

Tallinna Ülikool

Digitehnoloogiaste instituut

Kursuse „3D modelleerimine I“ esimene harjutus

Seminaritöö

Autor: Elinda Tragel

Juhendaja: Kalle Kivi

Tallinn 2017

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev seminaritöö on minu töö tulemus ja seda 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)

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Esimene harjutus	5
1.1 Kaas.....	5
1.2 Alus.....	10
1.3 Kinnitus.....	12
1.4 Koostu komplekteerimine.....	15
2. Juhendi testimine ja analüüs	20
2.1 Kaas.....	20
2.2 Alus.....	20
2.3 Kinnitus.....	20
2.4 Koostu komplekteerimine.....	21
Kokkuvõte	22

Sissejuhatus

Seminaritöö teema valik tulenes reaalsest vajadusest koostada Tallinna Ülikooli 3D modelleerimise baaskursuse „3D modelleerimine I“ tarbeks programmi *Solid Edge* hiliseimas versioonis *Solid Edge ST9* juhend, milles sisalduvat kursuse esimese harjutusena ettenähtud modelleerimisülesannet oleks juhendi kasutajal võimalik iseseisvalt ilma raskusteta läbida.

Antud töö eesmärgiks on luua juhend, mis oleks algajale *Solid Edge* programmi kasutajale piisavalt informatiivne, läbimaks selles sisalduvat modelleerimisharjutust kõrvalise abita ning seeläbi omandada programmi põhilised töövõtted ja tõsta ka tunni efektiivsust. Oodatavaks tulemuseks on, et juhend võetakse kasutusele Tallinna Ülikooli 3D modelleerimise baaskursuse „3D modelleerimine I“ teises kontakttunnis.

Esimese peatüki moodustab modelleerimisharjutuse juhend, mis sisaldab endas traditsioonilises tehnoloogias põhilisemate töövõtetega detailide modelleerimist ning lõpuks detailidest koostu komplekteerimist. Antud harjutus on pealkirjastatud kui „Esimene harjutus“, sest see on kursuse esimene harjutus, kus luuakse keha mõõtmeid arvestades. Harjutuse idee ei ole autori poolt, kuid juhend on. Kuna *Solid Edge*'i sünkroontehnoloogiat õpitakse alles Tallinna Ülikooli 3D modelleerimise jätkukursusel „3D modelleerimine II“ ja antud juhend on mõeldud käsitlemiseks Tallinna Ülikooli 3D modelleerimise baaskursuse „3D modelleerimine I“ teises kontakttunnis, ei näinud autor vajadust koostada sama harjutuse jaoks juhendit sünkroontehnoloogias.

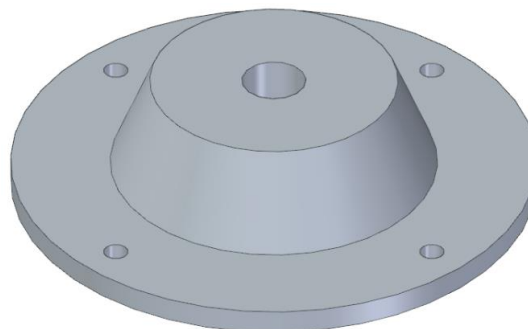
Teises peatükis analüüsib autor juhendi testimist ja selle tulemusi. Juhend anti läbi tegemiseks paarile inimesele, kellel puudus varasem kokkupuude *Solid Edge*'i programmiga, ning kogu protsess võeti üles ekraanivideotena, et hõlbustada hilisemat analüüsimist. Samuti testiti juhend läbi ka kursuse „3D modelleerimine I“ teises kontakttunnis. Saadud tagasiside põhjal viidi juhendisse sisse parandused ning käesolevas töös sisalduv juhend ongi lõplikul täiendatud kujul.

1. Esimene harjutus

Soovitav on järgida etteantud juhiseid, vastasel korral võib koostu komplekteerimine erineda mõningal määral juhendis kirjeldatust.

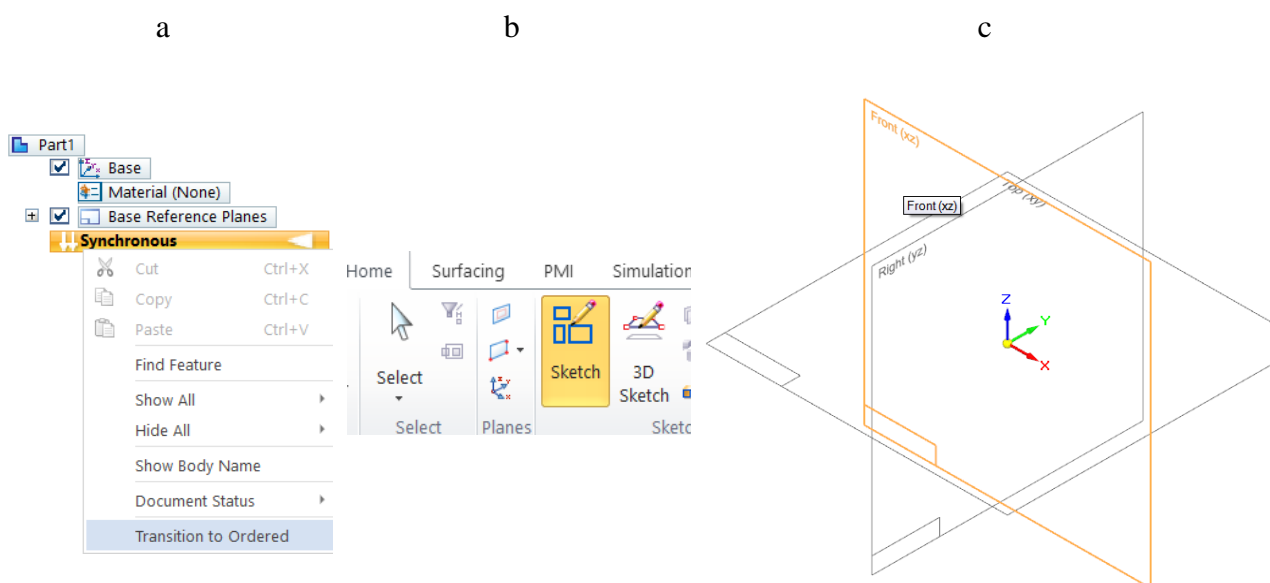
1.1 Kaas

Detail „Kaas“ (joonis 1-1).



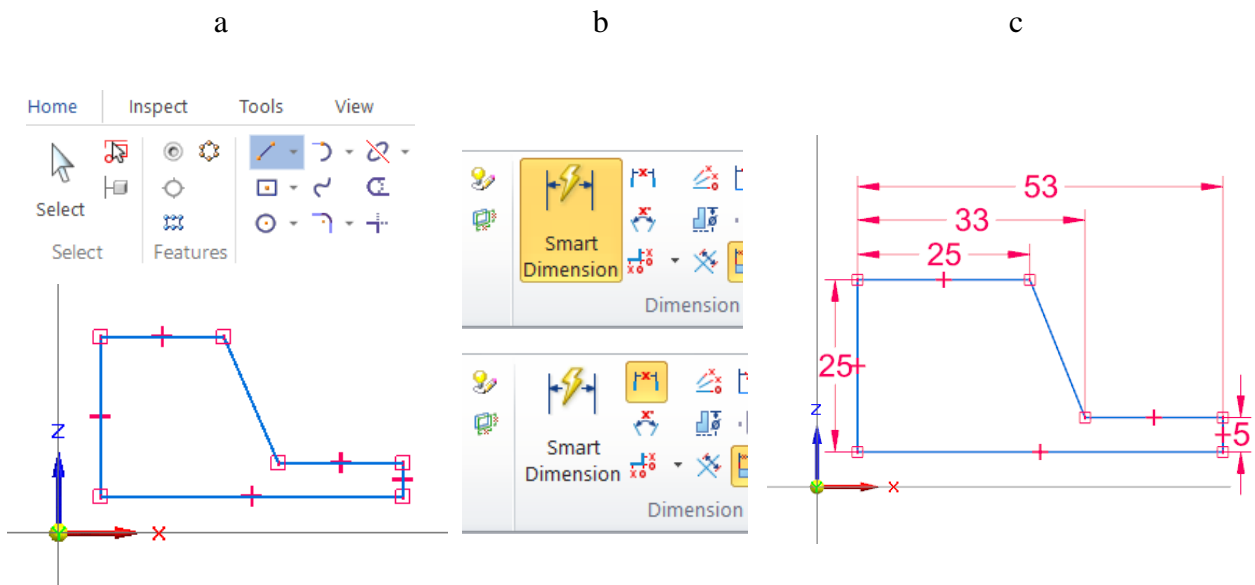
joonis 1-1

- Luua fail **ISO Metric Part**.
- Märkida linnuke kastis **Base Reference Planes** ja vahetada töörežiim parempoolse hiireklahviga **Synchronous** pealt **Ordered** peale (joonis 1-2;a).
- Valida **Home** lindilt vahend **Sketch** (joonis 1-2;b) ja märkida XZ-tasapind (joonis 1-2;c).



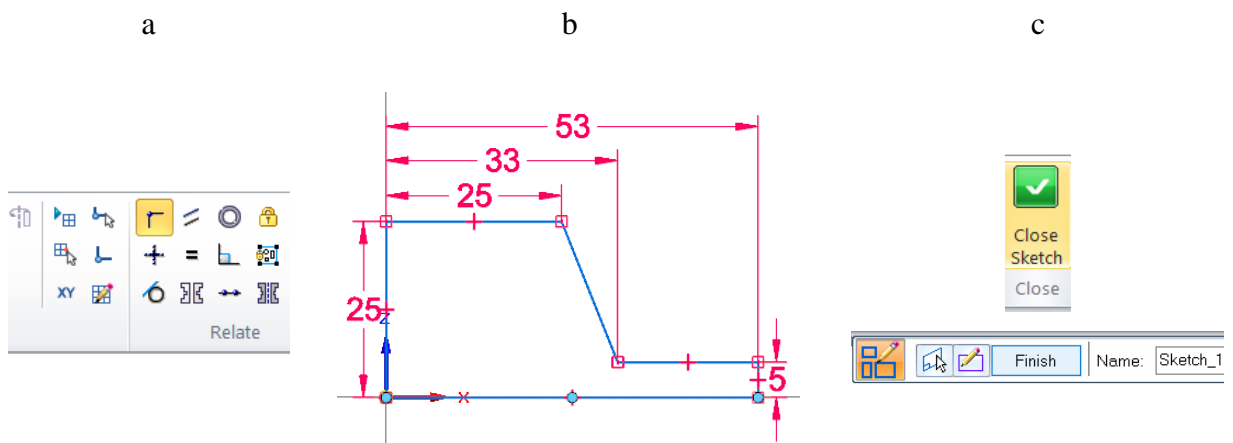
joonis 1-2

- Valida vahendiks joon (*Line*) ja luua eskiis (joonis 1-3;a).
- Mõõtude lisamiseks tarvitada vastavalt vajadusele kas tööriista *Smart Dimension* või *Distance Between* (joonis 1-3;b).
- Lisada vastavad mõõdud (joonis 1-3;c).



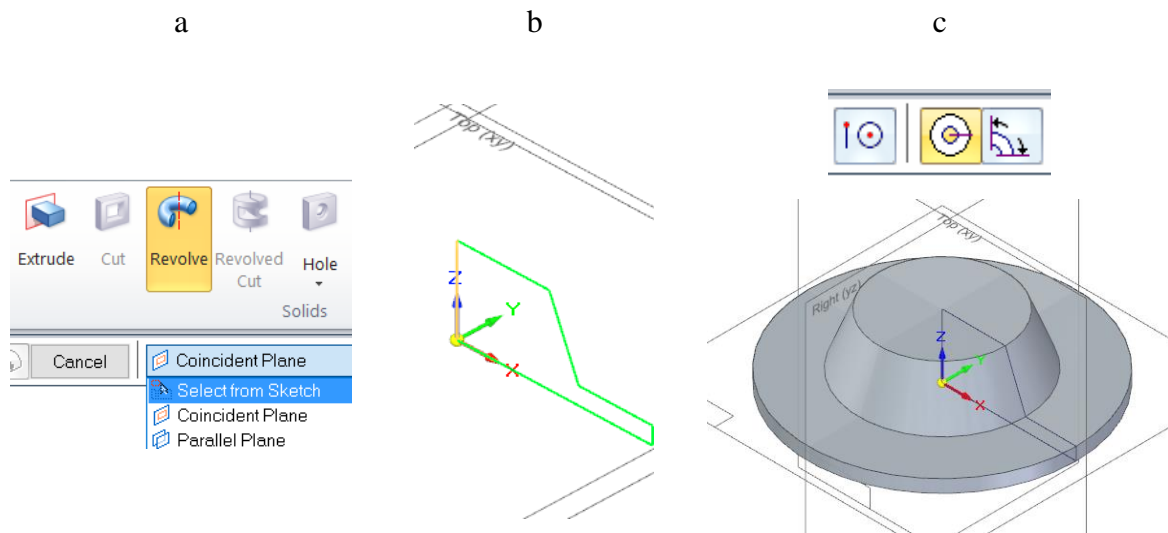
joonis 1-3

- Valida tööriist *Connect* (joonis 1-4;a).
- Ühendada eskiisi alumine vasak nurk telgede ristumispunktiga (joonis 1-4;b).
- Väljuda eskiisi vaatest, valides *Close Sketch* (joonis 1-4;c).
- Kinnitada loodud eskiis parempoolse hiireklahviga, <Enter> või *Finish* (joonis 1-4;c).



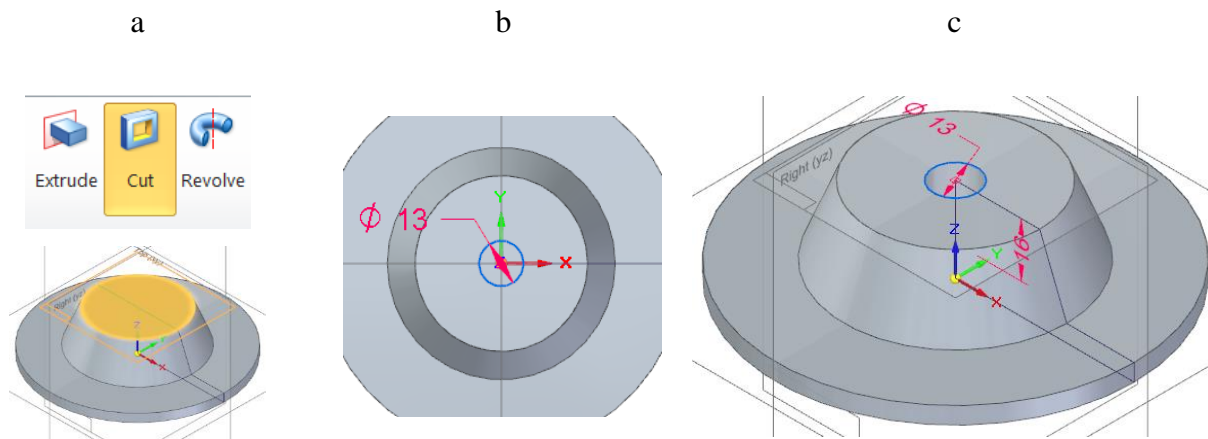
joonis 1-4

- Pöördkeha loomiseks valida **Revolve**, seejärel *Select from Sketch* (joonis 1-5;a).
- Märgistada loodud eskiis, kinnitada valik, seejärel märgistada pöördkeha teljeks Z-telge mööda jooksev eskiisi serv (joonis 1-5;b).
- Määrata pöördenurgaks 360 kraadi (joonis 1-5;c).
- *Finish*.



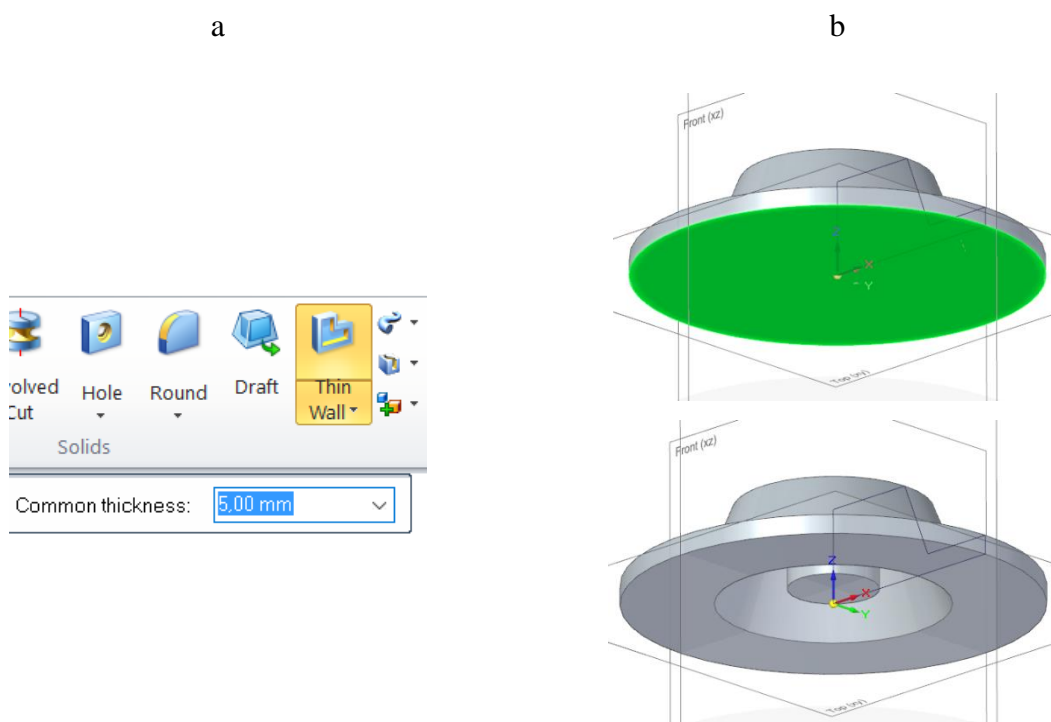
joonis 1-5

- Ava lõikamiseks valida **Cut** ning märgistada detaili pealmine pind (joonis 1-6;a).
- Joonestada detaili keskpunkti ringjoon diameetriga 13 mm (joonis 1-6;b).
- *Close Sketch*.
- Määrata kauguseks (*Distance*) 16 mm ja lõigata ava allapoole (joonis 1-6;c).
- *Finish*.



joonis 1-6

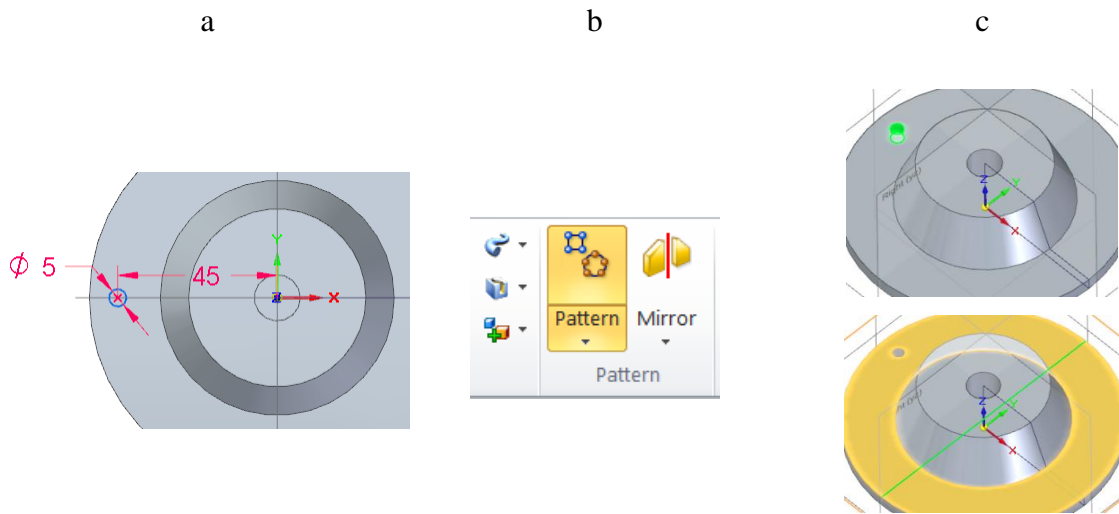
- Valida **Thin Wall** ning määrata paksuseks (*Common thickness*) 5 mm (joonis 1-7;a).
- Märgistada detaili põhi, kinnitada valik, seejärel *Preview* ning *Finish*, et lõigata detaili põhi lahtiseks (joonis 1-7;b).



joonis 1-7

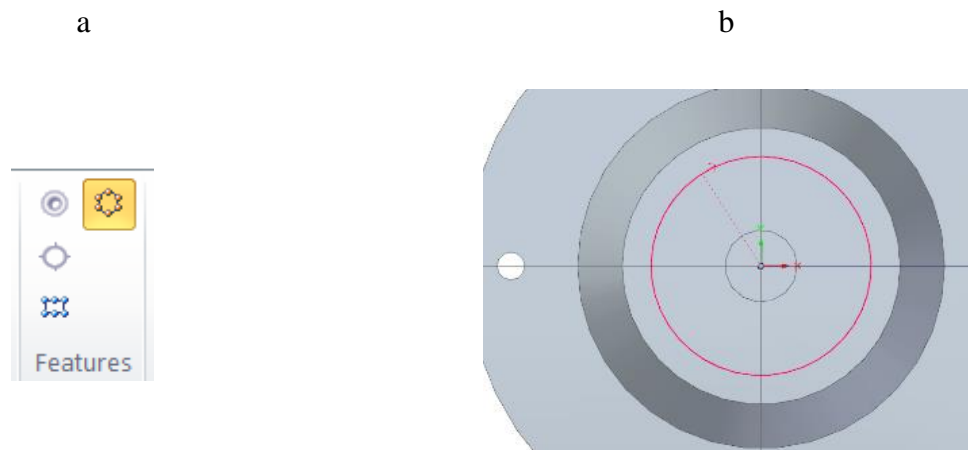
- Valida **Cut** ja lõigata läbiv ava diameetriga 5 mm detaili keskpunktist 45 mm kaugusele (joonis 1-8;a).
- Mustri loomiseks valida **Pattern** (joonis 1-8;b).

- Märgistada loodud ava, kinnitada valik, seejärel märgistada ava ümbritsev pind (joonis 1-8;c).



joonis 1-8

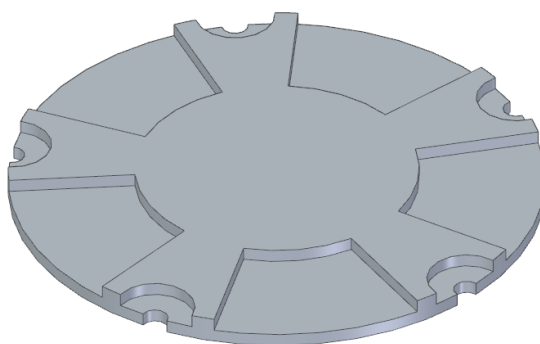
- Valida **Circular Pattern** (joonis 1-9;a).
- Luua suvaline ringjoon detaili keskpunkti, seejärel määrata suund (joonis 1-9;b).
- Aukude arvuks (*Count*) 4.
- *Close Sketch*.
- Salvestada detail nime alla „Kaas“.



joonis 1-9

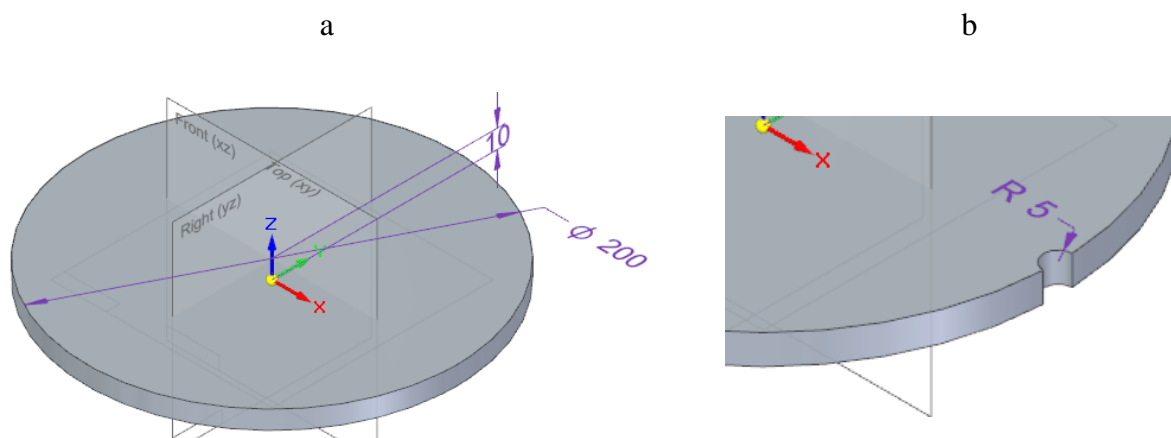
1.2 Alus

Detail „Alus“ (joonis 1-10).



joonis 1-10

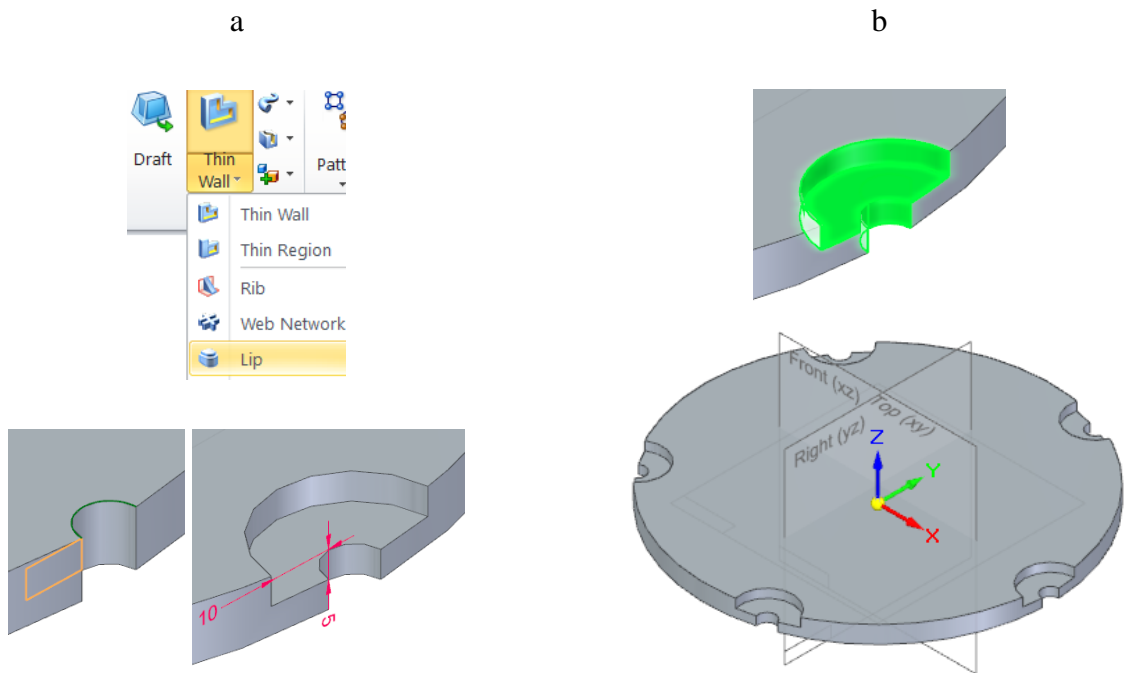
- Luua uus fail **ISO Metric Part**.
- Märkida linnuke kastis **Base Reference Planes** ja vahetada töörežiim parempoolse hiireklahviga **Synchronous** pealt **Ordered** peale.
- Valida **Extrude** ning osutada XY-tasapinnale.
- Luua telgede ristumispunkti ringjoon diameetriga 200 mm.
- **Close Sketch**.
- Määrata kauguseks (*Distance*) 10 mm ja valida suund (joonis 1-11;a).
- **Finish**.
- Valida **Cut** ja lõigata detaili servale ava raadiusega 5 mm (joonis 1-11;b).



joonis 1-11

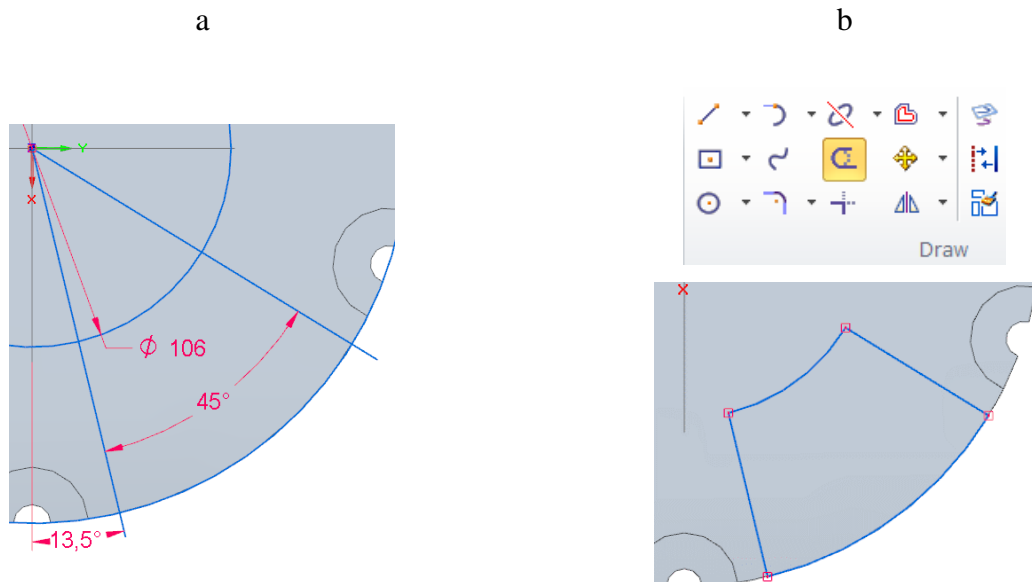
- Luua lõigatud ava servale sisselõige (**Lip**) 5x10 mm (joonis 1-12;a).

- Valida **Pattern** ning moodustada avast ja sisselõikest detaili pealmisele pinnale muster (5 tk ringile) (joonis 1-12;b).



joonis 1-12

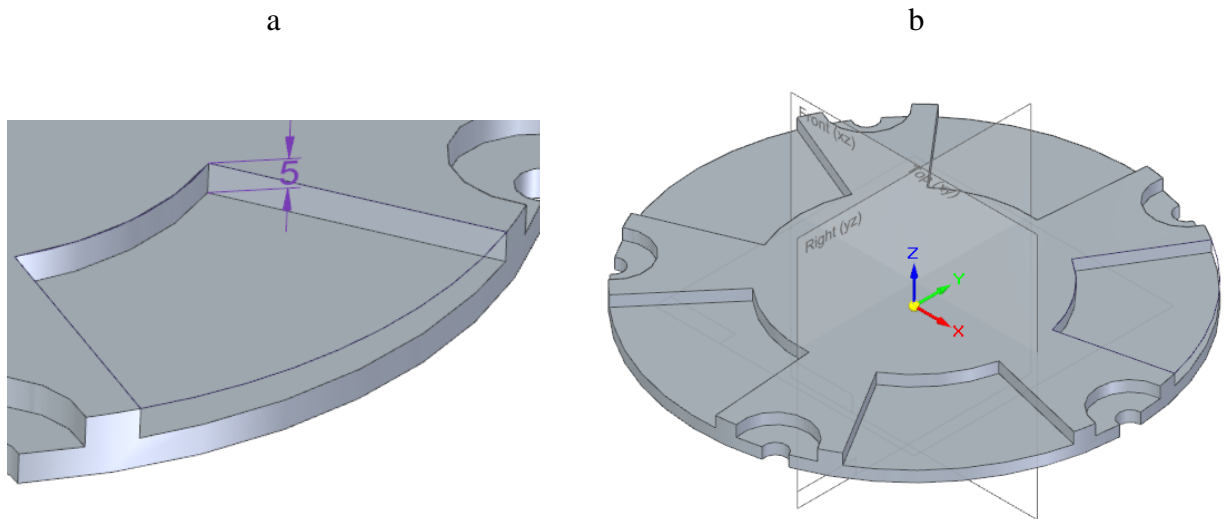
- Luua **Sketch** etteantud mõõtudega (joonis 1-13;a).
- Valida **Trim** ja eemaldada ülearused joonte osad (joonis 1-13;b).



joonis 1-13

- Valida **Cut** ja teha loodud eskiisiga (*Select from Sketch*) lõige sügavusega 5 mm (joonis 1-14;a).

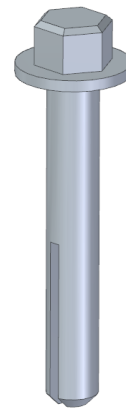
- Luua sisselõikest muster (5 tk ringile) (joonis 1-14;b).
- Salvestada detail nime alla „Alus“.



joonis 1-14

1.3 Kinnitus

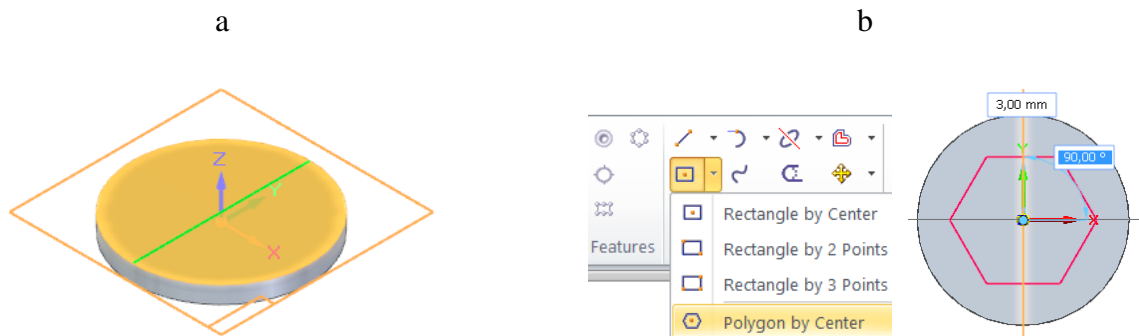
Detail „Kinnitus“ (joonis 1-15).



joonis 1-15

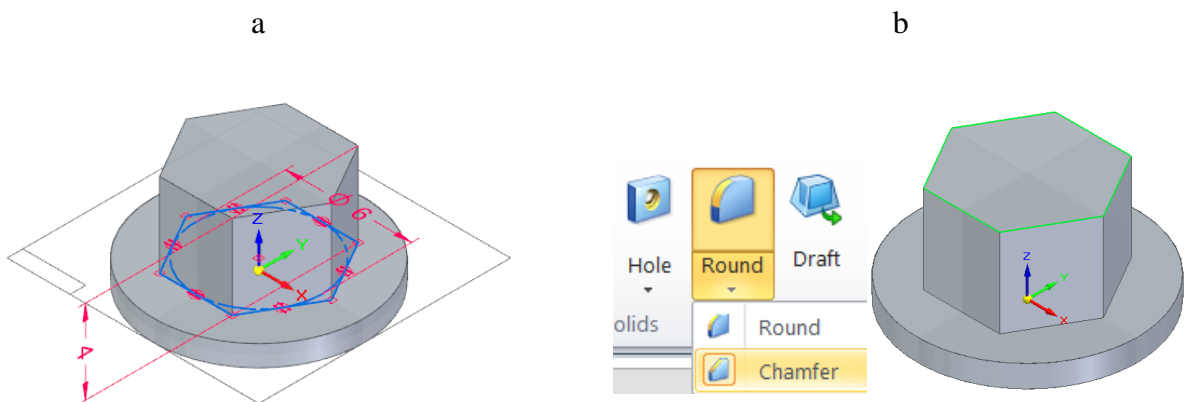
- Luua uus fail **ISO Metric Part**.
- Märkida linnuke kastis **Base Reference Planes** ja vahetada töörežiim parempoolse hiireklahviga **Synchronous** pealt **Ordered** peale.
- Valida **Extrude** ja osutada XY-tasapinnale.
- Luua telgede ristumispunkti ringjoon läbimõõduga 10 mm.

- *Close Sketch.*
- Määrata kauguseks (*Distance*) 1 mm.
- Valida **Extrude** ja osutada loodud osa pealmise tasapinna peale (joonis 1-16;a).
- Luua kuusnurk siseringjoone raadiusega 3 mm (joonis 1-16;b).
- *Close Sketch.*



joonis 1-16

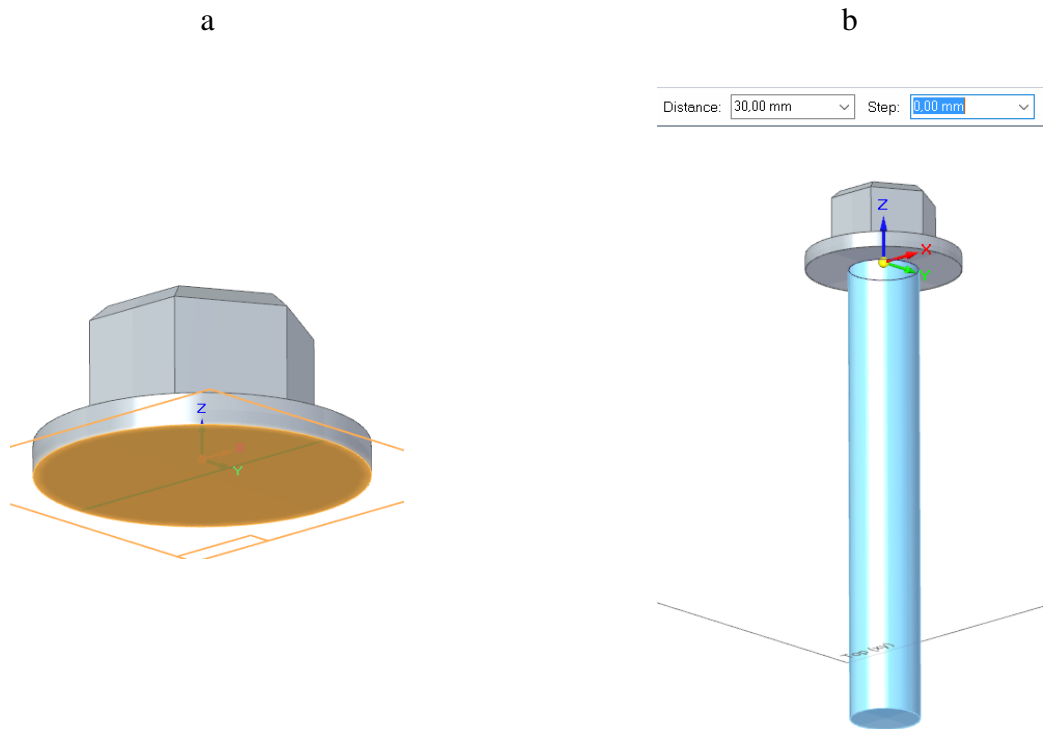
- Määrata kauguseks (*Distance*) 4 mm ja osutada suund ülespoole (joonis 1-17;a).
- Valida faas (**Chamfer**) ja märgistada detaili kõik ülemised servad (joonis 1-17;b).
- Määrata faasi suuruseks (*Setback*) 0,5 mm ning kinnitada tehtud samm.



joonis 1-17

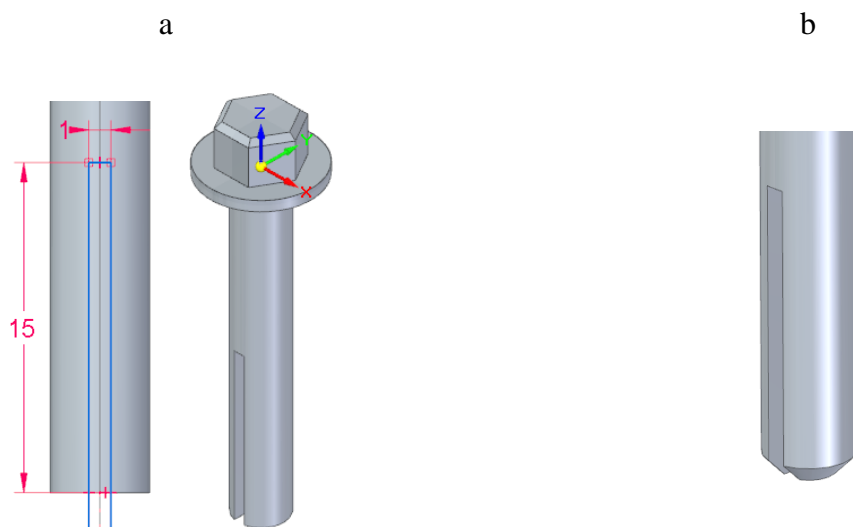
- Valida **Extrude** ning märgistada detaili põhi (joonis 1-18;a).
- Luua põhja keskpunkti ringjoon läbimõõduga 4,5 mm.
- *Close Sketch.*

- Määrata kauguseks (*Distance*) 30 mm ja osutada suund allapoole (joonis 1-18;b).



joonis 1-18

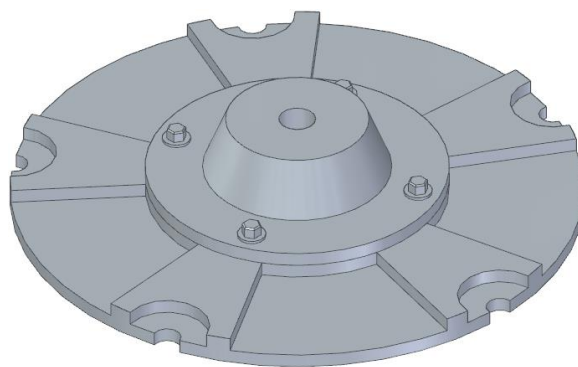
- Valida **Cut** ja osutada *XZ*-tasapinnale.
- Luua detaili alumisele osale läbiv sisselõige 15x1 mm (joonis 1-19;a).
- Lisada detaili alumisele otsale faas (*Chamfer*) suurusega 1 mm (joonis 1-19;b).
- Salvestada detail nime alla „Kinnitus“.



joonis 1-19

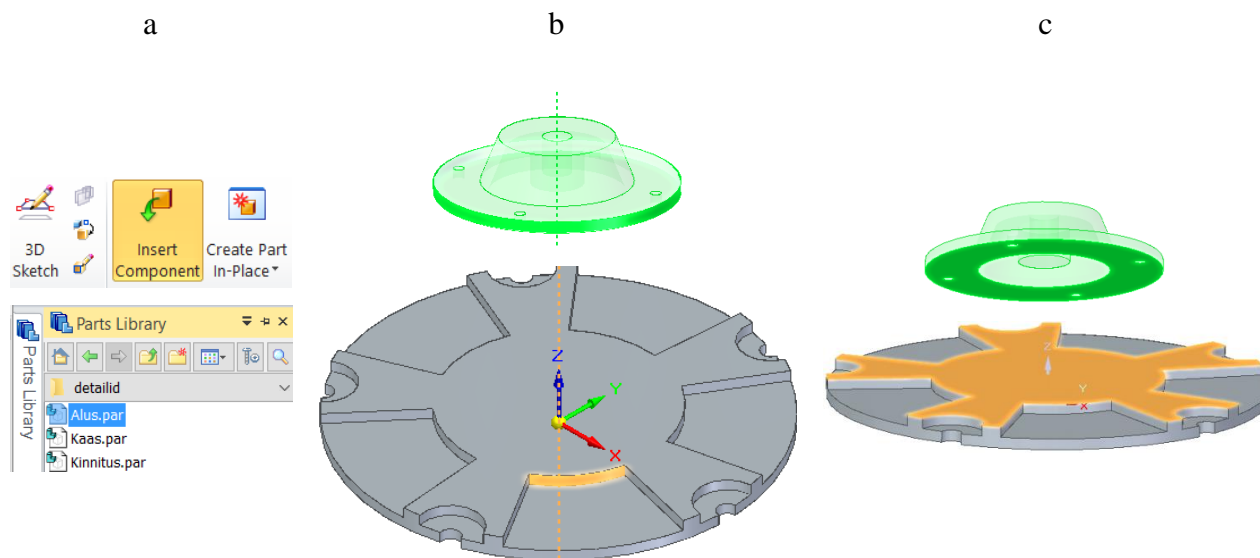
1.4 Koostu komplekteerimine

Koost (joonis 1-20). Koostu komplekteerimisel tuleb ühendada omavahel eelnevalt loodud detailid. Soovituslik oleks, et kõik detailid on salvestatud samasse kausta.



joonis 1-20

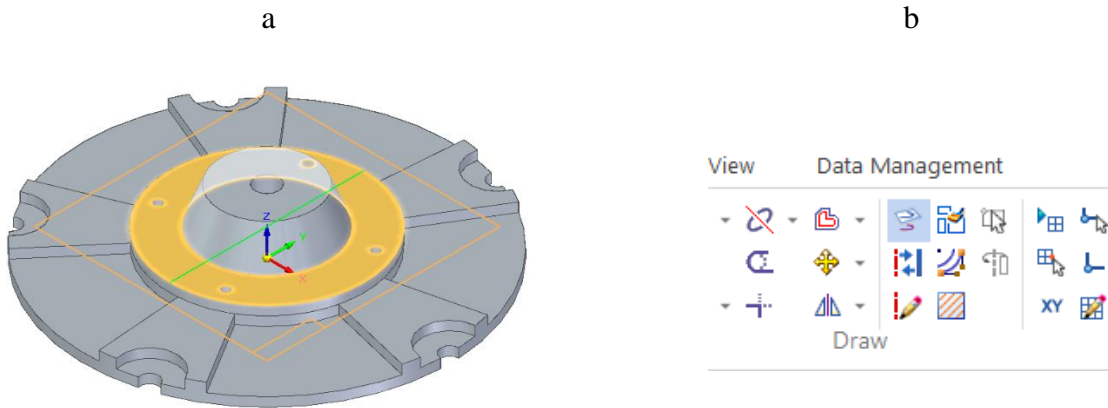
- Luua fail **ISO Metric Assembly**.
- Valida **Insert Component** ja lisada tööväljale detail „Alus“ (joonis 1-21;a).
- Salvestada fail nime alla „Koost“.
- Valida **Insert Component** ja lisada tööväljale detail „Kaas“.
- Siduda (**Assemble**) „Kaane“ tsester „Aluse“ tsestriga (joonis 1-21;b ja c).



joonis 1-21

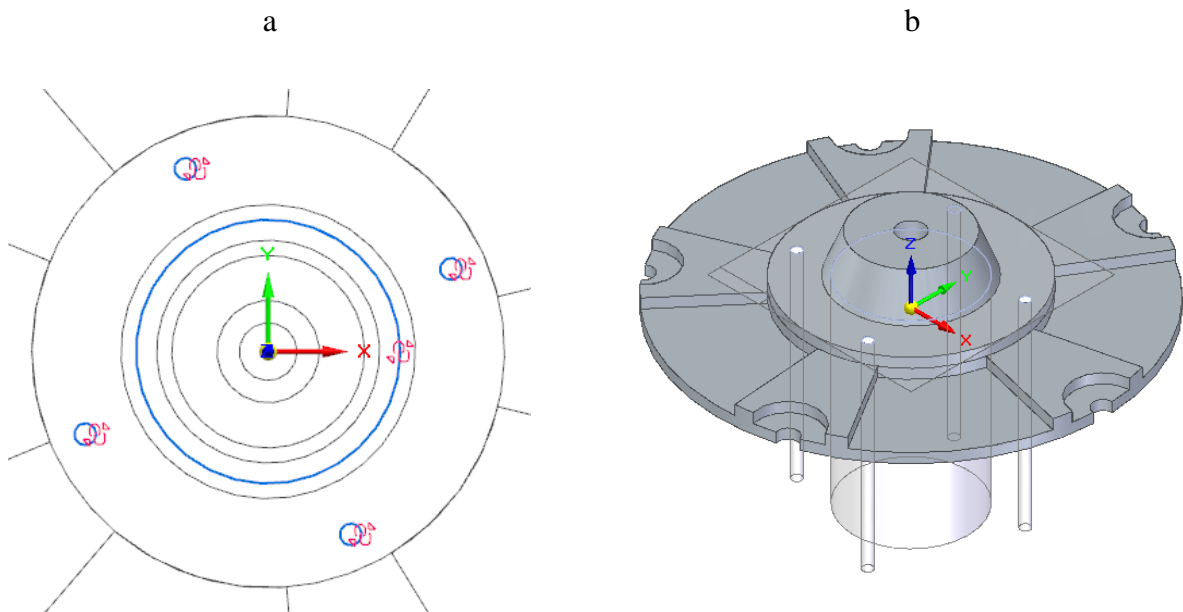
- Valida **Features** lindilt **Cut**, tekkival hüpikaknal võiks olla valitud variant **Create Assembly features**, seejärel **OK**.
- Valida „Kaane“ avasid ümbritsev pind (joonis 1-22;a).

- Valida vahend **Project to Sketch** (joonis 1-22;b), tekkival hüppikaknal valida **OK**.



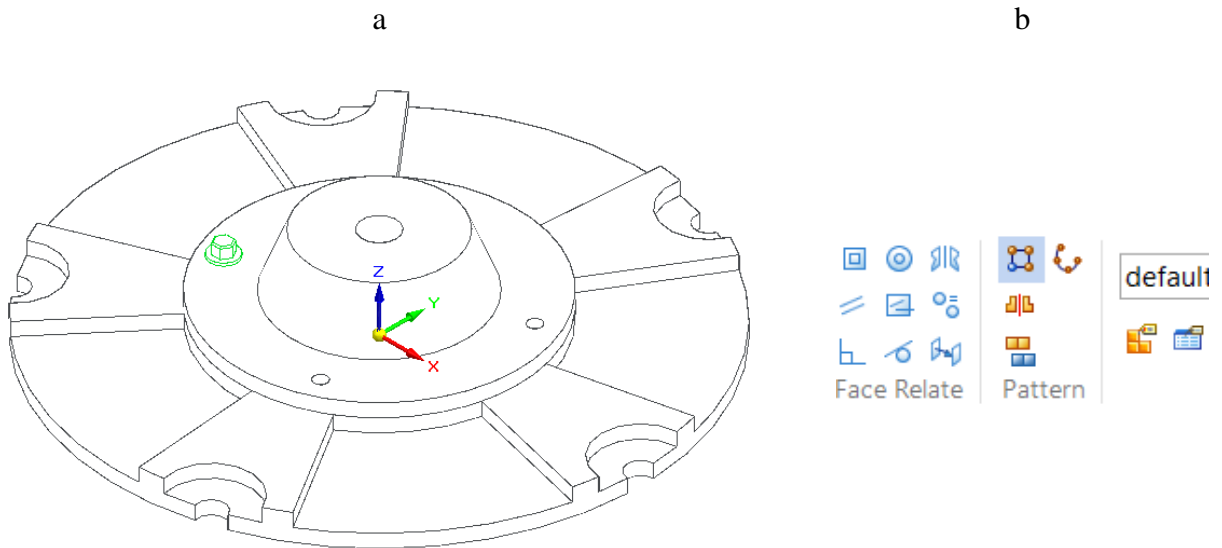
joonis 1-22

- Märgistada vastavad 5 ringjoont (joonis 1-23;a).
- *Close Sketch*.
- Lõigata „Kaane“ avadega „Aluse“ sisse avad (joonis 1-23;b).



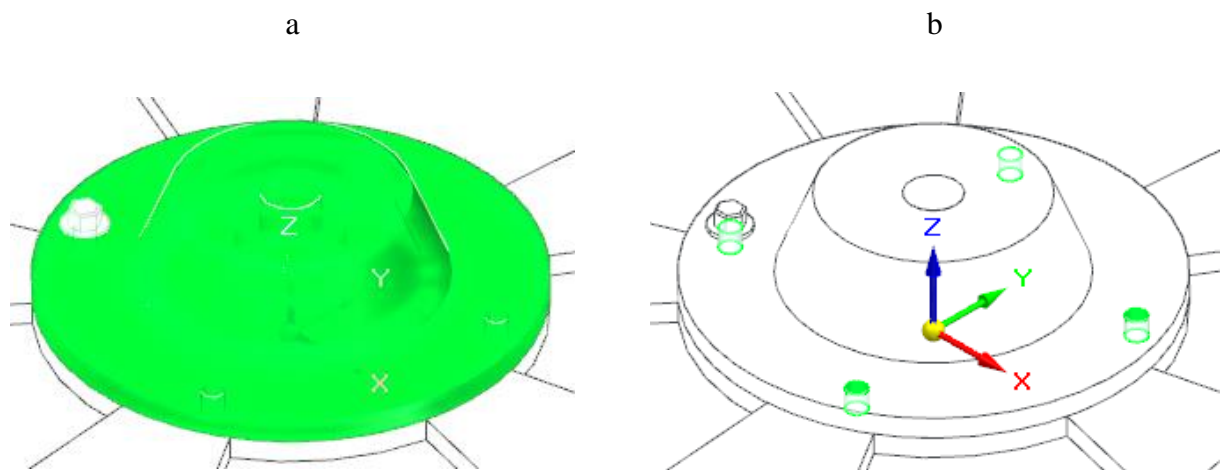
joonis 1-23

- Valida **Insert Component** ja lisada tööväljale detail „Kinnitus“.
- Siduda (**Assemble**) „Kinnitus“ „Kaane“ ühe avaga (joonis 1-24;a).
- Valida **Pattern** (joonis 1-24;b).



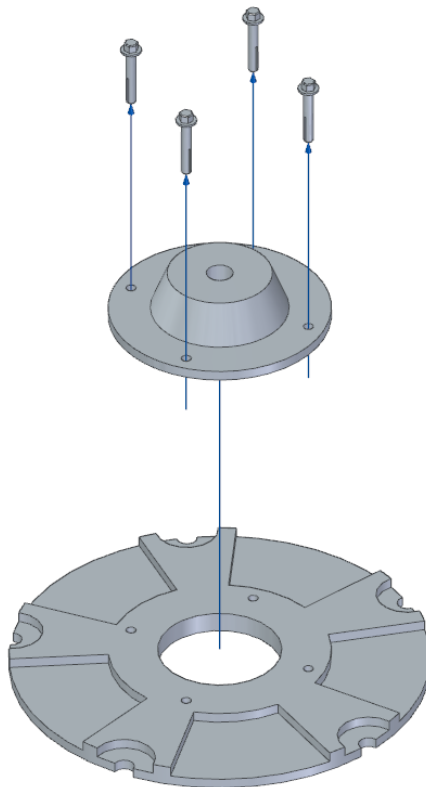
joonis 1-24

- Märgistada „Kinnitus“, seejärel kinnitada valik (*Accept*).
- Märgistada „Kaas“ (joonis 1-25;a).
- Märgistada „Kaane“ avad (joonis 1-25;b).
- Märgistada uuesti üks avadest.
- *Finish*.
- Salvestada fail, vastasel korral ei ole võimalik ekraanikonfiguratsiooni luua.



joonis 1-25

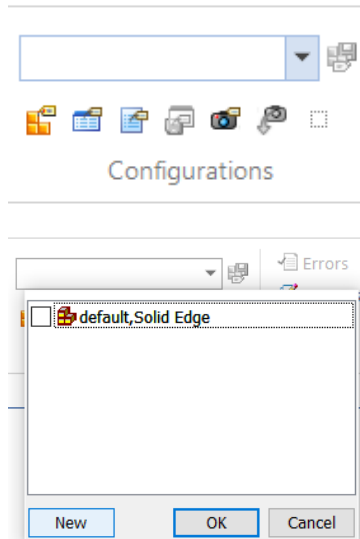
Jooniste jaoks on vajalik koostust luua ka „Exploded view“ (joonis 1-26).



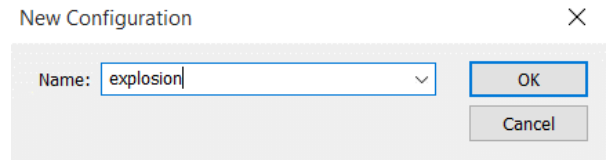
joonis 1-26

- Valida *Tools* lindilt **ERA**, seejärel **Auto Explode**.
- Kinnitada valik (*Accept*).
- *Explode*.
- *Finish*.
- Luua *Configurations* rippmenüüst uus konfiguratsioon (joonis 1-27;a).
- Anda konfiguratsioonile meelepärane nimi, seejärel *OK* (joonis 1-27;b).

a



b



joonis 1-27

- ***Close ERA.***
- **Salvestada fail.**

2. Juhendi testimine ja analüüs

Töös sisalduvat juhendit lasi autor läbi teha paaril inimesel, kes ei olnud varem *Solid Edge*'i programmiga kokku puutunud. Kogu protsessi salvestati ka ekraanivideotena, et pärast oleks lihtsam tulemusi analüüsida ning võimalik piisavalt palju juhendit parandada ja täiendada. Lisaks läbiti juhend ka kursuse „3D modelleerimine I“ teises kontakttunnis. Vajaduse korral said kõik juhendi testijad kõrvalist abi. Testimise käigus ilmsid juhendis mõned puudujäägid, mis said pärast juhendi testimise tulemusi analüüsidest kõrvaldatud. Järgnevalt on eraldi välja toodud analüüs juhendi erinevate alaosa kohta.

2.1 Kaas

Detaili „Kaas“ loomisele kulus ligikaudu 40 minutit. Esimeseks väikseks takistuseks oli see, et joonis 1-2;a viidates ei olnud täpsustatud, et töörežiimi vahetamiseks peab vajutama parempoolset hiireklahvi. Üsna kohe alguses tekkis ka ühel juhendi kasutajal mõte, et juhendis võiks joonisele viitav lause joonise all olla, et ei peaks kogu aeg allapoole kerima joonist vaatama, kuid sellist muudatust ei hakanud autor sisse viima ning juhend jäi selle suhtes esialgsele kujule. joonis 1-5;b viitavas lauses ei olnud mainitud, et pärast eskiisi märgistamist peab valikut kinnitama, enne kui saab pöördkeha telge märgistada. Pärast järgnevat toimingut, milleks oli pöördnurja määramine, lisa autor korrektsuse mõttes juurde ka veel *Finish* käsu. joonis 1-7;b viitavas lauses täpsustas autor, et pärast detaili põhja märgistamist tuleb samm kinnitada, vastasel korral ei tekiks *Preview* valikut. joonis 1-8;c viitavas lauses oli samuti vahepealne kinnitamise samm täpsustamata.

2.2 Alus

Detaili „Alus“ loomiseks kulus umbes 20 minutit. Autor täpsustas neljandas punktis, et luua telgede ristumispunkti ringjoon diameetriga 200 mm. Üldiselt läks selle detaili loomine palju nobedamalt ning vähemalt ühe juhendi testija arvates oli antud detaili loomine palju lihtsam kui eelnev.

2.3 Kinnitus

Detaili „Kinnitus“ loomise peale kulus umbes 15 minutit. Ka antud detaili puhul täpsustas autor neljandas punktis, et ringjoon tuleb luua telgede ristumispunkti. joonis 1-17;b viitav lause oli

millegipärast üleliigse toiminguga, tegelikult ei olnud vaja pärast faasi vahendi valimist märgistada detaili pealmine tasapind, vaid piisas ainult detaili kõikide ülemiste servade märgistamisest. Autor uuendas vastavalt sellele ka sama joonise parempoolset pilti.

2.4 Koostu komplekteerimine

Koostu komplekteerimine võttis samuti aega umbes 15 minutit. Ühel juhendi testijal tekkis detailist „Kinnitus“ mustri loomisel segadus, kuna tal ei olnud enam „Kaane“ ühe avaga seotud „Kinnitus“ märgistatud, seega oli vajalik pärast vahendi *Pattern* valimist lisada „Kinnituse“ märgistamise käsklus. Viimane oluline toiming, mis ei tohtinud kindlasti tegemata jääda enne koostust „Exploded view“ (joonis 1-26) loomist, oli faili salvestamine. Vastasel korral ei olnud lõpptulemus õige, seega lüüsis autor selle punkti veel juurde.

Kokkuvõte

Käesoleva seminaritöö eesmärgiks oli koostada Tallinna Ülikooli 3D modelleerimise baaskursuse „3D modelleerimine I“ tarbeks programmi *Solid Edge* hiliseimas versioonis *Solid Edge ST9* juhendi, milles sisalduv kursuse esimese harjutusena ettenähtud modelleerimisülesanne oleks juhendi kasutajale iseseisvalt kergesti läbitav.

Juhendi viimistlemise jaoks viis autor läbi ka juhendi testimist nii paari *Solid Edge*'i programmi võhiku peal kui ka „3D modelleerimine I“ teisest kontakttunnist osavõtivate tudengite peal. Testimise tulemusi analüüsisid selgus, et juhendis olid mõned ebaselgused ning juhendit oli vaja veidi parandada ja viimistleda, kuid üldiselt oli juhend juba piisavalt hästi koostatud ning tagasiside oli pigem positiivne.

Seminaritöö autor loodab, et hetkene versioon juhendist on veel arusaadavamalt koostatud, et juhendi läbijatel ei tekiks enam erilisi takistusi ning et juhend oleks Tallinna Ülikooli ainekursusel „3D modelleerimine I“ veel pikalt kasutusele võetud.