

Tallinna Ülikool

Digitehnoloogiate Instituut

Solid Edge valikharjutus

Bakalaureusetöö

Autor: Maie-Liis Guitar

Juhendaja: Kalle Kivi

Autor: " " 2016

Juhendaja: " " 2016

Instituudi direktor: " " 2016

Tallinn 2016

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev bakalaureusetöö on minu töö tulemus ja ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....

(kuupäev)

.....

(autor)

Lihtlitsents bakalaureusetöö reprodutseerimiseks ja bakalaureusetöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina _____ (sünnikuupäev: _____)

(autori nimi)

1. annan Tallinna Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose _____

(bakalaureusetöö pealkiri)

mille juhendajaks on _____

(juhendaja nimi)

säilitamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Ülikooli Akadeemilise Raamatukogu repositooriumis.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tallinnas, _____

(allkiri ja kuupäev)

Sisukord

Sissejuhatus.....	6
1. Programmi Solid Edge tutvustus	8
1.1 Ajalugu	8
1.2 Kasutatud versioon.....	9
2. Õppematerjali ülevaade.....	10
2.1 Ülesande koostamine.....	10
2.2 Terminid	11
2.3 Tüüpilised probleemid.....	12
2.3.1 Üldised probleemid	12
2.3.2 Segisti	13
2.3.3 Valamu	13
2.3.4 Äravoolu toru	15
2.3.5 Kruvi.....	15
2.4 Edasiarenduse võimalused	15
3. Õppematerjali tagasiside	18
3.1 Materjali läbivad muudatused	18
3.2 Üksikud muudatused	19
3.2.1 Varras	19
3.2.2 Valamu	19
3.2.3 Tihendid	20
3.2.4 Äravoolutoru	20

3.2.5 Kruvi.....	21
Kokkuvõte.....	22
Summary.....	23
Kasutatud kirjandus.....	24
Lisad	
Lisa 1 – Õppematerjal	
Lisa 2 – Küsitlus	
Lisa 3 – Küsitluse tulemused	

Sissejuhatus

Bakalaureusetöö käsitleb 3D modelleerimise teemat; konkreetne ülesanne on eestikeelse õppematerjali loomine, kasutades selleks koostupõhist modelleerimisprogrammi *Solid Edge ST8*. Töö loomisel kasutatakse traditsioonilise modelleerimise tehnoloogiat, mis on üsna sarnane teiste 3D modelleerimisprogrammide poolt kasutatud tehnoloogiale. Samuti kasutavad enamik *Solid Edge* programmi kasutamist õpetavad koole siiani enamasti traditsioonilist modelleerimist. Tallinna Ülikoolis õpetatakse nii traditsioonilist kui sünkroontehnoloogiat, antud harjutus on aga mõeldud esimesel kursusel kasutamiseks, kus põhirõhk on traditsioonilisel modelleerimisel.

Töö teema valik tulenes vajadusest koostupõhise modelleerimise programmi *Solid Edge* kaasaegse eestikeelse õppematerjali järele, mida oleks võimalik kasutada nii individuaalselt kui ka koolide 3D modelleerimise tundides. Lisaks mõjutas teema valikut autori poolt sarnasel teemal koostatud seminaritöö pealkirjaga „3D näidisülesanne kasutades Solid Edge ST8. Õppematerjal“ (2015).

Bakalaureusetöö eesmärk on arendada välja eestikeelne 3D modelleerimise ülesanne, mis pakuks ametliku õppematerjali kaasajastatud ning edasiarendatud versiooni. Materjali esimesed kaks peatükki põhinevad olemasolevatel harjutustel, nende ühendamise koostu kujul ning muude osade lisamine on aga autori enda poolt juurde arendatud. Harjutus oleks kasutatav nii iseseisvalt kui ka *Solid Edge*'i käsitleva õppeaine viiendas või kuuendas praktikumis, mahuga neli akadeemilist tundi, mistõttu ei oleks vajalik põhiliste tövõtete tutvustamine, kuna eeldatakse nende tundmist.

Seatud eesmärkide saavutamiseks luuakse kõigepealt õppematerjal, mis antakse seejärel ühes Tallinna Ülikooli 3D modelleerimise tunnis tudengitele kasutada. Tunni jooksul ja lõpus kogutakse tagasisidet, mida hiljem töös analüüsitakse ning esitatakse. Tagasiside põhjal õppematerjali vajadusel muudetakse ja selle lõppversioon esitatakse töö ühe lisana.

Bakalaureusetöö esimeses peatükis tutvustatakse *Solid Edge* programmi ning selle poolt pakutavaid tehnoloogiaid. Samas antakse ka ülevaade programmi ajaloo ja materjali koostamisel ning rakendamisel kasutatud versioonist.

Töö teises peatükis kirjeldatakse valminud õppematerjali ning selle loomise käiku. Sealjuures tuuakse ära eestikeelsete kasutatud terminite selgitused, nende puhul tõenäoliselt tekkivad probleemid, eesmärgiga neid tunni jooksul kiiremini lahendada, ning soovitusel materjali edasiarendusteks neile, kes jõuavad teistest kiiremini tunnitööga valmis või soovivad hiljem antud ülesandega edasi tegelda.

Kolmas peatükk keskendub saadud tagasisidele. Selle raames tuakse välja ning analüüsitakse õppematerjali esitamisel nii õpilastelt kui õppejõult kogutud tagasisidet ning selle tagasiside põhjal materjalis läbiviidud muudatusi.

Töö lõpus on toodud ära koostatud õppematerjal, pealkirjaga „3D modelleerimine. Ülesanne“, mis üliõpilastele esitati ning mida seejärel nendega töötamise ja tagasiside põhjal muudeti (Lisa 1). Samuti on töö lõppu lisatud üliõpilastele esitatud küsitlus (Lisa 2) ning tudengitelt antud küsitluse põhjal saadud tagasiside (Lisa 3).

1. Programmi Solid Edge tutvustus

Solid Edge on kolmemõõtmeliste kehade modelleerimise programm, mis kasutab ajaloopõhiseid parameetreid ning pakub sünkroontehnoloogia võimalust. Antud programm töötab üksnes *Microsoft Windows*'i operatsioonisüsteemidel ning võimaldab kehade modelleerimist, koostupõhist modelleerimist ja tehniliste jooniste loomist.

Solid Edge pakub kogumit lihtsasti kasutatavaid tarkvaralisi tööriistu, mis abistavad toote arendamise igal sammul: kolmemõõtmelise disainiga, simuleerimisega, tootmisega, disaini haldusega ja rohkemgi. Lisaks koondab sünkroontehnoloogia endasse otsese modelleerimise kiiruse ja lihtsuse ning parameetritepõhise disaini paindlikkuse ja kontrolli. (Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2016)

1.1 Ajalugu

Programmi *Solid Edge* esimene versioon *Solid Edge 1* valmis aastal 1995 endiste *IBM* inseneride asutatud firma *Intergraph Corporation* töö tulemusena. Sellest ajast alates on igal aastal väljastatud selle programmi uus versioon, mõnel aasta lausa mitu versiooni.

Algselt kasutati programmi loomiseks *ACIS* geomeetrilise modelleerimise tuuma, aga aastal 1998 mindi versiooniga *Solid Edge 5* üle *Parasolid* tuumale. Samaaegselt osteti tarkvara ära *UGS Corp* poolt.

Aastal 2007 osteti *UGS Corp* ära *Siemens AG* firma osakonna *Automation & Drives* poolt. Uueks nimeks pandi firmale *Siemens PLM Software*. Alates aastast 2006 pakub *Siemens* samuti tasuta jooniste vormistamise moodulit nimega *Solid Edge 2D Drafting*. See moodul on olemas nii eraldi kui ka osana *Solid Edge* täisversioonist.

Aastast 2008 on olnud saadaval *Solid Edge* versioonid *Synchronous Technology* (ST), mis sisaldavad endas võimalust kasutada nii traditsioonilist - kui ka sünkroontehnoloogiat. *Solid Edge* ST versioonid võimaldavad ükskõik mis hetkel viia töö traditsiooniliselt tööviisilt üle sünkroonsele tööviisile, aga vastupidi mitte. (*Solid Edge*, 2016)

1.2 Kasutatud versioon

Antud töö koostamisel ning analüüsil on tarkvara versioonina kasutusel *Solid Edge ST8* akadeemilist versiooni. *Solid Edge ST8* on töö loomise hetkel programmi *Solid Edge* kõige uuem versioon. Õppematerjali koostamisel sai rakendatud vaid traditsioonilist modelleerimist. Loodud sai nii ükskuid detaile kui ka nende kombinatsioone kokku üheks koostuks.

Siemens PLM Software pakub *Solid Edge Academic Program*'is osalevatele koolidele, kolledžitele, ülikoolidele, õpetajatele ja õpilastele tasuta võimalust kasutada *Solid Edge*'i akadeemilist versiooni, eesmärgiga tõsta tehnika ja tootedisaini lõpetajate teadmiste kvaliteeti. Akadeemiline versioon pakub kõige uuema *Solid Edge*'i versiooni kõiki võimalusi, piirates vaid valmis produkti välja printimist ning kommertseesmärkidel levitamist. Samuti pole võimalik täisversiooniga avada akadeemilise versiooni abil loodud töid.

2. Õppematerjali ülevaade

Antud peatükis antakse ülevaade ülesandest, mille autor koostas ning andis ühes 3D modelleerimise tunnis õpilastele täitmiseks. Samuti esitatakse detailide kaupa õpilastel programmikasutuse käigus korduma kippuvad vead ning soovitatavad edasiarendusvõimalused neile õpilastele, kes jõuavad ülesandega valmis oodatust kiiremini.

2.1 Ülesande koostamine

Ülesande koostamine sai alguse kahe aegunud materjali - segisti ja valamü - olemasolust. Segisti puhul oli olemas ingliskeelne materjal, aga see oli aegunud ning mõningad sammud olid puudulikud. Valamü puhul oli olemas vaid joonis; töökäigu seletamine jäi õppejõu hooleks tunni jooksul. Kumbki neist ülesannetest polnud ka piisav, et täita terve 3D modelleerimise ainetunni kestust, milleks on neli akadeemilist tundi. Seega sai üheks eesmärgiks kombineerida need detailid üheks materjaliks ning luua veel lisaks mõned detailid.

Veel oli üheks suureks muudatuseks, mis oligi osa töö koostamise eesmärgist, eestikeelsete terminite esitamine. Sellel eesmärgil on vähemalt esimesel korral toodud kõrvuti välja nii programmis kasutatud ingliskeelne termin kui ka selle eestikeelne vaste. Mõningate terminite tõlkeid oli võimalik leida vanematest materjalidest, kuigi enamasti ei oldud nähtud vaeva nende tõlkimisega eesti keelde. Lisaks sai teatud osa terminitest määratud olemasolevate insenerioskussõnade põhjal, ning ülejäänud tõlked on autori poolt välja pakutud.

Esimene samm oli olemasoleva segisti ja valamü kombineerimine. Kuna see tähendas koostu loomist, kus iga detail kujutab endast eraldi objekti, siis sai algne ühe objektina loodud segisti tehtud ümber kaheks detailiks: segisti ja varras. Valamü puhul selgus aga, et algsete mõõtmete põhjal ei mahtunud segisti mugavalt valamü äärelle ära. Seega sai mõõtmeid ümber korraldatud nõnda, et visuaalselt muutusid vaid vastava ääre dimensioonid.

Ülejäänud detailidel puudusid varasemad juhendid ning need oli vaja koostada iseseisvalt. Kuna aga autoril puudus varasem teadmine kraanikausi ehitusest, siis sai antud teemal kogutud ja analüüsitud suurel hulgal materjali, põhiliselt pilte. Materjalide abiga sai kokku pandud lihtsustatud versioon vee äravoolu süsteemist.

2.2 Terminid

Järgnevalt on toodud välja ülesandes kasutatud ingliskeelsed terminid ning nende jaoks välja pakutud eestikeelsed vasted (Tabel 1). Terminite eestikeelsed tõlked koosnevad nii varem kaitstud tudengitöödest (Mõttus, 2010) (Piirak, 2011), õppematerjalidest (pealkiri puudub, 2016), insenerioskussõnadest, kui ka autori poolt välja pakutud tõlgetest. Peale autori ettepanekute sai kasutatud muid allikaid eesmärgil ühtlustada *Solid Edge*'i materjalides kasutatavat sõnavara.

Tabel 1. Ülesandes kasutatud vahendite eestikeelsed nimetused.

Ingliskeelne nimetus	Eestikeelne nimetus
<i>Ordered</i>	Traditsiooniline modelleerimine
<i>Sketch</i>	Eskiis
<i>Tangent Arc</i>	Puutujaga kaar
<i>Parallel Plane</i>	Paralleelne tasand
<i>Connect</i>	Kinnitussuhe
<i>Fillet</i>	Kumerdama
<i>Angled Plane</i>	Nurgaga tasand
<i>Loft</i>	Mitut eskiisi ühendav keha
<i>Extrude</i>	Lükkega keha loomine
<i>Assembly</i>	Koost
<i>Parts Library</i>	Osade teek
<i>Project to Sketch</i>	Eskiisile projekteerimine
<i>Project with Offset</i>	Nihkega projekteerimine
<i>Chamfer</i>	Faas
<i>Arc by 3 Points</i>	Kaar kolme punkti abil
<i>Draft</i>	Kalle
<i>Round</i>	Ümardamine
<i>Thin Wall</i>	Keha seinte paksus
<i>Through Next</i>	Läbi järgmise
<i>Assemble</i>	Koostu komplekteerimine
<i>Coordinate System</i>	Koordinaatsüsteem

<i>Pattern</i>	Mustri tegemine
<i>Circular Pattern</i>	Ringmuster
<i>Sweep</i>	Keha juhtjoone abil
<i>Plane Normal to Curve</i>	Joonega risti tasand
<i>Polygon by Center</i>	Hulknurk
<i>Helical Cutout</i>	Spiraalne lõige

2.3 Tüüpilised probleemid

Ligikaudu pooled ülesannete lahendamise käigus üldse ette tulevad vead esinevad õpilastel korduvalt. Antud peatükis on esitatud tehtud õppematerjali põhjal potentsiaalselt tekkivad vead, mis on ka edaspidi tõenäolised korduma, ning võimaluse korral on autori poolt välja pakutud neile võimalikud lahendused.

2.3.1 Üldised probleemid

Kõik ettetulnud probleemid pole omased üksnes kindlatele ülesannetele ega peatükkidele, vaid esinevad laialdaselt antud programmi või juhendite kasutamise piires. Nendega tasub siiski arvestada ning olla valmis selliste probleemide lahendamiseks.

Solid Edge ST8 kasutamisel võib mõnikord juhtuda, et pinnale või joonele viitamisel ei teki oodatud tagasisidet programmi poolt värvi muutumise näol. See on üheaegselt nii laialdane kui ka haruldane probleem. Autoril endal antud ülesande koostamisel seda probleemi ei tekkinud, küll aga on seda juhtunud varasemalt seminaritöö ülesande koostamisel. Probleemi ennetamiseks pole seni konkreetset lahendust leitud, kuigi soovitav on kontrollida, kas on järgitud tootja soovitusi riistvara suhtes. Probleem on aga vaid visuaalne ning ei tohiks takistada ülesannete täitmist, mistõttu piisab selle võimalikkusest teavitamisest.

Ühe üldisema probleemina kõikide juhendite esitamisel õpilastele tuleb alati ka arvestada, et esineb hetki, kus õpilane kaotab punktide lugemisel järje või lihtsalt üritab töömahtu vähendada, jättes punkte vahele. Sellise olukorra äratundmiseks tasub alustada probleemi tekkimisele eelneva(te)st punkti(de)st ning järgida õpetust samm-haaval. Nii mõnigi kord saab õpilane ise aru, mis vahele jäi, ning lahendab probleemi.

2.3.2 Segisti

Segisti loomisel on valdavaks probleemiks ühendava keha tekitamine. Tihti jääb ühendava keha loomisel sisse soovimatu keerd (joonis 2-1;a;b), mida põhjustab programmi vale eeldus selle koha, millistele punktidele eskiiside vahelised ühendused määrata. Seega on selle parandamiseks materjalis seletatud käsu esimesel esinemisel vaja valida *Extent Step* käsurealt ning *Vertex Mapping* 'u abil käsitsi määrata või eemaldada ühendused punktide vahel.



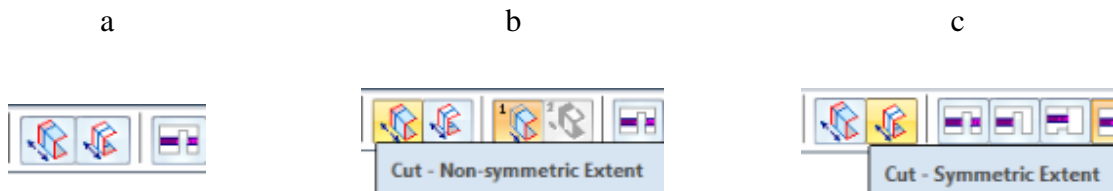
joonis 2-1

Raskemaks võib osutuda kontrollida selle tekkimist pöördkeha ja aluse keha vahel. See põhjuseks on nii see, et pöördkeha joonis kujutab vaid poolt pöördkehast, mistõttu on soovitatud eskiisi peita, kui ka asjaolu, et väga lähestikku asuvaid punkte võidakse kaugusest isegi mitte märgata. Seega tasub kehale sisse suumida ning kontrollida sidepunktide asukohta.

2.3.3 Valamu

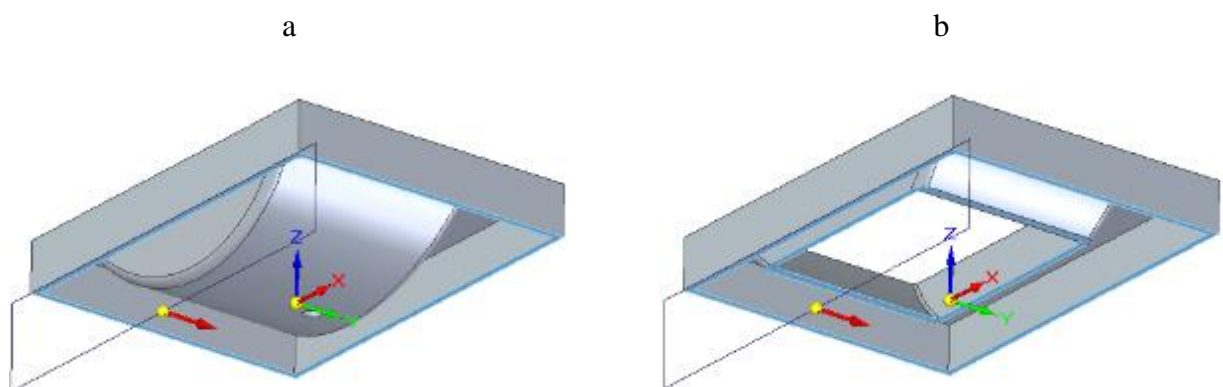
Kolmandas peatükis on löike tegemisel kasutusel mittesümmeetriline ulatus. Antud tegevus aga võib tekitada programmi kasutamisel segadust, mis on juhtunud ka töö autoril. Nimelt on nii löike kui keha loomisel võimalik määrata kas üks suund (joonis 2-2;a), kaks eri pikkusega suunda (*non-symmetric extent*) (joonis 2-2;b) või kaks võrdse pikkusega suunda (*symmetric extent*) (joonis 2-2;c). Määramise teostamiseks on olemas kaks nuppu, millest mõlemad võivad olla mitteaktiivsed või üks neist võib olla aktiivne. Probleem võib tekkida siis, kui kasutaja satub segadusse, kuna ta ei saa aru, et on võimalik ka selline olukord, kus mõlemad nupud võivad olla mitteaktiivsed. Selline olukord on tõenäoline aset

leidma, kui kasutaja tahab luua vaid ühes suunas keha või lõiget, ning nähes antud valikuid, arwab, et tegemist on mittesümmeetrilise keha või lõikega, aktiveerib mittesümmeetrilise ulatuse ning ei mõista siis, miks tegevus ei lase teise suuna ulatuseks määrata nulli. Seega tasub antud erisus õpetaval isikul õpilastele eraldi lahti seletada.



joonis 2-2

Valamu loomisel tekivad kõige tõenäolisemalt probleemid seinte paksuse määramisel (*Thin Wall*). Selle käsuga peab jälgima, et viidatud tahk on see, mis jäetakse lahtiseks. Kui viitamine ära jäetakse, ei teata programm lahtise tahu puudumisest ning teeb lihtsalt keha seest õõneks. Kui aga lahtist tahku ei jäeta, tekib probleem lõike tegemisel, kus lõiget läbi järgmise tehes tahab programm ära lõigata kogu keha alumise ääre (joonis 2-3;a;b).



joonis 2-3

Kehade sidumine (*Assemble*) võib tekitada probleeme, mille lahendamine võib võtta väga kaua aega. Kuna antud ülesanne on õppimise eesmärgil lihtsustatud ning mitte väga detailne, siis võib töös esitatud kasutamisele alternatiivina siduda segisti ja valamü üksteise külge valamü ülemisel äärel asetseva augu

ning segisti varda augu kaudu. Sellisel juhul on soovitatav valamu äärel paikneva augu asukohta vastavalt muuta, et segisti ei jääks üle valamu ääre.

2.3.4 Äravoolu toru

Toru tegemisel võib probleeme tekkida eelkõige keha juhtjoone abil loomisel. Juhises on ära märgitud, et ristuv tasand tuleks tõmmata joone lõppu. Selle eesmärk on lihtsustada arusaamist, kus on joone ots, et sinna paigutada ringi keskpunkt. Vastasel juhul võib juhtuda, et ring kinnitatakse joonest eemale ning toru ei jää äravoolu keskele.

Samuti võib esineda probleeme toru seinte paksuse määramisel. Seal on vaja tähele panna, et viidata tuleb mõlemas otsas olevale ringile. Kui seinte paksuse määramine jääb poolikuks, kus üks või mõlemad otsas jäävad viitamata, siis tuleb tegevus eemaldada ning alustada uuesti. Uuesti seinte paksust määrata üritades tekib veateade, sest kehal on juba paksus määratud.

2.3.5 Kruvi

Spiraalse lõike (*Helical Cutout*) tegemisel on tähtis, millele ning mis järjekorras osutatakse, vigu võib tekkida mitmeid. Samuti ei saanud töö autor lõiget tehtud, kui eskiisid polnud enne lõike alustamist valmis tehtud. Juhendis on töötav järjekord esitatud. Kõige tõenäolisem viga on, et kolmnurgale ja sirgele viitamiste vahel ei tehta kinnitust, mille tulemusena tekib veateade. Kui aga viidatakse sirge alumisele otsale, siis jätkub lõige läbi kruvi pea. Samas, kui viidata sirgele enne kolmnurka, siis tekib veateade, sest esimene objekt peab olema kinnine kujund.

2.4 Edasiarenduse võimalused

Õpilaste ülesande täitmise kiirus on varieeruv ning esineb nii selliseid õpilasi, kes ei jõua nelja akadeemilise tunniga ülesannet lõpetatud, kui ka neid, kes jõuavad ülesande poole ette nähtud ajaga tehtud. Küsitluse põhjal saame teada, et ligi pooled tudengid jõudsid antud materjali läbi teha ettenähtud ajaga. Kiirematele võib soovitada tegemiseks lisaks mõningaid edasiarendusi antud ülesande piires. Selles peatükis on toodud esile mõningad võimalused antud ülesande edasiarenduseks.

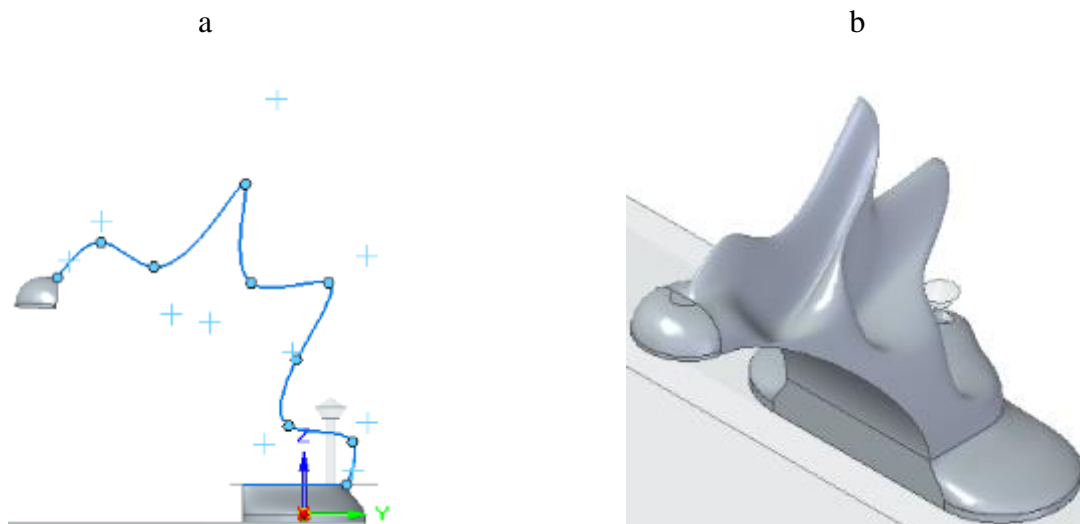
Üheks soovitatud edasiarenduseks oleks segisti otsa pöördkeha ja aluse keha ühendavale kehale juhtjoon(t)e joonestamine, sellega muutes segisti kuju (joonis 2-5;b):

- Suunduda ühendava keha muutmisse (joonis 2-4;a).
- Valida käsuraal *Guide Curve Step* (joonis 2-4;b).



joonis 2-4

- Valida soovitud tasapind, millele juhtjoon joonestada.
- Joonestada juhtjoon, jälgides, et otsad puudutaksid ühendatavaid kehasid (joonis 2-5;a).
Korraga võib joonestada ainult ühe joone.
- Väljuda eskiisi joonestamisest.
- Valida soovitud joon(ed).
- Kinnitada valik ning valida eelvaade (*Preview*).



joonis 2-5

Teise edasiarendusena võib muuta äravoolutorustiku joonist, tehes selle kolmedimensionaalseks. Selleks on alates *Solid Edge ST7* olemas 3D eskiisi tegemise käsk *3D Sketch*. Antud käsuga saab koordinaatsüsteemi tasapindadele viidates muuta visandi joonestamise tasapinda, sealjuures eskiisi joonestamist katkestamata.

Väiksemate muudatustena võib tudeng veel lisada tööle mitmesuguseid detaile. Näiteks võib valamüosa teravatele välisäärtele ja samuti äravoolusõela ümber lisada ümardusi või *View* lindilt anda stiilivalikust *Face Overrides* igale osale oma välimuse.

3. Õppematerjali tagasiside

Antud peatükis analüüsitakse loengu läbiviimise käigus ning õpilastele esitatud küsitluse põhjal saadud tagasisidet ning nende põhjal tehtud muudatusi. Muudatuste töötlemine on jaotatud materjale läbivateks ning üksikute punktidega seonduvateks probleemideks. Tehtud muudatustega leidsid samuti loodetavasti lahendust probleemsete alad nendest juhtudest, kui õpilased ei maininud tagasisides täpselt, milline probleem neil teatud peatükis esines.

Kuigi tudengitel esines probleeme, mida toodi välja nii tunni jooksul kui ka hiljem küsitluse põhjal, oli tunnitöös näha üldist paranemist. Paranemist oli näha selle järgi, et varasemate materjalidega võrreldes esines õpilastel vähem vajadust juhendajapoolse abi järele. Samuti soovitasid küsitluse põhjal kõik peale ühe tudengi antud materjali kasutamist ka järgnevatel aastatel.

3.1 Materjali läbivad muudatused

Enne tudengitelt saadud tagasiside ükshaaval töötlemist oli vaja õppematerjal ümber töödelda vormi, mis oleks ühtlasem ning üldiselt arusaadavam. Tunnis ning hiljem ka tagasiside põhjal oli näha, et kohati esines arusaamatusi. Selleks sai läbi viidud kolm suurt ja läbivat muudatust:

- Rohkem alapunkte. Selleks sai vähendatud sidesõnade kasutust ning need said enamasti asendatud uue alapunkti loomisega.
- Vähem emotsionaalsust tekstis. Kuna materjal on mõeldud õppimiseks, siis sai vähendatud ja lihtsustatud sõnavara. Selle eesmärk oli ka suurendada arusaadavust, sest esines liigset seletamist, mis aga ei tõstnud arusaadavust.
- Ühtlustada töö kvaliteeti. Kuna materjal sai koostatud üle mitme nädala, siis tekkis olukord, kus alguses ja lõpus kasutatud sõnavara ning kirjeldused hakkasid erinema. Kuigi algselt oli üritatud sõnavara ühtlustada, näitas õpilastega töötamine, et nii mõneski aspektis oli vaja töö sisu veelgi ühtlustada. Põhiliseks näiteks kujunes tasanditele viitamine, mis töö alguses oli nimepõhine ning materjali teisel poole asukohapõhine. Otsustatud sai kasutada tasanditele viitamisel nende nimesid, et tagada õige tasandi kasutamine ka siis, kui õpilane on oma vaadet muutnud.

3.2 Üksikud muudatused

Peale materjali läbivate muudatuste sai tagasisides toodud välja mitmeid ükskuid tudengite jaoks probleemseid punkte. Need said kõik üle vaadatud, tunnis ületada aidatud ning hiljem vajadusel materjalis ümber tehtud. Antud peatükis on tekkinud probleemid ja vastavad muudatused välja toodud ülesande peatükkide kaupa.

3.2.1 Varras

Esimese probleemina tekkis õpilastel küsimus varda joonise loomisel. Nimelt olid puudulikud varda pikema külje kõrguse mõõt ning joonise kaugus segisti äärtest. Algne mõte ülesande loomisel oli, et varda täpne asukoht polnud tähtis ja juhendis tuleks anda vaid üldised suunised, jättes õpilase otsustada, kui suur peaks varras olema ning kuhu see täpselt paigutada. Tunnis oli aga näha, et see tekitas tudengite seas segadust ja jättis joonisest pooliku mulje, kui vaid osa mõõte olid olemas. Seega sai joonist täiendatud ning juhendit vastavate mõõtude lisamise teel parandatud.

Teiseks probleemseks alaks varda loomise peatükis oli väidetavalt joonis 2-4. Kuna see joonis kujutab endas nii pöördkeha loomist kui ka üleminekut varda detaili redigeerimiselt segisti muutmisele, siis jäi autori enda järeldada, milles probleem võis esineda. Katsetamise järel sai otsustatud, et raskuseks ei osutunud mitte detailide vahetamine, vaid pöördkeha loomine. Seega sai lisatud juhendisse eraldi punkt, kus mainitakse joonise üleliigsete joonte eemaldamist. Samuti sai pöördkeha loomisel lisaks joonisele viitamisele märgitud ära, et see tuleb luua tehtud joonise põhjal.

3.2.2 Valamu

Valamu loomise puhul oli tudengite seas kõige problemaatiliseks kraanikausi ääre lühemaks lõikamine. Probleemi esinemise märk oli, et kui taheti teha lõige valamu poole ning määrata lõike ulatuseks vaid „läbi järgmise keha“, siis lõigati ära terve valamu alumine osa. Selle probleemi allikaks osutus seinte paksuse määramine, kus oli jäetud kausi põhjale viitamata, mistõttu see jäi kinniseks. Juhendis endas selle probleemi ennetamiseks midagi ei muudetud, küll aga sai lisatud *Thin Wall* seletus antud töös tüüpilise probleemina, sest selle käsuga võib probleeme tekkida ka äravoolutoru loomisel.

Lisaks valamu loomisele on selles peatükis kirjeldatud ka kausi ning segisti detailide kokkupanemist. Selle tegevusega esines mõnel tudengil probleeme, mistõttu sai lisatud punkt, kus tuuakse ära

alternatiivne tööviis selle tegevuse lahendamiseks. Antud punktis kirjeldatakse segistis oleva varda augu sidumist valamu äärel oleva auguga.

3.2.3 Tihendid

Autori üllatuseks tekkis tudengitel probleeme ka tihendite loomisel. Esiteks esines probleem, kus õpilane lõi tihendi, aga seejärel ei saanud seda paigutada soovitud asukohta. Selgus, et kuigi tihendi jaoks oli loodud eraldi detail, siis mingil hetkel oli redigeerimine suundunud valamu detaili peale ning uus keha sai loodud selle sisse. See aga tähendas, et tihendit ennast ei saanud liigutada ning ka sellest koopia tegemine taastas tühjuse.

Teiseks esines tihendite teemal probleem, et tudeng sattus segadusse, kui tihendi objekt jäi oma määratud asukohas osaliselt valamu detaili sisse peitu ning seda peeti esialgu veaks. Kuna tihendite kuju lõikamine valamusse esitatakse alles pärast äravoolusõela detaili loomist, siis sai selle probleemi leevendamiseks lisatud tihendite peatüki algusesse seletus, mille kohaselt jäävad tihendid esialgu osaliselt valamu keha sisse.

3.2.4 Äravoolutoru

Keha juhtjoone abil loomine pakkus õpilastele mitmel korral probleeme. Põhiliseks segaduse allikaks oli arusaamatus, kuidas seda kasutada ning mis järjekorras mida vajutada. Selle leevendamiseks sai lisatud juhendisse eraldi punkt, mis kirjeldas valiku kinnitamise sammu – see samm oli tõenäoliselt enamikul tudengitel tegemata jäänud. See ning punktide üldine korrastamine peaks edaspidi vähendama enamike probleemide teket. Samuti sai lisatud antud käsku puudutav lõik tüüpilise probleemina, kus on põhjendatud, miks joonega risti tasandi paigutus on tähtis.

Täiendavalt mainiti tagasisides, et teatud punkte võiks antud peatüki õpetuses muuta. Nendeks olid keha juhtjoone abil loomisel aluseks võetud eskiiside joonestamine enne käsu alustamist; soovitati ka samal käsul täpsustada tõmbe tüübiks *Multiple paths and cross sections*. Esimese puhul sai ettepanekut kaalutud, aga otsustatud, et sammude üldine korrastamine on piisav selle probleemi lahendamiseks. Teise ettepaneku puhul aga sai leitud, et tõmbe tüüp *Multiple paths and cross sections* pole üldse korrektne lahendus ning selle asemel sai lisatud juhendisse täpsustus määrata tõmbe tüübiks *Single path and cross section*.

3.2.5 Kruvi

Viimases peatükis oli põhiliseks probleemalaks spiraalse lõike tegemine. Tunnis ja küsitluses aga mingeid muid probleeme peale lugemiskeskuste välja ei toodud. Siiski sai toodud tüüpiliste probleemide hulgas välja spiraalse lõike erinevad variandid ning võimalused vea tekkimiseks, et vähendada edaspidiseid probleeme. Lisaks sai üldiste muudatuste käigus seda peatükki kõige rohkem muudetud, sest viimase peatükina esines seal väga palju suhtelist kirjeldamist ning vähe punkte, mis võisid lõike tegemise õppimist takistada.

Kokkuvõte

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks oli arendada välja eestikeelne 3D modelleerimise ülesanne, mis pakuks ametliku õppematerjali kaasajastatud ning edasiarendatud versiooni. Harjutus oleks kasutatav nii iseseisvalt kui ka programmi *Solid Edge* käsitleva õppeaine viiendas või kuuendas praktikumis, mahuga neli akadeemilist tundi.

Eesmärgi saavutamiseks sai loodud 3D modelleerimise ülesanne, mis seejärel anti ühes Tallinna Ülikooli 3D modelleerimise tunnis tudengitele kasutada. Tunni jooksul ja lõpus koguti tagasisidet, mida hiljem töös analüüsiti ning esitati ja mille põhjal õppematerjali muudeti. Ülesande lõppversioon esitati töö ühe lisana.

Tudengite seas esines vastuolu ja segadust eestikeelse materjali suhtes, aga selle leevendamiseks on materjalis esitatud igale käsule nii eestikeelne kui ka ingliskeelne vaste. Lisaks sai koostatud ülevaatlilik tabel terminitest ning nende tõlgetest. Vahendite nimede tõlkimisel sai kasutatud nii varasemaid materjale kui ka autori ettepanekuid.

Õppematerjali käsitlemine oli ainetunnis edukas, mida väljendas õpilaste seas väiksem vajadus juhendajapoolse abi järele. Samuti aitas, et antud materjali puhul ei olnud vajalik ülesande eelnev lahtiseletamine klassi ees. Tagasiside põhjal oli ka näha rohkelt positiivsust. Peaaegu pooled tudengid said kõik peatükid tehtud materjali algse versiooni põhjal ning kiirematele said välja mõeldud võimalused, kuidas antud ülesannet edasi arendada.

Neid materjale, mida tunnis kasutatakse, aga on aegunud, leidub veel. Seega selle teema täiendamiseks on võimalik nii uuendada kui ka luua veel ülesandeid või ülesandekogusid vanade asemele. Muuhulgas näidati tudengite seas üles soovi videoformaadis materjali järele.

Summary

The aim of this thesis, titled “Optional Solid Edge Exercise”, was to develop a 3D modelling exercise in Estonian that would modernise and further develop the official study materials. The exercise could be used independently or in the fifth or sixth lesson of a class that teaches Solid Edge. The material takes approximately four academic hours to work through.

To achieve the goal the author created a 3D modelling exercise that was then given to the students of a Tallinn University 3D modelling class to use during the lesson. Feedback was collected during and after the lesson, which was later analysed and presented in the thesis and used to improve the study material. The final version of this exercise is presented as an addition to the thesis.

There was resentment and confusion among the students regarding the fact that the material was presented in Estonian. However, to alleviate this problem every command has been presented with both the Estonian names and their English counterparts. In addition, a summary table has been compiled of all the terms and their translations. Both previous materials and suggestions made by the author were used in the translation of the commands.

The use of the study material in class was a success, as shown by the decreased need for assistance from the instructor. It also helped that this material did not require prior explanation at the start of the lesson. Overall, there was a lot of positive feedback. Almost half the students managed to finish all the chapters using the first draft of the material, and additional ways to expand on the exercise were created for those who complete the exercise quicker.

There are more outdated study materials that are still used in lessons, therefore it is possible to supplement this topic by either updating or creating additional exercises or collections of exercises to replace the old ones. In addition, some students showed interest in material that is in the form of videos.

Kasutatud kirjandus

Guitar, M.-L. (2015). *3D nädisülesanne kasutades Solid Edge ST8. Õppematerjal*. Tallinn: Tallinna Ülikool.

Mõttus, A. (2010). *Modelleerimine sünkroontehnoloogias Solid Edge näitel*. Haapsalu: TLÜ Haapsalu Kolledž.

pealkiri puudub. (14. märts 2016. a.). Allikas:
http://www.tlu.ee/~kivik/Solid/Tund7_8/SolidEge_CNC.pdf

Piirak, T. (2011). *Sünkroontehnoloogia võimalused detailide redigeerimisel Solid Edge näite varal*. Haapsalu: Tallinna Ülikooli Haapsalu Kolledž.

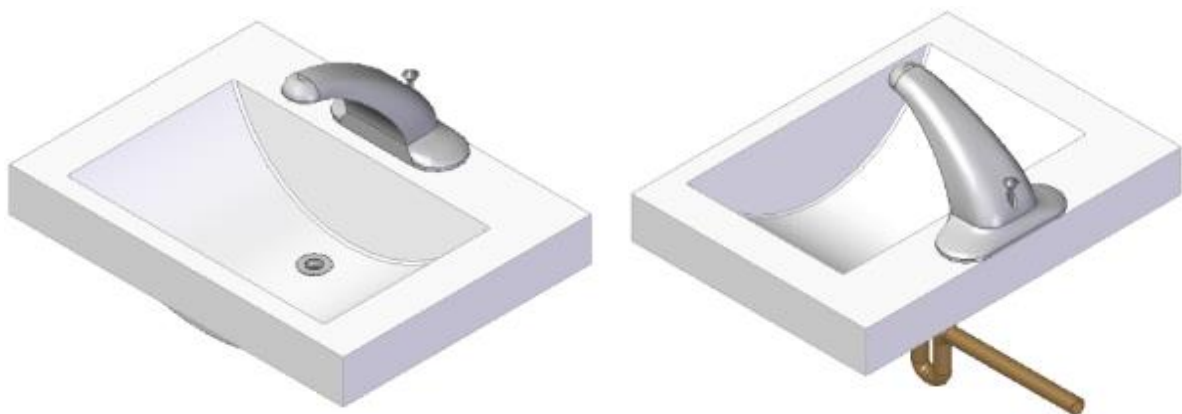
Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. (14. märts 2016. a.). *Solid Edge*. Allikas:
Siemens PLM Software: https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/solid-edge/

Solid Edge. (14. märts 2016. a.). Allikas: Wikipedia, the free encyclopedia:
https://en.wikipedia.org/wiki/Solid_Edge

Lisad

3D modelleerimine. Ülesanne

Maie-Liis Guitar

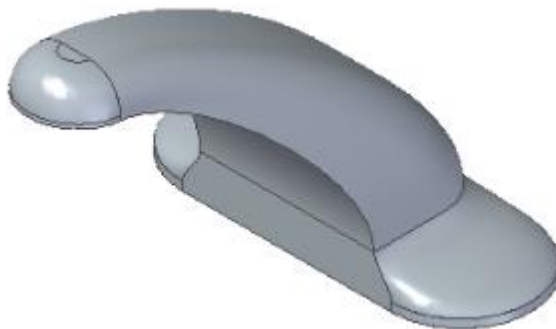


Sisukord

1. Segisti.....	3
2. Varras.....	10
3. Valamu	14
4. Tihendid	22
5. Äravoolu sõel	26
6. Äravoolu toru.....	32
7. Kruvi.....	37

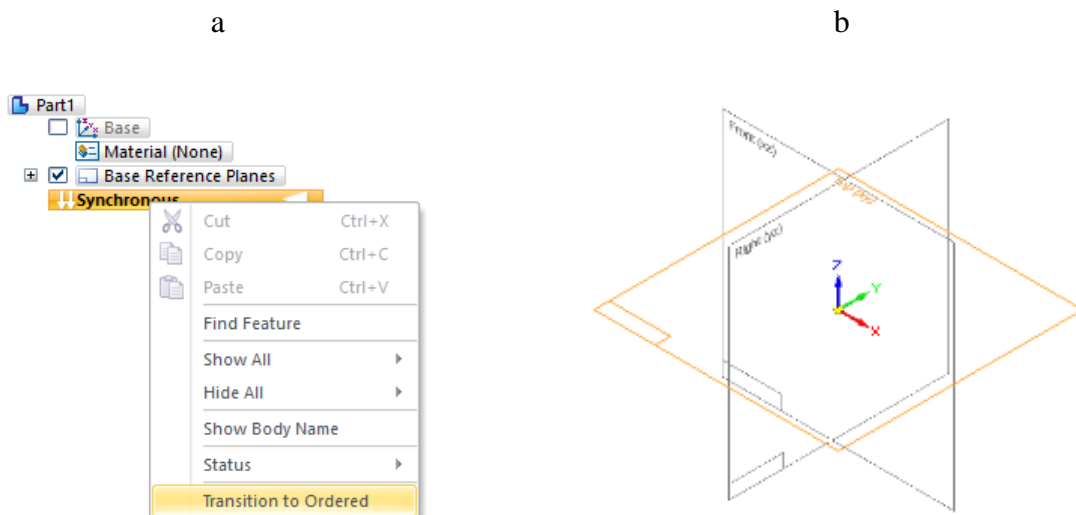
1. Segisti

Selles peatükis valmistame segisti mudeli kasutades traditsioonilist modelleerimist. Valmides peaks mudel välja nägema nagu järgneval illustratsioonil (joonis 1-1).



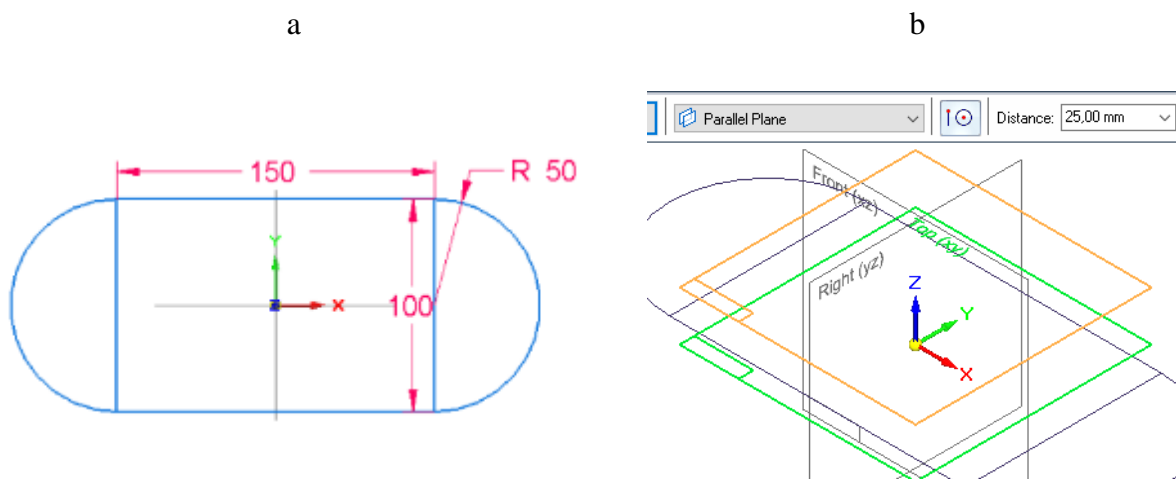
joonis 1-1

- Luua *ISO Metric Part* fail.
- Teha paremklikk *Synchronous* ribale ning valida *Transition to Ordered* (joonis 2-1;a).
- Märkida ära *Base Reference Planes* ees olev ruut, mis toob esile abistavad tasapinnad.
- Alustada eskiisi (*Sketch*) loomist tasapinnale *XY* (joonis 2-1;b).



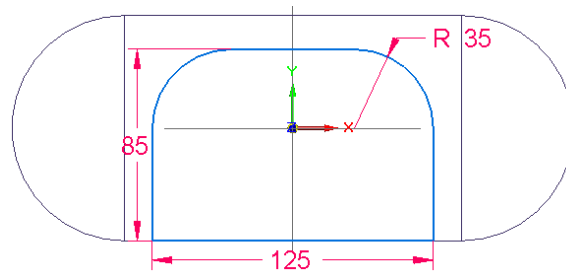
joonis 1-2

- Joonestada riskülik mõõtmetega 150 mm ja 100 mm, mille keskpunkt on telgede ristumispunktis.
- Luua risküliku külgedele puutujtega kaared raadiusega 50 mm (*Tangent Arc*) (joonis 1-3;a).
- Alustada eskiisi loomist tasapinnast *XY* kaugusele 25 mm ülespoole (*Parallel Plane*) (joonis 1-3;b).



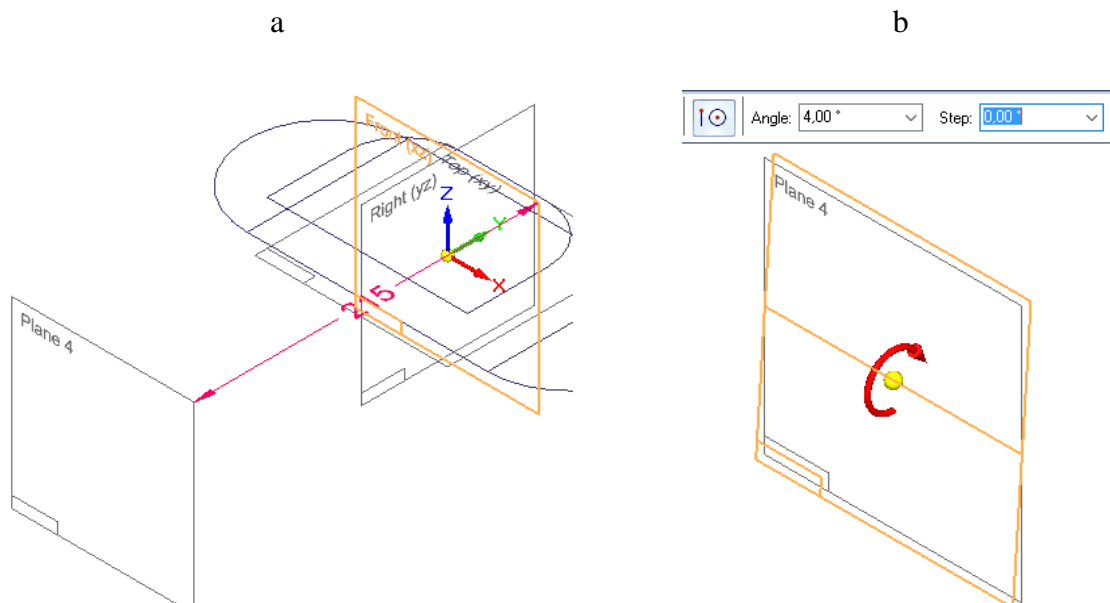
joonis 1-3

- Joonestada ristkülik mõõtmetega 125 mm ja 85 mm.
- Kinnitada (*Connect*) ristküliku pikema külje keskpunkt vertikaalsele telgjoonele ning üks äär kohakuti eelmise joonisega.
- Kumerdada (*Fillet*) äärega mitte kohakuti olevad nurgad raadiusega 35 mm (joonis 1-4).



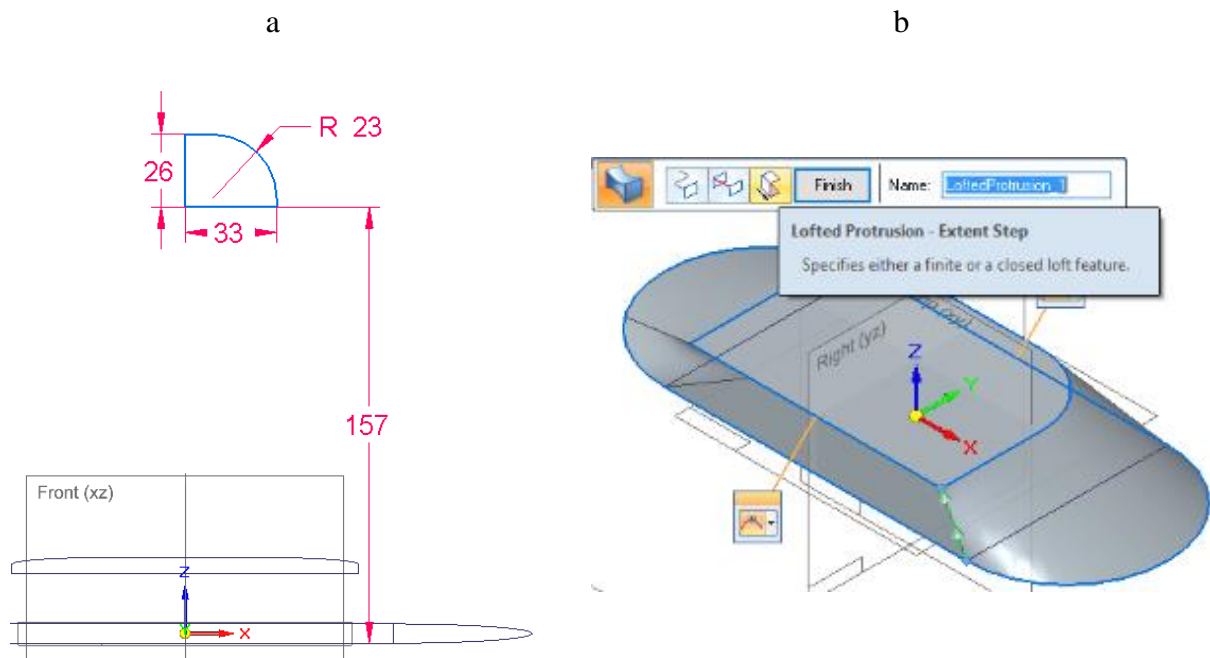
joonis 1-4

- Luua uus tasapind tasapinnast *XZ* kaugusele 215 mm (joonis 1-5;a).
- Luua uus tasand eelnevalt tehtud tasapinna suhtes nurgaga 4 kraadi (*Angled Plane*), võttes pöördteljeks tasapinna *XY* (joonis 1-5;b).



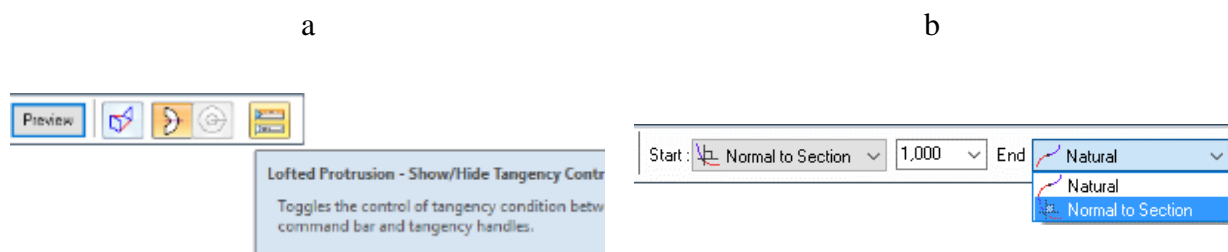
joonis 1-5

- Vaate lihtsustamiseks peita paralleelne tasapind.
- Alustada eskiisi tegemist nurga all tasapinnale.
- Luua ristkülik mõõtmetega 33 mm ja 26 mm.
- Kumerdada ristküliku üks nurk raadiusega 23 mm. Paigutada kujundi külj telgjoonega kohakuti ning määrata selle kauguseks esimese eskiisi äärest 157 mm (joonis 1-6;a).
- Luua mitut eskiisi ühendav keha (*Loft*) näidatud jooniste vahele. Soovitav on viidata kummalgi joonisel lähestikku punktidele, et vähendada keerdude teket.
- Enne lõpetamist valida käsuraal *Extent Step* (joonis 1-6;b).



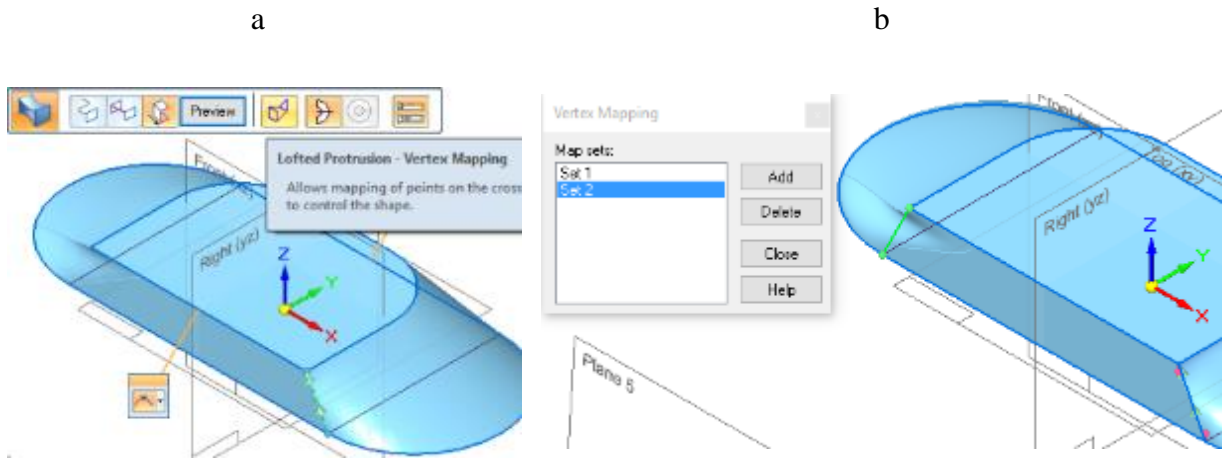
joonis 1-6

- Valida käsuraal *Show/Hide Tangency Control Handles* (joonis 1-7;a) ning sättida *Start* ja *End* rippmenüüde valikuks *Normal to Section* (joonis 1-7;b). See teeb üleminekud tahkude vahel sujuvamaks.



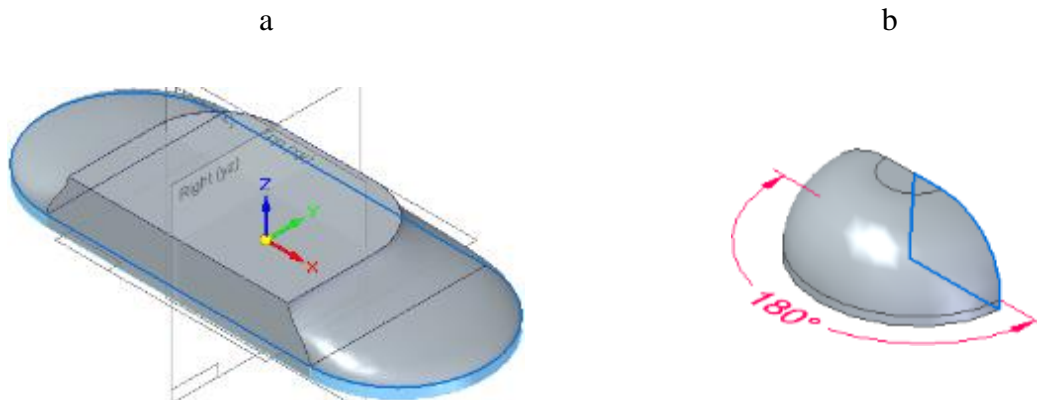
joonis 1-7

- Kui kujund ei ole soovitud kujuga, siis valida käsuraal *Vertex Mapping* (joonis 1-8;a). Esile kerkinud hüpikaknal valida *Add* ning viidata punktidele, mille vahele on soov luua ühendus (joonis 1-8;b). See võimaldab määrata eseme kuju oma soovi järgi.



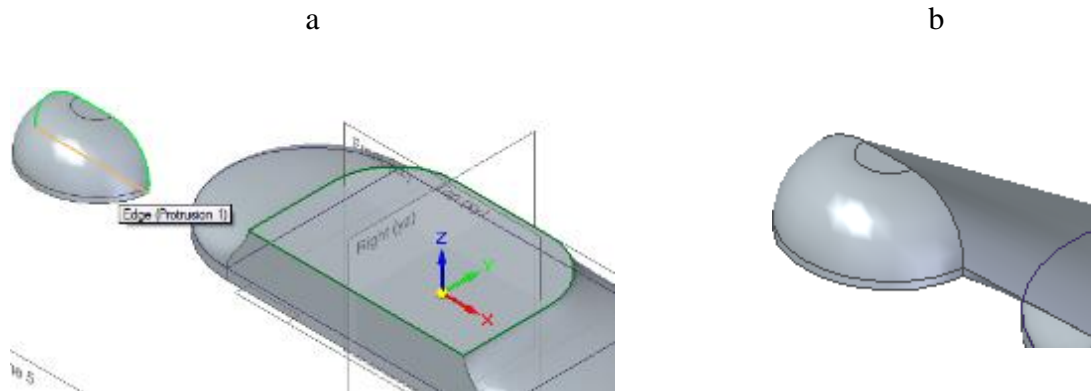
joonis 1-8

- Luua lükkega keha (*Extrude*) näidatud eskiisist 6 mm allapoole (joonis 1-9;a).
- Luua pöördkeha näidatud joonisest ulatusega 180 kraadi (joonis 1-9;b).



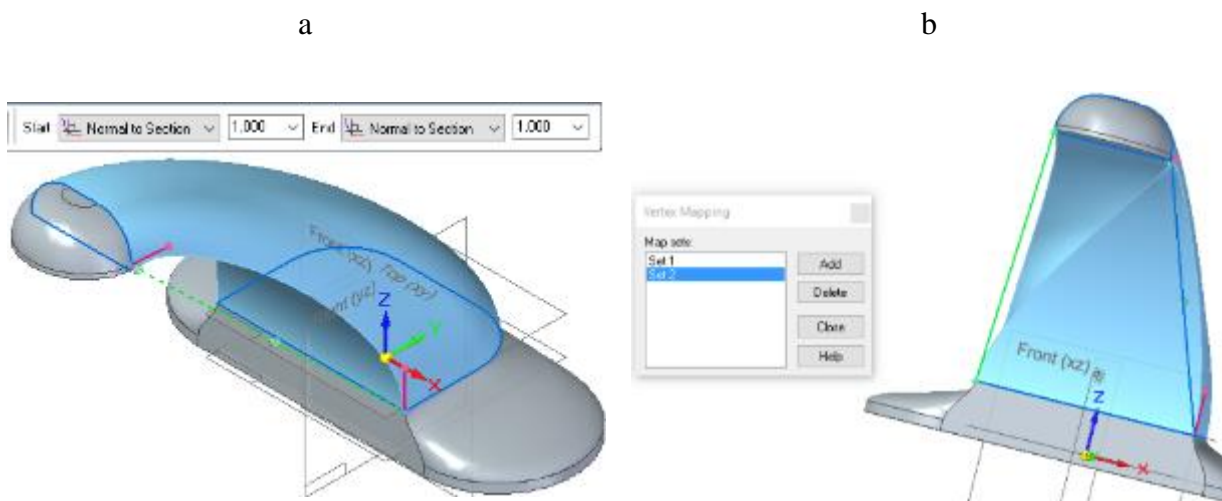
joonis 1-9

- Luua eskiise ühendav keha pöördkeha ja aluse keha vahele (joonis 1-10;a). Soovitav on eelnevalt peita pöördkeha eskiis. Erilist tähelepanu tasub pöörata pöördkeha otsale, sest kaugusest võib hiir tabada valet nurka ning sisse jääb keerd, mida peab hiljem parandama (joonis 1-10;b).



joonis 1-10

- Valida *Extent Step* ning määrata üleminekud *Normal to Section* (joonis 1-11;a). Vajadusel kasutada *Vertex Mapping* ning luua või eemaldada soovitud seosed (joonis 1-11;b).



joonis 1-11

- Salvestada loodud detail *segisti.par*.

2. Varras

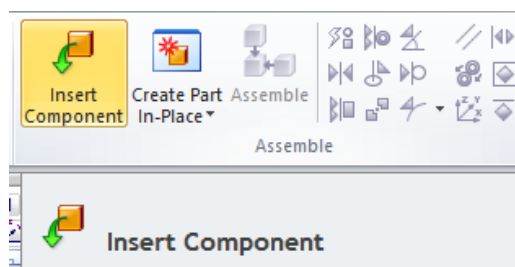
Selles peatükis lisame segistile varda. Valmides peaks mudel välja nägema nagu järgneval illustratsioonil (joonis 2-1).



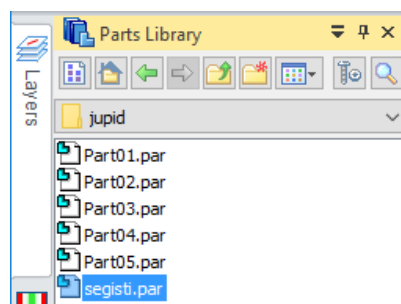
joonis 2-1

- Luua uus *ISO Metric Assembly* fail.
- Lisada koostule segisti valides *Home* vahelehel *Insert Component* (joonis 2-2;a) ning leides see esile toodud osade teegis (*Parts Library*) (joonis 2-2;b). Tõmmata soovitud fail tööalale.

a

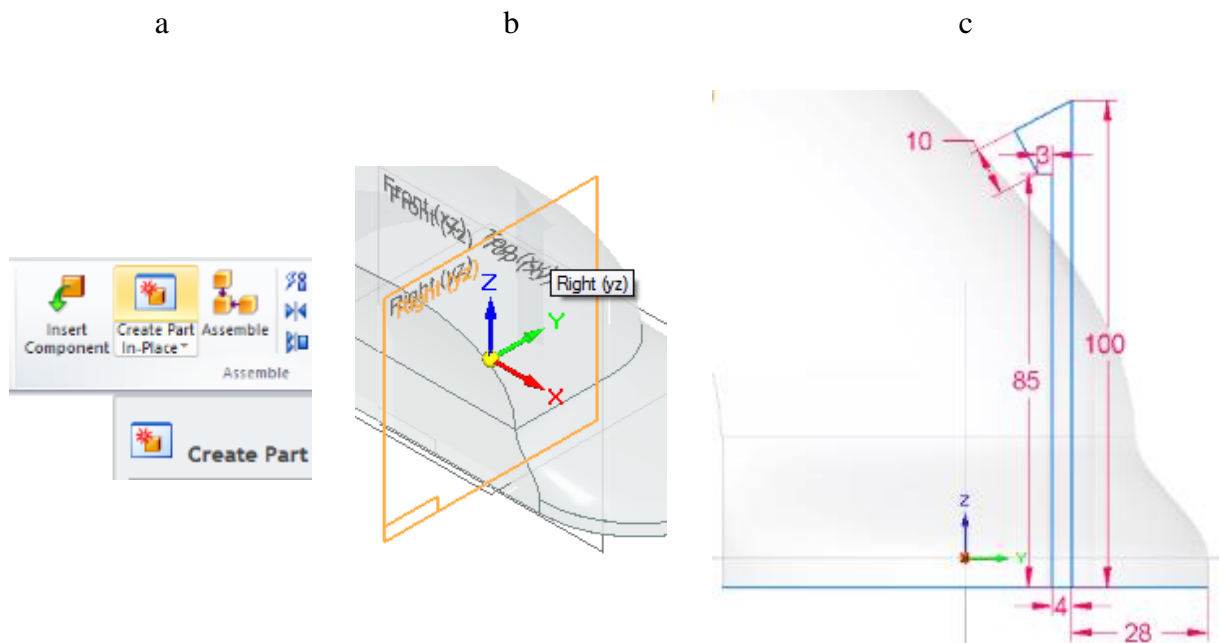


b



joonis 2-2

- Luua uus osa valides *Create Part In-Place* (joonis 2-3;a). Kui koostu pole varem salvestatud, siis palub programm esiteks seda teha. Nõustuda kõikide hüpikakendega ning panna osale nimi.
- Alustada eskiisi loomist vertikaalsele tasapinnale *YZ* (joonis 2-3;b).
- Projekteerida eskiisile (*Project to Sketch*) segisti põhja äär.
- Joonestada vardale näidatud profiil, alumine äär vastu projekteeritud joont (joonis 2-3;c).



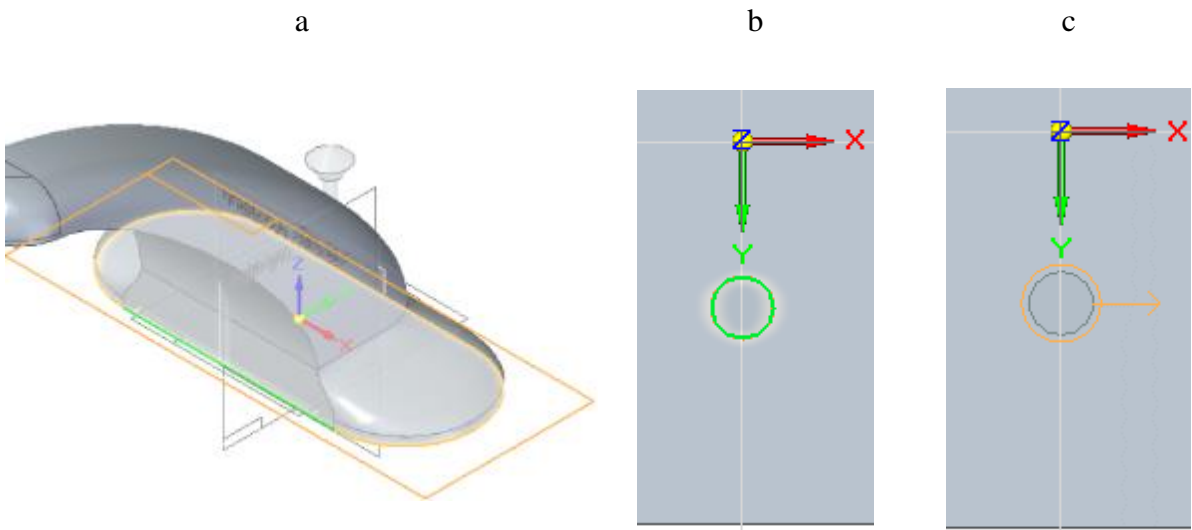
joonis 2-3

- Trimmida (*Trim*) üleliigsed jooned kuni jääb kinnine kujund.
- Luua pöördkeha tehtud joonise põhjal (joonis 2-4;a).
- Avada topeltklikiga segisti mudel (joonis 2-4;b).



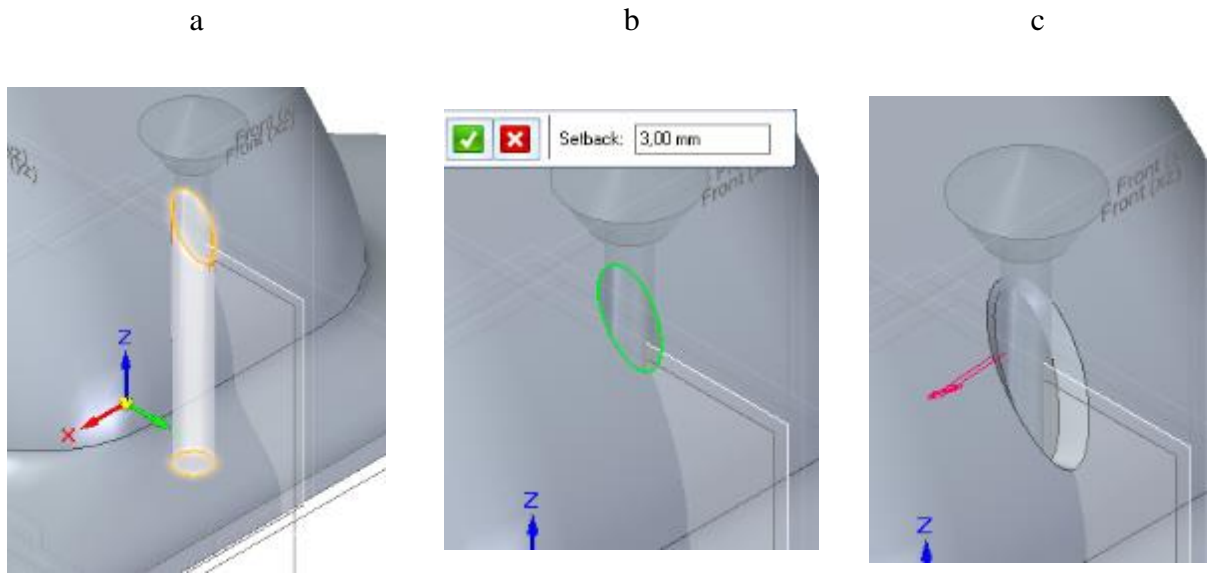
joonis 2-4

- Alustada lõike tegemist segisti põhja tasandile (joonis 2-5;a).
- Projekteerida eskiisile nihkega (*Project with offset*) varda põhja kuju 1 mm suuremana (joonis 2-5;b;c).



joonis 2-5

- Teha lõige läbi segisti (joonis 2-6;a).
- Teha väljalõike äärtesse faas (*Chamfer*) suurusega 3 mm (joonis 2-6;b;c). Sulgeda osa.



joonis 2-6

- Salvestada koost.

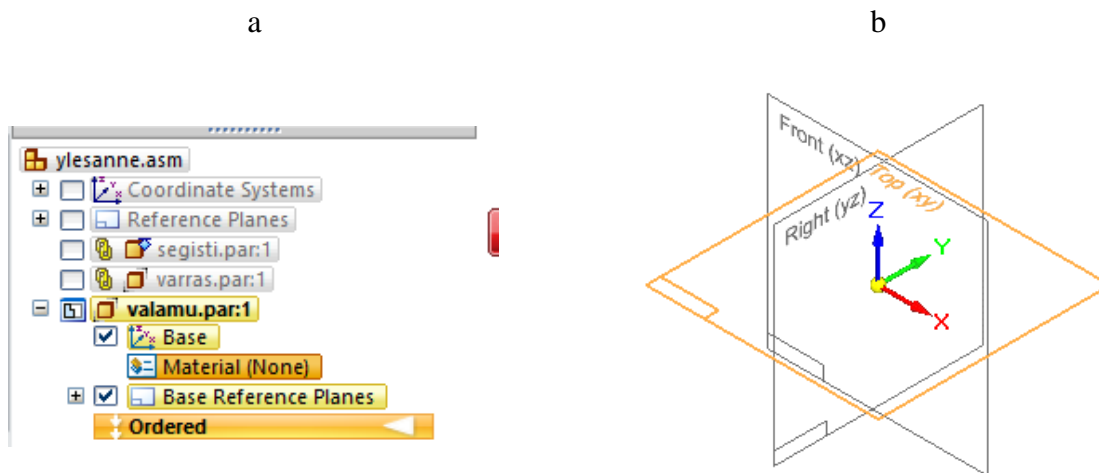
3. Valamu

Selles peatükis valmistame valamude mudeli kasutades traditsioonilist modelleerimist ning paigutame selle korrektselt segisti suhtes. Valmides peaks see mudel välja nägema nagu järgneval illustratsioonil (joonis 3-1).



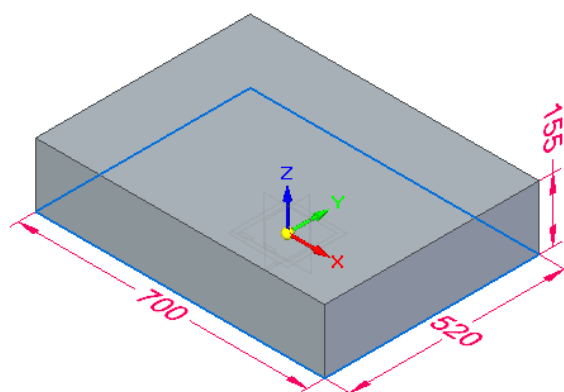
joonis 3-1

- Luua uus osa.
- Vaate lihtsustamiseks peita koostu tasapinnad ning osad vaateväljast eemaldades märke nende nime ees olevas märkeruudus (joonis 3-2;a).
- Alustada lükkega keha loomist tasapinnast XY (joonis 3-2;b).



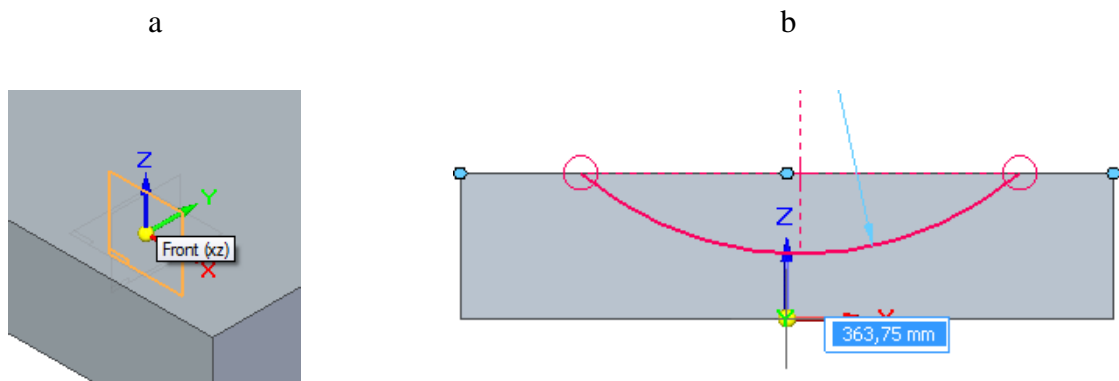
joonis 3-2

- Luua ristküliku kujuline keha, mille keskpunkt jääb tugitelgede ristumiskohale, põhi mõõtmetega 700 mm ja 520 mm ning keha ulatus 155 mm (joonis 3-3).



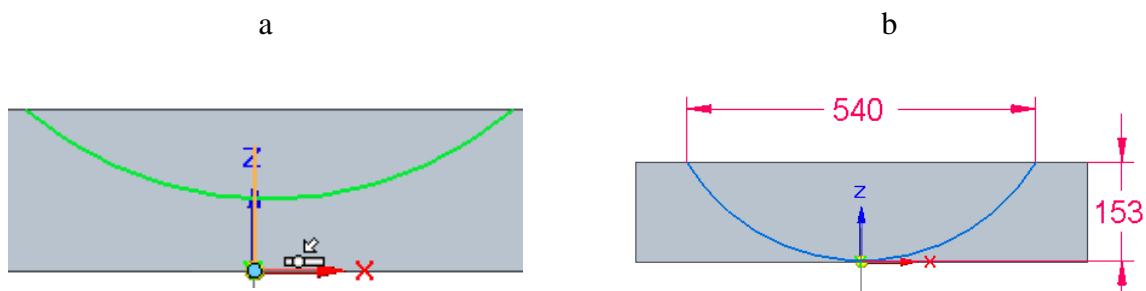
joonis 3-3

- Alustada eskiisi loomist tasapinnale XZ (joonis 3-4;a).
- Luua kaar kolme punkti abil (*Arc by 3 Points*), mille äärepunktid on kinnitatud ristküliku ääre külge (joonis 3-4;b).



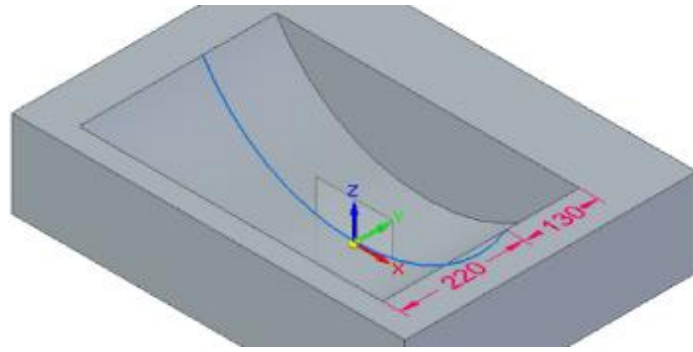
joonis 3-4

- Määrata kaare keskpunkt kohakuti Z-teljega (*Connect*) (joonis 3-5;a).
- Määrata kaare äärte vaheks (*Distance Between*) 540 mm ning ääre ja kaare keskpunkti vaheks 153 mm (joonis 3-5;b).



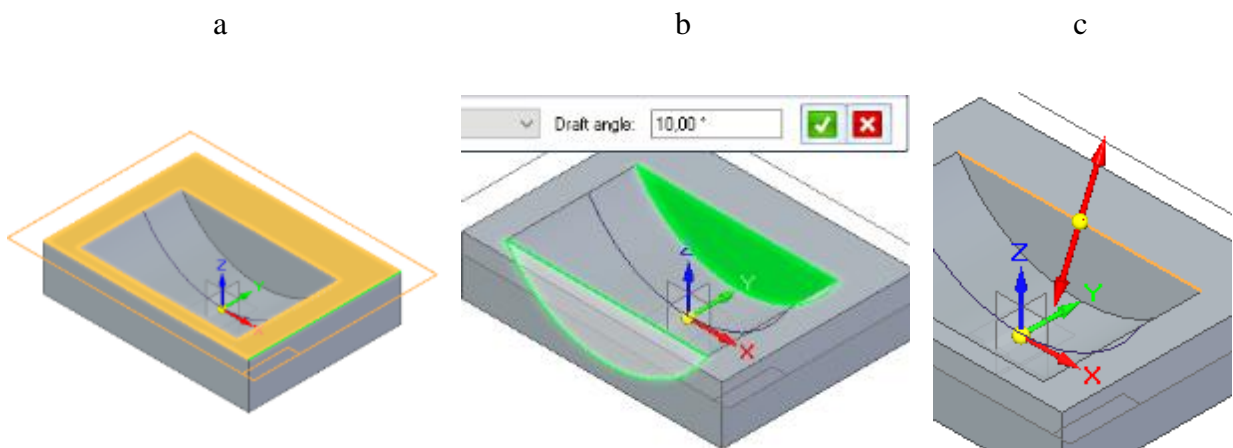
joonis 3-5

- Teha kehasse mittestümmeetrilise ulatusega väljalõige (*Non-symmetric Extent*), mille teljeks on kaar.
- Määrata lõike ulatuseks 220 mm ja 130 mm (joonis 3-6).



joonis 3-6

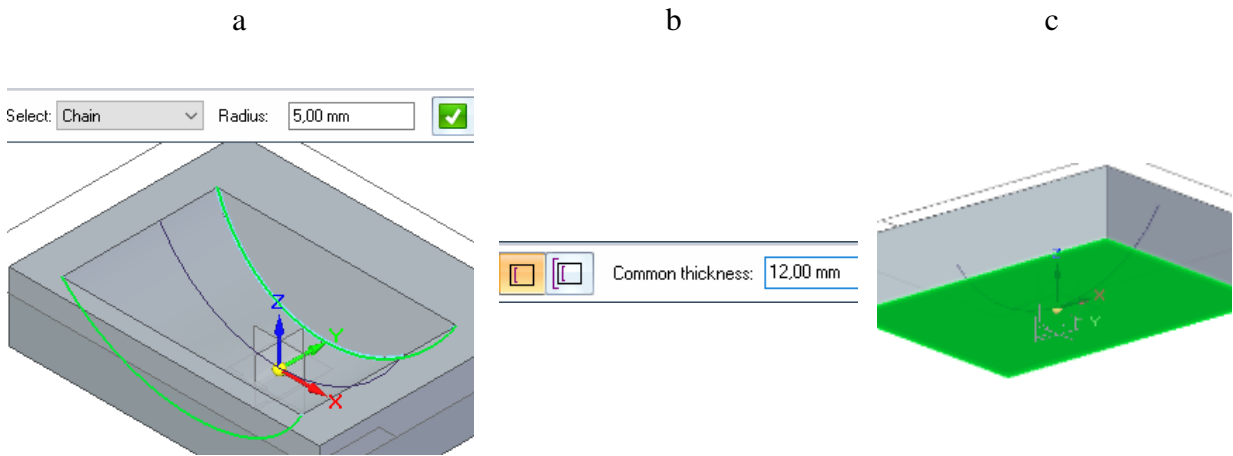
- Valida kalde tekitamise tegevus (*Draft*).
- Kalde teljeks valida valamü pealmine pind (joonis 2-2;a).
- Viidata kaare vertikaalsetele seintele. Kaldenurga suuruseks määrata 10 kraadi (joonis 2-2;b).
- Kaldenurga suunaks määrata sissepoole (joonis 2-2;c).



joonis 3-7

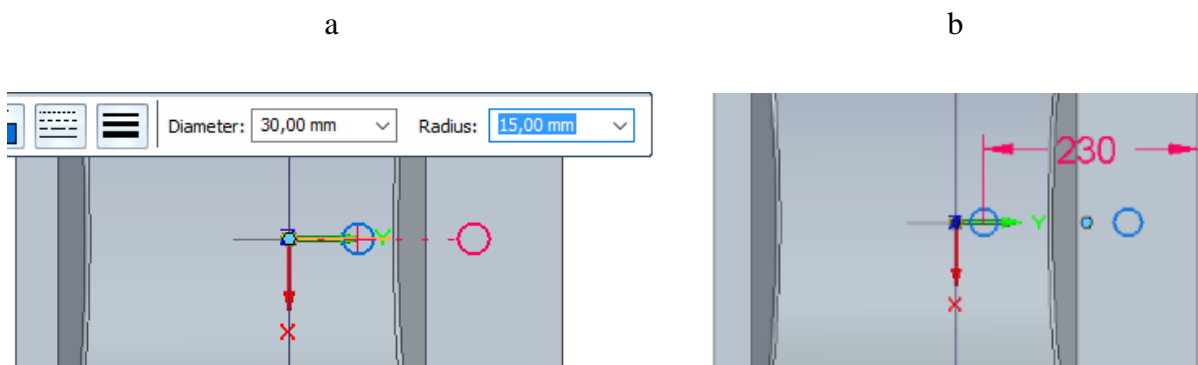
- Ümardada (*Round*) kaldus seinte kaared raadiusega 5 mm (joonis 3-8;a).
- Määrata keha seinte paksuseks (*Thin Wall*) 12 mm (joonis 3-8;b).

- Viidata keha põhjale, mis jätab selle avatuks (joonis 3-8;c).



joonis 3-8

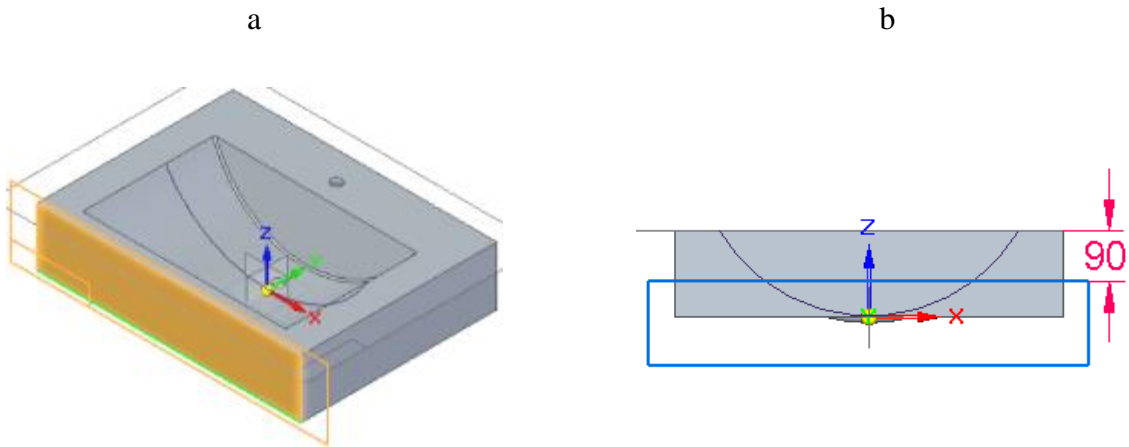
- Alustada lõike tegemist valamu pealmisele pinnale (joonis 2-2;a).
- Joonestada Y-teljega kohakuti kaks ringi raadiusega 15 mm (joonis 3-9;a). Ühele määrata kauguseks valamu tagumisest seinast 230 mm (joonis 3-9;b), teine paigutada umbes valamu ääre keskkohale, selle täpne asukoht pole antud ülesande piires tähtis. Viia lõike tegemine lõpule.



joonis 3-9

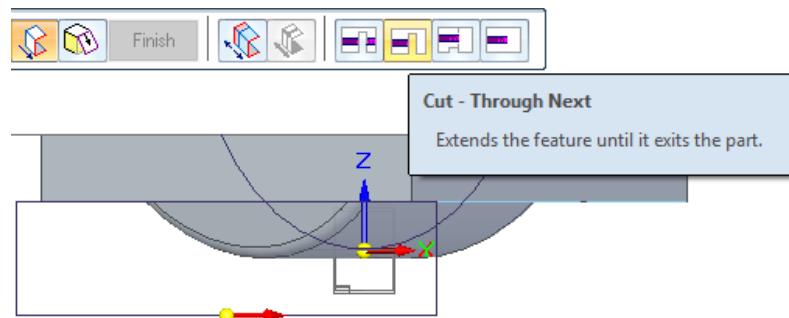
- Alustada lõike tegemist valamu esiküljele (joonis 2-4;a).

- Luua eskiis ristkülikust, mis on laiem kui valamu külg ning rohkem kui 65 mm kõrge. Määrata eskiisi kaugus külje ülemisest äärest 90 mm (joonis 2-4;b).



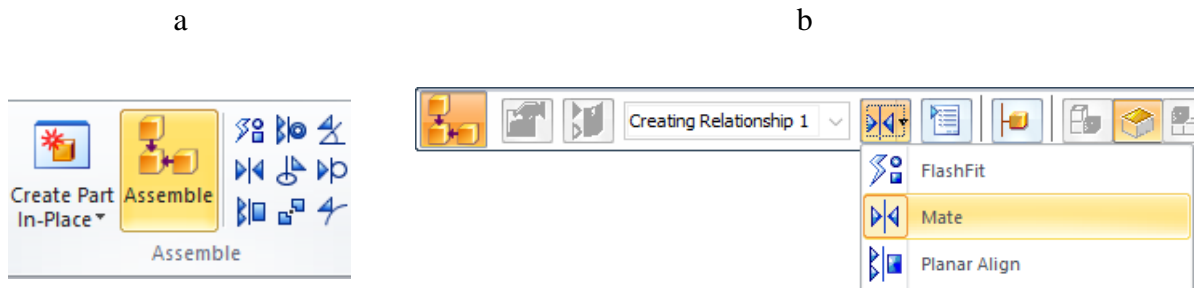
joonis 3-10

- Teha lõige suunaga valamu poole läbi järgmise keha (*Through Next*) (joonis 3-11). Lõige peaks toimuma vaid valamu ümber oleva kandi peal.



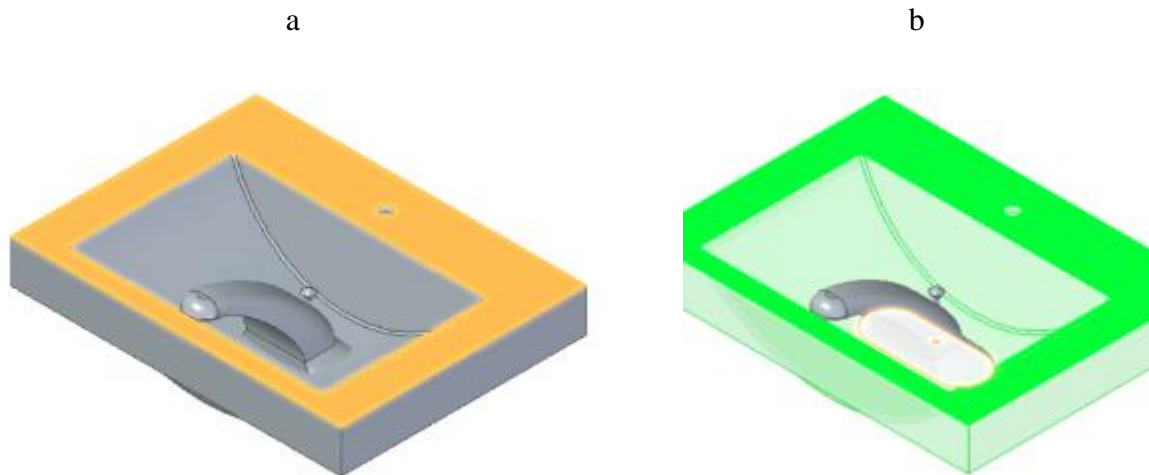
joonis 3-11

- Salvestada osa ning väljuda osa redigeerimisest. Tuua tagasi nähtavale segisti ja varras.
- Valida koostu komplekteerimise tegevus *Assemble* (joonis 3-12;a) ning määrata sideme tüübiks *Mate* (joonis 3-12;b).



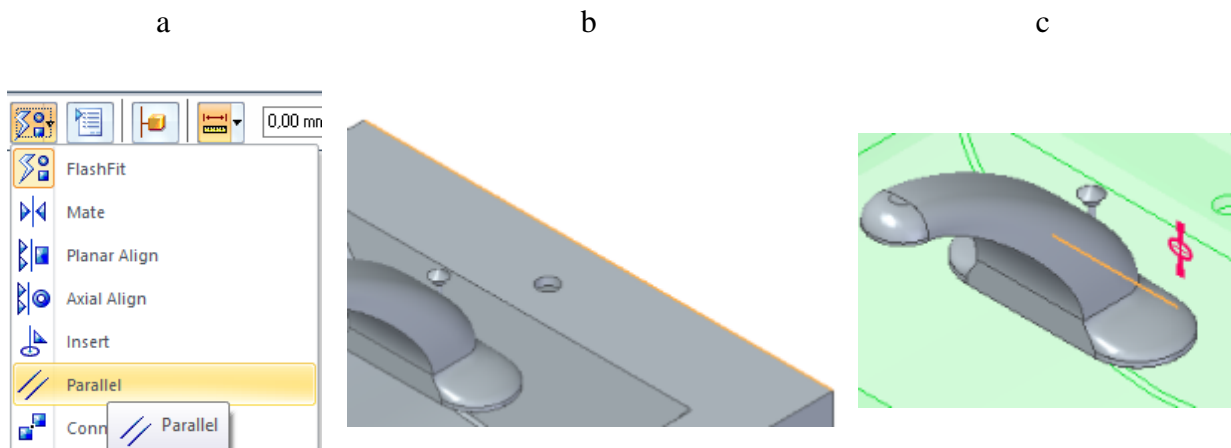
joonis 3-12

- Viidata esiteks valamu pealmisele äärele ning seejärel segisti aluse põhjale (joonis 3-13;a;b). See seab pinnad samale tasapinnale. Kui asjad paigas, tühistada valikud.



joonis 3-13

- Valida koostu komplekteerimise side *Parallel* (joonis 3-14;a) ning viidata valamu tagumisele äärele (joonis 3-14;b) ning segisti tagumisele äärele (joonis 3-14;c).

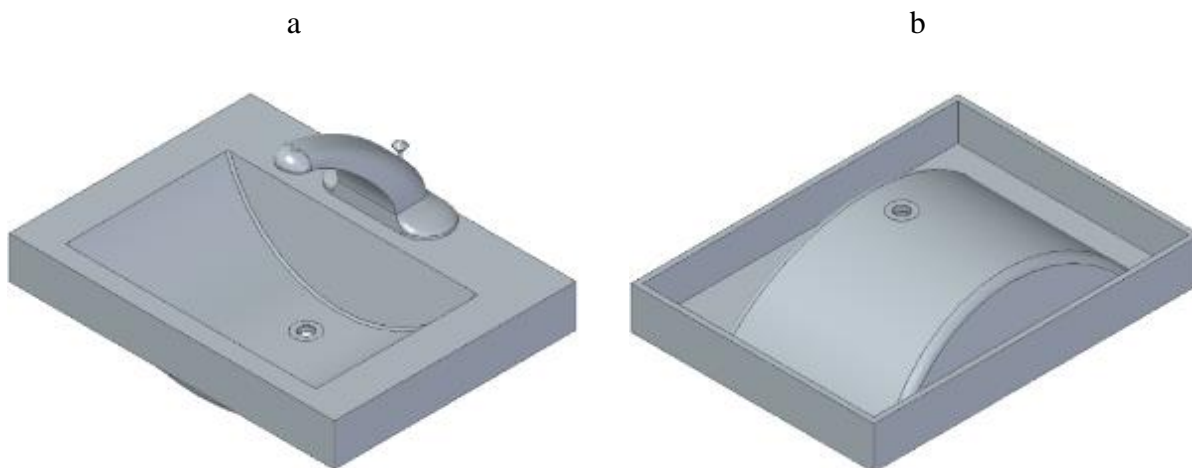


joonis 3-14

- Kui tekib olukord, et varda auk ning valamü äärele tehtud auk kattuvad, võib iga hetk valamü aukude eskiisi redigeerida, liigutades äärel asetsevat ringjoont soovitud kaugusele.
- Kui tekib probleeme segisti ja valamü sidumisel, võib siduda kokku varda augu ning valamü äärel asetseva augu.
- Salvestada koost.

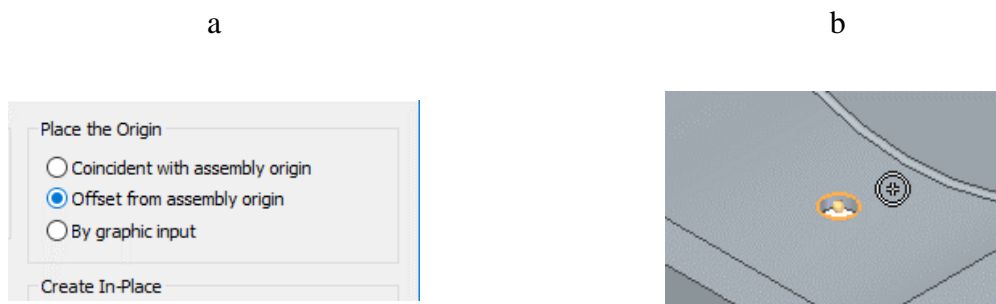
4. Tihendid

Selles peatükis lisame koostule kahe tihendi mudelid. Valmides peaks su koostu välja nägema nagu järgnevatel illustratsioonidel (joonis 4-1;a;b). Tihendid jäävad esialgu osaliselt valamü keha sisse.



joonis 4-1

- Alustada uue osa loomist. Seekord on meil vaja aga tekitada osale uus alguspunkt. Kategorias *Place the Origin* valida *Offset from assembly origin* (joonis 4-2;a).
- Viidata valamü äravoolu augu pealmisele ringile (joonis 4-2;b).



joonis 4-2

- Peita segisti vaateväljast.
- Alustada lükkega keha loomist XY tasapinnale (joonis 4-3;a).
- Joonestada ringid läbimõõdudega 30 mm ja 54 mm, mille keskpunktid on telgede ristumispunktil (joonis 4-3;b).



joonis 4-3

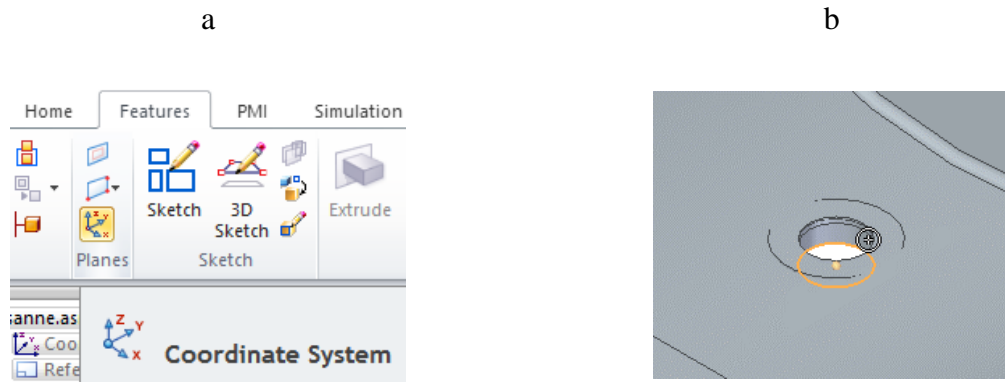
- Luua mittersümmeetriline keha, mille ulatused on 2 mm valamus sisse ning 1 mm valamust välja (joonis 4-4;a;b).



joonis 4-4

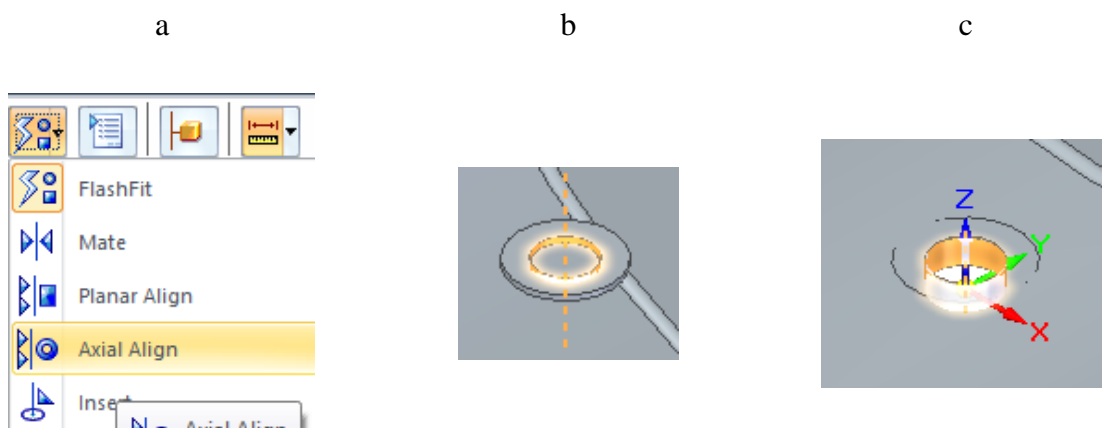
- Sulgeda osa ja salvestada.

- Lindilt *Features* valida uue koordinaatsüsteemi tegemise vahend (*Coordinate System*) (joonis 4-5;a), jättes orientatsiooniks valiku *Key-in*.
- Viidata äravoolu augu alumisele ringile (joonis 4-5;b).



joonis 4-5

- Avada osade teek (joonis 2-2;a) ning lisada koostule teine tihend.
- Valida koostu komplekteerimise tegevus ning sidemeks *Axial Align* (joonis 4-6;a).
- Panna tihendi telgjoon (joonis 4-6;b) kohakuti äravoolu augu telgjoonega (joonis 4-6;c).



joonis 4-6

- Valida koostu komplekteerimise side *Mate* ning viidata tihendi põhjale (joonis 4-7;a) ja uue koordinaatsüsteemi *XY* tasapinnale (joonis 4-7;b).

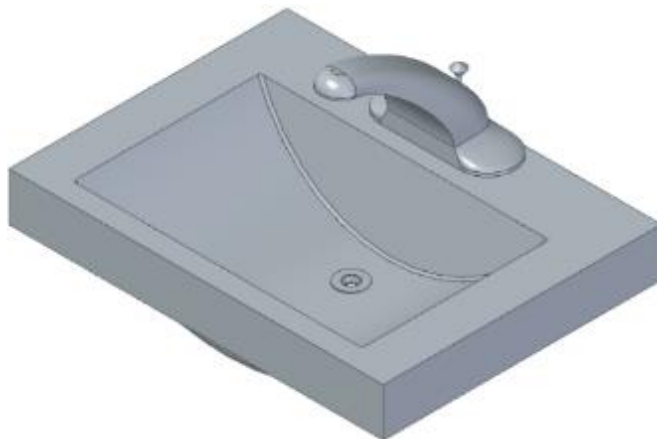


joonis 4-7

- Salvestada koost.

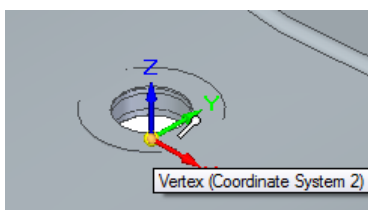
5. Äravoolu sõel

Selles peatükis lisame koostule äravoolu sõela. Valmides peaks su koostu välja nägema nagu järgneval illustratsioonil (joonis 5-1).



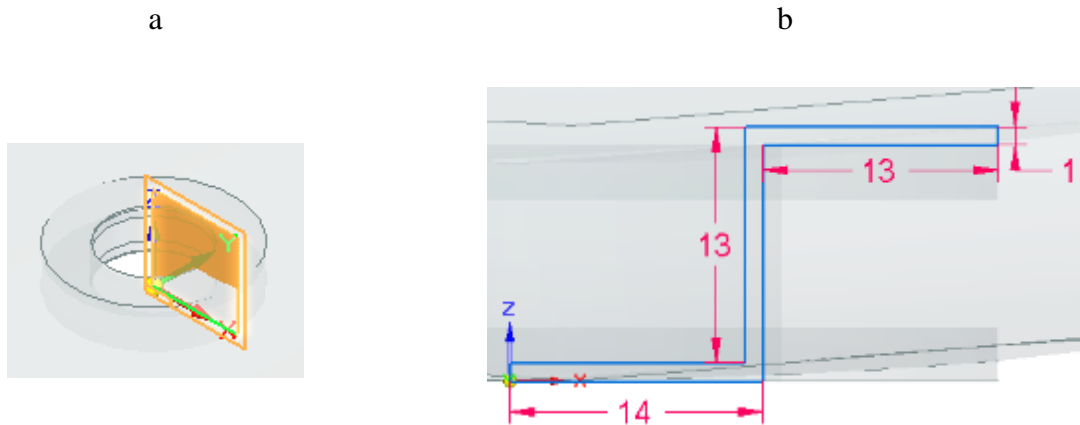
joonis 5-1

- Luua uus osa. Valida alguspunktiks äravoolu avas olev koordinaatsüsteem (joonis 5-2).



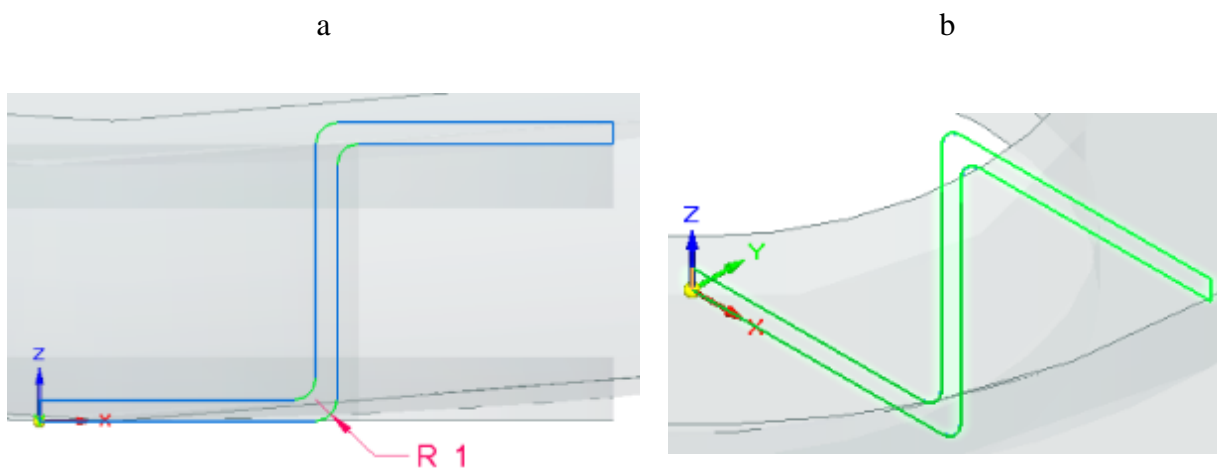
joonis 5-2

- Alustada eskiisi loomist XZ tasapinnale (joonis 5-3;a).
- Luua joonis näidatud mõõtmetega (joonis 5-3;b), kinnitades ühe nurga telgede ristumispunktile.



joonis 5-3

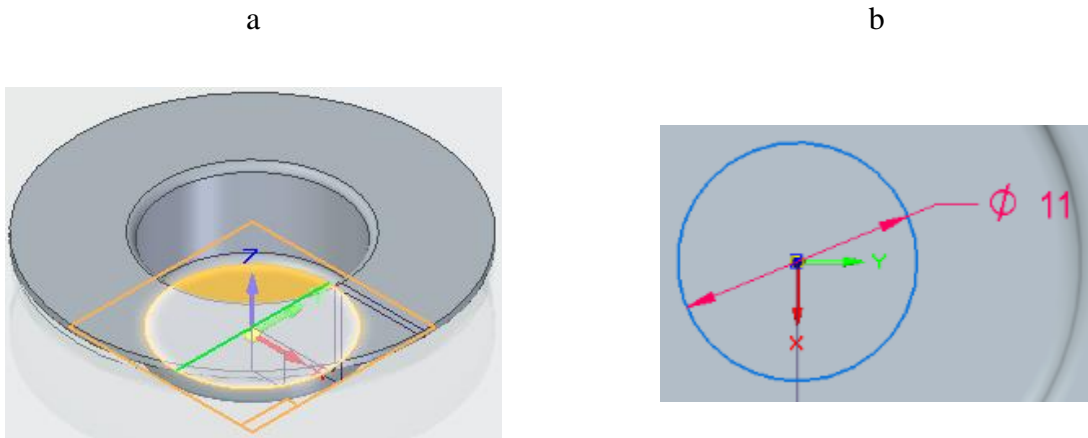
- Kumerdada pööramisega nurgad raadiusega 1 mm. (joonis 5-4;a).
- Alustada pöördkeha loomist tehtud eskiisi põhjal, kasutades Z teljega ühtivat joont pöördteljena (joonis 5-4;b).
- Luua pöördkeha ulatusega 360 kraadi.



joonis 5-4

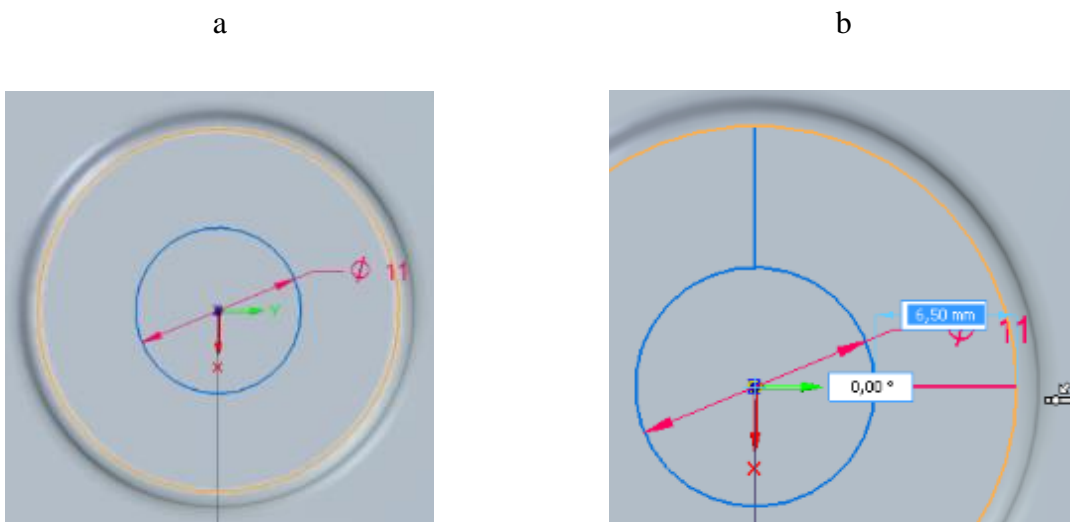
- Alustada lõike tegemist sõela põhjale (joonis 5-5;a).

- Joonestada ringjoon läbimõõduga 11 mm, mille keskpunkt on telgede ristumispunktil (joonis 5-5;b).



joonis 5-5

- Projekteerida eskiisile sõela sisemine ringjoon (joonis 5-6;a).
- Joonestada mööda vertikaalset ja horisontaalset telge sirged, mis ühendavad mõlemad ringjooned (joonis 5-6;b).



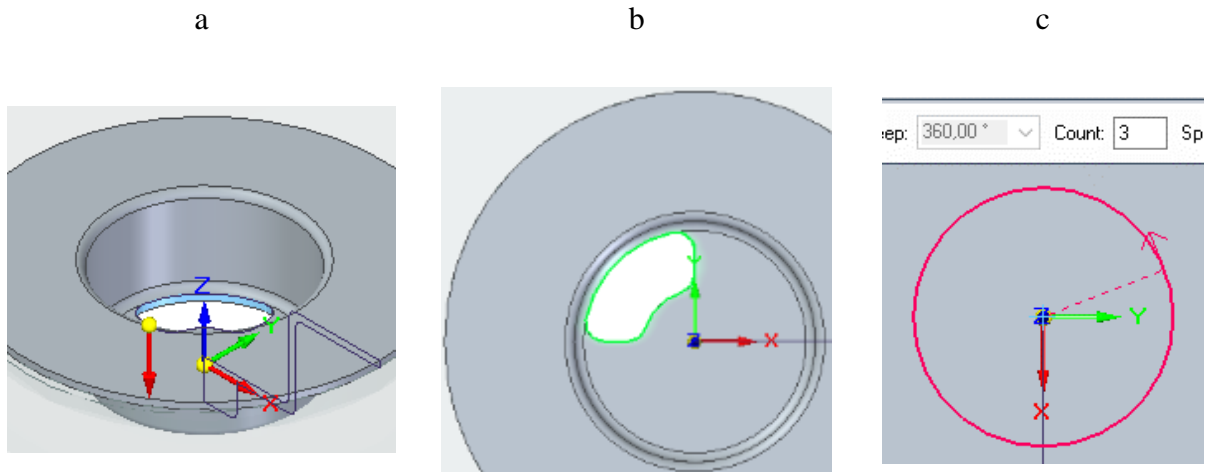
joonis 5-6

- Eemaldada üleliigsed jooned nii et alles jääb vaid üks sektor (joonis 5-7;a).
- Kumerdada kõik nurgad raadiusega 2 mm (joonis 5-7;b).



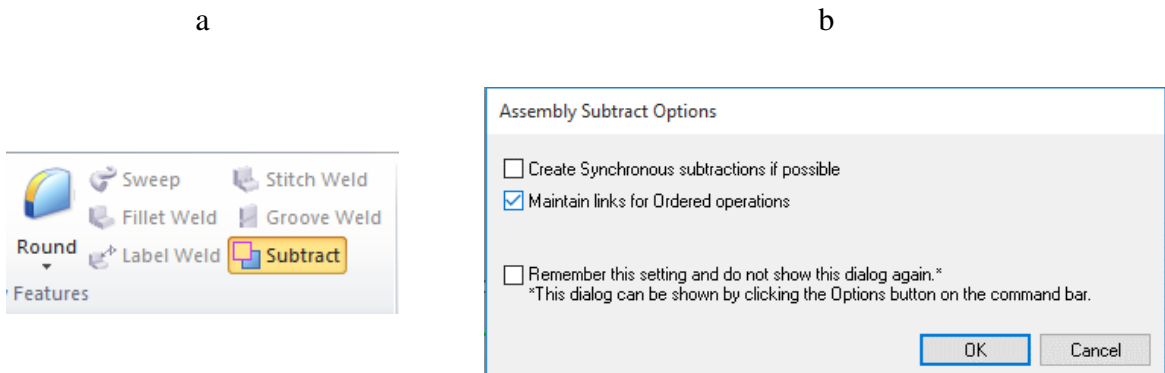
joonis 5-7

- Taha lõige läbi keha (joonis 5-8;a).
- Valida mustri tegemise vahend (*Pattern*) ja viidata tehtud lõikele (joonis 5-8;b).
- Viidata sõela põhjale.
- Ringmusteri (*Circular Pattern*) tööriistaga joonestada suvalise suurusega telgede ristumispunktist väljuv ringjoon.
- Määrata mustrile suvaline suund ning korduste arvuks 3 (joonis 5-8;c).



joonis 5-8

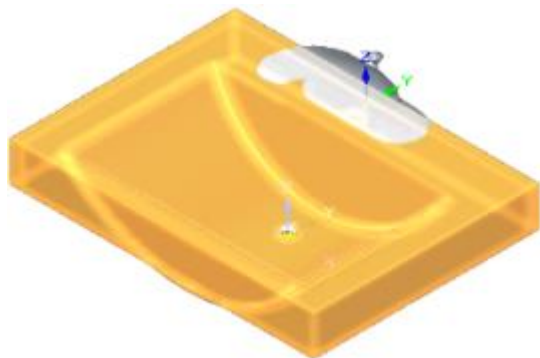
- Sulgeda osa.
- Valida lindilt *Features* tööriist *Subtract* (joonis 5-9;a).
- Hüppikaknas märgistada ära valik *Maintain links for Ordered operations* (joonis 5-9;b).



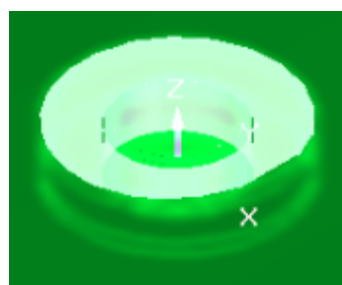
joonis 5-9

- Viidata lõigatavale kehale, milleks on valamu (joonis 5-10;a).
- Viidata tihenditele ning äravoolu sõelale (joonis 5-10;b).

a



b

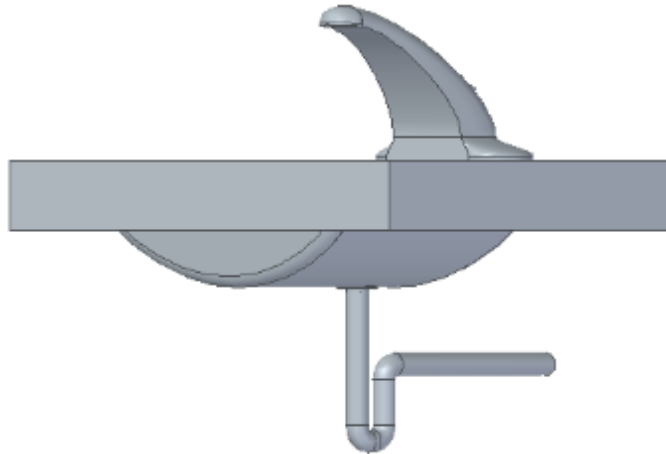


joonis 5-10

- Salvestada koost.

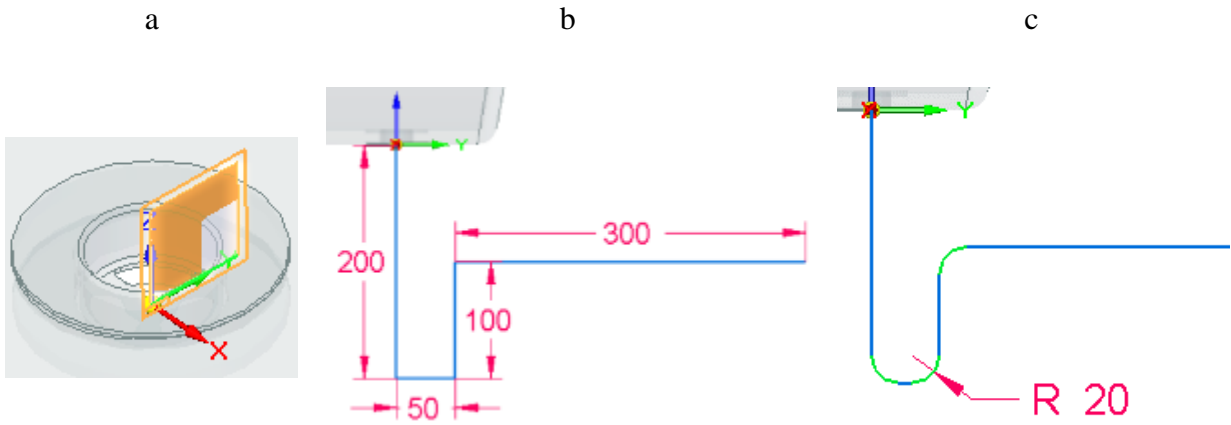
6. Äravoolu toru

Selles peatükis valmistame äravoolu toru mudeli. Valmides peaks su koostu välja nägema nagu järgneval illustratsioonil (joonis 6-1).



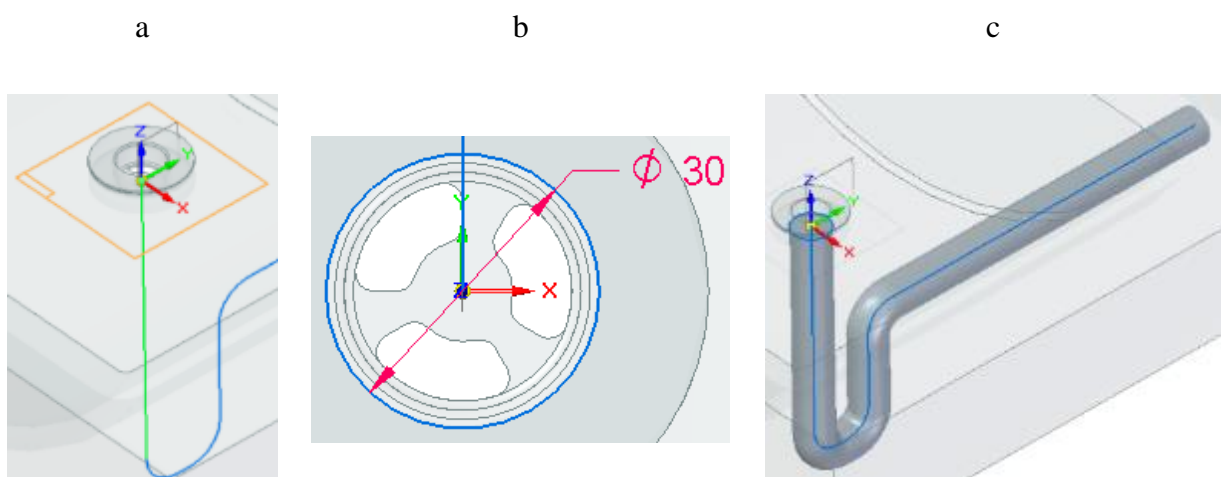
joonis 6-1

- Luua uus osa. Valida alguspunktiks äravoolu avas olev koordinaatsüsteem (joonis 5-2).
- Alustada keha loomisega juhtjoone abil (*Sweep*) *ZY* tasapinnale (joonis 6-2;a) jättes loome tüübiks *Single path and cross section*.
- Luua eskiis joonisel näidatud mõõtmetega (joonis 6-2;b).
- Kumerdada nurgad raadiusega 20 mm (joonis 6-2;c).



joonis 6-2

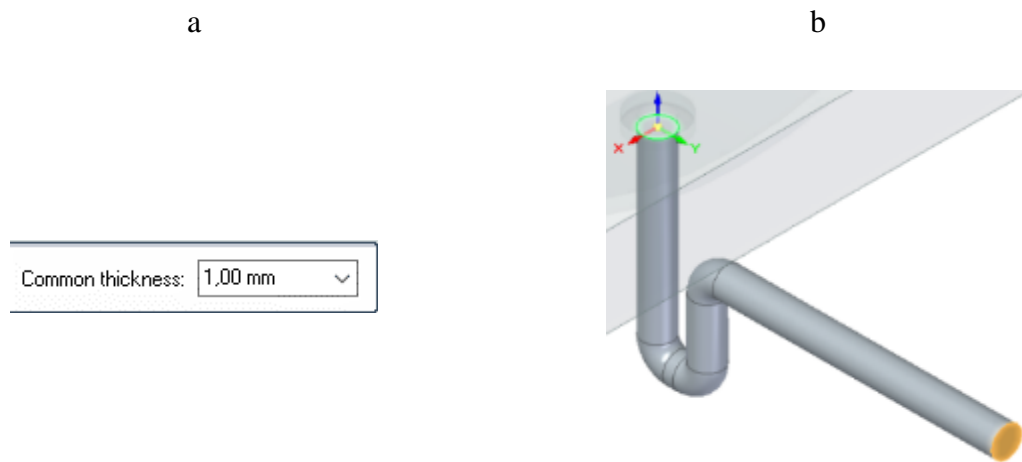
- Sulgeda eskiis ning lõpetada samm.
- Joonega risti tasandiga (*Plane Normal to Curve*) viidata ühele äärmisele sirgele ning tõmmata tasand selle tippu (joonis 6-3;a).
- Luua ringjoon läbimõõduga 30 mm, mille keskpunkt jääb joone tippu (joonis 6-3;b).
- Sulgeda eskiis ning lõpetada keha (joonis 6-3;c).



joonis 6-3

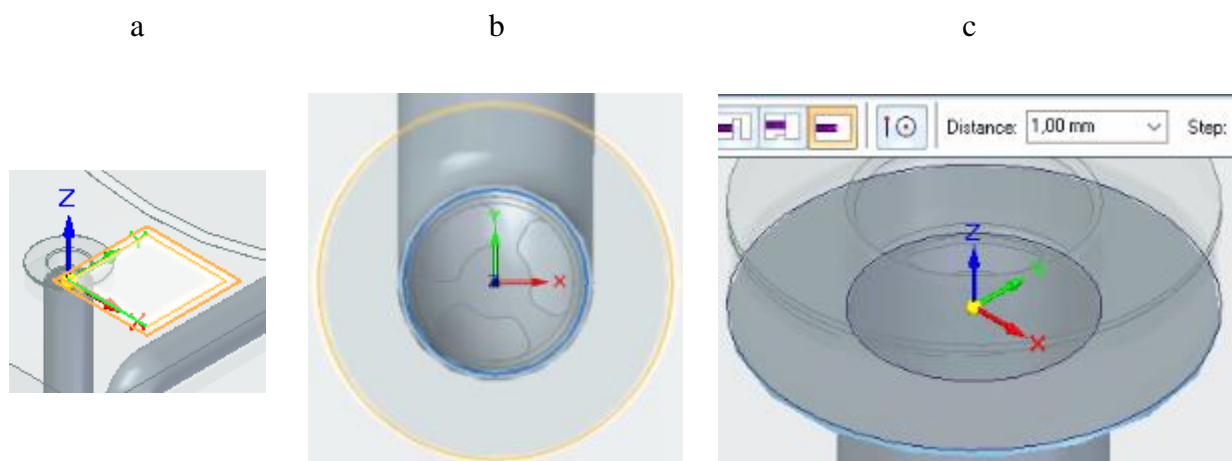
- Valida keha seinte paksuse vahend ja määrata seinte paksuseks 1 mm (joonis 6-4;a).

- Viidata toru otsadele (joonis 6-4;b).



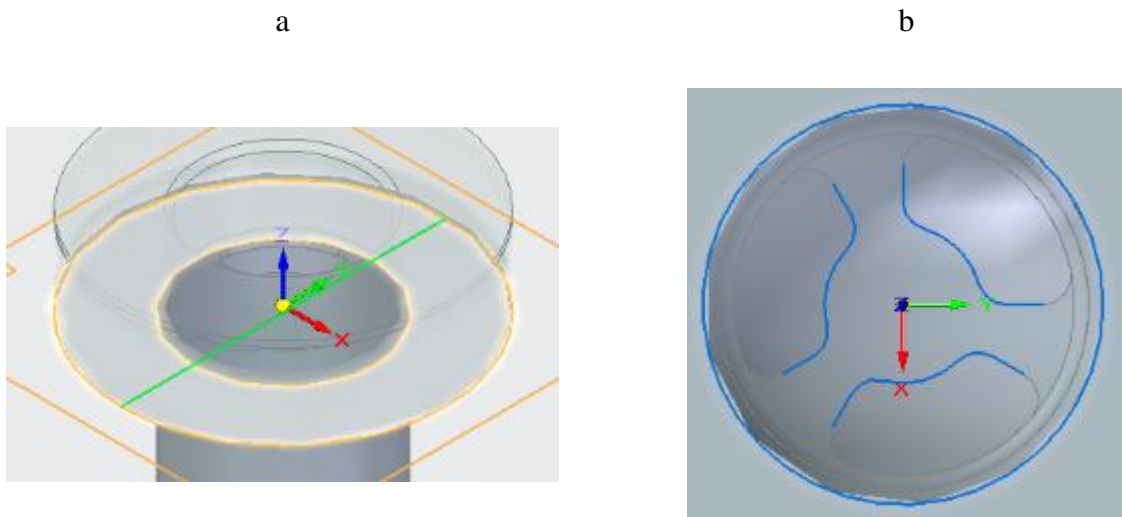
joonis 6-4

- Alustada lükkega keha loomist XY teljele (joonis 6-5;a).
- Projekteerida eskiisile toru sisemine ringjoon ning tihendite välimine ringjoon (joonis 6-5;b).
- Sulgeda eskiis ning luua 1 mm paksune keha suunaga eskiisist toru poole (joonis 6-5;c).



joonis 6-5

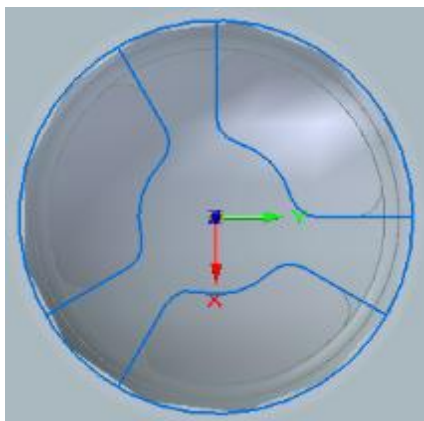
- Alustada eskiisi loomist toru ääre tahule, mis on valamust eemal (joonis 6-6;a).
- Eskiisivaates keerata kaamera nõnda, et äravoolu sõela muster on nähtaval. Võib olla vajalik segisti vaateväljast peita.
- Valida eskiisi projekteerimise vahend ning tuua esile augu sisemine muster ning toru sisemine ringjoon (joonis 6-6;b).



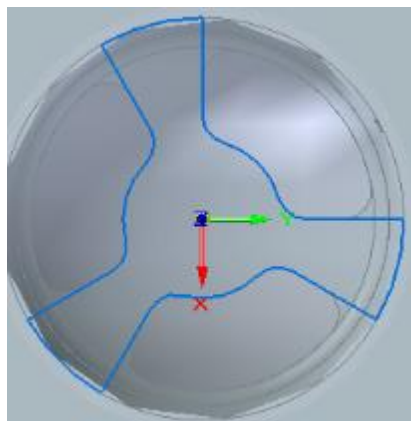
joonis 6-6

- Tõmmata sirgjooned lõpuni välimise ringini (joonis 6-7;a).
- Trimmida välimine ringjoon (joonis 6-7;b).
- Luua lükkega keha tehtud eskiisi põhjal ulatusega 5 mm toru sisse (joonis 6-7;c).

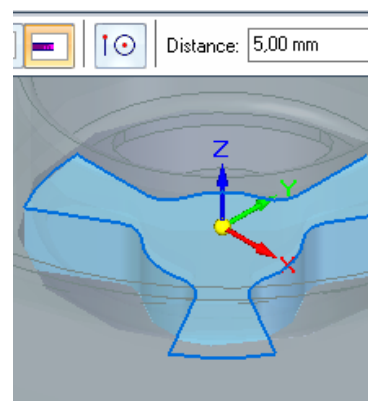
a



b



c



joonis 6-7

- Salvestada koost.

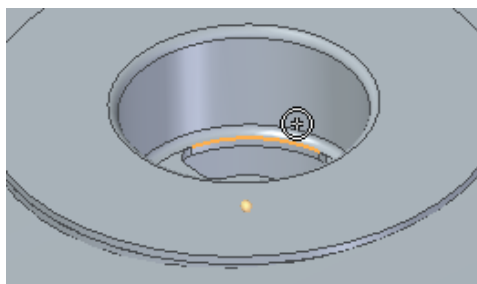
7. Kruvi

Selles peatükis lõpetame koostu lisades sellele äravoolu osasid kinnitava kruvi. Valmides peaks su mudel välja nägema nagu järgneval illustratsioonil (joonis 7-1).



joonis 7-1

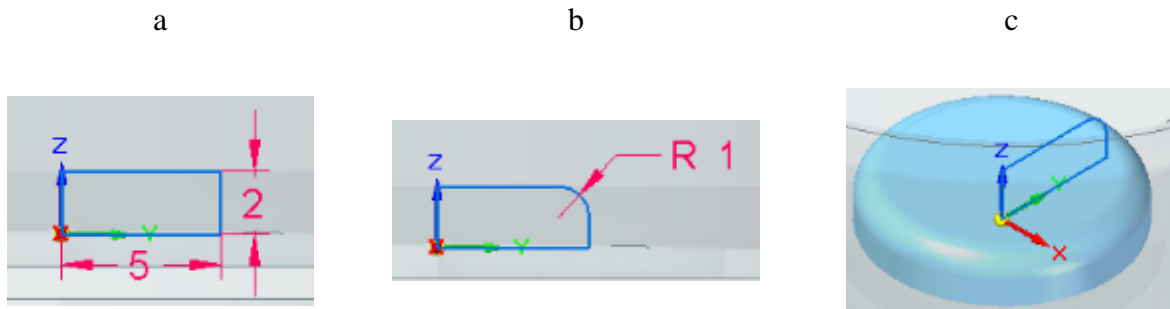
- Luua uus osa. Valida *Offset from assembly origin* ning viidata äravoolu sõela keskpunktile mõne kaare kaudu (joonis 7-2). Õigele punktile pihta saamises võib olla vajalik sisse suumida.



joonis 7-2

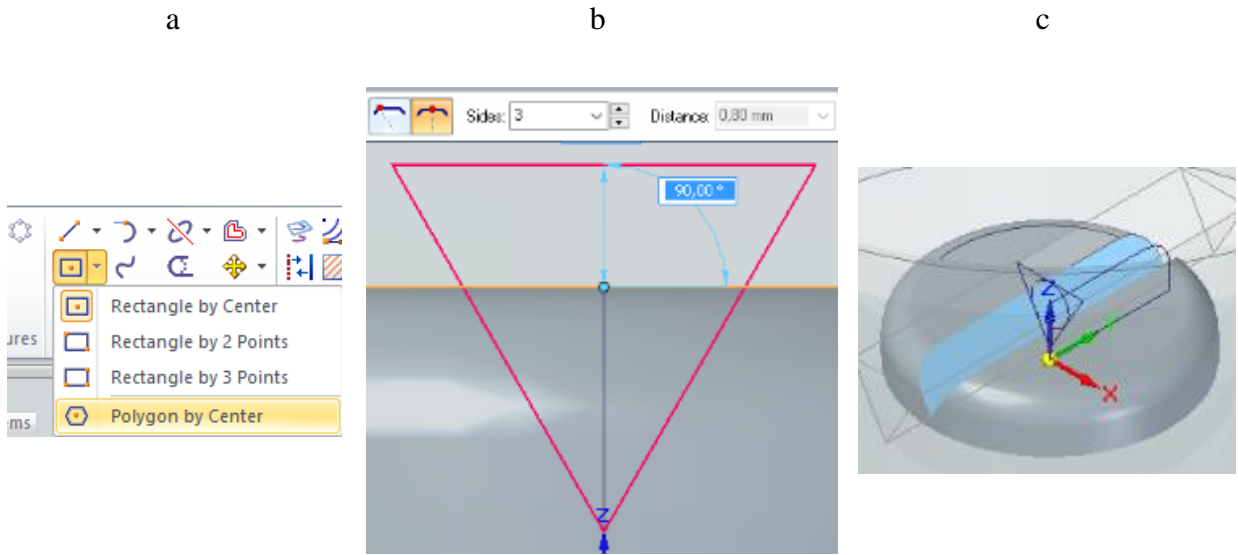
- Alustada eskiisi loomist *ZY* tasapinnale.
- Joonestada ristkülik, mille üks nurk on telgede ristumispunktis, mõõtudega 5 mm ja 2 mm (joonis 7-3;a).
- Kumerdada keskpunktist kaugeim nurk raadiusega 1 mm (joonis 7-3;b).

- Luua pöördkeha 360 kraadi, mille teljeks on Z teljel asetsev külg (joonis 7-3;c).



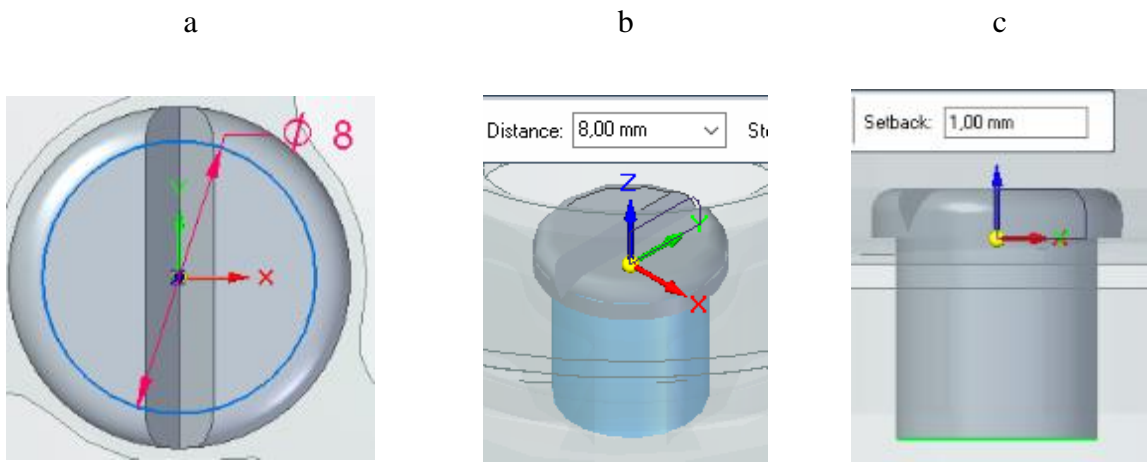
joonis 7-3

- Alustada lõike tegemist XZ tasapinnale.
- Ristküliku vahendite alt valida hulknurga tegemise vahend (*Polygon by Center*) (joonis 7-4;a).
- Jätta kuju tüübiks *By Midpoint*, määrata külgede arvuks 3 ja ulatuseks 0,8 mm ning paigutada selle keskkohat keha keskkoha otsa ning keerata tipp Z teljega kohakuti (joonis 7-4;b).
- Teha lõige läbi keha (joonis 7-4;c).



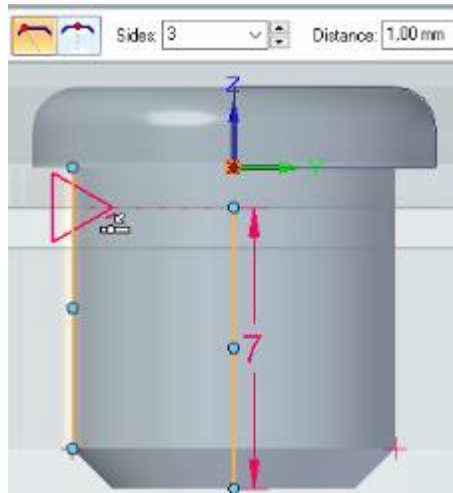
joonis 7-4

- Alustada lükkega keha loomist XY tasapinnale.
- Joonestada keskpunktist ringjoon läbimõõduga 8 mm (joonis 7-5;a).
- Luua keha ulatusega 8 mm suunaga toru sisse (joonis 7-5;b).
- Keha otsale teha faas (*Chamfer*) ulatusega 1 mm (joonis 7-5;c).



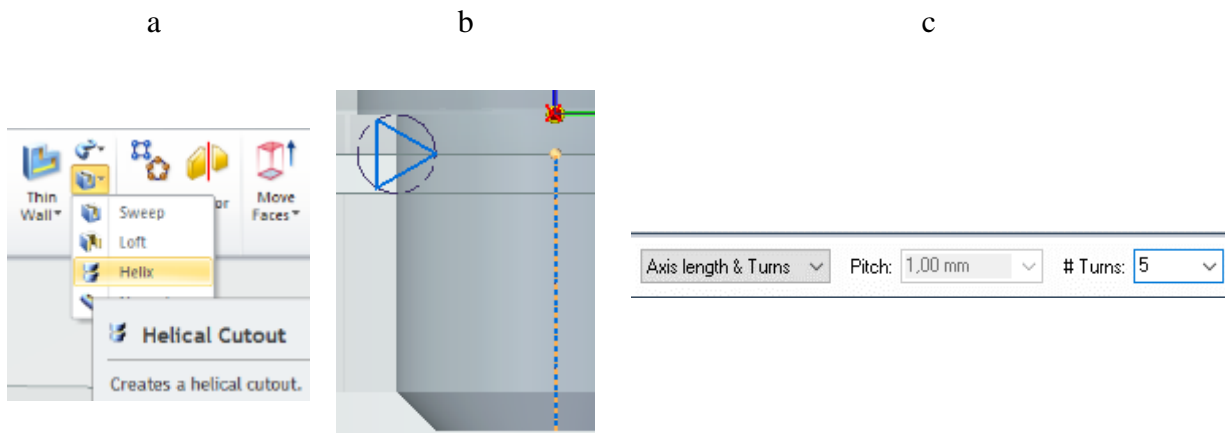
joonis 7-5

- Alustada eskiisi loomist *ZY* tasapinnale.
- Joonestada sirgjoon kruvi alumise ääre keskpunktist pikkusega 7 mm.
- Joonestada kolmnurk (*Polygon by Center*) omadusega *By Vertex* ning suurusega 1 mm, mille keskpunkt on kohakuti joone tipuga ning kruvi äärega, kolmnurga ots suunaga keskele (joonis 7-6).



joonis 7-6

- Alustada spiraalse löike (*Helical Cutout*) (joonis 7-7;a) tegemist *ZY* tasapinnale.
- Viidata kolmnurgale, kinnitada, ning seejärel sirgele.
- Viidata sirgjoone tipule (joonis 7-7;b).
- Keerme tüübiks määrata *Axis length & Turns* ning keerdude arvuks 5 (joonis 7-7;c).



joonis 7-7

- Keerata vaade, et keerdude alguskoht oleks nähtav (joonis 7-8;a).
- Lõigata kolmnurkse eskiisi järgi läbi kruvi (joonis 7-8;b).



joonis 7-8

- Sulgeda osa.
- Kasutades *Subtract* vahendit, lõigata kruvi kuju ära voolu augu ning toru sisse.
- Salvestada koost.

3D modelleerimise aine tudengitelt tagasiside saamiseks loodud küsitlus, mis asub aadressil:
<http://goo.gl/forms/fnGz06iWoV>

Solid Edge 5. õppetunni materjali küsitlus

***Required**

Sinu nimi? *

Your answer

Sinu vanus? *

Your answer

Kuidas hindad enda teadmisi 3D modelleerimises? *

	1	2	3	4	5	
kehv	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	suurepärane

Kuidas hindad enda teadmisi Solid Edge kasutamises? *

	1	2	3	4	5	
kehv	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	suurepärane

Mitu peatükki antud materjali jõudsid tehtud? *

Choose ▾

Kas mõnda osa oleks võinud paremini selgitada? *

Kui jah, siis millist?

Your answer

Kas mõni osa jäi segaseks? *

Kui jah, siis milline?

Your answer

Kas pilte oli piisavalt? *

- Jah
- Ei
- Liiga palju

Kas sa muudaksid midagi materjalis? *

Kui jah, siis mida?

Your answer

Kas sa soovitaksid seda materjali edaspidiseks kasutamiseks? *

- Jah
- Ei

Kommentaariid *

Your answer

SUBMIT

Never submit passwords through Google Forms.

Lisa 3 – Küsitluse tulemused

Tabel 2. Tunnis läbi viidud küsitluse tulemused - esimene osa.

	Timestamp	Sinu vanus?	Kuidas hindad enda teadmisi 3D modelleerimises?	Kuidas hindad enda teadmisi Solid Edge kasutamises?	Mitu peatükki antud materjali jõudsid tehtud?	Kas mõnda osa oleks võinud paremini selgitada?	Kas mõni osa jäi segaseks?
Vastaja 1	3.1.2016 9:29:35	23	2	2	3	-	Assembly osa oli alguses segane, kuid väheke mõeldes, jõuab sihini.
Vastaja 2	3.1.2016 10:09:01	19	4	5	7	Toru	Ei
Vastaja 3	3.1.2016 10:21:54	22	4	3	7	ei, kõik oli arusaadav	ei
Vastaja 4	3.1.2016 10:36:08	24	3	1	7	Ei	Ei
Vastaja 5	3.1.2016 10:45:52	34	1	1	2	Oli hästi seletatud	Liiga väheste eelteadmiste tõttu
Vastaja 6	3.1.2016 10:49:30	23	3	3	7	Viimased kaks, kus oli tegemist sweep ja helical cutiga.	Segasemaks jäid vaid 6 ja 7.
Vastaja 7	3.1.2016 10:51:41	20	4	4	6	Ei leidnud küll, et oleks olnud vaja	Ei
Vastaja 8	3.1.2016 10:52:16	22	3	3	5	2,4	2,4
Vastaja 9	3.1.2016 10:56:18	24	2	2	4	Väga põhjalik ja täpne juhend.	Ei.
Vastaja 10	3.1.2016 10:58:16	23	3	2	7	Ei	Ei

Vastaja 11	3.1.2016 11:04:11	22	3	3	5	ei	ei
Vastaja 12	3.1.2016 11:05:55	20	3	2	7	Kuuendat osa	ei
Vastaja 13	3.1.2016 11:07:45	21	3	3	4	Kõik oli piisavalt selge	ei
Vastaja 14	3.1.2016 11:08:27	22	3	3	7	joonise 6-3 juures ära minida, et tuleks sweepi kasutada	ei
Vastaja 15	3.1.2016 11:16:24	20	3	3	7	Ei oska öelda.	Mitte, et segaseks jäi vaid pigem raske järgida seda materjali.
Vastaja 16	3.1.2016 11:17:59	27	2	2	6	Hea oleks panna materjali, vigu mis kergesti tekivad kui vastavat asja teha. Sellised tüüpved	Pigem vist enda teadmiste pärast
Vastaja 17	3.1.2016 11:27:06	25	1	2	7	Millistele tasanditele joonestada	ei
Vastaja 18	3.1.2016 11:27:37	19	1	2	6	tuua täpsemalt välja millise osa peal muudatusi läbi viia	erinevate osadega (partidega) oli jamamist
Vastaja 19	3.1.2016 11:28:34	20	1	2	6	Ei	Ei
Vastaja 20	3.1.2016 11:32:44	22	4	4	5	asm'idega jamamine oli alguses keeruline	Hetke seisuga - ei

Tabel 3. Tunnis läbi viidud küsitluse tulemused - teine osa.

	Kas pilte oli piisavalt?	Kas sa muudaksid midagi materjalis?	Kas sa soovitaksid seda materjali edaspidiseks kasutamiseks?	Kommentaariid
Vastaja 1	Jah	Väidaks, et suuresti oli siiski väga selge.	Jah	-
Vastaja 2	Jah	Toru koostamist, enne Sketch, siis Sweep.	Jah	Üks väike segadus oli, muidu oli hea.
Vastaja 3	Jah	ei	Jah	Hästi koostatud materjal. Pole millegi konkreetse kallal nuriseda.
Vastaja 4	Jah	Video fail juurde, või rohkem pilte	Jah	Hästi tehtud.
Vastaja 5	Jah	Ei	Jah	Hea materjal selle teema kohta
Vastaja 6	Jah	Probleemkohad (nt pattern, helix, sweep, loft), kus on palju samme vaja õigesti läbida, peaks detailsem olema.	Jah	Üldiselt väga hea ja põhjalik juhend, mille järgi saab sujuvalt ülesannet lahendada.
Vastaja 7	Jah	Ei	Jah	Hästi tehtud.
Vastaja 8	Jah	Ei	Ei	Paar asja jäid segaseks, aga muidu kõik on hästi seletatud.
Vastaja 9	Jah	Ei.	Jah	Hea õpetus.
Vastaja 10	Jah	Ei	Jah	Väga põhjalik materjal, algajale sobilik. Kui jaksu ja huvi on, võikski ülesannetekogu kokku panna :) Et ülesannetekogus olevate ülesannetega hättajäämisel midagi poolikuks ei jää, võiks kaasa panna CD videoõpetustega või asuvad videod mingil lingil..
Vastaja 11	Jah	ei	Jah	Meeldiv ja arusaadav, joonised said tehtud
Vastaja 12	Jah	lisaksin ühe asja -> kommentaariid	Jah	Täiendus kuuendale küsimusele. Kuuendas osas on vaja kasutada "sweepi." Kui materjali enne "sweepi" alustamist edasi lugeda, siis saab aru, aga igaks juhaks võiks veel juures olla märkus, et "sweep" alustades valida "mutliple paths and cross sections"

Vastaja 13	Jah	pigem mitte, kõik on väga loogiliselt ja selgelt välja toodud	Jah	-
Vastaja 14	Jah	ei	Jah	hea materjal :D
Vastaja 15	Ei	Teeks üldist korrastust.	Jah	Enamus osadest olid veidi segased, sest vajaminevate tööriistade kirjeldamiseks kasutati nende eesti keelseid tähendusi, mis kohtati võib segadusse ajada. Kergem oleks järgida seda materjali kui kirjeldatud tööriistad oleks algses keeles.
Vastaja 16	Jah	Ütleks, et suhteliselt jälgitav materjal	Jah	Küsimustiku ei tohiks panna kohustuslike väljasid nii kergesti. See tingib seda, et inimesed kirjutavad lihtsalt mingit jama või jätavad küsimustiku hoopis vastamata. Mida annab konkreetse nime teadmine Teie statistikale kaasa?
Vastaja 17	Jah	Natuke oli sõnastus osades kohtades imelik	Jah	Täiesti normaalne juhend, aga siin küsimustikus on mitte kohustuslikud küsimused kohustuslikeks tehtud
Vastaja 18	Liiga palju	täpsustaksin millise osa peal muudatusi teha	Jah	Väga lahe ja tegelikkuses lihtsalt mõistetav
Vastaja 19	Jah	Jah, osad seletused võiksid olla pikemalt lahti seletatud.	Jah	Normaalne ülesanne, mis on eelnevate teadmistega lahendatav,
Vastaja 20	Jah	ei	Jah	Materjal oli hästi üles ehitatud ja iga punkt oli ilusti olemas.