



Co-funded by  
the European Union

# ROBOOTIKA BIOTEHNOLOOGIA S



**BIOS4YOU**  
**AR 2.0**

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS  
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





# SISUKORD

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Õppetee kaart</b>                                            | <b>4</b>  |
| <b>Biooniline käsi – ülevaade</b>                               | <b>5</b>  |
| Modelleerimine ja disain                                        | 6         |
| 3D-printimine                                                   | 8         |
| "Lihased" tõmbavad "kõõluseid"                                  | 8         |
| Liikumise programmeerimine ja juhtimine                         | 9         |
| <b>3D-printimise põhimõtted ja 3D-modelleerimine</b>            | <b>11</b> |
| 3D-printerid                                                    | 11        |
| 3D-printimise protsess                                          | 12        |
| 3D-modelleerimine                                               | 14        |
| Täiustatud AR-iga                                               | 15        |
| <b>Modelleerimistarkvara ülevaade</b>                           | <b>16</b> |
| AutoCAD tarkvara                                                | 16        |
| Fusion 360 tarkvara                                             | 16        |
| Blenderi tarkvara                                               | 17        |
| TinkerCadi tarkvara                                             | 19        |
| <b>Modelleerimiskontseptsioon ja põhilised manipulatsioonid</b> | <b>20</b> |
| TinkerCadi programmi simulatsioon                               | 21        |
| Täpse mudeli loomine                                            | 23        |
| Täiustatud AR-iga                                               | 30        |
| <b>Sõrmede liikuma panemine</b>                                 | <b>31</b> |
| Ülevaade                                                        | 31        |
| Arduino UNO mikrokontroller                                     | 32        |
| Arduino UNO Tinker CAD-is                                       | 33        |
| Programmi arendamine                                            | 34        |
| Edasi liikumine                                                 | 36        |
| Omal käel alustamiseks...                                       | 37        |
| Soovituslik lugemine                                            | 37        |
| AR-põhised liikumissimulatsioonid                               | 38        |
| <b>Täiustage AR-iga</b>                                         | <b>38</b> |
| AR-tööriistade integreerimine: Tinkercad AR Viewer              | 38        |
| AR-tööriistade integreerimine: Merge Cube                       | 38        |
| AR-tööriistade integreerimine: BlippAR                          | 39        |
| AR-tööriistade integreerimine: Sketchfab AR                     |           |



# Õppetee kaart

|                                                              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ÕPPETEEKONNA ÜLDINE TEEMA                                    | Teema | Robotika biotehnoloogias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Õppeüksuse täpne nimetus                                     |       | Bioonilise käe ehitamine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Sihtrühma vanus                                              |       | 14–18 aastat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Õppijale esitatavad nõuded                                   |       | Füüsika, matemaatika, IT ja bioloogia põhiteadmised                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Õppeüksuse kirjeldus                                         |       | <p>Lõpptulemusena valmib bioonilise käe prototüüp. Siin tutvuvad õpetajad ja õpilased biooniliste manipulaatorite põhimõtete, 3D-printimise ja 3D-modelleerimise tehnikatega, mikrokontrolleri visuaalse/graafilise programmeerimise ja biooniliste sõrmede liigutamise oskusega vastavalt kasutaja nuppudele.</p> <p>Õpikogemuse täiustamiseks integreeritakse liitreaalsuse (AR) tööriistad, näiteks Tinkercad AR Viewer, BlippAR ja Merge Cube. Need tööriistad võimaldavad õpilastel visualiseerida bioonilise käe sisemisi mehhanisme, simuleerida sõrmede liigutusi virtuaalselt enne füüsilist kokkupanekut ja saada reaalses tagasisidet oma disainilahenduste kohta.</p> <p>Praktilised harjutused hõlmavad järgmist: Tinkercadi 3D-graafika modelleerimine; osalemine 3D-printimise protsessis; Arduino mikrokontrollerite praktiline programmeerimine ja sõrmeliigutuste testimine AR-simulatsioonide abil; katsetamine konstrueeritud biooniliste käeosadega, mida täiustab reaalses AR-tagasiside komponentide toimivuse kohta.</p> |
| Teema: Asjaosalised                                          |       | Matemaatika, füüsika, infotehnoloogia, bioloogia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Märksõnad                                                    |       | Bioonika, 3D-modelleerimine, 3D-printimine, Arduino, robotika, liitreaalsus, mikrokontrollerid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Peamised omandatavad kvalifikatsioonid, oskused ja teadmised |       | Probleemide lahendamine, disainimõtlemine. Teadmised biooniliste ja robotmanipulaatorite kohta, teadmised 3D-printimise põhimõtetest ja AR-täiustatud visualiseerimistehnikatest. Teadmised erinevatest 3D-modelleerimistarkvara tüüpidest. Oskused AVR-kontrollerite 3D-modelleerimiseks ja visuaalseks programmeerimiseks. Praktiline kogemus AR-tööriistade kasutamisel disaini täpsuse ja funktsionaalsuse parandamiseks.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Kasutatud ressursid ja didaktilised abivahendid              | ja    | Veebipõhised ressursid, uurimistööd, liitreaalsuse platvormid                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Hindamiskriteeriumid ja hindamine                            | ja    | <p>Kontseptuaalsete teadmiste, tehniliste võimete ja probleemide lahendamise oskuste eri tasemete hindamine.</p> <p>3D-modelleerimise täpsuse, programmeerimise efektiivsuse ja liitreaalsuse (AR) tööriistade rakendamise hindamine prototüübi väljatöötamise täiustamiseks.</p> <p>Vastastikused hinnangud ja eneseanalüüsid liitreaalsuse mõju kohta õppeprotsessis.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |



# Biooniline käsi – ülevaade

Esimene üldmulje robotitest – see on mingi tehismasin, mis sarnaneb inimkehaga ja toimib sarnaselt meiega. Me isegi eeldame, et nad räägivad meiega ja mõistavad meid. Seetõttu nimetatakse selliseid roboteid humanoidideks. Tegelikult kasutatakse tööstuses palju lihtsamaid mehaanilisi roboteid. Tavaliselt teevad nad ainult ühte või mõnda toimingut (nt. toodavad toodet ühelt töotajalt teisele), kuid üldised tööpõhimõtted on samad.



*Joonis 1: Bioonilise käe näide*



*Joonis 2: Robothumanoid*

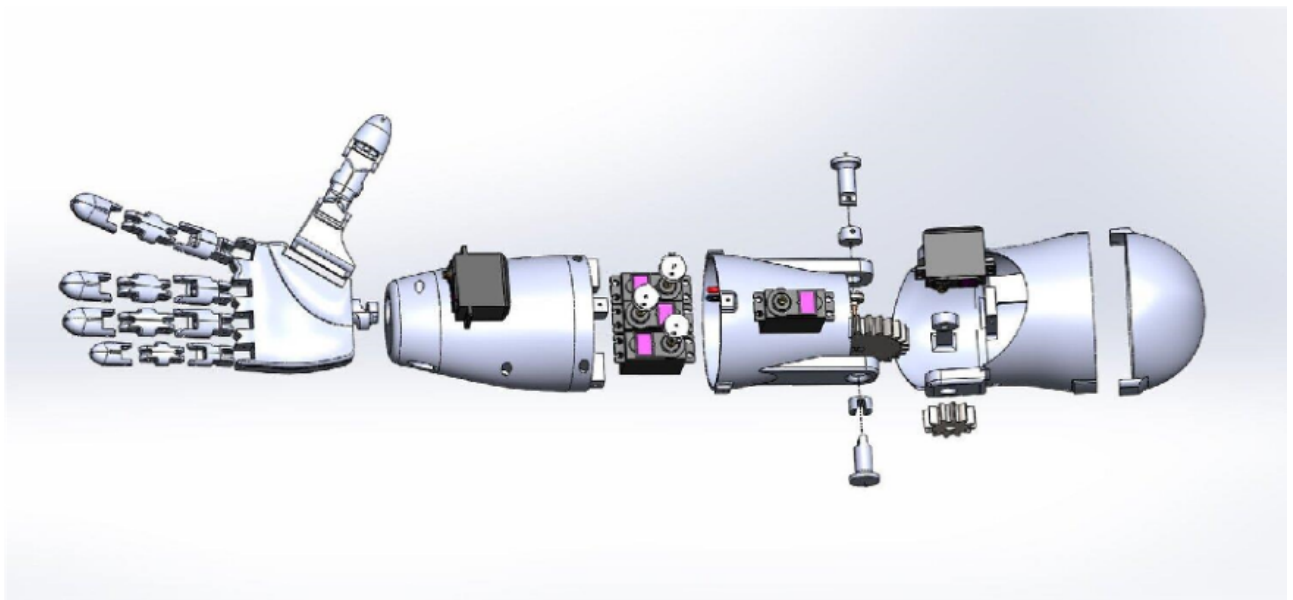


Olukord ei tundu nii keeruline, kui see osadeks jagada ja seestpoolt vaadata – hiljutised tehnoloogilised saavutused võimaldavad meil ise bioonilise käe luua (DIY = „tee seda ise“):

- Bioonilise käe „kehaosad” saaks toota 3D-printeri abil;
- Selle sees peaks olema ruumi mehaaniliste ja elektrooniliste komponentide jaoks; need „kereosad” on tavaliselt projekteeritud 3D-modelleerimistarkvara abil;
- Liigutused teostatakse väikeste mootorite („lihaste”) abil, mis tõmbavad käe külge kinnitatud jooni/nööre („kõõluseid”);
- Mootoreid juhib tarkvaraprogramm, mis töötab mikrokontrolleril.

Arusaamise parandamiseks saavad õpilased liitreaalsuse (AR) abil uurida bioonilise käe sisemist struktuuri. AR-mudelite abil saavad õpilased visualiseerida, kuidas mootorid, kõõlused ja andurid omavahel suhtlevad, et jäljendada inimese käe liigutusi.

- Liikumisi võivad käivitada inimkehas olevad elektriimpulsid – need impulsid tuvastatakse ja edastatakse mikrokontrollerile.

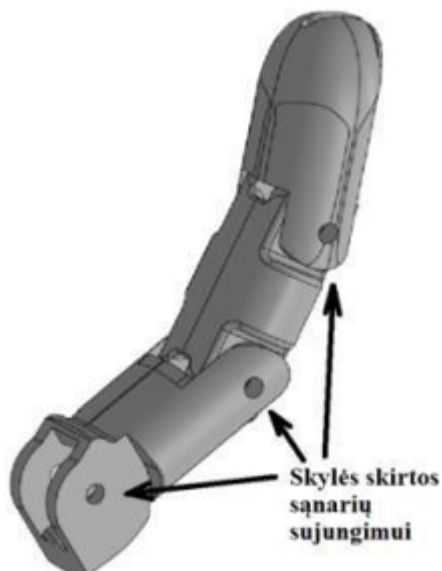


*Joonis 3 Bioonilise käe peamised osad ja komponendid*

Järgnevad teemad aitavad meil paremini mõista, kuidas neid samme ellu viiakse, ja isegi proovida neid ise.

## Modelleerimine ja disain





Joonis 4: Sõrme koostis

Alguses piirdume lihtsamate liigutustega – ainult kahe kõrvuti asetseva sõrmeosa vahelise pöörlemisega. Keelte liigutamiseks kehas peaks olema piisavalt takistusteta ruumi ja võimalus neid paigaldada.

(kõik sisemised osad) mugavalt. Seega eeldatakse, et „kehaosa” koosneb kahest tükist, millel on telgede augud ja ruumilised nihked erinevate „kehaosade” kokkuühendamiseks.

Sõrmede modelleerimise algkuju on pooleks lõigatud silindrid. Osad peavad osaliselt kattuma, et neid saaks üksteise külge kinnitada või pöörleva ühenduse luua.

Sõrmede sees pole piisavalt ruumi mootorite paigutamiseks (või võivad sellised mikromootorid liiga palju maksta), seetõttu liigutatakse sõrmeosi nõõride abil ja mootorid paigutatakse tavaliselt bioonilise käe randmesse või õlavarreosasse.



Joonis 5 Sõrme eraldatud osad

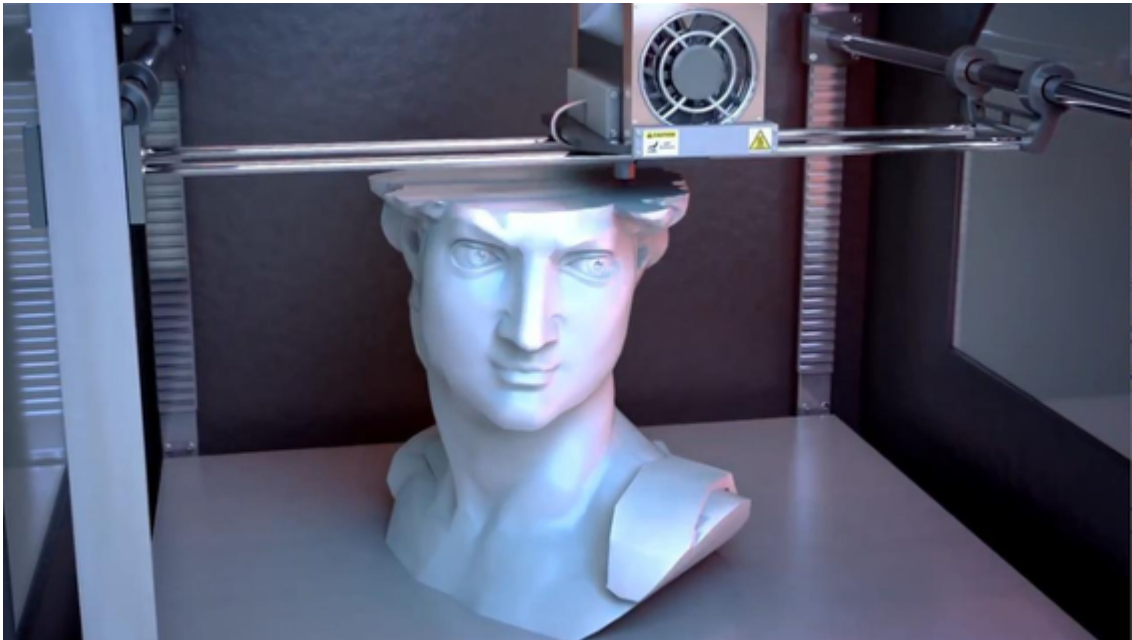
Seega peame esialgu tootma kõik bioonilise käe vajalikud osad. Selleks on esimene samm nende osade mudelite loomine. Seejärel kasutatakse saadud mudeleid 3D-printerite juhifailide genereerimiseks, mis aitavad meid tootmisprotsessis.



## 3D-printimine

Üldiselt võimaldab 3D-printimise tehnoloogia luua peaaegu iga kujuga objekte. Tehnoloogia arenes välja tindipriksiprintimisest: sulatatud plastik (tindi asemel) pihustatakse kiht kihi haaval vastavalt juhifailile ja see muutub toatemperatuuril tahkeks. Lisaks mainitud 3D-printimise viisile on veel mitmeid tehnoloogiaid, mis võimaldavad klientidel toota detaile erinevatest materjalidest, nagu metall, betoon, kumm jne.

Näiteks spetsiaalses 3D-printimistehnikas metalldetailide tootmiseks tekitatakse metallobjekt liivatolmust; metall sulatakse laseriga kuumutatud tahkeks objektiks.



*Joonis 6 3D-printimise tehnoloogia võimaldab luua peaaegu iga kujuga objekte*

## "Lihased" tõmbavad "kõõluseid"

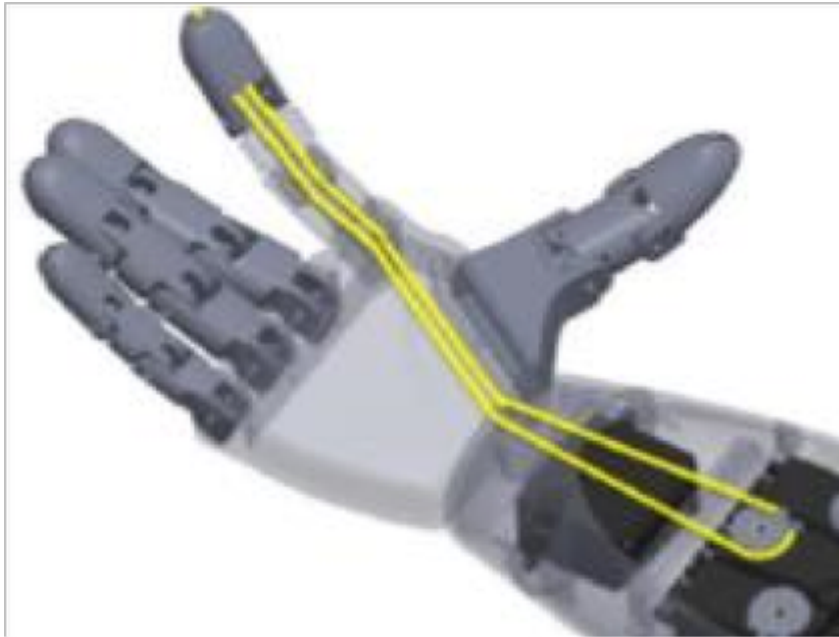
Robotkäe liikumine on väga sarnane inimese käe liikumisega. Lihased tõmbub kokku, kui

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



sellest läbi läheb elektrivool.<sup>1</sup>See tõmbab külgneva kehaosa külge kinnitatud kõõluseid. See pöörleb ümber liigese, mis ühendab neid kahte kehaosa.



*Joonis 7Mehaanika, mis liigutab bioonilise käe sõrme*

Roboti puhul näeb see välja sarnane – mootor tõmbab nööri. Vastupidise liikumise teostamiseks on kaks alternatiivi:

- vedru, mis sunnib kehaosa algasendisse;
- kahe nööriga süsteem, mis tõmbab kehaosa mõlemas suunas.

Igal juhul teostatakse liikumist spetsiaalsete mootorite abil, mida nimetatakse servomootoriteks (või servotäiturmehhanismideks). Need digitaalsed seadmed liiguvad ja peatuvad ainult teatud asendites - erinevalt pidevalt pöörlevatest mootoritest.

## Liikumise programmeerimine ja juhtimine

Bioonilise käe mootorite sihtasendi määrab mikrokontroller – väike „arvuti“, mille sees on tarkvara.

Tarkvara juhib liikumist mitmel olulisel moel:

- see programm on korduv peaaegu lõputult (nt kuni on täidetud eritingimus või toide välja lülitatud);
- programm kontrollib mio-sensorit (lihassensorit), et teada saada, millal (ja millist)

<sup>1</sup>Lihaste kokkutõmbeid kontrollivad väga väikesed elektrilised impulsid, mida saab mõõta spetsiaalsete anduritega. Need impulsid tulevad ajast ja neid saab kasutada bioonilise käe juhtimiseks, mis on kinnitatud õnnetuse käigus kaotatud käe asemele.



nööri tõmbama hakata;

- kui me teame ette, millist objekti me oma bioonilise käega haarata tahame, siis saame mootorile anda juhiseid sihtmärgi asukoha kohta;



*Joonis 8: Biooniline käsi, mis hoiab eset*

- Enamasti pole objekti kuju teada, sellisel juhul vajame sõrme otsas teist andurit, mis võimaldaks kontrollida jõudu, mitte pigistada objekti meie bioonilises käes.



*Joonis 9: Jõuandurid paigutatud sõrmeotstesse*

## 3D-printimise põhimõtted ja 3D-modelleerimine

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

\*Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



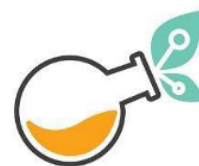
Enne füüsilise 3D-printimisega jätkamist saavad õpilased liitreaalsust kasutada oma mudelite eelvaatamiseks reaalses ruumis. Kasutades rakendusi nagu *Tinkercad* *AR* või *Ühenda kuup*, õppijad saavad tuvastada disainivigu, kohandada mõõtmeid ja optimeerida mudeleid, vähendades materjali raiskamist.

## 3D-printerid

3D-printimine on protsess, mille käigus muudetakse kolmemõõtmeline arvutimudel reaalseks asjaks. See on suhteliselt uus tehnoloogia, mis areneb kiiresti ning on üllatav oma võimaluste ja kohanemisvõime poolest. Kui kuni viimase ajani oli 3D-printimine tõeline läbimurre, siis nüüd rakendatakse neid tehnoloogiaid üha mitmekesisemas eluvaldkonnas. Prinditakse mitte ainult üksikuid osi, vaid ka masinate või majade konstruktsioone. Üha enam kasutatakse 3D-printimist meditsiinis. Hammaste, lõualuude ja muude luude või nende osade printimine ja paljundamine pole enam uusim avastus. Teadlased töötavad aktiivselt inimese nahakoe ja südame printimise ja kasutamise nimel. See aitab vältida doonororgani ootamist, vähendab organi äratõukereaktsiooni või nakkuse riski ning leevendab muid tegureid.



Joonis 10: Autoosade printimine 3D-printeriga





*Joonis 11: Maja ehitusjooniste printimine 3D-printeriga*

Printimiseks kasutatav materjal varieerub sõltuvalt mudeli otstarbest. Need materjalid arenevad koos tehnoloogia enda arenguga. Lihtne 3D-printimine toimub plastpooli sulatamise teel. Süsinikkiudu kasutatakse mustrite printimiseks, mis peavad olema äärmiselt kerged, kuid vastupidavad. Muud masina- või kodutööstuses kasutatavad materjalid, millele esitatakse eriti kõrged vastupidavuse, niiskuse jms nõuded. Meditsiinis oli inimorganite trükkimise innovaatoriks Rootsi ettevõtte Cellink, mis leiutas inimorganite trükkimismaterjali.

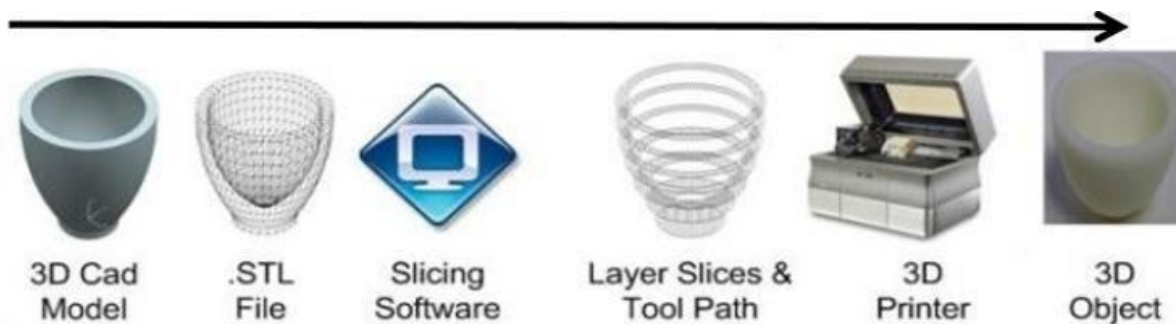


*Joonis 12: Elundite printimine 3D-printeriga*



## 3D-printimise protsess

Printimisprotsessi saab kujutada joonisel 13 kujutatud järjestusega:



*Joonis 13:3D-printimise protsess*

Kui modelleerimisprogramm on mudeli loonud, tuleb see salvestada \*.STL-vormingus. See vorming on mõeldud 3D-printimiseks. Sel viisil tunneb programm failis oleva teabe ära ja jagab mudeli ise kihtideks. 3D-printer alustab tööd alumisest kihist, täites kogu teabe. Seejärel liigub see järgmise kihi juurde, kuni kõik kihid on vertikaalselt printitud.

Printimisprotsessi mõistmiseks on vaja teada 3D-printeri põhikomponente.

Võib esineda olema mitmesugused printeri modifikatsioonid sõltuvalt vajadustest, tüübist, hinnast ja muudest kriteeriumidest. Põhiosad jäävad aga samaks. Vaikimisi koosneb selline printer materjalipoolist (1). See võib olla plastik, metall, klaas või muu. Samuti prindipea (2) kolimine risti- ja pikisuunas. Mudeli prinditavat kõrgust saab reguleerida libiseva tausta abil.

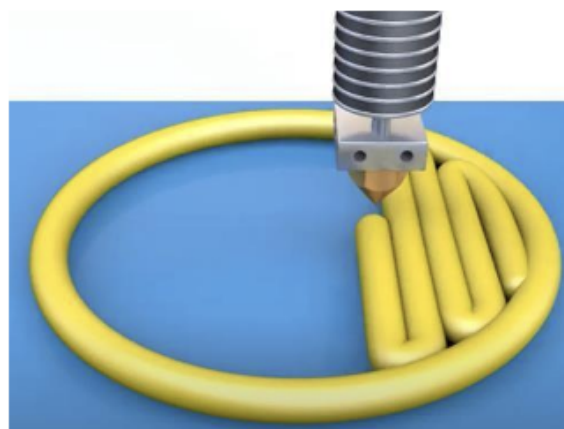
(Joonis 14).



*Joonis 14:3D-printer*

Kui mudel on kihtideks jagatud, alustatakse printimist kõige alumisest kihist. Pärast poolilt tuleva materjali (1) sulatamist prindib prindipea (joonis 15a) horisontaalselt ühe kihi (joonis 15b). Seejärel liigub edasi järgmise kihi juurde.





Joonis 15a Prindipea Joonis 15b: Üks kiht on trükitud

## 3D-modelleerimine

Teabe printerisse edastamiseks tuleb eset kõigepealt modelleerida. Oluline on märkida, et printer "loeb" teavet järjepidevalt, mitte nii, nagu meie seda näeme. See tähendab, et kui modelleerimise ajal joonistame joonele joone, näeme ainult ühte joont ja printer prindib esmalt esimese rea, seejärel samale kihile teise rea. See suurendab materjalikulusid ja tegelik mudel võib olla ebatäpne. Seetõttu on modelleerimisel vaja veenduda, et kihis ei oleks duplikaate, et joonekihi paksus ja muud parameetrid oleksid õigesti esitatud.

3D-modelleerimistarkvara valik sõltub paljudest teguritest. Nende hulka kuuluvad kasutaja arvutioskus, simulatsiooniprogrammi haldamise oskus, arvuti arvutusvõime, projekti keerukus, tarkvaralitsents jne. Litsentsitud ja avatud lähtekoodiga programme saab eristada tarkvara "saadavuse" järgi. Litsentsitud programmidel on palju rohkem valikuvõimalusi. Avatud lähtekoodiga programmid on kättesaadavad igale kasutajale, on operatsioonisüsteemide jaoks piisavalt mitmekülgsed, kuid neil on suurem tõenäosus tarkvaras endas mõne "vea" esinemiseks.

Kõige sagedamini kasutatavad modelleerimistarkvarad on toodud allolevas tabelis:

| Patenteeritud | Avatud lähtekoodiga |
|---------------|---------------------|
| AutoCad       | Blender             |
| Fusion 360    | TinkerCad           |

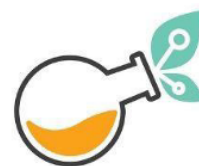


Üks suurimaid modelleerimistarkvara arendamisega tegelevaid ettevõtteid on Autodesk. See hõlmab AutoCadi, Fusion 360 ja Tinkercadi tarkvarapakette. Tinkercad on saadaval tasuta veebipõhise tarkvaratööriistade kogumina, mis on väga mugav koolides ja muudel õppe-eesmärkidel kasutamiseks. Autodesk pakub teenuseid nii äriklassidele kui ka õppe-eesmärkidel. Haridusasutused saavad toodetele litsentsi. See ei ole täielik tasuline tarkvarapakett, mis on mõeldud äriklassile, kuid uurimiseks, modelleerimiseks ja 3D-printimiseks mudeli ettevalmistamiseks piisab täiesti.

Iga tarkvaraversiooni uuendatakse ja täiendatakse pidevalt lisafunktsioonidega. Peamised eesmärgid on luua intuitiivne tarkvara, mida on kasutajal võimalikult lihtne õppida. Igaüks neist nõuab modelleerimiseks põhilist teoreetilist alust.

## Täiustatud AR-iga

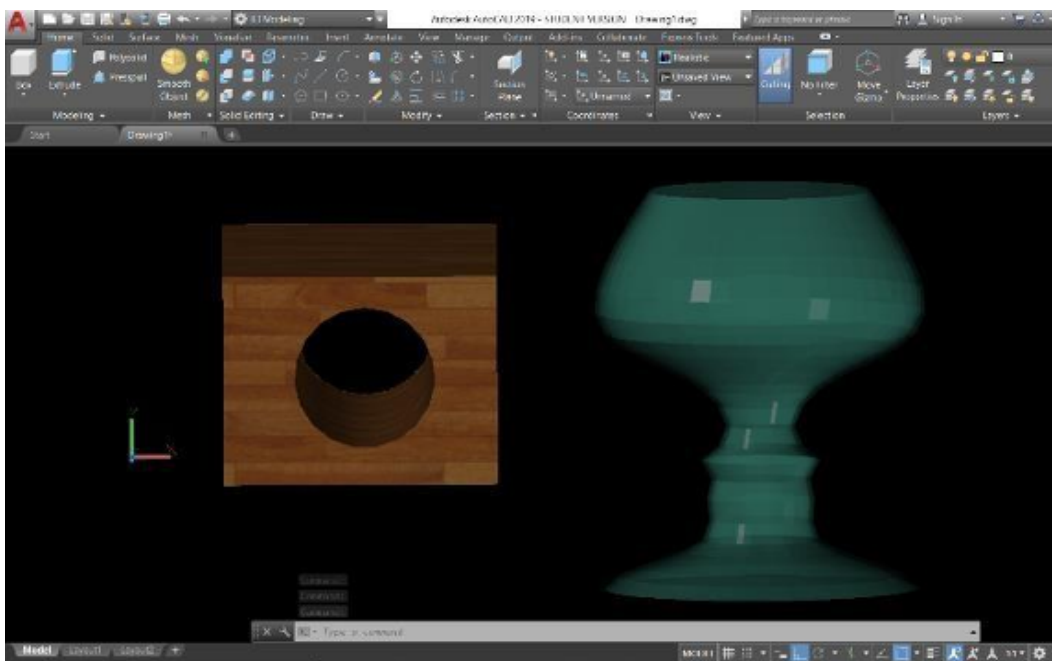
Pärast sõrmekomponentide modelleerimist Tinkercadis kasutage Tinkercadi AR Viewerit, et eelvaadata kavandeid reaalses keskkonnas. See võimaldab õpilastel tuvastada võimalikke disainivigu, kohandada mõõtmeid ja optimeerida mudeleid enne 3D-printimisega jätkamist, vähendades seeläbi materjali raiskamist ja parandades täpsust.



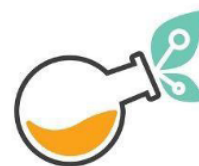
# Modelleerimistarkvara ülevaade

## AutoCAD tarkvara

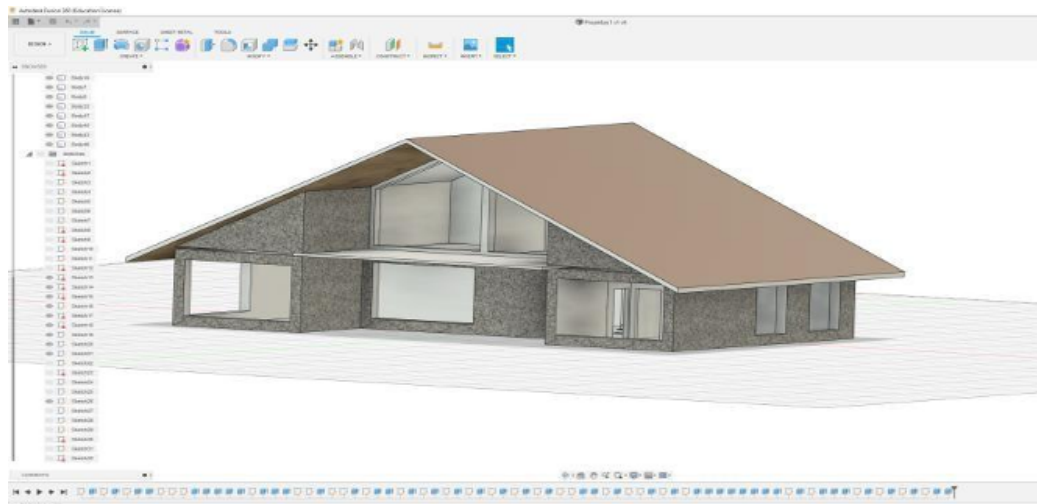
Programm on loodud kahemõõtmeliste ja kolmemõõtmeliste jooniste, diagrammide ja piltide modelleerimiseks. Tarkvaras on rakendatud arvukalt keskkondi. Need keskkonnad erinevad ainult menüüribal olevate tööriistaikoonide poolest. Kui teate funktsiooni nime, pole vahet, millises keskkonnas töötate. Programm suhtleb kasutajaga käsurea kaudu. Alates versioonist 2018 piisab kasutaja mugavuse huvides sellest, kui kursor on programmiaknas. Kui hakkate funktsiooni nime sisestama, pakub programm manipuleerimiseks võimalikke käskke. Selle programmi suur eelis on kolmemõõtmelisest mudelist lihtne projektsioonide genereerimine. Kui mudel on loodud, saab sellele määrata materjali või materjalide rühma. See programm ei sobi visualiseerimiseks eriti hästi, sest kõige realistlikuma pildi saamiseks kulub arvutusteks palju arvutiressursse – valgustuse, materjalide ja muude parameetrite reguleerimiseks.



*Joonis 16* AutoCadi rakenduskeskkond

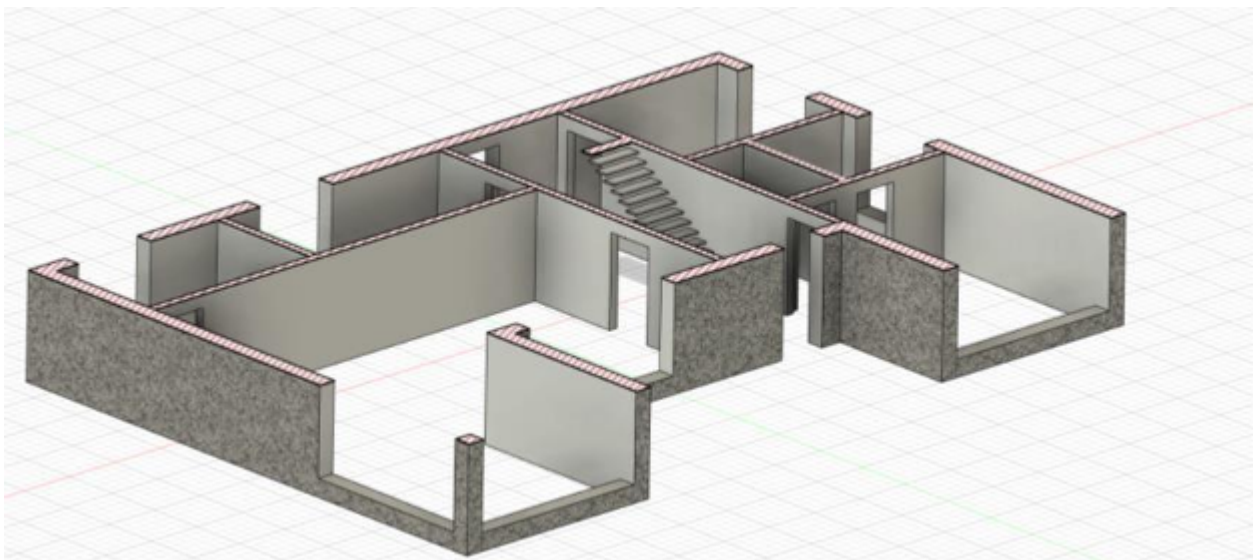


# Fusion 360 tarkvara



*Joonis 17: Fusion 360 rakenduskeskkond*

Fusion 360 on lihtsam ja vähem oskusi nõudev programm. Sellel on kõik samad tööriistad mis AutoCadil. Üks eeliseid on lihtsam materjalide kogumine. Loodud mudelit on lihtne üles laadida reaalse keskkonna fotole, mida on vaadatud igast küljest.

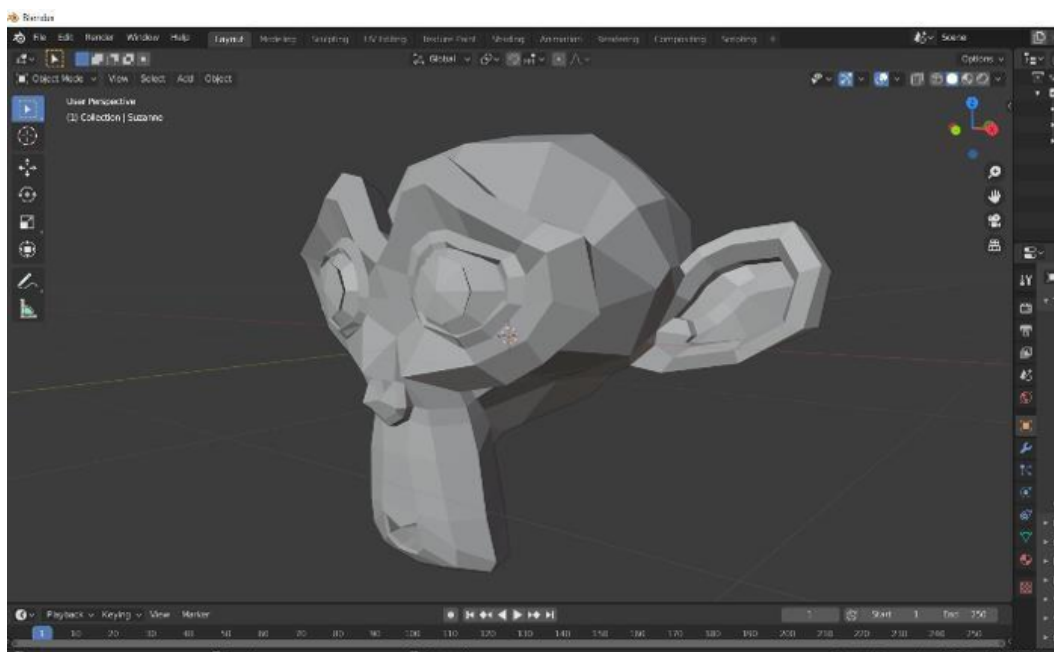


*Joonis 18: Mudeli vaade osade objektide "peitmise" teel*



## Blenderi tarkvara

Avatud lähtekoodiga programm 3D-modelleerimiseks ja animatsiooniks. Selle tarkvara peamine eelis on see, et see on tasuta ja lihtne paigaldada. Puuduseks on see, et sellega on üsna keeruline töötada, mis nõuab rohkem oskusi ja kogemusi. Ikoonid ei ole menüüribal paigutatud. Funktsiooni nime teadmine muudab selle otsingu abil hõlpsaks kutsumiseks. Sellel programmil on enamik ülaltoodud programmide eeliseid. Modelleerimist saab teostada mitmel meetodil. Üks viis on muuta kolmemõõtmelisi primitiive, nagu kuup, silinder, kera. Programmi eripäraks on animatsiooni võimalus. Võimalik on mitte ainult mudelit kujundada, vaid ka näha, kuidas see tegelikult liikuda saab. Näiteks käe konstrueerimisel võimaldab rakendus lisada piiranguid, nii et sõrmed saavad painduda ainult etteantud nurga all, mitte 360 kraadi. Teine eelis on materjali seaded. Programm keskendub 3D-animatsioonile, realistlike kujutiste saamiseks saab eraldada siidist materjali, juukseid, vett ja muid materjale. Nagu teistel simulatsiooniprogrammidel, on sellel võimalus eksportida fail \*.stl-vormingusse, mis on valmis 3D-printimiseks.

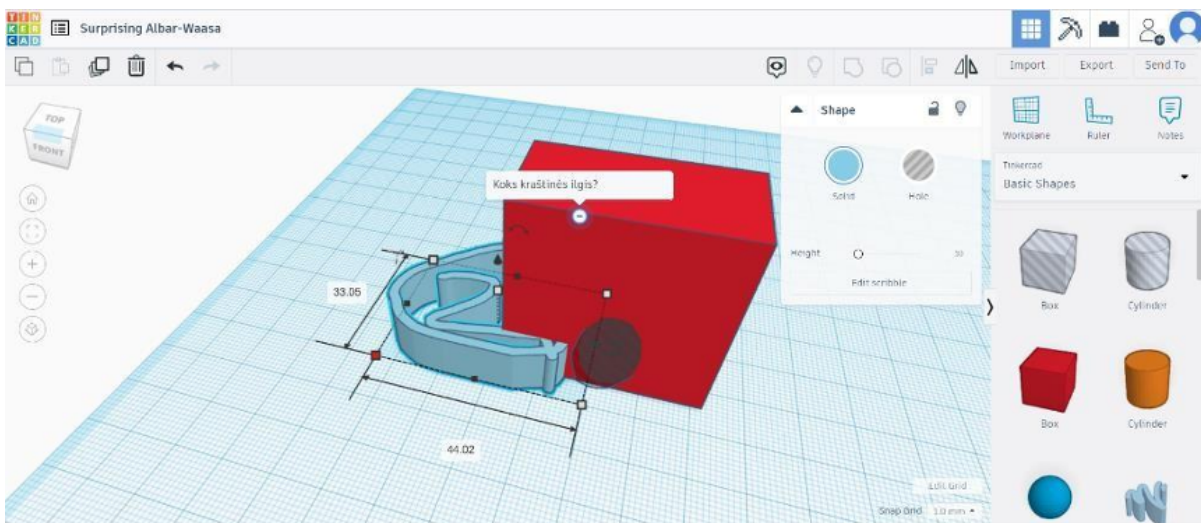


*Joonis 19: Blenderi tarkvarakeskkond*



# TinkerCadi tarkvara

Üks peamisi eeliseid ülaltoodud programmide ees on võimalus töötada võrgus. See on Autodeski tarkvarapakett, mis pakub litsentsiga palju lisatööriistu. Väikeste projektide jaoks on aga tootjate pakutavad tööriistad tasuta võrguversioonis täiesti piisavad.

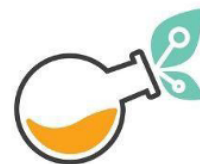


*Joonis 20 Tinkercadi rakenduskeskkond*

Programm sobib eriti hästi lastele, kuna kõik tööriistad on nähtavad ja selgelt arusaadavad. Sellel veebiversioonil on eelised. Õpetaja saab luua klasse ja õpetada kogu klassile. Projekte saab teha ka meeskondades, "kutses" projekti teise kasutaja. Teine väga mugav tööriist on kommentaarid. Neid saab nii kirjutada kui ka peita. Programm võimaldab importida juba loodud \*.STL-faile ja neid redigeerida. Mudeli üksikute plokkide redigeerimisel võib tekkida probleeme, kuna sellised plokiid on grupeeritud osade poolt "lukustatud".

## Seotud lingid

1. Auto osade 3D-printimine:  
<https://blogs.3ds.com/3dsmobility/wp-content/uploads/sites/13/2017/04/AdditiveManufacturing.jpg>
2. 3D-printimise protsess: <https://www.youtube.com/watch?v=qoBU0r7pT84>
3. 3D-printimise etapid:  
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/3d-printing-a-2014horizonwatching-trend-summary-report-9-638.jpg>
4. 3D-printer:  
<https://www.cleanpng.com/png-3d-printing-filament-3d-printers-aleph-objects->



[inc1348799/preview.html](http://inc1348799/preview.html)

# Modelleerimiskontseptsioon ja põhilised manipulatsioonid

Modelleerimise programmi valik sõltub eelkõige eesmärgist ja kasutaja oskustest.

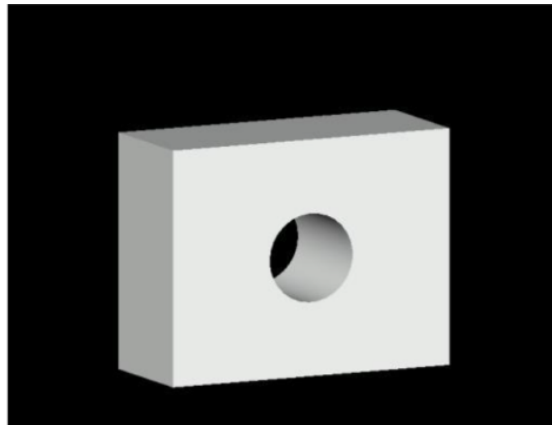
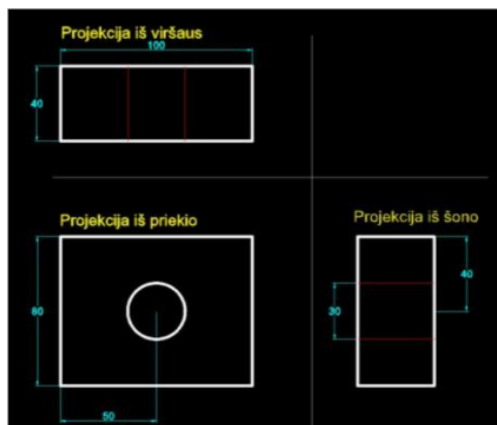
Enne modelleerimise alustamist peame mõistma kolmemõõtmelise ja kahemõõtmelise modelleerimise põhiprintsiipe ja erinevusi.

Kahemõõtmeline modelleerimine töötab tasapinnal. Teisisõnu, me modelleerime paberilehel, millele saame joonistada risti ja mööda seda. Disainikeeles tähendab see horisontaalset või vertikaalset joonistamist ehk x- ja y-telje suunda.

Kolmemõõtmeline modelleerimine erineb kahemõõtmelisest veel ühe telje poolest, mis tavaliselt näitab mudeli kõrgust. Seega kujundatakse kolmemõõtmelised mudelid x-, y- ja z-telgede suunas.

Mudeli loomisest ei piisa ainult ette kujutamisest, milline see peaks välja nägema. Vaja on selle konkreetseid mõõtmeid. Kolmemõõtmelise mudeli loomisel on vaja mõõtmisi x-, y- ja z-telgede suhtes. Teisisõnu, on vaja mudeli kirjeldust x-, y- ja z-projektsioonidega. Projektsioon on kahemõõtmeline tasapind, mis on joondatud risti kahe teljega, kusjuures kolmanda telje suund on meiega risti. Teine oluline punkt on nähtavate ja nähtamatute joonte tähistamine. Nähtav joon on selline serv, mida me vaatleja vaatepunktist näeme, seda ei kata keegi. Nähtamatu joon (joonisel 21 punane) on serv, mis vaatleja punktist vaadatuna on kaetud vaatlejale lähemal asuva tasapinnaga.

Projektsioonid on inseneride vaheline kokkuleppedokument, millel on lisaks joonistele ka mõõtmed. Selliste mõõtmetega jooniste abil on lihtne luua kolmemõõtmeline mudel mis tahes meile sobiva programmiga. Näiteks peate modelleerima teatud mõõtmetega kasti silindrilise auguga. Modelleerimiseks vajame kõigepealt mõõtmetega projektsioone. Alles seejärel saab seda täpselt modelleerida.



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

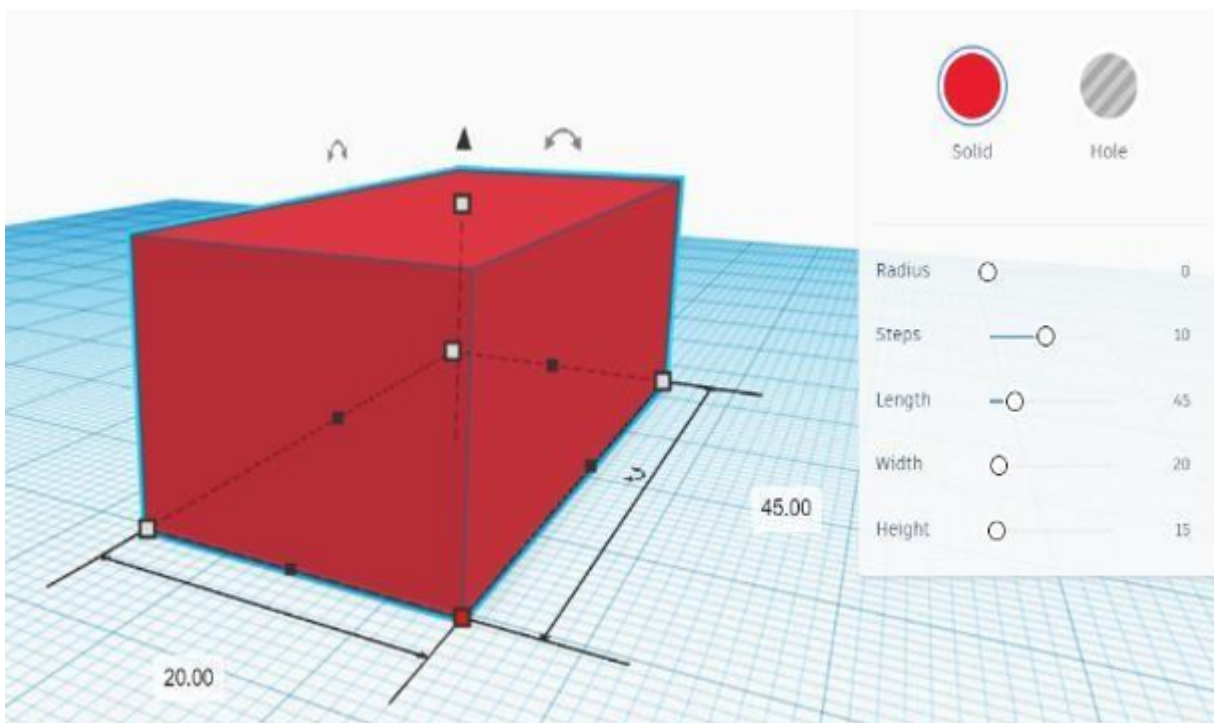


*Joonis 21* Detailprojektsioon koos mõõtetega ja selle kolmemõõtmeline mudel

## Tinkercadi programmi simulatsioon

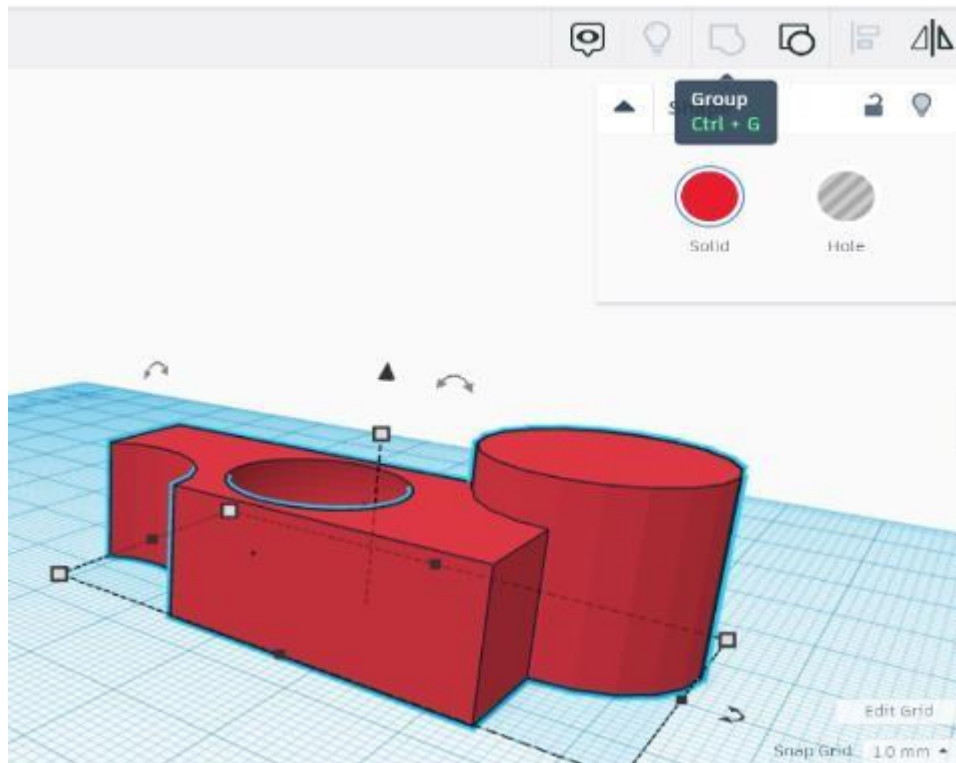
Simulatsiooniprotsessi mõistmiseks proovime avatud lähtekoodiga virtuaalprogrammi Tinkercad.

1. Klõpsake lingil <https://www.tinkercad.com/dashboard> Töölaua ettevalmistamiseks klõpsake nuppu „Loo uus kujundus“.
2. Lohistage kuup paremal asuvalt tööriistaribalt tühjale kohale. Akna vasakul küljel peab navigeerimistööriist (kuubikukujuline) olema seatud väärtusele „Ees“.



*Joonis 22:* Kuubi parameetrite muutmine

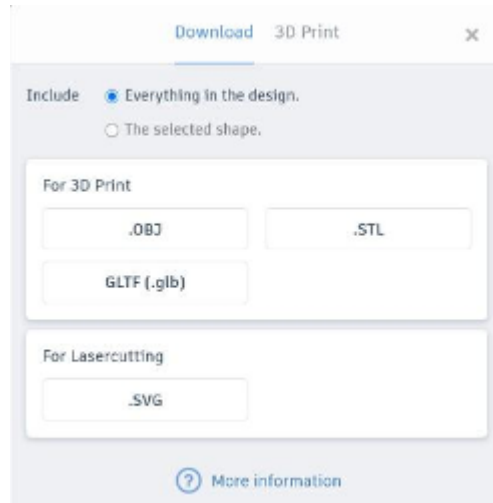




*Joonis 23* Stseenivaade pärast grupeerimist

3. Kuubi parameetrite muutmiseks avab sellel klõpsamine akna, mille kõrval on parameetrid (joonis 22).
4. Programm võimaldab valida erinevat tüüpi kujundite vahel. Võimalikeks säteteks on kumer mudel või süvend (või auk) selle kujul.
5. Vali sfääri tööriist, lae see kasti ülemisele tasapinnale ja määra parameeter „auk“. See annab meile kuubi sisse sfäärilise süvendi.
6. Aseta kaks silindrit kasti erinevatele servadele. Määra ühe omaduseks "tahke" ja teise omaduseks "auk". "Augu" tunnusele määratud kujundid näevad välja nagu klaas. Kuid see on ainult selle kujundi kujuteldav osa. Kasti aukude "lõikamiseks" tuleb kõik stseeni osad grupeerida.
7. Vali kõik stseenis olevad objektid ja seejärel funktsioon "grupeeri" (joonis 23).
8. Teil on vaja vaid eksportida ettevalmistatud mudel \* .stl faili (joonis 24). Saate valida kogu mudeli printimise või määrata kindlaks konkreetseid osi.
9. Samuti on võimalus mudel salvestada või otse printida. Tinkercadil on võimalus mitte ainult mudelit printida, vaid ka lasermasinaga lõigata.

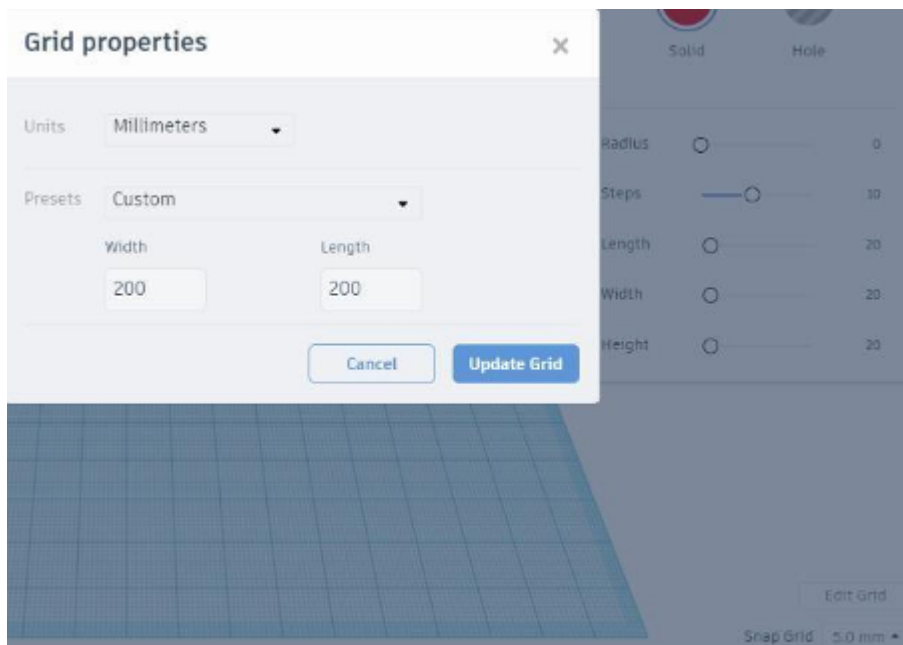




*Joonis 24:Faili eksportimine*

## Täpse mudeli loomine

Nagu näete, on Tinkercadi tööruumil horisontaalne platvorm, millel me mudelit kujundame. Selle aluse ruudustikku ja selle sammu on võimalik muuta. Sellest sõltub detaili liikumise samm (joonis 25).



*Joonis 25: Ruudustiku sammu muutmine*

Ruudustikul ei ole absoluutset koordinaatsüsteemi. See tähendab, et programm arvutab kujundi asukoha järgi



koordinaatide alguspunkt. Objekti lohistades arvutatakse kõrvalekalle eelmise asukoha suhtes.

Modelleerimisreeglite kohaselt projitseeritakse mudel XY-tasapinnale, mis langeb kokku maapinnaga. Teises suunas projitseerimiseks peate esmalt töötlustasandit muutama.

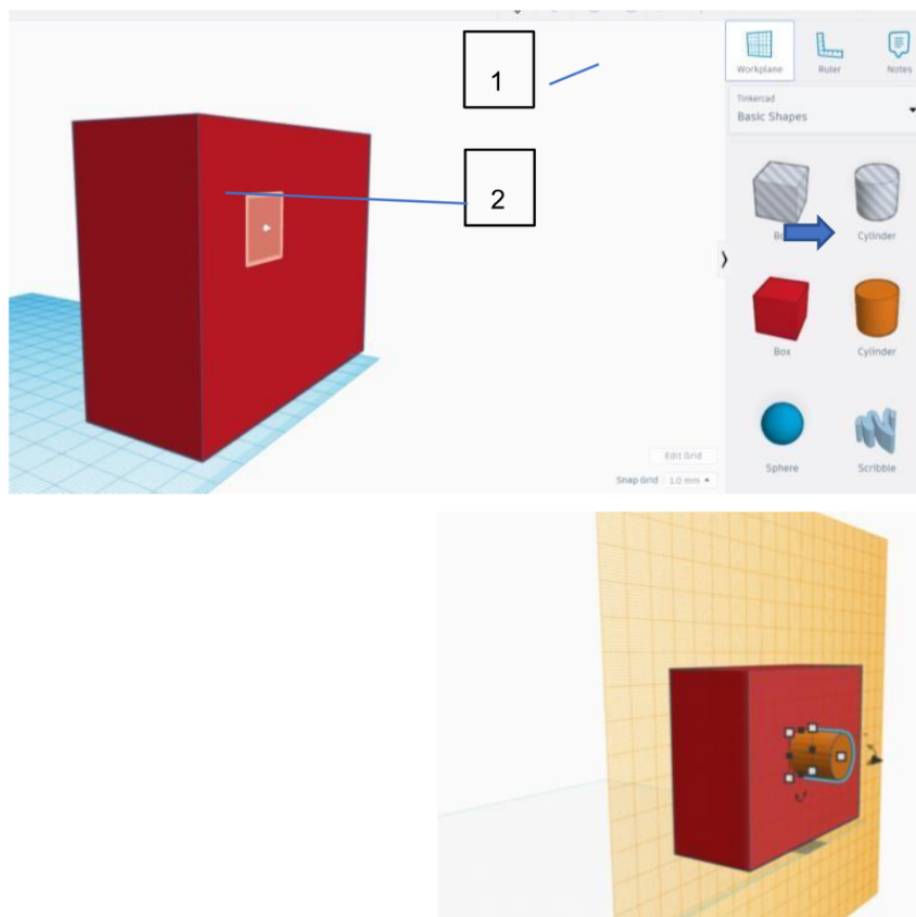
Proovime kujundada joonisel 26 (1) kujutatud mudelit.

1. Lohistame kuubi tööväljale ja määrame selle mõõtmed 40x100x80
2. Lohistage ka silinder stseenile. Kui märkate, langeb silindri taust töötlustasandiga kokku. Selle probleemi saab lahendada kahel viisil:

see Muutke töökeskkond kasti küljele

see Pöörake silindrit x-telje suhtes 90 kraadi

**Töötlemistasandi muutmine.** Valige ikoon "töötasapind" (joonis 26 (1)) ja klõpsake kasti seinal (joonis 26 (2)). Nüüd, kui silinder on välja tõmmatud, langeb selle alus kokku uue töötlustasandiga, mis tähendab kasti külgtasandiga.

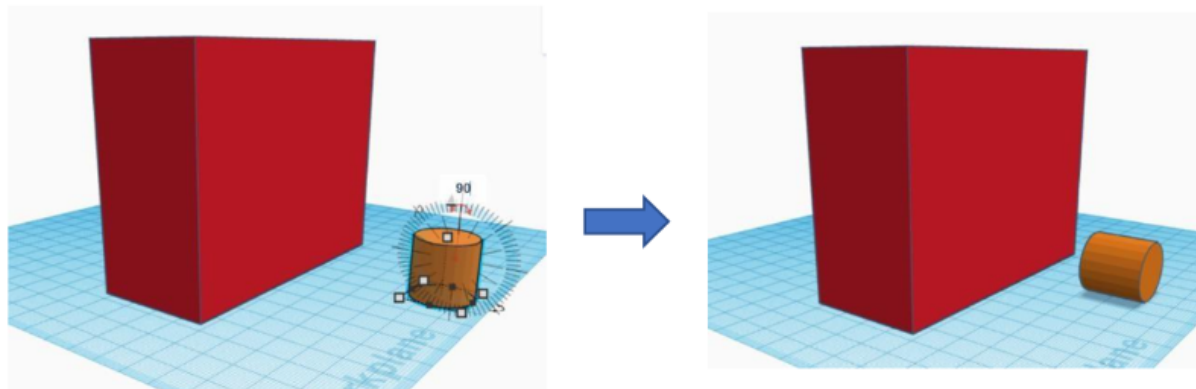


**Joonis 26:** Töötlemistasandi muutmine



**Silindri pöörlemine.** Lohistage silindrit ja valige see. Klõpsake nooltel, mis näitavad pöörlemist x-telje suhtes, ja määrake pöördenurgaks 90 kraadi.

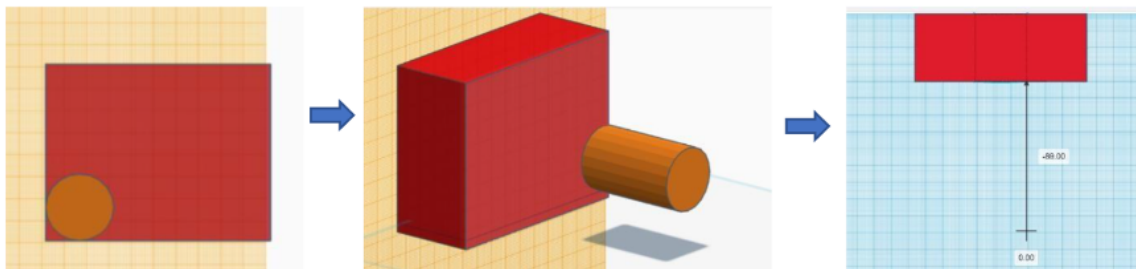
3. Silindri ava asukoht. Silindri teisaldamiseks kindlasse kohta peame töötlastasandit kasti küljele muutma. Seega on parem seda muuta enne silindri kuju lisamist.



*Joonis 27: Silindri pöörlemine x-telje suhtes*

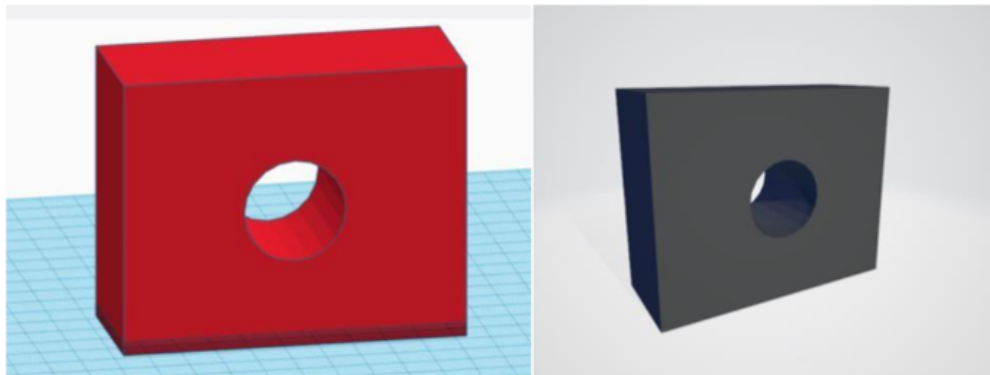
- Joonda mõlemad kujundid ühe servaga.
  - Liiguta silindrit 35 mm paremale ja 25 mm üles
  - Muutke töötlastasandit maapinnaks ja seadke navigeerimisriba ülespoole
  - Liigutage silindrit vertikaalselt ja kinnitage see kasti külge (joonis 28)
4. Nüüd, kui silinder on õiges kohas, saame kuju tüübi muuta „auguks“.
  5. Vali mõlemad kujundid, määrä „rühm“
  6. Ekspordi fail \*.stl-vormingusse

Joonis 29 näitab, kuidas lõplik mudel välja näeb TinkerCadi programmis (vasakul) ja \*.STL-failina (paremal).



*Joonis 28: Liikuv silinder*





*Joonis 29:Kasti teisendus*

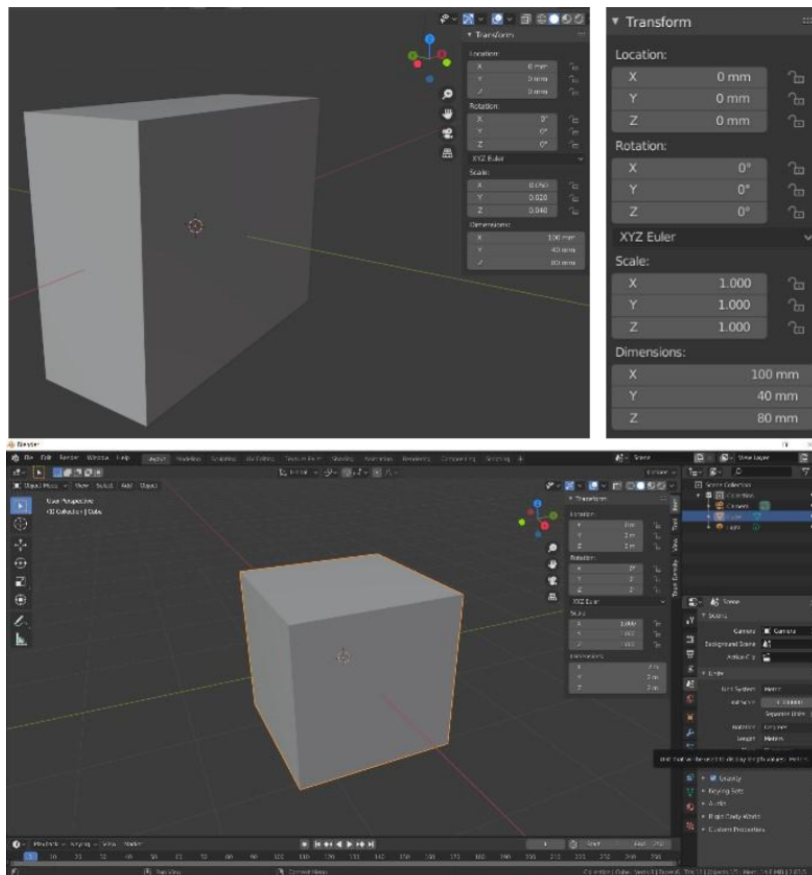
TinkerCad on algajatele mugav modelleerimisvahend. Keeruliste projektide jaoks on parem valida Blender.

Lühike ülevaade sellest, kuidas seda lihtsat mudelit Blenderi abil luua. Alusprogrammi vaikevaade on pildil 30. Vaikimisi kuju on kuup, ühikud – meetrid, pikkus 2 m.

Alustamiseks vajalikud sammud:

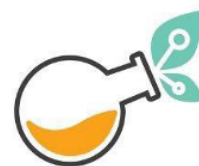
1. Muutke ühikud millimeetriteks
2. Muuda servade pikkust x-, y- ja z-teljel 40x100x80
3. Valige kujund ja vajutage CTRL+A ning valige **Skaala** Selle toiminguga määrasime kasti uue kuju vaikeväärtuseks.

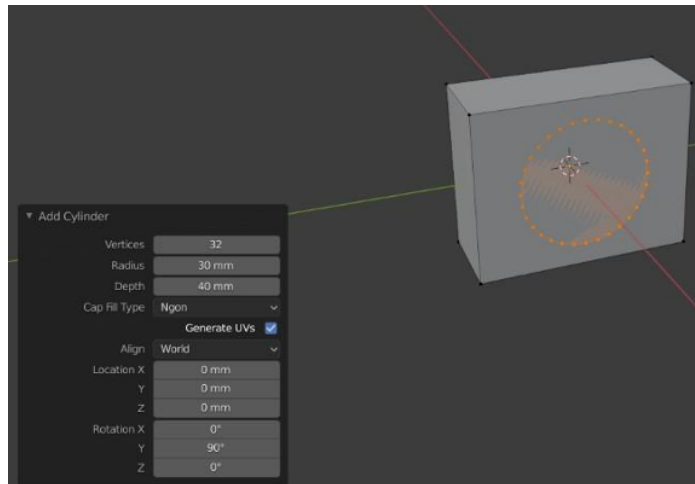




*Joonis 30: Lõplik mudel Tinkercad keskkonnas ja \*.stl failis*

4. Redigeerimisrežiimi lülitumiseks vajutage Tab-klahvi
5. Vajutage klahvikombinatsiooni SHIFT+A ja valige Silindrikuju.
6. See kuju on vaikimisi orienteeritud Z-telje järgi (joonis 31). Seega peame selle valikuid muutma:
  - Tausta raadius on 15 mm
  - Pööra Y-telje ümber 90 kraadi

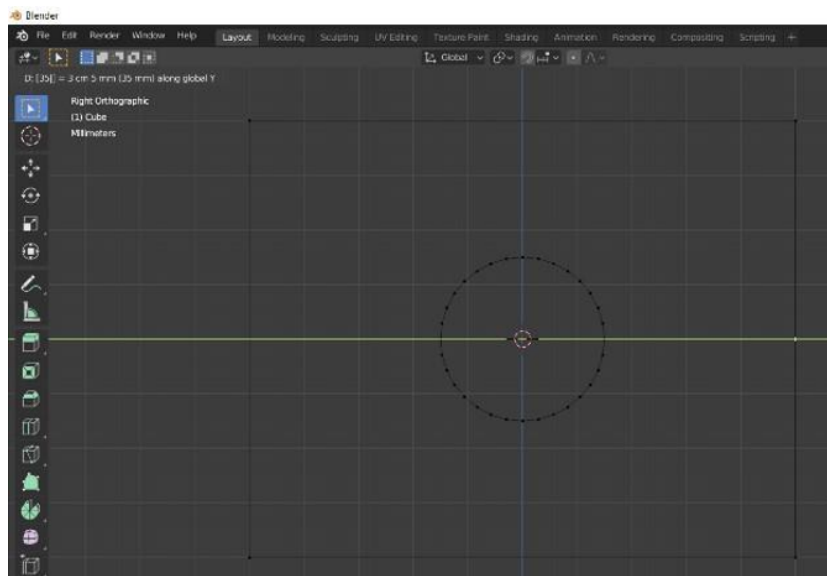




**Joonis 31:** Silindri valikud

Nüüd on meil kaks dubleeritud tasapinda – kasti ja silindri taust. Kustutage need tasapinnad (kaks kasti ja kaks silindri tausta).

7. Karbi ja silindri servade vahelise tasapinna loomiseks on vaja abiservi. Ringi läbimõõdu punkti ja karbi serva vaheline horisontaalne kaugus on lihtne arvutada. See on 35 mm. Valige ringi läbimõõdu punkt, vajutage E (väljatõmmamine), lukustage Y-telg ja määrake väärtuseks 35 (joonis 32). Vasakus ülanurgas saate kontrollida, millised valikud on seatud.

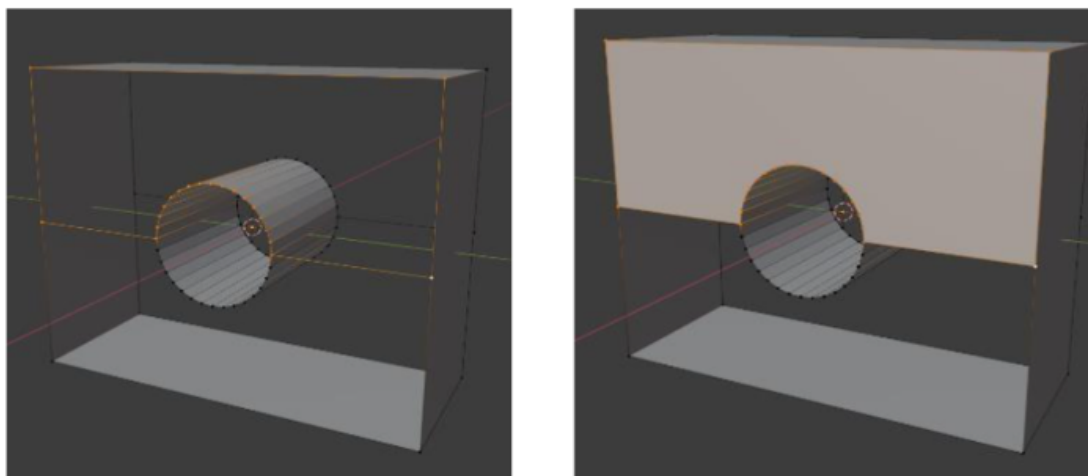


**Joonis 32:** Abiserv tasapindadele

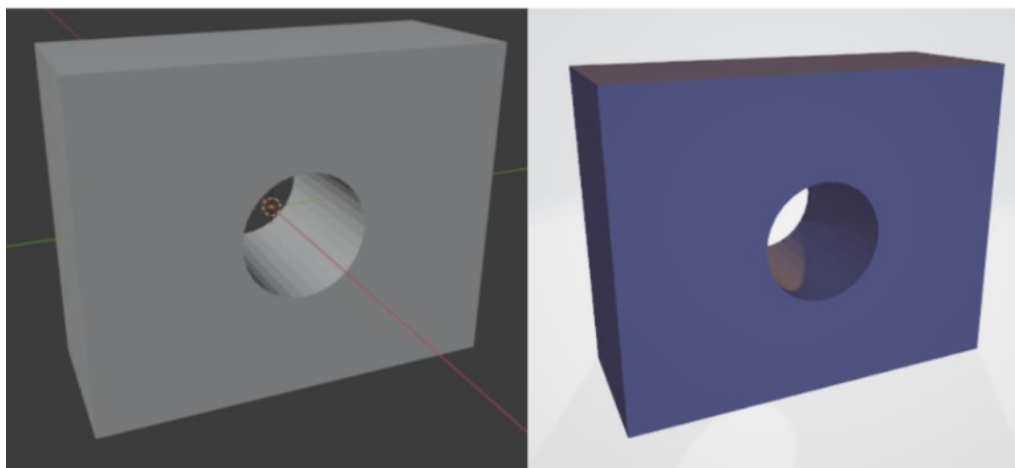


Sama samm ringi vastaskülje ja vastassuunalise tausta jaoks.

10. Nüüd, kuna meil on abilervad, mis jagavad tausttasandi kaheks osaks, saame valida eraldi osad, nagu on näidatud joonisel 33a. Seejärel vajutage nuppu „F” (külj). Külj luuakse valitud punktide vahele (joonis 33b).
11. Tee samad sammud tausta teise osaga. Samad sammud ka vastassuunalise taustaga.
12. Objektirežiimi lülitumiseks vajutage TAB-klahvi.
13. Viimane samm on eksportimine \*.stl-faili: Fail>Ekspordi>(\*.stl)
14. Lõpliku kuju vaade Blenderi programmis ja eksporditud \*.stl-faili on näidatud joonisel



*Joonis 33* Valige punktid (a) ja looge nende vahele külj (b).



**Joonis 34.** Lõplik objekt Blenderi keskkonnas ja loodud \*.stl fail

Näib, et Blender on sellise mudeli loomiseks lihtsam tööriist. Aga selle kasutamiseks pead teadma palju asju, näiteks erinevaid redigeerimisrežiime, tasapinna suunda jne.

**Märkused:** Pärast põhiliste modelleerimisülesannete täitmist saavad õpilased oma



3D-disainilahendusi liitreaalsuse tööriistade abil oma tööruumi projitseerida. See võimaldab neil paremini mõista oma disainilahenduste proportsioone ja ruumilisi suhteid, tagades mehaaniliste osade täpse joondamise.

## Täiustatud AR-iga

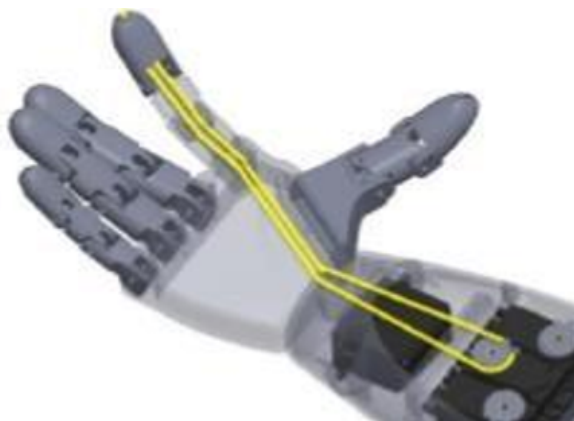
Enne 3D-mudeli lõplikku vormistamist kasutage bioonilise sõrme virtuaalsete komponentide hoidmiseks ja manipuleerimiseks Merge Cube'i. See praktiline interaktsioon aitab õpilastel paremini mõista mehaaniliste osade vahelisi ruumilisi suhteid, tagades täpse joonduse ja funktsionaalsuse lõplikus prototüübis.



# Sõrmede liikuma panemine

## Ülevaade

Nagu varem näidati, on bioonilise käe liigutuste teostamiseks üks lihtsamaid viise servomootorite abil, mis tõmbavad sõrme kõige kaugema liikuva osaga ühendatud nõõre („kõõluseid“) (vt joonis 35).

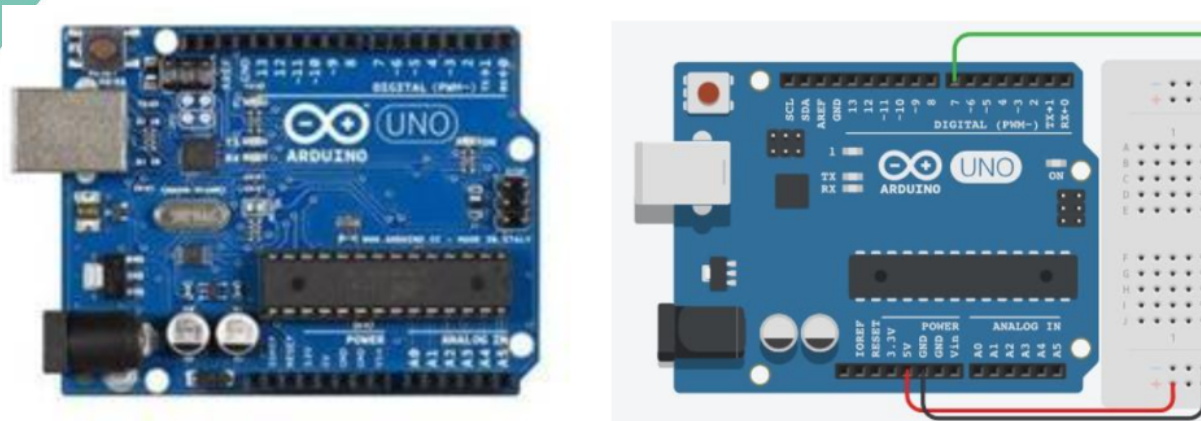


*Joonis 35 Bioonilise käe sõrme liigutamine*

Mootoreid saaks juhtida suhteliselt autonoomse elektroonilise seadmega – krediitkaardi suurune üheplaadiarvuti (SBC). Selliseid seadmeid on turul palju, kuid soovitatav on Arduino UNO mikrokontroller (vt joonis 2), kuna:

- See on avatud lähtekoodil põhinev, suhteliselt odav ja äärmiselt populaarne elektroonika ja väikeautomaatika entusiastide seas;
- See on üks simuleeritud virtuaalseadmetest Tinker CAD-is – veebipõhises tasuta disainiõppe platvormis. See on eriline eelis, kuna 3D-modelleerimist, vooluringide ja tarkvara disaini saab teostada samas keskkonnas. Lisaks aitab riist- ja tarkvara virtuaalne disain, modelleerimine ja testimine vältida seadmete kahjustusi (seega teatud kulusid), kuna virtuaalsed riistvaraelemendid ei lähe valesti ühendamise ja kasutamise korral korrast ära. Allpool on toodud mõned soovitatavad ennetavad ettevalmistusetapid enne disaini juurutamist reaalses riistvaras.



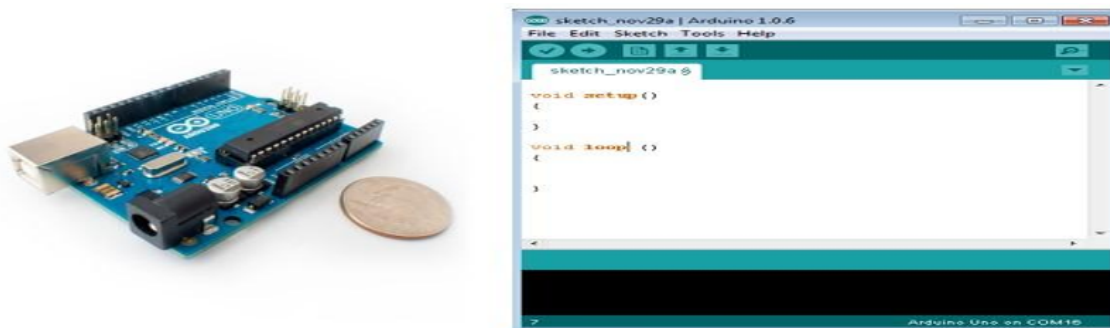


*Joonis 36: Arduino UNO mikrokontroller (tegelik vaade – vasakul, virtualiseeritud Tinked CAD-is – paremal)*

## Arduino UNO mikrokontroller

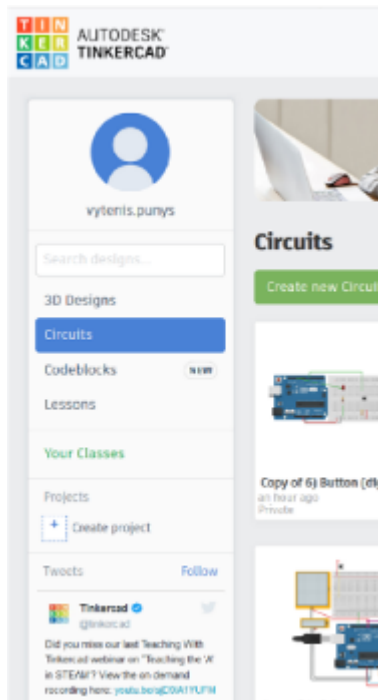
Arduino UNO mikrokontrolleril (edaspidi „UNO“) on lauaarvutite, sülearvutite, tahvelarvutite või isegi mobiiltelefonidega võrreldes piiratud arvutusressursid, kuid see sobib meie ülesande – kontrollitud liikumise rakendamise – jaoks täiesti.

- UNO-d saab Windowsi arvutiga ühendada USB-kaabli abil, et toidet anda ja tarkvaraprogrammi laadida;
- Tarkvara arendatakse tavaliselt C programmeerimiskeele piiratud versioonis spetsiaalses Arduino tarkvaraarenduskeskkonnas nimega SKETCH. Tasub mainida, et tarkvara saab kujundada ja testida ka Tinker CAD-is, seejärel eksportida failina, lugeda SKETCH-iga, kompileerida ja laadida UNO-seadmesse.
- Laaditud programmiga UNO saab töötada ilma arvutita ja juhtida ühendatud seadmeid, kui seda toidetakse eraldi (soovitav on 7–12-voldine alalisvoolutoiteallikas või 9 V patarei).



*Joonis 37: Arduino UNO mikrojuhtimisega ja SKETCH programmide arenduskeskkond. Märkimisväärsed on ainult kaks UNO poolt käivitavat protseduuri, mis tuleks kavandada: setup() – SBC initsialiseerimine; ja loop() – kordub kuni toite sisselülitamiseni.*





*Joonis 38 Tinker CAD-i jaotis „Vooluringid“ (vasak veerg)*

## Arduino UNO Tinker CAD-is

Elektroonika ja tarkvara modelleerimine toimub Tinker CAD-i jaotises „Vooluringid“ (joonis 37) („3D-disaini“ jaotist võidi varem kasutada sõrmede osade modelleerimiseks). Sealt leiab põhjaliku Tinker CAD näidete ja õppimiseks mõeldud disainide kogu.

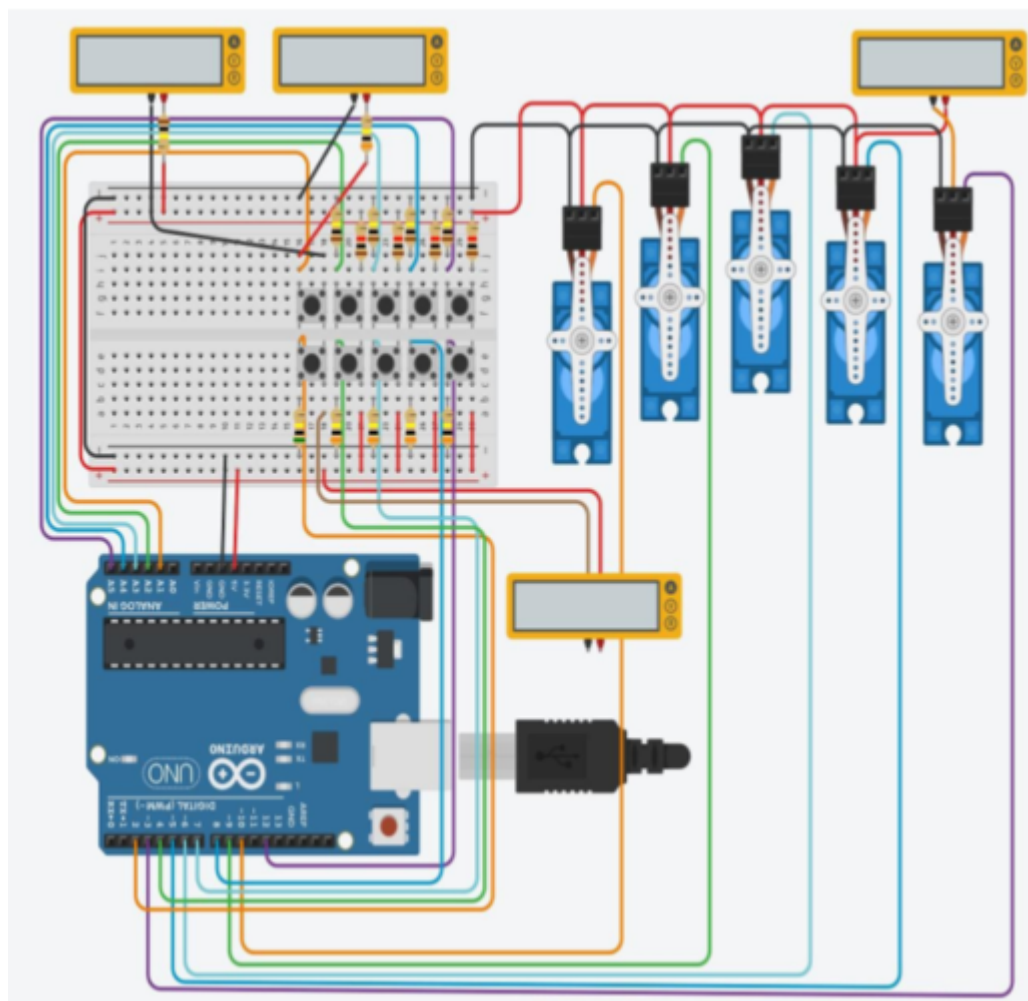
Tinker Cadi graafiline arenduskeskkond koosneb kahest osast: vasakul virtuaalsest elektroonikast ja paremal elektroonikaelementide kollektsioonidest ehk programmeerimisredaktorist (nagu on näha joonisel 38). Viimast saab kasutada kahes alternatiivses režiimis:

- C programmi redaktor, nagu SKETCHis – saab eksportida C programmifaili, et see laaditaks päris UNO-sse;
- Graafiline programmeerimiskeskond “CodeBlocks”, äärmiselt sarnane SCRATCH-iga<sup>2</sup> CodeBlocksi programm teisendatakse automaatselt C-programmiks (kuid vastupidine olukord ei ole, tuleb olla ettevaatlik, et oma tööd ei kaotaks).

Virtuaalses eksperimendis kasutatakse bioonilise käe sõrmede liigutamiseks viit servomootorit, mis on skemaatiliselt näidatud joonistel 38 ja 39. Mootoreid juhib ja ajab UNO ning liikumise käivitamiseks kasutatakse 10 nuppu (5 sõrme x 2 suunda = 2 nuppude rida).

<sup>2</sup> Graafiline programmeerimiskeskond, mille on kujundanud MIT.EDU ja mida kasutatakse laialdaselt programmeerimise õpetamiseks koolides <https://scratch.mit.edu/>





**Joonis 39** Virtuaalne eksperiment - UNO abil liigutatakse 5 servomootorit (sõrme). Lisaks on olemas multimeetrid, mida kasutatakse voolu kontrollimiseks nuppude ja servomootori kaudu, et vältida võimalikku ülekoormust.

Servomootor on digitaalne seade, mis pöörab spindli etteantud asendisse (tavaliselt 0 kuni 180 kraadi). Mootorid (juhttihvid) tuleb ühendada UNO PWM-märgistatud (impulsilaiuse modulatsioon – pöörlemisasendi määramise viis) digitaalväljunditega. Kokku on UNO-l 6 sellist (PWM) digitaalväljundit.

Üks nupukomplekt (nt „Üles“) ühendatakse UNO analoogsisenditega, teine nupukomplekt (nt „Alla“) UNO digitaalsisenditega. Tuleb mainida, et nupu ühendamine analoogsisendiga ja väärtuse lugemine nõuab veidi rohkem pingutust kui digitaalsisendiga.

## Programmi arendamine

Tinker CAD graafiline programmeerimiskeskond (GPE) piirdub ainult loop() funktsiooni

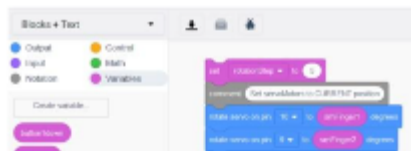


arendamisega, vaikimisi kasutatakse `setup()` funktsiooni. Seda väikest piirangut saaks ületada edasise arendamisega ainult C-keeles (ilma koodiplokkideta), mis võib olla vastuvõetav suuremate praktiliste rakenduste jaoks. GPE sisaldab 6 tüüpi "koodiplokkide" toiminguid, mis on kodeeritud erinevate värvidega (joonis 40a): muutujad, juhtimine, väljund, sisend, matemaatika (sisaldab tingimuse täitmise arvutamist, nn Boole'i toiminguid, mida kasutatakse juhtlausetes), tähistus (kommentaariid). Erinevat tüüpi laused on omavahel ühendatud vastavalt nende kujule.

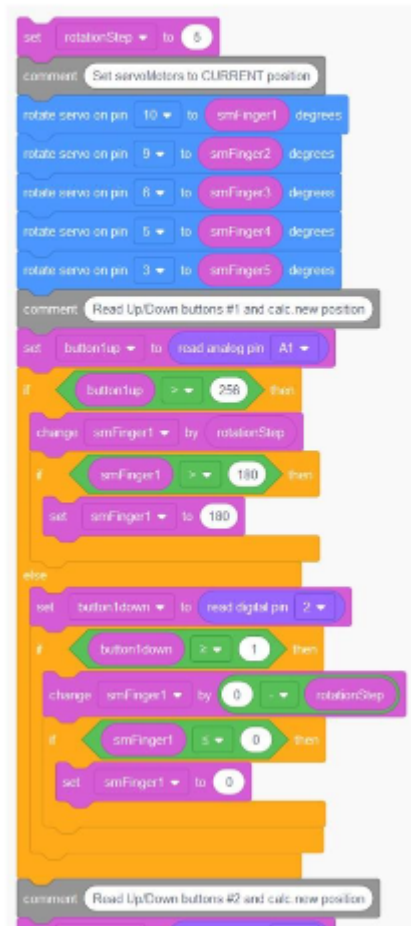
Servomootoreid („sõrmi“) liigutav programm koosneb ühest väiksemast ja kahest suuremast osast (joonis 40b), mis on eraldatud hallide kommentaaridega:

1. Pöörlemiskiiruse määramine (`rotationStep` muutuja, roosa) – programmi reaalsele UNO-le ülekandmisel saab selle lause nihutada `setup()` protseduuri.
2. Andes igale servomootorile juhised pöörlemiseks teatud asendisse – 5 väljundit (sinine), kus tuleb olla ettevaatlik õige väljundtihvti (UNO-plaadil) ja asendi (erinevad muutujad, roosa) määramisel. Kuna need muutujad on `setup()` ajal vaikimisi seatud väärtusele 0, ei juhtu pärast sisselülitamist midagi enne, kui vajutatakse mõnda nuppu.
3. Nupupaaride kontrollimine ja servomootorite asukoha uuesti arvutamine. Seda osa korraldatakse (joonisel 40b on näha ainult üks) 5 korda iga 2 nupu ja servomootori komplekti puhul.
  1. Nupu „Üles“ olekut (pinget) loetakse analoogsisendist. Võimalik näiduvahemik on 0 kuni 1023 ühikut, mis vastab vastavalt 0 ja 5 voldile. UNO-plaadil tuleb olla ettevaatlik õige sisendtihvti määramisel.
  2. Kui näidu väärtus on suurem kui 256 (1,25 V), tuleks konkreetse servomootori asend uuesti arvutada, suurendades seda `rotationStep` väärtuse võrra;
  3. Arvutatud asukoht ei tohiks ületada 180°. Sellisel juhul seatakse see piirväärtusele.
  4. Kui nuppu „Üles“ ei vajutatud, käivitatakse haru „else“.
  5. Nupu „Alla“ olekut loetakse digitaalsisendist (0 = Ei või 1 = Jah). UNO-plaadil tuleb olla ettevaatlik õige sisendtihvti määramisel.
  6. Kui loetud väärtus on suurem või võrdne 1-ga, tuleks konkreetse servomootori asend uuesti arvutada, vähendades seda `rotationStep` väärtuse võrra. Negatiivse `rotationStep` väärtuse saamiseks oli vaja täiendavat aritmeetilist (matemaatilist, rohelist kategooriat) tehet.
  7. Arvutatud asukoht ei tohiks langeda alla 0°. Kui see peaks juhtuma, seatakse see piirväärtusele.





(a)



(b)

*Joonis 40 Servomootorite käivitamise graafilise programmi osa.*

## Edasi liikumine

Tõelise riistvaramudeli kokkupanekul on mõned ettevaatusabinõud, mida tuleks arvestada:

- Servomootorid on erineva võimsusega ja võivad vajada erinevaid toiteskeeme, kuna UNO-plaat ei pruugi piisavalt toidet anda, eriti USB-ühenduse kaudu toidetuna.
- Tegelikult võib olla kasulik kasutada iga sõrme otsas jõuandurit ja kasutada

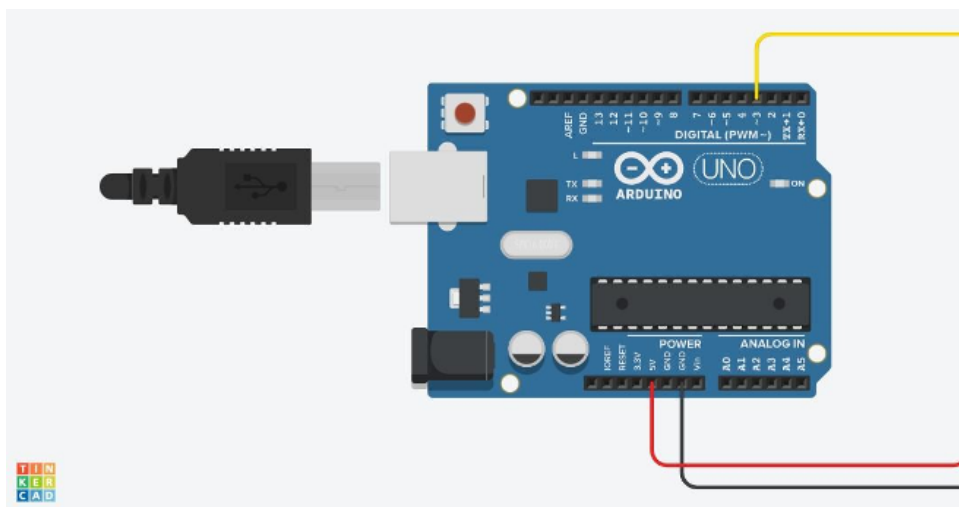


seada liikumise peatamiseks. Selliseid andureid saaks lugeda analoogsisendite kaudu, seega on vaja nuppude erinevat paigutust (ümberpaigutus ja lisakomponendid).

## Omal käel alustamiseks...

Alustamiseks on soovitatav üks disain (Tinker CAD-is), mis on esitatud joonisel 41:

- Võtke lihtsalt virtuaalne UNO ja virtuaalne servomootor.
- Ühenda UNO plaadi toiteallikas ja maandus servomootori vastavate tihvtidega ning UNO PWM-märgistusega väljund servomootori "Signal" tihvtiga. Loo programm, mis pöörab servomootorit mingisse asendisse ja tagasi.



*Joonis 41: Esimese simulatsiooni soovituslik skeem*

## Soovituslik lugemine

<https://dronebotworkshop.com/servo-motors-with-arduino/>

## AR-põhised liikumissimulatsioonid



Enne koodi füüsilistesse mikrokontrolleritesse üleslaadimist saavad õpilased liitreaalsuse abil sõrmede liigutusi virtuaalselt simuleerida. See tagab programmeeritud liigutuste täpsuse ja vähendab mehaaniliste vigade või komponentide kahjustamise ohtu reaalse testimise ajal.

## Täiustage AR-iga

**Komponentide visualiseerimine** Kasutage liitreaalsuse tööriistu, näiteks **Tinkercad AR**-vaaturvõi **BlipAR** kuvama **Bioonilise käe 3D-mudelid** komponendid, mis võimaldavad õpilastel vaadata sisemisi mehhanisme (mootorid, kõõlused) ilma füüsilisi prototüüpe lahti võtmata. Kasutage Sketchfab AR-i, et uurida biooniliste käe komponentide, näiteks servomootorite ja kõõluste kvaliteetseid 3D-mudeleid mitmest vaatenurgast. See aitab õpilastel mõista, kuidas need osad käe struktuuris omavahel suhtlevad.

**Simuleeritud liikumise testimine** Rakenda liitreaalsuse simulatsioone, kus õpilased saavad **testige sõrmeliigutusi ja motoorseid funktsioone** praktiliselt enne päris mikrokontrollerite programmeerimist.

**Reaalajas tagasiside** Kasutage liitreaalsust andurite andmete (jõuandurid, liikumisjälgimine) reaalajas pealekandmiseks, aidates õpilastel vigu tuvastada ja oma kujundusi optimeerida.

## AR-tööriistade integreerimine: Tinkercad AR Viewer

AR kirjeldab kasutuskogemust, mis lisab seadme kaamerast otsevaatele 2D- või 3D-elemente viisil, mis jätab mulje, nagu need elemendid asuksid pärismaailmas. AR Viewer pakub sujuvat kogemust, mis on loodud kasutajale renderdatud 3D-graafika kuvamiseks. Tinkercad AR Viewer on võimas tööriist 3D-mudelite visualiseerimiseks reaalsetes keskkondades.

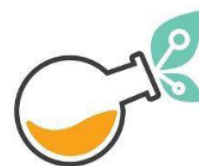
### Kuidas Tinkercad AR Viewerit kasutada?

Vali valikute loendist AR-vaade. Kui AR-vaade on lubatud, näed kõike, millele kaamera on suunatud. Liiguta seadet nii, et nähtavale jääks tasane pind. Mudeli alumist tasapinda kasutatakse mudeli orienteerimiseks pinnale.

Lisateabe saamiseks vaadake:

<https://www.youtube.com/watch?v=jwmrle47FU0>

## AR-tööriistade integreerimine: Merge Cube



**Ühenda kuupon** uuenduslik liitreaalsuse tööriist, mis muudab õpilaste suhtlemist 3D-mudelitega, võimaldades neil hoida ja manipuleerida virtuaalseid objekte oma peopesas. Merge Cube täiustab õpikogemust teema „Bioonilise käe ehitamine: robotika biotehnoloogias“ kontekstis, pakkudes käegakatsutavat ja kaasahaaravat viisi keerukate mehaaniliste komponentide uurimiseks. Õpilased saavad visualiseerida bioonilise käe sisemist struktuuri, sealhulgas servomootoreid, kõõluseid ja mikrokontrollereid, mitme nurga alt, pakkudes sügavamalt arusaama sellest, kuidas need osad koos töötavad.

Kasutades **Merge EDU** (<https://mergeedu.com/>) või ühilduvate liitreaalsuse rakenduste abil saavad õppijad simuleerida sõrmeliigutusi, kohandada disainiparameetreid ja testida funktsionaalsust ilma füüsiliste prototüüpide vajaduseta. See vähendab katse-eksituse meetodit reaalses kokkupanekus ja aitab õpilastel tuvastada disainivigu juba protsessi alguses. Lisaks soodustab Merge Cube koostööl põhinevat õppimist, võimaldades õpilastel jagada oma liitreaalsuse kogemusi rühmades, arutada disaini täiustusi ja lahendada ühiselt inseneriprobleeme. Merge Cube'i integreerimisega muutub tund interaktiivsemaks, kaasahaaravamaks ja tõhusamaks robotika ja biotehnoloogia keeruka seose illustreerimisel.

## AR-tööriistade integreerimine: BlippAR

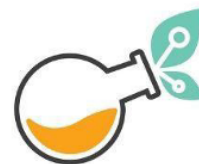
**BlipAR** (<https://www.blippar.com/>) on tipptasemel liitreaalsuse platvorm, mis võimaldab õpilastel luua ja suhelda kohandatud **AR-kogemused**, muutes keerulised STEM-mõisted kättesaadavamaks ja kaasahaaravamaks. Selles õppetükis saab BlippAR-i kasutada selleks, et **interaktiivse digitaalse sisu pealiskihthioonilise käe** füüsilistele komponentidele. Näiteks kui õpilased skannivad oma seadmega 3D-prinditud sõrme või servomootorit, **BlippAR saab kuvada detailseid animatsioone, skeeme või samm-sammult kokkupanekujuhendeid** otse objektile.

Staatiliste mudelite muutmise **interaktiivsed õppevahendid**, BlippAR aitab õpilastel paremini mõistab **biooniliste komponentide funktsionaalsus**, parandab probleemide lahendamise oskusi ja julgustab **praktiline katsetamine**.

## AR-tööriistade integreerimine: Sketchfab AR

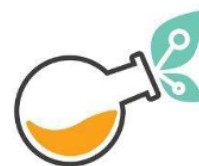
**Sketchfab AR** (<https://sketchfab.com/>) on mitmekülgne liitreaalsuse platvorm, mis võimaldab õpilastel uurida, visualiseerida ja jagada kvaliteetseid 3D-mudeleid reaalses keskkonnas. Selles õppetükis täiustab Sketchfab liitreaalsus õppeprotsessi, pakkudes juurdepääsu ulatuslikule detailsete biooniliste ja robotimudelite kogule või võimaldades õpilastel üles laadida ja suhelda oma disainilahendustega. Projitseerides neid 3D-mudeleid nutitelefoni või tahvelarvuti abil füüsilisse ruumi, saavad õpilased uurida biooniliste käe komponentide – näiteks liigeste, servomootorite ja mikrokontrollerite – keerukaid detaile mitmest vaatenurgast.

See haarav visualiseerimine aitab õpilastel tuvastada disainivigu, parandada ruumilist arusaamist ja paremini mõista, kuidas erinevad osad koos toimivad. Lisaks soodustab



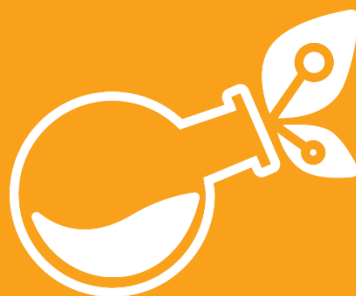
Sketchfab AR koostööl põhinevat õppimist, võimaldades õpilastel jagada oma mudeleid eakaaslaste või õpetajatega tagasiside saamiseks, soodustades pideva täiustamise keskkonda. Sketchfab AR integreerimisega muutub tund dünaamilisemaks ja interaktiivsemaks, võimaldades õpilastel ületada lõhet teoreetiliste teadmiste ja praktilise rakendamise vahel robotika ja biotehnoloogia valdkonnas.

- 
- [1] Lihaste kokkutõmbeid kontrollivad väga väikesed elektrilised impulsid, mida saab mõõta spetsiaalsete anduritega. Need impulsid tulevad ajust ja neid saab kasutada bioonilise käe juhtimiseks, mis on kinnitatud õnnetuse käigus kaotatud käe asemele.
  - [2] Graafiline programmeerimiskeskond, mille on kujundanud MIT.EDU ja mida kasutatakse laialdaselt programmeerimise õpetamiseks koolides <https://scratch.mit.edu/>





Co-funded by  
the European Union



# BIOS4YOU

## AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS  
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY