša materiāla kā pārējais modelis - un, kad druka pabeigta, tos var atdalīt. Virs atbalstiem esošās virsmas bieži vien paliek redzamas atbalsta materiāla pēdas, kā arī slāņi var būt izteiktāki nekā pārējā objekta daļā.

Ir 3D printeri, kas spēj drukāt ar diviem vai vairākiem materiāliem vienlaikus (piemēram, mūsu Original Prusa 3D printeris ar *Multi Material Upgrade 3* vai *Original Prusa XL* ar vairākām drukas galvām). Tas ļauj izmantot atšķirīgu materiālu atbalstu drukāšanai - šeit noder šķīstošie materiāli, piemēram, PVA un BVOH. Pateicoties šiem materiāliem, atbalsta attāluma parametrs (kas tiek izmantots standarta balstu vienkāršākai noņemšanai) vairs nav nepieciešams, jo mēs vienkārši izšķīdināsim materiālu ūdenī. Tomēr šie materiāli ir dārgāki nekā standarta kvēldiegi. Kvēldiega patēriņu ir iespējams samazināt, izmantojot šķīstošos materiālus tikai "saskarnē" (pāris slāņu starp standarta materiāla balstiem un pašu objektu).

BVOH un PVA materiāli vislabāk darbojas kombinācijā ar PLA, jo īpaši līdzīgo drukāšanas temperatūru dēļ. Gan BVOH, gan PVA ir ūdenī šķīstoši.

HIPS ir nesējmateriāls, kas šķīst D-limonēnā (lemonesolā) (*angļu val. D-limonene (lemonesol)*) vai acetonā un vislabāk darbojas kombinācijā ar PETG.

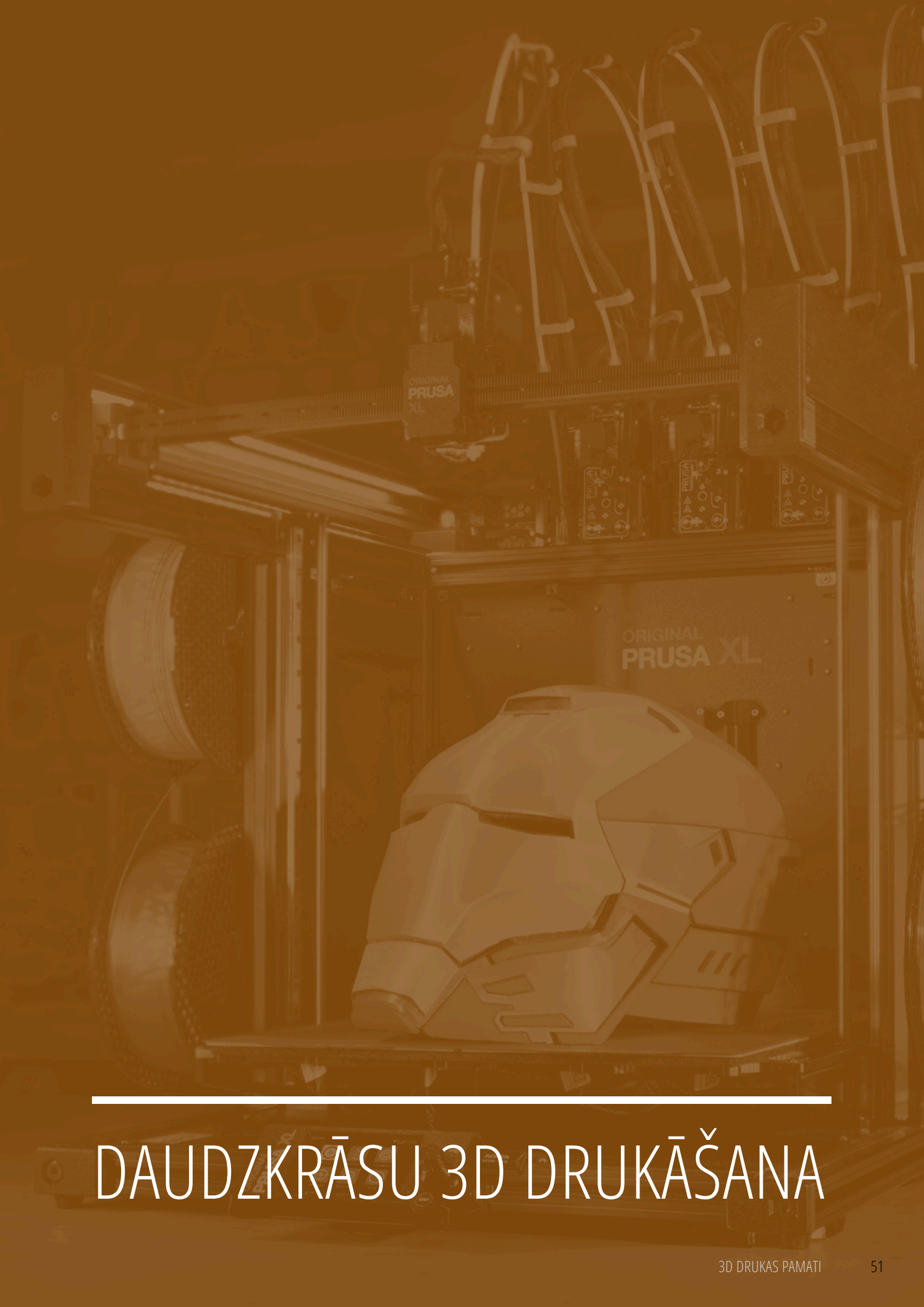


Citi materiāli

PP – elastīgs materiāls ar izcilu ķīmisko izturību un triecienizturību. Tam ir ļoti augsta deformācija un slikta virsmas saķere.

Neilons (Nylon) – izturīgs un ciets materiāls ar lielisku saķeri starp slāņiem. Neilons ir izturīgs pret berzi, tāpēc tas ir piemērots mehānisku detaļu drukāšanai, taču tas ir arī higroskopisks (absorbē gaisa mitrumu), kas negatīvi ietekmē druku.

PVB – viegli drukājams materiāls ar iestatījumiem, kas līdzīgi PLA, labs virsmas izlīdzināšanai, izmantojot izopropilspirtu. PVB ir pievilcīga izskata un caurspīdīgs, taču tam ir vājas mehāniskās īpašības un zemāka temperatūras izturība.



DAUDZKRĀSU 3D DRUKĀŠANA

Līdz šim esam apsprieduši tikai vienkāršainu 3D drukāšanu. Tāpēc acīmredzamais jautājums ir, vai ir iespējams drukāt ar vairākām krāsām vai materiāliem vienlaikus. Protams! Ir pat vairāk nekā viena iespēja. Pašlaik pieejamajām metodēm ir savas priekšrocības un trūkumi, tāpēc aplūkosim tās.



Kāda ir atšķirība starp daudzkrāsu un pilnkrāsu izdrukām?

Mūsu gadījumā daudzkrāsu izdruka nozīmē objektu, kas drukāts ar divām līdz piecām krāsām. Pilnkrāsu 3D printeri var radīt jebkuru krāsu, jo tie sajauc CMYKW krāsas.

Vienkāršākais veids, kā panākt daudzkrāsainas izdrukas, ir manuāli nomainīt filamentu drukas darba laikā. Tas ir labs risinājums, piemēram, logotipu, baneru vai oriģinālu vizītkaršu izgatavošanai.

- ⊕ Nav nepieciešams modificēt 3D printeri.
- ⊕ Nav materiāla zudumi.
- ⊖ Materiāla maiņa jāveic manuāli.
- ⊖ Katrā slānī var mainīties tikai viena krāsa, vienā slānī nevar būt vairāk krāsu.



Ja iepriekšējo metodi attīstām vēl par dažiem soļiem tālāk, nonākam līdz *Original Prusa Multi Material Upgrade 3S* vai *Mosaic Palette*. Šis ierīces spēj automātiski mainīt filamentus, pat vairākas reizes vienas kārtas drukas laikā.

- ⊕ Ļauj veikt filamentu maiņu vienas kārtas ietvaros.
- ⊕ Izmanto oriģinālo (vai nedaudz modificēto) vienu ekstrūderi – nav nepieciešama vairāku ekstrūderu kalibrēšana.
- ⊖ Materiāla zudumi – printerim ir jāizvada (“iztīra”) materiāls no sprauslas filamentu maiņas laikā.
- ⊖ Atbalsta tikai līdz 5 krāsām.
- ⊖ Nav iespējams sajaukt krāsas, lai izveidotu jaunus maisījumus.



Pilnkrāsu druku var panākt, sajaucot kvēldieģus tieši ekstrūderī. Princips ir līdzīgs parastajiem tintes printeriem, vienīgā atšķirība ir tā, ka tinte tiek aizstāta ar kvēldieģiem. Tomēr 3D printerim ir nepieciešams ne tikai CMYK kvēldieģis - nepieciešams arī balts (*white jeb W*) kvēldieģis.

- ⊕ Pilnkrāsu drukāšanai pietiek ar 4 - 5 pavedieniem.
- ⊕ Piesātinātas krāsas.
- ⊖ Daudz materiāla zudumi.
- ⊖ Lai iegūtu labas krāsas, ir nepieciešami “kalibrēti” CMYKW kvēldieģi.

Pilnkrāsu druku var panākt arī, apvienojot 3D printeri un parasto (tintes) printeri. Tintes printeris apvieno CMYK krāsas, lai sasniegtu nepieciešamo toni, un krāsa tiek uzklāta uz balta kvēldieģa, kas absorbē krāsas pilienus.

- ⊕ Jebkura krāsa ir iespējama.
- ⊕ Pietiek tikai ar vienu kvēldieģu.
- ⊕ Nav materiāla zudumi.
- ⊖ Nav iespējams panākt pilnībā piesātinātas krāsas.



DAUDZMATERIĀLU 3D DRUKĀŠANA

Sēja drukāt ar vairākām krāsām ir viena lieta, bet vairāku materiālu apvienošana vienā drukā ir vēl interesantāka. Tādā veidā var izveidot funkcionālas detaļas vai drukāt modeļus ar atdalāmām, ūdenī šķīstošām vai viegli noņemamām atbalsta konstrukcijām. Tomēr pastāv ierobežojumi: 3D drukāšanas materiālu sajaukšana ir atkarīga no to mehāniskajām un termiskajām īpašībām.

Šis darbs vislabāk piemērots pieredzējušiem dizaineriem un printeriem ar vairākām drukas galvām, piemēram, *Original Prusa XL* ar rīku mainītāju. Ar līdz pat piecām drukas galvām tas var apstrādāt līdz pieciem dažādiem materiāliem vienlaicīgi ar minimāliem vai pat nulles materiāla zudumiem.

Piemēram, šis izturīgais mikrofonu transportēšanas futrālis ir izgatavots no PETG, PLA un TPU.

- ⊕ Ļauj kombinēt dažādas materiālu kombinācijas unikāliem projektiem.
- ⊕ Ideāli piemērots funkcionālām detaļām ar dažādām materiālu īpašībām.
- ⊕ Jūs varat izveidot sarežģītus dizainus ar dažādām atbalsta konstrukcijām.
- ⊕ Vizuāli pievilcīgs un detalizēts dizains.
- ⊕ Minimāls vai vispār nav materiāla zudumi.
- ⊖ Var būt dārgi specializētu printeru un materiālu dēļ.
- ⊖ Darbība un kalibrēšana ir sarežģītāka.
- ⊖ Ierobežota materiālu saderība dažādu īpašību dēļ.
- ⊖ Priekš iesācējiem, tas prasa ilgāku laiku apguvei un ir mazāk draudzīgs lietotājam.
- ⊖ Materiāla zudumi.



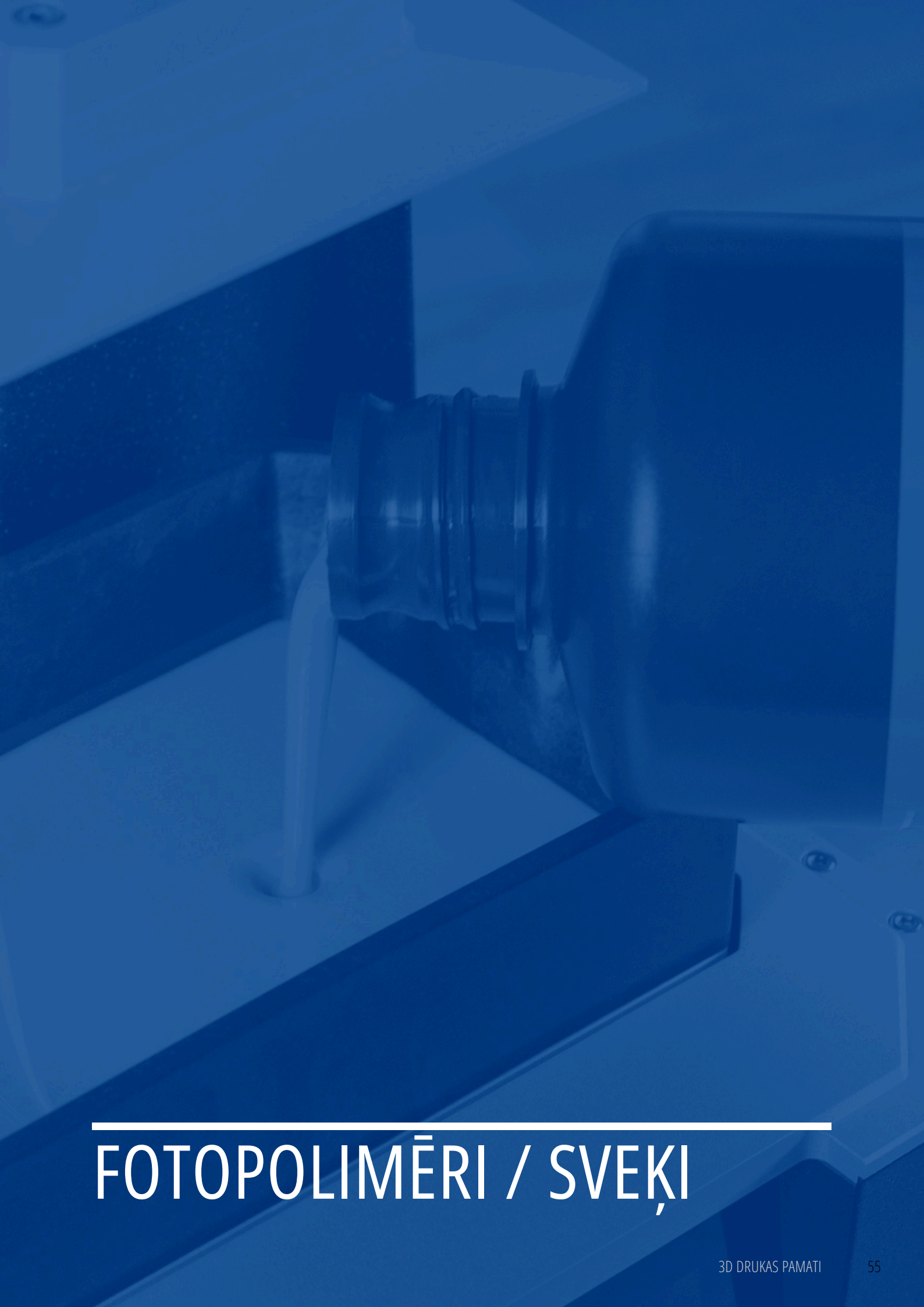
Lai gan daudzkrāsu druka nodrošina košus modeļus un novērš nepieciešamību pēc krāsošanas vai citiem pēcapstrādes soļiem, tai ir divi būtiski trūkumi: garāks drukas laiks un plastmasas atkritumi. Vienas sprauslas 3D printerim, pārslēdzoties no vienas krāsas uz citu, ir jāizvada pārejas materiāls, kas satur abu krāsu maisījumu, pirms drukāšanas turpināšanas ar jauno krāsu. Tāpēc daudzkrāsu 3D drukas metodes, piemēram, *Original Prusa MMU3*, izmanto tīrīšanas torņus vai izvadstruktūras, lai iztīrītu ekstrūderi starp krāsu maiņām. Citi 3D printeri vienkārši izvada attīrīto kvēldiegu tieši uz galda. Abos gadījumos rodas plastmasas atkritumi, taču otrajā variantā tie ir ievērojami lielāki.

Ir vairāki veidi, kā samazināt plastmasas atkritumus: izmantojot 3D printeri ar instrumentu mainītāju (*toolchanger*), atkritumus var samazināt līdz nullei. Citi risinājumi ietver uzlabotus slāņotāja (*slicer*) iestatījumus – *PrusaSlicer* ir ieviesta iespēja attīrīt kvēldiegu tieši pildījumā. Šī integrācija samazina materiāla patēriņu, ierobežojot filamentu daudzumu, kas citādi nonāktu tīrīšanas tornī. Citi centieni samazināt atkritumus 3D drukā pārsniedz tikai printera un filamentu optimizāciju: piemēram, dizaina pielāgojumi, kā atbalstu skaita samazināšana un drukas orientācijas izvēle, arī var būt ļoti nozīmīgi.



Ilgspēja Prusa Research

Mēs pastāvīgi ieviešam pasākumus, lai samazinātu mūsu oglekļa pēdas nospiedumu: *Prusament* spoles malas ir izgatavotas no pārstrādātas plastmasas, mēs ražojam pārstrādātus pavedienus un izmantojam plastmasas atkritumus, lai radītu eksperimentālas izdrukas. Tāpat mēs pastāvīgi strādājam pie risinājumiem, kas labvēlīgi ietekmē gan mūsu klientus, gan vidi - uzlabojam iepakojuma efektivitāti un izvēlamies zemu emisiju piegādes partnerus. Mūsu printeri ir atjaunojami un pilnībā remontējami. Seko mūsu progresam sadaļā *Company – Sustainability* vietnē [Prusa3d.com](https://www.prusa3d.com).



FOTOPOLIMĒRI / SVEKĪ

Sveķi (*saukti arī par fotopolimēriem vai UV jutīgiem sveķiem*) ir drukas materiāli SLA 3D printeriem. Sveķi ir šķidrums, kuri sacietē (cietē) UV starojuma ietekmē. Sveķi parasti ir ievērojami dārgāki nekā filamenti, taču to cena var atšķirties atkarībā no īpašībām. Lētākos sveķus var iegādāties apmēram par 30 USD litrā, savukārt sarežģītākie materiāli var maksāt līdz pat 400 USD litrā – tie parasti ir zobārstniecības vai liešanas sveķi. *Prusament* sveķi maksā aptuveni 60 USD un piedāvā labu cenas un kvalitātes attiecību. Vispārīgi runājot, SLA drukas ir trauslākas nekā FFF drukas. No otras puses, SLA drukas nesaplīst pa slāņu līnijām – tās drīzāk saplīst kā stikls.

Sveķi parasti sastāv no trim pamatkomponentēm:

- ➡ **Sveķu pamats** (monomēri un oligomēri)
- ➡ **Foto iniciatori** – molekulas, kas reaģē uz UV gaismu un ierosina sacietēšanas procesu
- ➡ **Piedevas** – maisījumi, kas maina sveķu krāsu un īpašības



Pērkot sveķus, vienmēr pārbaudiet, pie kāda viļņa garuma notiek sacietēšanas process, lai nodrošinātu labu savietojamību ar jūsu 3D printeri. Mūsu SL1 un SL1S SPEED darbojas ar standarta 405 nm sveķiem.

Atšķirības rodas tikai, pievienojot piedevas un krāsvielas. Raksturīgs parametrs, ko piedevas var ietekmēt, ir cietības un izturības pakāpe. Zemāk redzama tabula ar izplatītākajiem sveķu veidiem un to priekšrocībām un trūkumiem.

Materiāla veids	Īpašības
Standarta sveķi	⊕ Gluda virsma, daudz detaļu ⊖ Trausls ⊖ Nav piemērots mehāniskām detaļām
Caurspīdīgi sveķi	⊕ Pēc apstrādes rezultātā var padarīt gandrīz pilnībā caurspīdīgu ⊖ Puscaurspīdīgs
Liešanas sveķi	⊕ Daudz detaļu ⊕ Lieliski piemērots liešanas formu sagatavošanai ⊕ Gandrīz nekādu atlieku pēc sveķu sadedzināšanas
Cieti un izturīgi sveķi	⊕ Līdzīgi ABS vai PP materiāliem ⊕ Daļēji elastīgs ⊕ Piemērots mehāniskām detaļām ⊖ Zema izturība pret augstām temperatūrām
Karstumizturīgi sveķi	⊕ Augsta temperatūras izturība ⊕ Lieto injekciju formām ⊖ Dārgi
Bioloģiski saderīgi sveķi	⊕ Nav toksisks ⊕ Piemērots zobu implantu ražošanai ⊕ Nodilumizturīgs ⊖ Dārgi
Elastīgi sveķi	⊕ Mīksts materiāls, daudz detaļu ⊕ Augsta drukas uzticamība un zema viskozitāte ⊖ Ierobežota deformācija ⊖ Nepārstrādājams materiāls

Lūdzu, ņemiet vērā, ka šķidrie sveķi ir toksiski materiāli. Strādājot ar tiem, vienmēr lietojiet individuālos aizsardzības līdzekļus, piemēram, cimdus un aizsargbrilles. Jums jāzina, ka tirgū ir pieejami sveķi, kas satur dažādus daudzumus ļoti toksisku ķīmisku vielu. Mēs iesakām pirms sveķu lietošanas izpētīt drošības datu lapu. Dažreiz sveķi izdala nepatīkamu smaku, un cilvēki domā, ka tā var kaitēt veselībai. Diemžēl nav tiešas saistības starp sliktu smaku un sveķu toksiskumu. Ir drošas ķīmiskās vielas ar sliktu smaku un ir nedrošas ķīmiskās vielas ar sliktu smaku. Daži ražotāji pārdod zemas smakas sveķus, taču arī šajā gadījumā visas kaitīgās vielas jānorāda drošības datu lapā.

VĀRDNĪCA

Visbiežāk lietotos terminus un to skaidrojumus varat atrast tabulā zemāk.

Termins angļu valodā	Termins latviešu valodā	Apraksts un skaidrojums
AMF/ 3MF file	AMF/ 3MF fails	Faila formāts, ko modeļa dalīšanas slēņos (Slicer) programmatūra izmanto, lai saglabātu visu ainu (modeļus, to novietojumu un drukas iestatījumus).
FDM/ FFF	FDM/ FFF	FDM/FFF 3D drukāšanas tehnoloģijas – aditīvās ražošanas process. Kvēldiega pavediens tiek ievietots ekstrūderī, uzkaršēts, izkausēts un ekstrudēts. Printerim ir mehāniskas daļas, kas kustas trīs asīs, ļaujot tam izdrukāt jebkuru 3D objektu.
G-code	G-kods	Fails, kas ietver 3D printera komandu sarakstu.
OBJ file	OBJ fails	Viens no 3D objektu failiem, ko atbalsta slāņotāji (slicer), līdzīgi kā STL.
PEI	PEI	Plēve uz drukas loksnes virsmas – laba saķere un vienkārša kopšana.
RepRap	RepRap	RepRap ir pirmais atvērtā pirmkoda 3D printera projekts. To 2005. gadā Bātas Universitātē (University of Bath) dibināja Adrians Bovjērs (Adrian Bowyer). Tagad projekts ir 3D drukāšanas kopienas rokās – simtiem izstrādātāju un desmitiem tūkstošu lietotāju.
resin	sveķi	Šķidr materiāls, ko izmanto drukāšanai ar SLA 3D printeriem. To sauc arī par fotopolimēru, jo sacietēšanas procesu ierosina UV gaisma.
SLA/ DLP	SLA/ DLP	3D drukāšanas tehnoloģijas, kuru pamatā ir šķidru sveķu sacietēšana, izmantojot UV gaismu.
SLS	SLS	3D drukāšanas tehnoloģija, kuras pamatā ir metāla pulveru saķepināšana, izmantojot lāzeru.
STL file	STL fails	Viens no atbalstītajiem failu formātiem slāņotājiem (slicer). Tas definē punktu (virsoņu) kopu 3D telpā, kas ir savienoti, veidojot malas un daudzstūrus. Tas ir visizplatītākais failu formāts 3D drukāšanas nozarē.
bed, heatbed	gulta/ sildāmā gulta	Drukas virsma, parasti aprīkota ar sildīšanas elementu, lai uzlabotu materiāla pielipšanu.
bridging	pārsedze	Vienīgais gadījums, kad ir iespējama drukāšana gaisā bez balstiem, tomēr tas darbojas tikai noteiktā scenārijā. Tiltiņš var izveidot taisnu līniju starp diviem punktiem ar vienādu Z ass augstumu. Tas nozīmē, ka tiltiņam jābūt paralēlam drukas virsmai.
brim	mala	Ap objekta pamatni ir uzdrukāts papildu materiāls, lai uzlabotu saķeri – īpaši noderīgi maziem objektiem.

Termins angļu valodā	Termins latviešu valodā	Apraksts un skaidrojums
extruder	ekstrūderis	Visa drukas galva. Tā parasti sastāv no karstā gala, padeves mehānisma un ventilatora.
filament	kvēldiegs	Drukas materiāls, ko izmanto FDM/FFF 3D printeros.
firmware	<i>firmware</i>	Programmatūra 3D printeru darbināšanai un vadībai.
heat break	siltuma izolators	Karstā gala daļa caurules formā, kas samazina siltuma pārneši starp sildītāja bloku un radiatoru.
heater block	sildbloks	Karstā gala apakšējā daļa ir izgatavota no siltumvadošiem materiāliem. Tajā ir sprausla, sildīšanas modulis un temperatūras sensors.
heater cartridge	sildītāja kasetne	Sildīšanas modulis, kas silda sildītāja bloku kopā ar sprauslu.
hotend	karstā gala daļa	Ekstrūdera daļa, kas kausē kvēldiegu pavedienus.
infill	piepildījums	Slāņošanas (slicing) iestatījumi, kas nosaka, cik blīva būs drukātā objekta iekšējā struktūra. 100% nozīmē cietu objektu. Parasti skaitlis ir no 10 līdz 20%. Šim parametram ir būtiska ietekme uz drukāšanas laiku un izmantotā materiāla daudzumu.
layer	slānis	Slāņošanas (slicing) procesā izveidots viens objekta slānis. Ieteicamais slāņa augstums nedrīkst pārsniegt $0,75 \times$ sprauslas diametru. Tam ir būtiska ietekme uz drukāšanas ātrumu. Jo zemāks slāņa augstums tiek izmantots, jo vairāk detaļu būs Z asī.
mesh	tīkls	3D modeļa attēlošanas veids. Virsotņu, šķautņu un daudzstūru (šķautņu) kopa trīsdimensiju Dekarta koordinātu sistēmā.
nozzle	sprausla	3D printera detaļa, ko izmanto kausētas plastmasas ekstrudēšanai. Tās diametrs ietekmē drukas kvalitāti un ātrumu. Vairāk informācijas varat atrast šeit: prusa.io/nozzles .
overextrusion	pārizvade	3D drukāšanas kļūda — caur sprauslu tiek izspiests pārāk daudz kvēldiega, kā rezultātā drukātā objekta virsma ir nelīdzena.
perimeter	perimetrs	3D drukātā objekta ārējā “siena”. Griezējiem ir iespēja mainīt perimetru skaitu. Perimetra biezumu nosaka sprauslas diametrs. Izmantojot standarta 0,4 mm sprauslu, perimetra biezums ir 0,45 mm. Perimetru skaitam ir būtiska ietekme uz drukāšanas laiku.
raft	“pamatnes slānis” vai “palīgs slānis”	Balsta veids, kas atrodas zem visa drukātā objekta pirmā slāņa.

Termins angļu valodā	Termins latviešu valodā	Apraksts un skaidrojums
retraction	ievilkšana	Instrukcija, kas liek kvēldiegam ievilkties atpakaļ sprauslā, kad ekstrūderis kustas. Tādējādi tiek apturēta izkusušās kvēldiega auklas izliešana uz modeļa. Nepareiza ievilkšana bieži var izpausties kā stīgu veidošanās (<i>skatiet “stīgu veidošanās”</i>).
skirt	apmale	Līnija ap drukāto objektu, parasti vairākus slāņus augsta. Tā rada mikroklimatu drukātajam modelim un samazina locīšanās, deformācijas vai plaisāšanas iespējamību. Var izmantot arī pirmā slāņa augstuma kalibrēšanai.
slicer	slāņotājs	Programmatūra 3D modeļa konvertēšanai (slāņošanai) mašīnkodā, ko var nolasīt 3D printeri (G-kods). Tīrū ir pieejamas vairākas šādas programmatūras, dažas ir bezmaksas, bet citas ir maksas - <i>PrusaSlicer</i> , <i>Cura</i> , <i>Simplify3D</i> utt. <i>Slicer</i> nav modelēšanas rīks.
slicing	modeļa sadalīšana slāņos	3D modeļa pārveidošanas process mašīnkodā, ko var nolasīt ar 3D printeriem. Procesā laikā modelis tiek “sagriezts” horizontālos slāņos ar noteiktu augstumu un tiek izveidotas kustības instrukcijas ekstrūderim.
stringing	stīgu veidošanās	Nevēlams efekts izpaužas kā plānas plastmasas stīgas (“matiņi”) uz objekta virsmas. Parasti palīdz retrakcijas regulēšana.
supports	atbalsti	Sastatnēm līdzīgas konstrukcijas, ko izmanto sarežģītu objektu drukāšanai ar lieliem pārkariem vai detaļām, kas sākas gaisā. Balsti tiek drukāti ar īpašiem iestatījumiem, tāpēc tos ir diezgan viegli atdalīt no drukātā objekta. Tomēr FFF/FDM balsti parasti atstāj pēdas uz virsmas.
thermistor	termistors	Siltuma sensors. Izmanto karstā gala un sildvirsmas temperatūras pārbaudei un regulēšanai.
under-extrusion	nepietiekama ekstrūzija	3D drukāšanas problēma, kas rodas, ja caur sprauslu tiek izspiests nepietiekams kvēldiega daudzums, kas izpaužas kā trūkstoshi slāņi/ drukātā modeļa daļas. Ja temperatūras iestatījumi ir pareizi, cēlonis parasti ir aizsērējusi sprausla.
	Iterācija	process, kurā kaut kas tiek atkārtots ar nelielām izmaiņām vai uzlabojumiem, lai pakāpeniski sasniegtu labāku rezultātu. Vienkārši sakot: uzlabošana soli pa solim. Piemērs no 3D drukas: <i>Tu izdrukā detaļu → redzi, ka kaut kas jāuzlabo → pārveido dizainu → izdrukā vēlreiz → vēl viens uzlabojums → un tā tālāk. Katrs šāds solis ir viena iterācija.</i>
	Cosplay	ir saīsinājums no angļu vārdiem <i>costume play</i> (tulk. “tērpu spēle”). Tas ir hobijs vai kultūras kustība, kur cilvēki ģērbjas kā iemīļoti tēli no: filmām, videospēlēm, komiksiem, anime, seriāliem utt. <i>Cosplayeri</i> bieži piedalās pasākumos, konvencijās, konkursos vai vienkārši izpauž savu radošumu, veidojot tērpus, ieročus un aksesuārus paši.

BUJ (FAQ)

Kas ir 3D druka?

3D drukāšana ir automatizēts process, kas ļauj izgatavot reālus fiziskus objektus, pamatojoties uz digitāliem datiem (3D modeli).

Cik maksā 3D printera darbība?

Visaugstākās izmaksas rodas no materiāla (kvēldiega). Viena objekta drukāšanas cena galvenokārt ir atkarīga no tā svara. 1 kg kvēldiega parasti maksā aptuveni 20 – 30 USD. Enerģijas patēriņš ir līdzīgs 100 W spuldzes patēriņam. Parasta 3D printera apkope ir diezgan lēta un parasti maksā mazāk nekā pāris desmitus dolāru.

Kam 3D druka ir piemērota?

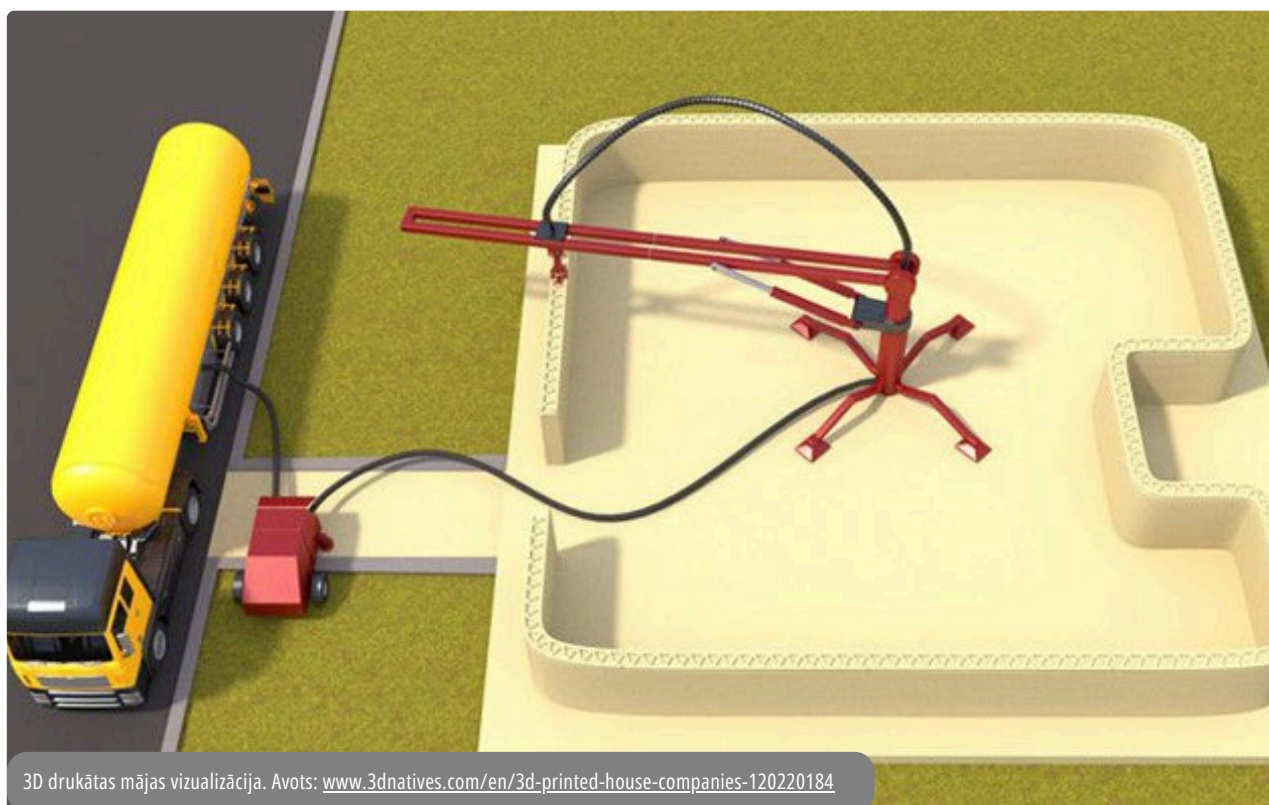
Ir grūti nosaukt visus pielietojumus – ātrā prototipēšana, pielāgotu modeļu izgatavošana, mazo sēriju ražošana, zobārstniecība, “dari pats”... ir tik daudz jomu, kurās var izmantot 3D drukāšanu!

Vai FFF 3D drukāšana tiek uzskatīta par videi draudzīgu?

3D druka ir papildinošās ražošanas metode, kas nozīmē, ka materiāls tiek pievienots tukšai virsmai, lai izveidotu objektu. Tieši pretējā metode ir atņemšanas ražošana, kurā materiāls tiek noņemts no esoša objekta (piemēram, koksnes apstrādē). Tas nozīmē, ka 3D druka rada mazāk atkritumu. Vēl viena priekšrocība ir tā, ka, izmantojot 3D druku, varam salabot lietas, kuras citādi tiktu izmestas. Pieejami arī pārstrādāti PLA un PETG materiāli, kas izgatavoti no 100% pārstrādāta PLA un PETG.

Vai ir iespējams izdrukāt māju?

Jā, jau ir bijuši vairāki veiksmīgi mēģinājumi, izmantojot betonu vai līdzīgus materiālus. Tas darbojas tāpat kā 3D drukāšana ar plastmasu.



Vai 3D printeri var izdrukāt cilvēka orgānus?

Vēl ne. Tomēr zinātnieki no visas pasaules smagi strādā, lai tas būtu iespējams. Ziņas par šo tēmu tiek publicētas gandrīz katru dienu. Problēma (un izaicinājums) ir fakts, ka cilvēka orgāni ir neticami sarežģīti un atkarīgi no citiem orgāniem. Zinātnieki pagaidām koncentrējas uz audu drukāšanu mazāk sarežģītiem orgāniem.

Vai varu drukāt objektus, kas ir lielāki par drukas virsmu?

Jā, modeli var sagriezt gabalos un pēc drukāšanas tos salīmēt kopā.

Kāda ir atšķirība starp SLA un FFF tehnoloģijām?

FFF (vai FDM) 3D drukāšanā kā izejmateriālu izmanto kvēldiegu – plastmasas pavedienu. Materiāls tiek izkausēts un ekstrudēts caur sprauslu, kas ir ekstrūdera daļa. Savukārt SLA drukāšanā ir izmantota šķidru sveķu sacietēšana, izmantojot UV gaismu. Uz FFF 3D printeriem drukātiem objektiem ir vairāk redzamu slāņu salīdzinājumā ar SLA. No otras puses, SLA drukāšanai ir dažādi trūkumi, piemēram, šķidru sveķu izmantošana, kas ir potenciāli kaitīgas ķīmiskas vielas.

What kind of material is used for FFF 3D printing?

Dažādi plastmasas veidi, dažos gadījumos ar piedevām. Vispopulārākie un visbiežāk izmantotie pavedieni ir PLA un PETG. Tomēr jūs varat izvēlēties no plaša klāsta modernāku (izturīgāku) materiālu, piemēram, ASA, PC oglekļa šķiedras un neilona.

Cik ilgs laiks nepieciešams drukas darbam?

Vienkāršs jautājums, uz kuru ir grūti atbildēt. Tas ir atkarīgs no daudziem dažādiem faktoriem: galvenokārt tas ir drukātā objekta izmērs, bet arī aizpildījuma blīvums, perimetru skaits, apakšējie un augšējie apvalki, sprauslas diametrs, slāņa augstums, modeļa sarežģītība, balstu skaits un citi faktori. 5 cm augstas figūras drukāšana aizņems apmēram stundu. Tomēr ar lieliem un sarežģītiem objektiem var viegli aizņemt desmitiem stundu drukāšanas. Lielākā daļa griešanas lietotņu var novērtēt kopējo drukāšanas laiku.

Ko darīt ar tukšām kvēldiega spolēm?

Izmetiet tās plastmasas atkritumu tvertnēs. Diemžēl (vairāku iemeslu dēļ) nav iespējams atpirkt tukšās spoles no klientiem. Ja nevēlaties tās izmest, varat tās izmantot dažādiem projektiem – skatiet mūsu rakstu vietnē: prusa.io/spools.

Vai ir iespējams izdrukāt ēdienu?

Pārsteidzoši, bet jā! Jums būs nepieciešams speciāli modificēts 3D printeris (RepRap saimē to ir vairāki), un jūs varēsiet drukāt ar šokolādi vai pat pankūku mīklu tieši uz pannas.

Vai es varu izdrukāt krūzi vai šķīvi un izmantot to dzeršanai un ēšanai?

Jā, bet ir pāris lietas, kas jāpatur prātā! PETG un PLA ir nekaitīgas plastmasas, kas var nonākt saskarē ar pārtiku. Tomēr nav ieteicams lietot apdrukātus priekšmetus ēšanai vai dzeršanai, vispirms tos neapstrādājot. Nelielas spraugas slāņos ir ideāli piemērotas baktēriju uzkrāšanai, un šīs daļas ir gandrīz neiespējami labi notīrīt. Pirms sākat lietot apdrukātu krūzi, pārklājiet tās malas ar pārtikas produktiem drošu epoksīdsveķu sveķiem.

Kā izmērīt 3D printera ātrumu?

Lai gan daudzi 3D printeri apgalvo, ka drukā neticamā ātrumā, patiesībā šie reklamētie skaitļi galvenokārt ir teorētiski. Lai precīzi novērtētu 3D printera ātrumu, ieteicams lejupielādēt ražotāja datu griezēju un pārbaudīt laiku, ko tas aprēķina jūsu vēlamajiem iestatījumiem. Visuzticamākais veids, kā salīdzināt 3D printerus, joprojām ir to uzticamības vēsture un kopienas atsauksmes.

Vai ir iespējams 3D drukāt ieroci?

Teorētiski, jā. Ja veltīsiet laiku pēcapstrādei, tas var izskatīties pat diezgan reāli. Vai jūs ieliktu īstu lodi plastmasas pistolē un nospiestu sprūdu? Nē? Arī mēs to nedarītu! Plastmasas pistole, visticamāk, sašķīstu jūsu rokā un jūs savainotu. Turklāt šo pistoli nebūtu iespējams iznest caur metāla detektoru, jo lodes čaula tik un tā iedarbinātu trauksmi. Tātad, varbūt jūs domājat: "Kā būtu ar metāla pulvera izmantošanu (SLS druka)?" Jā, tas būtu teorētiski iespējams. Tomēr šis scenārijs ir pilnīgi bezjēdzīgs augsto ražošanas izmaksu dēļ. Ja jūs kāda iemesla dēļ vēlaties izgatavot pistoli mājās, vienkārša virpa ir vairāk nekā pietiekama.

Basics of 3D Printing with Josef Prusa

Ondřej Stříteský

Published by:

Prusa Research a.s.

Partyzánská 188/7a

170 00 Prague

Czech Republic

Co-authors:

Josef Průša, Martin Bach, Štěpán Feik

Graphic design and typesetting:

Petr Memory Dragoun, Dagmar Karochová

Translated by:

Jan Olejník

Materiālu tulkoja un sagatavoja latviešu valodā:



SIA Tomega

Vēsma Cielava

Edgars Timofejevs

Ilze Kondrāte