

Jaak-Evald Säarak, Peeter Sokolov

# JOONESTAMINE

## Solid Edge'iga

GÜMNAASIUMIÕPIK  
70 TUNDI

TALLINN  
2014

Gümnaasiumiõpik kuulub joonestamise õppematerjalide komplekti, mis on koostatud Eesti Teadusagentuuri tellimusel ja Euroopa tõukefondide toel. Komplekti kuuluvad õpik, õpetajaraamat, e-kursus Moodle'i keskkonnas, õpilaste töölehed ja õpetajale tundides kasutamiseks mõeldud esitlused.

Joonestamiskursust toetavad materjalid Moodle'i keskkonnas on komplekteeritud kolmeosalisena.

1. Õpetajate kursus sisaldab kõiki materjale ja foorumit õpetajate omavaheliseks suhtlemiseks.
2. Õpilaste 35-tunnine kursus sisaldab klassikalise joonestamise baaskursust ning õppematerjale Solid Edge'i tarkvaraga lihtsamate mudelite ja jooniste valmistamiseks.
3. Õpilaste 70-tunnine kursus (siinne õpik) sisaldab samuti joonestamise baaskursust ja põhjalikumat Solid Edge'i tarkvara käsitlust. Mahukam kursus on täies ulatuses olemas ainult elektroonsel kujul.

Autorid: Jaak-Evald Särak ja Peeter Sokolov  
Toimetaja: Peeter Kukk  
Retsensendid: Rein Mägi ja Sven Hendrikson  
Keeletoimetaja: Karen Kuldnokk

Litsents: Creative Commons 3.0, BY-SA  
ISBN  
Trükikoda:  
Kirjastus:  
Ilmumisaeg: 2014  
Tiraaž:

Autorid tänavad joonestamisõpetajaid, kes aitasid kaasa õppematerjali valmimisele.

# SISUKORD

1. OSA .....	6
JOONESTAMINE .....	6
SISSEJUHATUS .....	6
1. PROJEKTSIOONJONESTAMINE .....	8
<b>1.1. Projektsioonide liigid.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Eseme kaks- ja kolmvaade.....</b>	<b>11</b>
1.2.1. Mudeli kaksvaate saamine .....	12
1.2.2. Mudeli kolmvaate saamine.....	13
1.2.3. Kaksvaate järgi kolmvaate joonestamine .....	16
<b>1.3. Aksonomeetria .....</b>	<b>17</b>
1.3.1. Ristisomeetria .....	17
2. JOONISTE VORMISTAMINE .....	20
<b>2.1. Jooniste vormistamine.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. Normkiri .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3. Materjalide kujutamine .....</b>	<b>25</b>
3. GEOMEETRILISED KEHAD .....	27
4. KUJUTISED .....	30
<b>4.1. Kujutised. Vaated.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2. Kujutised. Lõiked, lihtlõige .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3. Kujutised. Lõiked, liitlõiked .....</b>	<b>35</b>
<b>4.4. Kujutised. Poolvaatlõige, kohtlõige .....</b>	<b>37</b>
<b>4.5. Kujutised. Ristlõiked .....</b>	<b>38</b>
<b>4.6. Kujutised. Väljatoodud element.....</b>	<b>41</b>
5. JOONISE MÕÖTMESTAMINE .....	43
6. KEERMED. KEERMETE KUJUTAMINE .....	51
<b>6.1. Keermete liigid .....</b>	<b>51</b>
<b>6.2. Keermete kujutamine joonisel .....</b>	<b>54</b>
<b>6.3. Keermete tähistamine, tähistusnäited .....</b>	<b>55</b>
<b>6.4. Keermete valmistamine.....</b>	<b>56</b>
<b>6.5. Keermesliited .....</b>	<b>58</b>
7. LIITSUSTUSED. TINGLIKKUSED JA KORDUVAD ELEMENDID JOONISEL .....	61
8. JOONISED .....	65
<b>8.1. Detaili tööjoonis .....</b>	<b>65</b>
<b>8.2. Koostejoonis .....</b>	<b>70</b>
8.2.1. Koostejoonise vormistamine .....	70
8.2.2. Näiteid koostejooniste ja nende lugemise kohta.....	74
2. OSA .....	79
JOONESTAMINE Solid Edge'iga.....	79
SISSEJUHATUS .....	79
9. SOLID EDGE'i ÜLEVAADE .....	81
10. PROJEKTEERIMISKESKKOND. 2D-JOONISTE JA SKITSIDE VALMISTAMINE ..	85
<b>10.1. Joonestamise käsud ja vahendid .....</b>	<b>85</b>
<b>10.2. Harjutused joontega, lahtised ja kinnised kontuurid .....</b>	<b>86</b>
<b>10.3. Joonise töölehtede valmistamine.....</b>	<b>91</b>

11. DETAILI MODELLEERIMISE 3D-KESKKOND. DETAILIDE MODELLEERIMINE. JOONISTE VALMISTAMINE 3D-MUDELITEST .....	101
<b>11.1. Üldine tegevusjärjekord ISO Parti keskkonna avamiseks .....</b>	<b>101</b>
<b>11.2. Modelleerimiskeskonna muutmine sünkroontehnoloogilisest traditsiooniliseks ja vastupidi .....</b>	<b>102</b>
<b>11.3. Parti keskkonna ettevalmistamine mudelite tegemiseks. Projektsioonipindade kuvamine töölauale.....</b>	<b>105</b>
<b>11.4. Parti keskkonna ettevalmistamine mudelite tegemiseks. Ringmenüü aktiveerimine ja kasutamine.....</b>	<b>106</b>
<b>11.5. Tegevusjärjekord ISO Parti keskkonnas mudelite loomisel. Järi traaversi virtuaalse mudeli valmistamine .....</b>	<b>107</b>
<b>11.6. Üldine tegevusjärjekord 3D-mudelist 2D-joonise valmistamisel .....</b>	<b>116</b>
<b>11.7. Järi jala 3D-mudeli ja 2D-joonise valmistamine.....</b>	<b>122</b>
11.7.1. Järi jala virtuaalse 3D-mudeli valmistamine .....	122
11.7.2. Järi jala 2D-joonise valmistamine.....	125
<b>11.8. Järi isteplaadi 3D-mudeli ja joonise valmistamine.....</b>	<b>131</b>
11.8.1. Järi isteplaadi virtuaalse 3D-mudeli valmistamine.....	131
11.8.2. Järi isteplaadi 2D-joonise valmistamine .....	138
<b>11.9. Elementide ringjooneline paljundamine .....</b>	<b>142</b>
11.9.1. Silindrilise ääriku 3D-mudeli valmistamine, faasid.....	142
11.9.2. Silindrilise ääriku joonise valmistamine, murdlõige .....	146
<b>11.10. Õhukeseseinaliste kehade valmistamine tööriistaga Thin Wall (õhuke sein) ja neile soonte ning väljaulatuste lisamine tööriistaga Lip.....</b>	<b>148</b>
11.10.1. Pinali poolte virtuaalsete 3D-mudelite valmistamine .....	149
11.10.2. Pinali poolte 2D-jooniste valmistamine.....	153
<b>11.11. Pöördkehade valmistamine tööriistaga Revolve (pöörlema) .....</b>	<b>156</b>
11.11.1. Lihtsa sfäärilise käigukangi nupu 3D-mudeli valmistamine.....	157
11.11.2. Lihtsa sfäärilise käigukangi 2D-joonise valmistamine.....	162
11.11.3. Munapeekri 3D-mudeli valmistamine .....	162
<b>11.12. Juhtjoone ja ristlõigete järgi valmistatavad kehad (Swept Protrusions)167</b>	<b>167</b>
11.12.1. Kuivatustoru virtuaalse 3D- mudeli valmistamine .....	167
11.12.2. Kuivatustoru 2D joonise valmistamine .....	173
11.12.3. Näide mitme ristlõikege ühendustoru valmistamisest.....	181
<b>11.13. Kirjed detailidel .....</b>	<b>184</b>
11.13.1. Nimeplaadi 3D mudeli valmistamine .....	184
11.13.2. Nimeplaadi 2D joonise valmistamine .....	188
11.13.3. Nimeplaadi 3D mudelitel teksti kujutiste muutmine, näited erinevate nimeplaadi kujutistega.....	189
12. KOOSTUDE VALMISTAMINE 3D-KESKKONNAS ( <i>ASSEMBLY ENVIRONMENT</i> ). JOONISTE VALMISTAMISE ISEÄRASUSI KOOSTU 3D-MUDELITEST .....	194
<b>12.1. Sissejuhatus koostamiskeskonna kasutamiseks .....</b>	<b>194</b>
<b>12.2. Üldine tegevusjärjekord istepingi koostamiseks, sidemete lisamiseks ja koostejoonise valmistamiseks.....</b>	<b>195</b>
12.2.1. Istepingi koostu 3D-mudeli valmistamine eelnevalt modelleeritud detailide mudelistest .....	195
12.2.2. Koostu mudelist joonise valmistamine .....	203
<b>12.3. Poltliite 3D-mudeli ja selle joonise valmistamine.....</b>	<b>210</b>
12.3.1. Poltliite detailide 3D-mudelite valmistamine .....	210
12.3.2. Poltliite 3D-mudeli valmistamine .....	213
12.3.3. Poltliite M16 joonise valmistamine .....	214
<b>12.4. VORMELi detailide ning koostu 3D-mudelite ja jooniste valmistamine ...</b>	<b>216</b>
KIRJANDUS.....	219
LISAD .....	220
<b>Lisa 1 Keermete tabelid .....</b>	<b>221</b>



Tabel L-1	Meeterkeermed .....	221
Tabel L-2	Silindrilised torukeermed.....	222
Tabel L-3	Tollkeermed.....	222
Tabel L-4	Trapetskeermed .....	223
Tabel L-5	Koonilised torukeermed .....	223
<b>Lisa 2 Mõnede materjalide võrdlustabel. Tähistusnäited.....</b>		<b>224</b>
<b>Lisa 3 Joonestuslehe formaat A3, horisontaalne .....</b>		<b>225</b>
<b>Lisa 4 Kinnituselemendid.....</b>		<b>226</b>
Tabel L-6	Kuuekandilise peaga poldid .....	226
Tabel L-7	Kuuekandiline mutter .....	227
Tabel L-8	Seib .....	227
Tabel L-9	Mõnede kinnituselementide tähistusnäiteid.....	228
<b>Lisa 5 Joonised.....</b>		<b>229</b>
Joonis L-1	Pottliide JN04.00.00.....	229
Joonis L-2	Alumine plaat JN04.00.01.....	230
Joonis L-3	Ülemine plaat JN04.00.02.....	230
Joonis L-4	Auto kere JN05.00.01 .....	231
Joonis L-5	Auto JN05.00.00 .....	232
EESTI-JA INGLISKEELSEID TERMINID .....		233

# 1. OSA

## JOONESTAMINE

### SISSEJUHATUS

Tänapäeva elukeskkond edastab suurema osa infost (ca 80%) inimesele tema nägemismeele vahendusel. Mida koolitatud on inimene, seda enam on ta suuteline omandama uusi teadmisi. Nägemismeelt on võimalik arendada ka ruumilis-mahulise kujutlusvõime arendamise kaudu. See on joonestamise kui õppeaine üks põhilisi eesmärke.

Joonestamiskursus:

- **õpetab** jooniste lugemise ja koostamise oskust, **samuti õpetab see** nägema ISO-standardite vajalikkust erinevates majandusharudes;
- **tutvustab** kunstilise konstrueerimise ja disaini põhimõtteid;
- **arendab** põhilisi mõtlemisprotsesse geomeetriliste vormide tundmaõppimise kaudu, samuti ilumeelt ja korraarmastust.

Tehnika ja CAD (*Computer Aided Design*) programmide areng ning kättesaadavus koolidele on jõudnud nii kaugele, et on loomulik muuta gümnaasiumitaseme joonestamiskursus arvutipõhiseks. Sellel kursusel kasutatakse modelleerimise ja joonestamise tööriistana Solid Edge'i tarkvara. Kursuse väljatöötamisel ja õppematerjali koostamisel on tehtud mitmeid olulisi muudatusi, mis on tingitud ühiskonna ja ruumiliste projekteerimisprogrammide arengust ning uutest suundadest tehnikaainete õpetamisel.

Õppematerjal on koostatud nii, et alguses antakse ülevaade joonestamise teoreetilistest lähtealustest (projektsioonjoonestamisest). Edasi järgneb tasapinnaline 2D-joonestamine, mida on võimalik teha nii käsitsi kui arvutil (2D CAD, *Two-dimensional Computer Aided Design*). Seejärel lisandub 3D CAD (*Three-dimensional Computer Aided Design*), kus selgitatakse detailide modelleerimiskeskonna kasutamist arvutil, mudelite valmistamist ja ruumilistest mudelitest jooniste genereerimist.

18. sajandi lõpul süstematiseeriti ja töötati välja jooniste valmistamise teoreetilised lähtealused. Üks põhitagijatest oli prantsuse õpetlane ja insener Gaspard Monge [gaspar moonž], kes elas aastatel 1746–1818. Gaspard Monge kirjutas ja avaldas 1799. aastal õpperaamatu „Géométrie descriptive“ („Kujutav geomeetria“), mis pani aluse joonestamise üldsuundadele, nagu seda tuntakse tänapäeval. Seega võib projektsioonjoonestamisest sellisena, nagu seda tuntakse ja kasutatakse tänapäeval, rääkida alles 200 viimase aasta jooksul.

**Joonis on tehnika keel.** Objekti joonis on dokument, mille järgi saab seda objekti valmistada. Objektiks võib olla üksikdetail, kuid ta võib koosneda ka mitmest detailist. Viimasel juhul nimetatakse seda koostuks.

## **Põhilised jooniste liigid on järgmised.**

- **Detailijoonised** on koostu üksikdetailide, objektide joonised, mis peavad kirjeldama detaili geomeetriat ja kvaliteedi omadusi, olema üheselt määratletud ja kõigile ühtemoodi arusaadavad. Nad peavad sisaldama kogu vajaliku informatsiooni, mille põhjal oleks võimalik detaili valmistada ja kontrollida.
- **Koostejoonised** on üksikutest osadest kokku monteeritud toodete joonised. Need sisaldavad vajalikku informatsiooni, mille põhjal oleks võimalik koostu komplekteerida, koostada ja kontrollida. Koostejoonise juurde kuulub veel tekstidokument, mida nimetatakse tükitabeliks ehk spetsifikatsiooniks.

Laiemas mõttes kuuluvad jooniste juurde ka teised graafilised kujutised, näiteks aksonomeetrilised kujutised, tehnilised joonistused, graafilised kaardid, topograafilised asendiplaanid, skeemid, diagrammid, graafikud jpm.

**Jooniseid liigitatakse ka erialade järgi.** Kõige kaalukama osa moodustavad erialajoonistest masinaehitus- ja ehitusjoonised. Ühine mõlema jooniseliigi juures on see, et nad rajanevad projektsioonjoonestamisel ja kasutavad geomeetrilise joonestamise põhimõtteid. Ehitusjooniste juures kehtivad paljud masinaehitusjoonestamise standardid (nt formaadid, mõõtkava, joonte liigid, keermete ja keevisõmbluste kujutamine ning tähistamine).

**Joonestamise ja konstrueerimise seos teiste õppeainetega.** Geomeetria ja tema põhimõistete tundmine ning konstruktsioonide valmistamine on joonestamisega vahetult seotud. Kujutamisiiviside omandamine aitab parandada joonestamisoskust ja vastupidi, kujutavas kunstis õpitu aitab paremini omandada joonestamise põhitõdesid ning parandada psühhomotoorseid oskusi.

### **Seos teiste ainetega**

- Joonestamine on vahetult seotud **tööõpetusega**, sest paljud töövõtted (joonise lugemine ja selle järgi objektide valmistamine, mõõtmestamine ja mõõteriistade kasutamine, natuurist eskiiside ja jooniste valmistamine) on omavahel tihedalt põimunud.
- Tugev seos on **matemaatika ja inseneriteadustega**, sest joonestamine arendab mõtlemist, arusaamist geomeetriast, geomeetrilistest kehadest, samuti ruumilist mõtlemist ja loogikat.
- Nüüdisaegsete CAD-programmide kasutamine võimaldab luua seoseid **füüsika ja tugevusõpetusega**. CAD-programmide abil saab arvutada kiiresti ja ilma vigadeta keerulise geomeetriaga objektide mahtu ja massi, vastupanu koormustele, samuti saab nende abil visualiseerida ja disainida objekte, muuta objektid fotorealistlikuks.

Nüüdisaegne joonestamine ja arvutigraafika on õppeained, milles õpetatakse jooniseid lugema ja käsitletakse jooniste valmistamist vastavalt kehtivatele standarditele, kasutades tänapäevaseid infotehnoloogiavahendeid.

# 1. PROJEKTSIOONJONESTAMINE

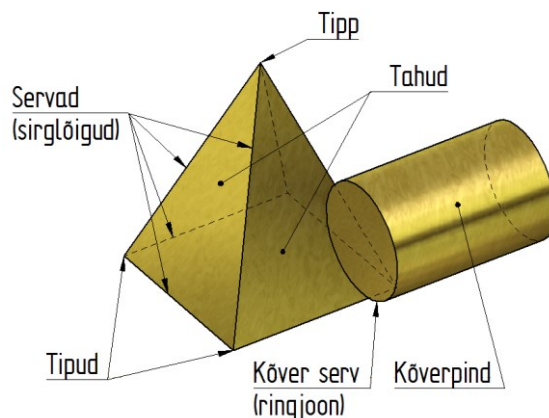
## 1.1. Projektsioonide liigid

**Projekteerimine** on tegevus, mille käigus saadakse mingist esemest (detailist) kujutis tasapinnal (paberil, jooniselehel või mingil ekraanil). Projekteerimise teel saadavat detaili kujutist nimetatakse selle detaili **projektsiooniks**. Projekteerimise käigust võtavad osa:

- o projekteerivad kiired e kujutamiskiired;
- o ese e detail või objekt, tema pinna elemendid;
- o projektsioonitasapind e ekraan;
- o eseme projektsioon e kujutis ekraanil.

**Eseme pinna elemendid** on näidatud joonisel 1-1 ja need on järgmised:

- o **tahk** on eseme või detaili tasapinnaline osa, silindri külgpind on aga kõverpind;
- o **serv** on joon, mida mööda lõikuvad kaks tahku (tekib sirglõik), tasapind (silindri otspind) ja kõverpind (tekib ringjoon) või kaks kõverpinda;
- o **tipp** on servade lõikepunkt.



Eset, mille pinnad koosnevad ainult tahkudest, nimetatakse tahukaks. Tahuka tahud võivad olla kolm-, nelinurksed jne. Joonisel 1-1 kujutatud tahukas on püramiid ja kõverpinnaline ese silinder.

**Eseme projektsiooni liik** sõltub projekteerivate kiirte omavahelisest asendist (paralleelsed või tsentraalsed) ja kiirte asendist ekraani suhtes (kaldu või risti ekraani suhtes). Projektsioonide liigid on tsentraal-, kald- ja ristprojektsioon (vt joonis 1-2).

**Tsentraalprojektsioon e perspektiiv** (vt joonis 1-2a) on projektsiooni liik, mis saadakse eseme projekteerimisel ekraanile, kui kujutamiskiired lähtuvad ühest punktist  $S$  (silmapunktist). Kiired läbivad siin eset määravad punktid (tipud), ekraanile  $\varepsilon$  tekivad nende punktide projektsioonid  $A'$ ,  $B'$  jne. Kui vastavad punktid omavahel sirgetega ühendada, saame eseme tsentraalprojektsiooni e perspektiivi sellel ekraanil. Tsentraalprojektsioonide hulka kuuluvad kõik fotod ja varjud, mis saadakse eseme lambiga valgustamisel seinale. Perspektiiv on ilmikas, ta on alati esemest või detailist suurem, kuid perspektiivi tuletuskäik on suhteliselt keeruline, seetõttu seda meetodit tehnilistel joonistel ei kasutata. **Tsentraalprojekteerimist** kasutatakse arhitektuuris.

**Paralleelprojekteerimine** on projekteerimise liik, kus kõik kujutamiskiired  $k$  on omavahel paralleelsed, vastav kujutis aga **paralleelprojektsioon** (vt joonis 1-2b ja c). Paralleelprojekteerimist võib vaadata ka kui tsentraalprojekteerimise erijuhtu, kus silmapunkt on viidud lõpmata kaugemale ( $S_{\infty}$ ).

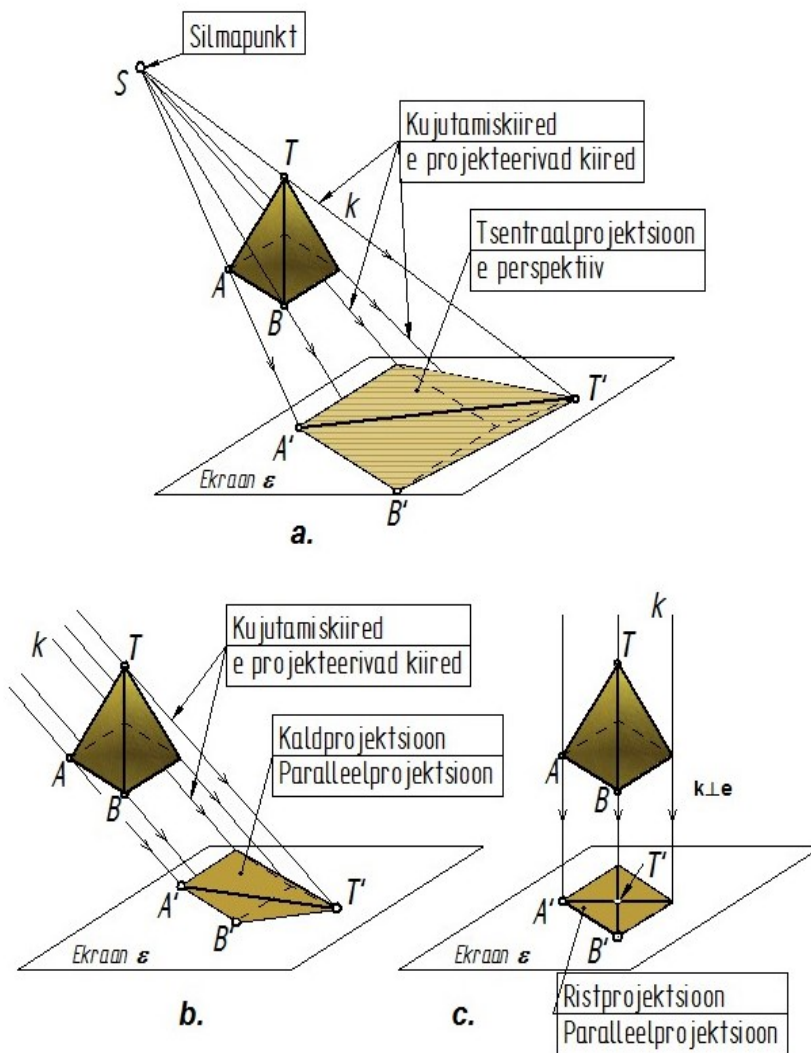
Paralleelprojektsioonid jagunevad **kald-** ja **ristprojektsioonideks**. Ristprojektsiooni nimetatakse ka **ortogonaalprojektsiooniks**.

**Kaldprojektsioon** tekib paralleelsete, kuid ekraani suhtes kaldu olevate kiirte kulgemisel läbi eset määravate punktide (vt joonis 1-2b).

**Ristprojektsioon** tekib paralleelsete ja ekraanile risti langevate kiirte kulgemisel läbi eset määravate punktide (vt joonis 1-2c).

Paralleelprojektsioone kasutatakse jooniste valmistamisel ja lugemisel, mistõttu on oluline tunda paralleelprojektsioonide omadusi.

- Kui tahuka serv on ekraaniga paralleelne, siis selle serva paralleelprojektsioon on pikkuselt võrdne ja paralleelne serva enesega (vt joonis 1-2b ja c), s.o kui  $AB \parallel \varepsilon$ , siis  $A'B' = AB$  ja  $A'B' \parallel AB$ .
- Paralleelsete sirgete paralleelprojektsioonid on paralleelsed. Erandiks on juhud, kui servad on kiirtega paralleelsed. Sellisel juhul projekteeruvad need servad punktideks (vt joonis 1-3).
- Sirglõigu osad või paralleelsed sirged on võrdelised oma paralleelprojektsioonidega.



Joonis 1-2. Projektsioonide liigid: a – tsentraalprojektsioon e perspektiiv; b – kaldprojektsioon; c – ristprojektsioon

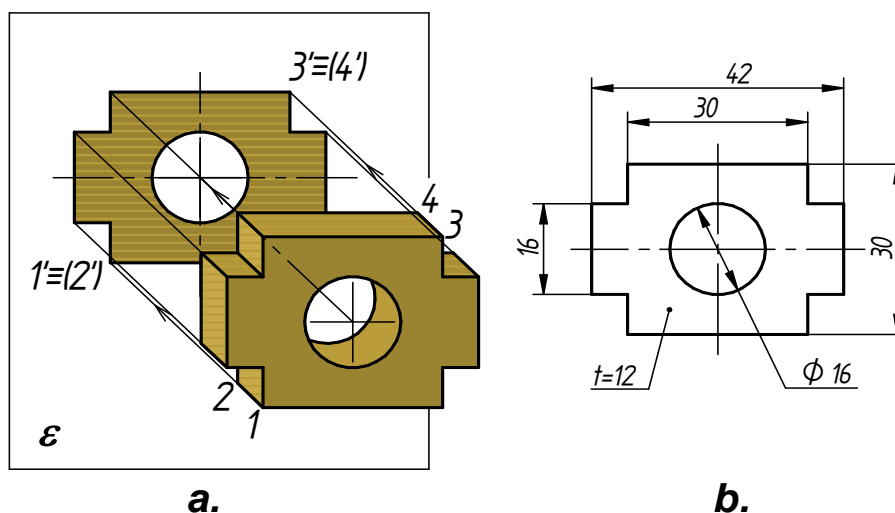
Kui võrrelda paralleelprojekteerimist tsentraalprojekteerimisega, siis:

- paralleelprojekteerimisel säilib sirgjoonte paralleelsus ja lõikude lihtsuhe, objektide mõõtmed on vähem moonutatud kui tsentraalprojektsioonil;
- paralleelprojektsiooni tuletamine on tunduvalt lihtsam tsentraalprojektsiooni tuletamisest.

Tehnikas eelistatakse paralleelprojektsiooni, eriti ristprojektsioone.

**Ristprojektsioon** on paralleelprojektsiooni alaliik. Enamik tööstuses ja ehitustegevuses vajalikke jooniseid valmistatakse ristprojektsiooni meetodil. Et jooniste järgi saaks esemeid või hooneid valmistada, peavad joonised vastama teatud tingimustele:

- joonis peab täielikult määrama eseme kuju ja suuruse;
- joonist peab olema suhteliselt lihtne valmistada.



Joonis 1-3. Detaili ristprojektsioon (a) ja selle detaili joonis (b)

Esitatud on nõuetele vastavad detaili ristprojektsioonid kas ühel või mitmel ekraanil. Joonisel 1-3a on näidatud detaili ristprojektsioon ühel ekraanil ja kõrval (vt joonis 1-3b) selle detaili joonis. Kuna detail on ühtlase paksusega, siis saadud üks projektsioon määrab täielikult selle detaili kuju ja suuruse. Detaili paksuse saab kirjutada viitejoonele:  $t = 12$  (vt joonis 1-3b).

Siin on detaili esitahk (samuti tagatahk) vertikaalse ekraaniga  $\varepsilon$  paralleelne ja on asetatud selle ette. Projekteerivad kiired on ekraaniga risti ja detaili esitahk projekteerub ekraanile moondevabalt, ka tahul oleva ringjoone projektsioon ekraanil on ringjoon diameetriga 16 mm. Kui detaili paksus on 12 mm, siis servade 12, 34 jne pikkused on 12 mm. Kuna need servad on aga risti ekraaniga, siis nad projekteeruvad sinna punktideks, kus  $1' \equiv (2')$ ;  $3' \equiv (4')$  (vt joonis 1-3a).

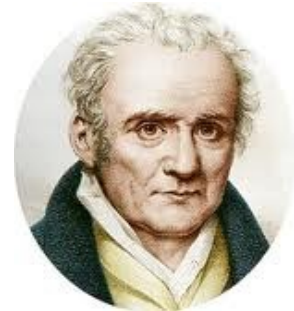
Kirjutusviisi  $1' \equiv 2'$  ja  $3' \equiv 4'$  loetakse järgmiselt: punkti 1 projektsioon ekraanil (üks prim) langeb kokku punkti 2 projektsiooniga (kaks prim) ning samuti langevad kokku punktide 3 ja 4 projektsioonid ekraanil. Kui aga on kirjutatud  $1' \equiv (2')$ , tähendab see, et punktide 1 ja 2 projektsioonid ekraanil langevad kokku, kusjuures punkt 2 jääb punkti 1 varju (punkt 2 on vaataja suhtes tagapool).

**Sirged (servad), ringjooned, tahud ja kõik muud kujundid, mis on paralleelsed ekraaniga, projekteeruvad sellele ekraanile moondevabalt (loomulikus suurus).**

## 2.2. Esemekaks- ja kolmvaade

Kui detail ei ole ühesuguse paksusega, nagu on näidatud joonisel 1-3, siis ei piisa detaili kuju ja suuruse täielikuks määramiseks selle detaili projektsioonist ühele ekraanile. Olenevalt detaili kujust, tema keerukusest on vaja kaht-kolme projektsiooni (või isegi rohkem) erinevatele pindadele ja erinevas suunas, et saadud detaili joonis määraks täielikult selle detaili kuju ja suuruse. Detaili (objekti, eseme) jooniste valmistamiseks kasutatakse nn Monge'i meetodit.

Monge'i meetod seisneb järgmises: objektist tuletatakse kaks ristprojektsiooni ekraanidel, mis on teineteisega risti. Seejärel pööratakse ekraanid koos kujutistega joonise tasapinnale, mille tulemusel saadakse objekti **kaksvaade** (vt joonis 1-7). Sageli on vaja veel lisavaateid (ristprojektsioone) või -lõikeid, mida tuleks projekteerida teistele tasapindadele ja pöörata joonise tasapinnale. Niiviisi saadud joonist, mis koosneb mitmest omavahel seotud ristprojektsioonist, nimetatakse **mituvaateks**. Joonisel 1-9 on näidatud, kuidas detailist kolmvaadet saada.



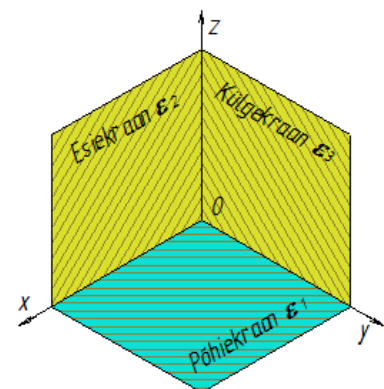
Joonis 1-4. Gaspard Monge (1746–1818)

Meetod sai nime kuulsalt prantsuse matemaatiku ja suure geomeetriaspetsialisti, inseneri, ühiskonna- ja riigitegelase Gaspard Monge'i järgi (vt joonis 1-4), kes elas aastatel 1746–1818. Gaspard Monge esitas oma raamatus „Géométrie descriptive“ (1799) kokkukuuluvate ristprojektsioonide meetodi ja rajas sellele kogu kujutava geomeetria teooria, mis on aluseks tehnilisele joonestamisele.

Monge'i meetodi järgi jooniste valmistamisel võetakse ekraanideks kolm omavahel ristuvat tasapinda e ruuminurka (vt joonised 1-5 ja 1-9). Nende tasapindade lõikejoonteks on kolm ristuvat telge: x, y ja z (s.t need tasapinnad läbivad kolme ristuvat telge: x, y ja z). Need tasapinnad on järgmised:

- põhiekraan  $\varepsilon_1$  (x-y-tasapind) – horisontaalne tasapind,
- esiekraan  $\varepsilon_2$  (x-z-tasapind) – vertikaalne ning risti põhi- ja külgekraaniga ( $\varepsilon_2 \perp \varepsilon_1$  ja  $\varepsilon_2 \perp \varepsilon_3$ ),
- külgekraan  $\varepsilon_3$  (y-z-tasapind) – vertikaalne ja risti eelmistega ( $\varepsilon_3 \perp \varepsilon_1$  ja  $\varepsilon_3 \perp \varepsilon_2$ ).

Kui projekteeritakse eset nendele ekraanidele, saadakse eseme vaated nendel ekraanidel: põhiekraanile eseme **pealtvaade**, esiekraanile eseme **eestvaade** ja külgekraanile eseme **külgvaade**.



Joonis 1-5. Ruuminurk ekraanide ning x-, y- ja z-teljega

**Eseme orienteerimisel ekraanide suhtes** arvestatakse, et:

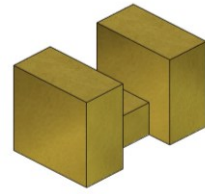
- 1) kujutised ekraanidel (ristprojektsioonid) oleksid võimalikult lihtsad;
- 2) esiekraanile projekteeruks moondevabalt eseme see külg, mis iseloomustab eseme kuju kõige paremini.

Need on põhinõuded eseme (detaili) orienteerimisel esiekraani suhtes ja selline eseme asend võetakse eestvaateks, mis on detaili **normaalasend**. Näiteks jalgratta või auto normaalasendid on vaated nende paremalt või vasakult küljelt: need vaated iseloomustavad autot ja jalgratast paremini kui vaated eest või tagant, kust saab vähem infot.



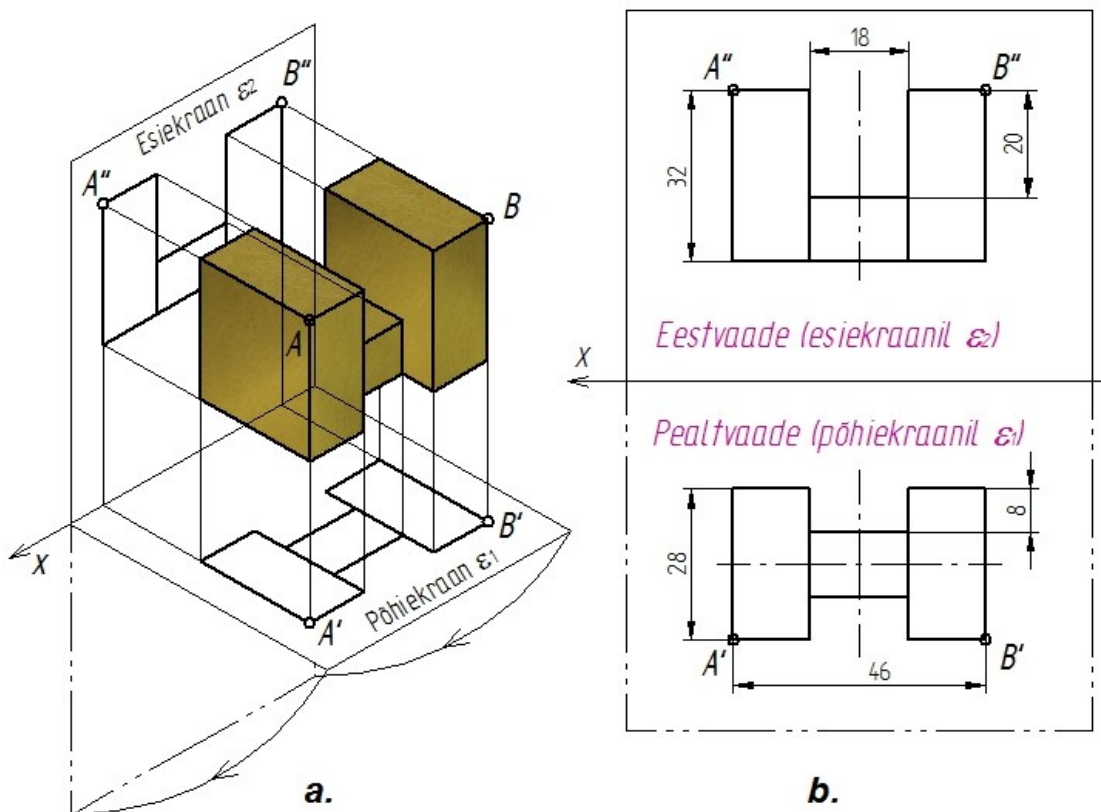
### 1.2.1. Mudeli kaksvaate saamine

Joonisel 1-7 on näidatud väljalõigetega mudeli kaksvaate saamine. Mudel on risttahukakujuline, millele on tehtud keskelt mitu väljalõiget (vt joonis 1-6). Normaalasendiks on võetud asend, kus mudeli suurem tahk on paralleelne esiekraaniga ja keskel on väljalõige ülespoole. Esiekraanile projekteerub see tahk koos väljalõike ja kõikide oma servadega moondevabalt, tahul olevad kõik vertikaalsed servad jäävad täielikult nähtavaks. Sedasi saame esiekraanile risttahuka kujutise (**esiprojektsiooni või eestvaate**), kus on näha tahuka kõrgus ja pikkus ning keskel ülespoole suunatud väljalõike kuju ja suurus (vt joonis 1-7a).



Joonis 1-6.  
Väljalõikega mudel

Vaadates samas tahukat ülevalt alla põhiekraani suunas ja risti põhiekraaniga, saame põhiekraanile risttahuka moondevaba kujutise (**põhiprojektsiooni või pealtvaate**), kus on näha risttahuka laius ja pikkus ning samuti tahuka külgtahkudele tehtud väljalõigete kuju ja suurus. Kõik tahuka vertikaalsed servad projekteeruvad põhiekraanile punktideks, seevastu horisontaalsed servad projekteeruvad põhiekraanile moondevabalt, sest kõik need on paralleelsed põhiekraaniga (vt joonis 1-7a). Tahuka nurkades olevad punktid A ja B projekteeruvad ekraanidele järgmiselt: põhiekraanile A' ja B' (loe: A prim ja B prim); esiekraanile A'' ja B'' (loe A sekund ja B sekund).



Joonis 1-7. Esemekaksvaate saamine: a – mudeli üheaegsed ristprojektsioonid põhi- ja esiekraanile ning põhiekraani pööramine alla, esiekraaniga samale tasapinnale; b – ekraanide pööramise teel saadud mudeli joonis – projektsiooniliselt seotud mudeli kaksvaade

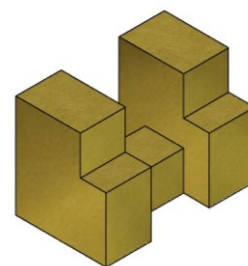
Risttahuka joonise saamiseks **pööratakse põhiekraan** koos saadud risttahuka kujutisega sellel ekraanil (põhiprojektsiooniga) alla, samale tasandile esiekraaniga (vt joonis 1-7a). Põhiekraani pööratakse ümber x-telje 90°. Sedasi saadakse ühel tasapinnal asuva risttahuka joonis – risttahuka **kaksvaade**. Esiekraanil asub risttahuka



**eestvaade ja selle all eestvaatega projektsioonilises seoses risttahuka pealtvaade** (vt joonis 1-7b). Tehnilistel joonistel **ekraanide piirdejooni ja x-telge ei kujutata**.

### 1.2.2. Mudeli kolmvaate saamine

Kui eelmisele risttahukale on tehtud lisaks veel väljalõiked külgtahu nurkadesse, nagu on näidatud joonisel 1-8, siis selle väljalõike kuju on loomulikus suuruses näha külgekraani suunas. Seega on eseme kõikide elementide kujutamiseks vaja see ese projekteerida kolmele ekraanile.



Joonis 1-8. Mitme väljalõikega tahukas

Joonisel 1-9 on näidatud, kuidas väljalõigetega mudeli kolmvaadet saada. Normaalasendiks on võetud samuti asend, kus mudeli suurem tahk on paralleelne esiekraaniga ja keskel on väljalõige ülespoole. Mudeli projektsioonid esi- ja põhiekraanile saadakse nii, nagu on kirjeldatud punktis 1.2.1 (vt joonis 1-9).

Esiekraanile saadakse risttahuka **esiprojektsioon e eestvaade** ja põhiekraanile **põhiprojektsioon e pealtvaade** (vt joonis 1-9a).

Nurkades väljalõigete ABCD (vt joonis 1-9a) kuju ja suuruse näitamiseks ekraanil tuleb tahukat vaadata vasakult külgekraani  $\varepsilon_3$  suunas, s.t tahukas tuleb projekteerida külgekraanile, mis on risti põhi- ja esiekraaniga ( $\varepsilon_3 \perp \varepsilon_1$  ja  $\varepsilon_3 \perp \varepsilon_2$ ). Kuna mudeli vasak vertikaalne tahk on paralleelne külgekraaniga, siis projekteerub see tahk külgekraanile moondevabalt. Kõik väljalõikeservad esitahu nurkades on risti külgekraaniga (paralleelsed projekteerivate kiirtega). Need projekteeruvad sinna punktideks, seetõttu langevad punktide A ja C ning B ja D projektsioonid külgekraanil kokku (vt joonis 1-9a):  $A''' \equiv (C''')$  ning  $B''' \equiv (D''')$  (loe: A terts langeb varjus kokku C tertsiga).

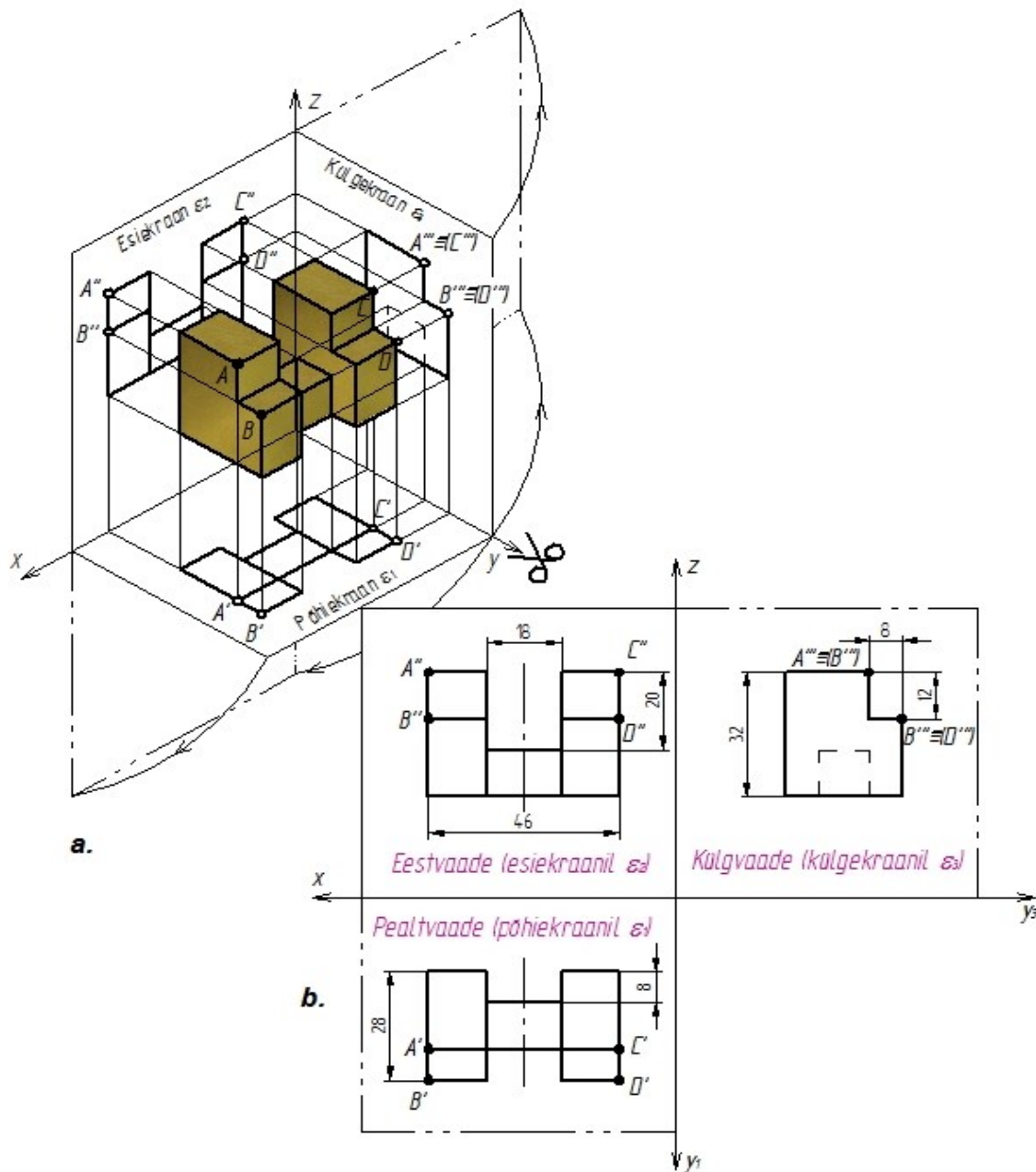
Külgekraanile saame risttahuka moondevaba kujutise (**külprojektsiooni või vasakultvaate**), kus on näha risttahuka kuju ja suurus vasakult vaadates (laius ja kõrgus), samuti tahuka esitahu ülemistesse nurkadesse tehtud väljalõike kuju ja suurus.

Risttahuka joonise saamiseks toimitakse järgmiselt (vt joonis 1-9a).

- Võetakse üks ekraan joonise pinnaks (tavaliselt on see esiekraan).
- **Pööratakse põhiekraan** koos saadud risttahuka kujutisega sellel ekraanil (pealtvaatega) alla samale tasandile esiekraaniga. Pööratakse  $90^\circ$  ümber x-telje.
- **Pööratakse külgekraan** koos mudeli vasakultvaatega paremale, esiekraaniga samale tasandile. Külgekraani pööratakse  $90^\circ$  ümber z-telje.

Kuna põhiekraan pööratakse alla ja külgekraan paremale, samale tasapinnale esiekraaniga, siis y-telg (langeb kokku põhi- ja esiekraani lõikejoonega ning on risti x- ja z-teljega) jaguneb kaheks: piirneb põhiekraaniga  $\varepsilon_1$ , mida tähistatakse  $y_1$ ; piirneb külgekraaniga  $\varepsilon_3$ , mida tähistatakse  $y_3$  (vt joonis 1-9b). **Tehnilistel joonistel telgi ja ekraanide piirjooni ei kujutata.**

Sedasi saadakse kolmest omavahel seotud ristprojektsioonist koosneva risttahuka joonis, risttahuka **kolmvaade**. Esiekraanil asub risttahuka **eestvaade**, selle all eestvaatega projektsioonilises seoses risttahuka **pealtvaade** ja külgekraanil eestvaatega projektsioonilises seoses risttahuka **külgebraade** (vt joonis 1-9b).



Joonis 1-9. Esemel kolmvaate saamine: a – mudeli üheaegsed ristprojektsioonid põhi-, esi- ja külgekraanile ning põhi- ja külgekraani pööramine esiekraaniga samale tasapinnale; b – ekraanide pööramise teel saadud mudeli joonis – projektsiooniliselt seotud mudeli kolmvaade

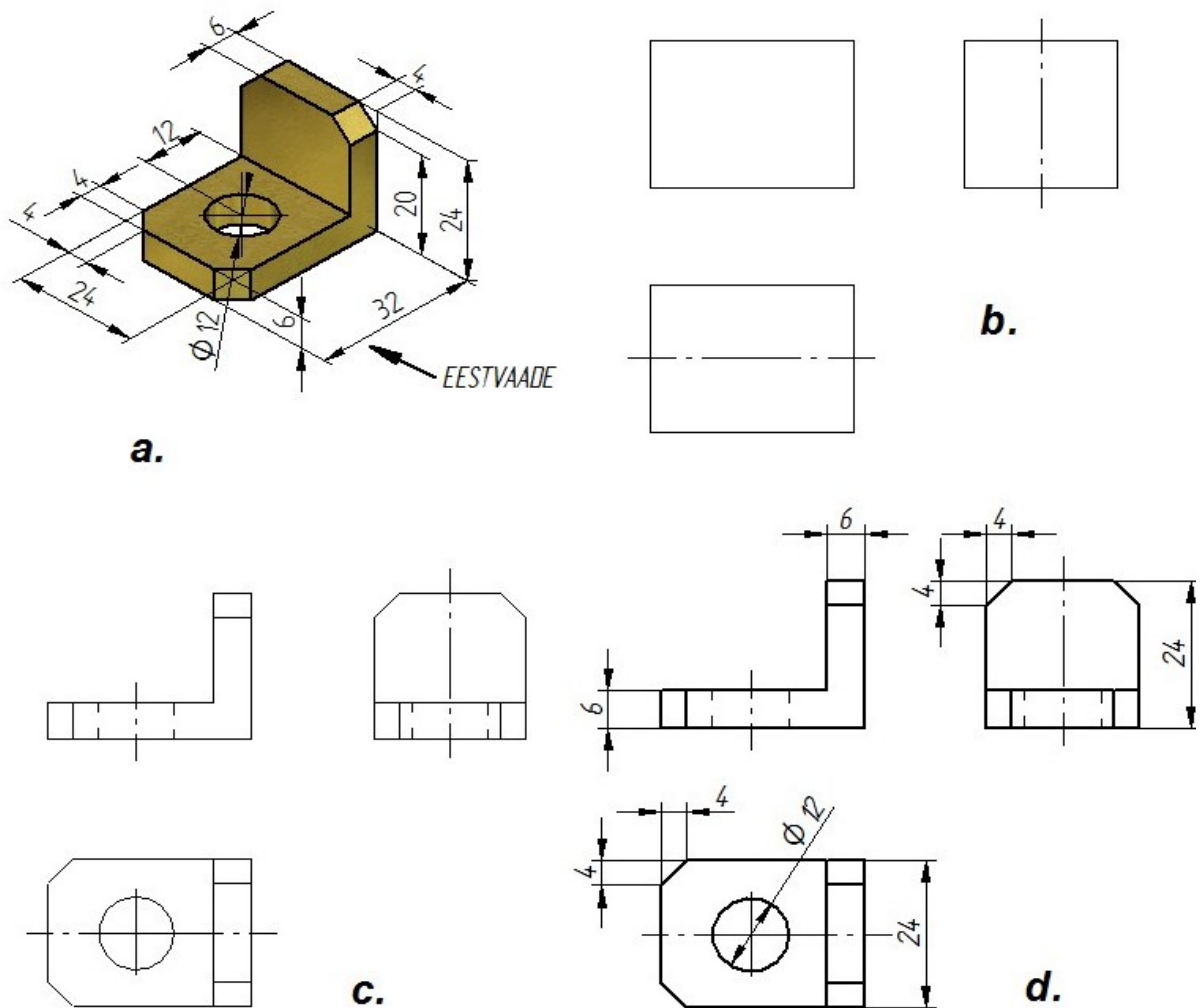
## NÄIDE

Joonisel 1-10a on kujutatud avaga nurgiku piltlik kujutis, kus on näidatud ka selle detaili iga elemendi suurus. Selle detaili kuju ja suuruse täielikuks määramiseks ei piisa kaksvaatest. Detail tuleb projekteerida kolmele ekraanile, järgneva skeemi alusel tuleb teha kolmvaade.

1. Tutvutakse detailiga ja määratakse kindlaks detaili külg, mis kõige paremini iseloomustab selle detaili kuju. Seda suunda näitab joonisel nool "EESTVAADE" (vt joonis 1-10a).
2. Detail seatakse ekraanide suhtes normaalasendisse: pind, millele näitab nool, seatakse paralleelseks esiekraaniga ja alumine pind paralleelseks

põhiekraaniga. Ekraane ning x-, y- ja z-telge ei joonestata, **need on kujuteldavad.**

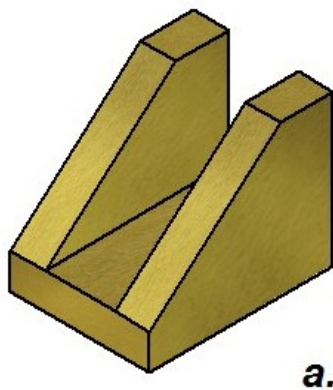
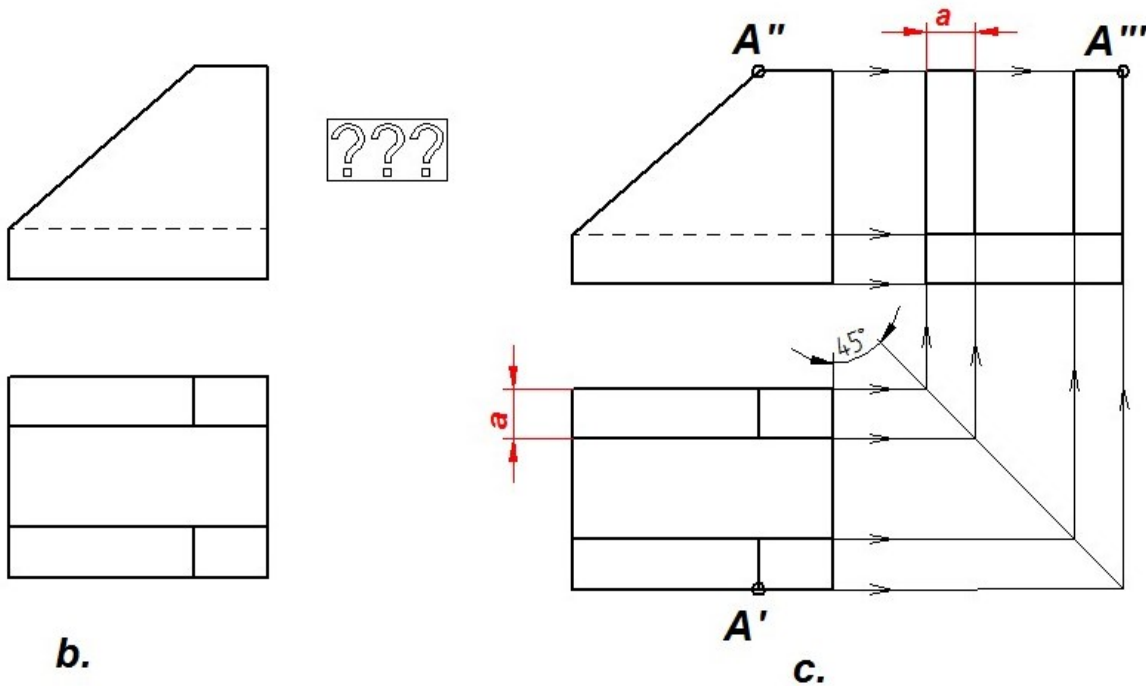
3. Peenjoonega joonestatakse välja eesvaate gabariitristkülik (mõõtmed 32 x 24 mm), selle alla projektsioonilises seoses eestvaatega pealtvaate ristkülik (mõõtmed 32 x 24 mm) ja paremale projektsioonilises seoses eestvaatega vasakultvaate ristkülik (mõõtmed 24 x 24 mm). Seejärel tõmmatakse sümmeetriatelg pealt- ja vasakultvaatele (vt joonis 1-10b).
4. Ristkülikutes joonestatakse peenjoonega välja kõik detailide kontuurid ja ava telg, üleliigsed jooned kustutatakse (vt joonis 1-10c).
5. Nähtavad kontuurid tõmmatakse jämejoonega üle ja detailile kantakse mõõtmed (vt joonis 1-10d). Detaili mõõtmestamise nõudeid vt punktist 5.



Joonis 1-10. a – nurgiku piltlik kujutis; b, c ja d – nurgiku kolmvaate joonestamise etapid

### 1.2.3. Kaksvaate järgi kolmvaate joonestamine

**NÄIDE.** Joonisel 1-11b on ülesandes antud detaili kaksvaade (eest- ja pealtvaade). Joonestage detaili kolmvaade.



Joonis 1-11. a – detaili piltlik kujutis; b – ülesandes antud detaili kaksvaade; c – detaili kolmvaate joonestamine

Joonisel 1-11a on näidatud detaili piltlik kujutis. Antud on detaili eest- ja pealtvaade, vaja on joonestada vasakultvaade. Vasakultvaatel on näha detaili laius ja kõrgus, kuid detaili laiust näeb ka pealtvaatel ja kõrgust eestvaatel. Seda arvestades saab vasakultvaatele kanda üle detaili elementide kõrgused eestvaatelt ja elementide laiused pealtvaatelt (vt joonis 1-11c). Elementide laiused saab üle kanda 45° kalde all tõmmatud abisirge abil, nagu on näidatud joonisel 1-11c.

Teine ülesande lahendamise variant on järgmine: abisirge asemel saab detaili elementide laiused üle kanda ka sirkli abil. Joonisel 1-11c on näidatud ribi laiuse  $a$  ülekandmine pealtvaatelt vasakultvaatele.

### 1.3. Aksonomeetria

Tehnilises joonestamises kasutatakse väga tihti esemete piltkujutisi. Kujutisele esitatavad nõuded on vastandlikud: kujutis peab olema **lihtne, mõõdetav ja piltlik**.

**Lihtne** tähendab seda, et mida vähem jooni, seda lihtsam. **Mõõdetava** all mõeldakse seda, et mida rohkem tasapinnalisi kujundeid, servi on projekteerunud moondevabalt, seda mõõdetavam on ese. **Piltlik** tähendab seda, et mida hõlpsam on kujutise järgi võimalik eset ära tunda, seda piltlikum see on. Selleks tuleb ese (objekt) seada kiirte ja ekraani suhtes üldasendisse, s.o asendisse, mille puhul võimalikult palju objekti servi ja tahke on kiirte suhtes kaldu.

Kõige piltlikuma kujutise saab tsentraalprojekteerimise teel. Seda tehakse arhitektuuris. Hõlpsasti saab aga piltlikke (ruumilisi) kujutisi aksonomeetriliste kujutiste abil.

**Aksonomeetriliste projektsioonide ülesandeks on ilmekate (ruumiliste) ja mõõdetavate kujutiste saamine.**

Sõna **aksonomeetria** tuleneb kreeka keelest (*akson* 'telg', *metreo* 'möödan'). Ilmekuse saavutamiseks tuleb ese asetada võimalikult üldisesse asendisse ekraanide suhtes ning siduda mingi kindla teljestiku ja koordinaatidega. Andmetena kasutatakse aksonomeetriliste projektsioonide saamiseks kaksvaadet.

Tegevuste järjekord **aksonomeetrilise kujutise** konstrueerimiseks on järgmine.

1. Objekt seotakse ruumilise ristteljestikuga. See tähendab, et objekti iga punkt saab oma koordinaadid selles teljestikus.
2. Joonestatakse teljestiku kujutis.
3. Teljestiku kujutise põhjal konstrueeritakse objekti enda kujutis. Selleks kasutatakse saadud objekti punktide koordinaate selles teljestikus.

Suur tähtsus on telgede asendil ja moondeteguritel telgede suhtes. **Moondetegur** on telgedel oleva ühiklõigu aksonomeetrilise kujutise ja tema loomuliku suuruse suhe erinevate telgede suundades.

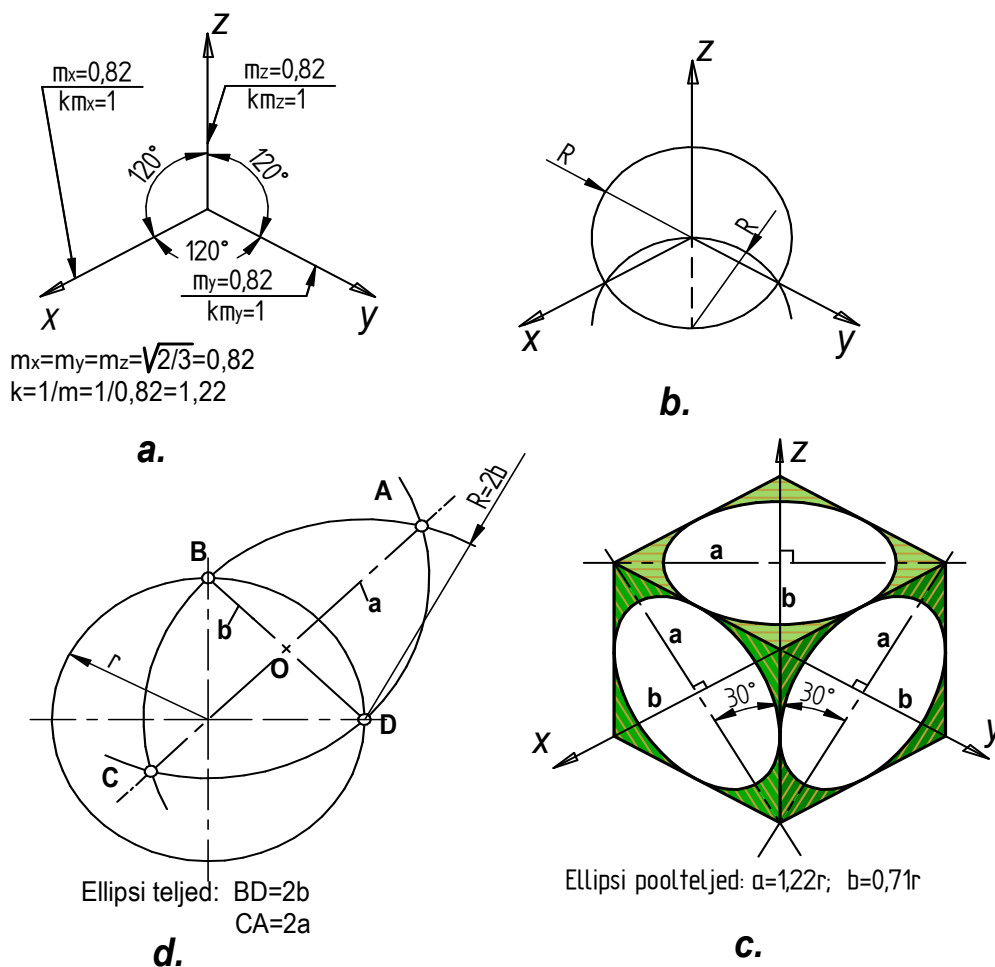
#### 1.3.1. Ristisomeetria

On olemas mitmeid aksonomeetria liike, mis sõltuvad teljestiku asendist ekraani suhtes ja telgede moondetegurite vahekorrast. Selles õpikus on aga vaatluse alla võetud ainult **ristisomeetria**, kus moondetegur on kõikide telgede suundades ühesugune ( $m_x = m_y = m_z = 1$ ): kõik teljed on ekraani suhtes ühesuguse kaldenurga all ja joonisel on telgedevaheline nurk  $120^\circ$  (vt joonis 1-12a).

**Ristisomeetria** on **isomeetriline e võrdmõõduline aksonomeetria**, kus kasutatakse ekraanide suhtes ristuvaid kiiri ja ruumilist ristteljestikku, mille kõik teljed on ekraanide suhtes võrdse nurga all (vt joonis 1-12a ja 1-12b).

**Ringjooned** muutuvad ristisomeetrias ellipsiteks, mille pikem pooltelg  $a = 1,22r$ . Telje asend oleneb pinnast, millele ringjoon projekteerub. Põhiekraanil või sellega paralleelsel pinnal on see horisontaalne, teistel pindadel aga kallutatud  $30^\circ$  z-telje suhtes: esiekraanil ja sellega paralleelsel pinnal paremale, külgekraanil ja sellega paralleelsel pinnal vasakule (vt joonis 1-12c). Ellipsi lühem pooltelg  $b$  on alati risti ellipsi pikema poolteljega ( $b = 0,71r$ ).

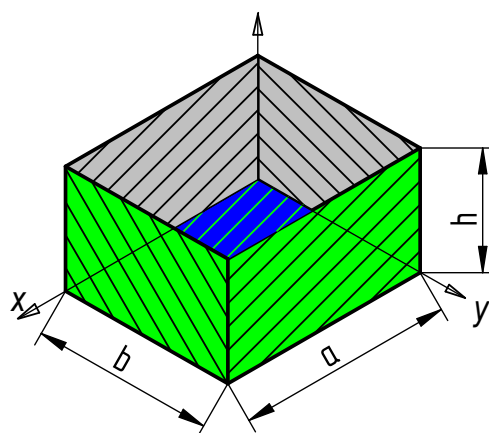
Joonisel 1-13 on kujutatud risttahukakujulise tühja kasti ristsomeetriline kujutis, mille **pikkust a** saab mõõta x-telje suunas, **laiust b** y-telje suunas ja **kõrgust h** z-telje suunas (vt joonis 1-13).



Joonis 1-12. Ristsomeetria: a – ristsomeetria teljestik ja moondeteguri väärtused telgede suunas, b – teljestiku joonestamine, c – kuup ja selle tahkudel asetsevad ringjooned ristsomeetrias, d – ellipsi pooltelgede suuruse leidmine ringjoone raadiuse kaudu

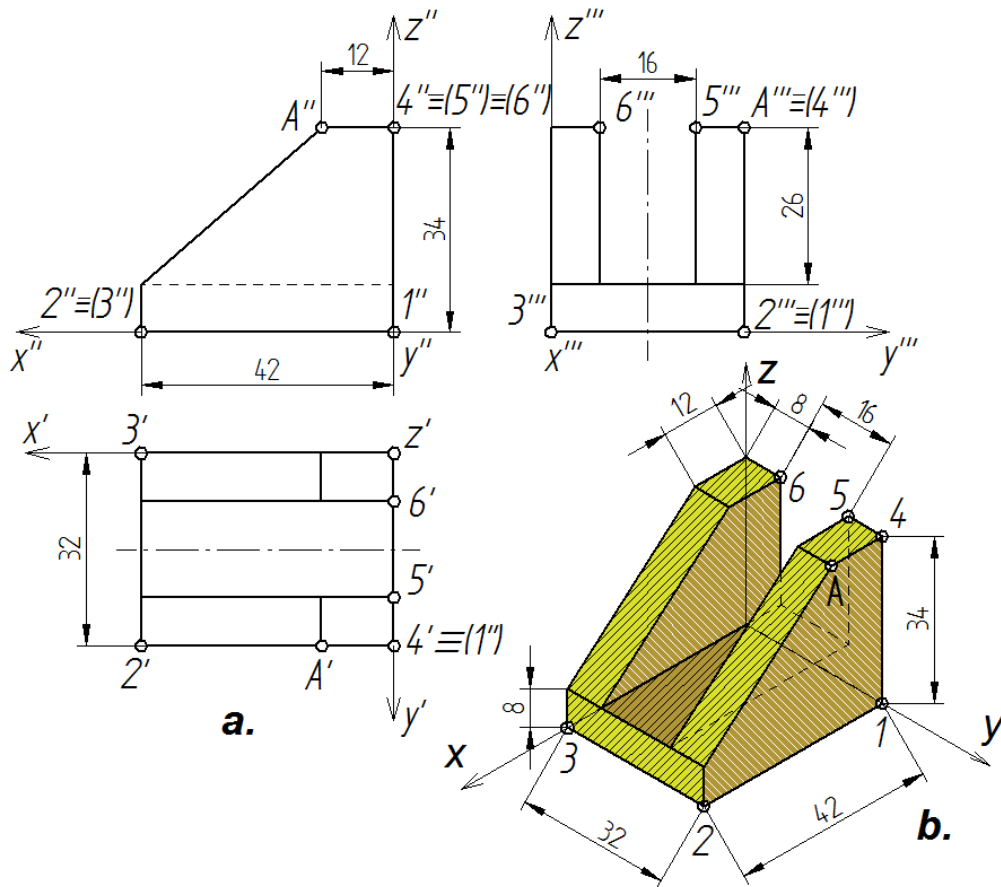
**NÄIDE. Ristsomeetria jaoks saadakse kõik vajalikud mõõtmed enamasti kaksvaatest.** Joonisel 1-14 on näidatud, kuidas mudeli ristsomeetrilist kujutist saada.

Mudeli põhjakontuur on ristkülikukujuline, mille pikkus on mõõdetav eestvaatelt (xz-pind) või pealtvaatelt (xy-pind) x-telje suunas, s.o mõõde 42 mm punktide 1" ja 2" vahel, ja laius pealtvaatelt y-telje suunas, s.o mõõde 32 mm punktide 2' ja 3' vahel (vt joonis 1-14a). Samad mõõtmed mõõtkavas 1:1 samade telgede suunas mõõdetakse ristsomeetrias: mõõde 32 mm y-teljele (punkt 1) ja 42 mm x-teljele (punkt 3). Edasi saadakse nendest punktidest paralleelselt telgedega mudeli põhja kujutis ja punkt 2 (vt joonis 1-14b). Mudeli kõrgusmõõtmed on mõõdetavad eestvaatelt z-telje suunas, s.o mõõde 34 mm punktide 1" ja 4" vahel, ülemise tahu



Joonis 1-13. Risttahukakujulise tühja kasti ristsomeetriline kujutis

laiusmõõde 12 mm punktide A'' ja 4'' vahel eestvaatelt x-telje suunas. Samade mõõtmetega (34 mm ja 12 mm) mõõdetakse mudeli kõrgus ja ülemise tahu laius samade telgede suunas ristisomeetria teljestikus. Süvendi laius 16 mm on mõõdetav y-telje suunas pealtvaatel punktide 5' ja 6' vahel, sügavus 26 mm z-telje suunas eestvaatel. Need mõlemad mõõtmed on paremini nähtavad külgsuunas (yz-pind). Ristisomeetrias mõõdetakse süvendi laius y-telje suunas ja sügavus vastavatest laiuspunktidest z-telje suunas. Mudeli ristisomeetria koos telgedesuunaliste mõõtmetega on näidatud joonisel 1-14b.



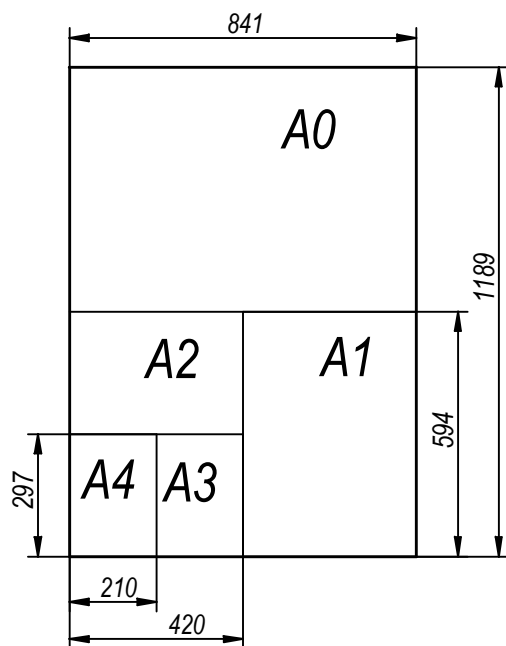
Joonis 1-14. Mudeli kolmvaade (a) ja selle ristisomeetrilise kujutise saamine (b)



## 2. JOONISTE VORMISTAMINE

### 2.1. Jooniste vormistamine

**FORMAADID** vastavad standardile ISO 5457:1999(E). Põhiformaadid saadakse 1 m<sup>2</sup> suuruse pindalaga paberi (tähis on A0 ja mõõtmed 841 x 1189 mm) pikema külje järkjärgulise poolitamise teel (vt



Joonis 2-1. Põhiformaadid

joonis 2-1). Joonise formaat tuleb valida selline, et joonise valmimisel oleks selle pinnast kujutiste, mõõtmete ja tekstiga täidetud **vähemalt 60%**.

**Põhiformaadid** on järgmised:

- A0, mõõtmed 841 x 1189 mm;
- A1, mõõtmed 594 x 841 mm;
- A2, mõõtmed 420 x 594 mm;
- A3, mõõtmed 297 x 420 mm;
- A4, mõõtmed 210 x 297 mm.

Formaat võib olla kas horisontaalne või vertikaalne, v.a formaat A4, mis on ainult vertikaalne (vt joon 2-2).

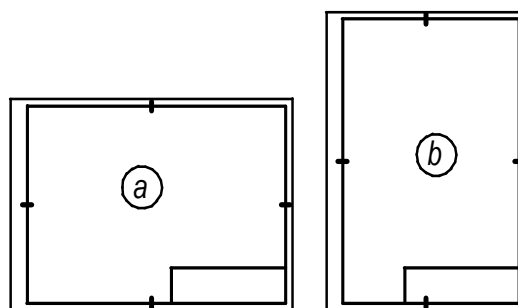
**Raamjoon**, mille jämedus on 0,7 mm, tõmmatakse **kõikidel** formaatidel paberi servast 10 mm kaugusele ja vasakust köiteservast 20 mm kaugusele.

**Tsentreerimismärgid**, mille joone laiuks on min 0,5 mm, on 10 mm pikkused kriipsukesed, mis tõmmatakse jooniselehe iga külje keskele (vt joonised

2-4 ja 2-5) 5 mm üle raamjoone. Vastavalt standardile ISO 5457 on pliatsijoonistel tsentreerimismärgid nõutud, kuid arvutijoonistel ei ole need vajalikud ja võib ära jätta. Jooniselehtede formaadid A3 ja A4 on esitatud joonistel 2-4 ja 2-5.

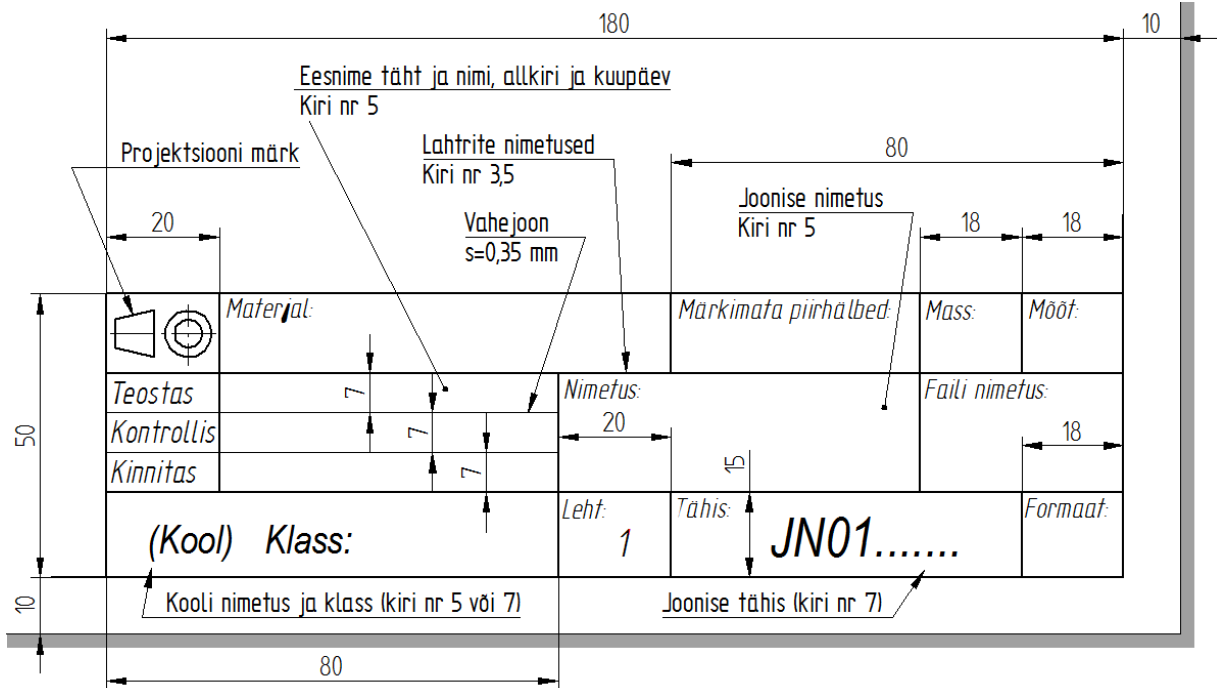
**Nurgatabel** (vt joon 2-3) asub alati formaadi alumises parempoolses nurgas vastu raamjoont. Nurgatabeli lahtrid joonestatakse põhijoonega *s*, mille laiuks arvestatakse pliatsijoonistel 0,7 või 0,9 mm ning arvutijoonistel 0,5 või 0,7 mm (v.a vahejooned).

**MÕÕTKAVA** vastab standardile ISO 5455:1979. Tihti on mudelid, detailid oma mõõtmetelt nii suured, et loomulikus suuruses detaili joonis ei mahu jooniselehele ära, seega tuleb kujutist vähendada. Samas on ka detaile, mille mõõtmed ja üksikelemendid on nii väikesed, et loomulikus suuruses jooniselt ei ole nende suurus ja kuju loetav. Sellisel juhul tuleb selgema pildi saamiseks joonisel tehtavat kujutist suurendada.

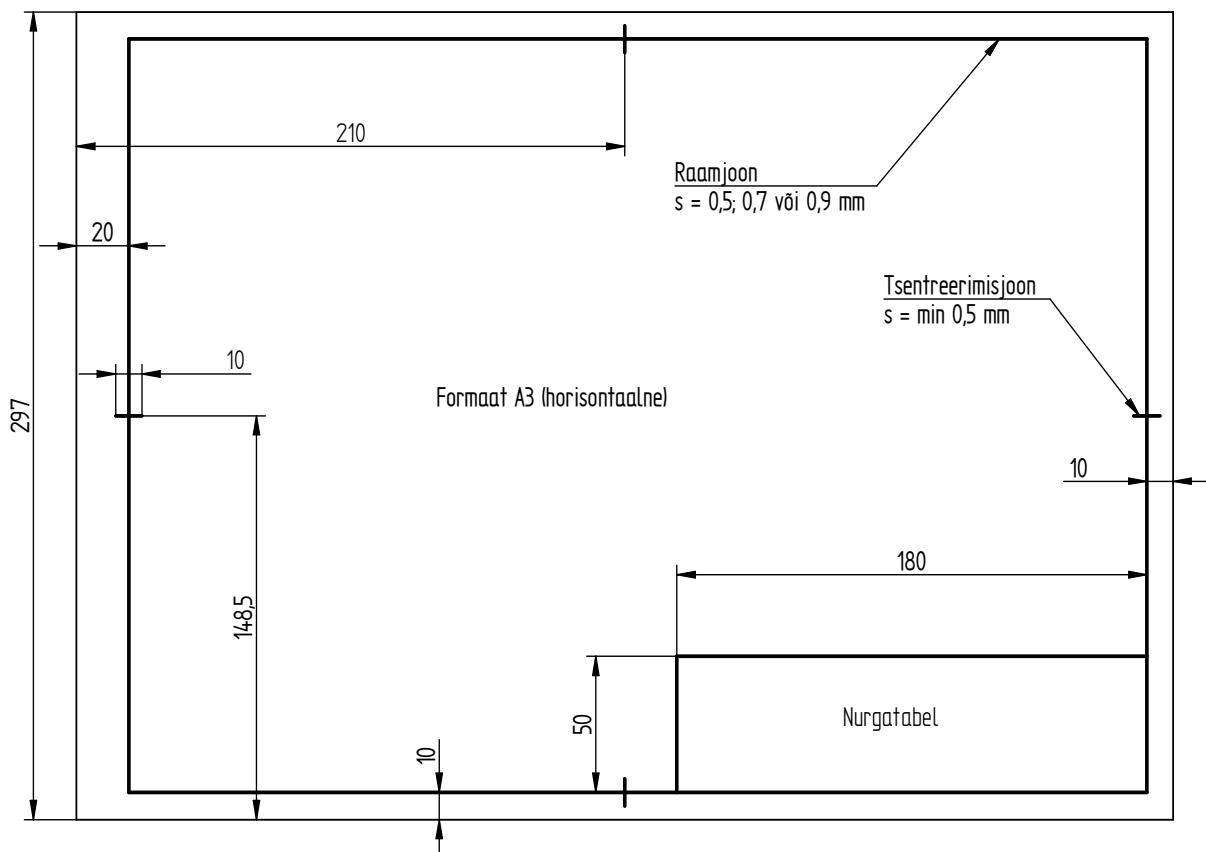


Joonis 2-2. Formaadi asend: a – horisontaalne, b – vertikaalne





Joonis 2-3. Nurgatabel jooniselehel ja tema mõõtmed



Joonis 2-4. Jooniseleht formaadil A3

**NB! Tuleb meeles pidada, et joonisel näidatakse eseme tegelikke mõõtmeid, mitte kujutise suurust, olenemata sellest, milline on joonise mõõtkava.**

Mõõtkava numbriline väljendus on **mõõtsuhe**. Mõõtsuhe näitab, kui palju on joonis detailist suurem või väiksem.

Kasutatakse järgmisi mõõtsuhteid:

- vähendavad 1:2, 1:5, 1:10 jne;
- loomuliku suurusega 1:1;
- suurendavad 2:1, 5:1, 10:1 jne.

Mõõtsuhte esimene arv näitab kujutise osa ja teine arv mõõtmete osa. Mõõtmepildid joonisel näitavad aga detaili või mudeli loomulikke suurusid.

Joonise mõõtsuhe kirjutatakse nurgatabeli vastavasse lahtrisse „Mõõt“.

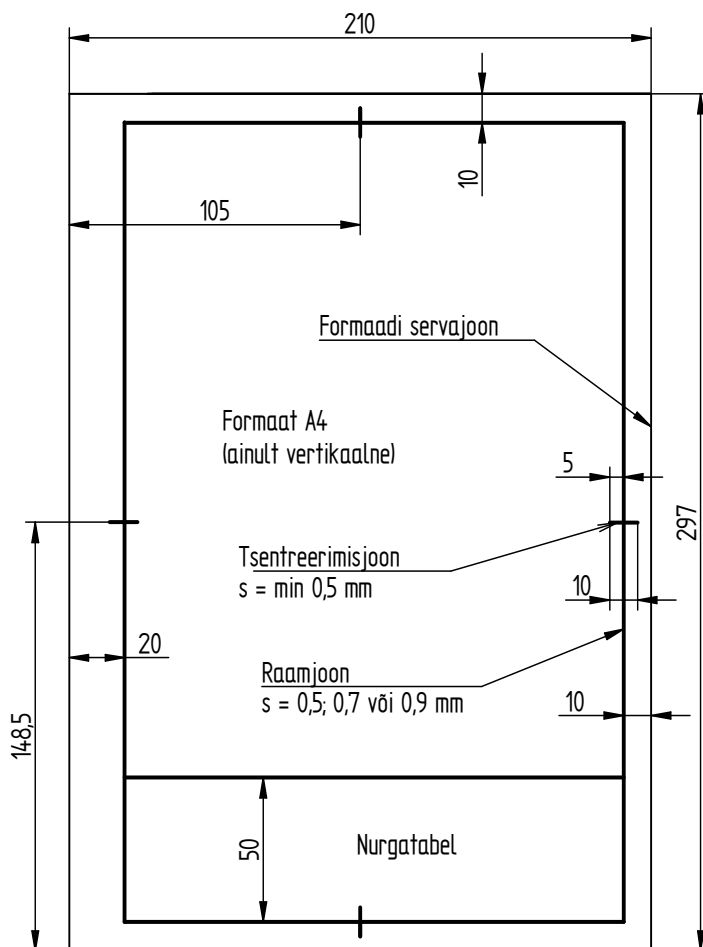
## **JOONTE LIIGID**

vastavalt standardile ISO 128-24:1999. Joonise hõlpsamaks lugemiseks ja sellest arusaamiseks on kehtestatud kindlad joonte liigid, määratud nende laiused ja kasutusala.

Korralikult tehtud joonisel on kõik jooned tumedad (tavaliselt musta värvi), need erinevad kasutusotstarbe järgi kuju ja laiuse poolest. Standard ei määra konkreetset joone laiust iga joonise jaoks, vaid aluseks võetakse põhijoone ja selle laius  $s$ . Standardi järgi on põhijoone (kontuurjooned jm) laius 0,25...2,0 mm (eelislaiused on 0,5 ja 0,7 mm). Kitsaste joonte (telg-, abijooned jm) laius on kaks korda väiksem: 0,13...1,0 mm (eelislaiused on 0,25 ja 0,35 mm). Joone laius sõltub joonisest, tema kujutiste keerukusest ja joonise formaadist, kuid tuleb jälgida, et ühel ja samal joonisel võetud joonte laiused oleksid kõik täpselt ühesugused.

Kooli õppejoonistel on pliiatsijooniste puhul soovitatav võtta põhijoone  $s$  laiuseks 0,7 või 0,9 mm ja arvutijoonistel 0,5 või 0,7 mm.

Joonte liike ja kasutusalasid vt tabelist 2-1 ning erinevatel joonistel kasutatavate joonte liikide näiteid jooniselt 2-6.




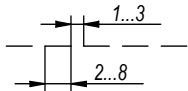
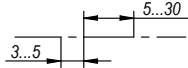
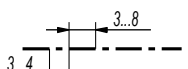
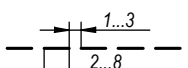
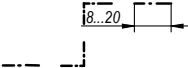
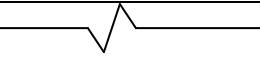
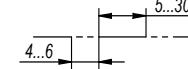


Joonis 2-5. Jooniseleht formaadil A4

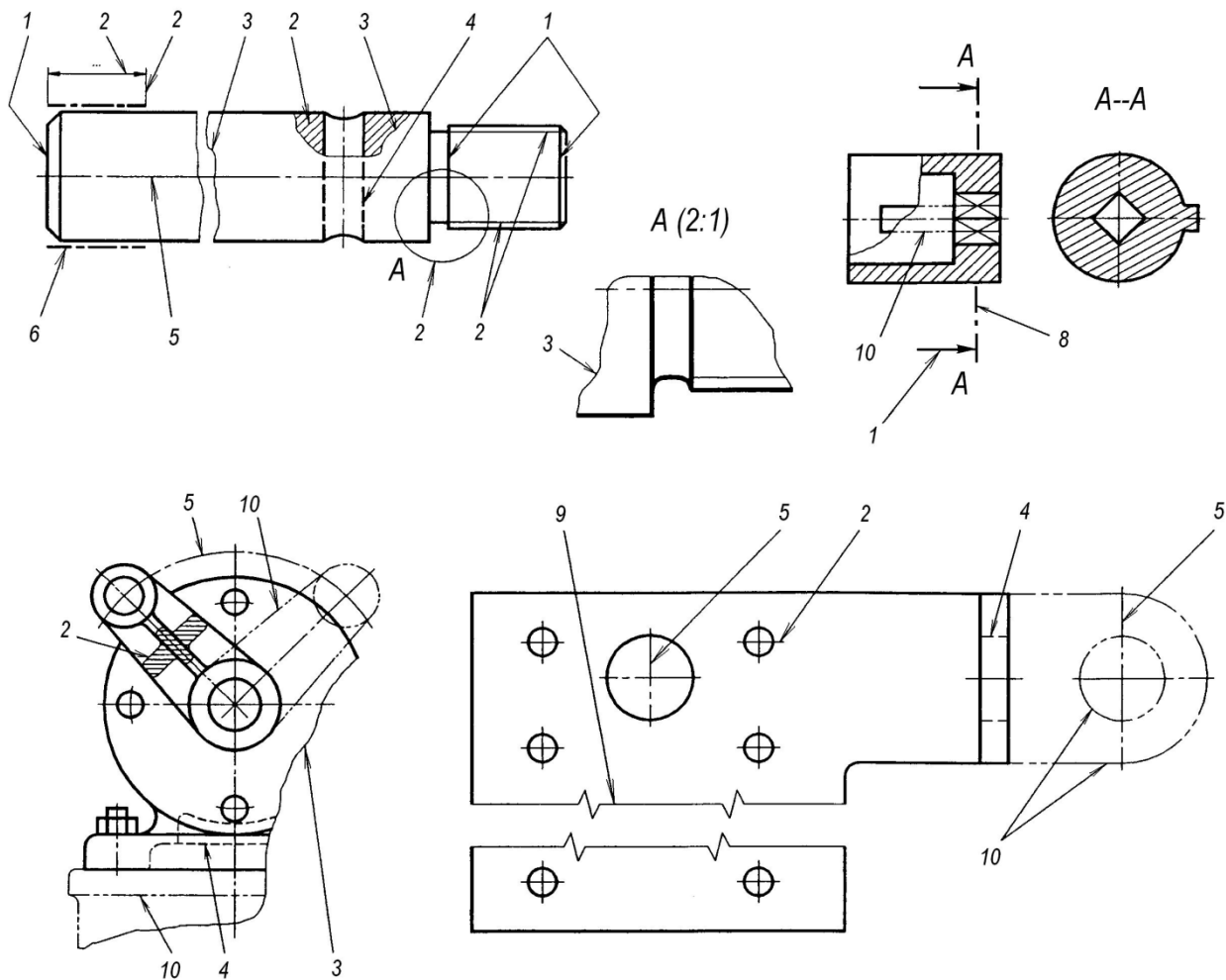
Tabel 2-1

### Joonte liigid ja kasutusala

Vastab standardile ISO 128-24:1999

Nimetus	Joone näidis	Laius põhijoone $s$ suhtes	Kasutusala
1. Pidev laiioon e põhijoon		$s = 0,25...2,0$ mm Eelistatavad $s = 0,5; 0,7$ ja $0,9$ mm	Nähtavad kontuurjooned Nähtavad üleminekujooned Ristlõike kontuurid (nii välja toodud kui ka lõike koosseisu kuuluval ristlõikel) Lõigete ja ristlõigete noolte jooned
2. Pidev kitsasjoon		$s/2$	Vaate peale joonestatud ristlõike kontuurid Distant- ja mõõtejooned Viirusjooned Viitejooned, nende riiulid ja pealkirjade jooned Lühikesed tsentrijooned Välja toodud elementide eraldusjooned vaadatel, lõigetel ja ristlõigetel Paindejooned pinnalaotustel ja tasapinnalistel detailidel Kujutletavad pindade üleminekujooned <sup>1</sup>
3. Pidev vabakäejoon		$s/2$	Katkestusjooned Vaate ja lõike eraldusjooned, kui seal ei kasutata joont 5
4. Kriipsjoon		$s/2$	Varjatud kontuurjooned ja üleminekujooned
5. Kriipspunkt-kitsasjoon		$s/2$	Telg- ja tsentrijooned Vaate peale joonestatud ja välja toodud ristlõigete sümmeetriateljed
6. Kriipspunkt-laijoon		$s$	Märgistusjoon pindadele, mille kohta kehtivad erinõuded (pinnakate, terminline töötlus jne)
7. Lai kriipsjoon		$s$	Sama mis joon 4
8. Otstest ja murdekohtadest lai kriipspunktjoon		$s$	Lõikepinna kulgemist näitavad jooned
9. Murretega kitsasjoon		$s/2$	Sama mis joon 3
10. Kriipskakspunkt-kitsasjoon		$s/2$	Eseme kontuur enne painutamist Liikuvate osade teisi äärmisi asendeid näitavad jooned Lõikepinna ees olevate elementide kontuurid Piirnevate detailide kontuurid

<sup>1</sup> Pideva kitsasjoone kasutusala on laiem, kui tabelis esitatud.



Joonis 2-6. Joonte liikide kasutusnäiteid (numbritega näidatud joonte liikide kohta vt tabelit 2-1)

## 2.2. Normkiri

Joonisel kirjutatakse kogu tekst normkirjas (kindla tähekuju ja suurusega kirjas). Koolijoonistel kasutatakse ainult B-tüüpi kaldkirja (vt joonis 2-8). Kaldkiri on  $75^\circ$  kalde all horisontaali suhtes. Kirja suuruseks loetakse suurtähtede ja numbrite kõrgust millimeetrites. Koolijoonistel sobivad kirjad on suurusega 3,5; 5 ja 7 mm.

Pliatsijoonistele normkiri kirjutatakse, mitte ei joonestata joonestusvahenditega. Kirja joone laius on  $1/10$  kirja kõrgusest (s.o  $h/10$ ). Kirjutamiseks sobivad pliiatsid kõvadusega F või HB. Kirja kirjutamise hõlbustamiseks tõmmatakse peente vaevunähtavate joontega (sobivam aga nõela teravikuga)



Joonis 2-7. Normkirja kirjutamine

kirja ridade alusjooned ja tähtede kõrgusjooned ning väiketähtede üla- ja alapikendusjooned, suuremate vahedega ka kirja kaldejooned, nagu on näidatud joonisel 2-7.



Joonis 2-8. Normkirja B-tüüpi kaldkiri SolidEdge ISO Italic

### 2.3. Materjalide kujutamine

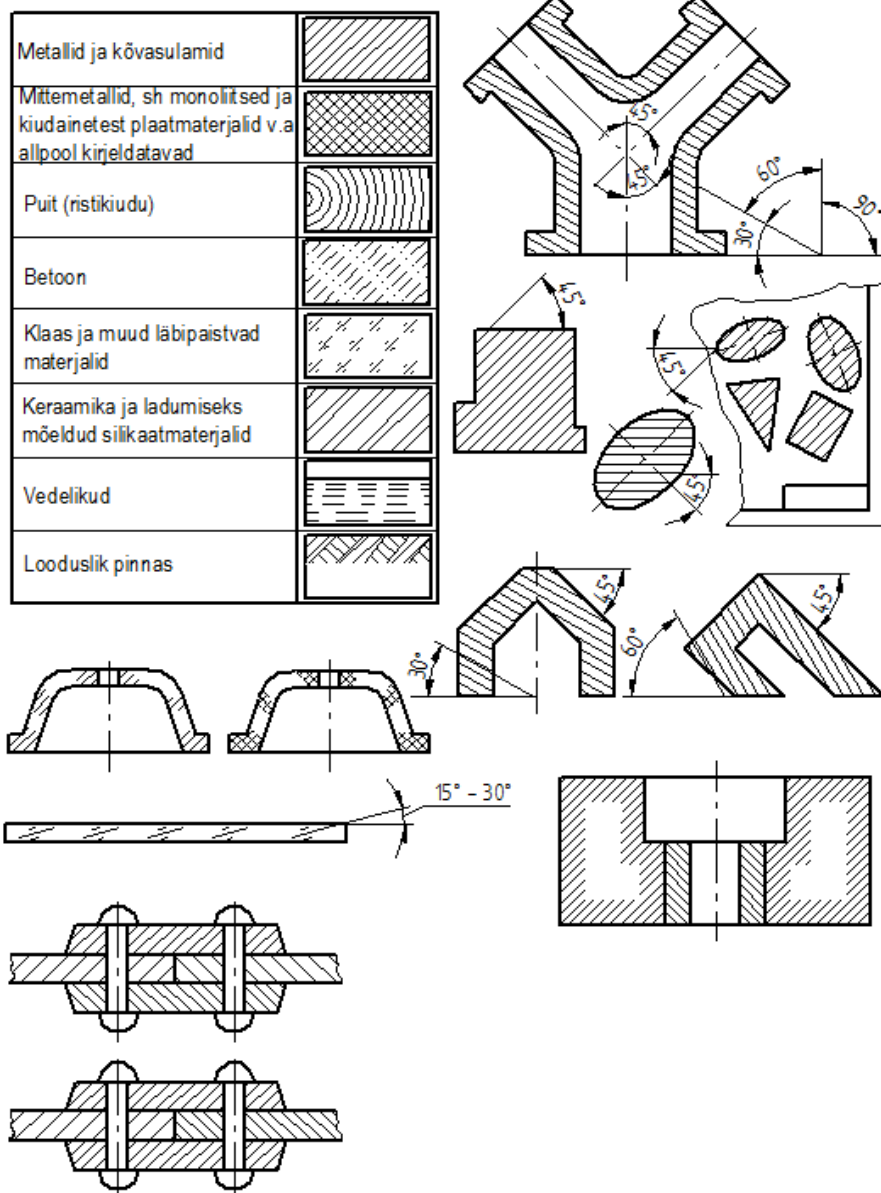
Materjalide eristamiseks tehnilistel joonistel kasutatakse erinevaid lõikepinna viirutusi. Pindade viirutustingimused vastavad standardile ISO 128-50:2001. Paralleelsed viirutusjooned tõmmatakse joonise raamjoone suhtes kaldega 45° (kas paremale või vasakule). Kui aga viirutusjoonte kalle ühtib kontuur- või telgjoonte suunaga, siis tuleb selleks kaldenurgaks valida 30° või 60°. Viirutusjoonte vahekaugus võib olla 1...10 mm olenevalt viirutatava pinna suurusest, kuid joonisel asetsev sama detaili viirutus peab olema kõikidel kujutistel ühesuunaline ning sarnase tiheduse ja viirutusjoonte laiussega. Erinevate materjalide viirutusnäited on esitatud joonisel 2-9.

Koolijoonistel, kus on tegemist tavaliselt keskmise suurusega lõikepindadega, võib viirutusjoonte vahekaugus olla 1,5...3 mm. Viirutusjoonteks on kitsasjooned laiussega  $s/2$  (0,25...0,35 mm). Viirutusjooned on sama tumedad kui kontuurjooned. Pliiatsijooniste puhul on viirutamiseks sobiv pliiatsi kõvadus H või 2H. Selline pliiats on veidi kõvem, kui on vaja kontuurjoonte tõmbamiseks.

Suurte pindade viirutamisel lubatakse kogu pinda mitte viirutada, viirutus tehakse ühtlaselt laia vööna mööda kontuuride servi (vt joonis 2-9). Lõigetel, kus mitu detaili puutuvad omavahel kokku, eristatakse kokkupuutuvaid detaile erisuunalise viirutusega või muudetakse selle tihedust.

Kitsaid ja pikki lõikepindu, kus joonisel on lõikepinna joonte vahe 2...4 mm, ei viirutata täies ulatuses. Viirutatakse vaid lühikeste lõikudena detaili otstest, avade servadest ja vahepeal lühikeste lõikudena veel mitmest kohast (vt joonis 2-9).

### Materjalide viirutused



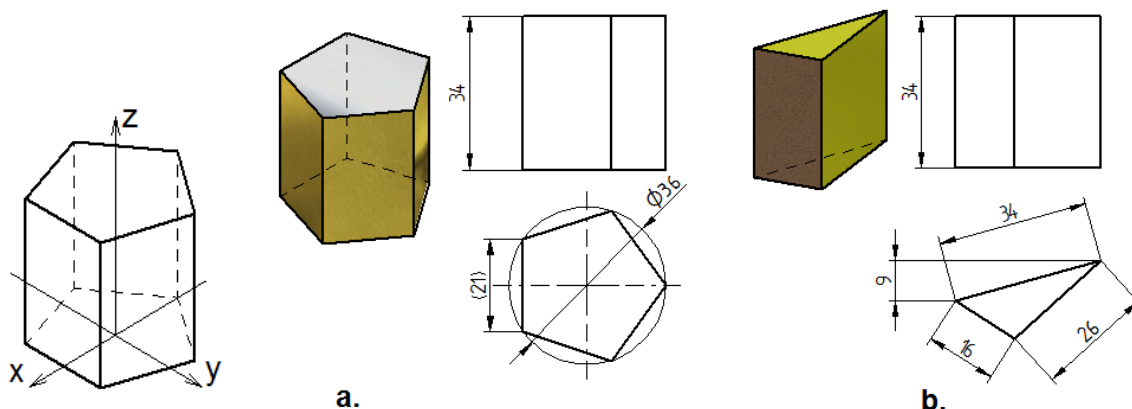
Joonis 2-9. Materjalide viirutuse näiteid joonistel

### 3. GEOMEETRILISED KEHAD

Detailidest jooniste valmistamiseks ja nende mõõtmestamiseks on vaja tunda lihtsaid geomeetrisi kehi, millest detail on kombineeritud. Need on mitmesuguse kujuga tahukad, nt prismad ja püramiidid (vt joonised 3-1 kuni 3-3), ning pöördkehad, nt silindrid, koonused, kerad, rõngad (vt joonised 3-4 kuni 3-7).

**PRISMA** on hulktahukas, mille kaks tahku (põhjatahud) on teineteise paralleelprojektsioonid (vastavalt paralleelsete ja võrdsete külgedega hulknurgad), ülejäänud külgtahud on aga rööpkülilikud (vt joonis 3-1).

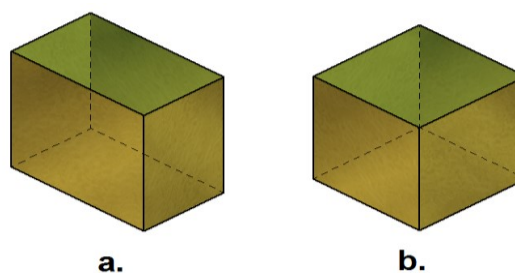
Prismad võivad olla **püst-** ja **kaldprismad**. Püstprisma külgtahud on kõik ristkülikud ja külgservad on risti põhjatahkudega. Kaldprisma külgservad aga ei ole risti põhjatahkudega. Püstprisma on **korrapärase**, kui tema põhjadeks on korrapäraseid (võrdsete külgede ja võrdsete nurkadega) hulknurgad (vt joonis 3-1a). Püstprisma on **ebakorrapärase**, kui põhjadeks on erinevate küljepikkustega hulknurgad (vt joonis 3-1b).



Joonis 3-1. Prisma: a – korrapärase viisnurkne püstprisma ja selle aksonomeetiline kujutis; b – ebakorrapärase kolmnurkne püstprisma

Püstprismat, mille põhi on ristkülik, nimetatakse **risttahukaks** (vt joonis 3-2a). Seega on risttahuka kõik kuus tahku ristkülikud.

Kui risttahuka kõik tahud on ruudud, on see tahukas **kuup**.



Joonis 3-2. Prisma: a – risttahukas; b – kuup

**PÜRAMIID** on tahukas, mille üks põhi on hulknurkne tahk ja teine põhi on kidunud tipuks, külgtahud aga on kõik ühise tipuga kolmnurgad (vt joonis 3-3).

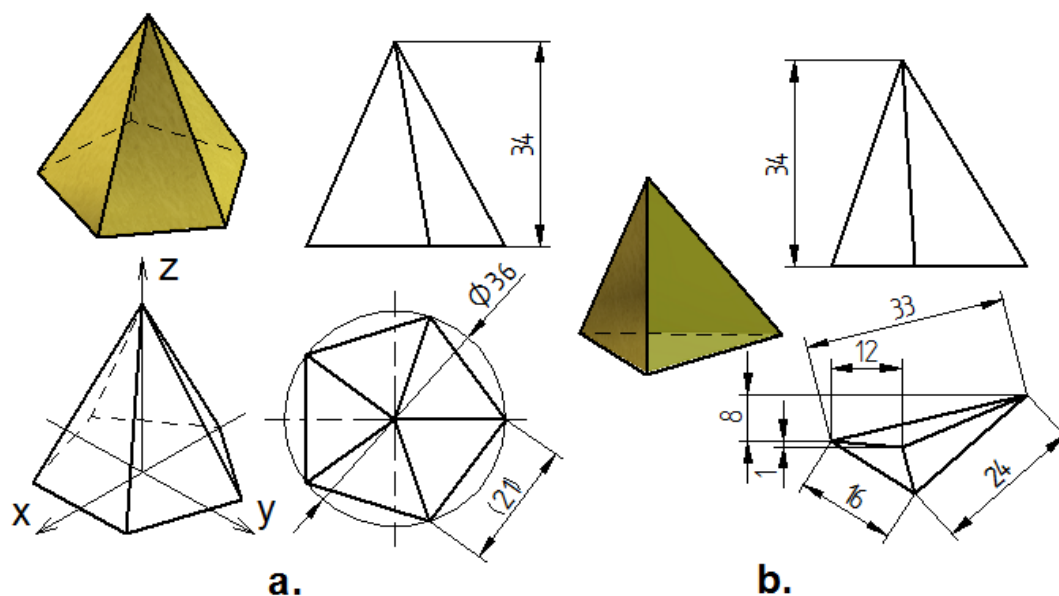
Püramiidid võivad olla **püstised** ja **kaldpüramiidid**, **korrapäraseid** (vt joonis 3-3a) ja **ebakorrapäraseid** (vt joonis 3-3b). Korrapärasel püramiidil on korrapärase hulknurgaga põhi, kõik külgservad on võrdsed ja kõik külgtahud ühesugused võrdhaarsed kolmnurgad (vt joonis 3-3a).

Põhjaservade arvu järgi on püramiidid kolm-, nelinurksed jne, nende põhi on vastavalt kolm-, nelinurkne jne.

Korrapärasest kolmnurkset püramiidi, mille kõik neli tahku on ühesugused võrdkülgseid kolmnurgad, nimetatakse **tetraeedriks**.



**Ebakorrapärase** püramiidi põhi ei ole korrapärane hulknurk ja selle tahuka külgtahud on erineva suurusega kolmnurgad (vt joonis 3-3b).

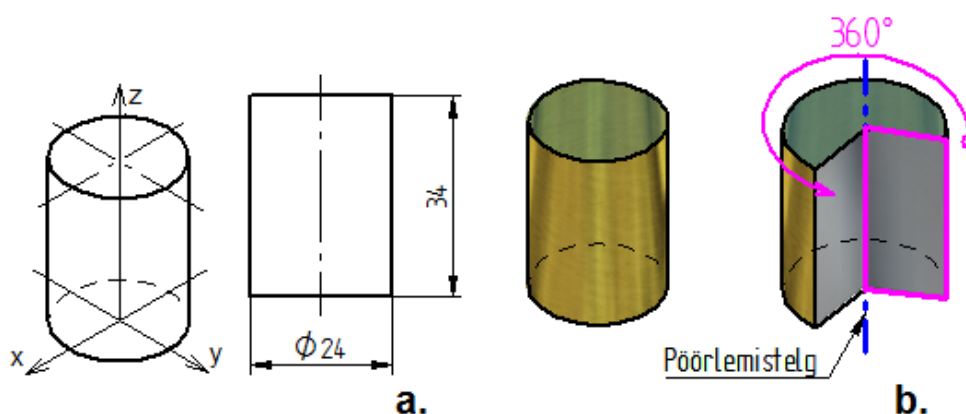


Joonis 3-3. Püramiid: a – korrapärane viisnurkne püramiid ja selle aksonomeetriline kujutis; b – ebakorrapärane kolmnurkne püramiid

**SILINDER** on pöördekeha, mis tekib tasapinnalise ristkülikukujulise pinna pöörlemisel ümber ristküliku ühe külje (vt joonis 3-4b). Ristküliku serv, mille ümber ristkülik pöörleb, on **silindri telg**, teljega paralleelne ristküliku vastaskülg on **silindri moodustaja** ning ristküliku otsakülg **silindri raadius**.

Silindri moodustaja tekitab pöörlemisel **silindri külgpinna**, ristküliku otsaservade (raadiuste) pöörlemisel tekivad **silindri ringjoonelised põhjad** (vt joonis 3-4). Põhjadevaheline kaugus on **silindri kõrgus**.

Silindrid võivad olla **püstsilindrid**, kus moodustajad on põhjadega risti (vt joonis 3-4), ja **kaldsilindrid**, kus moodustajad on põhjadega kaldu.



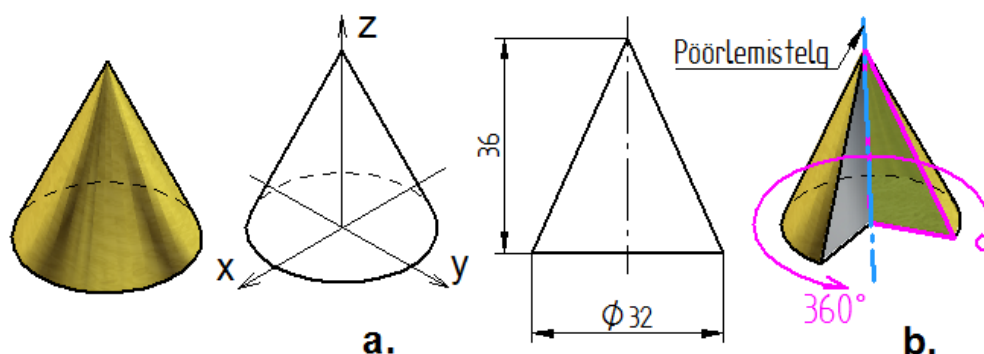
Joonis 3-4. Silinder: a – silinder ja selle aksonomeetriline kujutis; b – silindri saamine

**KOONUS** on pöördekeha, mis tekib täisnurkse kolmnurga pöörlemisel ümber ühe oma kaateti (vt joonis 3-5). Kaatet, mille ümber kolmnurk pöörleb, on **koonuse teljeks**, kolmnurga hüpotenuus aga **koonuse moodustajaks**, mis pöörlemisel ümber telje tekitab **koonuse** koonilise **külgpinna**. Kolmnurga teine kaatet tekitab pöörlemisel



**koonuse põhja**, mille raadiuseks on kaateti pikkus. Koonuse põhja vastas on **koonuse tipp**.

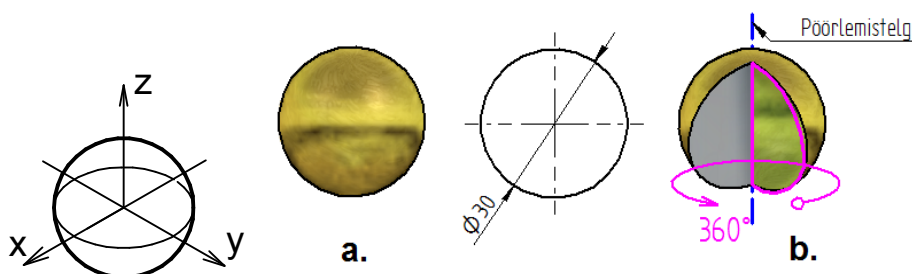
Koonused võivad olla **püst-** või **kaldkoonused**. Püstkoonusel langeb koonuse tipu ristprojektsioon koonuse põhja tsentrisse (vt joonis 3-5).



Joonis 3-5. Koonus: a – koonus ja selle aksonomeetriline kujutis; b – koonuse saamine

**KERA** on pöördkeha, mis tekib poolringikujulise pinna pöörlemisel ümber oma diameetri (vt joonis 3-6b). Pinnatüki ringjoon tekitab pöörlemisel **kera pinna** e **sfääri**. Sfääri iga punkt asub kera (või sfääri) tsentrist konstantsel kaugusel, **sfääri raadiuse** kaugusel. Sfääri punktide vahelist kaugust, mis läbib kera tsentrit, nimetatakse **kera diameetriks** (vt joonis 3-6).

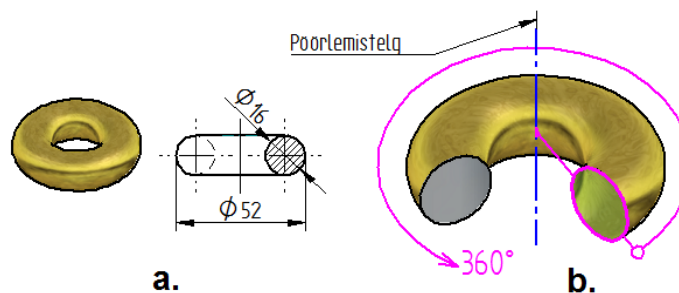
Kera iga ristprojektsioon ükskõik millisele ekraanile on ühesuurune ringjoon raadiusega, mis on võrdne kera raadiusega, ristsomeetriline kujutis aga ring raadiusega 1,22 kera raadiust ( $R = 1,22r$ ).



Joonis 3-6. Kera: a – kera ja selle aksonomeetriline kujutis; b – kera saamine

**RÕNGAS** e **TOOR** on pöördkeha, mis tekib ringikujulise pinnatüki pöörlemisel ümber mingi telje (vt joonis 3-7b).

Ümber telje pöörlev ringjoon tekitab **rõngaspinna** e pinna, mis ümbritseb seda rõngast. Ringjoon on selle **rõngaspinna moodustaja** (vt joonis 3-7).



Joonis 3-7. Rõngas e toor: a – rõnga piltkujutis ja selle joonis; b – rõnga e toori saamine

## 4. KUJUTISED

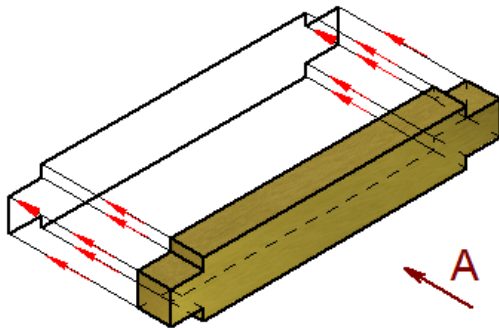
### 4.1. Kujutised. Vaated

Oluline osa tehnilisest informatsioonist mis tahes objektide kohta joonisel esitatakse vaadete abil. **Vaade** on kujutis vaateleja poole pööratud objekti pinnast. **Järgnevalt vaadeldakse ristprojektsiooni e vaadet ühele ekraanile.** Jooniseid on vaja selleks, et nende järgi oleks võimalik valmistada objekte, detaile, ehitisi. Seetõttu peab joonis vastama kindlatele nõuetele.

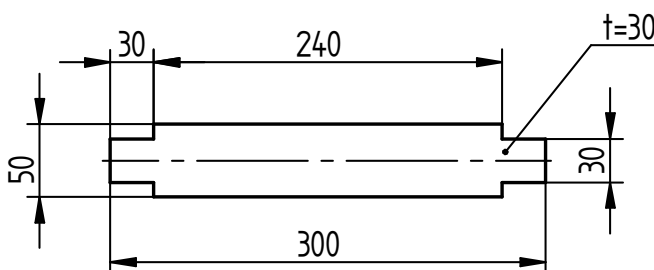
1. Joonis peab üheselt määrama objekti geomeetria, mõõtmed ja asendi ruumis.
2. Esemeliseloomustamiseks peab kujutiste arv olema minimaalne, kuid piisav tema täielikuks määramiseks (kirjeldamiseks). Joonis loetakse valeks nii kujutiste vähese kui ka nende liigse arvu korral.

Eelnimetatud nõudeid on kõige otstarbekam täita, kui kujutised teha ristprojektsioonide teel. Sel juhul projekteeruvad kõik objekti pinnad, mis on paralleelsed projektsioonipindade e ekraanidega, ilma moonutusteta oma tegelikus kujus ja mõõtudes.

Lihtsaim variant on ristprojektsioon ühele ekraanile. Selleks sobib ühtlase paksusega detail või objekt, mille kogu geomeetria ja mõõtmeid on võimalik kirjeldada ühel kujutisel. Siin on valitud näiteks järi traavers (vt joonis 4-1).



Joonis 4-1. Detaili ristsomeetrilisest kujutisest



Joonis 4-2. Ülaltoodud lihtsustatud joonise järgi on võimalik seda detaili kooli õppetöökogas

enam iseloomustav vaate suund. Siin on valitud selleks suund **a** (vt joonis 4-3). Sedasi

Esmalt paigutatakse detail paralleelselt projektsioonipinnaga ning läbi objekti servade lõikepunktide pannakse projekteerivad kiired risti ekraaniga (vt joonis 4-1). Seejärel projekteeritakse need punktid joonise pinnale, tulemusena saadakse pinna projektsioon joonisel e vaade. Lisatakse vajalikud sümmeetriateljed ja mõõtmed.

Joonisel 4-2 toodud kujutisel on detaili **geomeetria üheselt määratud ja** erinevate osade mõõtmed on täielikult kirjeldatud. Suurema partii korral on ülaltoodud joonise järgi võimalik seda detaili valmistada nii, et kõik detailid oleksid ühesugused.

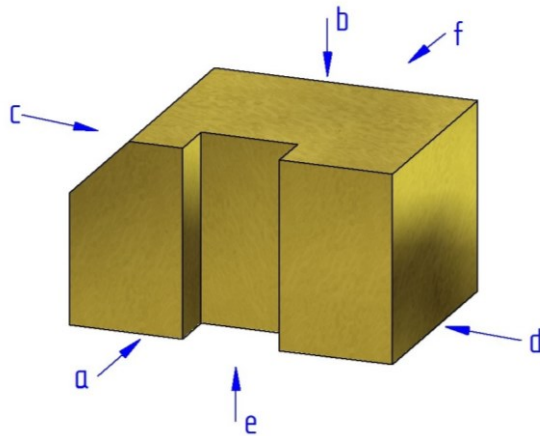
Olgu meil mingi objekt (vt joonis 4-3). Järgnevalt vaadatakse, kuidas seda objekti kujutatakse joonisel. Selle detaili kujust ja mõõtmetest arusaamiseks ei piisa tema projektsioonist ühel ekraanil (ühest vaatest). **Peavaateks e eestvaateks** tuleb valida selle detaili kuju kõige

saadakse detaili ristprojektsioon ekraanil (a), mida nimetatakse **peakujutiseks e peavaateks e eestvaateks** (vt joonis 4-4). Mudeli esiküljel oleva soone kuju ja suuruse näitamiseks ülemisel pinnal tuleb detail projekteerida põhiekraanile, **vaate b suunas** (vt joonis 4-3). Nii saadakse detaili **pealtvaade** (vt joonis 4-4). Detaili laiuse kujutamiseks ja soone põhja kuju näitamiseks on vaja vaadata detaili külgekraani suunas, **suunas c** (vt joonis 4-3). Nii saadakse **vasakultvaade** (vt joonis 4-4).

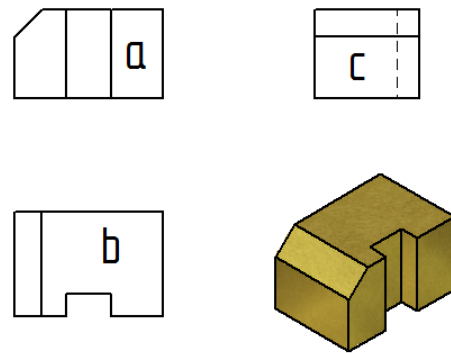
Üldjuhul piisab masinaehituslike jooniste puhul kolmest vaatest (vt joonis 4-4):

- **eestvaade e peavaade,**
- **pealtvaade,**
- **vasakultvaade.**

Keerulisema kujuga detailide jooniste tegemisel aga ei piisa kolmest vaatest. Sellisel juhul võetakse kasutusele kinnise kuubikujulise ruumi kõik kuus pinda, millele projekteeritakse detail. Selleks vaadatakse detaili kõikide ruumi pindade suunas (vt joonis 4-3), laotatakse detaili pind laiali ühele tasapinnale (esiekraani pinnale) ja saadakse detaili **kuus põhilist vaadet**.



Joonis 4-3. Põhiliste vaadete suunad (ruumi kuuest suunast)



Ristisomeetria

Joonis 4-4. Kolme põhilise vaate paiknemine jooniseväljal esimese ruuminurga projektsiooni meetodil: a – eestvaade e **peavaade**; b – pealtvaade; c – vasakultvaade; aksonomeetriline kujutis (isomeetria)

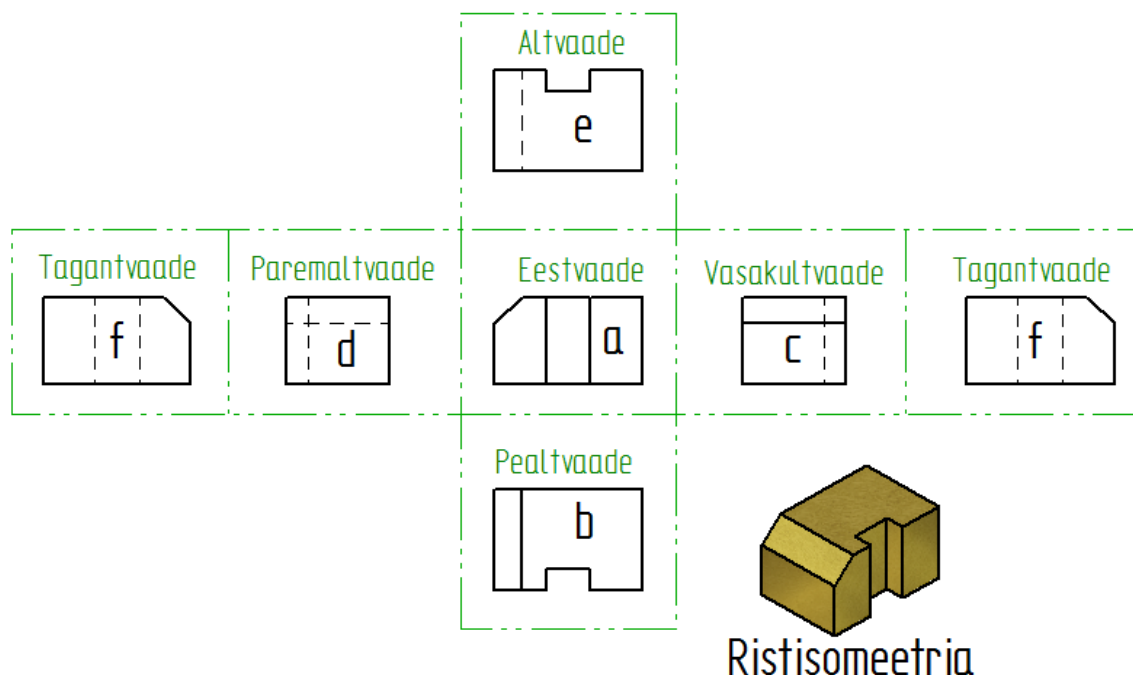
**PÕHILISED VAATED** on kõik projektsioonilises seoses olevad vaated, mis on projekteeritud kõigile kuuetele ruumi ekraanile e projektsioonipinnale, ekraanide piirjooni aga ei joonestata ja need on järgmised (vt joonised 4-3 ja 4-5):

- vaade **a** suunas – **eestvaade e peavaade,**
- vaade **b** suunas – **pealtvaade,**
- vaade **c** suunas – **vasakultvaade,**
- vaade **d** suunas – **paremaltvaade,**
- vaade **e** suunas – **altvaade,**
- vaade **f** suunas – **tagantvaade.**

Vaadet paigutatakse joonisele peakujutise asukoha keskselt. Peakujutiseks valitakse alati objekti kuju kõige paremini iseloomustav vaade. Põhilistest vaadetest on selleks eestvaade (kujutis, mis projekteeritakse esiekraanile). Tagantvaade võib paikneda sealjuures kas paremal või vasakul servas (vt joonis 4-5).

**Põhilisi vaateid ei tähistata lähtekujutise juures ega pealkirjastata, kui kujutised paiknevad projektsioonilises seoses ja nende vahel ei ole muud informatsiooni kui mõõtjooned ja -arvud.**

Kui joonised genereeritakse kolmemõõtmelistest mudelitest, siis on otstarbekas lisaks ristprojektsioonidele lisada ka detaili aksonomeetriline kujutis, mis soodustab joonise lugemist ja joonise järgi detaili valmistamist ning arendab ruumikujutlusvõimet.



Joonis 4-5. Põhiliste vaadete paiknemine jooniseväljal esimese ruuminurga projektsioonimeetodil:  
 a – eestvaade e **peavaade**; b – pealtvaade; c – vasakultvaade; d – paremltvaade;  
 e – altvaade; f – tagantvaade ja isomeetriline kujutis (isomeetria)

## 4.2. Kujutised. Lõiked, lihtlõige

Sisemiste avade ja õõnsustega detaile ei ole võimalik ainult vaadetega määratleda. Selliste objektide sisemise ehituse kirjeldamiseks kasutatakse tehnilises joonestamises erinevaid lõikeid.

**LÕIGE on kujutis, mis saadakse objekti mõttelisel lõikamisel ühe tasapinnaga või mitme omavahel paralleelse astmelise või nurga all asetseva tasapinnaga, kusjuures lõikes näidatakse seda, mis jääb lõikepinnale ja sellest tahapoole.**

Lõikepindade arvu järgi jagatakse lõiked:

- lihtlõiked (lõiked ühe tasapinnaga);
- liitlõiked (lõiked mitme tasapinnaga).

**LIHTLÕIGE on kujutis, mis saadakse objekti lõikamisel ühe mõttelise tasapinnaga.**

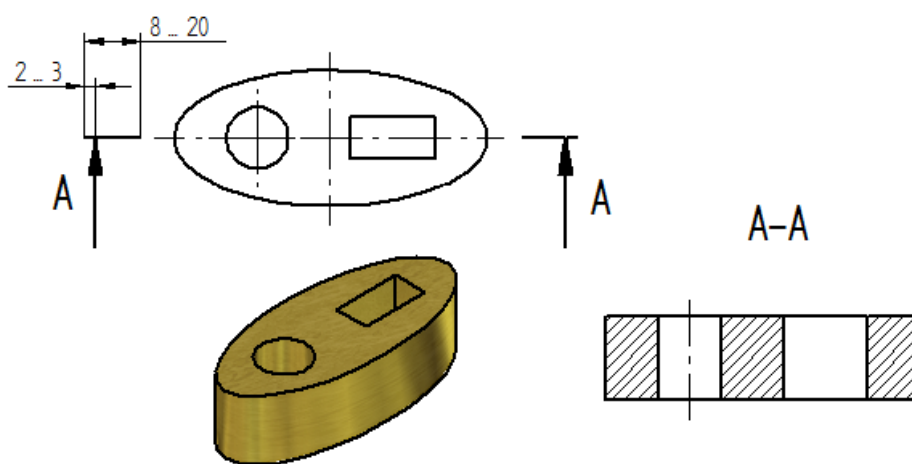
Lõike kujutisel see osa objektist, mis jääb lõikepinna peale, üldjuhul viirutatakse. Objekti see osa, mis jääb lõikepinna taha, kujutatakse aga vaates (ei viirutata). **Lõige tehakse selleks, et muuta nähtavaks (kujutada) objekti sisemine ehitus** (vt joonised 4-6 ja 4-7).

**Üldjuhul lõiked tähistatakse ja pealkirjastatakse** (vt joonis 4-6). Lähtekujutise juures näidatakse lõikepinna kulgemist üldjuhul kriipspunkt-kitsasjoontega, mis on otstest

laiemad (võrdne või üks aste laiem kontuurjoone laiuusest). Nende laiade joonte pikkus on 8...20 mm. Otstest toetuvad nende vastu projekteerimise suunda näitavad sama laiad nooled, mis on välistest otstest 2...3 mm kaugusel ja nendega risti. Kummagi noole juurde kirjutatakse tähestiku algusest võetud suurtähed, mis peavad olema joonisel paiknevast muust tekstis vähemalt ühe ühiku võrra suuremas kirjas (soovitatavalt tähekõrgusega 7 mm). Tähed kirjutatakse mõlema noole juurde samasse kohta (vt joonis 4-6), kuid **mitte noolest sissepoole. Samad sidekriipsuga eraldatud tähed kirjutatakse lõike kujutise kohale või selle juurde.**

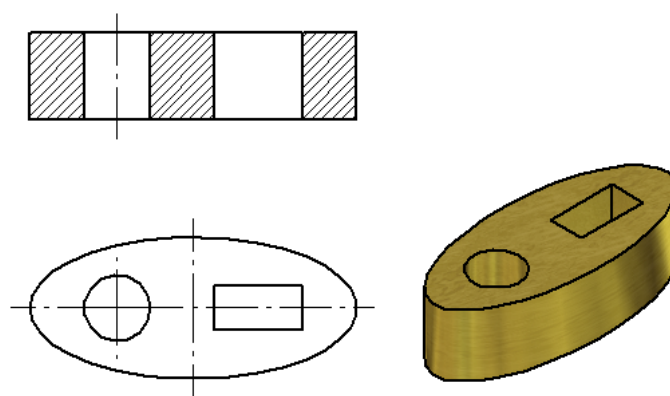
Sõltumata sellest, mis asendis on laiad kriipsud ja nende vastu toetuvad lõike projeksiooni suunda näitavad nooled, kirjutatakse tähed alati vertikaalselt nurgatabeli suhtes (vt joonised 4-12, 4-13).

**Mõtteliselt lõigatud detaili materjalipinnad viirutatakse** (vt joonised 4-6 ja 4-7).



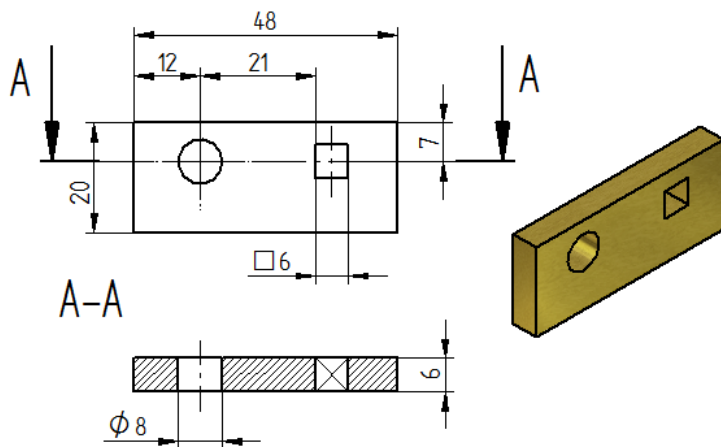
Joonis 4-6. Lõiketasapinna tähistamine lähtekujutise juures ning lõike pealkirjastamine (tähekõrgus on vähemalt ühe ühiku võrra suurem kui mõõtarmud)

Kui detail on mõne telje suhtes sümmeetriline ja lõikepinna asend üheselt määratav (läbib sümmeetriatasapinda) ning kujutised paiknevad projeksioonilises seoses, siis lõiget ei pealkirjastata ega tähistata lähtekujutise juures, kui kujutiste vahel ei ole muud informatsiooni peale mõõtmete (vt joonised 4-7 ja 4-10). Vastasel korral tuleb lõikepind tähistada lähtekujutise juures ja lõige pealkirjastada (vt joonis 4-9).

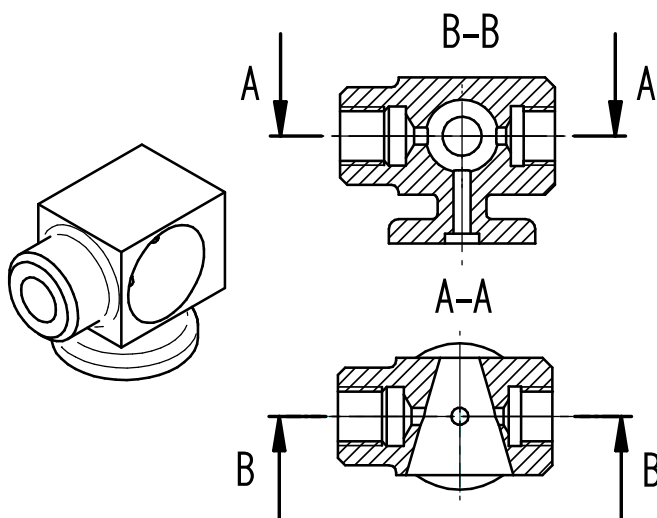


Joonis 4-7. Lõikepind läbib detaili sümmeetriatelge ja lõikekujutis on projeksioonilises seoses

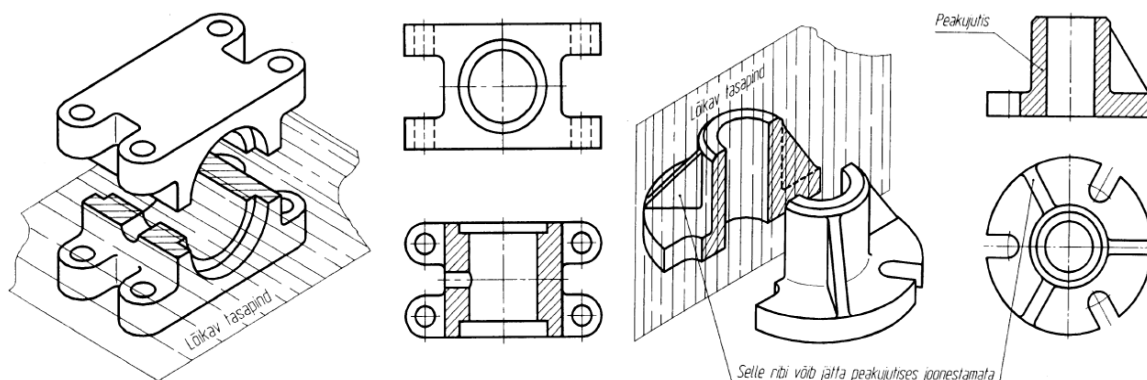
Kui detailil ei ole sümmeetriatelge, siis tuleb lõikepinda näidata, olenemata sellest, kas lõikekujutis on lähtekujutise suhtes projeksioonilises seoses või mitte (vt joonised 4-8 ja 4-9). Lõikepinna tähised ja lõikekujutise pealkirja võib jätta märkimata, kui kujutised on omavahel projeksioonilises seoses ja kujutiste vahel ei ole muud informatsiooni peale mõõtmete.



Joonis 4-8. Lõikepinna näitamine, tähistamine ja lõikekujutise pealkirjastamine ebasümmeetrilise detaili korral



Joonis 4-9. Näide lihtlõigete kohta, kus lõiketasepind ei läbi sümmeetriasapinda (lõiketasepind tähistatakse lähtekujutise juures ja lõikekujutis pealkirjastatakse)



Joonis 4-10. Näited lõike kujunemise kohta lõiketasepindade erinevate asendite juures (isomeetriline kujutis ja selle kõrval olev lihtlõikega detaili joonis)



### 4.3. Kujutised. Lõiked, liitlõiked

**LIITLÕIKEKS** nimetatakse lõiget, mis saadakse objekti mõttelisel lõikamisel mitme tasapinnaga.

Liitlõiked jagunevad **astmelisteks** ja **murtud** lõigeteks.

**ASTMELISEL LÕIKEL** on lõikepinnad omavahel paralleelsed ja astmeliselt nihutatud.

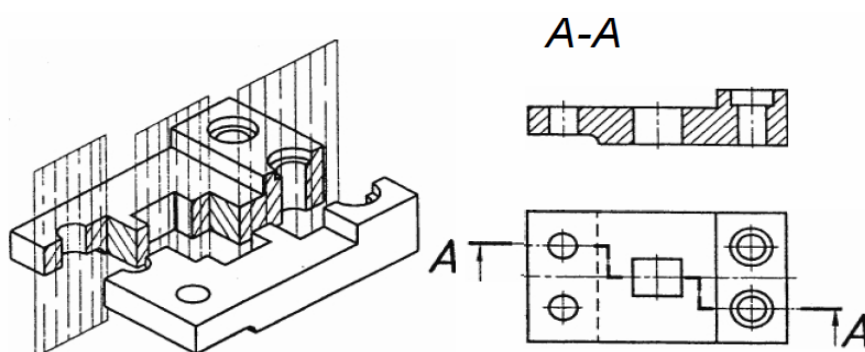
Lõike joonisel aga astmeid ei kujutata, astmete vahejooni välja ei joonestata (vt joonis 4-11).

**Astmelise lõike saamist** on selgitatud näidete abil joonistel 4-11 ja 4-12. Joonistel on detailid, millel on silindrilisi, ristkülikukujulisi ja kahe erineva läbimõõduga silindrilisi avasid. Mõlema detaili lõikekujutistel tuleks näidata kõikide nende avade sisemist ehitust. Et avad asuvad erinevatel kaugustel esiekraanist, siis ühe vertikaalse tasapinnaga neid lõigata ei saa. Joonisel 4-11 esitatud detailil tuleb kasutada kolme erinevat paralleelset tasapinda, et näidata detaili sisemist ehitust ühel lõikekujutisel A-A ilma moondata. Lähtekujutisel näidatakse lõiketasapindade kulgemine. Erinevate lõiketasapindade astmete üleminekukohad ühelt tasapinnalt teisele näidatakse laiemate kriipsudega, mis on sama laiad kui lõiketasapinna jooned (vähemalt koontuurjoone-laiune või üks aste laiem). Omavahel lubatakse lõiketasapinna erinevad astmed ühendada kriipspunkt-kitsasjoonega (vt joonised 4-11 ja 4-12).

Joonisel 4-12 esitatud detaili sisemiste avade näitamiseks piisab kahest paralleeltasapinnast. Lähtekujutisel näidatakse lõiketasapindade kulgemine, kõrval on ka detaili 3D-kujutis ja astmelise lõikega näidatud detaili sisemine ehitus.

**MURDLÕIKEL** lõikuvad mitteparalleelsed lõiketasapinnad mingi nurga all ja need asetatakse läbi detaili sümmeetriliste elementide telgjoonte.

Lõikejoonisel aga kujutatakse nurga all olevaid murdlõike pindu ühel tasapinnal olevatena, lõiketasapindade murdekohta ei kujutata ja kaldu olev pind pööratakse ümber lõiketasapindade murdejoone joonise tasapinnale.



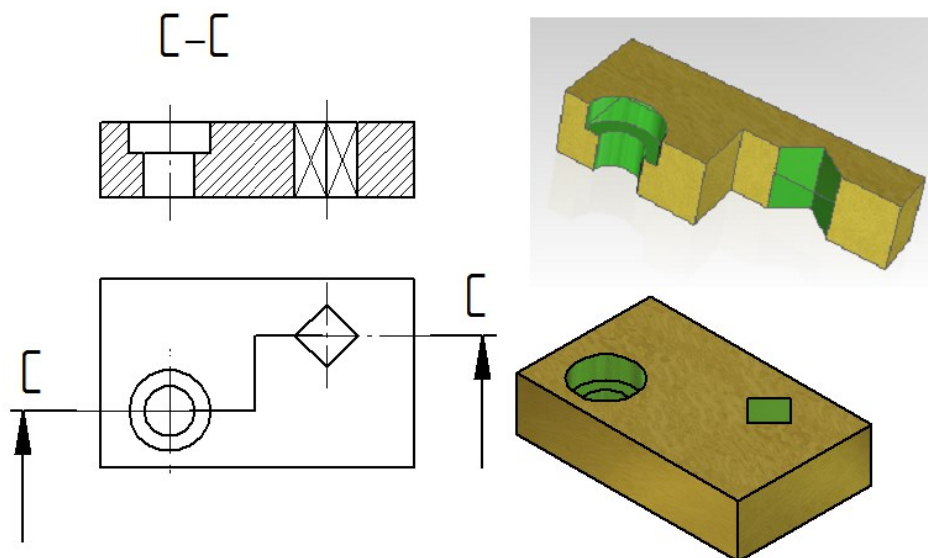
Joonis 4-11. Liitlõike kujunemine, paremal astmelise lõikega joonis

**Murdlõike saamist** selgitatakse näite abil joonisel 4-13. Joonisel 4-13a on detaili kaksvaade kujutatud ilma lõiketa. Sellisel juhul on kõik detaili elemendid vaadatel omavahel täpselt projektsioonilises seoses (k.a varjatud kontuurid). Murdlõike tegemisel on aga lõiketasapinnad omavahel mingi nurga all. Kui pöörata projektsioonipinna suhtes kaldu olev pind ühele tasandile teise lõiketasapinnaga, saadakse murdlõike kujutis A-A

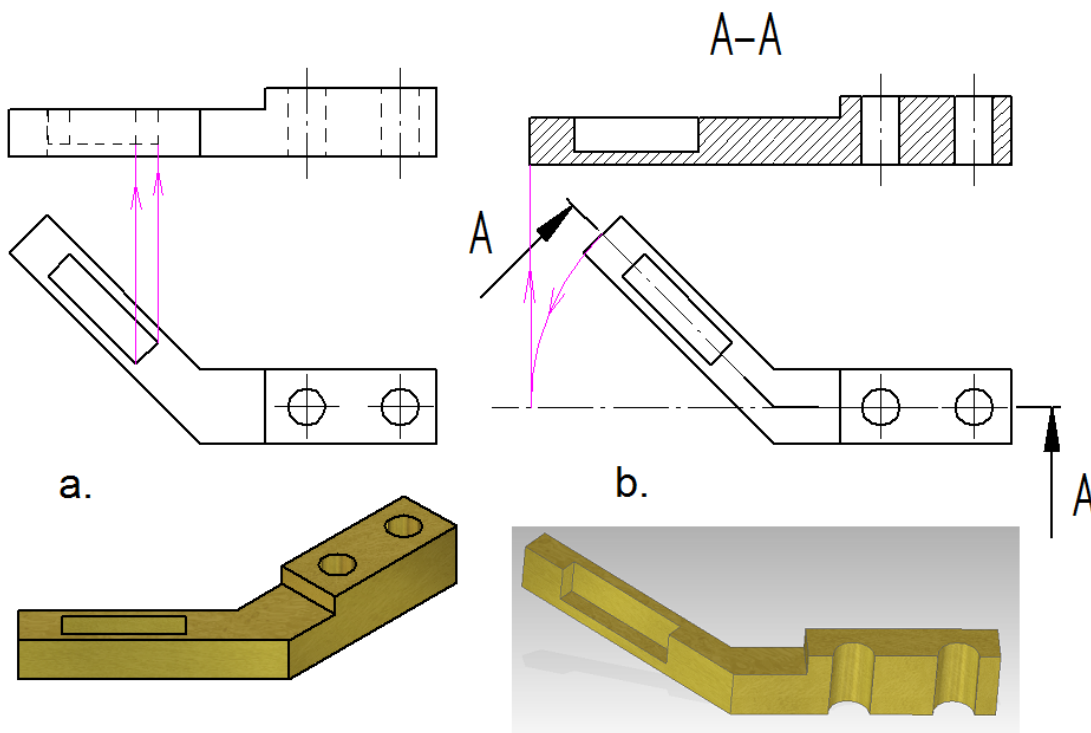
(vt joonis 4-13b). Selle tulemusena muutub lõikekujutis detaili tegelikust pikkusest pikemaks (**on moonutatud**), mistõttu ei tohi lõikekujutisele lisada objekti gabariitpikkust.

**Lõikejoonisel kujutatakse murdlõike mõlemaid pindu ühel tasapinnal olevatena.**

Olenemata murdlõike tasapindade asendist ja murdlõike suunda näitavate noolte asendist, kirjutatakse lõikepinna tähised alati nurgatabeli suhtes õiges asendis.



Joonis 4-12. Näide detailist astmelise lõike saamise kohta, vasakul detaili astmelise lõike joonis



Joonis 4-13. Murdlõike saamine: a – detaili kaksvaade ilma lõiketa (avad on näidatud varjatud kontuuriga), selle all kaksvaate 3D-mudel; b – punaste nooltega on näidatud kaldu oleva lõikepinna pööramine ühele lõiketasapinnale, allpool on sama detaili murdlõikega 3D-mudel



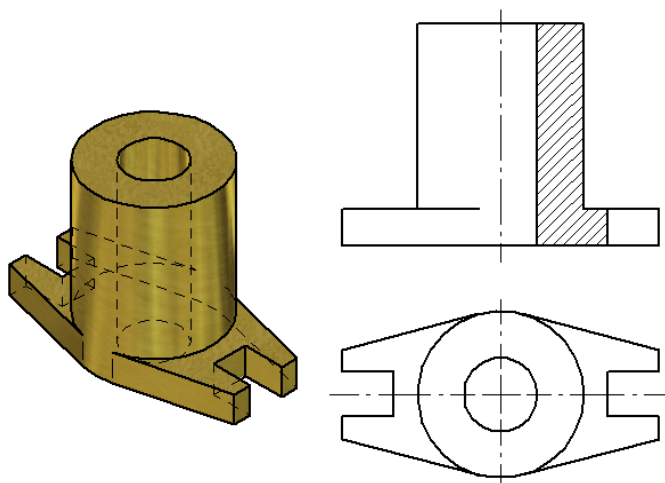
#### 4.4. Kujutised. Poolvaatlõige, kohtlõige

**Poolvaatlõige** tehakse ainult sümmeetrilistest kehadest (vt joonis 4-14) või ka kehade sümmeetrilistest elementidest. Poolvaatlõiget üldjuhul ei tähistata ega pealkirjastata.

**Poolvaatlõikel eraldatakse vaateosa lõikest telgjoonega.**

Järgnevalt selgitatakse, miks sümmeetrilisi avadega detaile kujutatakse poolvaatlõikes.

Sümmeetrilistel detailidel on nii eestvaade kui frontaallõige sümmeetriline (juhul kui lõige tehakse eestvaatel), seega võib need kaks poolt ühendada üheks kujutiseks. Sel juhul on ühel vaatel näha nii detaili sisemist kui ka välimist ehitust ja detaili ühel kujutisel saab edasi anda rohkem informatsiooni tema kuju kohta. Kujutised peavad olema projektsioonilises seoses ja nende vahel ei tohi olla muud informatsiooni peale mõõtmete (vt joonis 4-14).



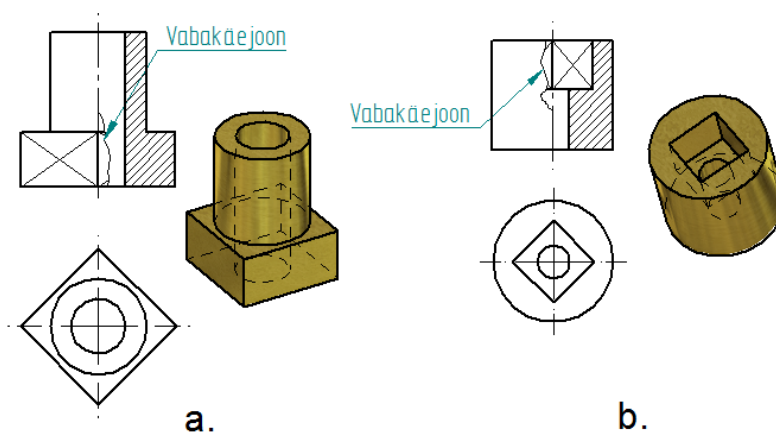
Joonis 4-14. Detaili isomeetriline kujutis ja kaksvaade, eestvaade on vormistatud poolvaatlõikena

#### Poolvaatlõigete erijuhtude

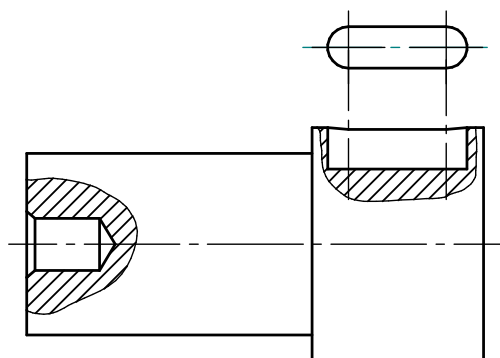
korral langeb detaili sümmeetriateljele kontuurjoon.

Sellisel juhul eraldatakse vaade lõikest kitsa vabakäejoonega, nii et kontuurjoon jääks nähtavaks. Poolvaatlõige tuleb vormistada nii, et joonisel oleks toodud selle detaili kohta võimalikult palju infot. Kui sümmeetriateljele tekib väliskontuuri tasapindade lõikejoon, siis peab see poolvaatlõikes jääma nähtavaks, vajalik osa vaate poolel eraldatakse vabakäejoonega (vt joonis 4-15a).

Kui aga sümmeetriateljele tekib sisekontuuri tasapindade lõikejoon, siis peab see poolvaatlõikes jääma nähtavaks ja vajalik osa sisemise lõike poolel eraldatakse vabakäejoonega (vt joonis 4-15b).



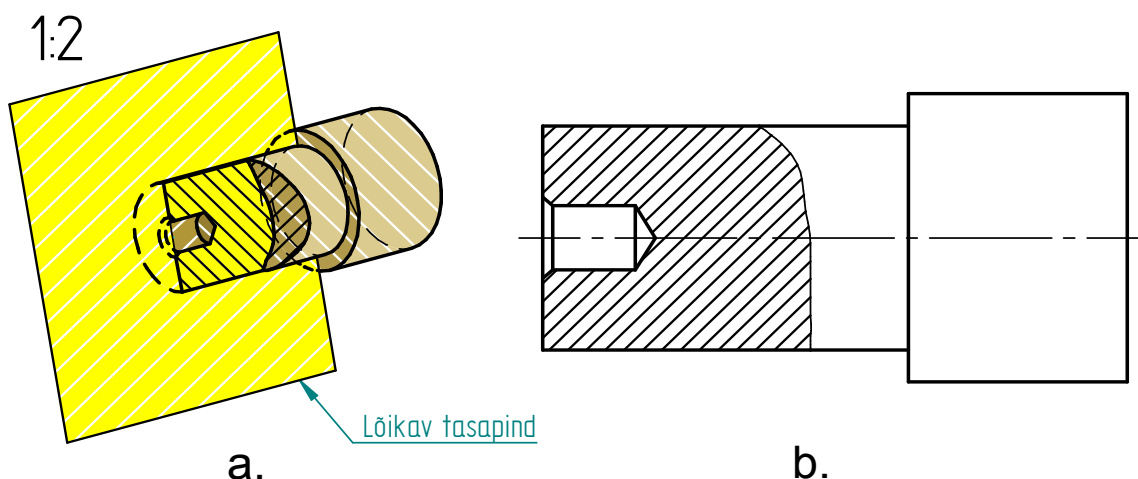
Joonis 4-15. Poolvaatlõike erijuhud: a – sümmeetriateljele tekib väliskontuuri tasapindade lõikejoon, mis peab jääma poolvaatlõikes nähtavaks, vajalik osa vaate poolel eraldatakse vabakäejoonega; b – sümmeetriateljele tekib sisekontuuri tasapindade lõikejoon, mis peab jääma poolvaatlõikes nähtavaks, vajalik osa sisemise lõike poolel eraldatakse vabakäejoonega



Joonis 4-16. Kohtlõigete vormistamise näide võlli-tüüpi detailis ja kohtvaade

**Kohtlõige** tehakse detaili piiratud osa sisemiste elementide näitamiseks ja eraldatakse vaatest kitsa vabakäejoone (vt joonis 4-16) või kitsa murdejoonega. Kohtlõike tasapinda ei tähistata lähtekujutise juures.

Kohtlõige on näidatud joonisel 4-17, kus võlli otsas olevasse tsentrisse on puuritud lühikene silindriline ava. Vaatel eraldatakse mõtteline osa materjalist kuni detaili teljeni (vt joonis 4-17a), et näidata võlli otsas olevat ava. Detaili joonise kohtlõikel (vt joonis 4-17b) on võlli otsas olev ava avatud ja lõige on vaatest eraldatud kitsa vabakäejoonega.

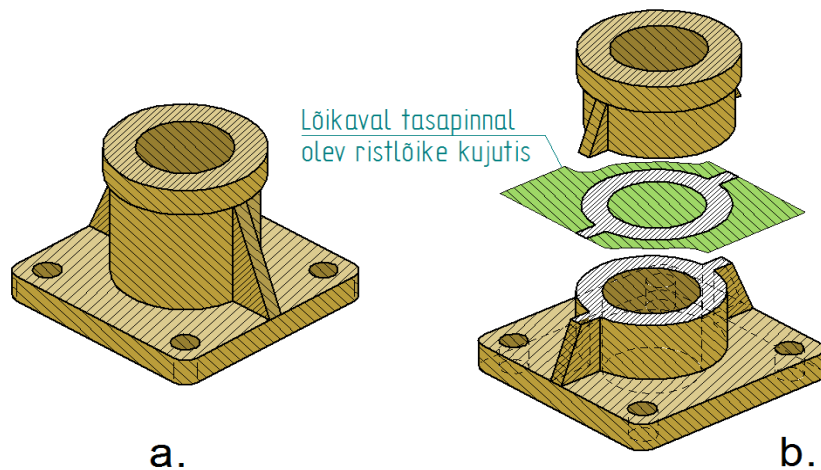


Joonis 4-17. a – võlli 3D-mudel lõigatud tasapinnaga kuni võlli teljeni, võlli otsas olev ava muutub nähtavaks; b – paremal kohtlõige ava teljeni tema kuju näitamiseks, kohtlõige on eraldatud vaatest kitsa vabakäejoonega

#### 4.5. Kujutised. Ristlõiked

Keerukama kujuga talasid või õõnsustega detaile ei ole üksnes vaadetega võimalik üheselt määrata ja sellepärast kirjeldatakse selliseid detaile ristlõigete abil, saades igas erinevas lõikekohas selle lõikepinna moondevaba kujutise (vt joonis 4-18).

**RISTLÕIGE on kujutis, mis saadakse detaili mõttelisel läbilõikamisel tasapinnaga selle detaili profiili näitamiseks.**

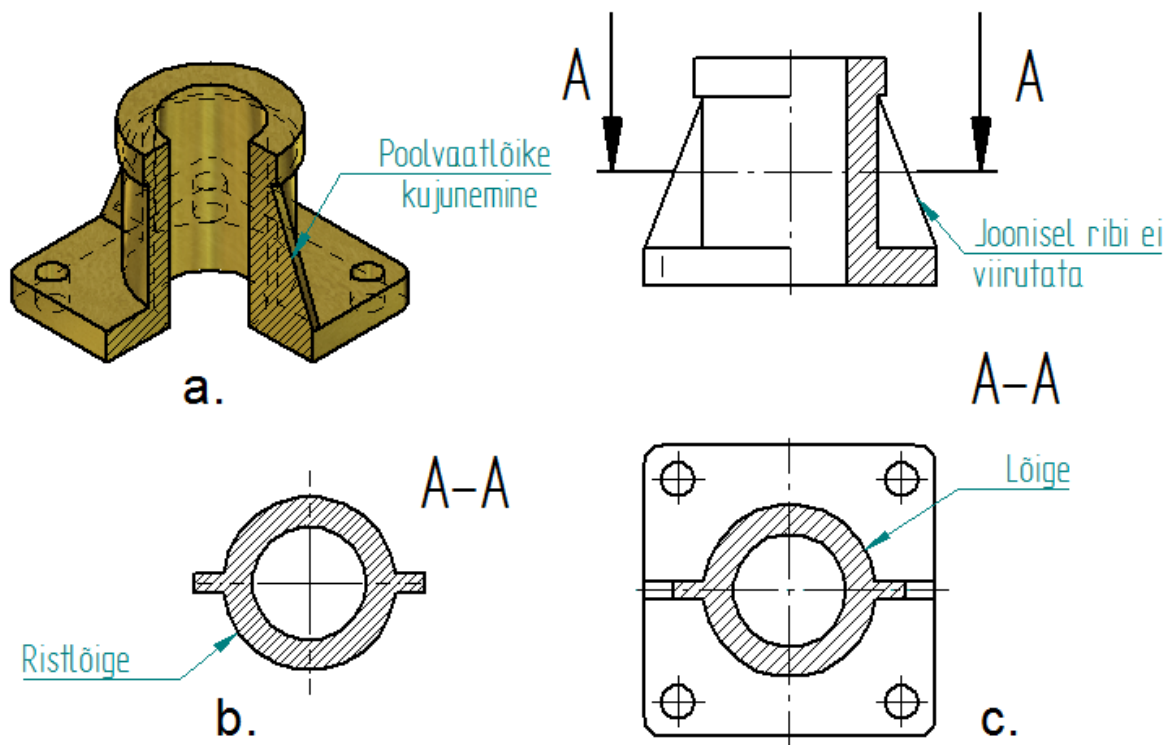


Joonis 4-18. a – ribidega detaili 3D-mudel; b – teljega ristioleva tasapinnaga lõigatud detail ja lõiketasapinnal oleva ristlõike kujutis

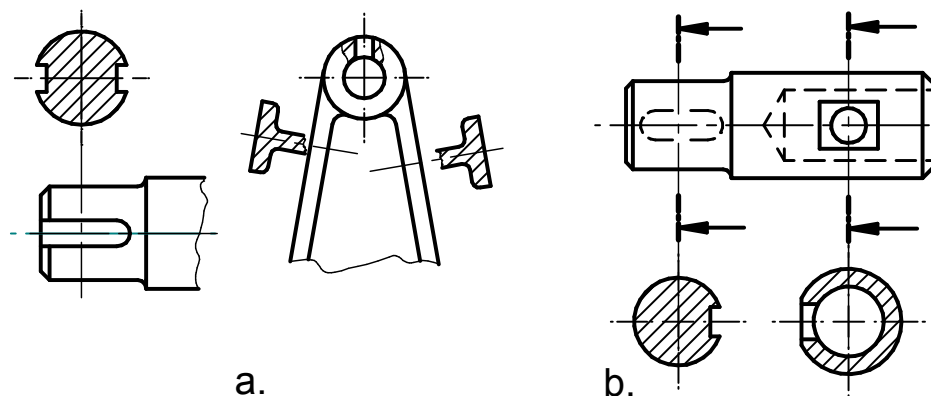
**Ristlõike joonisel kujutatakse vahetult lõikavale tasapinnale jäävaid detaili pinna elemente** (vt lõike ja ristlõike erinevusi joonisel 4-19). Ristlõige ja lõige pealkirjastatakse ühtmoodi. Joonestamisel tuleb aga jälgida järgmist: kui lõikepind läbib sellise ava või süvendi telgjoont, mis on pöördpind, siis tuleb ristlõikes kujutada ka selle lõikepinna taha vaatesse jääva pöördpinna kontuurid (vt joonis 4-20b). Kui detailis olevad avad ei ole pöördpinnad, siis ristlõikes lõikepinna taga olevaid kontuure ei kujutata. Kui selle tagajärjel tekivad aga eraldi lahusolevad pinnaosad, siis kujutatakse ristlõike asemel lõiget (vt joonis 4-23).

Ristlõike otstarbest lähtudes jagatakse ristlõiked vormistamisviisi põhjal järgmiselt:

- väljatoodud ristlõige (vt jooni 4-20);
- pealejoonestatud ristlõige (vt joonis 4-22).



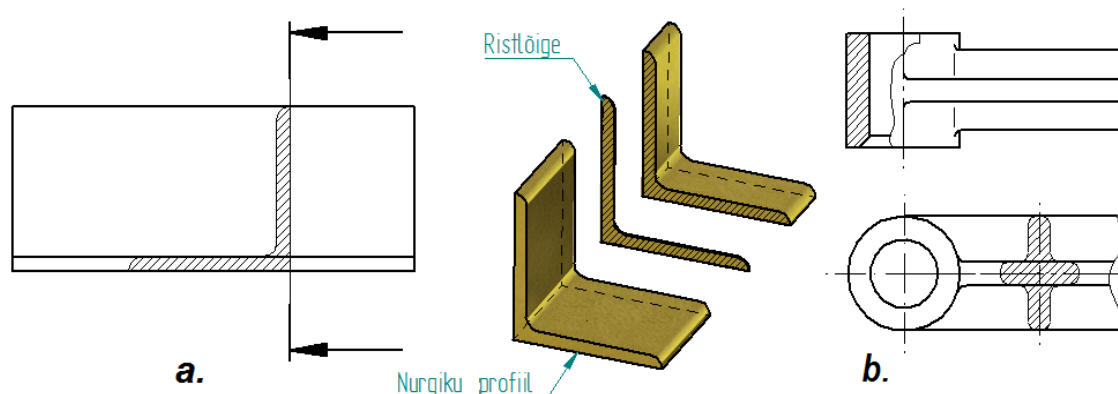
Joonis 4-19. a – ribidega detaili 3D-mudeli kujutis veerandi väljalõikega; b – ristlõike kujutis; c – detaili poolvaatlõige ja selle all projektsioonilises seoses lõike kujutis



Joonis 4-20. Väljatoodud ristlõige: a – sümmeetriline ristlõige (sooned võlli kaelal mõlemal poolel ja kronsteini sümmeetriline profiil); b – ebasümmeetriline ristlõige (liistusoon ja sisselõige võllis olevasse avasse on ainult võlli ühel küljel), näidatud on lõikepind ja ristlõike vaatamise suund

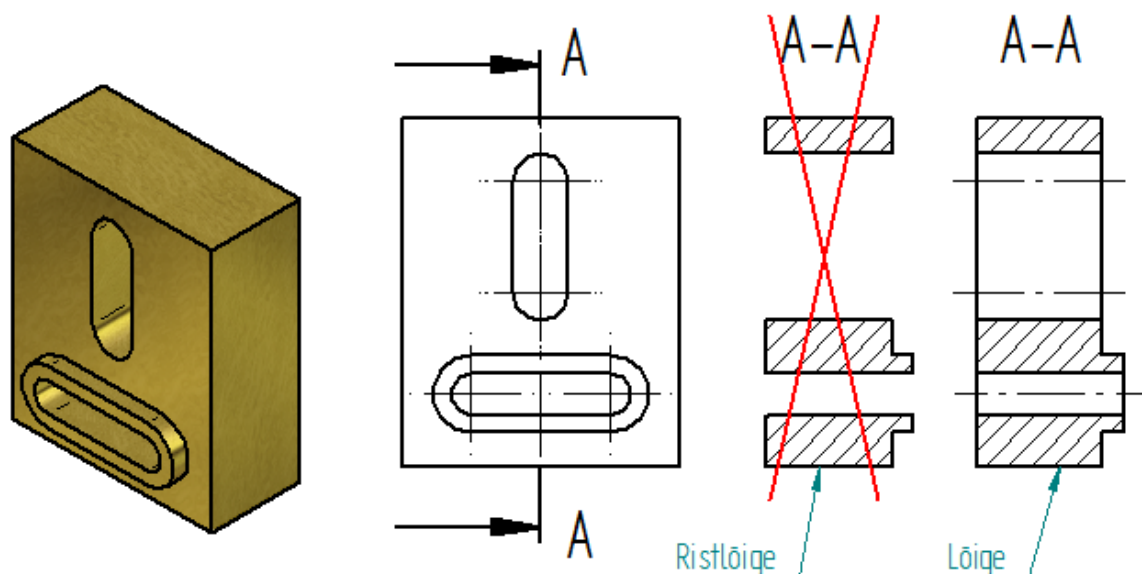
**Väljatoodud ristlõike** kujutis joonestatakse pideva laijoonega. Kui kujutis joonestatakse lähtekujutise vahetusse lähedusse ja seotakse sellega kriipspunkt-kitsasjoone abil, siis väljatoodud ristlõiget ei tähistata. Sümmeetrilise ristlõike korral ei näidata ka vaate suunda (vt joonis 4-18a). Ebasümmeetrilise lõikepinnaga ristlõike korral tuleb kindlasti näidata lõikepind ja noole abil vaate suund (vt joonis 4-18b). **Pealejoonestatud ristlõige** joonestatakse pideva kitsasjoonega detaili vaate peale selle detaili kontuure katkestamata. Pealejoonestatud ristlõiget ei tähistata (vt joonis 4-21). **Pealejoonestatud ristlõikeid kasutatakse põhiliselt profiilide ja nende sees olevate avade kirjeldamiseks** (nurgikud, karptalad ja topelt-T talad jne). Ebasümmeetrilise profiiliga tala ristlõike tegemisel näidatakse lõikepind ja noole abil vaate suund (vt joonis 4-21a). Sümmeetrilise profiili korral lõikepinda ega lõikesuunda ei

näidata, vaid tala vaatele tõmmatakse sobivasse kohta sümmeetriatelg ja joonestatakse kitsa joonega tala ristlõike kujutis selle sümmeetriatelje suhtes. Objektide lõikepinnad viirutatakse vastavalt sellele, missugusest materjalist objekt on valmistatud.



Joonis 4-21. Pealejoonestatud ristlõige: a – ebasümmeetrilise ristlõike korral on näidatud lõikepind ja lõike suund; b – sümmeetrilise ristlõike kujutamine

Joonisel 4-22 kujutatud detaili avad ei tohi olla pöördpinnad, sest siis tekiks ristlõike tegemisel kolm eraldiseisvat lõikepinda, mis ei ole lubatud. Sellisel juhul tuleb ristlõike asemel teha lõige.

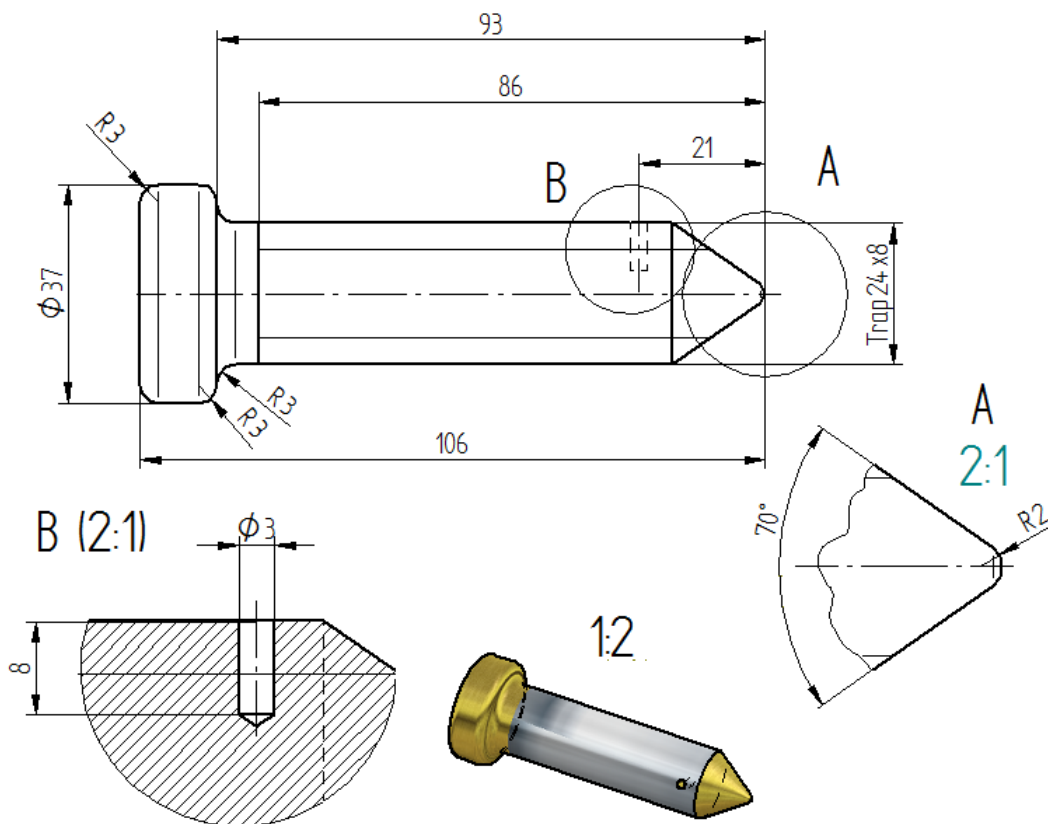


Joonis 4-22. Kas ristlõige või lõige? Kui avad ei ole pöördpinnad, joonestatakse lõige

#### 4.6. Kujutised. Väljatoodud element

Kui detaili mingi osa on kujutatud joonisel liiga väiksena, siis ei saa anda selle mõõtmeid ja näidata selle elemendi täpsemat kuju. Sellisel juhul tuleb vaadeldavat elementi kujutada joonise välja vabal pinnal suurendatud mõõtkavas ja samas asendis – see ongi **väljatoodud element**. Väljatoodud element võib sisaldada informatsiooni, mis põhikujutisel oma väiksuse tõttu näiliselt puudub (vt joonisel 4-23 väljatoodud elemendil B puuritud ava koonilist põhja).

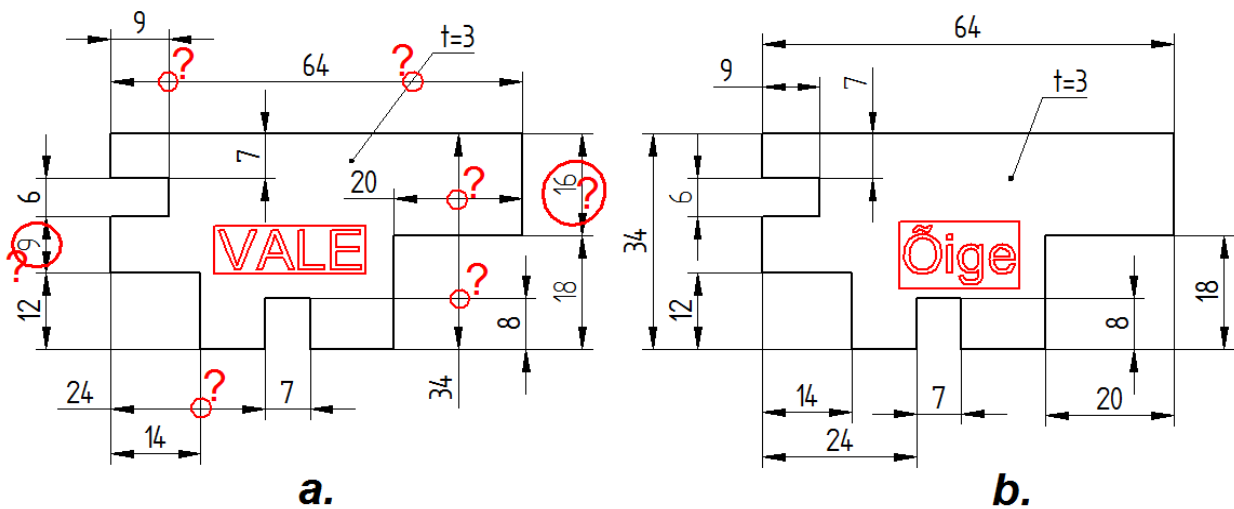
**Väljatoodud element** võib erineda põhikujutisest: kui põhikujutis on vaates, võib väljatoodud element olla kujutatud nii vaates kui ka lõikes (vt joonis 4-23). Väljatoodud element piiratakse põhikujutisel peene ringjoone või vabakäejoonega vastava koha ümber, mille juurde märgitakse suurtähena tähis (kasutatakse tähestiku algustähti). Väljatoodud element pealkirjastatakse sama tähisega, joonestatakse välja suurendatud kujul võimalikult põhikujutise lähedale ning samas asendis, nagu ta on põhikujutisel kujutatud. Lisatakse pealkiri ja mõõtsuhe, viimane võib olla esitatud sulgudes (vt joonis 4-23).



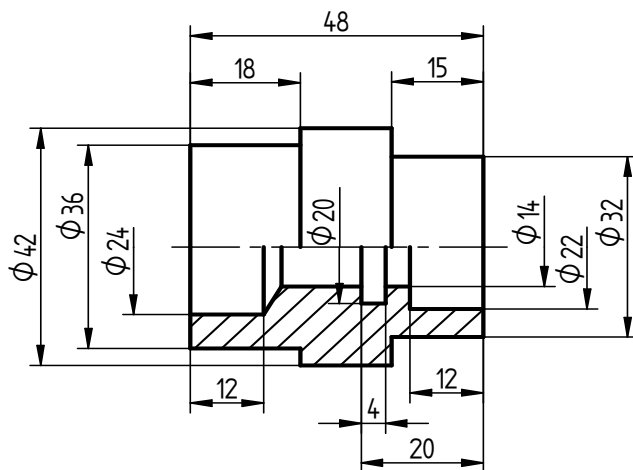
Joonis 4-23. Väljatoodud elemendid A ja B suurendatud kujul: all vasakul esitatud lõikes, peakujutisel vaates



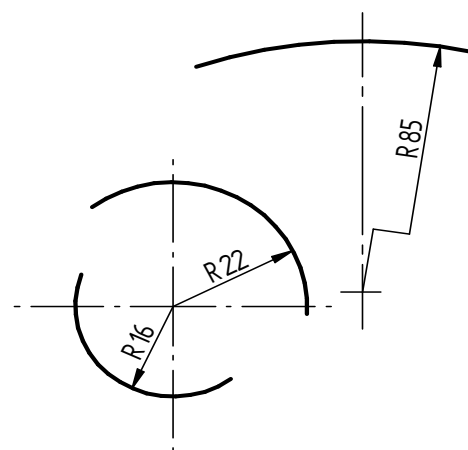
ava telg) ei tohi mõõtarvust läbi tõmmata, kujumärgid  $\emptyset$ ,  $R$ ,  $S$ ,  $t$  jne kuuluvad mõõtarvu koosseisu. Detaili teljele ei soovitata mõõtarvu kirjutada. Kui vaja, siis telg katkestatakse. Mitme paralleelse mõõtjoone korral kirjutatakse mõõtarvud malekorras. Mõõtarvud on esitatud millimeetrites, ühikut nende juurde ei kirjutata. Kui detailil on mitu ühesugust elementi, siis kirjutatakse mõõtarvu ette elementide arv (vt joonis 5-2).



Joonis 5-3. a – joonise vale mõõtmestamine, b – joonise õige mõõtmestamine ja mõõtmete paigutus



Joonis 5-4. Mõõtarvude paigutus detaili

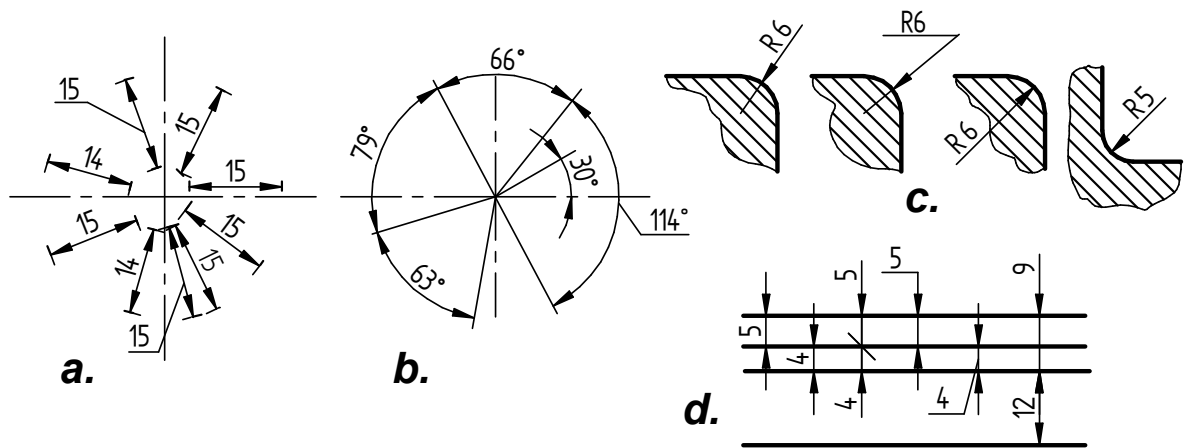


Joonis 5-5. Suurte raadiuste mõõtmestamine

**Üldine mõõtmete hulk joonisel peab olema minimaalne, kuid samal ajal küllaldane detaili kuju ja mõõtmete täielikuks määramiseks.** Mõõtmed peavad olema paigutatud sinna, kus mõõdetava elemendi kuju on kõige ilmekam. Ühe ja sama elemendi mõõdet erinevatel kujutistel korrata ei tohi, samuti on keelatud mõõtmeid kanda joonisele suletud mõõtahelana (vt joonis 5-3a). Kui seda on aga vaja teha, siis paigutatakse üks mõõde ahelas ümarsulgudesse. See mõõde on **teatmemõõde** (vt joonised 5-2a, 5-14 ja 5-16a).

Mõõtarvud kirjutatakse mõõtjoone peale, mõõtjoonega paralleelselt (või viitejoone laudile paralleelselt nurgatabeliga) ja orienteeritakse nii, et kõikidel vertikaalselt paiknevatel mõõtjoontel on mõõtarvud õiges asendis jooniselehe parema serva suhtes. Horisontaalsetele ja lehe alumise serva suhtes kaldu olevatele mõõtjoontele kirjutatakse mõõtarvud, orienteerituna lehe alumise serva suhtes (nurgatabeli suhtes õiges asendis, vt joonis 5-6).



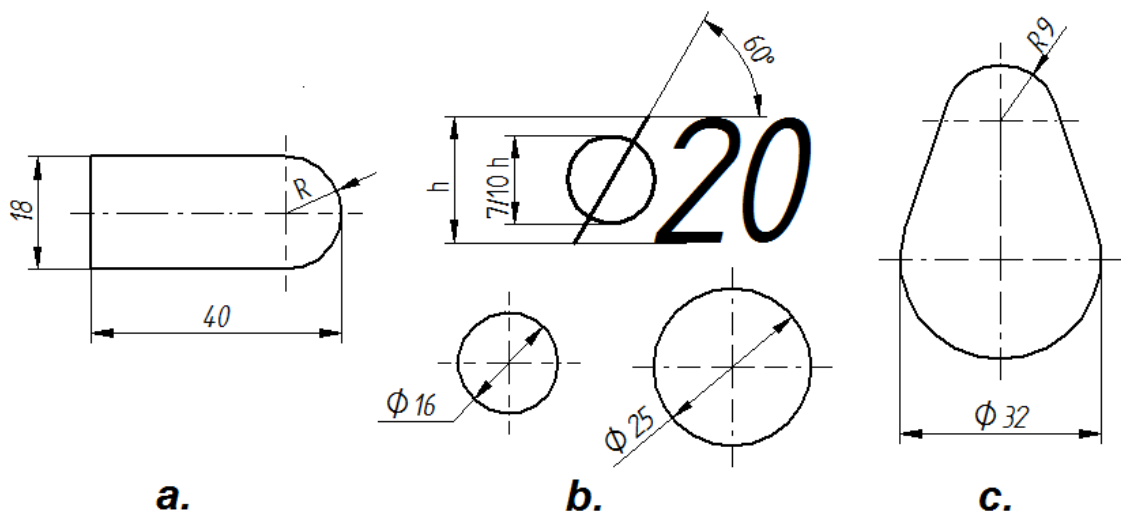


Joonis 5-6. Joonisele mõõtmete kandmise näiteid: a – erinevate nurkade all joonmõõtmed; b – erinevas asendis nurgamõõtmed; c – mõõtmed väikestele raadiustele; d – väikeste vahedega lineaarmõõtmed

Kasutatavad kujumärgid on järgmised.

- **Raadius** tähistatakse suure **R**-tähega, ta on mõõtaruuga ühekõrgune (vt joonised 5-5 ja 5-6c).  
Suure raadiuse korral võib tuua kaare tsentri kaarele lähemale, nagu on näidatud joonisel 5-5. Kui raadiuse suurus on tuletatav teistest mõõtmetest, tuleb kirjutada raadiuse tähis **R** ilma mõõtaruuta (vt joonis 5-7a).
- **Läbimõõt** tähistatakse märgiga  $\varnothing$  (vt joonis 5-7b).

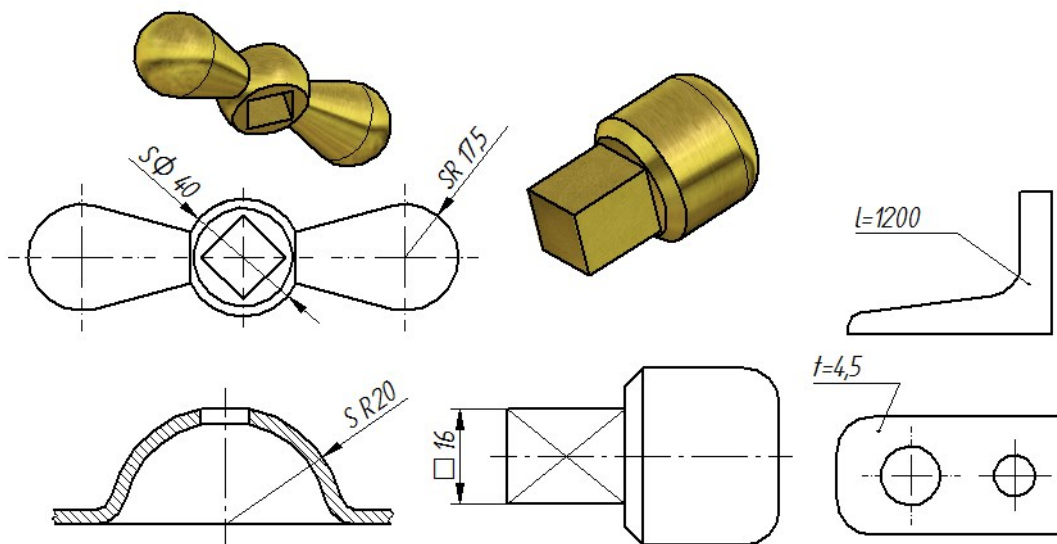
Kui ringjoonest on kujutatud üle poole, antakse mõõde läbimõõduna ( $\varnothing$ ), alla poole aga raadiusega **R** (vt joonis 5-7c). Raadius märgitakse alati kaarjoonele, läbimõõt aga sinna, kus selgub pöördpinna moodustaja kuju (vt joonis 5-4).



Joonis 5-7. Ümardusraadiuste ja läbimõõtude märkimine: a – raadius ilma mõõtaruuta; b – läbimõõdu märk ja tema mõõtsuhted, läbimõõdu märkimine ringjoontele; c – raadiuse ja läbimõõdu märkimine

- **Sfäär (kera)** tähistatakse tähega **S**, mis on mõõtaruukõrgune ja lisatakse läbimõõdumärgi või raadiusetähise ette (vt joonis 5-8). Sfääri tähise võib ära jätta juhul, kui detaili kujutise järgi on täiesti selge, et pind on sfääriline.

- **Ruut** tähistatakse märgiga  $\square$ . Märk näitab, et detaili prismalise osa ristlõige on ruudukujuline (vt joonis 5-9).
- **Detaili pikkus ja paksus** tähistatakse vastavalt tähtedega  $l$  ja  $t$ , mille järele on kirjutatud mõõdud kas võrdusmärgiga või ilma. Muutumatu ristlõike või paksusega detaili võib sel juhul joonestada ainult ühe kujutisega ja puuduva mõõtme esitada joonisel viitejoone laudil (vt joonis 5-10).



Joonis 5-8. Sfääri märkimine joonisele

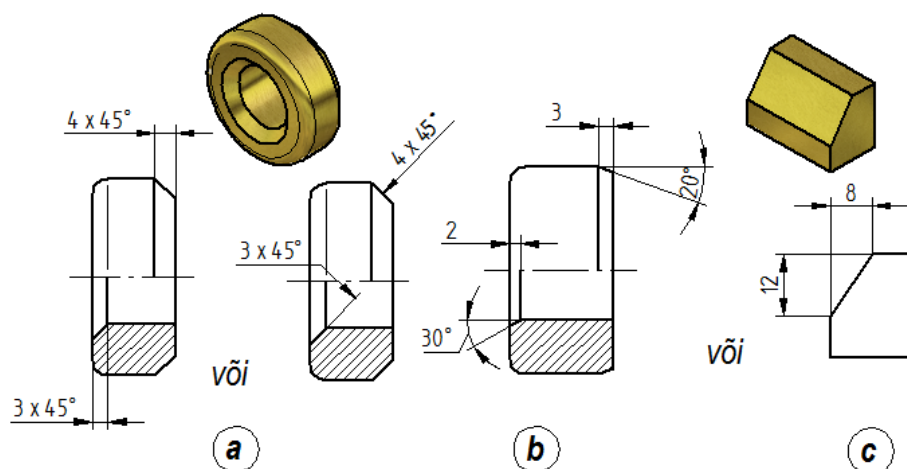
Joonis 5-9. Ruudumärgi kasutamine

Joonis 5-10. Detaili pikkuse ja paksuse märkimine

**FAAS.** Faas on pöördkehade serval (nt silindri serval) mingi kaldenurga all olev väiksem koonuse pind, teistel kehal aga mingi kaldenurga all olev väiksem tasapinna osa (vt joonised 5-11 ja 5-16b). Faasid tekivad detaili teravate servade mingi kalde all mahalõikamisel. Faaside mõõtmeid võib näidata kolmel viisil:

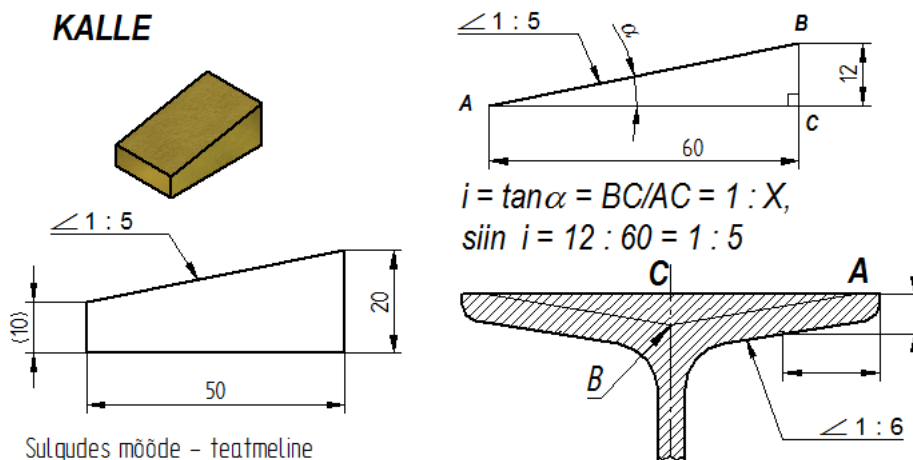
- 45° faasi puhul, võrdsete kaatetite korral kaatetite pikkuse ja nurga korrutisena (vt joonis 5-11a);
- joon- ja nurgamõõtmetega, kui ei ole 45° faas (vt joonis 5-11b);
- kahe joonmõõtmega, kui ei ole 45° faas (vt joonis 5-11c).

**Märkus:** faasi mõõde kujul  $3 \times 45^\circ$ ,  $4 \times 45^\circ$  jne antakse ainult siis, kui faasi kaldenurk on 45° ehk faasi mõlemad kaatetid on võrdsed.



Joonis 5-11. Faaside kujutamine ja mõõtmestamine joonisel: a – faaside mõõtmestamine 45° faasi korral (võrdsete kaatetitega faas); b ja c – faaside mõõtmestamine, kui faas ei ole 45° kaldega

**Kalle** (i) on kaldpinna kõrguse ja aluse pikkuse suhe seoses 1 : x, mille ette kirjutatakse kaldemärk. Kaldemärgi põhikuju on täisnurkne kolmnurk. Kõik andmed kalde kohta kirjutatakse viitejoone laudile, mis on paralleelne kaldpinna alusega ja märgi tipp näitab kalde suunda (vt joonis 5-12).

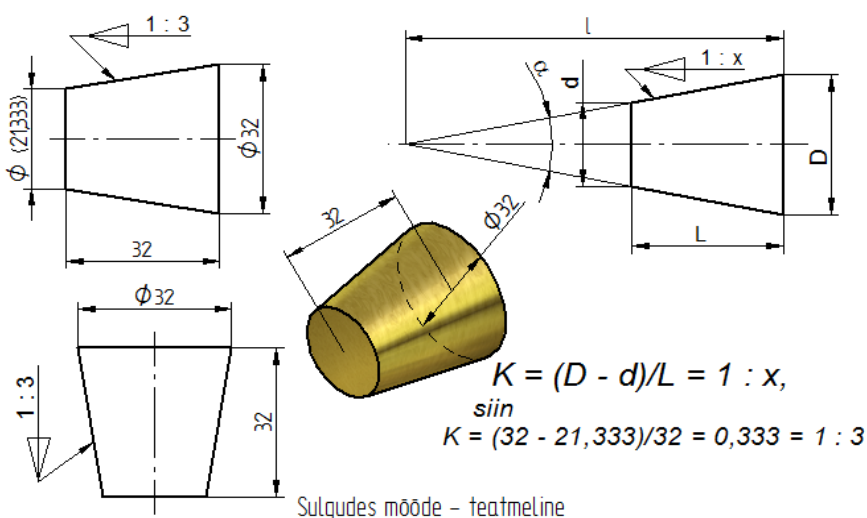


Joonis 5-12. Kalle ja selle märkimine joonisele

**KOONILISUS.** Koonilisus **K** on koonuse põhja läbimõõdu ja kõrguse suhe, tükikoonuse korral aga põhjade läbimõõtude vahe ja tükikoonuse kõrguse suhe, mille ette kirjutatakse koonilisuse märk. Märgi teravik suunatakse koonuse tipu suunas. Märgi kuju on võrdhaarne kolmnurk tipunurgaga 30°, mis kirjutatakse laudi joonele. Koonilisuse väärtus suhtena 1 : x kirjutatakse laudi kohale. Laudijoon aga on paralleelne koonuse teljega (vt joonis 5-13).

Koonilisus märgitakse aga ainult selliste detailide pindadele, mis töötavad koos ja peavad andma tiheda ühenduse (nt kraani kere ja korgi pind). Muudel juhtudel tuleb koonusel näidata üks läbimõõt (mida saab täpsemini mõõta), koonuse nurk ja kõrgus või mõlemad läbimõõdud ja kõrgus.

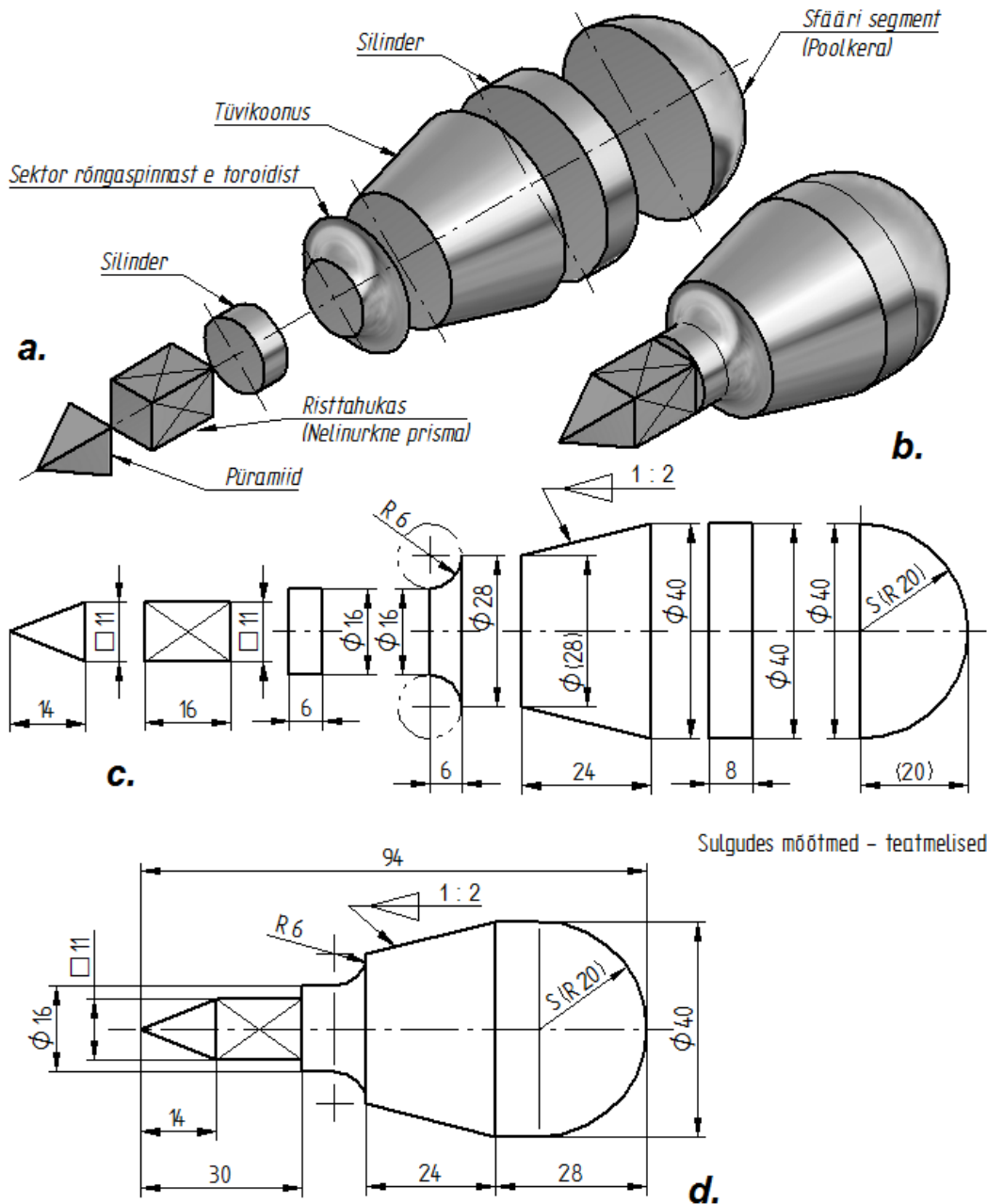
## KOONILISUS



Joonis 5-13. Koonilisus ja selle märkimine joonisel

Detaili joonisel peab olema piisavalt mõõtmeid selle valmistamiseks. Otstarbekaks mõõtmestamiseks on vaja jagada detail (vt joonis 5-14b) mõtteliselt üksikuteks

geomeetristeks põhivormideks (vt joonis 5-14a). Nüüd saab mõttes määrata selle detaili iga elemendi kõik mõõtmed (vt joonis 5-14c) ning saadud detaili põhivormide mõõtmete järgi varustada mõõtmega selle detaili iga elemendi ja ka elementide omavahelised seosed (vt joonis 5-14d). Mõõtmete kandmisel joonisele tuleb arvestada ka selle detaili valmistamise järjekorda (valmistamise tehnoloogiat).



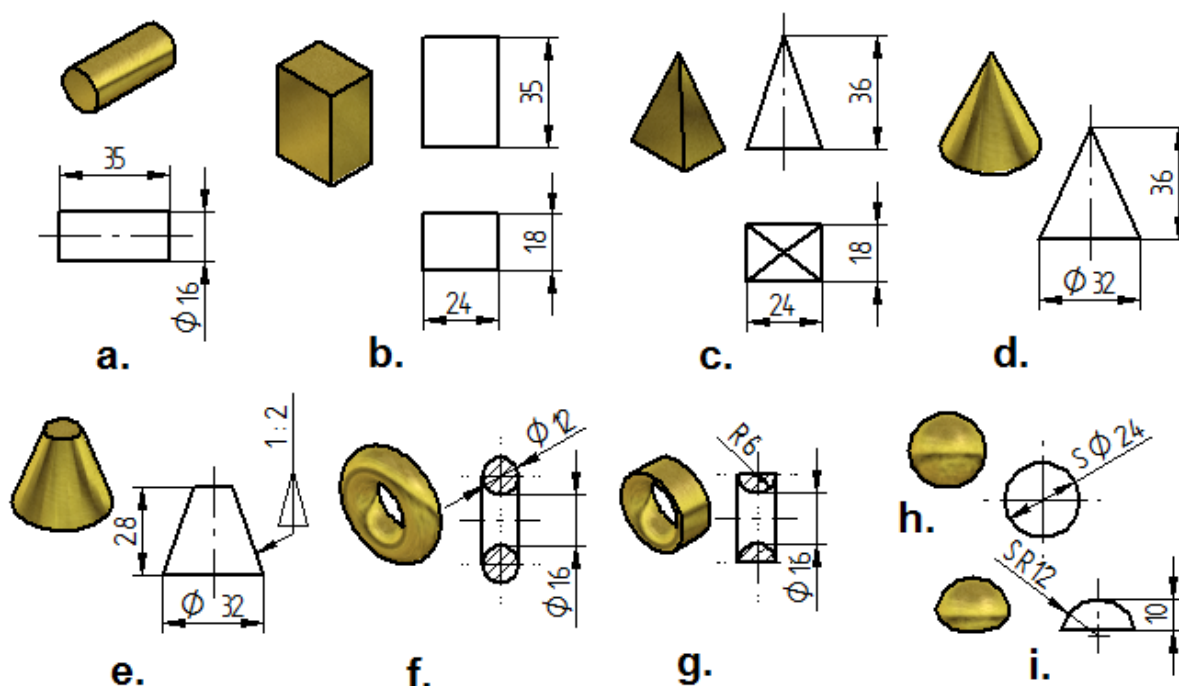
Joonis 5-14. Mõõtmete kandmine mudelile: a – mudeli jagamine geomeetristeks põhivormideks; b – mudeli piltkujutis; c – mudeli geomeetriste põhivormide mõõtmed; d – vajalike mõõtmega varustatud mudeli joonis

**GEOMEETRIILISTE PÕHIVORMIDE MÕÕTMED.** Joonise mõõtmestamisel on aluseks geomeetrised põhivormid ja mõõtmed, mis määravad neid kujundeid üheselt mõistetavalt.

Enamkasutatavate geomeetriste põhivormide mõõtmed on järgmised.

- **Silinder** on määratud silindri läbimõõdu (diameetri) ja pikkusega (vt joonis 5-15a).

- **Prisma (püstprisma)** on määratud põhjakontuuri kuju ja mõõtmetega ning prisma kõrgusega (vt joonis 5-15b).
- **Püramiid** on määratud põhjakontuuri kuju ja mõõtmetega ning püramiidi kõrgusega (vt joonis 5-15c).
- **Koonus** on määratud põhja läbimõõdu (diameetri) ja koonuse kõrgusega (vt joonis 5-15d).
- **Tüvikoonus** on määratud mitmel viisil:
  - 1) põhja läbimõõdu, tüvikoonuse kõrguse ja koonilisusega (vt joonis 5-15e);
  - 2) mõlema põhja läbimõõtude ja tüvikoonuse kõrgusega (vt joonised 5-13 ja 5-14c);
  - 3) põhja läbimõõdu, tüvikoonuse kõrguse ja koonuse nurgaga (vt joonis 5-13).
- **Rõngast** ümbritseb **rõngaspind**. Rõngas (või rõngaspind) on määratud:
  - 1) sisediameetri (või välisdiameetri) ja rõnga moodustaja diameetriga (vt joonis 5-15f);
  - 2) sisediameetri ja rõnga moodustaja raadiusega (vt joonis 5-15g).
- **Kera e sfäär** on määratud tema läbimõõduga (vt joonis 5-15h) või kera segmendi puhul kera raadiuse ja segmendi kõrgusega (vt joonis 5-15i).

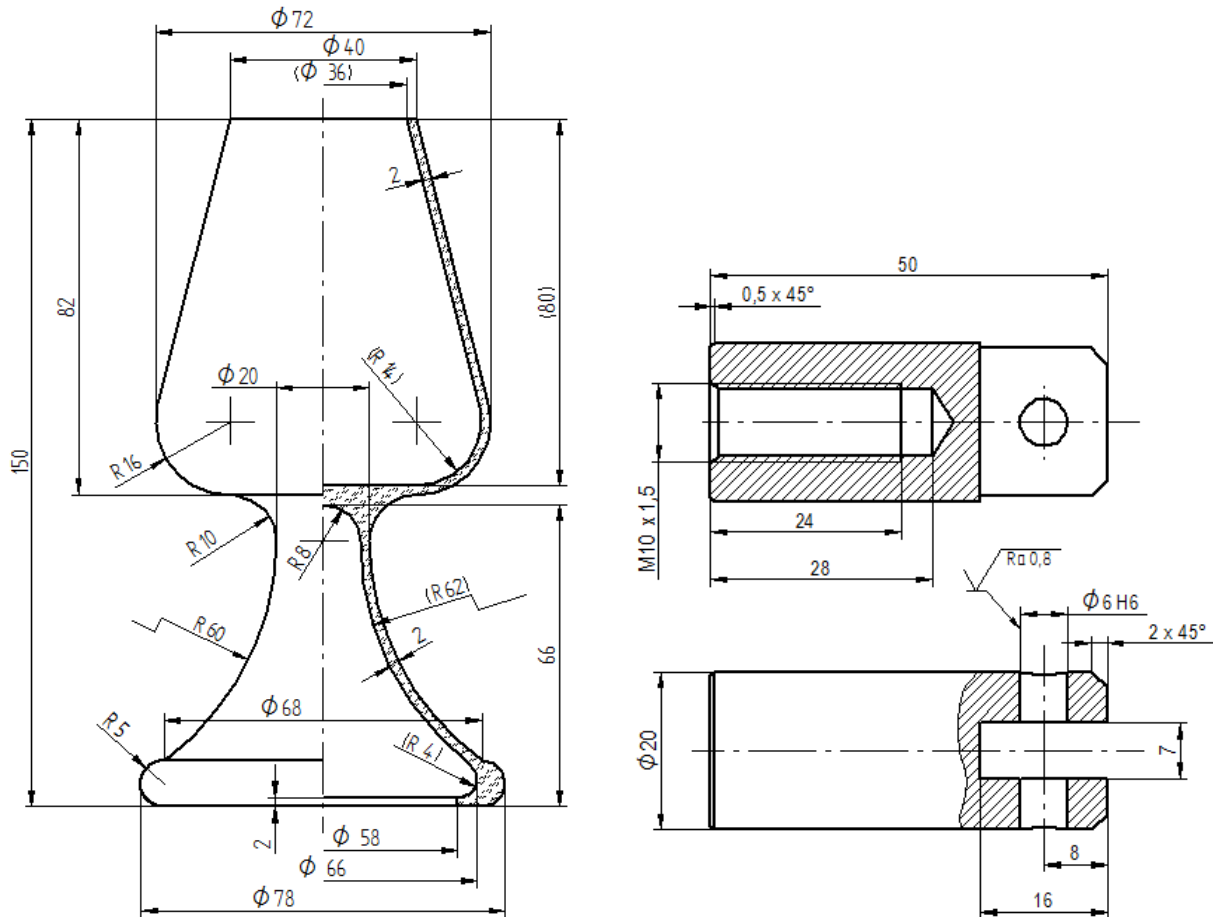


Joonis 5-15. Geomeetrised põhivormid ja mõõtmete kandmine joonistele: a – silindri kujutis ja vajalikud mõõtmekandmed silindri joonisel; b – nelinurkse püstprisma (risttahuka) kujutis ja vajalikud mõõtmekandmed prisma joonisel; c – nelinurkse püramiidi kujutis ja vajalikud mõõtmekandmed püramiidi joonisel; d – koonuse kujutis ja vajalikud mõõtmekandmed koonuse joonisel; e – tüvikoonuse kujutis ja vajalikud mõõtmekandmed tüvikoonuse joonisel; f ja g – rõnga kujutised ja vajalikud mõõtmekandmed rõnga (rõngaspinna) joonisel; h – kera (sfääri) kujutis ja vajalikud mõõtmekandmed kera joonisel; i – kera (sfääri) segmendi kujutis ja vajalikud mõõtmekandmed selle joonisel

Ühe elemendi mõõtmekandmed näidatakse joonisel ühes kohas ja ühel vaatel samas kohas. Näiteks joonisel 5-16b on kujutatud ristkülikukujuline sisselõige detaili otsas. Selle laius ja sügavus näidatakse ühel ja samal vaatel.

Suurte raadiuste mõõtmestamisel kasutatakse mõõtjoonte lühendamist (vt joonised 5-5 ja 5-16a). Seejuures peab mõõtjoon olema suunatud raadiuse tsesse ja joone murdekoht olema täisnurkne.

Teatmelised mõõtmed kirjutatakse ümarsulgudesse (vt joonised 5-14c ja 5-16a) ning kirjanurga kohale tehakse vastav märg: „Sulgudes mõõtmed – teatmelised“.



Sulgudes mõõtmed – teatmelised

**a.**

**b.**

Joonis 5-16. Näiteid joonise mõõtmestamise kohta: a – mõõtmete paigutus poolvaatlõigetel, teatmeliste mõõtmete kujutamine, suurtele raadiustele mõõtmete paigutamine; b – võrdsete kaatetitega faaside ja kermetele mõõtmestamine

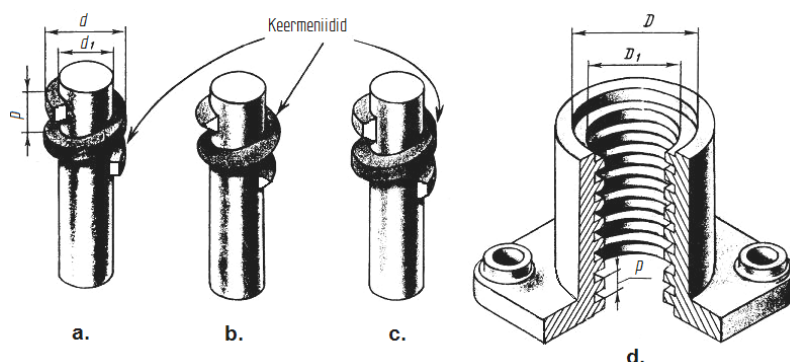
Keermestatud detailide mõõtmestamist on täpsemalt kirjeldatud 6. peatükis.

## 6. KEERMED. KEERMETE KUJUTAMINE

### 6.1. Keermete liigid

Keermestatud detaile kasutatakse mitmesugustes seadmetes erinevate detailide ühendamiseks, tihendamiseks, vajalike liikumiste tekitamiseks või liikumiste ja jõudude ülekandmiseks (nt treipingis, tungrauas jm).

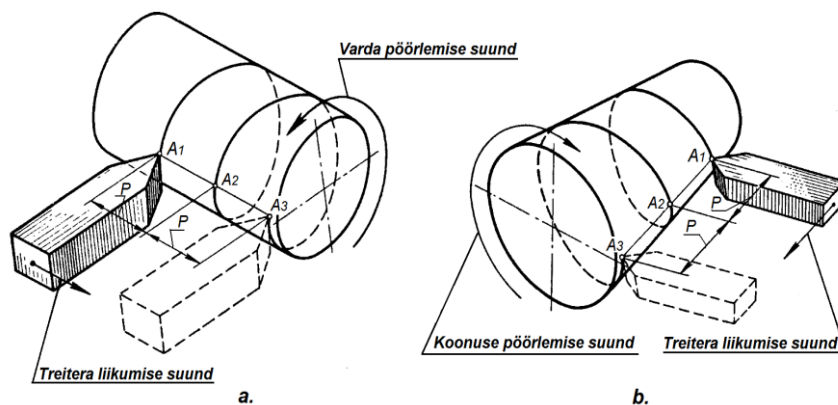
Keere on kruvipind, mis on pöörkehale moodustatud kas pinnalt väljaulatuva lindi või sisselõigatud soone kujul (vt joonis 6-1).



Joonis 6-1. Keermeniit ja selle moodustumine

Varda pinnale lõigatud keere on **väliskeere** ja avasse lõigatud keere **siskeere**. Keere saadakse mingi tasapinnalise kujundi (ruut, kolmnurk, trapets jne) liikumisel mööda silindrilist või koonilist kruvijoont (vt joonised 6-1 ja 6-2).

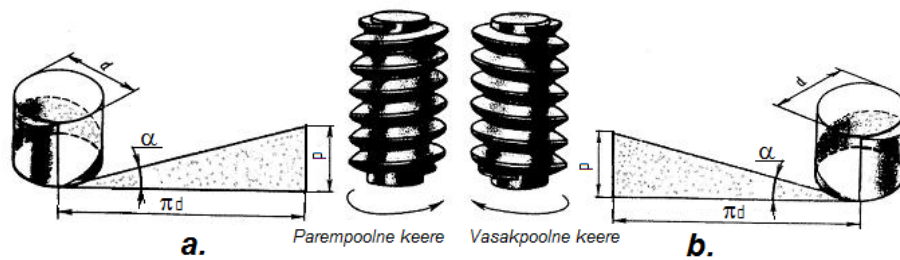
**KRUVIJOON** on ruumiline kõver, mille tekitab ühtlaselt pöörleva silindri või koonuse pinnale punkt, kui see liigub ühtlase kiirusega piki silindri või koonuse moodustajat (vt joonis 6-2). Kruvijoone võib saada treipingis, kui kinnitada silindriline varras tsentrite vahele, panna ta ühtlaselt pöörlema ja anda lõiketerale ühtlane pikiteljesuunaline liikumine. Nii joonestab lõiketera teravik varda pinnale kruvijoonelise jälje (vt joonis 6-2).



Joonis 6-2. Silindrilise (a) ja koonilise (b) kruvijoone moodustumine

Keermeniidi kulgemise suuna järgi võib keere olla parem- või vasakpoolne, sõltudes keermeniidi suunast silindri või koonuse pinnal (vt joonis 6-3). Tavaliselt on keere parempoolne. Detailil saab keermeniidi suunda määrata järgmiselt: kui hoida mutrit käes nii, et see seisab paigal ning poldi pöörämisel kellaosuti liikumise suunas liigub polt mutri sisse, on keere parempoolne, kui aga mutrist välja, on keere vasakpoolne.



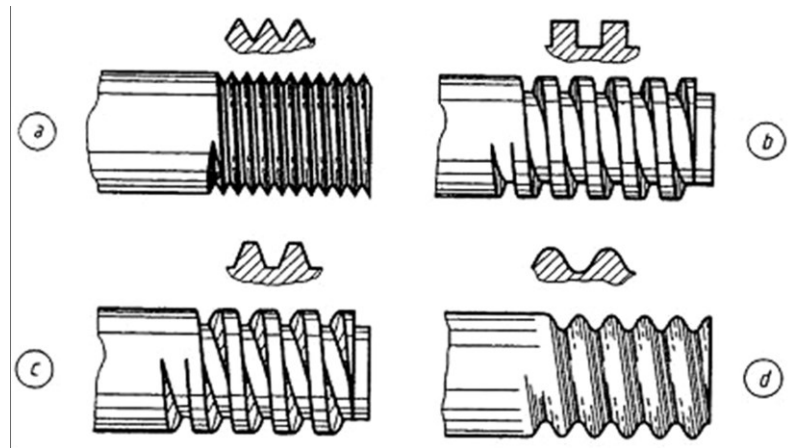


Joonis 6-3. Parem- (a) ja vasakpoolne keere (b)

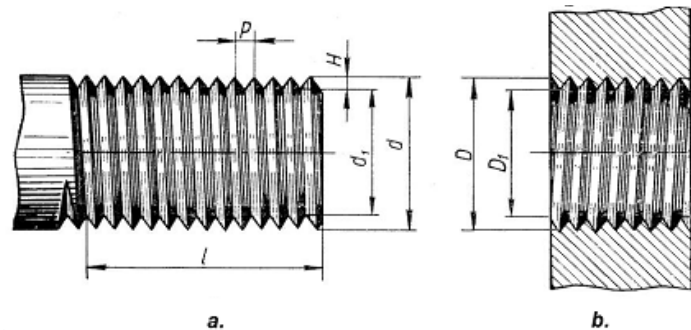
Olenevalt keermeniiti moodustava tasapinnalise kujundi kujust (**keermeprofiilist**) saadakse erineva profiiliga keermed (vt joonis 6-4).

Keeret iseloomustavad järgmised **põhimõtted** (vt joonis 6-5):

- $D, d$  – keeme välisläbimõõt (vastavalt sise- ja väliskeermel);
- $D_1, d_1$  – keeme siseläbimõõt (vastavalt sise- ja väliskeermel);
- $l$  – keeme pikkus (keermeprofiili täissügavusega keemeosa pikkus);
- $H$  – keeme profiili sügavus (ka kõrgus);
- $P$  – keermesamm (keeme kahe naaberniidi vahekaugus).



Joonis 6-4. Keermete liike: a – kolmnurkkeere; b – ruutkeere; c – trapetskeere; d – ümarkeere



Joonis 6-5. Keeme põhimõtted: a – väliskeermel (poldil, vardal); b – sisekeermel (mutril)

Kasutusala järgi jagatakse keermed:

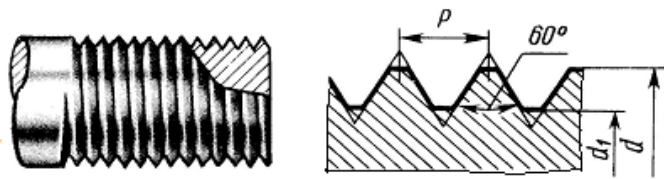
- kinnituskeermed (enamkasutatavad on kolmnurkse profiiliga meeterkeere, tollkeere ja silindriline torukeere);
- käigukeermed (enamkasutatavad on trapets-, tugi- ja ruutkeere).

Keermed on standardsed (v.a ruutkeere) ja kõik nende mõõtmed on ka vastavates standardites määratud, mistõttu märgitakse joonisele ainult keeme standardikohane tähis.

**MEETERKEERE** on kolmnurkse profiiliga keere, mille tipunurk on  $60^\circ$  (vt joonis 6-6). Keeme märkimisel on tema tähiseks **M**. Meeterkeermeid kasutatakse kõige enam kinnituskeermel, näiteks poldid, mutrid, kruvid. Mõõtme märkimisel lisatakse tähisele

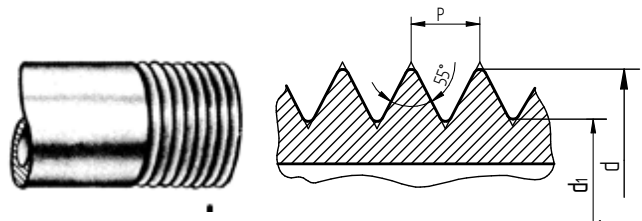


M keerne välisläbimõõt ja keermesamm millimeetrites. Sama läbimõõduga keermel on aga mitu keermesammu: kõige suurema sammuga keere on jämekeere (tähisteks on nt M24x3, vanemate standardite järgi M24). Kõik väiksema sammuga keermed on peenkeermed. Neid keermesammusid tähistatakse samamoodi nagu jämekeermesammusid (nt M24x1,5). Täht kirjutatakse nii välis- kui sisekeermesammus korral välisläbimõõtu näitavale mõõtjoonele. Tähistusnäiteid vt jooniselt 6-15 ja keermesammus mõõtmeid lisast 1 (tabel L-1).



Joonis 6-6. Meeterkeermesammus profiil

**TOLLKEERE** on kolmnurkse profiiliga keere, mille tipunurk on  $55^\circ$  (vt joonis 6-7). Keermesammus määratakse keermesammusite arvu järgi ühe tolli kohta ( $1'' = 25,4$  mm). Keermesammus märkimisel on tema tähisteks keermesammus välisläbimõõtu tollides (nt  $1\frac{1}{2}''$ ). Täht kirjutatakse nii välis- kui sisekeermesammus korral välisläbimõõtu näitavale mõõtjoonele nagu meeterkeermesammus. Keermesammus mõõtmeid vt lisast 1 (tabel L-3).

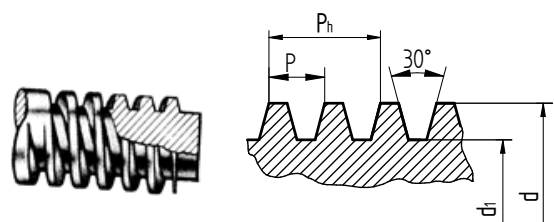


Joonis 6-7. Silindrilise toru- ja tollkeermesammus profiil

### **SILINDRILINE TORU-KEERE**

on kolmnurkse profiiliga keere, mille tipunurk on  $55^\circ$  (vt joonis 6-7). Keermesammus määratakse samuti keermesammusite arvu järgi ühe tolli kohta ( $1'' = 25,4$  mm). Mõõtme märkimisel lisatakse tähtsusele G toru siseläbimõõtu tollides (nt  $G2\frac{1}{2}$ ). Kuna keermesammus tähtsuses on toru ligikaudne siseläbimõõtu, mis ei vasta keermesammus tegelikule välismõõtmele, siis kirjutatakse keermesammus tähtsuse viitejoone laudile ja viitejoone suunatakse vastu keermesammus harja kontuuri. Tähistusnäiteid vt jooniselt 6-15 ja keermesammus mõõtmeid lisast 1 (tabel L-2).

**TRAPETSKEERE** on trapetsikujulise profiiliga keere, mille profiili külgede vaheline nurk on  $30^\circ$  (vt joonis 6-8). Keermesammus märkimisel on tema tähisteks lühend **Tr**. Mõõtme märkimisel lisatakse tähtsusele Tr keermesammus välisläbimõõtu millimeetrites ja keermesammus (nt Tr20x2). Sama läbimõõduga keermesammus võib olla aga mitu keermesammus (mitmekäiguline keere). Sellisel juhul lisatakse mõõtme märkimisel tähtsusele Tr keermesammus välisläbimõõtu millimeetrites, keermesammus käigupikkus, mille ette kirjutatakse täht  $P_h$ , ja sulgudes keermesammus, mille ette kirjutatakse täht P [nt Tr20x $P_h$ 4(P2)]. Käigude arvu leidmiseks tuleb jagada käigupikkus keermesammusuga, s.o keermesammus käigude arv on  $n = \frac{4}{2} = 2$ . Tähtsuse kirjutatakse



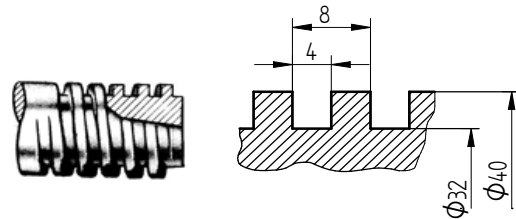
Joonis 6-8. Trapetskeermesammus profiil

nii välis- kui sisekeermesammus korral välisläbimõõtu näitavale mõõtjoonele. Tähistusnäiteid vt jooniselt 6-15 ja keermesammus mõõtmeid lisast 1 (tabel L-4).

**RUUTKEERE** on ruudukujulise profiiliga keere (vt joonis 6-9). Kuna keermesammus ei ole standardiga määratud, kantakse joonisele kõik keermesammus valmistamiseks vajalikud

mõõtmed, nagu on esitatud joonisel 6-9. Mõõtmed näidatakse tavaliselt väljatoodud elemendi juures. Tähistusnäiteid vt joonisel 6-15.

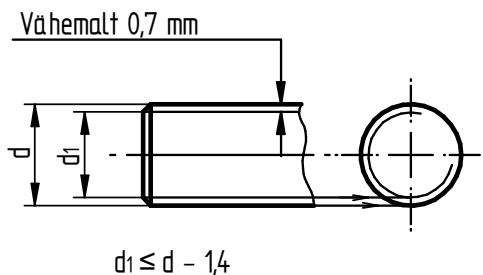
**Vasakukäelise keeme** korral lisatakse keeme mõõtme tingtähisele tähed LH (*Left Hand*), nt M24x3LH või Tr20x2LH). Seda lisatähistust kasutatakse kõikide vasakukäeliste keemete korral (v.a ruutkeere, mille puhul kirjutatakse laudile sõnad „Vasakukäeline keere“ või „Vasak keere“). Vt selle kohta joonist 6-15.



Joonis 6-9. Ruutkeeme profiil (mõõtmed on toodud näitena)

## 6.2. Keemete kujutamine joonisel

Keemete kujutamine joonisel on tinglik. Varda välispinnale lõigatud keere on **väliskeere** ja avasse lõigatud keere **siskeere**. Neid keemeid kujutatakse ka veidi erinevalt. **Väliskeermel** näidatakse keeme väline joon (harjajoon) pideva laiioonega,

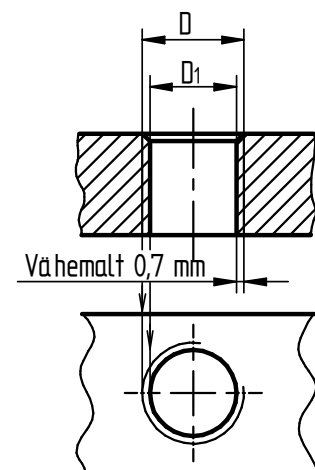


Joonis 6-10. Väliskeeme kujutamine joonisel

keermesügavune, siis faasijoont otsvaates ei kujutata (vt joonised 6-10, 6-11, 6-13).

**Siskeermel** näidatakse keeme kujutamisel lõikes sisemine joon (harjajoon) pideva laiioonega, väline joon (põhjajoon) aga pideva kitsasjoonega, mis joonestatakse otsvaates välja  $\approx \frac{3}{4}$  ringjoone ulatuses. Seda joont ei tohi samuti alustada

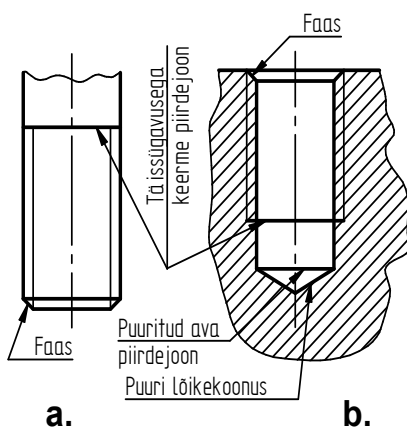
sisemine joon (põhjajoon) aga pideva kitsasjoonega. Detaili otsvaates joonestatakse keeme põhjajoon välja  $\approx \frac{3}{4}$  ringjoone ulatuses. Seda joont ei tohi aga alustada ega lõpetada telgjoonel. Seejuures ei ole oluline, milline veerand ringjoonest jääb vabaks. Kui faas keeme ees on



Joonis 6-11. Siskeeme kujutamine joonisel

aga lõpetada telgjoonel. Kui faas keeme ees on keermesügavune, siis ka siin faasijoont otsvaates ei kujutata (vt joonised 6-11, 6-13 ja 6-15b). Lõikes tõmmatakse viirusjooned üle kitsasjoone keermeharja laiiooneni.

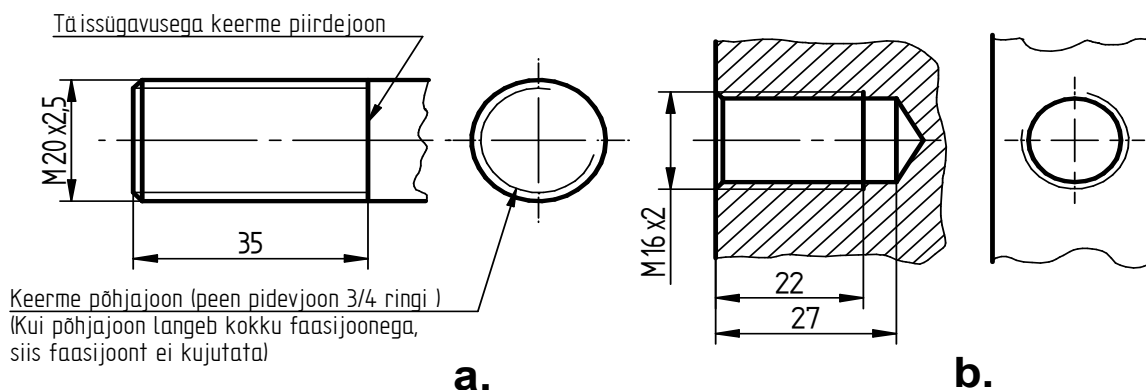
Oluline on aga, et keeme harjade sisemine ja väline joon oleksid selgesti eraldatavad. Sellisel juhul peab joontevaheline kaugus olema vähemalt 0,7 mm. See tähendab, et väikese läbimõõduga keemetel, kus keeme profiili sügavus on alla 0,7 mm, tuleb käsitsi joonestamisel ja mõõtkava valikul arvestada seda vahet ning näidata seda joonisel suuremana. Seejuures keeme välisläbimõõt, s.o



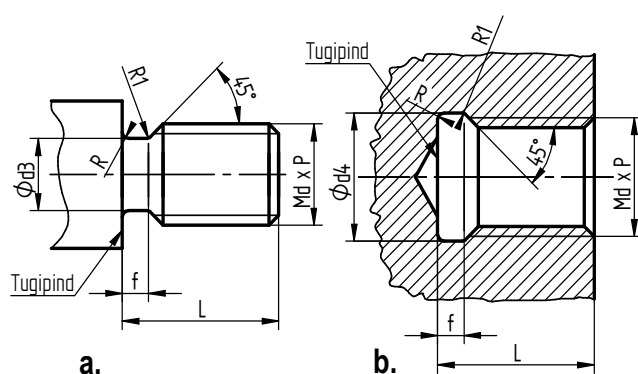
Joonis 6-12. Keermestatud osa lõpu kujutamine vardal (a) ja umbavas (b)

vardal välise laijoone läbimõõt (vt joonis 6-10) ja avas väline  $\frac{3}{4}$  ringi kitsasjoone läbimõõt, jäetakse muutmata (vt joonis 6-11).

Kui sisekeere on umbavas (s.o põhjaga avas), siis kujutatakse ava põhi koonilisena, mille tipunurk on  $118^\circ \dots 120^\circ$  (selle tekitavad spiraalpuuri lõikeservad, vt joonis 6-12b). Keermestatud osa lõpp nii vardal kui ka avas kujutatakse pideva laijoonega (vt joonis 6-12). Vardal peab keeme kitsasjoon ulatuma varda otsast üle faasijoone kuni varda otsani (vt joonis 6-12a).



Joonis 6-13. Keermete kujutamine vardal (a), avas (b) ning mõõtmete kandmine keermestatud vardale (a) ja keermestatud umbavale (b)



Joonis 6-14. Keeme väljajooksusoonetega detailide mõõtmestamine: a – keere vardal; b – keere avas

Keermestatud vardale ja avale mõõtmete kandmine on näidatud joonisel 6-13. Kui keeme ees oleva faasi kaateti suurus võrdub keeme sügavusega, siis on lubatud jätta faasi mõõde näitamata. Keeme väljajooksusoonetega detailide mõõtmestamist vt joonisel 6-14.

Keermete mõõtmestamisel tuleb arvestada ka selle detaili valmistamise järjekorda e tehnoloogiat (vt joonis 6-14).

### 6.3. Keermete tähistamine, tähistusnäited

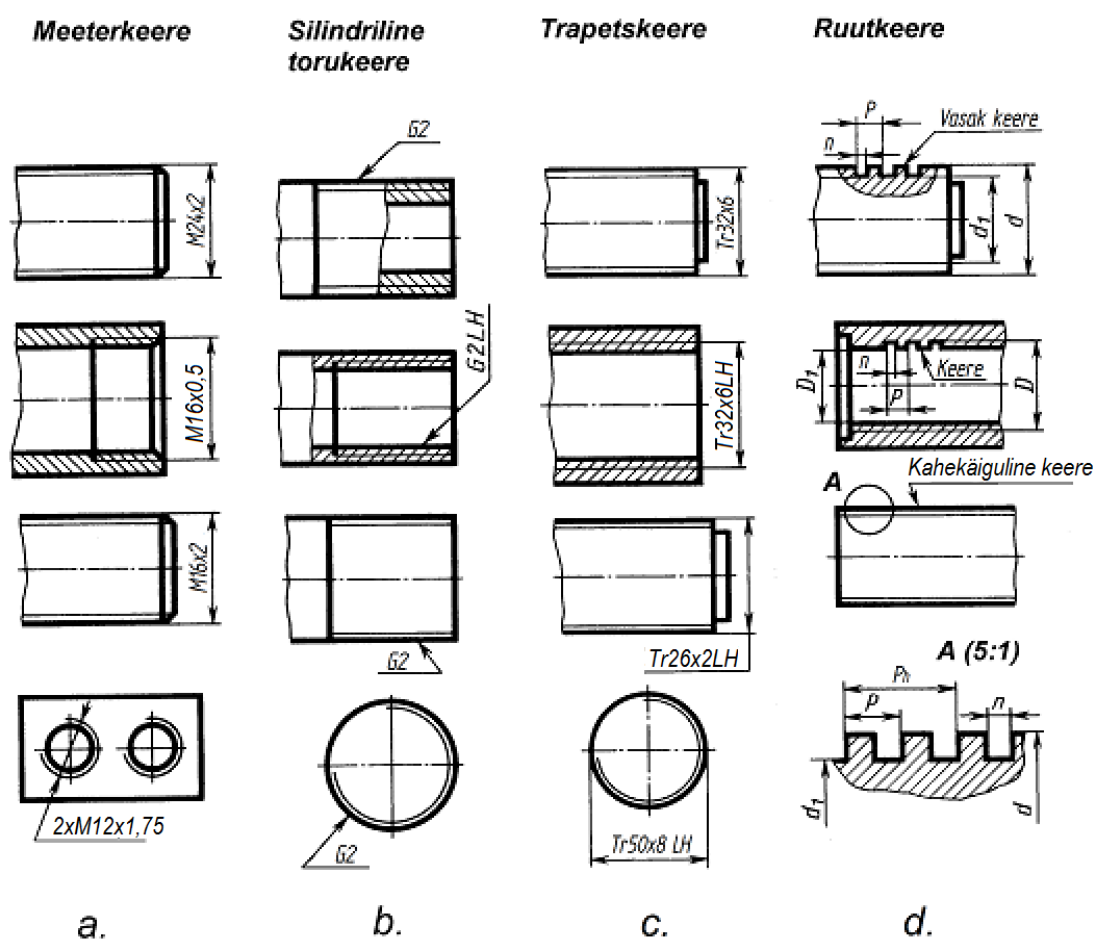
Joonisel 6-15 on esitatud kokkuvõtvalt mõned näited erinevate keermete tähistamise kohta.

- Sisekeeme tähis **M16x0,5** (vt joonis 6-15a). See on meeterkeere, mille välisläbimõõt on 16 mm ja keermesamm 0,5 mm.
- Sisekeeme tähis **2xM12x1,75** (vt joonis 6-15a). Need on kaks meeterkeermega ava, mille keeme välisläbimõõt on 12 mm ja keermesamm 1,75 mm.
- Keeme tähis **G2** (vt joonis 6-15b). See on torukeere 2" (toru siseläbimõõt ca 51 mm), mille keeme välisläbimõõt on 59,614 mm ja keermeniitude arv 1" kohta on 11, keermesamm on 2,309 mm.

- Keerme tähis **G2LH** (vt joonis 6-15b). See on vasakukäeline torukeere 2" (toru siseläbimõõt ca 51 mm), mille välisläbimõõt on 59,614 mm ja keermeniitude arv 1" kohta on 11, keermesamm on 2,309 mm.
- Keerme tähis **Tr32x6** (vt joonis 6-15c). See on trapetskeere, mille välisläbimõõt on 32 mm ja keermesamm 6 mm.
- Joonisel 6-15d on ruutkeere, ebastandardne keere, mille kõik mõõtmed esitatakse keermee joonisel.

Näiteks on toodud veel mõned meeterkeermee tähised.

- Sisekeermee tähis **M42x3LH**. Selle keermee välisdiameeter on 42 mm, keermesamm 3 mm, keere on vasakukäeline.
- Väliskeermee tähis **M42x3LH**. Selle keermee välisdiameeter on samuti 42 mm, keermesamm 3 mm, keere on vasakukäeline.



Joonis 6-15. Erinevate keermee tüüpide tähistus- ja mõõtmestamishäited joonisel

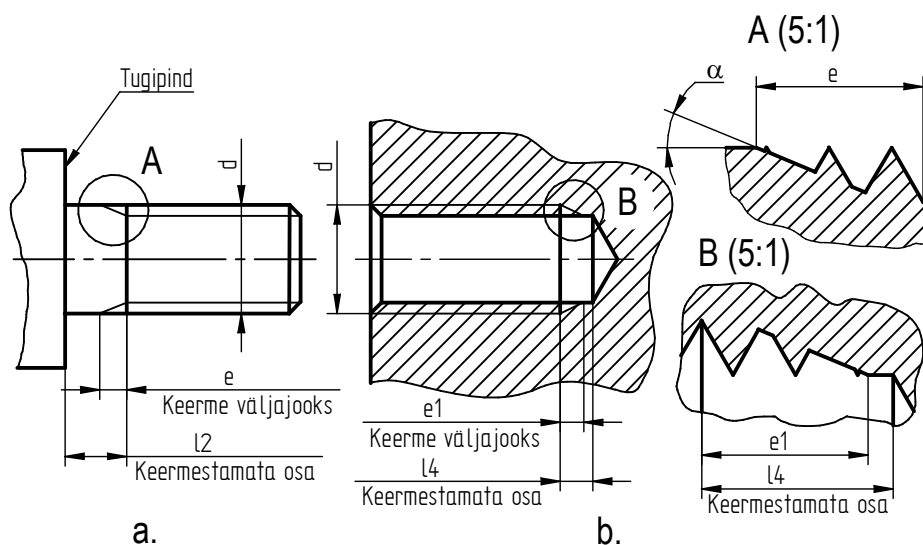
## 6.4. Keermee valmistamine

Keermee valmistamiseks vardal või avas kasutatakse mitmesuguseid erivahendeid: keermelõikurid, -puurid, -freesid, -lõiketerad jne.

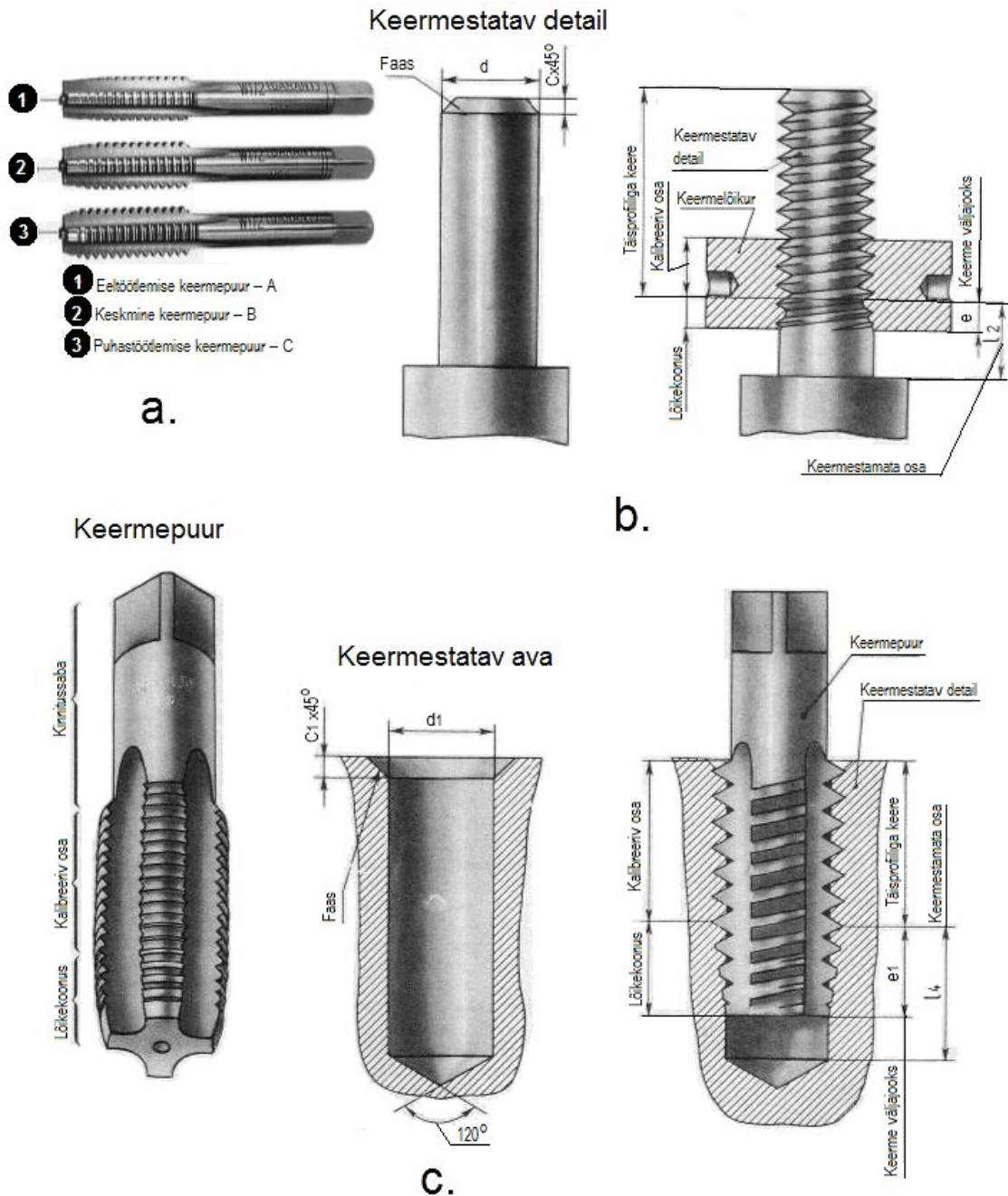
Keermelõikureid kasutatakse väliskeermee töötlemiseks ehk keermee lõikamiseks vardale (nt poldid, kruvid, tikkpoldid, vt joonised 6-16a ja 6-17b), keermepuure kasutatakse sisekeermee lõikamiseks, detailil eelnevalt ettepuuritud avas keermee lõikamiseks (vt joonised 6-16b ja 6-17c). Keermelõiketerasid ja keermefreese kasutatakse nii välis- kui ka sisekeermee valmistamiseks.

Keermelõikuritel ja keermepuuridel koosneb keeret moodustav osa kahest lõigust: vahendi lõikekoonusest ja kalibreerivast osast. Lõikekoonuse ulatuses on keeme profiil kooniliselt maha lõigatud, mistõttu ei ole detailil lõigatav keere selles osas täiskõrgusega. Seda muutuva keeme profiili kõrgusega osa detailil pikkusega  $e$  või  $e_1$  nimetatakse *keeme väljajooksuks* (vt joonised 6-16 ja 6-17). Joonisel keeme väljajooksu osa tavaliselt ei kujutata, vajadusel näidatakse seda pideva kitsasjoonega.

Treiteraga keeme lõikamisel peab keeme lõpus olema soon. Soon on vajalik ka siis, kui detail tuleb keerata tihedalt vastu tugipinda. Selleks kasutatakse nii väliskeermetel kui ka sisekeermetel keermete väljajooksusooni (vt joonis 6-14). Keermete alustamiseks tehakse keeme ette tehnoloogiline faas (vt joonised 6-12 ja 6-16). Sellel faasil võrdub kaateti suurus keeme sügavusega. Tehnoloogilise faasi mõõdet ei ole vaja joonisel esitada, kuid detaili tööjoonisel tuleb faasi kujutada.



Joonis 6-16. Keeme väljajooks ja tema kuju: a – keermestatud vardal; b – keermestatud avas



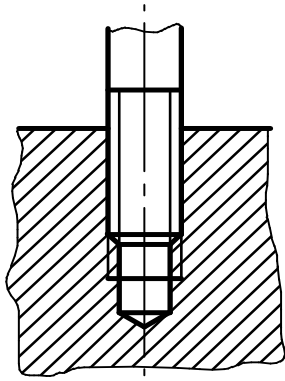
Joonis 6-17. Välis- ja sisekeermete saamise viise: a – käsikeermepuuride komplekt; b – väliskeerme lõikamine keermelõikuriga; c – sisekeerme töötlemine avas keermepuuriga

## 6.5. Keermesliited

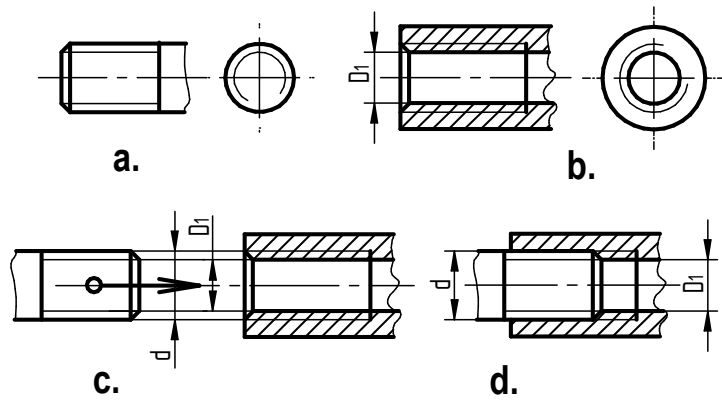
**KEERMESLIIDET** (sise- ja väliskeere ühendatult) kujutatakse nii, nagu näidatud joonisel 6-18. **Keermesliide on koost**, kus väliskeermega detail joonestatakse täies ulatuses välja, sisekeeret aga joonestatakse välja nii palju, kui väliskeermega detail seda vabaks jätab.

Keermesliite kujunemine on näidatud joonisel 6-19 ja erinevaid keermesliiteid joonisel 6-20. Polt- ja tikkpoltliidet ning nende kujunemist ja joonestamist on näidatud joonisel 6-21. Keermesliide on koost ja selle joonestamisel tuleb vormistada koostejoonis. Koostejoonise vormistamise kohta vt ptk 8.

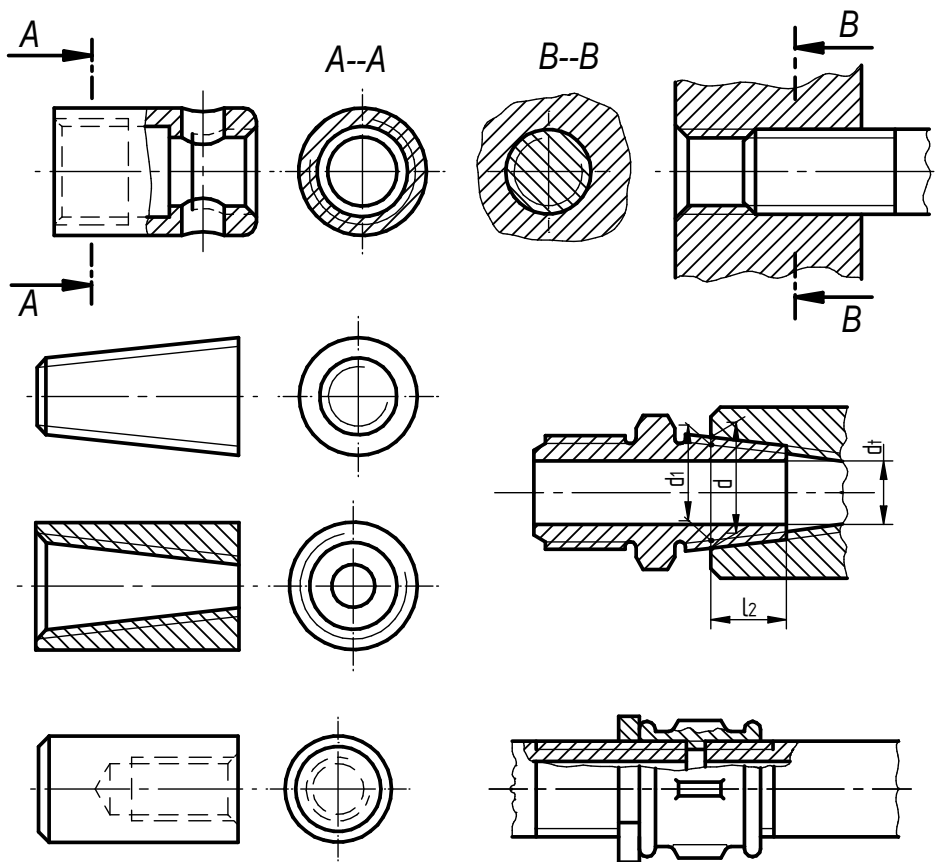




Joonis 6-18. Keermesliide



Joonis 6-19. Keermesliite tekkimine: a – väliskeermega detail; b – sisekeermega detail; c – keermesliite tekkimine; d – saadud keermesliide

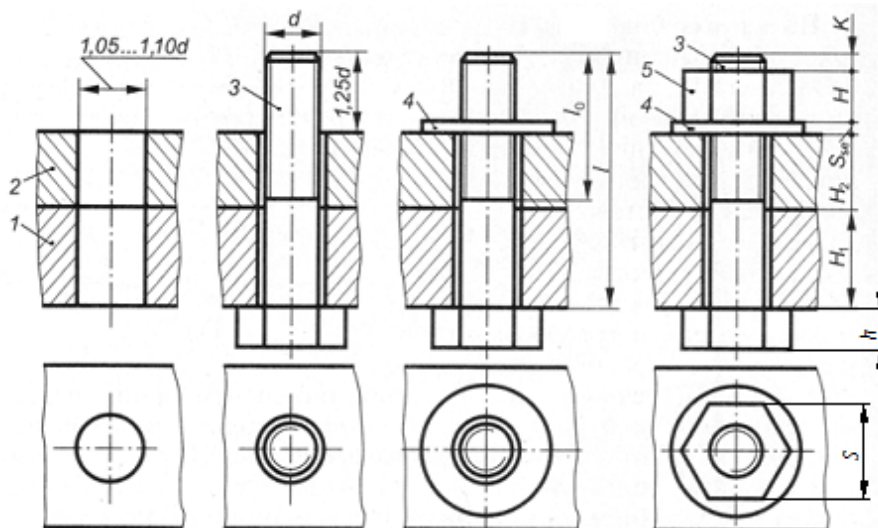


Joonis 6-20. Näiteid erinevate keermestatud detailide ja nende liidete kohta

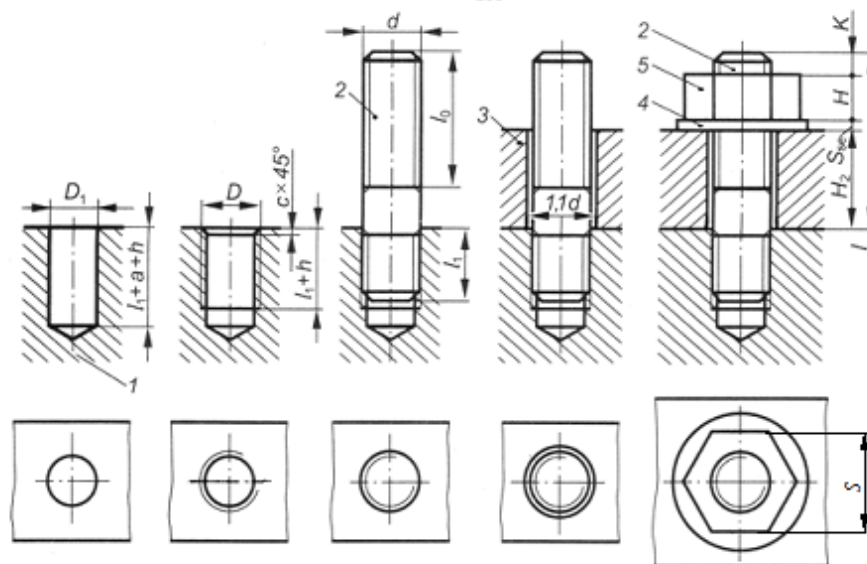
Joonisel 6-21a on näidatud poltliite järkjärgulist kujunemist alates avade puurimisest plaatides (osad 1 ja 2) kuni nende plaatide kinnitamiseni poldi (osa 3), seibi (osa 4) ja mutri (osa 5) abil.

Joonisel 6-21b on näidatud tikkpoltliite järkjärgulist kujunemist alates ava puurimisest detailis (osa 1) ja ava keermestamisest. Sellele järgneb tikkpoldi (osa 2) keeramine keermestatud avasse kuni kerme lõpuni poldil ning plaadi (osa 3) kinnitamine detailile tikkpoldi abil, kasutades seibi (osa 4) ja mutrit (osa 5).





a.



b.

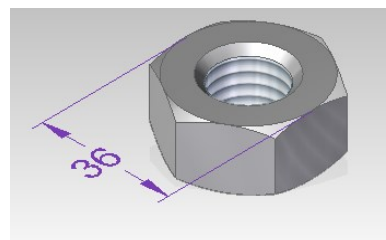
Joonis 6-21. Keermesliidete saamine: a – poltliite tekkimine; b – tikkpoltliite kujunemine. Joonisel mutri kõrgus  $H = 0,8d$ ; võtmemõõde  $S = 1,73d$  ja poldi pea kõrgus  $h = 0,7d$

Lisa 4 tabelis L-9 on toodud mõned enamlevinud kinnituselementide (mutrid, poldid, kruvid, tikkpoldid ja seibid) tähistamise näited, mis kirjutatakse koostejooniste tükitabelites lahtrisse „Nimetus, materjal“ alajaotusse „Standardtooted“.

**KRUVITÄHISTUSNÄIDE:** kruvi M10x25  
ГОСТ 1491-80

Koostejoonisel kirjutatakse see tähis tükitabelisse (lahtrisse „Nimetus, materjal“) ja šifreeritakse järgmiselt: kruvi on silindrilise peaga, keere on meeterkeere (jämkeere) nominaalmõõtmega  $d = 10$  mm (välisläbimõõt), kruvi pikkus kuni peani  $l = 25$  mm.

Kuuskantpeadega polte ja mutreid keeratakse võtmega. Poltliite joonisel antav poldi ja mutri tahkudevaheline mõõde **e** **võtmemõõde** (vt joonised 6-21 ja 6-22) on vajalik sellise suurusega võtme valimiseks, millega saab polti või mutrit keerata. Sama mõõtarvuga tähistatakse ka võtmeid.



Joonis 6-22. Mutri võtmemõõde



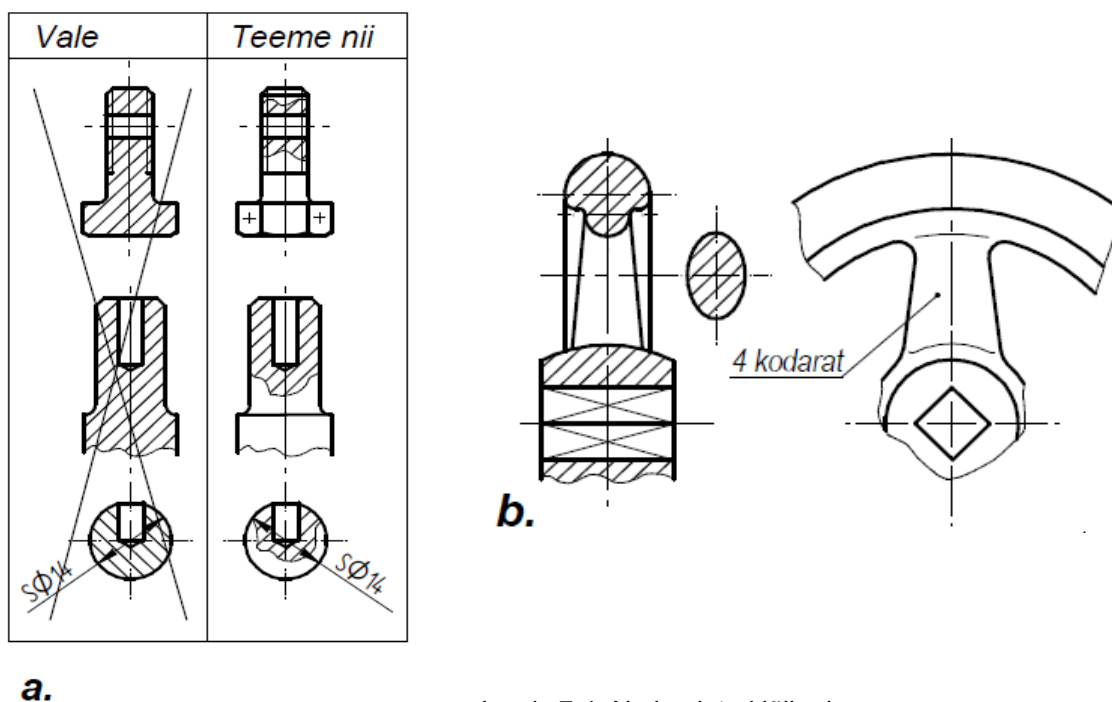
## 7. LIHTSUSTUSED. TINGLIKKUSED JA KORDUVAD ELEMENDID JONISEL

Tinglikke ja lihtsustatud kujutamisevõtteid joonistel kasutatakse selleks, et vähendada joonestamise töömahtu ning kasutada joonise pinda ökonoomsemalt.

**NNKEELATUD LÕIKED.** Kujutise lihtsustamiseks ja tema selguse huvides ei viirutata järgmisi lõikepindu:

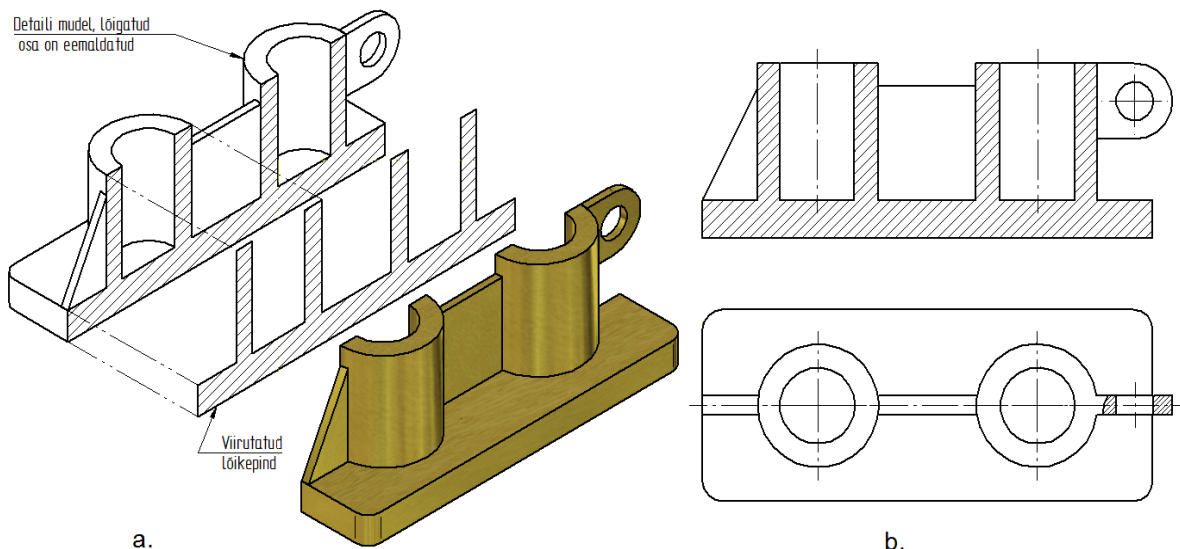
- täisvõlle ning -spindleid, kodaraid, tihvte, polte ja kruvisid, neete, liiste jms, kui lõikepind läbib selle detaili või selle elemendi pikitelge (vt joonised 7-1a ja 7-1b);
- jäikusribisid ja õhukesi plaadikujulisi detaile või nende elemente, kui lõikepind kulgeb piki õhukest seina (vt joonis 7-2);
- hammasratta hambaid, kui lõikepind läbib neid pikuti (vt joonis 7-3);
- sfääre või sfäärilisi elemente detailidel, nt kuullaagri kuule (vt joonis 7-1a);
- mutreid ja seibe koostejoonistel.

Avad ja süvendid nendes elementides tuuakse vajadusel välja kohtlõigetega.



Joonis 7-1. Nn keelatud lõiked

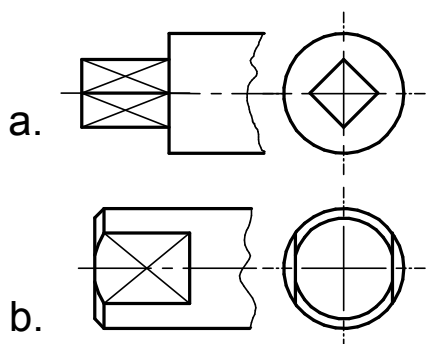
Joonisel 7-2a näidatud detail on lõigatud frontaalpinnaga sümmeetriateljelt. Lõikepinnale jäävad ka õhukeseseinalised ribi vahesein ja kõrv. Neid lõikes ei viirutata (vt joonis 7-2b).



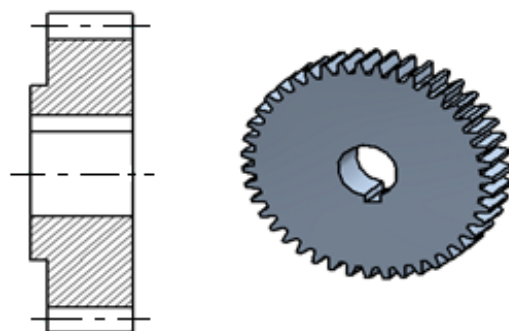
Joonis 7-2. Lihtsustused ehk nn keelatud lõiked: a – lõike kujutise tekkimine (keskel on lõikepinnale jääv viirutatav osa); b – õhuke siini ja ribisid lõigatakse, kuid ei viirutata piki siina

**KATKESTUSED** tehakse ühtlase või ühtlaselt muutuva ristlõikega detailide (nt võll, varras, valtsprofiil) kujutamisel, kus detailist joonise tegemisel jäetakse välja osa ühtlasest (vt joonis 7-5a) või ühtlaselt muutuvast elemendist (vt joonis 7-5b). Allesjäänud osad aga piiratakse pideva vabakäejoonega või peene murdejoonega ja tuuakse üksteisele lähemale. **Mõõtarvud joonisel näitavad aga detaili tegelikku pikkust**, kusjuures mõõtjooned on ilma katkestuseta.

Ühtlase ristlõikega detailil on näidatud kahes kohas ka lati ristlõike kujutised. Pealejoonestatud ristlõike kontuur on joonestatud kitsa joonega ja astmelise ava



Joonis 7-4. Tasapindade eristamine pöördpindadest: a – ruudukujuline võlliots; b – paralleelsete tasapinnaliste osadega võlliots



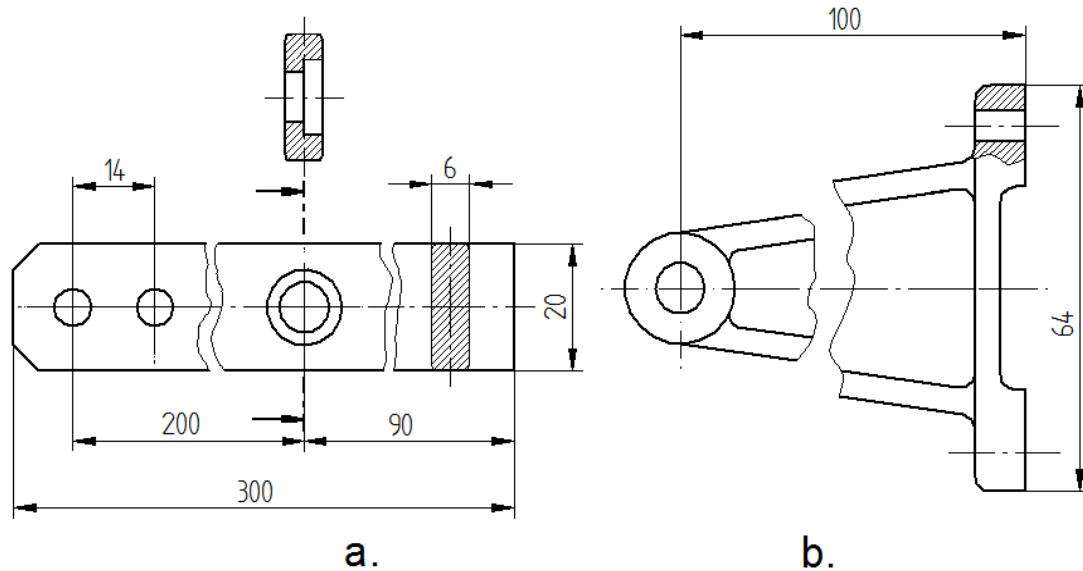
Joonis 7-3. Nn keelatud lõiked, hammasratta lõike kujutis (hammasratta hambaid lõikes ei viirutata) ja aksonomeetria

kohal, kus on kujutatud ebasümmeetriline ristlõige (väljatoodud ristlõige), millel on näidatud ristlõikepind ja noolte abil vaate suund (vt joonis 7-5a).

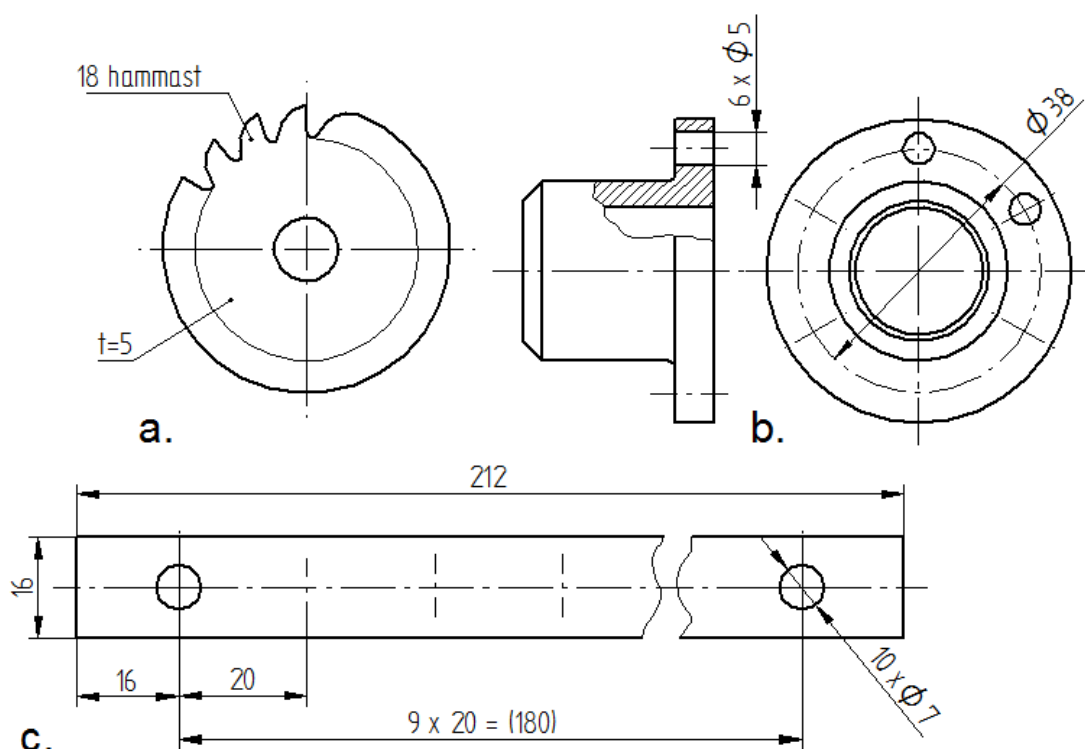
## **TASAPINDADE ERISTAMIST**

**PÖÖRDPIINDADEST** kasutatakse detaili tasapinnaliste osade esiletoomiseks, kui need tasapinnalised osad on pöördpindade läheduses. Selleks tõmmatakse tasapinnaliste osade peale diagonaalsed pidevad peenjooned (vt joonis 7-4).

**KORDUVAD ELEMENTID** on detaili ühesugused elemendid, mille paigutus on seal kergesti äratuntav. Kui detailil on mitu ühesugust elementi, siis joonestatakse detaili joonisel nendest elementidest välja ainult üks või mõned, ülejäänud aga näidatakse tinglikult või lihtsustatult, kuid nii, et elementide asetus oleks selge (vt joonis 7-6).



Joonis 7-5. Katkestused: a – ühesuguse ristlõikega detailil on tehtud kaks katkestust; b – katkestus ühtlaselt muutuva ristlõikega detailil

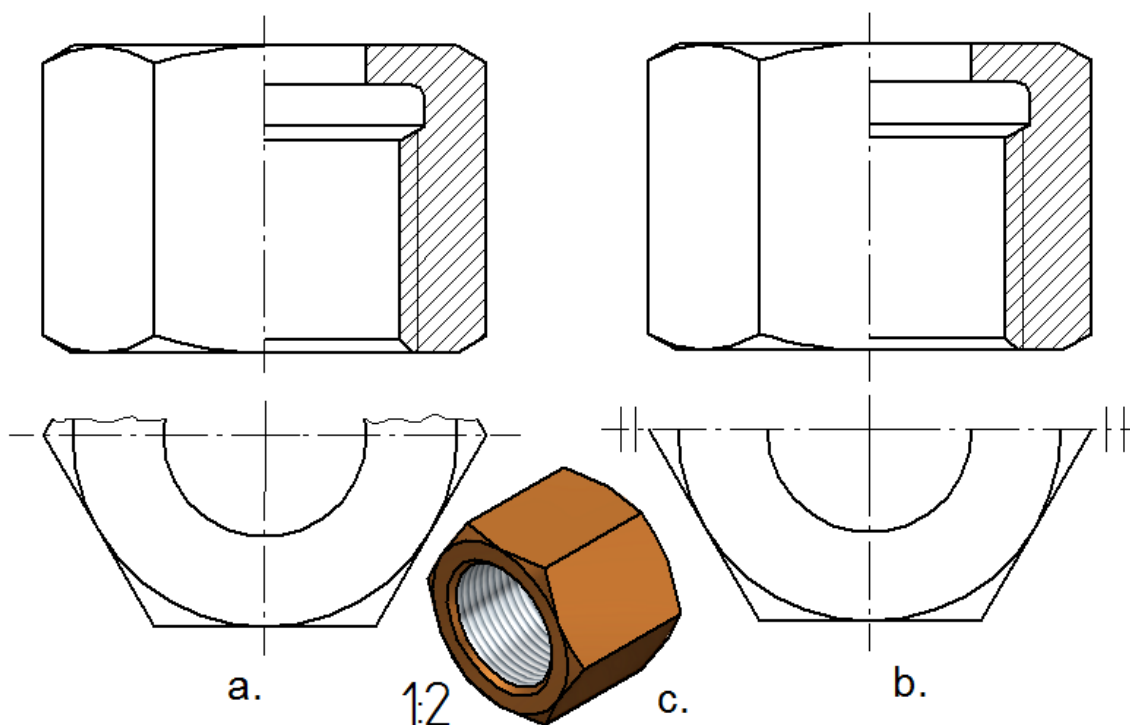


Joonis 7-6. Detailidel korduvad elemendid: a – hambad ketasfreesil; b – avad äärikul; c – ühtlaste vahedega paiknevad avad latil

Esemest võib joonestada välja ka ainult teatud osa ja sinna juurde märkida korduvate elementide arvu (vt joonis 7-1b).

Kui ühtlase ristlõikega detaili avad on paigutatud ühesuguse vahemaa tagant, siis võib joonestada välja ainult ühe või mõned avad. Ülejäänud avade kohal näidatakse vaid avade teljed – tsentrijooned (joonisel 7-6c on välja joonestatud algus- ja lõpuava) ning tehakse detaili vaatele katkestus. Korduvatele elementidele kantakse mõõtmed nii, nagu joonisel 7-6c näidatud.

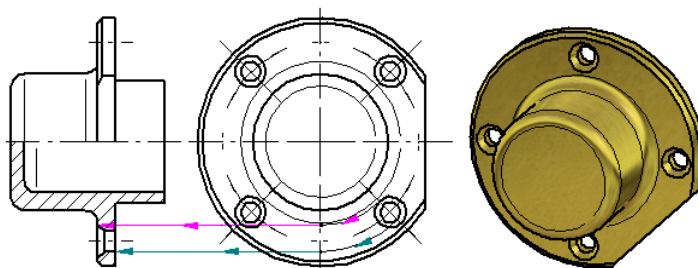
**SÜMMEETRILISE D KIJUTISED.** Joonise pinna kokkuhoiu otstarbel lubatakse sümmeetriliste objektide vaateid kujutada osaliselt, sealjuures **peavaadet osaliselt kujutada ei saa**. Joonisel 7-7 näidatud mutri kujutised on sümmeetrilised, seetõttu näidatakse eestvaatel poolvaatlõige ja pealtvaatel võib mutrist näidata vaid pool. Sümmeetriatelje kumbki ots tuleb märgistada kahe kitsa, teljega risti tõmmatud, paralleelse kriipsukesega (vt joonis 7-7b). Märgistatud telg peab jääma peavaate poole. Kriipsukesed jäetakse ära, kui detaili kontuurid on tõmmatud veidi üle sümmeetriatelje, ja detail katkestatakse kitsa vabakäejoonega (vt joonis 7-7a).



Joonis 7-7. Sümmeetriliste vaadete ja lõigete kujutamine: a – mutri poolvaatlõige ja pealtvaate kujutise kontuurid on viidud üle telje; b – mutri poolvaatlõige ja pealtvaate kujutise kontuurid lõpevad sümmeetriateljega; c – mutri piltkujutis

### **RADIAALSELT ASETSEVATE ELEMENTIDE PÖÖRAMINE.**

Siin on mõeldud selliste elementide pöörämist, mis asetsevad ringjoonel ja mille teljed on raadiusesihilised (avad, ribad jm). Neid elemente võib tinglikult pöörata joonise tasapinda e projektsioonipinna peale (vt joonis 7-8). Sellisel juhul oleks tegemist justkui tähistamata murdlõikega.



Joonis 7-8. Poolvaatlõike lõikepoole kujutisel on ava pööratud

## 8. JOONISED

### 8.1. Detaili tööjoonis

Detaili tööjooniste kohta kehtivad järgmised nõuded.

- Detaili tööjoonis peab olema vormistatud korrektselt (vastavalt standardile).
- Detaili tööjoonis peab määrama detaili täpse kuju ja suuruse üheselt, st joonis peab olema tehtud nii, et seda saab tõlgendada ainult ühtmoodi. Selleks joonestatakse tööjoonisele kõik detaili vajalikud kujutised: vaated, lõiked, ristlõiked jms.
- Detaili tööjoonisele kantakse kõik tema valmistamiseks vajalikud mõõtmed koos nende piirhälvetega.
- Joonisele kantakse kõikide detaili pindade kvaliteediandmed – pinnakaredusmärgid.
- Tööjoonisel peavad olema andmed detaili materjali, tema termilise töötlemise ja lõpliku viimistlemise kohta (pinnakatted jm).
- Vajadusel lisatakse nurgatabeli kohale märkustena nõuded joonisel näitamata ümardusraadiuste, valukallete ja muude tehniliste nõuete kohta.
- Tööjooniseid ei tehta standardsetest (nt kruvid, mutrid, poldid, seibid) ja ostetavatest toodetest.
- Loobutakse väga lihtsate profiil- ja lehtmaterjalist valmistatavate detailide kohta jooniste tegemisest. Nende detailide mõõtmeid (pikkus  $x$ , laius  $x$ , kõrgus) ja muid andmeid näidatakse koostejoonise tükitabelis.

**Detaili tööjoonis on dokument**, mille järgi valmistatakse tööprotsessis konkreetne detail. Joonis on dokument, mille autorsust ja õigsust kinnitab koostaja oma allkirjaga. Mida suuremat hulka detaile joonise järgi valmistatakse, seda põhjalikumalt kontrollitakse joonise õigsust ja iga kontrollija kinnitab seda joonisel ka oma allkirjaga.

Iga detaili joonis vormistatakse omaette lehele, millel on kindel standardformaad. Iga joonis tuleb varustada nõuetekohase raamjoone ja nurgatabeliga (vt joonis 2-3). Suuremamahuliste ja keerukamate detailide joonised võivad olla tehtud ka mitmele lehele, kuid iga leht peab olema varustatud nurgatabeliga ja esimesele lehele paigutatakse alati detaili peakujutis.

Nurgatabelis täidetakse kõik lahtrid. **Detaili nimetus** esitatakse võimalikult lühidalt ja üldkasutatavate mõistete abil, mis iseloomustaksid seda detaili (nt polt, seib, silinder, tugi) võimalikult täpselt. Kui detailile on raske nimetust anda, võib selle nimetada geomeetrilise kuju järgi (nt plaat, silinder, koonus). Sama detaili nimetus kirjutatakse koostejoonise tükitabelis lahtrisse „Nimetus, materjal“.

Igal detaili joonisel on tähis. **Joonise tähis** kirjutatakse lahtrisse „Tähis“, sama joonise tähis kirjutatakse koostejoonise tükitabelis lahtrisse „Tähis“.

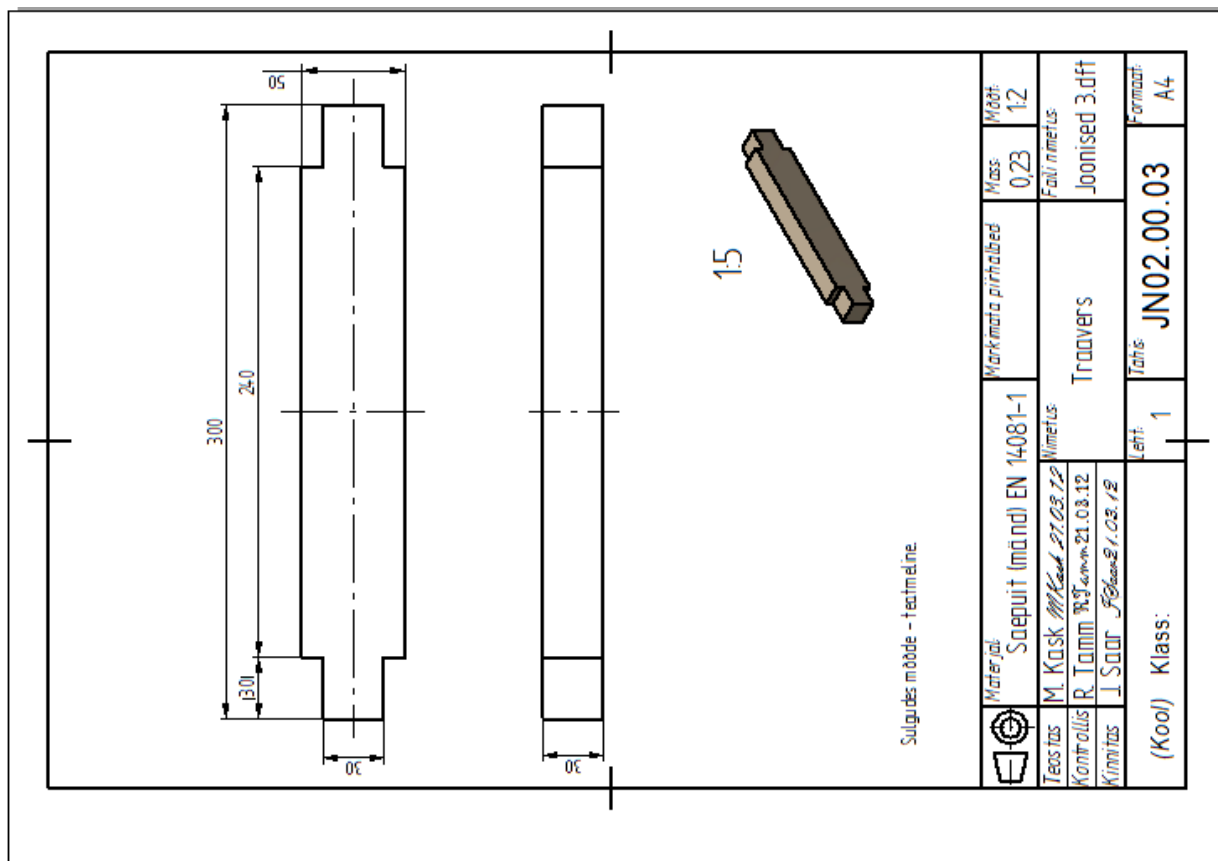
**Detaili materjali** märkimisel kasutatakse materjali standardikohast tähistust koos materjalistandardi märkimisega (nt terase tähise näited: EN 10083-1 – C45E ja Fe52D SFS 200; messingi tähise näited: Messing DIN 17660 – CuZn36Pb1,5 ja CuZn36Pb1 SFS 2923). Esitatud näidetes EN on Euroopa Liidu standardi tähis (EuroNorm), millele järgneb standardinumber (10083-1) ja materjalimark (C45E); SFS on Soome Vabariigi standardi tähis, millele järgneb standardinumber (nt terase standardi nr 200), standardi ees on materjalimargi tähis (nt terase tähis Fe52D); DIN on Saksamaa standardi tähis, millele järgneb standardinumber (17660) ja materjalimargi tähis (CuZn36Pb1,5).

Detaili materjal kirjutatakse nurgatabeli lahtrisse "Materjal". Tähise märgistus sõltub kasutatavast materjali standardist, kuid üldjuhul on tähises kolm osa: a) materjali nimetus; b) materjalimark; c) kasutatava materjali standard. Vastavalt sellele, millise riigi standardi (või normide) järgi kasutatavat materjali märgitakse, võib nende osade järjekord tähises olla erinev.

Materjalide tähistusnäiteid vt lisast 2.

Joonistel 8-1 kuni 8-4 on toodud mitmed tööjooniste näidised.

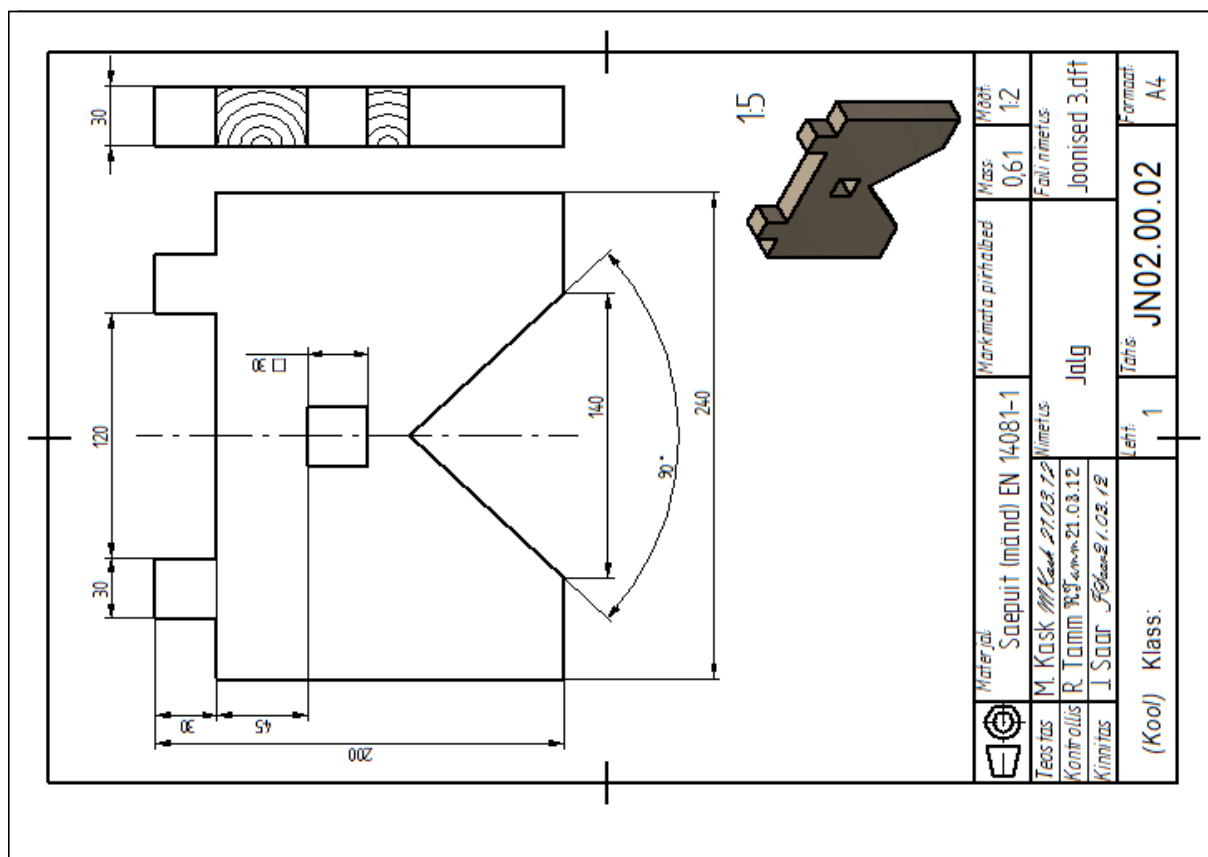
Joonisel 8-1 on näidatud istepingi JN02.00.00 (vt joonis 8-9) traaversi tööjoonis (traavers JN02.00.03). Traavers on ühendatud tappide abil kahe istepingi jalaga, et istepink oleks tugevam.



Joonis 8-1. Tööjoonise näide „Traavers“

Traavers (vt joonis 8-1) on sümmeetriline detail, mis on valmistatud 30 mm paksusest saepuidust ja mille mõlemas otsas on tapid ristlõikega 30 x 30 mm. Joonisele on märgitud traaversi gabariitmõõdmed: pikkus, laius ja kõrgus (300 x 30 x 50 mm). Tappide vahekaugus (240 mm) on antud traaversi sümmeetriatelje suhtes, seetõttu on tapi pikkus esitatud teatmemõõtmena (vt joonisel sulgudes mõõdet 30 mm). Tapi laius on võrdne saematerjali paksusega (30 mm). Kõrgus on joonisel esitatud samuti sümmeetriatelje suhtes (30 mm), seetõttu ei ole tapi sisselõike sügavust (10 mm) joonisele märgitud. Kui see mõõde joonisele märkida, siis peab see olema samuti teatmemõõde.

Joonisel 8-2 on toodud istepingi JN02.00.00 jala tööjoonis (jalg JN02.00.02). Istepingil on kaks jalga, mis on tappide abil ühendatud isteplaadiga. Jäigastamiseks on jalgade vahele pandud traavers (vt joonis 8-1).



Joonis 8-2. Tööjoonise näide „Jalg“

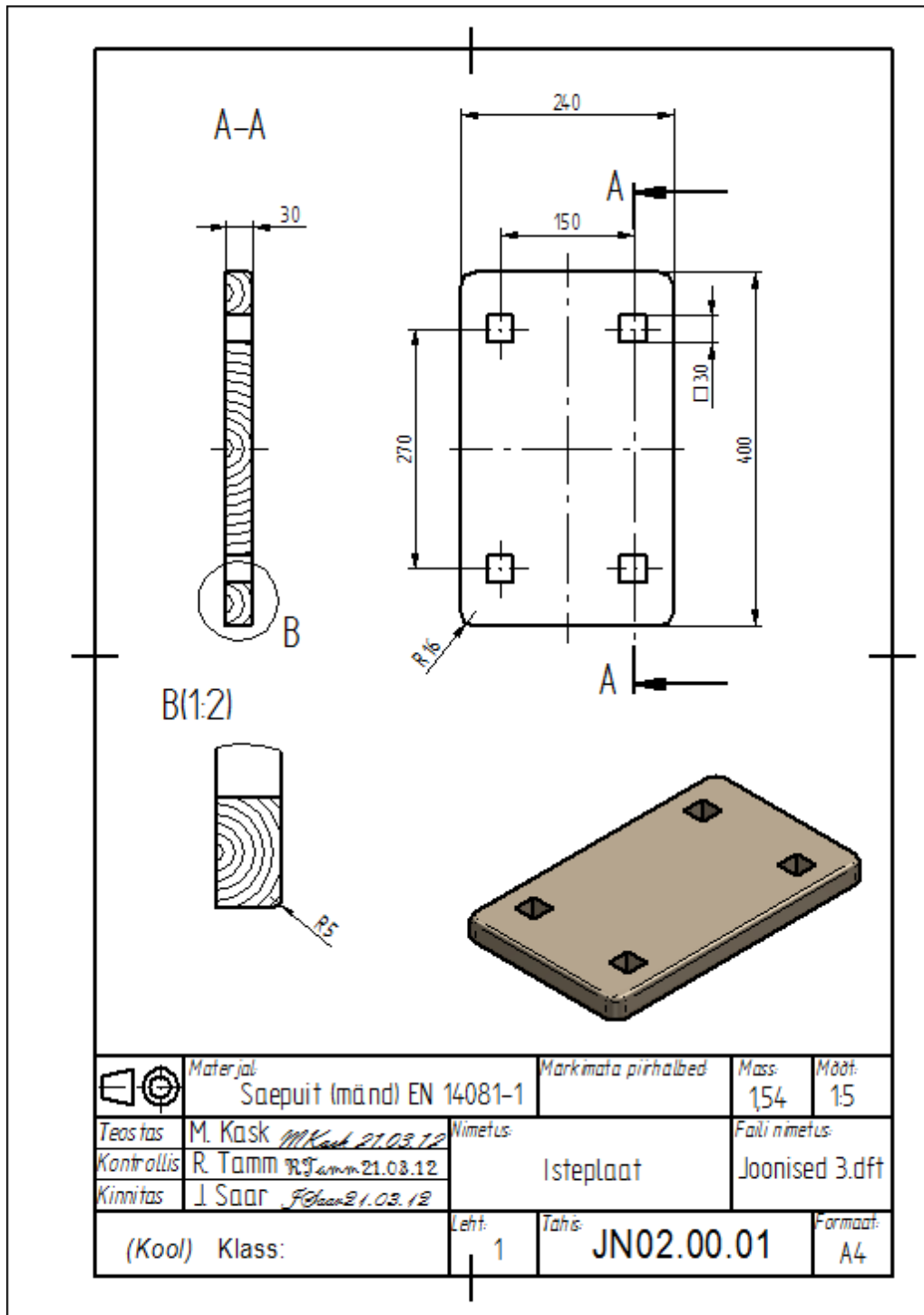
Jalg (vt joonis 8-2) on valmistatud 30 mm paksusest saepuidust. Tal on üks vertikaalne sümmeetriatelg, seetõttu esitatakse laiusmõõtmed sümmeetriatelje suhtes ja väljaulatuva tapi laius on märgitud ainult ühel poolel. Vasakultvaatel näidatud profiillõige on tehtud sümmeetriateljelt, seetõttu ei ole lõikepinda näidatud ega lõiget tähistatud.

Joonisel 8-3 on toodud istepingi JN02.00.00 isteplaadi tööjoonis (isteplaat JN02.00.01). Isteplaat on valmistatud 30 mm paksusest saepuidust. Plaadi servad ja nurgad on ümardatud ning plaadis on neli ruudukujulist ava ühendamiseks jalgadega. Tal on kaks sümmeetriatelge, kuid lõige avade näitamiseks ei ole tehtud sümmeetriateljelt. Seega on lõikepind näidatud ja tähistatud ning lõige pealkirjastatud „A-A“. Serva ümardusraadiuse (R5) paremaks näitamiseks on joonisel kasutatud nn väljatoodud elementi, kus serva ümarduse kohale on kitsasjoonega ring ümber tõmmatud ja tähistatud tähega B. Vaate kõrval on joonega ümbritsetud osa suuremalt (mõõtkavas 1:2) välja joonestatud ning tähistatud uuesti tähega B.

Joonisel 8-4 on keerukama, keermestatud avade, ribide ja silindriliste avadega detaili tööjoonise näide. Joonisel on esitatud kõik vajalikud kujutised: eestvaade poolvaatlõikena detaili sisemiste avade näitamiseks, pealtvaade ning ristlõige ribide ja keermestatud ava näitamiseks. Joonisele on kantud kõik vajalikud mõõtmed, mis kirjeldavad detaili kõiki elemente. Siin on näidatud, kui täpselt on vaja detaili valmistada. Selleks on mõõtmetele märgitud detaili valmistamiseks vajalikud piirhälbed. Samuti on esitatud detaili töödeldavate pindade pinnakvaliteedi (pinnakareduse) nõuded: töödeldavatele pindadele on lisatud pinnakareduse märgid vajalike pinnakonaruste suurustega (arv tähise Ra järel näitab pinnakonaruste keskmist hälvet mikromeetrites).

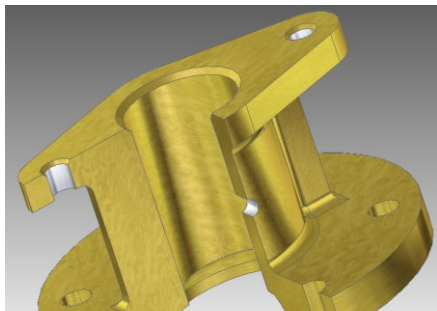


Nurgatabelis on näidatud valmistatava detaili materjal ja selle mark koos materjali standardiga.



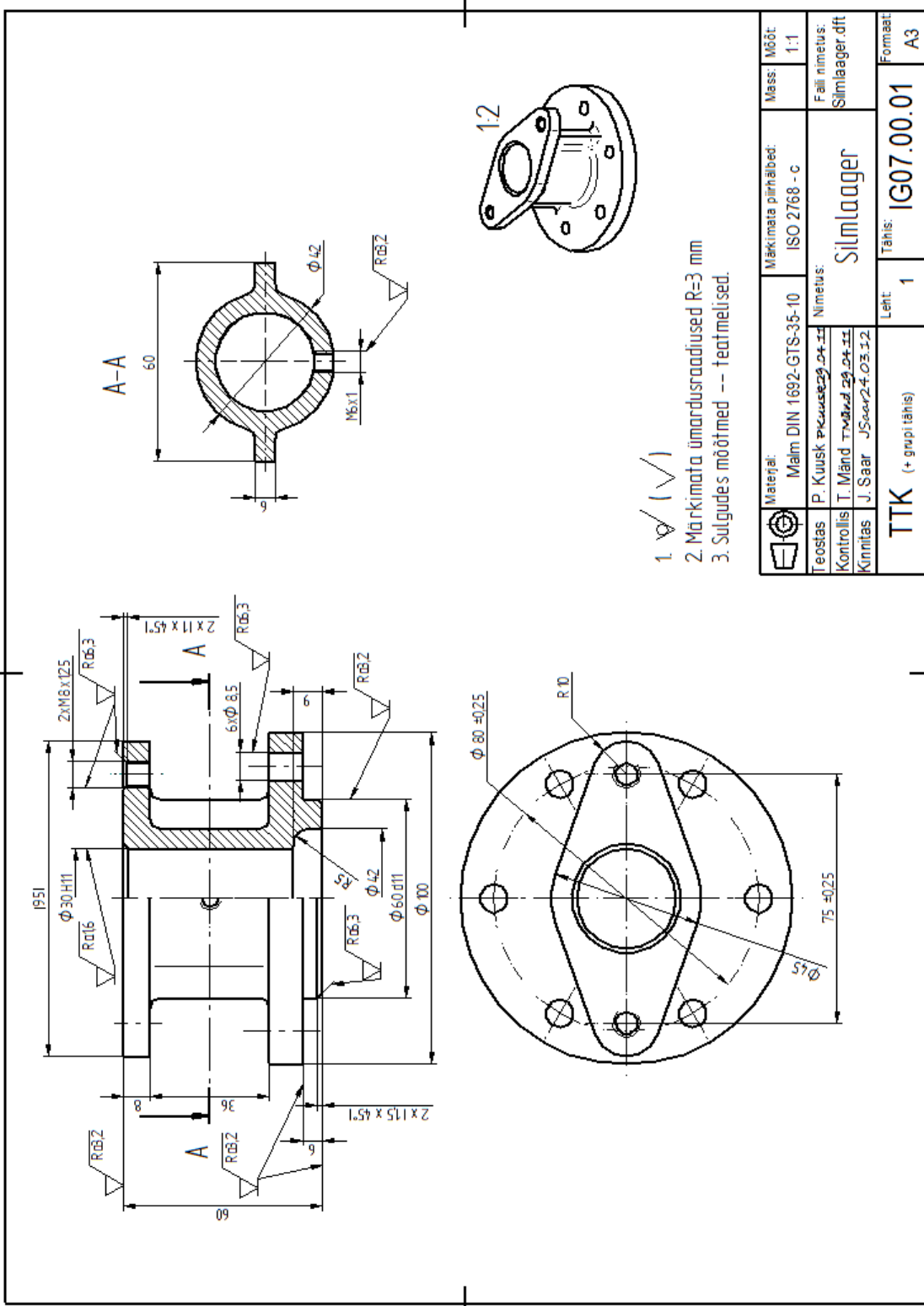
Joonis 8-3. Tööjoonise näide „Isteplaad“





a.

Joonis 8-4. Keerukam keermete, ribide ja avadega detail "Silmlaager": a – detaili 3D-mudel veerandi väljalõikega; b – detaili tööjoonise näide



b.

## 8.2. Koostejoonis

**KOOSTEJOONIS** on selline tööjoonis, mille järgi pannakse toode kokku varem valmis tehtud üksikdetailidest või väiksematest alamkoostudest. Üksikdetailidest kokkupandud toode on **koost**.

**Koostejoonis** on tehniline dokument, mis annab üksikdetailidest koostatava toote kokkupanemiseks, kontrollimiseks ja katsetamiseks vajalikud kujutised ning tehnilised andmed. Seetõttu valitakse koostu kujutised nii, et joonise järgi selguks toote kõigi üksikdetailide vastastikune asend, seadme tööpõhimõte, gabariitmõõtmed (pikkus, laius, kõrgus), üksikdetailide ühendusviis ning mõõtmed külgnevate (detailiga ühendatavate) koostude või detailidega. Vajadusel kirjutatakse nurgatabeli kohale seadme tehnilised andmed (tehniline lühiiseloostus) ja muud tehnilised nõuded.

### 8.2.1. Koostejoonise vormistamine

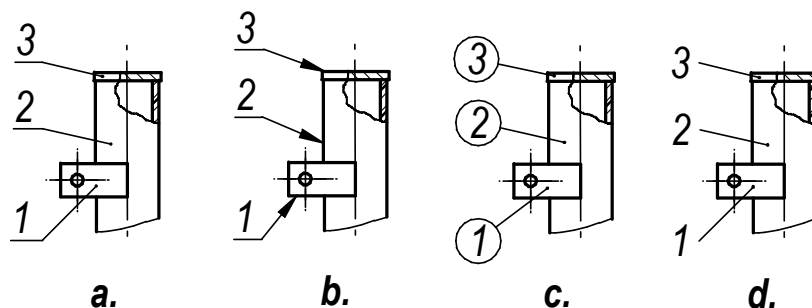
**Koostejoonise vormistamisel** tuleb arvestada, et koostejoonisel peab olema kõige ülevaatlikum joonise peakujutis.

Tuleb jälgida, et koostejoonisel oleks ühe ja sama detaili viirutuse kalle kõikides lõigetes ja ristlõigetes ühesuunaline ning ühesuguse tihedusega. Kokkupuutuvad detailid viirutatakse aga erinevas suunas. Kui see ei ole võimalik, siis muudetakse viirutusjoonte vahekaugust või nihutatakse viirutust kõrvalseisva viirutuse suhtes.

Koostu juurde koostatakse **tükitabel**, mille võib ühitada koostejoonisega (vt joonis 8-6) või vormistada eraldi A4-formaadis lehel (vt joonis 8-7). Koostu detailidele, mille kohta on valmistatud tööjoonised, on antud lühinimetus, mis kirjutatakse tükitabelis lahtrisse „Nimetus, materjal“, ja tähis, mis kirjutatakse lahtrisse „Tähis“. Sama detaili nimetus ja tähis kirjutatakse ka detaili tööjoonise nurgatabeli vastavatesse lahtritesse „Nimetus“ ja „Tähis“. Nende detailide puhul, mille kohta jooniseid ei tehta, kuid mille mõõtmed ja materjal esitatakse tükitabelis, tähist ei kirjutata.

Koostejoonisel antakse igale detailile oma number (osanumber), mis on vastavuses tükitabelisse kantavate detailide osanumbritega. Osanumbrite suurus peab olema mõõtarvudest ühe kuni kahe tähe kõrguse võrra suurem ja osanumbrid kirjutatakse nurgatabeli suhtes paralleelselt viitejoone otsa juurde laudile (riiulile) või rõnga sisse (vt joonis 8-5). Osanumbrid paigutatakse joonise kontuuridest väljapoole, rühmitades nad kas vertikaalselt

kolonni või horisontaalselt ritta. Viitejoon, laudi ja rõngas joonestatakse pideva peenjoonega. Viitejoon ja laudi peavad olema teineteise suhtes nurga all, kusjuures viitejoon ei tohi olla horisontaalne ega vertikaalne. Viitejoon



Joonis 8-5. Osanumbrite kandmine joonisel

lõpeb vastava osa pinnal punktikese või nooleotsaga. Viitejooned ei tohi omavahel lõikuda ja nad ei tohi olla viirutusjoontega paralleelsed. Laudid peavad ühel joonisel olema ühepikkused:  $\approx 10$  mm (vt joonised 8-5, 8-9 ja 8-10).

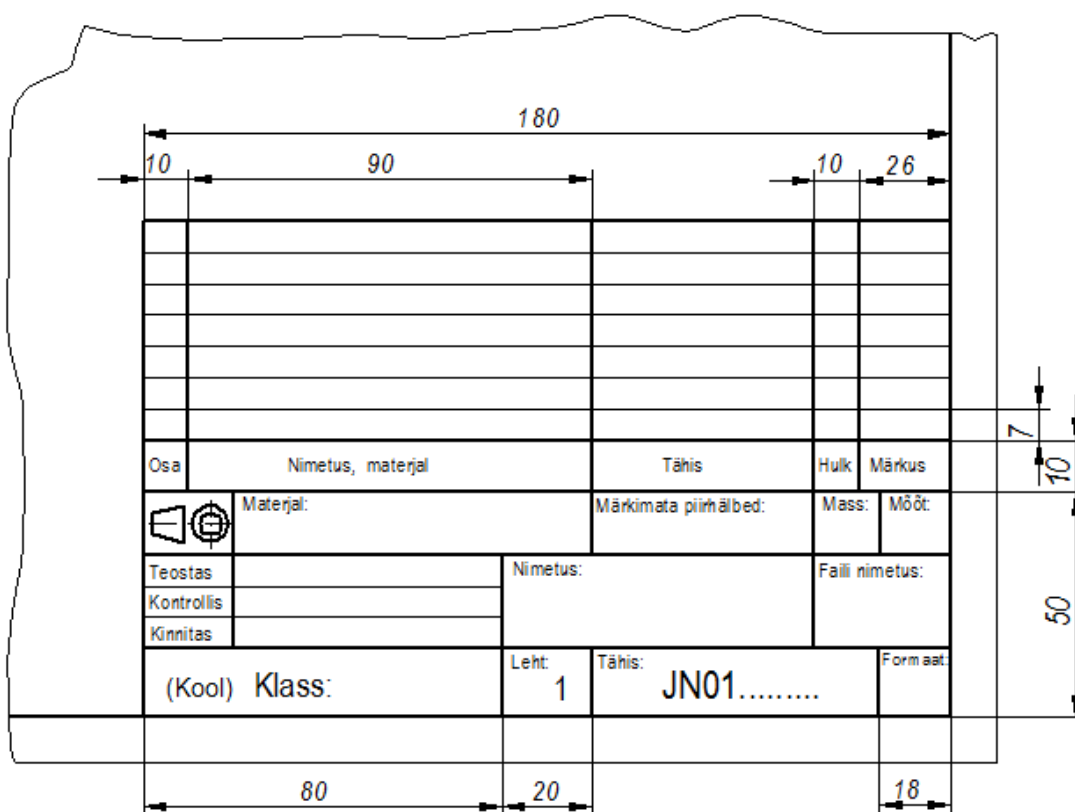
Koostejoonisele tuleb kanda järgmised mõõtmed:

- gabariitmõõtmed (pikkus, laius, kõrgus);
- mõõtmed, millega tuleb arvestada koostu kokkupanemisel;
- ühendusmõõtmed, mille abil saab koostu ühendada teiste piirnevate detailide või koostudega (nt ääriku puhul ava läbimõõt ja avade jaotusringjoone läbimõõt);
- eksploatatsiooniks vajalikud mõõtmed (nt võtmemõõde mutri pingutamiseks).

Kui mõni koostu osa võib liikuda gabariidist väljapoole, siis näidatakse ka selle liikumise ulatus.

Koostejoonise näiteid vt joonistel 8-9 ja 8-10.

**TÜKITABEL** on koostu juurde kuuluv dokument, mis sisaldab koostu koostisosade loetelu (järgmises järjekorras: alamkoostud, detailid, standardtooted, muud tooted, materjalid ja komplektid), nende arvu koostus jm andmeid. Tükitalabel on vajalik esmalt toote dokumentatsiooni jaoks, seejärel tootmise käivitamiseks ja selle planeerimiseks, hiljem ka toote koostisosade komplekteerimiseks. Kõikidel tükitalabelis olevatel toote koostisosadel (alamkoostud, detailid) on samad tähised, mis on selle koostu joonistel (koostejoonised, detailide tööjoonised).



Joonis 8-6. Koostejoonisega ühitatud tükitalabel

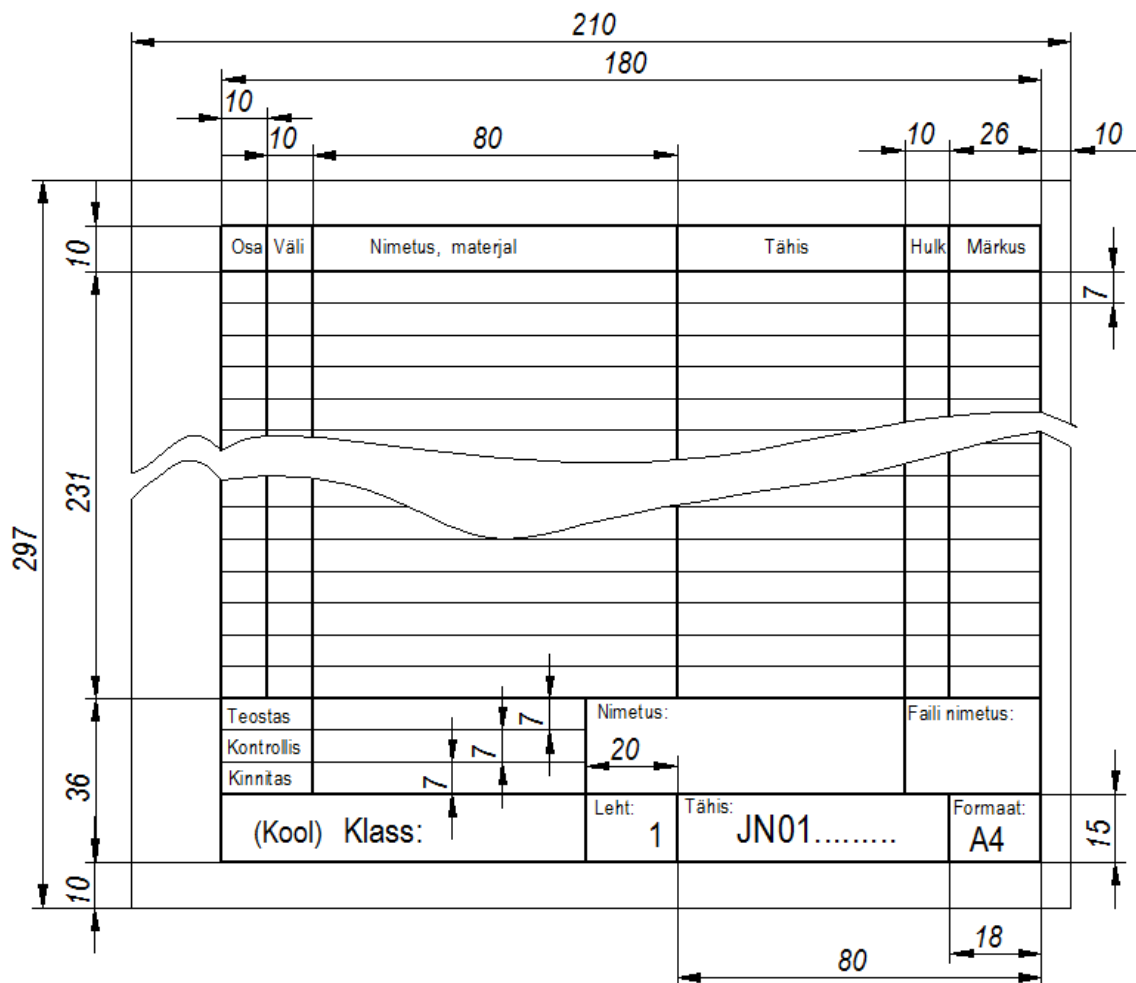
Tükitalabeli võib ühitada koostejoonisega (juhul kui osanumbrite arv on väike) ja joonestada ta nurgatabeli peale, nagu on näidatud joonistel 8-9 ja 8-10 (mõõtmeid vt joonisel 8-6), või vormistada eraldi A4-formaadil (vt joonis 8-7). Tükitalabel on otstarbekas koostada suure hulga detailide (mitmekümne) korral eraldi A4-formaadis lehtedele.

Kui tükitalabel ühitatakse koostejoonisega, siis tabeli pealdis on nurgatabeli kohal ning tabeli täitmist alustatakse alumistest ridadest suunaga üles (vt joonis 8-6). Tükitalabeli read peavad olema paralleelsed kirjanurgaga. Tabeli kontuurid joonestatakse pideva

jämejoonega, samuti eraldatakse pideva jämejoonega tabeli pealdis ja vertikaalsed lahtrid. Tükitabel koostatakse ainult koostejoonise esimesel lehel.

Eraldi lehel oleva A4-formaadis tükitabeli täitmist alustatakse ülevalt, nii et tabeli pealdis on üleval, ja detailid reastatakse ülevalt alla. Tükitabeli lahtrites „Nimetus“ ja „Tähis“ peab olema sama nimetus ja tähis mis koostejooniselgi.

**Tükitabelit täidetakse** grupiviisi, alustades alamkoostudest, seejärel lisatakse detailid, standardtooted, muud tooted ja materjalid. Tükitabeli täitmisel järjestatakse sissekirjutused nii, et koostu osanumbrid ja jooniste tähised (tähelis-numbrilises järjestuses) on esitatud kasvavas järjekorras.



Joonis 8-7. Tükitabel eraldi lehel A4-formaadis

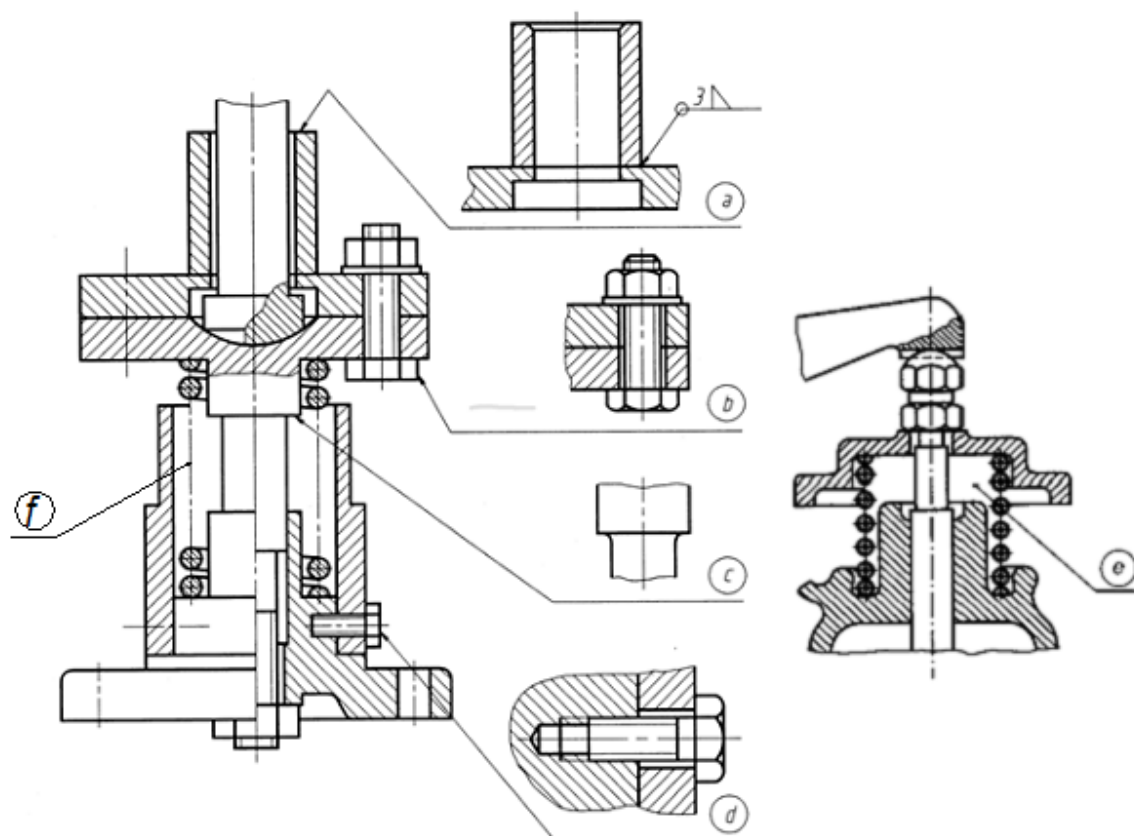
Alalõikudes „Koostud“ ja „Detailid“ loetletakse kõik selle toote juurde kuuluvad alamkoostud ja omavalmistatud või mõnest teisest koostust laenatud üksikdetailid. Lahtrisse „Osa“ kirjutatakse selle koostu või detaili osanumber koostejooniselt, järjestades read osanumbrite kasvavas järjekorras; lahtrisse „Nimetus, materjal“ kirjutatakse selle koostu või detaili lühinimetus (sama nimetus on selle koostu või detaili tööjoonisel); lahtrisse „Tähis“ kirjutatakse selle alamkoostu või detaili tähelis-numbriline tähis. (NB! Tähis kirjutatakse ainult siis, kui selle detaili kohta on tehtud joonis.) Kui detaili kohta joonist ei ole, siis kirjutatakse lahtrisse „Nimetus, materjal“ detaili materjali standardkohane nimetus koos materjalistandardiga. Standardtoodetel ja muudel ostutoodetel ning materjalidel tähis puudub. Lahtrisse „Hulk“ kirjutatakse ühe koostu valmistamiseks vajalike alamkoostude või detailide arv.

Alalõiku „Standardtooted“ pannakse kirja kõik mitmete erinevate standardite järgi valmistatud detailid või koostud, reastades nad tähestikulises ja standardite kasvavas järjekorras (nt kruvi M6x10 ГОСТ 1476 – 93 või kruvi DIN 84 – M12x45).

## **KOOSTEJOONISEL KASUTATAVAD LIHTSUSTUSED JA TINGLIKKUSED**

Koostejoonisel on lubatud kasutada mitmesuguseid lihtsustusi ja tinglikkusi (osa on näidatud joonisel 8-8):

- suuremaid ja keerukamaid ostetavaid alamkooste ei joonestata detailselt välja, joonestatakse ainult kontuurid (nt elektrimootorid jne);

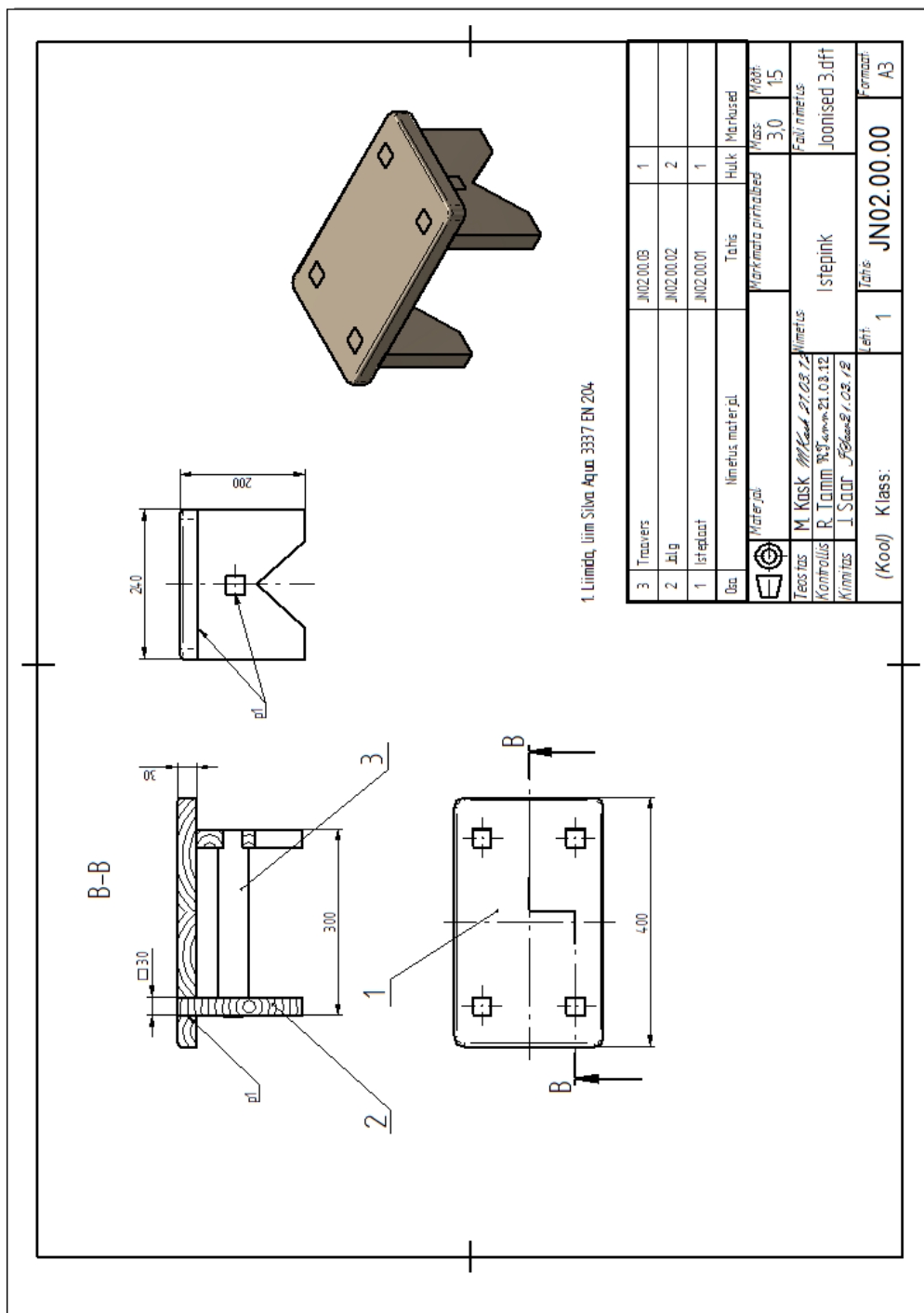


Joonis 8-8. Koostejoonisel kasutatavad lihtsustused

- kui mitmest osast kokkukeevitatud detail on alamkoost, siis lõikes viirutatakse seda nagu ühtset osa (vt joonis 8-8);
- ei näidata väikesemõõtmelisi faase, ümardusi, sooni, süvendeid, astmekesi, rihveldusi, sälke. Näitamata võib jätta varda ja ava vahelise pilu, poldi, tikkpoldi ja kruvi põhjaga ava (vt joonis 8-8b, c, d);
- kui koostu konstruktsioon on üheselt mõistetav, võib osa detaile koostul joonestada lõikamata, kunagi ei lõigata aga polte, mutreid, kruvisid, seibe, kuule, neete. Kui nendes on avasid, tehakse ava kohalt kohtlõige (vt joonis 8-8b, c, d ja 8-10);
- vedrudel võib osa keerde vahelt jätta välja joonestamata, ühendades need ainult telgedega (vt joonis 8-8f);
- ühesuguseid ning ühtlaselt paigutatud detaile ja detaili elemente (nt kinnitusdetailid, hambad, avad) võib näidata vaid üks kord ülejäänud ääriku avade kohal, joonestades välja ainult avade teljed (vt ptk 7, joonis 7-6);
- ostetavaid alamkooste või detaile (veerelaagrid, võllitihendid, vedrud) võib joonestada tinglikult;

- toote alamkoostud, mille kohta on vormistatud eraldi joonised, võib joonestada lõikamata.

## 8.2.2. Näiteid koostejooniste ja nende lugemise kohta



Joon 8-9. Koostejoonise näide „Istepink JN02.00.00“

Joonisel 8-9 on näidised esitatud istepingi JN02.00.00 koostejoonis. Istepingi detailide tööjoonised on näidatud p-s 8.1 „Detaili tööjoonis“ (vt joonised 8-1 kuni 8-3).

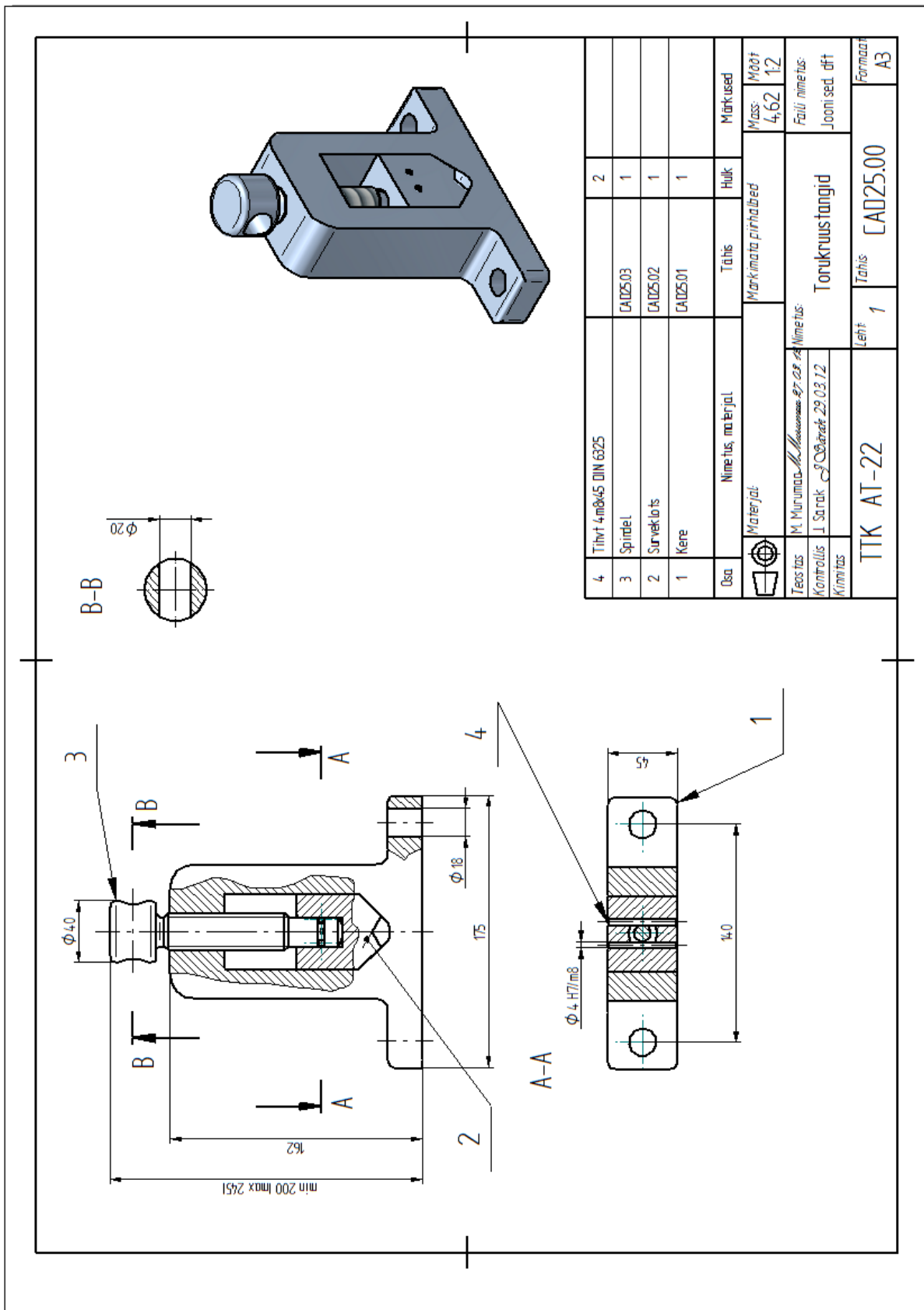
1. Tükitali ja koostejoonise järgi on koostu nimetus istepink, mis koosneb neljast detailist: isteplaat, kaks jalga ja traavers.
2. Pingil on isteplaat JN02.00.01 (vt joonis 8-3), mis toetub kahele jalale. Jalad JN02.00.02 (vt joonis 8-2) on liimitud ja isteplaadi külge tappidega kinnitatud, jäigastamiseks on jalgade vahele ühendatud tappide abil traavers JN02.00.01 (vt joonis 8-1). Lisaks tappidele on ka traavers liimitud jalgade külge.
3. Kui on selgeks tehtud istepingi iga üksiku detaili konstruktsioon, määratakse koostu koostamise järjekord (vt joonis 8-9):
  - traaversi (osa 3) mõlema otsa tapid (30 x 30 mm) pressitakse jalgades (osa 2) olevatesse sama nimimõõtmega avadesse ja liimitakse, pinge suurendamiseks võib traaversi otstesse lüüa lisaks õhukesed puidust kiilud;
  - isteplaat (osa 1) pressitakse oma ruudukujuliste 30 x 30 mm avadega jalgadel olevatele tappidele ja liimitakse, pinge suurendamiseks võib jalgade tappide otstesse lüüa lisaks õhukesed puidust kiilud.

Joonisel 8-10 on näidised esitatud koostejoonis „Torukruustangid IG25.00“.

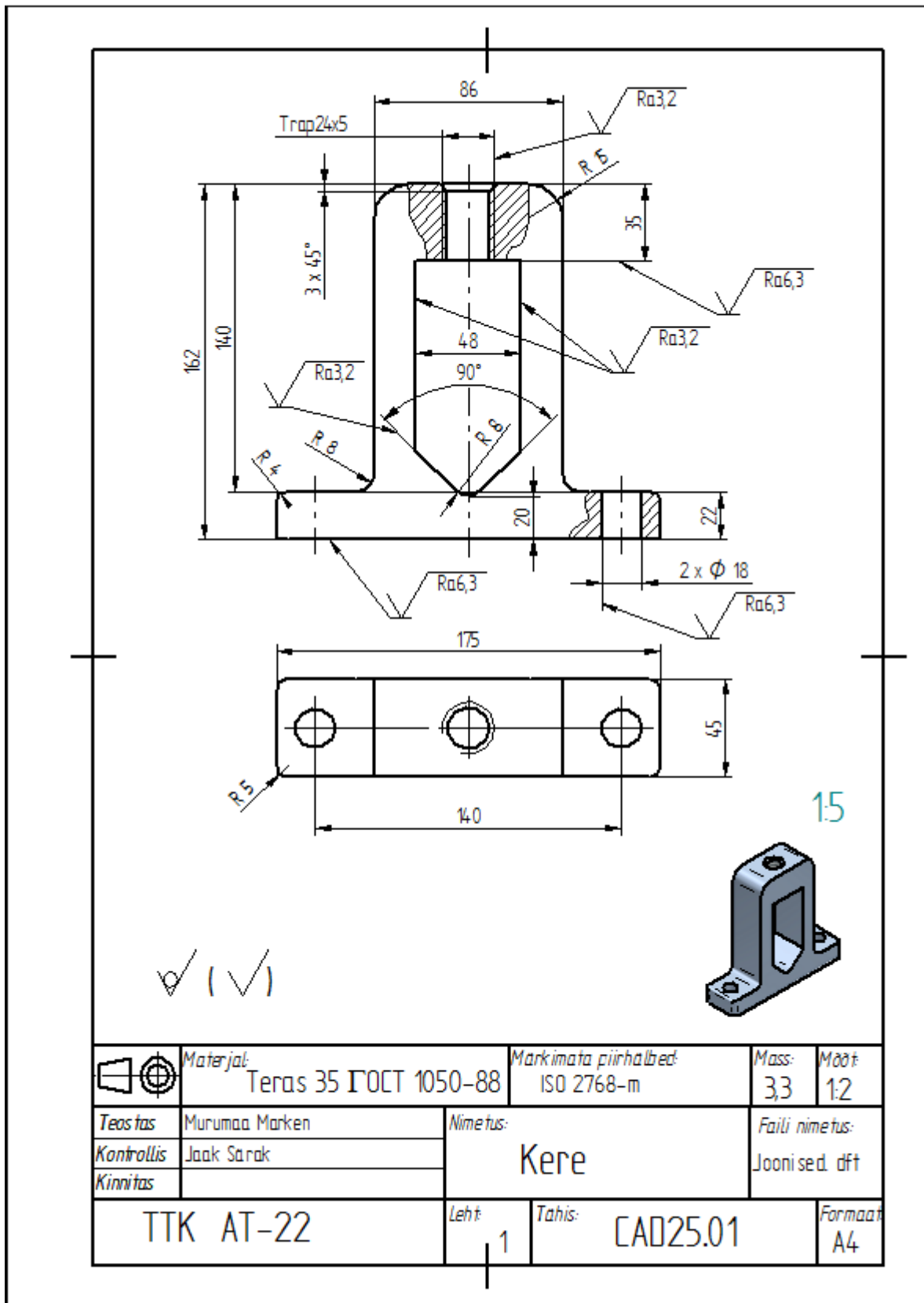
1. Tükitali ja koostejoonise järgi on koostu nimetus *torukruustangid*, mis koosneb kokku viiest detailist: kere, surveklots, spindel ja kaks detaili on standardsed ühendusdetailid (tihvtid), mille kohta jooniseid ei tehta.
2. Torukruustange kasutatakse toru, ümara või mõne muu profiilmaterjali kinnitamiseks töölaual selle töötlemisel.
3. Koostejooniselt (vt joonis 8-10) on näha, et torukruustangide kinnitamiseks töölaual on kere **1** (detail 1 joonisel 8-10) aluses **2** ava Ø18 mm ja vahekaugusega 140 mm. Detail kinnitatakse torukruustangide keres **1** surveklotsi **2** nihutamise abil. Surveklotsi **2** nihutatakse spindli **3** abil, millel on trapetskeere trap 24 x 5, nihutamise ulatus on 45 mm. Samasugune keere trap 24 x 5 on kere **1** ülemises osas. Spindli pööramiseks on spindlipeas silindriline ava Ø20 mm, millest saab panna läbi vardakujulise käepideme diameetriga kuni 20 mm (vt joonisel 8-10 lõiget B-B). Spindli **3** alumine silindriline osa on pandud natuke suurema läbimõõduga põhjaga avasse surveklotsis **2**. Spindli alumise silindrilise osa ots on sfääriline ning see toetub surveklotsi **2** ava põhjale. Spindli **3** ja surveklotsi **2** omavaheliseks ühendamiseks on surveklotsist läbi pressitud kaks tihvti Ø4m8 ja pikkusega 45 mm (tükitabelis tihvt 4m8x45 ΓOCT 3180-70). Tihvtid on pressitud surveklotsi sümmeetriliselt spindli telje suhtes, vahekaugus on väiksem spindli silindrilise otsa läbimõõdust. Selleks on surveklotsi puuritud kaks ava Ø4H7 (koostejooniselt mõõde Ø4H7/m8, vt joonisel 8-10 lõiget A-A). Tihvtide abil tõstetakse surveklots spindli pööramiseks üles, spindlile on selleks treitud rõngaspinnakujuline soon, millest lähevad läbi tihvtid.
4. Kui on selgeks tehtud torukruustangide koosseisu kuuluva iga üksiku detaili konstruktsioon ja tema liikumine, määratakse koostu koostamise järjekord:
  - kere **1** prismalisse vertikaalsete seintega avasse pannakse prismaline surveklots **2**, mis orienteeritakse silindrilise avaga ülespoole;
  - kere **1** trapetskeermega trap 24 x 5 avasse keeratakse spindel **3**, mida keeratakse, kuni selle alumine sfääriline ots toetub surveklotsi ava põhjale;
  - kaks tihvti Ø4m8 pressitakse surveklotsi avadesse Ø4H7.
 Torukruustange võetakse lahti vastupidises järjekorras.
5. Joonisel 8-11 on esitatud torukruustangide IG25.00 koostisse kuuluvate ebastandardsete detailide joonised. Detailiseerimisel (detailide tööjooniste



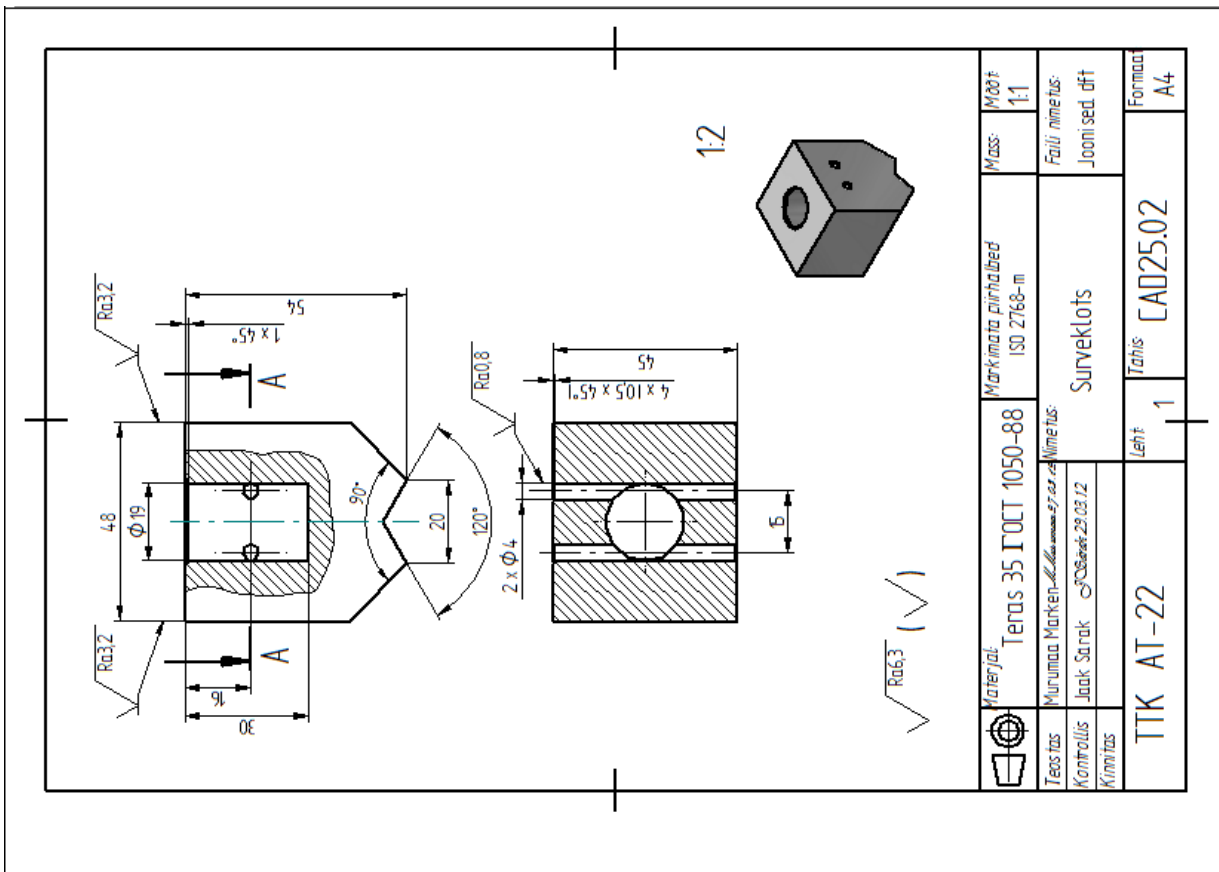
valmistamisel) on jälgitud punktis 8.1 toodud detaili tööjoonistele esitatud nõudeid.



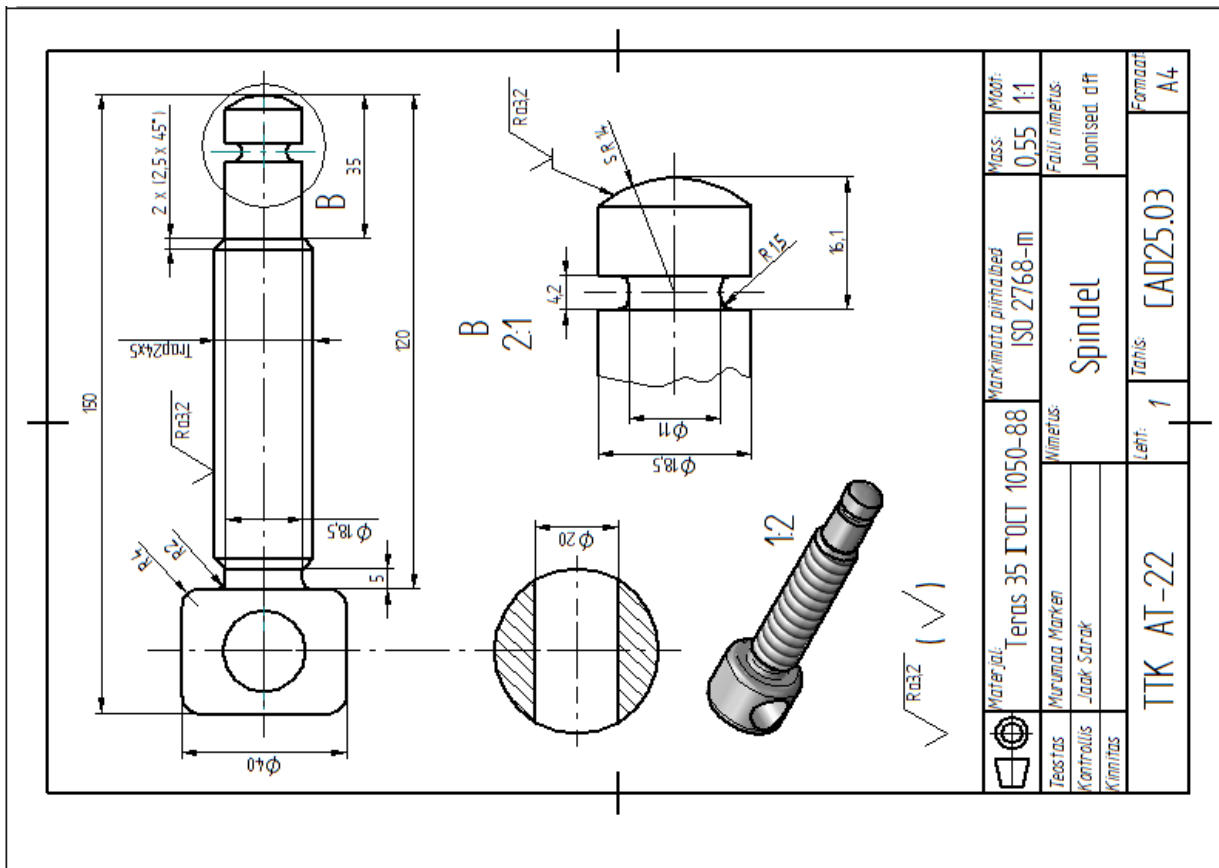
Joonis 8-10. Torukruustangide koostejoonis detailiseerimiseks



a.



b.



c.

Joonis 8-11. Torukruustangide detailide joonised: a) kere (osa 1), joonis IG25.01; b) surveklots (osa 2), joonis IG25.02; c) spindel (osa 3), joonis IG25.03

## 2. OSA

# JOONESTAMINE Solid Edge'iga

## SISSEJUHATUS

Graafikaprogramm Solid Edge on automatiseeritud joonestusprogramm, **mis võimaldab:**

- joonestada 2D-süsteemis tasapinnalisi kujutisi, tõmmates jooni kahe punkti vahel; joonestada mitmesuguseid geomeetrilisi kujundeid, ühendada jooni, lisada ringjoonele puutujaid; lisada joonte ja kujutiste vahele geomeetrilisi seoseid, neid märkida (näidata neid seoseid), kontrollida ja säilitada; joonestada eskiise, teha eskiisidest (skitsidest) mudeleid, muuta tehtud kujutisi; kanda mõõtmeid tehtud joonistele, märkida töödeldud pindadele pinnakaredusi, geomeetrilisi tolerantse ja muid tehnilisi andmeid;
- teha jooniseid vahetult 3D-mudelitest;
- teha esmalt ruumiline 3D-mudel detailist ja kanda sellele ka mõõtmed, misjärel teha sellest automaatselt mituvaade; teha lõikeid, kohtlõikeid, lisavaateid, lisada mõõtmeid, pinnakaredusi, geomeetrilisi tolerantse; panna mitmest detailist kokku koostusid;
- teha lehtmetailide 3D-mudeleid ja seejärel mudelitest 2D-jooniseid (painutatud, tõmmatud ja stantsitud detailide jooniseid lehtmaterjalist), kus detailil on kogu tema ulatuses ühesugune seina paksus, teha painutatud detailide pinnalaotusi jms;
- joonestada keevisjooniseid, kanda joonistele keevisõmbuste tähiseid, mõõtmeid, osanumbreid; lisada geomeetrilisi tolerantse detailide tööjoonistele; koostada tükitabeleid jms;
- teha koostejooniseid ja nende juurde ka tükitabeleid. Samas saab teha ka vastupidi: koostejoonist lahti võtta ja kujutada seda koostu lahtiharutatuna detailide järjekorras, nagu need detailid tegelikult koostus asetsevad. Detailid paigutatakse joonise väljal sellises järjekorras ja selliste seostega, nagu nad koostus tegelikult paiknevad;
- täiendada koostu uute detailidega, st joonestada koostu keskkonnas juurde üksikdetailide 3D-mudeleid;
- installeerida programmi andmeid, mis on tähtsad konstruktorile (detailide omadused ja materjalide omadused, millest materjalid on valmistatud, samuti detailide materjalide tugevusandmed); teha detailide tugevusarvutusi, keevisõmbuste arvutusi jms;
- installeerida programmi mitmesuguseid raamatukogusid (*Libraries*), näiteks standarddetailide kogumikke (nt kinnituselementide kogu, laagrite kogu), mitmesuguste skeemide tingtähiseid jne.

Graafikaprogramm Solid Edge on väga laialdaste võimalustega. Siinses õpikus on kirjeldatud detailide 3D-mudelite ja 2D-jooniste valmistamist, kasutades programmi Solid Edge ST4 tavatehnoloogiat.

Samas on graafikaprogrammi mugav kasutada, sellel on Microsoft Windowsi operatsioonisüsteemidega töötavate programmide kujundus. Solid Edge'i ST4 kujundus ja kasutamine on sarnane Microsoft Office'i 2007 versiooniga. Kasutatakse kergesti mõistetavaid ikoone ja kui kursor jääb mõnele ikoonile peatuma, kirjeldatakse käsku sealjuures ka teksti kujul.

Solid Edge'i programme täiendatakse pidevalt, neid parandatakse ja neisse lisatakse uusi elemente. 2006. aasta kevadel ilmus turule 18. ja sügisel juba 20. versioon, 2011. aastal aga juba sünkroontehnoloogiaga Solid Edge'i ST4-versioon. Siinne õpik on viidud kooskõlla ST4-versiooniga, kuid käsunuppude kujundus ja nende tööpõhimõtte ei ole üldjuhul muutunud uute versioonide ilmumise tõttu.

Iseenesest on aga Solid Edge masinaehituslike konstruktoridokumentide koostamise automatiseeritud töövahend. See on programm, mis kuulub ühe väikese osana suurde tootearendusprogrammi, mille on välja töötanud firma Unigraphics Solutions, Inc. (hiljem firma Siemens PLM Software).

Kõige värskemat infot selle programmi kohta on võimalik leida aadressilt [www.plm.automation.siemens.com](http://www.plm.automation.siemens.com), kus valik tuleb teha toodangu liinilt (*Explore Solutions by Product Line ...*). Solid Edge asub seal grupis *Velocity Series*.

## 9. SOLID EDGE'İ ÜLEVAADE

Solid Edge'il on viis erinevat töökeskkonda: detaili modelleerimise, projekteerimise, lehtmatali töötlemise keskkond, koostamis- ja keevituskeskkond.

**Detaili modelleerimise keskkonda** (*detailikeskkond, ISO Part Environment*) kasutatakse objektide, esemete, kolmemõõtmeliste mudelite (3D-mudelite) konstrueerimiseks. Mudelid konstrueeritakse materjali lisamise või selle eemaldamise teel, tehes mudelile süvendeid, avasid, faase, keermeid jms. Detaili mudelite dokumendid selles keskkonnas on faililaiendiga *par*.

**Projekteerimiskeskonda** (*ISO Draft Environment*) kasutatakse selleks, et teha objektist kiiresti tasapinnalisi kahemõõtmelisi jooniseid (2D-jooniseid), kus kasutatakse eelnevalt 3D-keskkonnas valmistatud detailide või koostude mudeleid. 2D-jooniseid saab luua ka ilma 3D-modelleerimiseta. Joonised valmivad ekraanil detailide (objektide) kujutiste joonestamise teel, joonestamiseks kasutatakse kõiki graafikavahendeid (sirgjooned, ringid, kaared, ümardusraadiused, faasid jne). Samu joonestusvõtteid saab kasutada ka 3D-mudelite ja koostude valmistamiseks. Projekteerimiskeskonnas on dokumentide faililaiendiks *dft*.

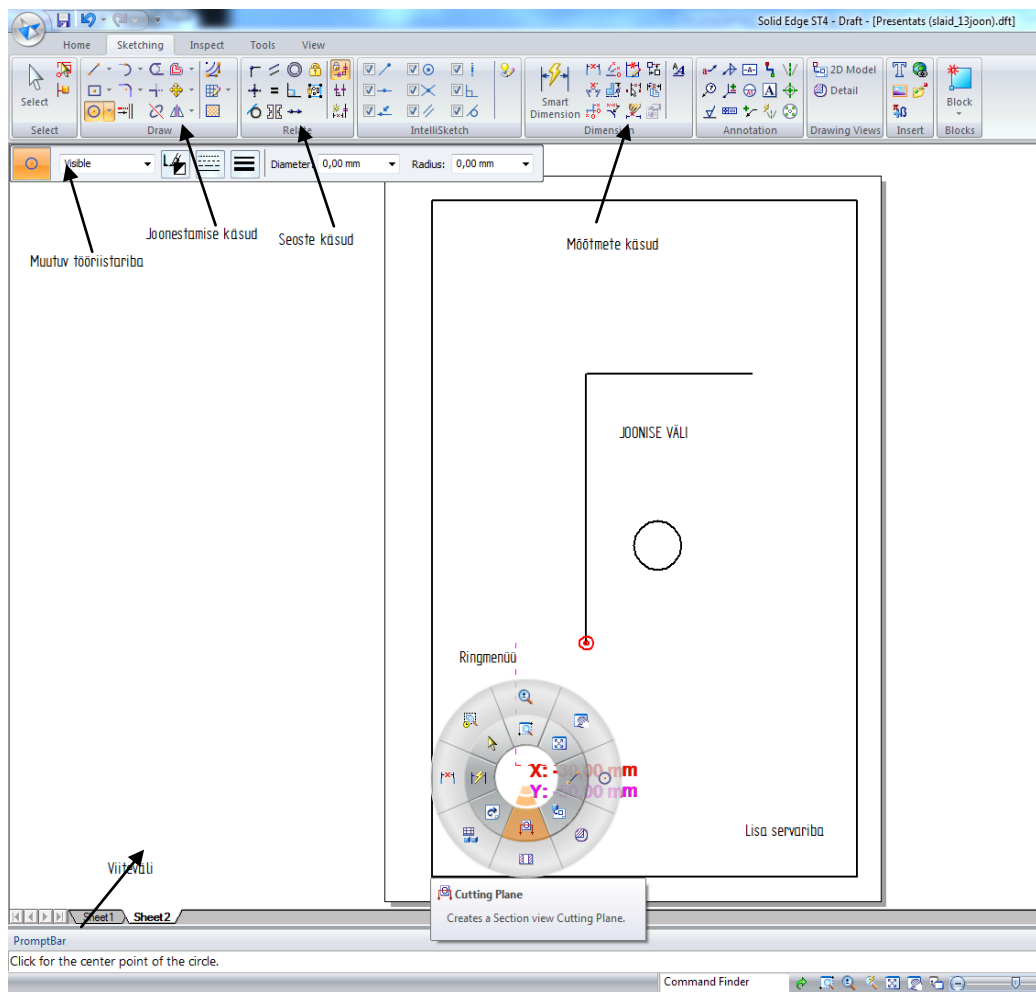
**Lehtmatali töötlemise keskkonda** (*ISO Sheet Metal Environment*) kasutatakse selleks, et valmistada õhukeseseinalisi kolmemõõtmelisi detailimudeleid lehtmatalist. Sellised mudelid saadakse materjali lisamise, eemaldamise, painutamise, vormimise või tõmbamise teel. Selles keskkonnas on dokumentide faililaiendiks *psm*.

**Koostamiskeskonda** (*ISO Assembly Environment*) kasutatakse olemasolevate detailide ja alamkoostude koostamiseks, koostus olevate üksikdetailide vahel seoste (sidemete) lisamiseks või uute detailide modelleerimiseks koostamise käigus. Koostu valmistamisel saab kasutada mõlemas keskkonnas (**detaili modelleerimise keskkonnas ja lehtmatali töötlemise keskkonnas**) valmistatud Solid Edge'i 3D-mudeleid. Samuti saab koostu valmistamiseks kasutada detaile, mis on valminud mõnes teises graafikaprogrammis. Uute koostude koostejooniste valmistamiseks on võimalik kasutada ka 2D-projekteerimist. Koostamise keskkonnas on dokumentide faililaiendiks *asm*.

**Keevituskeskkond** (*ISO Weldment Environment*) on eraldi keskkond, kus on võimalik määrata keevitatavate koostude keevisõmbluste liike, samuti keevitusjärgset mehaanilist või termilist töötlust ja pinnakaredusi ning ühendada keevitatavad detailid määratud virtuaalse keevisõmblusega. Keevituskeskkonnas on dokumentide faililaiendiks *pwd*.

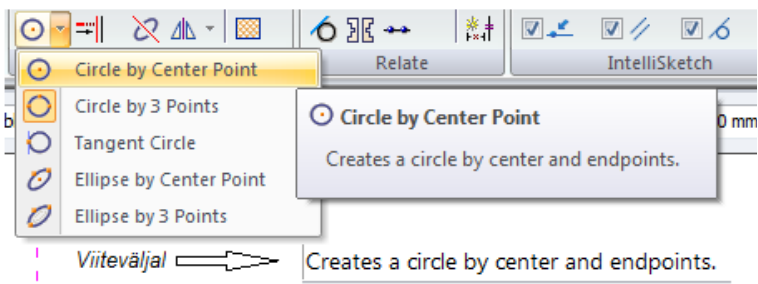
Õpikus on kirjeldatud lähemalt töötamist nendest kolmes keskkonnas: detaili modelleerimise keskkonnas, projekteerimiskeskonnas ja koostamiskeskonnas.

Joonisel 9-1 on näidatud Solid Edge'i kasutajaliides (ekraanipilt) 2D-**projekteerimis-keskkonnas**.



Joonis 9-1. Ekraanipilt Solid Edge'i ST4-projekterimiskeskonnas (2D-joonestamiskeskonnas)



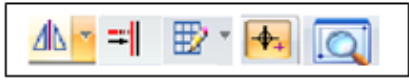
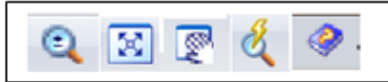
Kui käsura nupu kõrval paremal on väike must kolmnurk, siis selle nupu alla on peidetud rohkem käskude. Et peidetud käskude kuvada, tuleb klõpsata selle nupu kõrval olevale väikesele kolmnurgale. Seejärel ilmuvad kõik seal varjus olevad käsunupud koos nende käskude nimetustega (vt joonis 9-2). Kui kursorit hoida mõnel käsunupul või kui vajutada nupule ja sinna kursor jätta, ilmub kursori kõrval kastikesse käsu nimetus koos selle käsu lühikirjeldusega. Samasugune käsu lühikirjeldus ilmub peidetud käskude kõrval, kui kursoriga liikuda üle nende käskude. Allpool olevale viiteväljale ilmub samuti iga selle käsu lühikirjeldus (vt joonis 9-2).



Joonis 9-2. Peidetud käskude kuvamine käsuraal ja käsu lühikirjeldus viiteväljal




Joonisel 9-3 on esitatud mõned käsunupud, mida kasutatakse 2D-projekteerimis-keskkonnas joonestamisel, ja nende nimetused.

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Select</i> Vali</li> <li>2. <i>View Wizard</i> Detaili vaated (valik)</li> <li>3. <i>Principal</i> Peavaade</li> <li>4. <i>Auxiliary</i> Lisavaade</li> <li>5. <i>Cutting Plane</i> Lõiketasapind</li> <li>6. <i>Section</i> Lõige</li> <li>7. <i>Detail</i> Kohtvaade</li> <li>8. <i>Update Views</i> Vaadete värskendamine</li> <li>9. <i>Parts List</i> Tükitalvel</li> <li>10. <i>2D Model</i> 2D-joonise vaade</li> <li>11. <i>Smart Dimension</i> Kiirmõõtmed</li> <li>12. <i>Distance Between</i> Vahekaugus</li> <li>13. <i>Retrieve Dimensions</i> Mõõtmete taastamine</li> <li>14. <i>Center Line</i> Tsentrijoon</li> <li>15. <i>Leader</i> Viitejoon</li> <li>16. <i>Surface Texture</i> <i>Symbol</i> Pinnakaredus</li> <li>17. <i>Feature Control</i> <i>Frame</i> Lisaviited</li> <li>18. <i>Text</i> Kiri</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>19. <i>Line</i> Joon</li> <li>20. <i>Split</i> Tükelda</li> <li>21. <i>Tangent Arc</i> Puutekaar</li> <li>22. <i>Circle by Center Point</i> Ringjoon tsentri järgi</li> <li>23. <i>Rectangle by Center</i> Ristkülik tsentri järgi</li> <li>24. <i>Fillet</i> Ümardus</li> <li>25. <i>Trim</i> Lõika ja kustuta</li> <li>26. <i>Offset</i> Kontuur nihutusega</li> <li>27. <i>Rectangular Pattern</i> Täisnurkne paljundus</li> <li>28. <i>Fill</i> Viiruta (täida)</li> <li>29. <i>Distance</i> Mõõda pikkus</li> <li>30. <i>Edge Painter</i> Värvi tahk</li> <li>31. <i>Show Edges</i> Näita tahud</li> <li>32. <i>Move</i> Liiguta</li> <li>33. <i>Group</i> Grupp</li> </ol>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>34. <i>Maintain Relationships</i> Jäävad seosed</li> <li>35. <i>Relationship Handles</i> Seoste sang</li> <li>36. <i>Connect</i> Ühenda</li> <li>37. <i>Parallel</i> Paralleelne</li> <li>38. <i>Tangent</i> Puutuja</li> <li>39. <i>Equal</i> Võrdne</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>40. <i>Mirror</i> Peegel</li> <li>41. <i>Extend to Next</i> Pikenda järgmiseni</li> <li>42. <i>Grid Options</i> Mõõtkoordinaadistiku omadused</li> <li>43. <i>Alignment Indicator</i> Joondamise indikaator</li> <li>44. <i>Zoom Area</i> Suurenda piirkonda</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>45. <i>Zoom</i> Suumi</li> <li>46. <i>Fit</i> Sobita</li> <li>47. <i>Pan</i> Nihuta kujutist</li> <li>48. <i>Zoom Tool</i> Suurendamise- vähendamise tööriist</li> </ol>
---	--	---	--

Joonis 9-3. Valik 2D-projekteerimiskeskkonnas joonestamisel kasutatavaid käsunuppe

Solid Edge'i joonestamisvõimaluste paremaks tundmaõppimiseks on programmiga kaasas lisaabinõud. Lisaabinõud saab kätte Solid Edge'i ST4-programmi avamisel avalehelt, seal vaata alalõike **Solid Edge'iga alustamine** (*Getting Started with Solid Edge*) ning **Solid Edge'i**

**õppimise vahendid** (*Solid Edge Learning Tools*). Klõpsates **abiindeksit**  (*Help Index*) ikooni ülemisel käsulindil, avaneb **Solid Edge'i abimenüü** (*Solid Edge Help*). Lisaabinõude menüüst saab vastused ka mitmetele küsimustele.

- ✎ **Mis on uut** (*What's New*) selgitab, mida on programmis muudetud võrreldes Solid Edge'i eelmise versiooniga.
- ✎ **Solid Edge'iga alustamine** (*Getting Started with Solid Edge*) näitab detaili projekteerimise abil, milliseid võimalusi programmis on detaili mudeli valmistamiseks ja millises järjekorras seda tehakse. Siin näidatakse, kuidas panna koost kokku üksikdetailide mudelitest, samuti seda, kuidas valmistada ja vormistada detailide ja koostude 2D-jooniseid nende 3D-mudelitest jne.
- ✎ **Solid Edge'i õppimise vahendid** (*Solid Edge Learning Tools*) õpetab, kuidas detaili mudelit ja joonist valmistada. Siin on toodud mitmesuguseid erinevate detailide mudelite, koostude, skeemide ja jooniste **näidiseid** (*Tutorials*) ning näidatud nende varal, kuidas kõik need 3D-mudelid, 2D-joonised ja skeemid samm-sammult valmivad.
- ✎ **Abi** (*Help*) õpetab kasutama mitmesuguseid tööriistu ja käske graafikaprogrammis Solid Edge. Siit saab abi väga mitmesuguste detailide ja koostude 3D-mudelite ning nende 2D-jooniste valmistamiseks, jooniste ja 3D-mudelite mõõtmestamiseks, tabelite valmistamiseks, detailide materjalide ja nende omaduste määramiseks jne.

## 10. PROJEKTEERIMISKESKKOND. 2D-JOONISTE JA SKITSIDE VALMISTAMINE

Solid Edge'i ST4 projekteerimiskeskonnas jooniste valmistamine on põhiline jooniste dokumentatsiooni valmistamise meetod. Käsud, mida kasutatakse 2D-keskkonnas (projekteerimiskeskonnas) joonestamiseks, on otseselt kasutusel ka 3D- modelleerimisel detailide mudelite valmistamisel ja nende mudelite kontuuride skitseerimisel (joonestamisel) **detaili modelleerimise keskkonnas**. 2D-süsteem võimaldab projekteerimisel kiiresti jooniseid luua ja neid jooniseid hiljem modelleerimisel kasutada. Samuti saab 2D-jooniseid valmistada ilma 3D-modelleerimiseta, joonestada detailide vaateid-lõikeid otse 2D-keskkonnas, nii nagu joonestatakse pliatsiga paberile. 2D-projekteerimise faililaiendiks on **dft**. Pikem nimetus jooniselehel on *Solid Edge ISO Draft*. Mõned 2D-joonestamisel *Draft*'i käsuridadel kasutatavad käsunupud ja nende tähendused on esitatud joonisel 9-3.

### 10.1. Joonestamise käsud ja vahendid

Solid Edge võimaldab joonestada kõiki tasapinnaliste kujundite 2D-elemente: sirgeid, ringjooni, ellipsed, kaari, hulknurki, vabavormiköverjooi jne (vt joonis 10-1).




Solid Edge võimaldab:

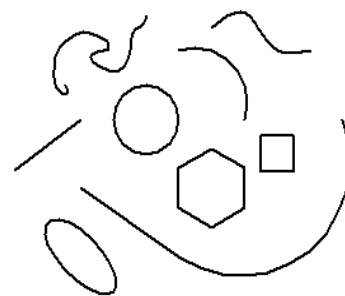
- nihutada, pöörata, mõõta, peegeldada elemente;
- luua kärbitud ja eenduvaid elemente;
- lisada faase ja üleminekukõveraid;
- luua täpne graafika vabakäejoonisest;
- lisada seoseid üksikelementide vahele.

Joonestuskäskude nimetusi ja nende asukohti on kirjeldatud peatükis 9 ja joonistel 9-1 kuni 9-3.

Vahendid, mis töötavad koos joonestuskäskudega, on **IntelliSketch** ja **SketchPoint**. *IntelliSketch* tuvastab, näitab ja määrab seoseid üksikelementide vahel. Selle töövahendid asuvad tabeli *Sketching* grupis *IntelliSketch* (vt joonised 10-2 ja 10-3). *SketchPoint* aga näitab kursori asukoha koordinaate nullpunkti suhtes (vt joonis 10-3).

*IntelliSketch*'i töövahendid on järgmised (vt joonis 10-2):

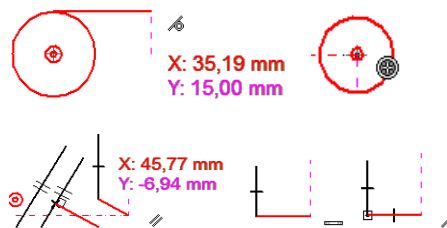
-  – sirglõigu otspunkt näitab, et kursor asub sirge otspunktis (vt joonis 10-3);
-  – sirglõigu keskpunktis on kursor ja siit punktist (või sellesse punkti) joont tõmmates on kaks sirget ühendatud (vt joonis 10-4a);
-  – punkt sirgel (ringjoonel jne) suvalises kohas, kursor on selles punktis;



Joonis 10-1. Mitmesugused 2D-elementide tüübid




Joonis 10-2. *IntelliSketch*'i töövahendid





Joonis 10-3. *IntelliSketch*'i ja *SketchPoint*'i töövahendid


 – kursor asub ringjoone keskpunktis (joonisel märk , vt joonis 10-3);

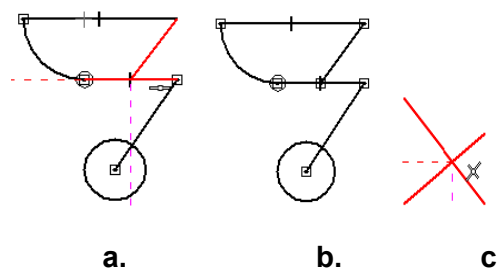
 – kursor asub joonte lõikepunktis (vt joonis 10-4c);

 – joonestatav sirge on paralleelne teise sirgega, samasugused märgid ilmuvad ka paralleelsetele sirglõikudele (vt joonis 10-3);

 – joonestatav sirge on horisontaalne või vertikaalne (vt horisontaalset punast sirget joonisel 10-3);

 – sirgete ristseisu märk ilmub ka risti olevate sirgete vahele (vt joonis 10-3);

 – joonestatav sirge on ringjoonele puutujaks (vt joonis 10-3).



Joonis 10-4. a – joon on tõmmatud sirglõigu keskpunkti; b – joonte ühendusi näitavad seoste märgid ühenduskohtades; c – kursor on sirgete lõikepunktis

## 10.2. Harjutused joontega, lahtised ja kinnised kontuurid

Enne konkreetsete jooniste valmistamist on vaja tutvuda veel mõnede käskude ja võtetega, mida joonestamisel sageli kasutatakse.


Üldised nõuded 3D-mudelite kontuuride joonestamisel ja eskiiside tegemisel on järgmised:

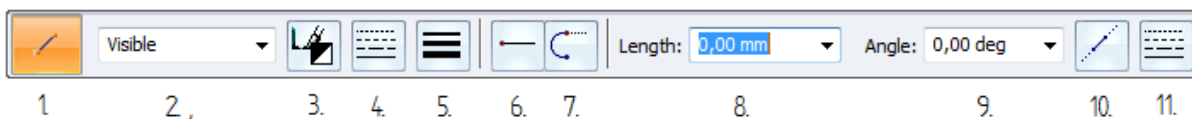
- detaili kontuur peab olema suletud, kõik jooneotsad peavad olema omavahel ühendatud;
- ükski jooneots ei tohi kontuurist üle ulatuda, üle kontuuri tõmmatud jooneotsad tuleb kustutada;
- ühtegi joont ei tohi mitu korda üle tõmmata, kontuur peab koosnema ainult ühekordsetest kinnistest joontest.

Kui 3D-mudelite valmistamisel esineb eespool nimetatud vigu, tekib programmi töös alati tõrge ning viga tuleb parandada. Tihti pikendab aga selline vigade otsimine ja parandamine töö valmistamist mitmeid kordi.

Detailide kontuurides esineb kõige enam sirgjooni ja ringikaari.

**HARJUTUSED JOONTEGA.** Kõik joonestamiskäsud: joon (*Line*), vabakäejoon e sujuvjoon (*Curve*), ristkülik (*Rectangle*), ringjoon (*Circle*) valitakse tabeli *Sketching* (eskiis) joonestamiskäskude grupist *Draw* (vt joonis 9-1b).


**Harjutus 1.** Joonte tõmbamiseks tuleb valida käsk *Line*  (joon). Seejärel ilmuvad muutuvale tööriistaribale (*Smart Step Ribbon Bar*) joonega seotud käsunupud





mis tähendavad järgmist:

- 1 – käsunupp *Line* (joon) on aktiivne joonte tõmbamisel;

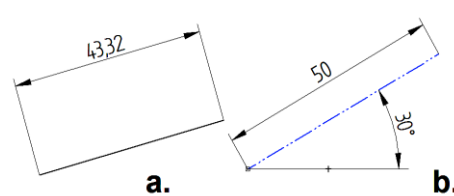
- 2 – joone tüüp kasutusala järgi (*Line Style*), mustale kolmnurgale klõpsates saab valida vajaliku joone tüübi, nt *Visible* (nähtav), *Hidden* (varjatud);
- 3 – joone värvus (*Line Color*);
- 4 – joone tüüp (*Line Type*);
- 5 – joone laius (*Line Width*);
- 6 – *Line* (joon), sirgjoon;
- 7 – *Arc* (kaar), vajutades sellele käsunupule pärast sirglõigu tõmbamist, saab kohe jätkata kaare joonestamist puutujana eelmisele sirgele;
- 8 – joone pikkus (saab määrata tõmmatava joone pikkuse, mille kinnitab klahv *Enter*);
- 9 – joone nurk (saab määrata joone vajaliku kaldenurga, mille kinnitab klahv *Enter*);
- 10 – projektsioonjoon (*Projection Line*);
- 11 – projektsioonjoone tüüp (*Projection Line Type*).

**AA.** Kõiki muutuval tööriistaribal olevaid joone omadusi saab muuta. Selleks aga on vaja enne joonestamise alustamist aktiveerida grupi *Relate* (suhe) alt käsunupp  *Maintain*


*Relationships* (jäävad seosed) ning seejärel ka  *Relationship Handles* (seoste sang), mis näitab seoseid.


Valides  *Line* (joon), saab määrata joone omadused: joone värvus – must; joone tüüp – pidev; joone laius – 0,5 mm. Järgnevalt tõmba suvalise nurga all umbes 45 mm pikkune joon ilma joone pikkust kirjutamata. Joone alguspunkti määramiseks klõpsa vasakul hiireklahvil, jälgides





joone pikkust lahtris . Lõpeta joone tõmbamine teise klõpsuga vasakul hiireklahvil, käsu lõpetamiseks klõpsa kohe ka paremal hiireklahvil (vt joonis 10-5a).

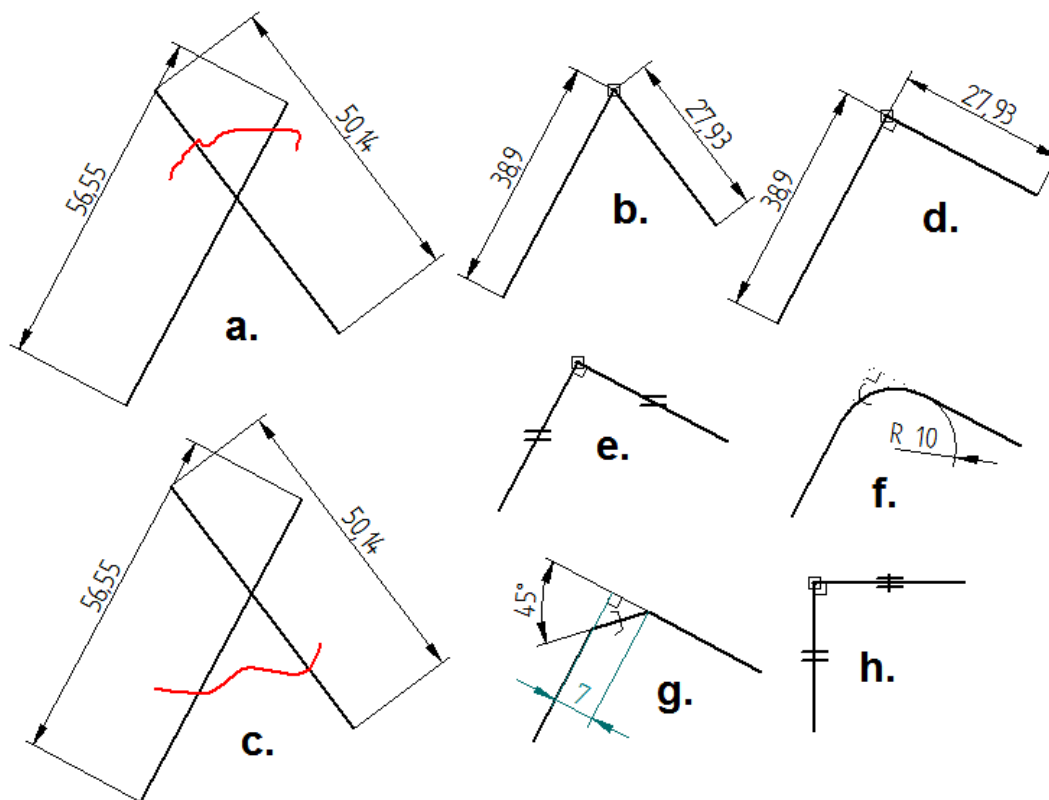


Joonis 10-5. Joonestatud joon: a – enne tema andmete muutmist; b – pärast tema andmete muutmist

Joone andmete muutmiseks vali käsunupp  (vali), klõpsa vasaku hiireklahviga joonele. Seejärel muudab joon värvi ja jääb aktiivseks. Nüüd saab muutuval tööriistaribal (*Smart Step Ribbon Bar*) valida joone omadused, mida on vaja muuta. Muudetud joont ja tema andmeid vt joonisel 10-5b.

**BB.** Järgnevalt on kirjeldatud käskude *Trim*  (kustuta) ja *Trim Corner*  (kustuta nurk) kasutamist ning erinevate seoste loomist sirglõikude vahele (vt joonis 10-6).

Käsu *Trim*  kasutamisel üleulatuvad jooneotsad kustuvad, kui klõpsata joonte või hoida vasakut hiireklahvi all ja tõmmata üle joonte kursoriga (vt joonis 10-6a ja b). Käsu *Trim Corner*  kasutamisel üleulatuvad jooneotsad kustuvad, kui klõpsata joonte, mis jäävad alles, või hoida vasakut hiireklahvi all ja tõmmata üle nende joonte (vt joonis 10-6c ja b). Kui käsu *Perpendicular*  (ristseis) kasutamisel klõpsata mõlemale joonele, seatakse esimene joon teisega risti (vt joonis 10-6d). Kui käsu *Equal*  (võrdne) kasutamisel klõpsata mõlemale joonele, võrdsustatakse esimene joon teisega (vt joonis 10-6e).



Joonis 10-6. Käskude *Trim* ja *Trim Corner* ning grupi *Relate* (suhe) seoste kasutamine

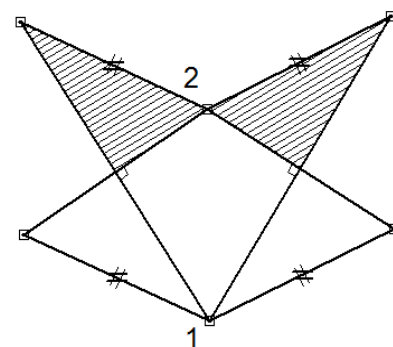
Kui käsu *Fillet* (ümarlus) kasutamisel klõpsata mõlemale joonele, ümardatakse nurk etteantud raadiusega, mille suurus on näha muutuval tööriistaribal kastikeses *Fillet Radius* või mille suuruse saab määrata, kui kirjutada see kastikesse ja vajutada klahvi *Enter* (vt joonis 10-6f).

Kui käsu *Chamfer* (faas) kasutamisel klõpsata mõlemale joonele, faasitakse nurk etteantud kaatetitega, mille suurused kirjutatakse muutuval tööriistaribal kastikesse *Setback A* ja *Setback B*, või etteantud kaateti ja nurgaga (vt joonis 10-6g).

Kui käsu *Horizontal/Vertical* (horisontaalne/vertikaalne) kasutamisel klõpsata ühele joontest, pööratakse see joon kas horisontaalseks või vertikaalseks (suunda, mille puhul on vähem pöörata). Vt selle kohta joonis 10-6h.

Mõõtmed on pandud joonistele automaatselt: sisse on vajutatud grupi *Dimension* käsunupp *Auto-Dimension* (automaatsed mõõtmed). Joonte võrdsustamisel tuleb aga pandud mõõtmed kustutada, selleks tuleb valida käsk


















*Select* (vali) ja kustutada mõõde klaviatuurilt nupuga *Delete* (kustuta) või klõpsata vasaku hiireklahviga mõõtmel ja kustutada mõõde kiirmenüüst käsuga *Delete*.

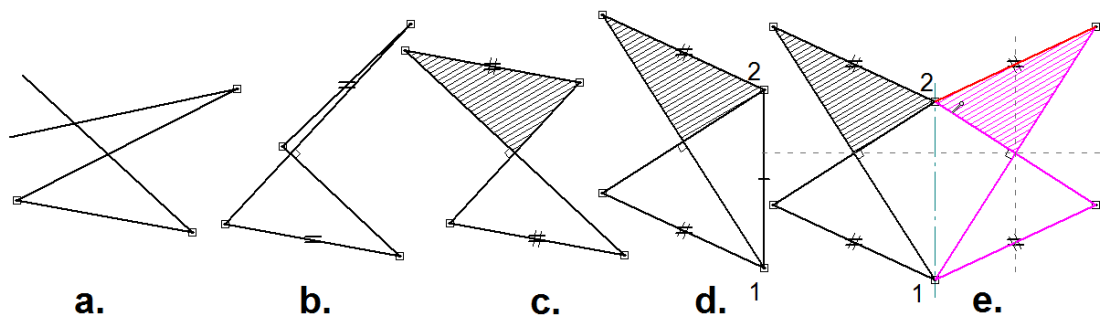


Joonis 10-7. Harjutus joontega

**CC.** Joonisel 10-7 on näidatud, kuidas valmistada kujundit.

Kujundi valmistamise järjekord on järgmine (vt joonis 10-8).



- **Line**  (joon), tõmba jooned (vt joonis 10-8a).
- **Trim**  (lõika ja kustuta) või **Trim Corner**  (kustuta nurk, vt joonis 10-8b).
- **Perpendicular**  (ristseis, vt joonis 10-8b), joontevahelist ristseisu näitab märk .
- **Equal**  (võrdne, vt joonis 10-8b), enne tuleb klõpsata ülemisele joonele, võrdmöödulisust näitab joontel olev märk .
- **Parallel**  (paralleelne, vt joonis 10-8c), joonte paralleelsust näitab joontel olev lisamärk .
- **Fill**  (viirutus, vt joonis 10-8c).
- **Select**  (vali) ja muuda viirutuse omadusi   (vt joonis 10-8c).
- **Line**  (joon), tõmba joon 1-2 (vt joonis 10-8d).
- **Horizontal/Vertical**  (horisontaalne/vertikaalne), klõpsa joonele 1-2 (vt joonis 10-8d). Punktides 1 ja 2 peavad kõik jooneotsad olema ühendatud. Jooneotsi saab ühendada käsuga **Connect**  (ühenda), kui klõpsata ühendatavate joonte otspunktidesse. Joonte ühendust näitab joonte otspunktides olev märk .
- **Trim**  (lõika ja kustuta), kustuta joon 1-2 (vt joonis 10-8e), punktide 1 ja 2 vertikaalsus säilib.
- **Mirror**  (peegelkopia) punktide 1 ja 2 suhtes (vt joonis 10-8e). Hoides vasakut hiireklahvi all, võta kogu kujund kasti, klõpsa punktidele 1 ja 2 ning lõpeta käsk klõpsuga paremal hiireklahvil.

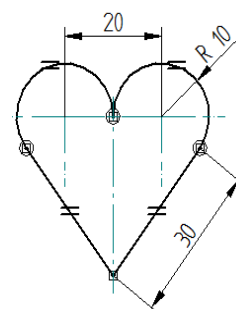


Joonis 10-8. Joonisel 10-7 näidatud kujundi valmistamise järjekord

**DD.** Joonisel 10-9 on näidatud, kuidas valmistada südame kujundit.











Kujundi valmistamise järjekord on järgmine (vt joonis 10-10).

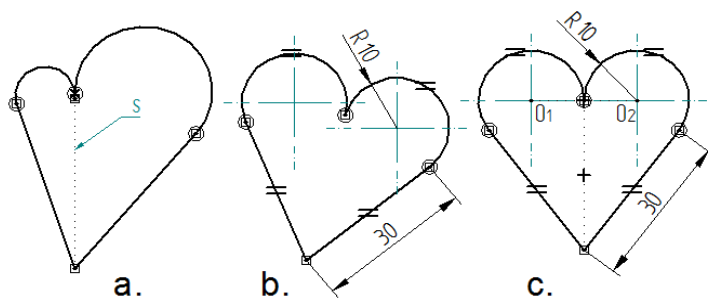
- **Line**  (joon), tõmba kaks lõikuvat joont (vt joonis 10-10a).
- Joone järel vali kohe muutuvalt tööriistaribalt (**Ribbon Bar**) **Arc**  (kaar) ja jätku vasakpoolset sirget kaarega (eelnevalt joonestatud sirge jääb kaarele puutujaks), mida tõmba nii kaugemale, kuni tekib puutujana vertikaalne sidejoon **s** sirgete lõikepunktist ülespoole (vt joonis 10-10a).



Joonis 10-9. Harjutus joontega: südame kujund












- **Arc**  (kaar), jätkata parempoolset sirget puutujana kaarega, kuni kontaktini teise kaarega (vt joonis 10-10a), puutujat näitab joonte puutekohas olev märk  .
- **Tangent**  (puutuja), muuda sirge kaarele puutujaks (vt joonis 10-10a), puutujat näitab sirge ja kaare ühenduskohas olev märk  .
- **Equal**  (võrdne), võrdsusta enne sirged, siis kaarte raadiused (vt joonis 10-10b).
- **Trim**  (kustuta) või **Trim Corner**  (kustuta nurk, vt joonis 10-10b).
- **Smart Dimension**  (kiirmõõde), klõpsa sirgele, klõpsa uuesti, et lisada mõõde ja kirjuta uus mõõde (30 mm) ning vajuta klahvi **Enter**. Samamoodi muuda ringi kaare suurust nii, et raadius  $R = 10$  mm (vt joonis 10-10b).
- **Horizontal/vertical**  (horisontaalne/vertikaalne), klõpsa mõlema ringi kaare tsentrisse  $O_1$  ja  $O_2$ , kui kursori kõrvale ilmub märk  (vt joonis 10-10c). Teine võimalus on klõpsata sirgete ja kaarte lõikepunktidesse (alumisse ja ülemisse tippu verikaali suunas).

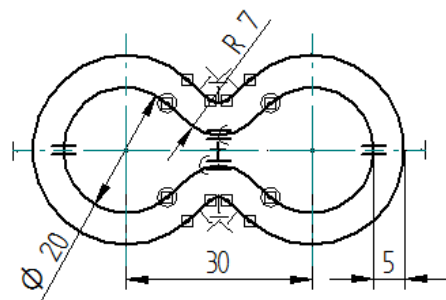


**EE.** Joonisel 10-11 on näidatud, kuidas valmistada lõpmatuse kujundit.





Joonis 10-10. Südame kujundi valmistamise järjekord

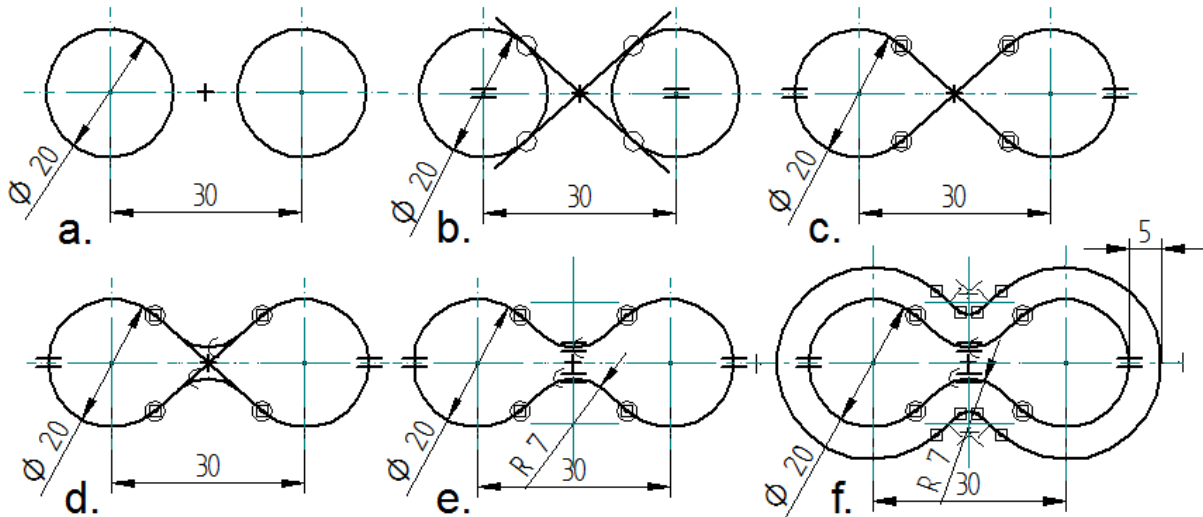
Kujundi valmistamise järjekord on järgmine (vt joonis 10-12).

- **Circle by Center Point**  (ringjoon tsentri järgi), muutuval tööriistaribal (*Ribbon Bar*) olevasse kastikesse **Diameter:**  kirjuta ringjoone diameeter (20 mm) ja vajuta klahvile **Enter**. Paiguta kaks ringjoont horisontaalselt joondatuna nii, et tsentrite vahekaugus oleks ca 30 mm (vt joonis 10-12a).
- **Smart Dimension**  (kiirmõõde), klõpsa ringil ja teise hiireklõpsu abil määra ringjoone diameeter (20 mm), edasi klõpsa järjest mõlemal ringjoonel. Uue klõpsu abil lisa ringjoonte tsentritevaheline kaugus (30 mm) ja vajuta klahvi **Enter** (vt joonis 10-12a).
- **Center Mark**  (tsentrimärk), aktiveeri ka **Projection Lines**  (projektsioonjooned, telgjooned), klõpsa ringjoonte ja lisa teljed (vt joonis 10-12a).
- **Line**  (joon), tõmba jooned puutujana ringjoonte (vt joonis 10-12b).
- **Tangent**  (puutuja), kui sirged ei muutunud ringjoonte puutujaks, muuda nad käsuga puutujaks, selleks klõpsa sirgjoonte otstel ja ringjoontel (vt joonis 10-12b).
- **Equal**  (võrdne), ringjooned võrdseks (vt joonis 10-12b).
- **Trim**  (lõika ja kustuta), kustuta üle kontuuri ulatuvad jooneotsad ja ringjoonte vaheosad (vt joonis 10-12c).
- **Select**  (vali), nihuta mõõde endisse asendisse (vt joonis 10-12c).








Joonis 10-11. Harjutus ringjoonte ja ümardustega: lõpmatuse kujund

- **Center Mark**  (tsentrimärk), lisa teljed uuesti (vt joonis 10-12c).
- **Fillet**  (ümardus), muutuval tööriistaribal (*Ribbon Bar*) olevasse kastikesse **Radius:**  kirjuta 7 mm ja vajuta klahvi *Enter*, samas sisesta käsk **No Trim**  (ära kustuta) ja klõpsa sirgetele, lisades nurkade ümardused ühele poole ja siis teisele poole (vt joonis 10-12d).
- **Trim**  (kustuta), kustuta ümarduste vahel olevad jooned (vt joonis 10-12e).



Joonis 10-12. Lõpmatuse kujundi valmistamise järjekord

- **Smart Dimension**  (kiirmõõde), märgi ümardusele mõõde R7 (vt joonis 10-12e).
- **Equal**  (võrdne), võrdsusta ümardused (vt joonis 10-12e).
- **Offset**  (nihe), muutuval tööriistaribal (*Ribbon Bar*) olevasse kastikesse **Distance:**  kirjuta 5 mm ja vajuta klahvi *Enter*, klõpsa kontuuril, vajuta nuppu **Accept**  (nõus) ja klõpsa väljaspool joonist (vt joonis 10-12f), käsu lõpetamiseks klõpsa kohe ka paremale hiireklahvile.
- **Select**  (vali), korrasta mõõtmed ja lisa teljed uuesti.






### 10.3. Joonise töölehtede valmistamine

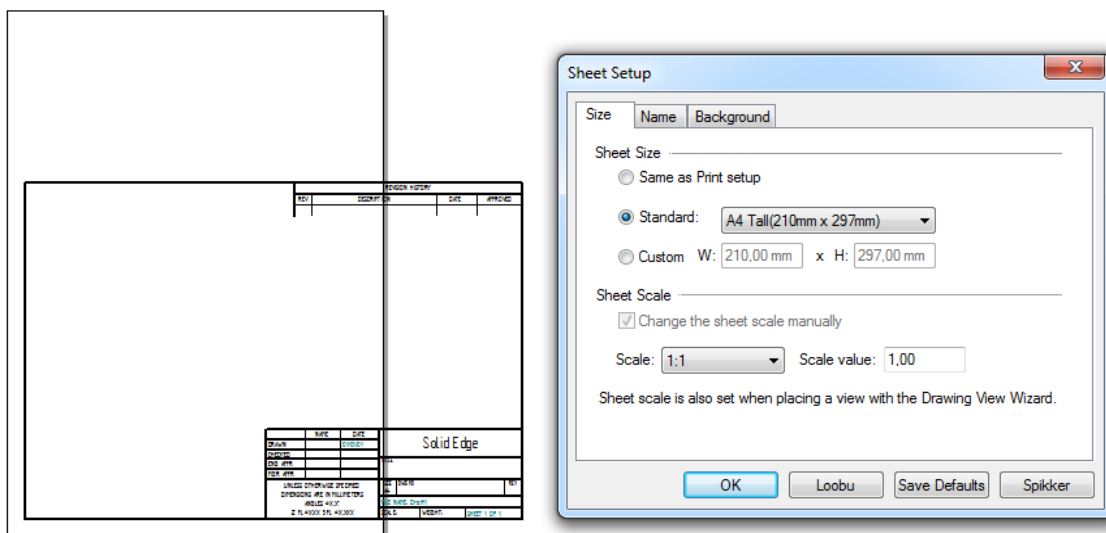
Enne tööjooniste valmistamist on vaja teada, kuidas valmistada ja vormistada 2D-jooniselehtede tagapõhju. Jooniste vormistamiseks tuleb ette valmistada tühjad jooniselehed raamjoonte ja nurgatabelitega, nende lehtede tagapõhjad. Seda on vaja selleks, et uute töölehtede sisestamisel avaneksid kohe ISO standardite järgi vormistatud A4- ja A3-formaadis töölehed.

A4-formaadis vormistatud jooniseleht koos kõikide vajalike mõõtmetega on näidatud joonisel 10-17.

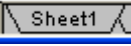

1. Programmi avamine. Ava *Solid Edge Draft*'i (projekteerimis)keskkond.  
*Start* →→ *Programs* →→ *Solid Edge ST4*.

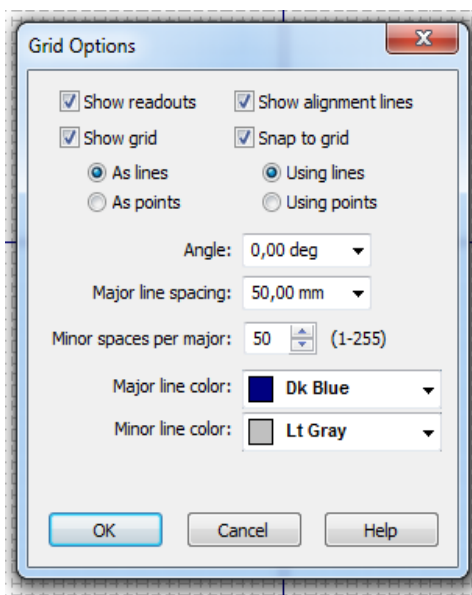
Seejärel avaneb *Solid Edge*'i esileht, kus on võimalik valida vajalikke töökeskkondi, kuid samuti mitmeid toiminguid. Vali *ISO Draft* (s.o 2D-joonestamine), siis ilmub tühi A2-formaadis *Draft*'i tööleht.

2. Kui Solid Edge'i programm on enne avatud mõnes teises keskkonnas, klõpsa *Application Button*'i  (rakendusnupp) kāsule  *New* (uus), et avaneks uus dokument. Dialoogiaknast *New* vali  *ISO Draft*.
3. Seejärel ilmub tühi *Drafft*'i tööleht (*Default Drafft*), mille formaat on vaja muuta sobivaks.
4. Akna alumisel real klõpsa lehe nimetusel parema hiireklahviga. Seejärel ilmub kiirmenüü, kust vali  *Sheet Setup* (lehe seadmine). Avaneb dialoogiaken *Sheet Setup*, sealt vali *Background* (tagapõhi) ja *Background Sheet*, mille alt vali *A4-Sheet*. Dialoogiaknast vali *Size* (suurus), sealt omakorda standardleht *Standard* ja selle kõrvalt kastist *A4 Tall* (210 mm x 297 mm). Dialoogiaknas vali *Name* (nimetus). Kui seal on *Sheet 1*, siis vajuta *OK* (soovi korral võib lehe nimetust ka siin muuta). Vt selle kohta joonis 10-13.
5. Kiire juurdepääsu tööriistaribal (*Quick Access Toolbar*), mis on ülemine tööriistariba ekraanil, vali *View* (vaade), grupist *Sheet Views* (lehe vaated) vali  *Background* (tagapõhi). Nüüd avanevad lisaks töölehele (püstine A4-formaat) ka tagapõhja lehed, kust vali leht *A4-Sheet* ja muuda see leht püstiseks, nii nagu on kirjeldatud eespool (vt p 4).







Joonis 10-13. Jooniselehe formaadi häälestamine ja selle dialoogiaken



6. Kui vaja, võib lehe nimetust hiljem ka muuta. Lehe nimetuse muutmiseks tuleb minna lehe nimetuse kastile akna alumises servas  ja klõpsata seal paremale hiireklahvile. Seejärel avaneb kiirmenüü, kust tuleb valida *Rename* (nimeta ümber). Dialoogiaknasse *Rename* tuleb kirjutada kasti *New Name* (uus nimi) soovitud lehe nimi ja vajutada *OK*.
7. Ülemiselt tööriistaribalt vali *Sketching* (skitseerimine), grupist *Select* vali  *Select All (Ctrl+A)* (vali kõik) ja kustuta lehel

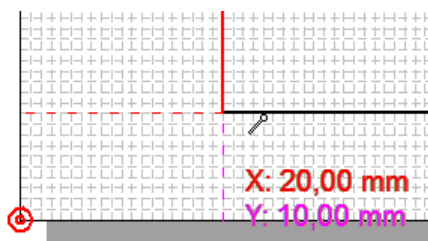


Joonis 10-14. Joonise ruudustiku omaduste ja koordinaadistiku dialoogiaken






olemasolev Solid Edge'i tagapõhi klahviga *Delete*.

8. Klõpsa alumise olekuriba (*Customize Status Bar*) käsul  *Fit* (sobita), seejärel paigutub leht ekraani keskele täies suuruses.
9. Ülemisel tööriistaribal vali *Sketching* (skitseerimine), vali grupist *Draw* (joonesta)  *Grid Options* (ruudustiku omadused), seejärel avaneb dialoogiaken *Grid Options*, kus märgi ära joonisel 10-14 näidatud ruudustiku ja koordinaadistiku andmed ning vajuta *OK*.
10. Samalt ülemiselt tööriistaribalt vali *Sketching* (skitseerimine), vali grupist *Draw* (joonesta)  *Grid Options* (ruudustiku omadused) alt  *Zero Origin* (originaalnulpunkt). Sellega oled määranud koordinaatide alguspunkti lehe alla vasakusse nurka (vt joonis 10-15).
11. Joonesta formaadile raamjoon ja nurgatabel.


- Ülemiselt tööriistaribalt *Sketching* (skitseerimine) grupist *Draw* (joonesta) klõpsa käsule  *Rectangle by 3 Points* (ristkülik 3 punkti järgi), sellega joonestad lehele raamjoone. Lehel on nüüd ruudustik ja all vasakus nurgas koordinaatide alguspunkt (vt joonis 10-15), millega ruudustik on seotud.
- Raamjoone joonestamiseks pärast käsu  *Rectangle by 3 Points* valimist toimi järgmiselt.

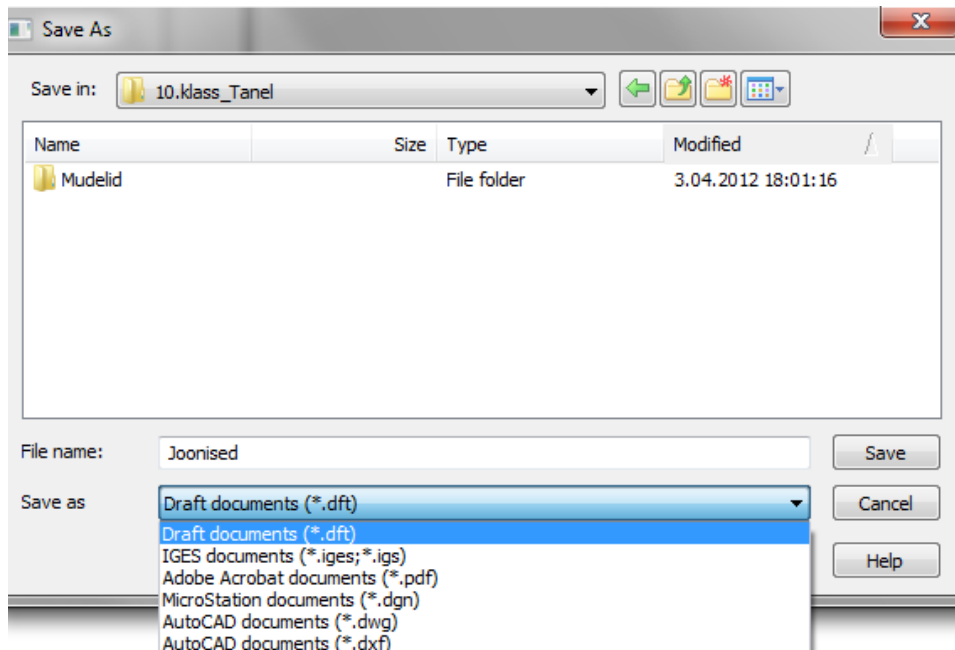


Joonis 10-15. Koordinaatide alguspunkt ja koordinaadid, mis näitavad kursori asukohta




- Ülevalt muutuvalt tööriistaribalt vali joone tüübiks nupu  *Line Type* (joone tüüp) alt pidev jämejoon (*Continues*).
- Sealtsamast kõrvalt nupu alt  *Line Width* (joone laius) vali joone laiuks 0,5...0,9 mm (soovitav 0,5...0,7 mm).
- Grupi *Relate* (suhe) alt vali  *Maintain Relationships* (jäävad seosed) ja seejärel  *Relationship Handles* (seoste sang).
- Häälesta kindlasti vajalik ruudustiku tihedus, et kursori nihutamisel näeks selle juures vajalikke koordinaate, selleks vali grupist *Draw* (joonesta)  *Grid Options* (ruudustiku omadused). Dialoogiakna *Grid Options* kastis *Minor spaces per major* (jaotuste arv peajoonte vahel) vali vajalik arv. Siin on vaja valida ühikute arvuks 50, siis mõõdetakse koordinaate iga 1 mm tagant (vt joonis 10-14).
- Vii kursor (nüüd on see rist, mille juures jooksevad koordinaadid) raamjoone alguspunkti lehe alla vasakusse nurka nii, et see on vasakult servast 20 mm ja alt 10 mm kaugusel ( $x = 20 \text{ mm}$ ,  $y = 10 \text{ mm}$ ) ja klõpsa selles punktis. Vii kursor lehe parema serva poole ja klõpsa ekraani ülemises servas oleval muutuval käsureal (*Ribbon Bar*) lahtris  (laius), kirjuta sinna raamjoone laius (180 mm) ja vajuta klahvi *Enter* (sisesta). Klõpsuga vasakul hiireklahvil fikseeri raamjoone alumine serv lehel, jälgides samal ajal ka joone horisontaalsust, vajadusel kirjuta muutuval käsureal (*Ribbon Bar*) lahtrisse  (nurk  $0^\circ$ ). Samal käsureal lahtrisse  (Height)

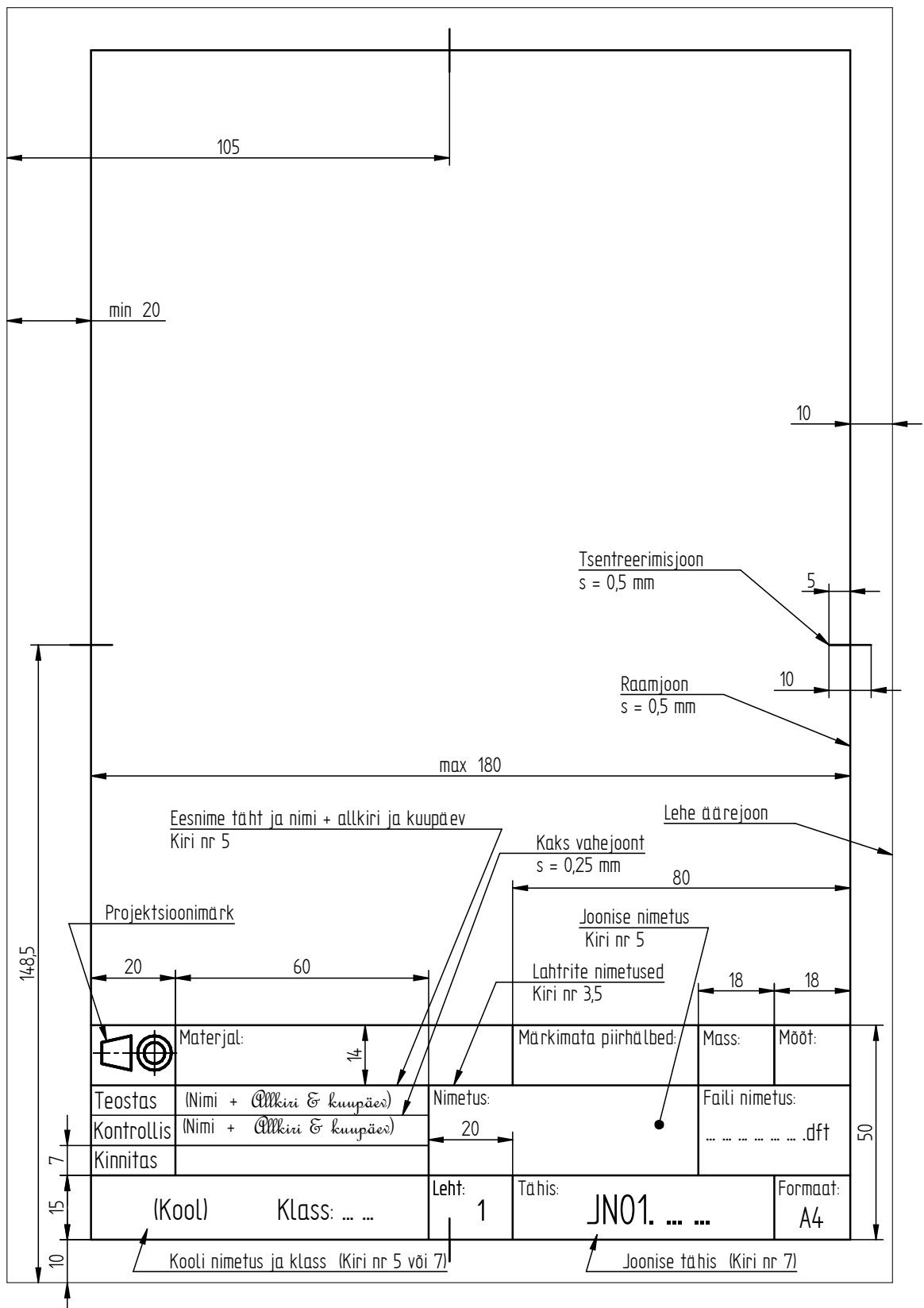
(kõrgus) kirjuta raamjoone kõrgus 277 mm ja vajuta klahvi *Enter*. Nüüd ilmub lehele raamjoon (vt joonis 10-17).

Salvesta (*Save*), selleks vali  *Application Button*'i (rakendusnupp) alt *Save as*. Dialoogiaknast *Save as* (salvesta nimega) vali kataloog *My Documents* (minu dokumendid) ja sealt alamkataloog, näiteks „Joonestamine CAD“. Sinna loo endale uus alamkataloog, kuhu saad salvestada kõik oma joonised ja 3D-mudelid (näiteks lisa kataloogi „Joonestamine CAD“ oma alamkataloog "Klass ja oma nimi"). Lahtrist *Save as Type* (salvestamise tüüp) vali *Draft Document (\*.dft)*, mis ilmub tavaliselt automaatselt. Lahtrisse *File Name* (faili nimetus) kirjuta faili nimetus (siin näiteks "Joonised") ja vajuta *Save* (vt joonis 10-16).



Joonis 10-16. Salvestamiseks alamkataloogi, failitüübi ja faili nimetuse määramine

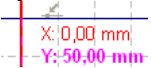


- Joonesta nurgatabel, selleks toimi järgmiselt.
- a. Klõpsa käsul  *Zoom Area* (suurenda pind) ja suurenda lehe alumist poolt, kuhu joonestad nurgatabeli. Selleks vii kursor alla vasakusse nurka väljapoole lehe piirjoont, hoia all vasakut hiireklahvi ja võta raami see lehe osa, mida soovid suurendada. Lase vasak hiireklahv lahti, nüüd on lehe alumine osa suurenenud ekraanisuuruseks. Klõpsa kohe paremal hiireklahvil, et lõpetada eelmine käsklus.
- b. Vii koordinaatide alguspunkt raamjoone vasakusse alumisse nurka. Selleks klõpsa grupist *Draw* (joonesta) käsul  *Reposition Origin* (nullpunkti ümberpositsioneerimine) ja vii rist koos punase rõngaga vasakule raamjoone alla nurka ning klõpsa sellel, kuni märgi juurde ilmub jooneotsa tähis (joonekese otsas punkt) ja joon muutub aktiivseks .



Joonis 10-17. A4-formaadis jooniselehe vormistamine tagapõhjale (näidatud on ka vajalikud mõõtmed jooniselehe vormistamiseks)

- c. Grupist *Draw* (joonesta) vali  *Line* (joon), kontrolli selle joone tüüpi (pidevjoon) ja laiust (*Line Type* ja *Line Width*).



- ✓ Joonesta nurgatabeli jooned, jälgides koordinaate  $x$  ja  $y$  ning nurgatabelis lahtrite vastavaid mõõtmeid (vt joonis 10-17).
- d. Vii kursor vasakul raamjoone joonel kõrgusele  $x = 0$ ;  $y = 50,00$ . Kui joon on aktiivne ja kursori juures on joonega ühendust näitav tähis (joonekese peal on punkt) , tee vasaku hiireklahviga klõps ning vii kursor paremale (jälg, et joon jääb horisontaalseks), kuni ühenduseni raamjoone parempoolse joonega. Seejärel klõpsa vasaku ja seejärel parema hiireklahviga, et lõpetada viimane käsklus. Sedasi joonesta edasi kõik teised jooned nurgatabelis, jälgides seal joonte asukohta, nende pikkust ning laiust.
- e. Muuda keskmiste lahtrite vahejoonte laiust (2 joont), selleks:
  - vali grupist *Select* käsk  *Select* (vali) ja kasutades SHIFT-klahvi (hoia SHIFT-klahv all ja klõpsa vastavatele joontele), tee mõlemad vajalikud jooned aktiivseks;
  - vali muutuvalt käsurealt joone laius (*Line Width*), klõpsates 0,25 mm, seejärel klõpsa jooniseväljal;
  - vali  *Save* (salvesta).
- ✓ Joonesta projektsioonimärk (vt joonis 10-18) vastavasse lahtrisse (töö alustamiseks suurenda joonestatav piirkond ekraanisuuruseks).

#### Tüvikoonuse eestvaate joonestamine (vt joonis 10-19, mõõtmeid vt jooniselt 10-18)

- Vali grupist *Draw* (joonesta) käsk




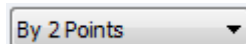
*Line* (joon), kontrolli joone tüüpi (*Line Type*) ja seda, et joone laius (*Line Width*) oleks 0,5...0,7 mm.

- Joonesta tüvikoonuse väiksem põhi läbimõõduga 4 mm (joon pikkusega 4 mm).
- Tõmba telgjoon. Selleks vali enne grupist *Draw* (joonesta) *Grid Options*




(ruudustiku omadused) alt *Reposition Origin* (nullpunkti ümberpositsioneerimine) ja vii koordinaatide alguspunkt eelnevalt tõmmatud joone keskele. Vali grupist *Annotation*

(marginaalimärk)  *Center Line* (telgjoon), seejärel tuleb muutuval tööriistaribal häälestada telgjoone asetus kahe punkti järgi

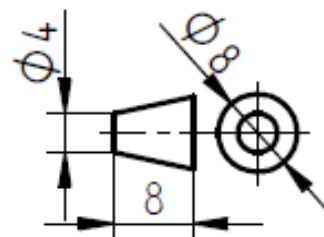


. Mine kursoriga joone keskkoha lähedale ja kui ilmub joone keskkoha märk (märk punktiga

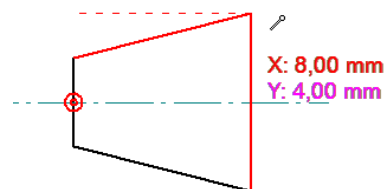
joonekese keskel  ja

koordinaadid , klõpsa seal, seejärel vii kursor paremale ning jälg, et telgjoone pikkus oleks ca 10 mm (klõpsa, kui koordinaat  $x = 8$  mm).


- Joonesta tüvikoonuse suurem põhi. Selleks, jälgides koordinaate, lõpeta koonuse eestvaade nii, et tüvikoonuse kõrgus on 8 mm ja suurema põhja diameeter 8 mm. Koordinaatide jaoks on




Joonis 10-18. Projektsioonimärk

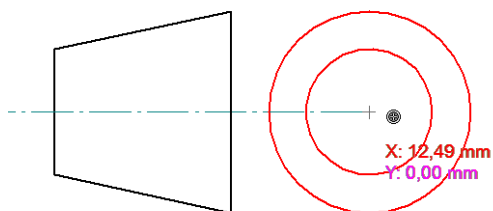


Joonis 10-19. Tüvikoonuse eestvaate joonestamine

nullpunkt vasakul joone keskpunktis. Joonestamiseks tuleb valida  *Line* (joon) ja ükskõik millisest jooneotsast alustades jälgida koordinaate, seejuures x näitab tükikoonuse kõrgust ( $x = 8 \text{ mm}$ ) ja y raadiust ( $y = 4 \text{ mm}$ ). Vt selle kohta joonis 10-19.

### Tükikoonuse vasakultvaate joonestamine (vt joonis 10-20)



- Grupist *Draw* (joonesta) vali  *Circle by Center Point* (ringjoon keskpunkti järgi), misjärel ilmub ristiga kursor. Vii see tükikoonuse teljele vasakule sellise arvestusega, et sinna saaks joonestada ringjoone  $\varnothing 8 \text{ mm}$ . Klõpsa teljel ning trüki ülemisel muutuval käsuraal kasti *Diameter* 8,0 mm ja vajuta klahvi *Enter*.
- Trüki samasse kasti tükikoonuse väiksema põhja diameeter 4 mm, vajuta *Enter* ning vii kursoriga ringjoon  $\varnothing 4 \text{ mm}$  suure ringjoone tsentrisse ja klõpsa siis, kui kõrvale




ilmub ringi tsentri märk (märk ristiga ringi keskel).

Joonis 10-20. Projektsioonimärgi vasakultvaate joonestamine

### Vasakultvaate ringjoonte teljestiku joonestamine (vt joonis 10-18)

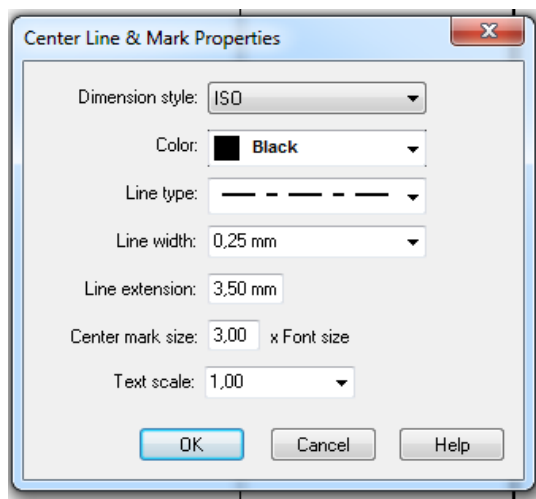
- Vali grupist *Annotation* (marginaalimärk) käsk  *Center Mark* (tsentrimärk), muutuval käsuraal (*Ribbon Bar*) eemalda käsk  *Projection Lines* (projektsioonjooned), klõpsates märgil, et see ei oleks aktiivne (sest väikestele ringjoonte ei lisata projektsioonijooni). Mine kursoriga välisele ringjoonele ja klõpsa sellel, kuni ilmub tsentrimärk (vt joonis 10-18).

- Muuda tsentrijoonte omadusi (joone värvust, jämedust ja tsentrimärgi pikkust). Selleks vali

grupist *Select* käsk  *Select* (vali). Tee tsentrimärk aktiivseks ja klõpsa paremal hiireklahvil. Kiirmenüüst vali *Properties* (omadused), seal dialoogiaknas

#### Center Line & Mark Properties

(telgjoone ja tsentrimärgi omadused) muuda joonte värvus mustaks ning kontrolli joonte laiust (0,25 mm). Kasti *Center Mark Size* (tsentrimärgi mõõde) trüki 3,0 (vähenda tsentrimärgi pikkust kolmekordse kirja kõrguseni) ja vajuta *OK* (vt joonis 10-21).



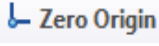

Joonis 10-21. Telgjoone ja tsentrimärgi omaduste määramise dialoogiaken

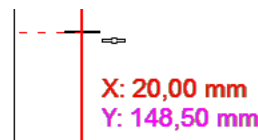
- Samamoodi muuda ka koonuse telgjoone omadused (joone värvus ja joone tüüp – kriipspunkt-kitsasjoon).



- Vajuta  Save (salvesta).




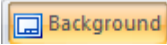

### Jooniselehe raamjoontele tsentreerimisjoonte joonestamine (mõõtmeid vt jooniselt 10-17)

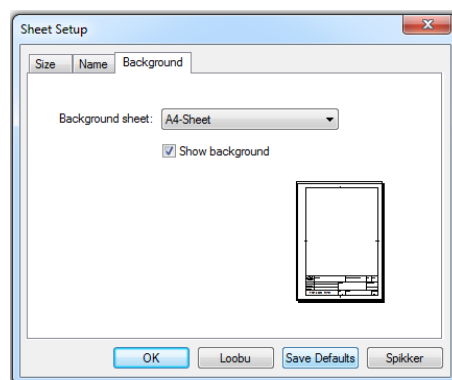
- Vii koordinaatide alguspunkt alla vasakule formaadinurka, selleks klõpsa grupist *Draw* (joonesta) käsul  (originaalnullpunkt).
- Grupist *Draw* (joonesta) vali  *Line* (joon), kontrolli selle joone tüüpi (*Line Type*, pidevjoon) ja laiust (*Line Width*, 0,5 mm).
- Joonesta 10 mm pikkused jooned lehe raamjoone igale küljele lehe keskele (mõõtmeid vt jooniselt 10-17), kõrguse suunas tsentrijoone joonestamist on näidatud joonisel 10-22.



Joonis 10-22. Tsentrimärgi joonestamine raamjoonele lehe keskele kõrguse suunas

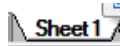

### Nurgatabeli vastavate lahtrite täitmine tekstiga (vt joonis 10-17)


-  *Zoom Area* (suurenda piirkonda) – vali kasti nurgatabeli piirkond ja suurenda see ekraani suuruseks.
- Vali grupist *Annotation* käsk  *Text* (kiri), üleval olevalt muutuvalt käsurealt aga vali kirja kõrguseks 2,5...3,5 mm, suurema kirja jaoks 5...7 mm. Sealt saab valida ka kirjastiili (nt *Bold B*, *Italic I*), arvutijoonistel on soovitatav valida püstkiri.
- Ristikujuline kursor vii lahtris sellesse kohta, kust tahad sõna alustada.
- Täida kõik need nurgatabeli lahtrid, mis jäävad selle dokumendi jooniselehtedel muutumatuks (vt joonised 10-17 ja 10-24).
- Kui teksti on vaja hiljem nihutada, siis saab seda teha, valides grupist *Select* (vali) käsu  *Select*. Seejärel tee kursoriga tekstikast (*Text Box*) aktiivseks, klõpsates tekstikasti joonel, ning liiguta tekst koos kastiga vajalikku kohta.
- Ülemiselt käsurealt vali *View* (vaade) ja peida ära tagapõhja lehed, klõpsates grupis *Sheet View* (lehe vaade) käsule  (tagapõhi).
- Seejärel vajuta  Save (salvesta).



Joonis 10-23. Lehe tagapõhja häälestamine ja selle salvestamine vaikimisi

A4-formaadis jooniselehte on kujutatud joonisel 10-24. Sama faili nimetuse alla võib salvestada ka teised vajalikud jooniselehtede formaadid, nagu A3-formaadis detaili leht (vt lisa 3), A4-formaadis detaili järgnev leht ja A4-formaadis tükitabeli leht. Selleks

klõpsa alumisel real lehe nimetusel  parema hiireklahviga ja vali avanenud kiirmenüüst  *Insert* (sisesta).


		Materjal:		Märkimata piirhälbed:	Mass:	Mööd:
		Teostas	Nimetus:		Faili nimetus:	
		Kontrollis			... .. .dft	
		Kinnitas				
(Kool)	Klass:	Leht: 1	Tähis: JN01. .... ..	Formaat: A4		


Joonis 10-24. Uue töölehe sisestamisel avanenud vormistatud tagapõhjaga A4-formaadis leht

Nüüd ilmub selles failis uus A2-formaadis leht, mille formaat tuleb häälestada sobivaks sedasi, nagu eespool kirjeldatud. Sinna võib joonestada uue leheformaadi samas järjekorras, nagu on joonestatud A4-formaadi tagapõhi.

Kõik need lehed võib vajadusel salvestada ka eraldi failidena (mitte vormistada tagapõhjale), mida saab kopeerida sobivasse kohta.

Kui joonestamisel on vaja kasutada ainult ühte tüüpi leheformaati, näiteks A4-formaati, siis on kasulik selle lehe tagapõhi salvestada vaikimisi (*Save Default*). Sel juhul avaneb uue lehe sisestamisel kohe A4-formaat.

Vaikimisi salvestamiseks klõpsa akna alumisel real lehe nimetusel parema hiireklahviga, kiirmenüüst vali  Sheet Setup. *Sheet Setup* (lehe seadmine), sealt dialoogiaknast vali *Background* (tagapõhi), kus *A4-Sheet* valimisel on näha vormistatud lehe A4-formaadis tagapõhi, selle nähtavaks tegemiseks tee valik *Show Background* ja salvesta see vaikimisi (*Save Default*, vt joonis 10-23).



Edaspidi uue töölehe sisestamisel avaneb alati vajaliku vormistusega A4-formaadis (vajadusel ka A3-formaadis) leht (vt lisa 3), selleks tuleb aga lehe häälestamisel selle formaadi tagapõhi valida lehe nimetuse käsunupu alt  Sheet Setup. *Sheet Setup* (lehe seadmine).

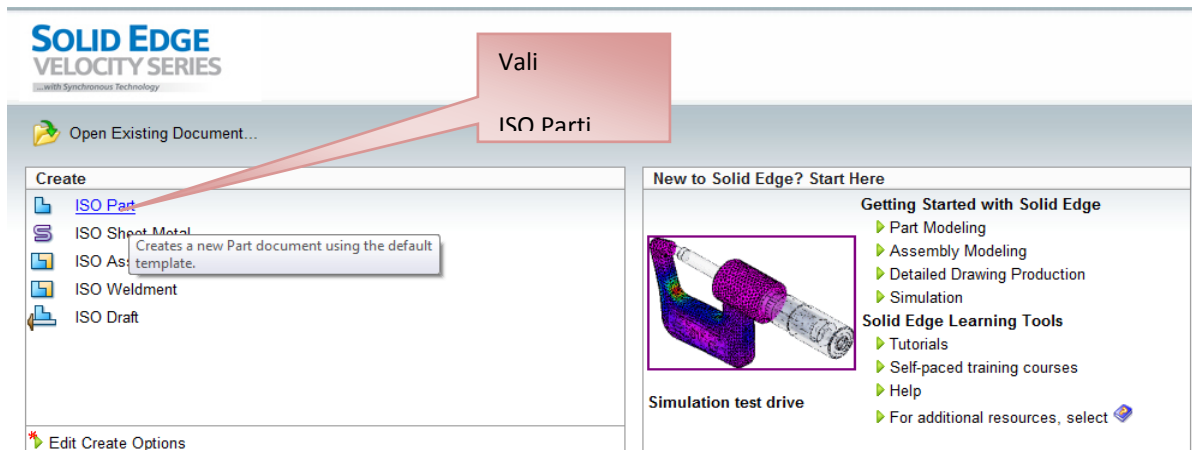
Uuel avanenud töölehel (vt joonis 10-24) tagapõhja vormistust muuta ei saa. Kui midagi on vaja muuta, tuleb seda teha lehe tagapõhjal ning siis on seda muudatust näha kõikidel selle faili A4-formaadis lehtedel. Vajalikud nurgatabeli tühjad lahtrid tuleb täita iga joonise töölehel eraldi.

# 11. DETAILI MODELLEERIMISE 3D-KESKKOND. DETAILIDE MODELLEERIMINE. JOONISTE VALMISTAMINE 3D-MUDELITEST


## 11.1. Üldine tegevusjärjekord ISO Parti keskkonna avamiseks

Erinevate detailide mudelite ja jooniste valmistamise tegevusjärjekord võib muutuda. Üks võimalikest mudelite valmistamise variantidest esmakordsel programmi avamisel on järgmine.

1. Aktiveeri programm . Pärast programmi esilehe avanemist vali keskkondade valikute lahtrist **Create** (looma, tekitama)  **ISO Part** (ISO detaili modelleerimiskeskond) ja klõpsa vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-1).

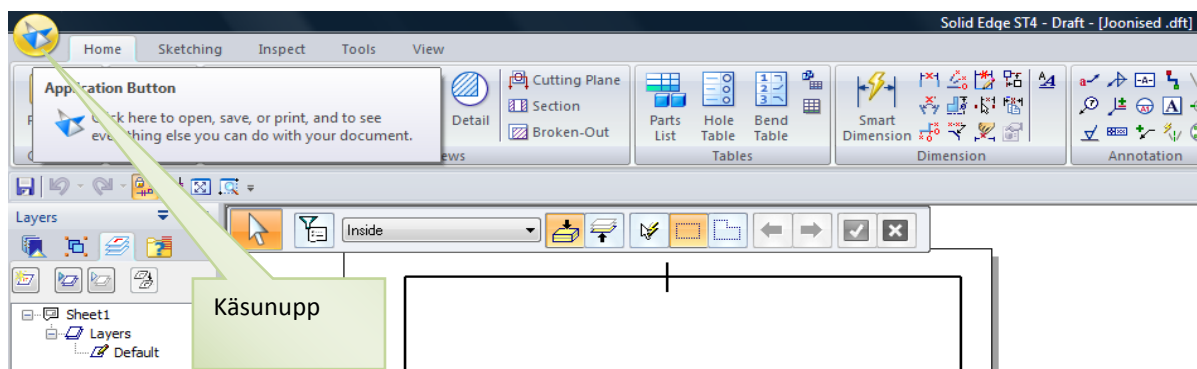


Joonis 11-1. Ekraanipildi fragment pärast programmi aktiveerimist

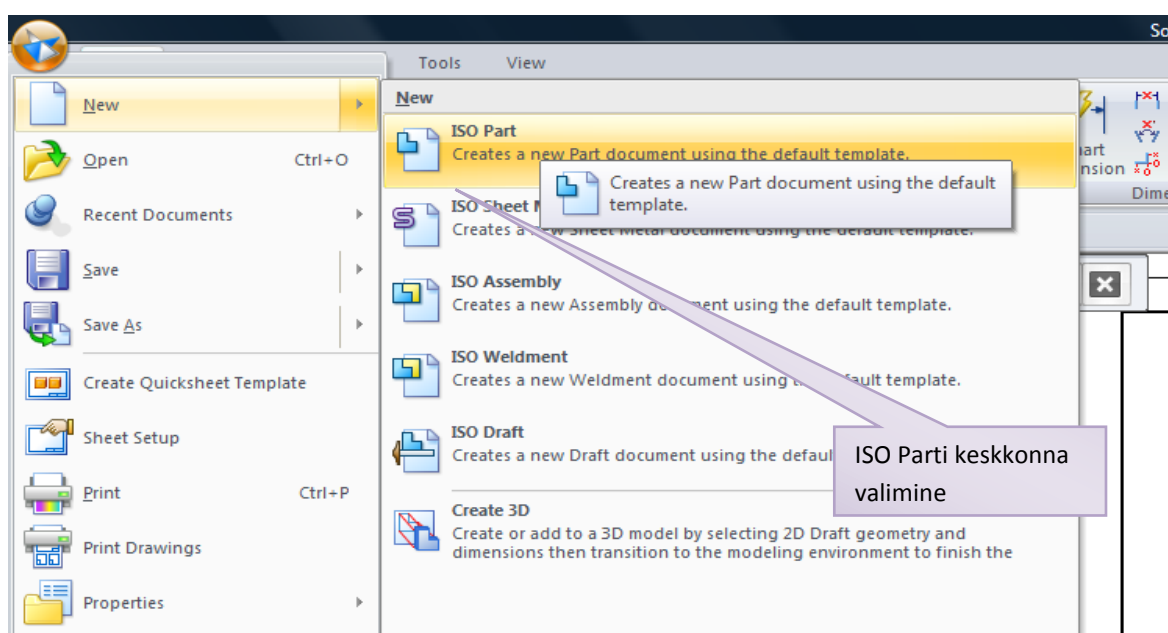
2. Kui eelnevalt on avatud 2D-projekterimiskeskond ning ette valmistatud jooniseleht koos raamjoone ja nurgatabeliga (vt joonis 11-2), toimi järgmiselt. Vii kursor  *Application Button*'i rakenduste nupu ikoonile ja klõpsa vasakul hiireklahvil, seejärel avaneb rippmenüü. Vii seal kursor ikooni *New* peale ja seejärel ISO modelleerimiskeskonna ISO Part veeru peale ning klõpsa vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-3). Seejärel avaneb mudelite valmistamise keskkond (vt joonis 11-4). Vaikimisi (*Defaults*) avaneb sünkroontehnoloogia.

**Application** – rakendus arvutiprogrammide tarkvaras.

**Defaults** – vaikimisi valitav, tavaliselt tähistab programmis enimkasutatud seadistust.



Joonis 11-2. 2D-projekteerimiskeskonna ekraanipildi fragment (*Application*) rakenduste ikooniga 3D-detaili modelleerimise keskkonna avamiseks

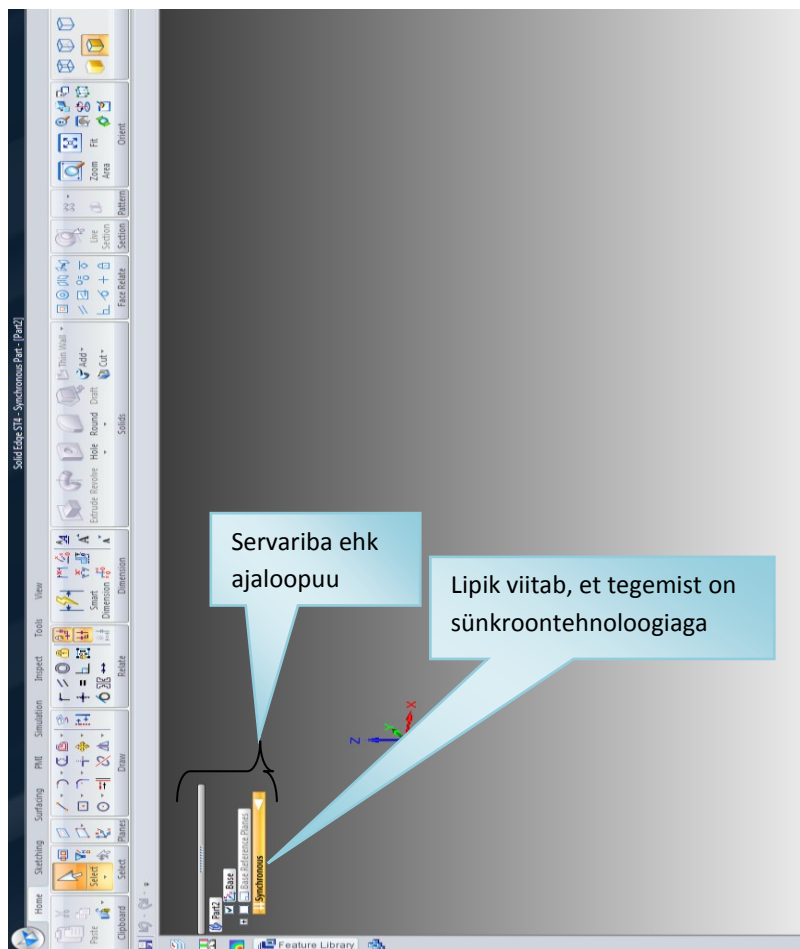


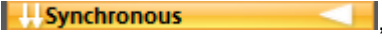
Joonis 11-3. 2D-projekteerimiskeskonna ekraanipildi fragment. Käsunupu *Application* alt avaneb rippmenüü ja sealt edasi ikooni *New* alt ISO Parti detaili modelleerimiskeskond

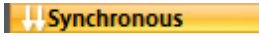
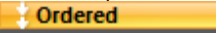
## 11.2. Modelleerimiskeskonna muutmine sünkroontehnoloogilisest traditsiooniliseks ja vastupidi

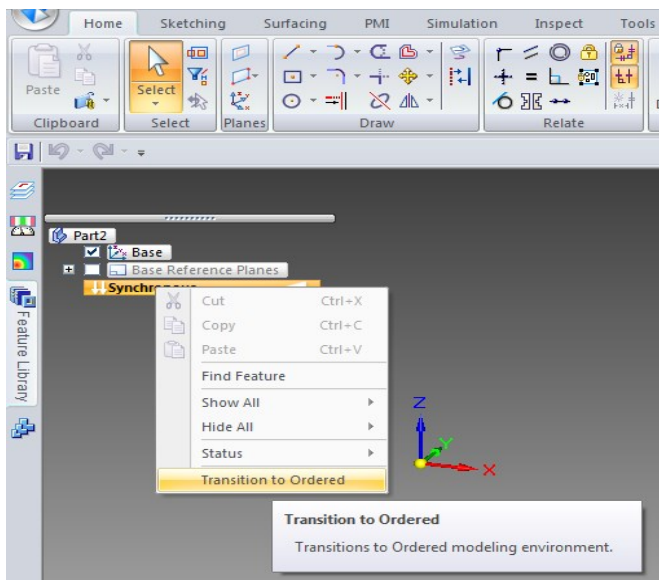
Programm on seadistatud nii, et detaili modelleerimise keskkonnas avaneb vaikimisi sünkroontehnoloogia, mis on ette nähtud olemasolevate mudelite modifitseerimiseks, tootegruppide loomiseks ja dünaamiliseks redigeerimiseks (vt joonis 11-4). Mugavam, universaalsem ja eriti õppimiseks sobivam on aga tava- ehk traditsiooniline 3D-mudelite valmistamise tehnoloogia, seda eriti algajatele täiesti uute mudelite valmistamiseks.

Järgnevalt vaadeldakse, kuidas on võimalik teha valikuid detaili modelleerimiskeskonna ISO Part erinevate tehnoloogiate vahel. Üht tehnoloogia muutmise võimalust on kirjeldatud järgnevas loetelus.

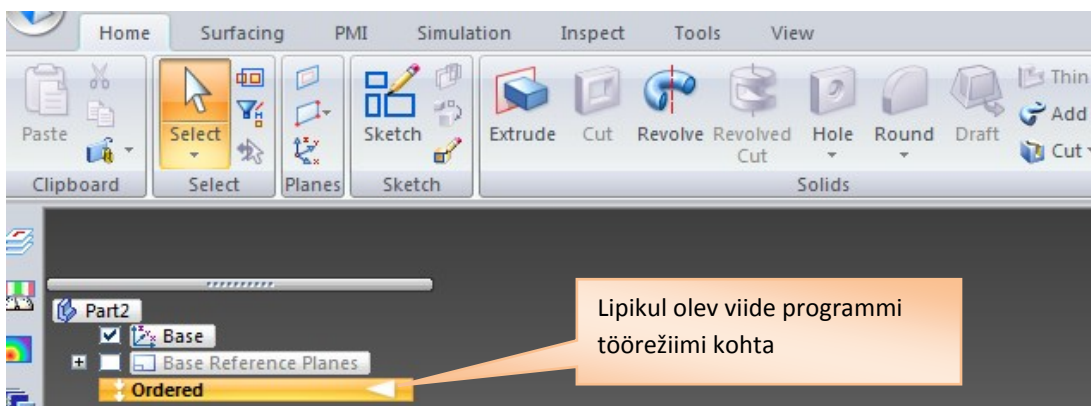


Joonis 11-4. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipilt. Vaikimisi on avatud sünkroontehnoloogia , vastav märge on ajaloopuus

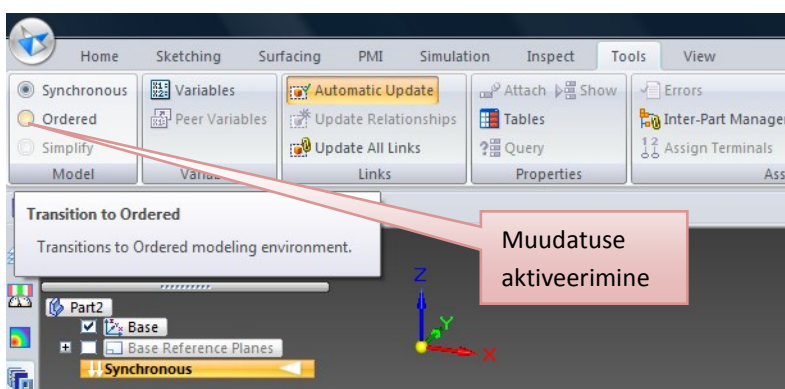
1. Vii kursor töölaual ajaloopuus lipikule  (sünkroontehnoloogia) ja klõpsa paremale hiireklahvile. Seejärel avaneb rippmenüü (vt joonis 11-5).
2. Rippmenüüst vali *Transition to Ordered* (muuda tavaliseks) ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Lipiku sisu muutub  ja modelleerimine programmi keskkonnas muutub tavaliseks (vt joonised 11-5 ja 11-6). Muutuvad ka tööriistade käsunuppude paneelid ja nendel olevad tööriistad (vt joonis 11-6). Mudelite tegemine tavatehnoloogias (*Ordered*) erineb oluliselt mudelite valmistamisest sünkroontehnoloogias (*Synchronous*).
3. Teine võimalus erinevaid tehnoloogiaid muuta on järgmine:
  - aktiveeri peatööriistaribal saki *Tools* (tööriistad) nuppude paneel (vt joonis 11-7), seejärel avanevad tööriistade valikud ja muutuvad tööriistaplokkide tööriistad (vt joonis 11-7);



Joonis 11-5. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Sünkroontehnoloogia aktiveerimine ja muutmine tavatehnoloogiaks



Joonis 11-6. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. ISO Parti keskkond on muutunud tavatehnoloogiliseks, muutunud on ka tööriistaribal olevad tööriistad



Joonis 11-7. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Sünkroontehnoloogia ettevalmistamine tavatehnoloogia muutmiseks menüü *Tools* (tööriistad) kaudu

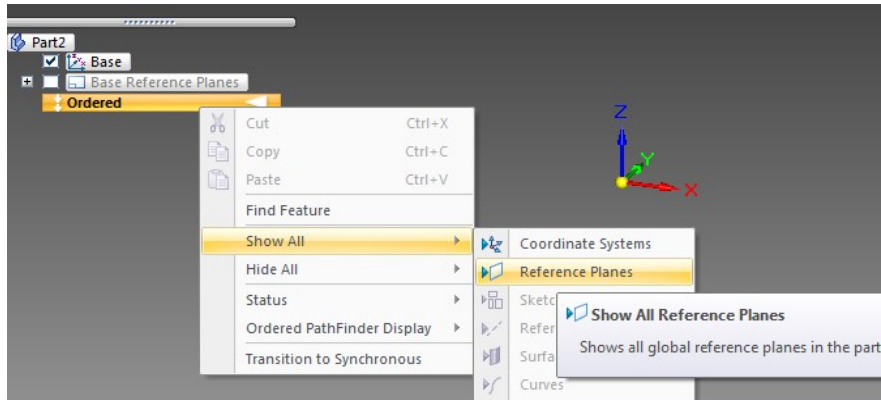
- aktiveeri vasakult mudelite (*Model*) grupist käsunupp *Ordered* (traditsiooniline), viies kursori ringikese *Ordered* peale, ja klõpsa vasakul hiireklahvil. Seejärel muutuvad tööriistanuppude paneelid ja tehnoloogia vahetub. Nüüd töötab programm tavatehnoloogia režiimis (vt joonis 11-8) ja uusi tootemudeleid on mugavam valmistada.



### 11.3. Parti keskkonna ettevalmistamine mudelite tegemiseks. Projektsoonipindade kuvamine töölaual

Siin on kirjeldatud üht võimalust, kuidas alustada detaili 3D-mudelite valmistamist.

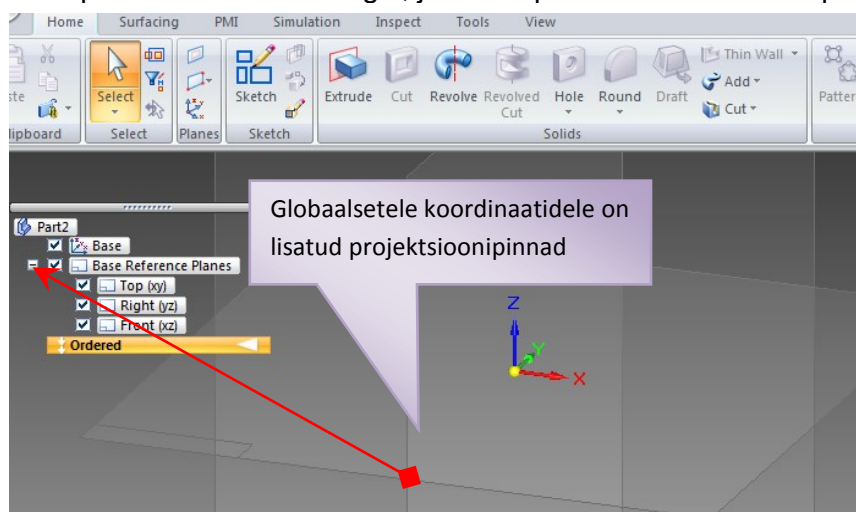
1. Vii kursor lipikule *Ordered* (traditsiooniline) ajaloopuus ja klõpsa paremal hiireklahvil. Nüüd avaneb rippmenüü, kust vali *Show All* (näita kõiki), edasi vali *Reference Planes* (projektsoonipinnad) ja klõpsa vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-8).



Joonis 11-8. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Projektsoonipindade kuvamiseks seadistuse tegemine, vajaliku rea aktiveerimine

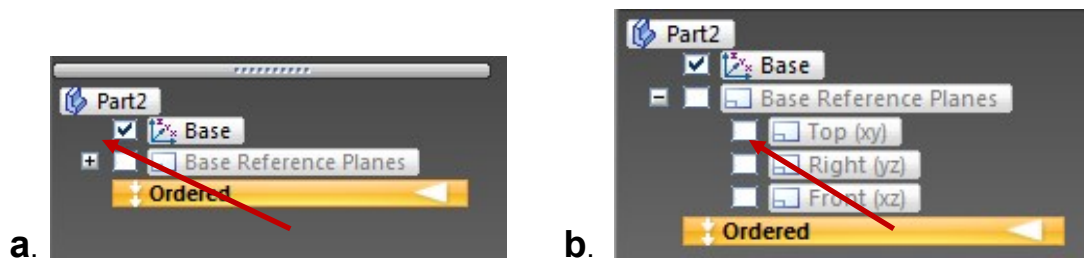
Arvuti lisab globaalsetele koordinaatidele töölaual keskel kõik kolm projektsoonipinda, millel saab alustada eskiiside tegemist mudelite valmistamiseks (vt joonis 11-9). Lipiku ette on lisandunud ka kontrollmärgi linnukene *Base Reference Planes* (baaskoordinaatpinnad), mis annab märku sellest, et nüüd on töölaual kuvatud projektsoonipinnad. Baaskoordinaatpindu on väga mugav kasutada eskiiside tegemiseks, et alustada 3D-mudelite valmistamist (vt joonis 11-9).

2. Kui soovid kuvada ainult ühe projektsoonipinna, siis toimi järgmiselt. Esmalt klõpsa lipiku *Base Reference Planes* ees oleval plussmärgil (vt joonis 11-10a). Selle lipiku all avanevad kõigi kolme projektsoonipinna lipikud (vt joonis 11-10b). Lipikute ees puuduvad kontrollmärgid, järelikult puuduvad töölaual ka projektsoonipinnad.



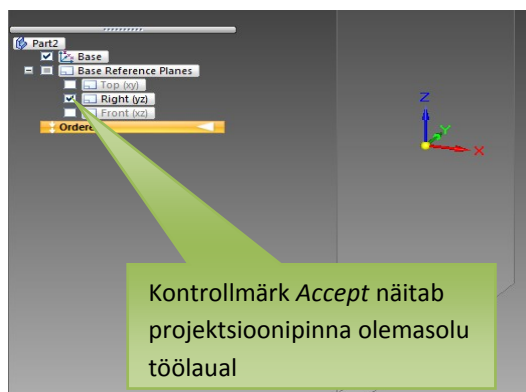
Joonis 11-9. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Projektsoonipinnad on kuvatud





Joonis 11-10. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragmendid. Ajaloopuus on näha, et baaskoordinaadid on töölaual olemas (a), aga projektsioonipinnad puuduvad (b)

- Projektsioonipinna lisamiseks vii kursor vajaliku projektsioonipinna lipiku ees olevale kastikesele ja klõpsa vasakul hiireklahvil. Külgprojektsioonipinna lisamiseks vii kursor lipiku   Right (yz) ees olevale kastikesele ja klõpsa vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-10b). Seejärel lisab arvuti vajaliku projektsioonipinna töölaual (vt joonis 11-11).



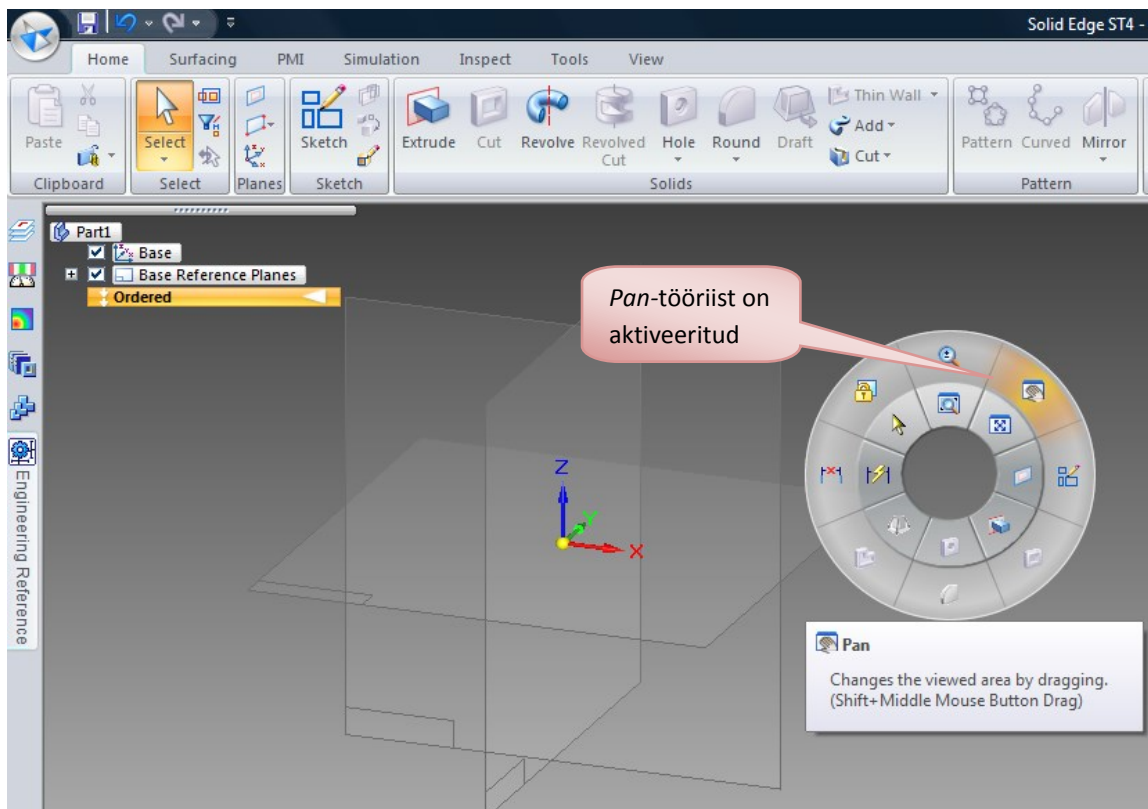
Joonis 11-11. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Projektsioonipind *Right yz* on kuvatud töölaual

## 11.4. Parti keskkonna ettevalmistamine mudelite tegemiseks. Ringmenüü aktiveerimine ja kasutamine

- Vii kursor töölaual, vajuta alla **parem hiireklahv ja hoia seda**, selle tulemusena avaneb ringmenüü (vt joonis 11-12).
- Hoides sama klahvi all, vii kursor vajaliku tööriista peale ning lase ta seal lahti. Valitud tööriist muutub aktiivseks, nüüd võib tööriista kasutada nagu tavaliselt (vt joonis 11-12).

Nüüd on aktiveeritud tööriist *Pan* (*Pan* – *Personal Area Network*), mis on personaalse maa-ala liigutamise tööriist, millega on võimalik muuta vaadeldava tööpiirkonna asukohta ekraanil. Seda saab teha, kui vajutada alla vasak hiireklahv ja seda all hoides nihutada ekraani tööpind vajalikku kohta.

Ringmenüüs on 16 enim kasutatavat tööriista, mida on mugav valida ja aktiveerida (vt joonis 11-12).





Joonis 11-12. Detailide modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Töölauale on ringmenüü, kus on aktiivne *Pan*-tööriist


## 11.5. Tegevusjärjekord ISO Parti keskkonnas mudelite loomisel. Järi traaversi virtuaalse mudeli valmistamine

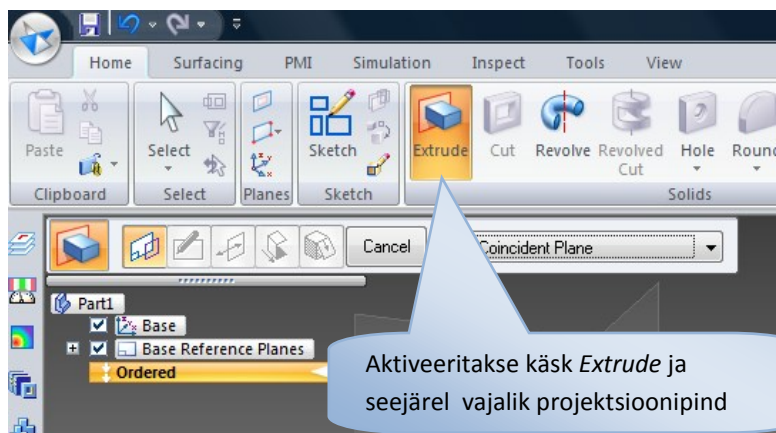
Erinevate detailide mudelite valmistamise järjekord võib olla erinev, kuid üks võimalus on kasutada tööriista *Extrude* (eend). Järgnevalt vaadeldakse kahte võimalust, kuidas joonestada järi traaversit.

**Extrude** (eend) on arvutigraafika protsess kolmemõõtmelise kujundi loomiseks kahemõõtmelise kujundi venitamise teel piki kolmandat telge.

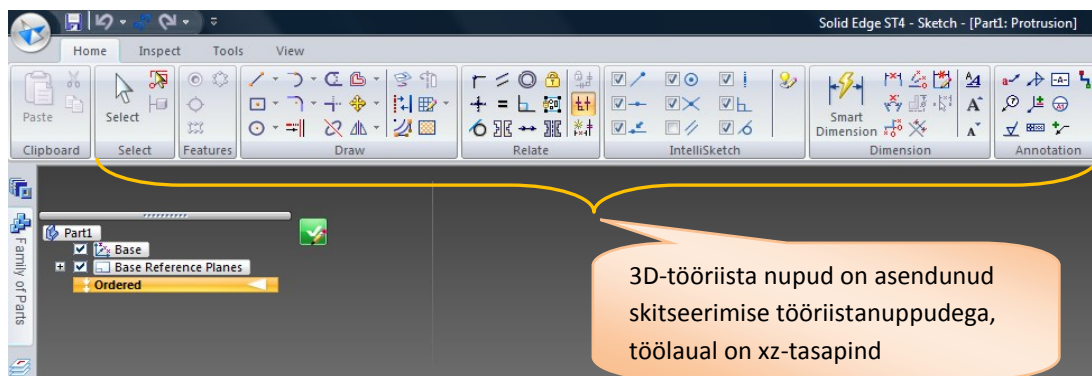
### A. I variant

1. *Home*-tööriistade paneelilt grupist *Solid* (tahke keha) aktiveeri tööriist *Extrude*  (eend). Selleks vii kursor *Extrude*'i käsunupule ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Seejärel muutub tööriist aktiivseks. Töölauale tekib muutuv tööriistariba (*Smart Step Ribbon Bar*) aktiveeritud käsu juhtimise võimalustega (vt joonis 11-13).
2. Vali projektsioonipind, millele soovid eendi eskiisi joonestada ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Valitud pind muutub aktiivseks ja pöördub töölauale. **Ruumiline töökeskkond muutub tasapinnaliseks**. Ka kõik *Home*-tööriistade grupid asenduvad eskiiside joonestamise tööriistade gruppidega (vt joonis 11-14). Töölaua ülemisse vasakusse serva tekib samuti muutuv tööriistariba (*Smart Step Ribbon Bar*), millel on vaikimisi aktiivne joone tõmbamise tööriist  (*Line*).

3. Eskiisi valmistamiseks vali  **Rectangle by Center** (ristkülik keskpunkti järgi, vt joonis 11-15). Vii kursor nimetatud ikoonile ja klõpsa vasakule hiireklahvile.

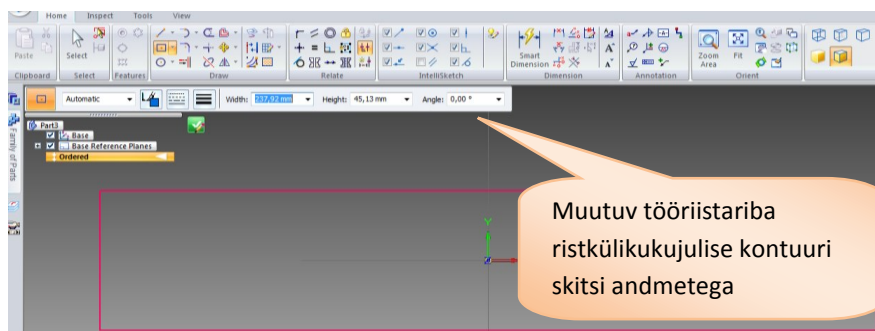


Joonis 11-13. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Aktiveeritud on tööriist *Extrude* (eend)




Joonis 11-14. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment, pärast käsu *Extrude* aktiveerimist ja projektsioonipinna valimist pööratakse valitud pind töölaual eendi skitsi joonestamiseks. Kõik *Home*-tööriistade grupid on muutunud eskiiside joonestamise tööriistade gruppideks

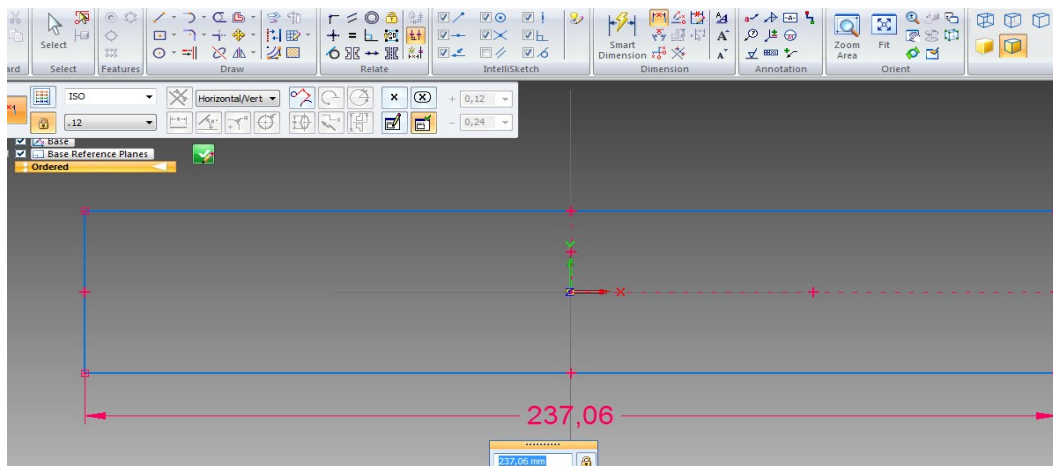
4. Vii kursor koordinaatide keskpunkti ja klõpsa vasakul hiireklahvil, sellega määrad ristküliku tsentri. Tõmba kursor paremale (või vasakule), sellega määrad ristküliku laiuse ja kõrguse. Samas võid muutaval tööriistaribal sisestada ristküliku laiuse ja kõrguse vastavatesse lahtritesse   ning klõpsata klahvile *Enter*. Vali ristkülikule vajalik asend (Angle: ) ja klõpsa veel kord vasakule hiireklahvile. Vajalike mõõtmetega ristküliku skits on konstrueeritud töölaual (vt joonis 11-15).




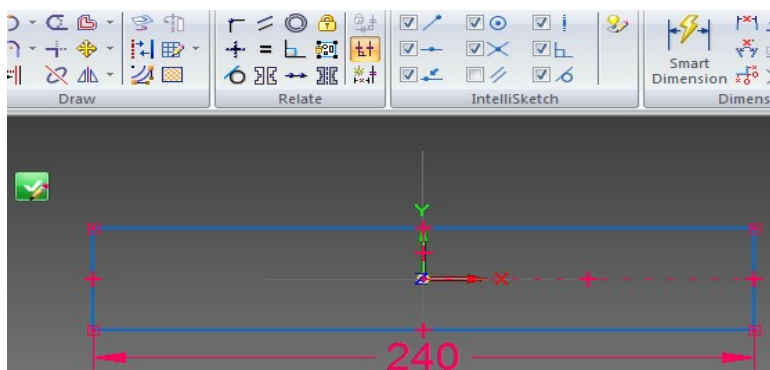
Joonis 11-15. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Ristküliku skits keskpunktiga koordinaatide alguspunktis on joonestatud

## B. II variant


1. Tõmba töölauale vabalt valitud suurusega ristkülik ja seejärel mõõda ristküliku mõõtmed, kasutades tööriista  **Distance Between** (vahekaugus), vajadusel korrigeeri ristküliku mõõtmeid. Mõõtmiseks klõpsa kursoriga kõigepealt ristküliku vasakule ja seejärel paremale servale, kolmas klõps lisab joonisele ristküliku külgedevahelise mõõtme koos kastikeses oleva mõõtmega, mis on aktiivne (vt joonised 11-16 ja 11-17). Trüki kastikesse vajalik mõõde ja vajuta klahvi *Enter*. Nüüd on ristküliku pikkus muudetud (vt joonis 11-17).



Joonis 11-16. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment, ristkülikukujulise skitsi mõõtmete korrigeerimine tööriistaga  **Distance Between**




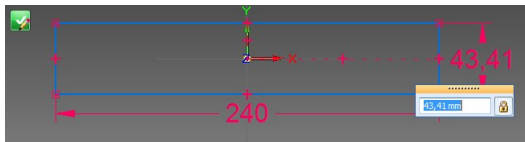
Joonis 11-17. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment, ristküliku laius on muudetud

2. Samamoodi muuda ka ristküliku kõrgust, kasutades sama tööriista  **Distance Between** (vahekaugus). Klõpsa alumisele ja ülemisele ristküliku servale, kolmanda klõpsuga pane joonisele mõõde ja aktiveeri see (vt joonis 11-18). Trüki vajalik mõõde kastikesse ja vajuta klahvi *Enter*. Nüüd on vajaliku suurusega ristküliku skits eendi tegemiseks valmis (vt joonis 11-19).

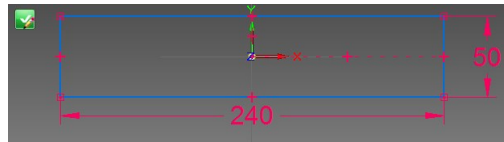
## C. Pärast ristküliku skitsi joonestamist toimi järgmiselt.

1. Kui skits on valmis, vii kursor töölaual olevale ikoonile  *Accept* (nõus, vt joonis 11-19)

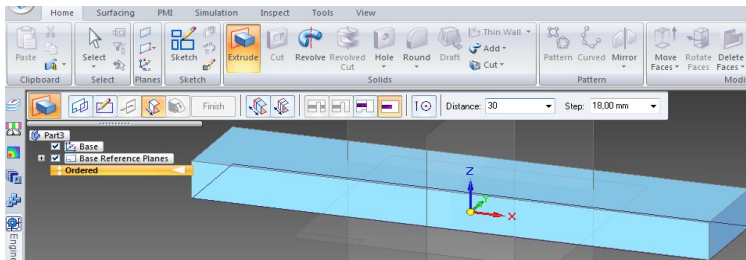
ja klõpsa vasakul hiireklahvil või peatööriistade paneeli paremas servas olevale ikoonil  *Close Sketch* (sulge eskiis), et pöörduda tagasi 3D-modelleerimiskeskkonda, lõpetada skitseeritud eendi valmistamine ja lisada tasapinnalisele skitsile kolmas mõõde (vt joonised 11-19 ja 11-20).



Joonis 11-18. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Ristküliku kõrguse mõõde on aktiveeritud, kastikesse võib sisestada

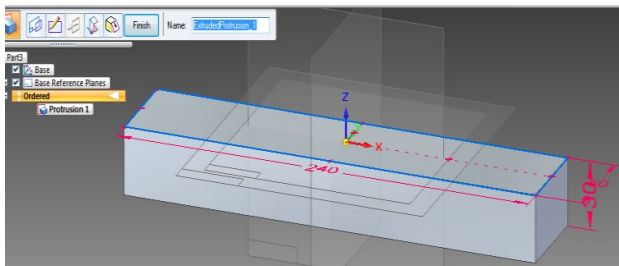


Joonis 11-19. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Ristkülikukujulise skitsi



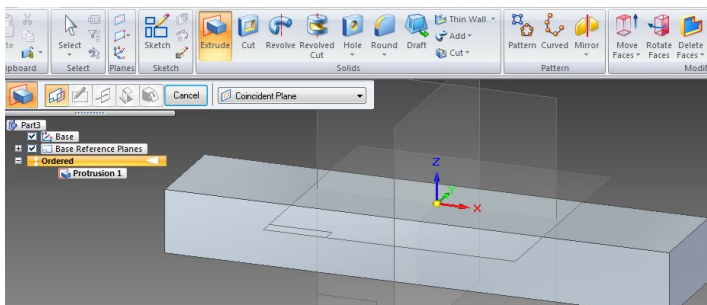
Joonis 11-20. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment, risttahuka kõrgus on määratud (*Distance* 30). Tasapinnalisele skitsile on antud kolmas mõõde

2. Äsja skitseeritud eendi lõpetamiseks tuleb muutuval tööriistaribal (*Smart Step Ribbon Bar*) lahtrisse *Distance: 30,00 mm* (ulatus) trükkida eendi ulatus (siinses näites 30 mm) ja vajutada klahvile *Enter*. Edasi tuleb kursoriga määrata eendi paigutamise suund töölaual ja klõpsata vasakul hiireklahvil. Nüüd on mudelist valminud 3D-skits, kus kõiki mõõtmeid on võimalik aktiveerida ja vajadusel muuta (vt joonis 11-21).



Joonis 11-21. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Risttahuka kõrgus on muudetud, mudelist on valminud 3D-skits, kõiki mõõtmeid on võimalik muuta

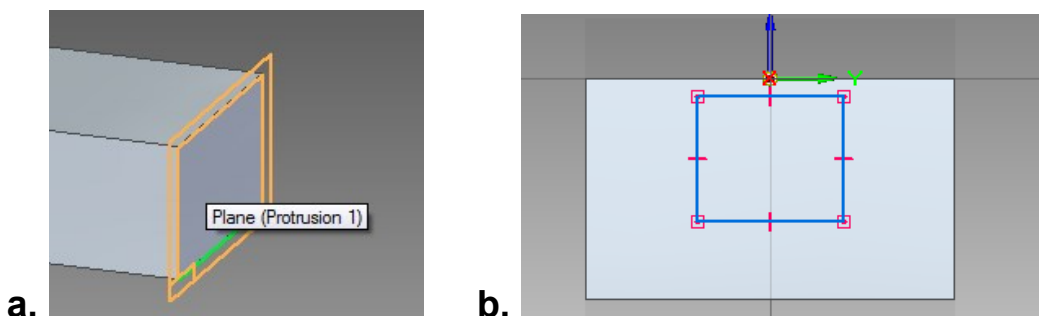
3. Lõpetamiseks vii kursor muutuval tööriistaribal ikoonile **Finish** ja klõpsa vasakul hiireklahvil, seejärel mõõtmed kaovad ja järi traaversi põhiosa 3D-mudel on valmis (vt joonis 11-22).







Joonis 11-22. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment, traaversi mudeli baasosa. Risttahukas on valmis

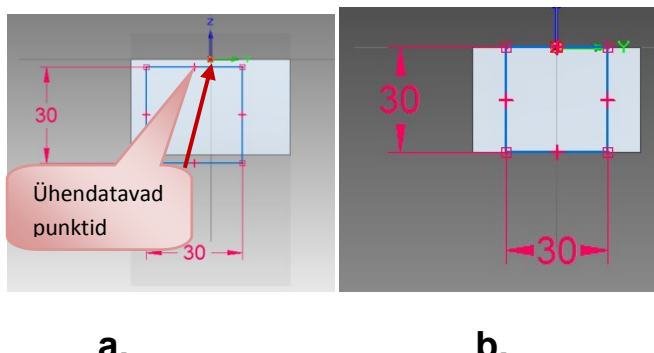



4. Edasi lisa traaversi mudelile tapiotsad. Tööriist *Extrude* on nüüd aktiivne. Aktiveeri olemasoleva mudeli otspind, selleks vii kursor otspinnale ja klõpsa vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-23a). Arvutiprogramm pöörab valitud pinna skitsi joonestamiseks töölauale.






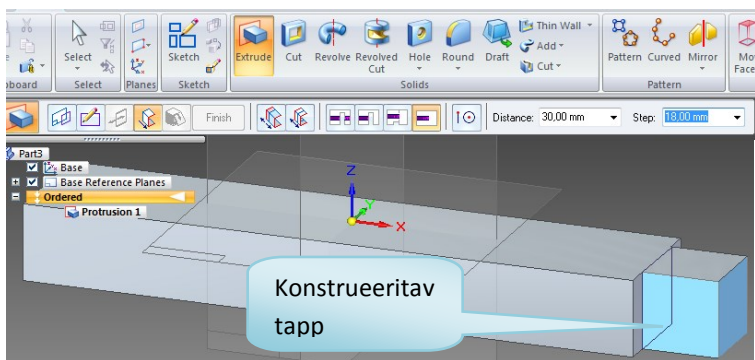
Joonis 11-23. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipiltide fragmendid: a – valitud on risttahuka otspind; b – otspinnale on konstrueeritud vabade mõõtmetega ristkülik

5. Grupist *Draw* (joonesta) vali  **Rectangle by Center** (ristkülik keskpunkti järgi, vt joonised 11-15 ja 11-23b) ja lisa järi traaversimudeli otspinnale vabalt valitud suurusega ristkülik. Käsuiga  **Distance Between** (vahekaugus) korrigeeri ristküliku mõõtmeid (30 x 30 mm). Tapiotsa paigutamiseks õigesse kohta on mitu võimalust. Aktiveeri seoste grupist (*Relate*) käsk  **Connect** (ühenda) ruudukujulise skitsi tsentreerimiseks horisontaali suunas. Selleks vali joonestatud ruudul ülemise serva keskel keskpunkt, mille saab ühendada olemasoleva risttahuka otsa ülemise serva keskpunktiga, klõpsates nendes punktides vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-24a). Klõpsa hetkel, kui kursori juurde ilmub joone keskpunkti märk . Nüüd on skits tsentreeritud õigesse kohta (vt joonis 11-24b).

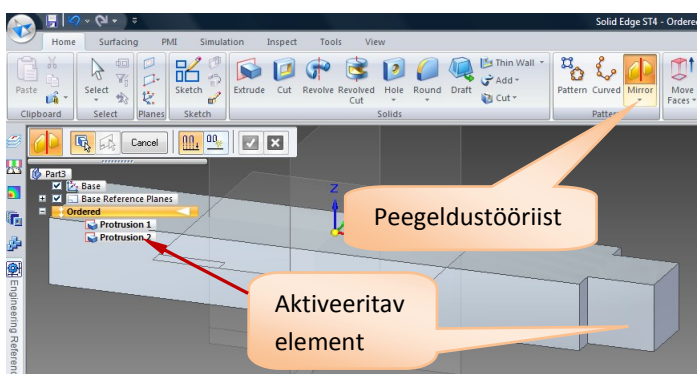


Joonis 11-24. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipiltide fragmendid: a – tapi skitsi mõõtmed on korrigeeritud ja näidatud on käsuiga  **Connect** aktiveeritavad vajalikud punktid; b – tapi skits on tsentreeritud risttahuka otsa keskele

6. Edasi vii hiirekursor kontrollmärgile  **Accept** (nõus) töölaual (vt joonis 11-19) ja klõpsa vasakul hiireklahvil. Programm lõpetab eskiisimise ja läheb 3D-mudeli keskkonda. Muutuval tööriistaribal trüki lahtrisse **Distance: 30,00 mm** ja vajuta klahvi *Enter* (vt joonis 11-25). Hiireklõpsuga määra eendi lisamise suund. Lõpetuseks klõpsa muutuva tööriistariba ikoonil **Finish**, seejärel mõõtmed kaovad ja tapp on lisatud ühte traaversi otsa (vt joonis 11-26).
7. Edasi tuleb lisada tapp ka traaversi vasakpoolsesse otsa, selleks on mitu võimalust. Seekord kasuta selleks tööriista  **Mirror Copy Feature** (elemendi peegelkoopia, vt joonis 11-26). Peatööriistaribalt grupist *Pattern* (paljundus) aktiveeri vajalik tööriist **Mirror Copy Feature**. Kontrolli, et muutuval tööriistaribal oleks aktiveeritud käsunupp  **Mirror Copy Feature – Smart** (elemendi peegelkoopia – nutikas). Seejärel aktiveeri kopeeritav element (*Protrusion 2*) virtuaalselt kas klõpsates vasakut hiireklahvi mudeli vastaval elemendil (vt joonisel 11-26 „Aktiveeritav element“) või ajaloo puus kirjet *Protrusion 2*.

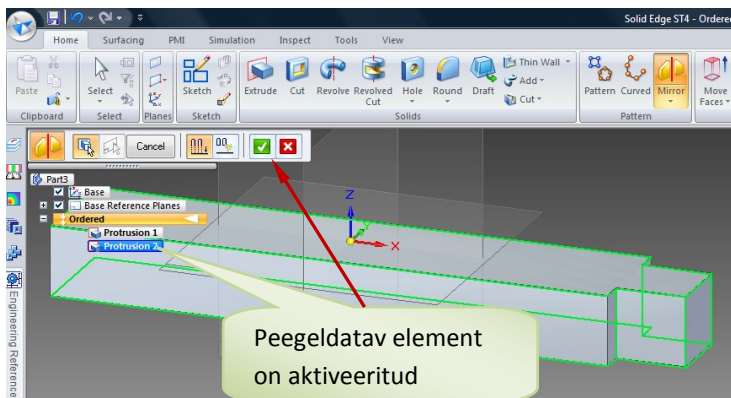


Joonis 11-25. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Modelleeritava tapi õige suuna määramine



Joonis 11-26. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Peegeldustööriista aktiveerimine ja peegeldatava elemendi valimine

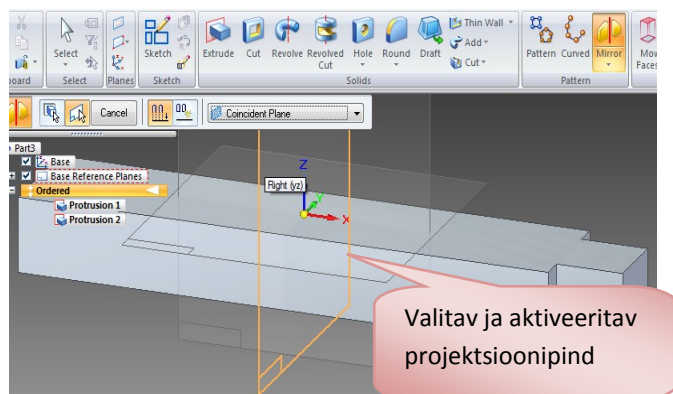
- Valitud element on muutunud aktiivseks. Muutuval tööriistaribal muutub kontrollmärk  *Accept* (nõus) aktiivseks, nüüd tuleb klõpsata sellel kontrollmärgil. Sellega kinnitatakse programmile oma valikut (vt joonis 11-27).



Joonis 11-27. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment, tapp **Protrusion 2** on ajaloopuus ja töölaual aktiveeritud, nupp *Accept* on muutunud aktiivseks

- Muutuval tööriistaribal seadistus muutub, peegelkoopia lisamiseks tuleb valida ja aktiveerida detaili mudeli sümmeetriatasapind, selleks on *Right* (yz-pind). **Nimetatud pind on peegelpinnaks, mille suhtes sümmeetriliselt teisele poole lisatakse valitud kujutis (järi tapp).** Vt selle kohta joonis 11-28.
- Arvuti lisab puuduva tapi detaili virtuaalsele mudelile ja teeb ka vastava märkme ajaloopuusse (vt joonis 11-29). Nüüd on detaili virtuaalne mudel valmis. **NB!** Kui arvuti ei tee peegelkoopiat ja ekraanile ilmub kiri soovitusena, siis klõpsa muutuva tööriistariba *Mirror Copy Feature – Fast* (elemendi peegelkoopia – kiire) asemel *Mirror Copy Feature – Smart* (elemendi peegelkoopia – nutikas), tegutse selle soovitus järgi ja klõpsa käsunupul **Preview** (eelvaade).

Lõpetamiseks salvesta äsja valminud mudel vajalikku kausta.




Joonis 11-28. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Elemendi peegelkoopia lisamine, valitud on projektsioonipind (peegelpind) elemendi peegeldamiseks





Joonis 11-29. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Peegeldusega on lisatud vasakpoolne tapp. Traaversi virtuaalne mudel on valmis

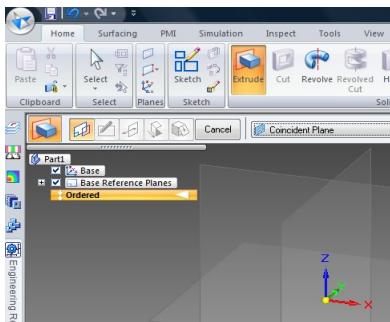
**Äsja valmistatud detaili mudelit võib teha ka ühe käsu abil.**

11. Aktiveeri käsk  **Extrude** (eend) grupi **Solids** tööriistapaneelilt. Töölauale tekib muutuv tööriistariba (*Smart Step Ribbon Bar*) aktiveeritud käsu juhtimise võimalustega (vt joonis 11-30). Edasi vali projektsioonipind, millele soovid joonestada eendi skitsi ja aktiveeri see vasaku hiireklõpsuga.
12. Arvuti pöörab valitud projektsioonipinna töölauale. Peatööriistaribal muutuvad tööriistad skitsi joonestamise tööriistadeks. Joonesta kogu eendi kontuur valitud projektsioonipinna peale (vt joonis 11-31).

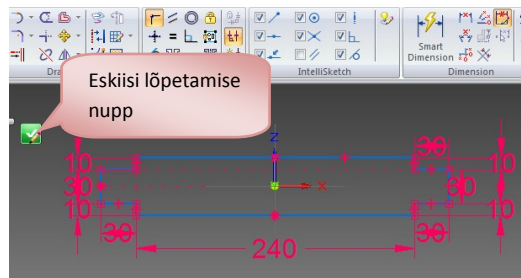
**NB! JÄLGI, ET OLEKS ÜKS KINNINE KONTOUR JA ET KONTOURIS EI OLEKS ÜLELIIGSEID JOONI. VAJADUSEL ÜHENDA JOONEOTSAD KÄSU CONNECT ABIL.**

13. Skits on valmis, lõpetamiseks klõpsa kontrollmärgile  **Accept** (nõus) töölaual (vt joonis 11-31) või peatööriistade paneeli paremas servas käsunupule  **Close Sketch** (sulge eskiis), et pöörduda tagasi 3D-mudeli keskkonda ja lõpetada skitseeritud eendi valmistamine.
14. Skitseeritud eendi lõpetamiseks trüki muutuval tööriistaribal (*Smart Step Ribbon Bar*) lahtrisse **Distance** eendi ulatus **Distance: 30,00 mm**, milleks on praegu 30 mm, ja vajuta klahvi **Enter**. Edasi määra hiireklõpsu abil eendi suund töölaual (vt joonis 11-32). Arvuti projekteerib ekraanile järi traaversi 3D-mudeli koos mõõtmetega, kõiki mõõtmeid on võimalik vajadusel muuta (vt joonis 11-33).
15. Lõpetamiseks klõpsa muutuval tööriistaribal aktiivsele nupule **Finish** (vt joonis 11-33), seejärel mõõtmed kaovad. Detaili virtuaalne 3D-mudel on valmis (vt joonis 11-34).

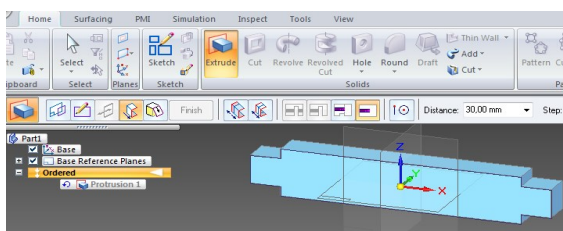




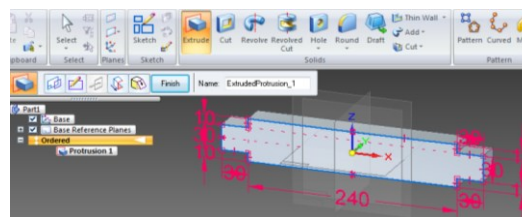
Joonis 11-30. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Aktiveeritud on tööriist *Extrude*




Joonis 11-31. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Eendi kontuur koos mõõtmetega on töölauale konstrueeritud

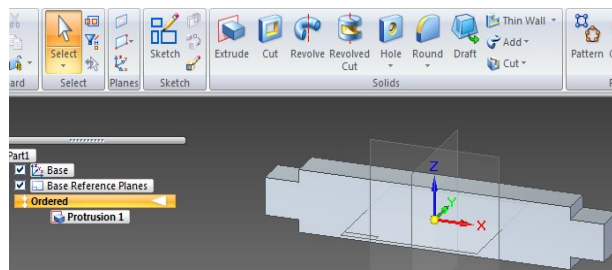


Joonis 11-32. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Skits on ruumilises keskkonnas, määratud on eendi ulatus (30 mm)

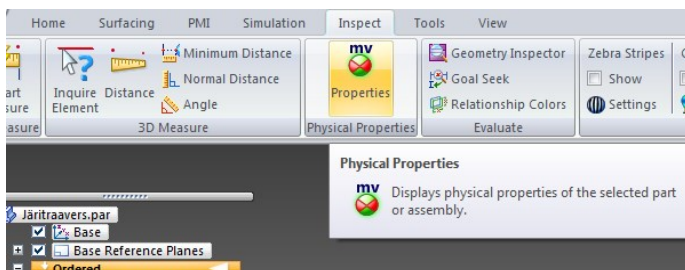


Joonis 11-33. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Mudelist on valminud 3D-skits, mõõtmeid on võimalik aktiveerida ja mudeli geomeetria muuta

16. Vali virtuaalse mudeli materjal ja leia detaili kaal. Selleks vali ülemiselt käsurealt *Inspect* (kontrolli) sakist  **Physical Properties** (füüsikalised omadused, vt joonis 11-35). Avaneb dialoogiaken **Physical Properties**, kust on võimalik valida mudeli materjal ja määrata mitmeid selle detaili füüsikalismehaanilisi omadusi.

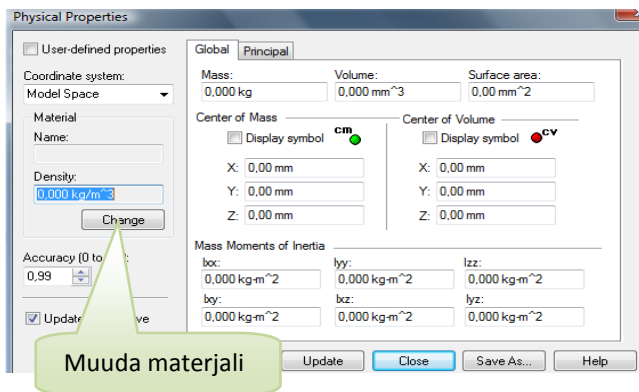


Joonis 11-34. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Detaili virtuaalne mudel on valmis



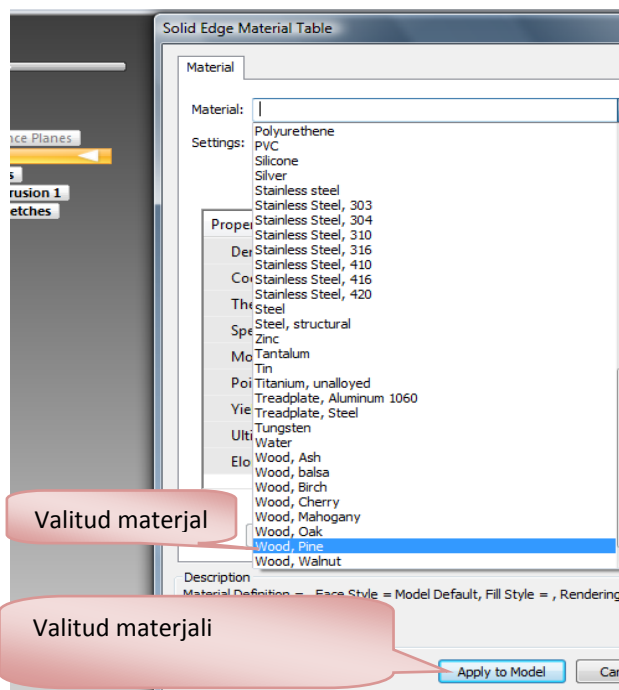
Joonis 11-35. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Dialoogiakna *Physical Properties* (füüsikalised omadused) avamine

17. Avanenud dialoogiaknast aktiveeri vasaku hiireklahviga käsunupp **Change** (muuda, vt joonis 11-36), seejärel avaneb dialoogiaken, kust on võimalik valida sobivat materjali (vt joonis 11-37).



Joonis 11-36. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Dialoogiaken *Physical Properties* (füüsikalised omadused) detaili füüsikalis-mehaaniliste omaduste määramiseks on avatud

18. Avanenud dialoogiakna *Solid Edge Material Table* (Solid Edge'i materjalide tabel) materjalivaliku seast vali *Wood, Pine* (puit, mänd), aktiveeri see valik hiireklõpsuga (vt joonis 11-37). Edasi klõpsa käsunupul *Apply to Model* (lisa mudelile).



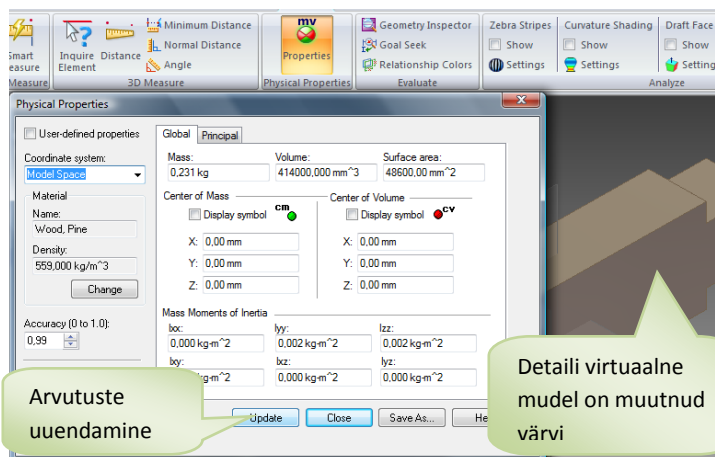
Joonis 11-37. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Materjalide tabelist vajaliku materjali valimine (*Wood, Pine*)

*File name* trüki faili nimeks "Järi traavers" ja vajuta *Save* (salvesta). Nüüd on mudel salvestatud (vt joonis 11-40).

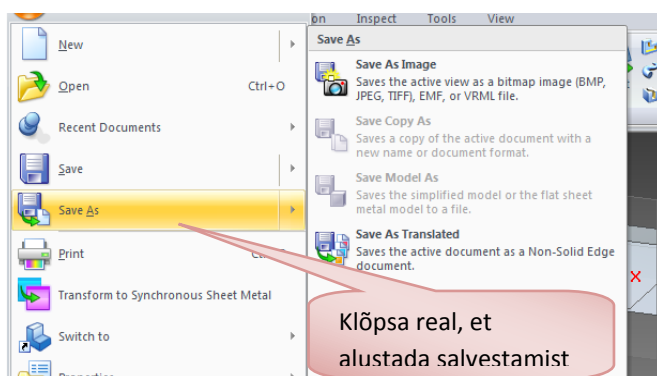
19. Arvutiprogramm arvutab detaili kaalu, pindala ja ruumala, määrab raskuskeskme asukoha ja palju muud vajalikku. Taas avaneb dialoogiaken *Physical Properties* (füüsikalised omadused). Materjaliks on nüüd määratud **Wood, Pine** (puit, mänd).

Klõpsa nupul *Update* (uuenda, vt joonis 11-38), dialoogiakna lahtritesse ilmuvad arvutustulemused (mass 0,231 kg). Samas antakse detaili virtuaalsele mudelile puiduimitatsioon (vt joonis 11-37). Arvutuste lõpetamiseks vajuta nupule *Close* (sulge). Seejärel dialoogiaken sulgub.

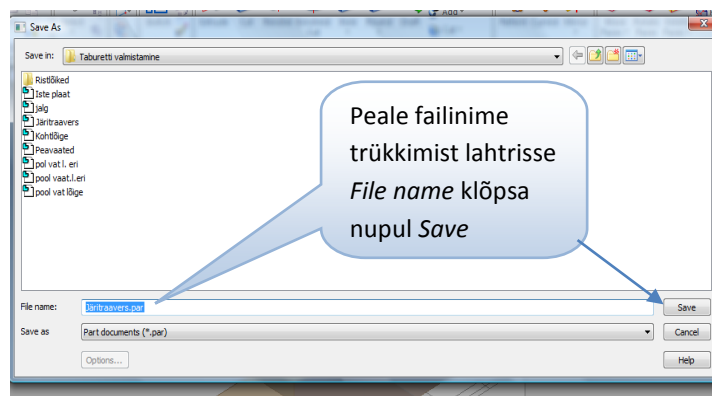
20. Salvestamiseks mine käsunupule *Application Button* (rakenduste nupp), kus avaneb rippmenüü mitmete valikutega (vt joonis 11-39). Vali siit *Save As* (salvesta nimega). Loo oma jooniste kataloogis uus alamkataloog „Tabureti valmistamine“, lahtrisse



Joonis 11-38. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Füüsikaliste omaduste (*Physical Properties*) dialoogiaken, detaili füüsikalise mehaanilised omadused on määratud. Detaili virtuaalsele mudelile on lisatud puiduimitatsioon



Joonis 11-39. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Mudeli salvestamiseks ja sellele failinime andmiseks vali tööriist Save As (salvesta nimega)




Joonis 11-40. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Mudeli salvestamine dialoogiaknas Save As (salvesta nimega)

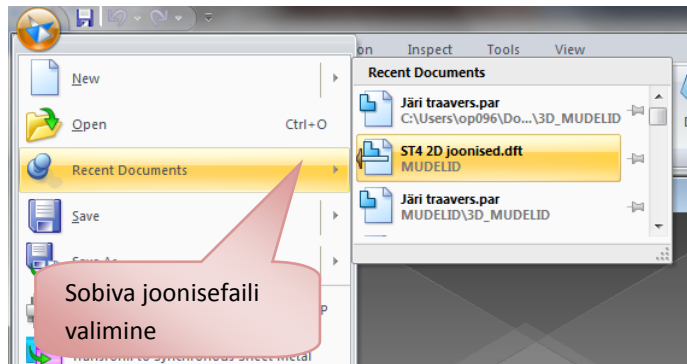
## 11.6. Üldine tegevusjärjekord 3D-mudelidest 2D-joonise valmistamisel

Nüüdisaegsete 3D-inseneriprogrammide võimsus on selles, et pärast koostude ja nende detailide ruumiliste virtuaalsete mudelite valmistamist on võimalik vaadata nende detailide kokkusobivust ja liikumist koostus. Samuti on võimalik kontrollida detailide tugevust ja määrata nende füüsikalise mehaanilised omadused. Kui kõik on korras, siis tehakse 2D-projekteerimiskeskkonnas detailide ja koostude joonised.

**IGASUGUNE PROJEKTEERIMINE LÕPEB ALLES SIIS, KUI MUDELIST ON TEHTUD JOONIS JA SEE ON VORMISTATUD DOKUMENDINA.**

Joonist on võimalik teha mitmel erineval moel. Kui jooniseformaad koos raamjoone ja nurgatabeliga oli varem ette valmistatud, siis on üks võimalus toimida järgmiselt.


1. Joonise tegemiseks vii kursor nupule  *Application Button* (rakendusnupp) ja klõpsa vasakul hiireklahvil, nüüd avaneb rippmenüü mitmete valikutega (vt joonis 11-41). Vali viimati kasutatud dokumendid (*Recent Documents*) ja ava sealt sobiv joonisefail, kus on eelnevalt ettevalmistatud jooniselehed (faili laiend on alati *dft*). Joonisel 11-41 on selleks välja valitud joonised failinimetusega „ST4 2D-joonised.dft“. Avamiseks klõpsa seal vasakule hiireklahvile.



Joonis 11-41. Detalli modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Joonisefaili avamine

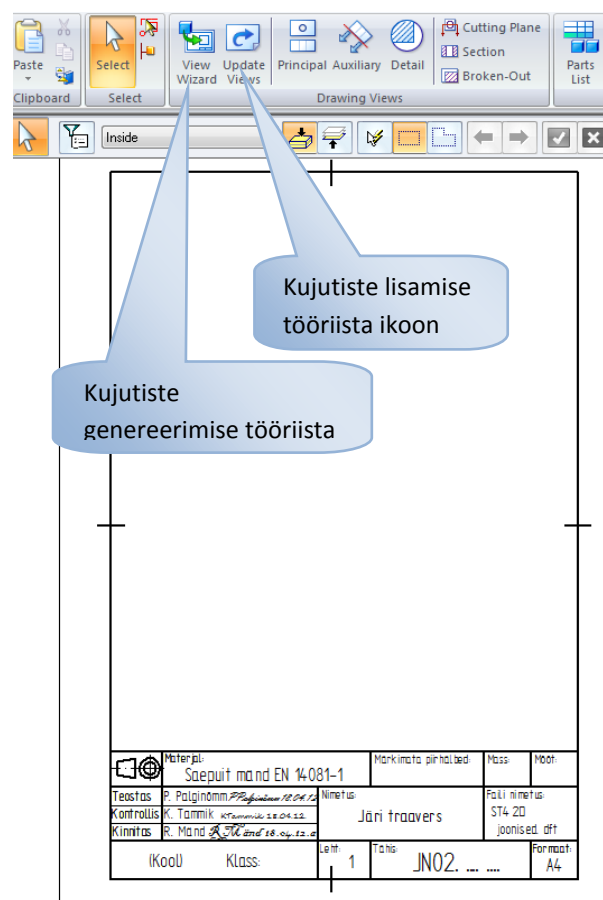
2. Avaneb joonisefail varem valmistatud jooniselehega (vt joonis 11-42). Sellesse faili vormistatakse kõik tabureti detailide joonised ja koostejoonis.

3. Vali peatööriistaribalt ikoon

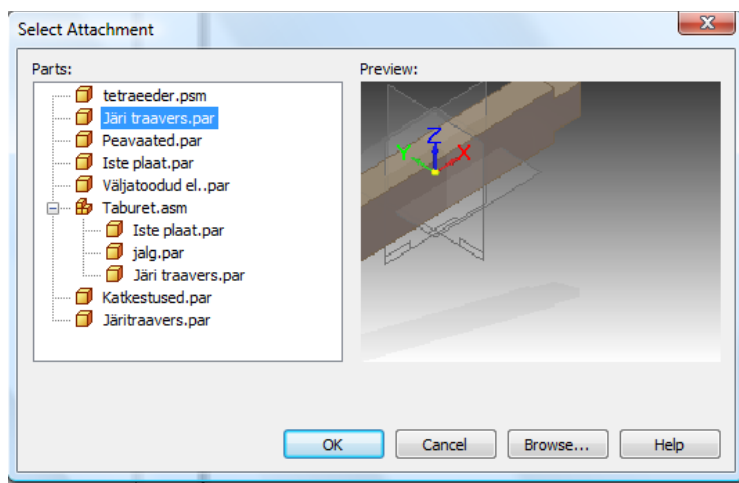
 *View Wizard* (joonestatud vaadete abiprogramm) ja aktiveeri see. *View Wizard* on tööriist, mille abil saab vajalikust mudelist genereerida detalli kujutised (vt joonis 11-42). Klõpsanud ülalnimetatud ikoonil, avaneb töölaual dialoogiaken  (vali manus, vt joonis 11-43).

4. Ilmub dialoogiaken *Select Attachment* (vali manus), kust saab valida mudeli joonise tegemiseks. Vali sealt järi traavers (laiendiga *par*). Kui nimetatud fail loetelus puudub, siis vali sealsamas aknas  (*Browser* otsingumootor). Nüüd ilmub dialoogiaken , siin jälgi, et failitüüp oleks *Part Document*

(). Siit saad valida vajaliku faili ja vajutada nupule *Open* (ava, vt joonis 11-43).

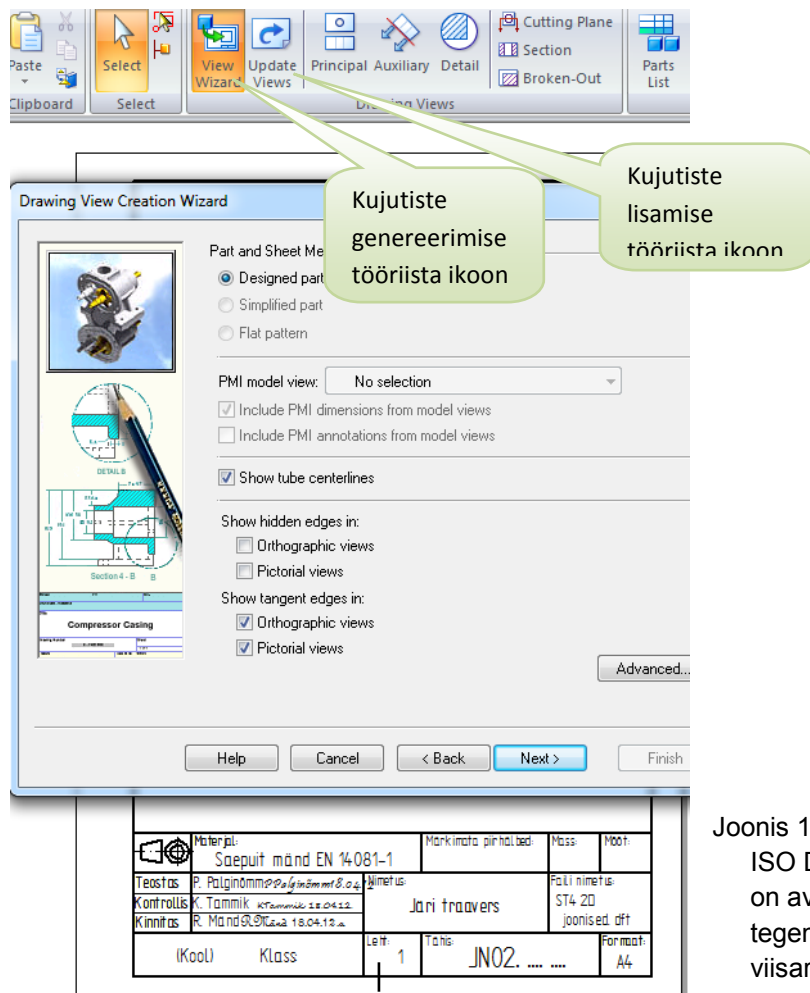


Joonis 11-42. Projekteerimiskeskonna ISO Draft ekraanipildi fragment. Töölaual on joonise tegemiseks avatud A4-formaat ja näidatud kujutiste genereerimise ikoonid



Joonis 11-43. Dialoogiaken *Select Attachment* (vali manus)

5. Avaneb järgmine dialoogiaken *Drawing View Creation Wizard* (joonise vaadete loomise viisard, vt joonis 11-44). Selles dialoogiaknas lisa kontrollmärgid, nagu on näidatud joonisel 11-44. Lõpetuseks klõpsa käsunupul *Next* (järgmine). Seejärel muutub dialoogiakna sisu (vt joonis 11-45).

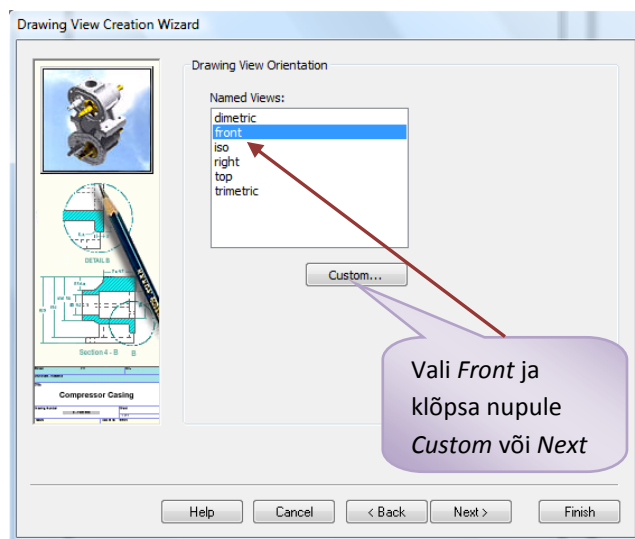


Joonis 11-44. 2D- projekteerimiskeskonna ISO Draft ekraanipildi fragment. Töölaual on avatud A4-formaat joonise tegemiseks ja joonise vaadete loomise viisard (dialoogiaken)


6. Järgmises dialoogiaknas määra joonise eestvaate, selleks vali dialoogiaknas *Front* (eestvaade). Kui ei ole teada täpne mudeli asend ekraanide suhtes, siis vali *Custom...* (tava-...), mille järel avaneb dialoogiaken *Custom Orientation* (tavaasend, vt joonis 11-45).

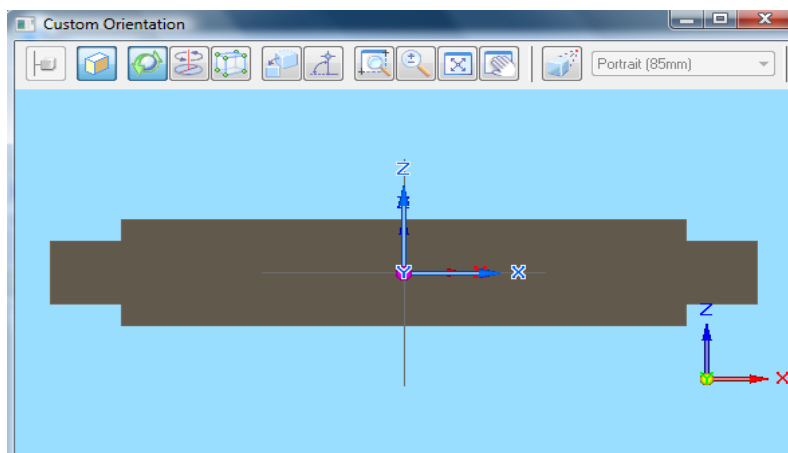


**Custom Orientation** on dialoogiaken, mis võimaldab kasutajal kohandada eelmises dialoogiaknas valitud joonise vaate asendit oma vajadustele.



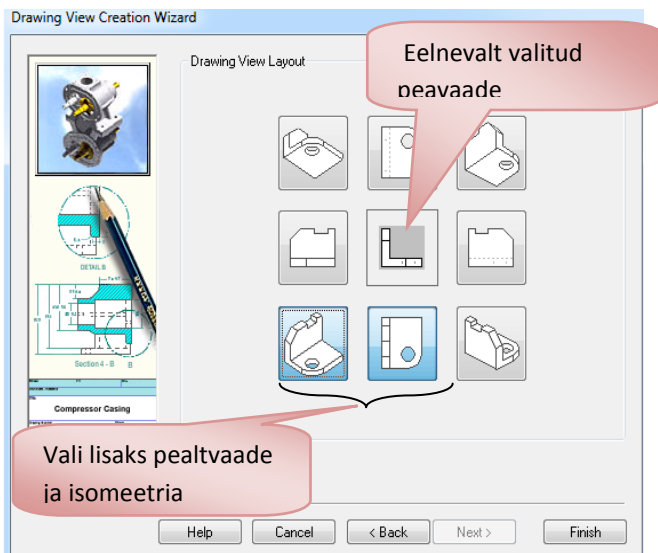
Joonis 11-45. Dialoogiaken peavaate (eestvaate) valiku tegemiseks ja tegevuse jätkamiseks

7. Dialoogiaknas *Custom Orientation* kontrolli valitud detaili peavaate (eestvaate) asendit ja vajadusel muuda seda, näiteks vali  **Rotate** (pööra). Kui peavaade sobib, siis pole tarvis muudatusi teha (vt joonis 11-46). Klõpsa kursoriga nupul *Close* (sulge), sellega on dialoogiaknas olev vaade määratud peavaateks. Orientatsiooni dialoogiaken sulgub.





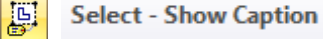


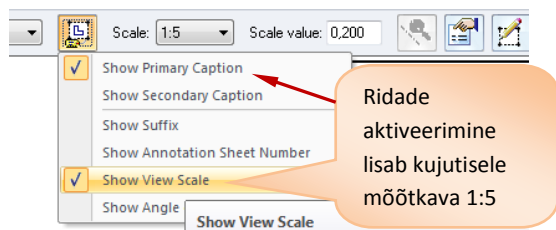
Joonis 11-46. Peavaate orientatsiooni seadistamise dialoogiaken. Tööriista akna ülemises servas on ette nähtud mudeli seadmiseks õigesse asendisse peavaate asendi valikul

8. Avaneb uuesti dialoogiaken *Drawing View Creation Wizard* (joonise vaadete loomise viisard), kuid selle sisu on muutunud. Siin aknas saab valida vajalikud joonise kujutised (joonise vaated ja aksonomeetriselised kujutised), mis on vaja selle detaili joonisele paigutada. Orientatsiooni dialoogiaknas (*Custom Orientation*) valitud kujutis on keskel, see on valitud peavaade (eestvaade). Kui on vaja lisada teisi kujutisi (vaateid ja aksonomeetrisi kujutisi), tuleb need dialoogiaknas aktiveerida (vt joonis 11-47).
9. Lisavaadete aktiveerimiseks klõpsa vasaku hiireklahviga sobivate kujutiste peal. Selle näite puhul võiks valida lisaks pealtvaate ja aksonomeetria (vt joonis 11-47).

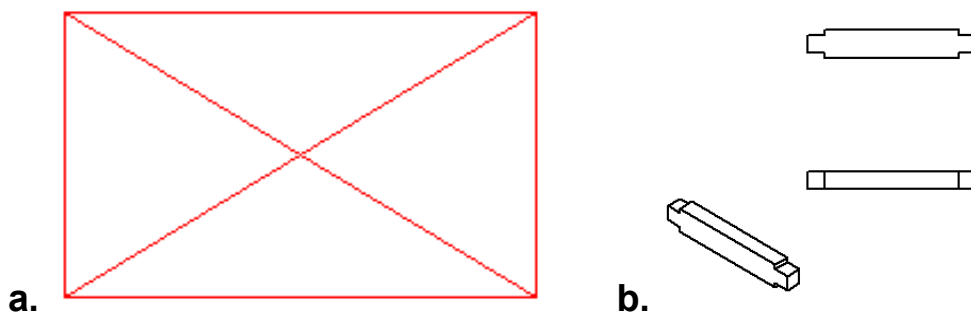


Joonis 11-47. Töölaual on avatud joonisevaadete valiku dialoogiaken vajalike kujutiste valimiseks ja joonisele tõstmiseks

10. Kujutiste valiku lõpetamiseks klõpsa nupul  (vt joonis 11-47).
11. Dialoogiaken sulgub ja kursori otsa ilmub punane kast, milles on kõik valitud kujutised (vt joonis 11-49a).
12. Vii kujutiste kast joonisevälja keskele ja klõpsa vasakul hiireklahvil. Valitud kujutised paigutatakse jooniselehel näidatud kohta (vt joonis 11-49b).
13. Peatööriistaribal grupis *Drawing Views* (joonise vaated) on ikoon  **Principal** (peavaade, vt joonis 11-42). Aktiveerinud käsu ja klõpsanud valitud vaatel, muudab programm selle aktiveeritud vaate peavaateks. See vaade jääb aktiivseks ja sellest saab hiirt liigutades (klahve puutumata) genereerida teisi vaateid:
  - alla lohistades saab pealtvaate;
  - paremale lohistades saab vasakultvaate;
  - diagonaalselt lohistades saab aksonomeetrilise kujutise.
14. Muuda aksonomeetrilise kujutise mõõtkava, selleks aktiveeri peatööriistaribalt  **Select** (vali tööriist, vt joonis 11-42).
  - Tee aksonomeetriline kujutis aktiivseks, klõpsates sellel.
  - Muutuvalt tööriistaribalt vali uus mõõtkava 1:5  ja vajuta klahvi *Enter*. Arvuti vähendab aksonomeetrilist kujutist etteantud mõõtkava järgi.
  - Lisa valitud kujutisele mõõtkava arvväärus. Samalt realt aktiveeri  **Select - Show Caption** (vali – näita pealkirja), seal aktiveeri rippmenüüst  **Show Primary Caption** (näita esmast pealkirja) ja  **Show View Scale** (näita mõõtkava, vt joonised 11-48 ja 8-1). Seejärel rippmenüü sulgub ja arvuti lisab kujutisele mõõtkava (vt joonis 8-1).



Joonis 11-48. Töölaua on avatud jooniselehe formaadi ülemine osa ja aktiveeritud ikoon koos rippmenüüga kujutisele mõõtkava ja pealkirjade lisamiseks



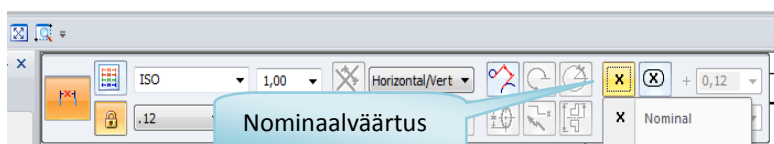
Joonis 11-49. 2D-projekteerimiskeskonna ISO Draft ekraanipildi fragmendid: a – töölaual on punase kontuuriga kast, mille sees on kõik valitud kujutised; b – pärast klõpsu ekraanil muutuvad kastis olevad kujutised jooniselehel nähtavaks

#### 15. Lisa kujutistele sümmeetriateljed:

- vali peatööriistaribalt grupist *Annotation* Center Line telgjoon, jälgi et muutuval tööriistaribal lisataks telgjoon kahe joone vahele ;
- edasi klõpsa mõlemal joonel, mille vahele lisa telgjoon (vt joonis 8-1).

#### 16. Lisa kujutistele vajalikud mõõtmed.


- Vali peatööriistaribalt grupist *Dimension* Retrieve Dimensions (too mõõtmed vaatele).
- Seejärel klõpsa kujutisel. Arvutiprogramm lisab sellele kujutisele mudelil olevad mõõtmed, kui osa mõõtmeid on paigutatud ebaotstarbekalt, siis korrigeeri mõõtmete asukohta või kustuta mittevajalikud mõõtmed. Lisa mõõtmed, mis jäid üle kandmata või mida ei olnud mudelile lisatud (vt joonis 8-1).
- Mõõtmete kustutamiseks vali tööriist Select ja klõpsa ebavajalikul mõõtjoonel. Mõõtjoon koos mõõtmega muutub aktiivseks ja klahvile *Delete* vajutades saab kustutada ebavajalikud mõõtmed.
- Aktiveeri peatööriistaribalt grupist *Dimension* Distance Between (vahekaugus) ja märgi kolme hiireklõpsuga vajalikud mõõdud. Jälgi, et muutuval tööriistaribal kastis *Dimension Type* (mõõtme tüüp) oleks valitud Nominal (nominaalväärtus, vt joonis 11-50).
- Et valmistatud detaili oleks lihtsam kontrollida, lisa joonisele teatmemõõde. Muutuvalt tööriistaribalt vali selleks mõõtme tüübi valikute alt Reference teatmemõõde (vt joonis 8-1).



Joonis 11-50. Joonise mõõtmestamisel on aktiveeritud tööriist *Distance Between* ja muutuval tööriistaribal on mõõtme tüübi lahtris aktiivne nominaalmõõde



17. Nurgatabeli täitmine (vt joonis 8-1):

- kirjuta käsuga *Text*  lahtrisse "Materjal" materjali tähis koos standardiga, kirja kõrgus on 5 mm [saepuit (mänd) EN 14081-1];
- lahtrisse "Nimetus" märgi detaili nimetus (traavers);
- lahtrisse "Mass" kirjuta detaili mass (0,231), mis esitatakse kilogrammides;
- kuna detail on joonisel tehtud mõõtkavas 1:2, siis lisa lahtrisse "Mõõt" ka mõõtkava;
- lahtrisse "Tähis" kirjuta joonise tähis JN02.00.03 tähekõrgusega 7 mm;
- lahtrisse "Faili nimetus" lisa selle joonise failinimetus (joonised 3.dft);
- salvesta (*Save*).

18. Lõpetuseks kontrolli joonist (kontrolli, et joonisel ei oleks vigu ja et joonis oleks õigesti vormistatud).

19. Joonise väljatrükk ja **allkirjastamine**.

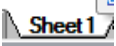






Nüüd on konstruktori töö lõppenud, joonis on dokumendina vormistatud ja selle võib saata tootjale (vt joonis 8-1. Tööjoonise näide „Traavers“). Joonise tähis on **JN 02.00.03**.



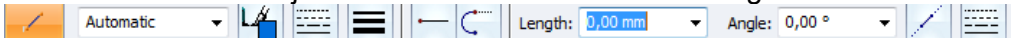
## 11.7. Järi jala 3D-mudeli ja 2D-joonise valmistamine

### 11.7.1. Järi jala virtuaalse 3D-mudeli valmistamine

Järi jala mudelit võib valmistada mitmel erineval moel, kuid üks võimalus on järgmine.

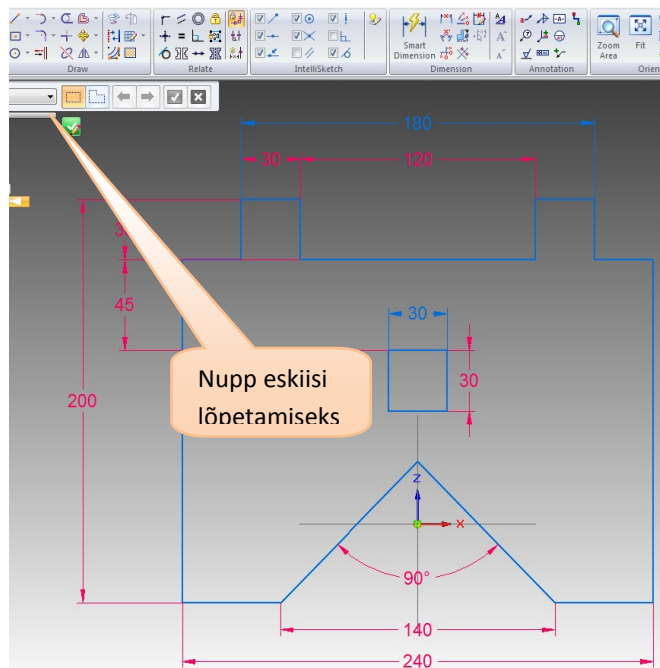
Kui *Solid Edge*'i programm juba töötab, siis ava oma jooniste kataloog, kuhu paigutad kõik järi detailide dokumentide joonised 2D-projekteerimiskeskonnas ISO Draft, seal on juba järi traaversi joonis. Kõigepealt valmista ette järgmine A4-formaadis jooniseleht koos raamjoone ja nurgatabeliga, kuhu paigutad järi jala 2D-joonise.

1. Klõpsa alumisel real lehe nimetusel  (kui järi traaversi joonis on esimesel lehel) parema hiireklahviga ja vali avanenud kiirmenüüst  *Insert* (sisesta). Nüüd ilmub selles failis uus A2-formaadis leht.
2. Klõpsa uuesti alumisel real uuel avanenud lehe nimetusel parema hiireklahviga ja vali avanenud kiirmenüüst  *Sheet Setup...* (lehe häälestamine). Avanenud dialoogiaknas *Sheet Setup* vali *Background* (tagapõhi), kust vali tagapõhjaks *Background sheet:*  ja jäta linnuke kasti  *Show background* (näita tagapõhja). Sellega on avatud uus A4-formaadis leht vajaliku raamjoone ja nurgatabeliga.
3. *Save* (salvesta).
4. Ava uus 3D-modelleerimiskeskond. Klõpsa vasaku hiireklahviga ikoonil  *Application Button* (rakendusnupp). Avanenud rippmenüüst vali  (uus) ja edasi  *ISO Part* *Creates a new Part*. Seejärel avaneb uus 3D-mudelite valmistamise keskkond. Vaikimisi avaneb sünkroontehnoloogia, mis tuleb muuta traditsiooniliseks keskkonnaks. Seda on põhjalikult kirjeldatud peatükis 11.2.
5. Lisa ekraanile projektsioonipinnad  *Base Reference Planes*, selleks klõpsa kursoriga märgi "+" järel oleval tühjal kastikesel. Kastikesse tekib linnuke ja töölaua keskele ilmuvad projektsioonipinnad. Nüüd on keskkond uue mudeli tegemiseks ette valmistatud.


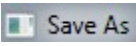

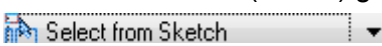

6. Seekord tuleb toimida pisut teisiti kui eelmise detaili mudeli valmistamisel. Kõigepealt tuleb teha detaili eskiis ja seejärel, kasutades tehtud 2D-eskiisi, järi jala 3D-mudel.
7. Eskiisi tegemiseks klõpsa ikoonile peatööriistaribal  (eskiis) grupis *Sketch*. Töölaua ülemisse serva tekib muutuv tööriistariba (*Ribbon Bar*) , mis võimaldab valida eskiisi tegemiseks projektsioonipinna. Siinses näites on selleks *Coincident Plane* (kokkulangev pind).
8. Vali projektsioonipind eskiisi joonestamiseks, selleks klõpsa sobivale ekraani pinnale (siin on valitud zx-pind, vt joonis 11-51). **Arvuti pöörab valitud pinna töölauale.** Nüüd võib alustada järi jala kontuuri eskiisimist. Vaikimisi on aktiveeritud sirglõigu konstrueerimise tööriist koos joone valikute võimalustega muutuval tööriistaribal . Kontuuri joonestamiseks on mitu võimalust.
9. Joonesta järi jala kontuur ja järi traaversi tapiava ning märgi kõik vajalikud mõõtmed kontuuri ja ava kuju ning asukoha määramiseks (vt joonis 11-51).

Järi jala mõõtmeid vt jooniselt 8-2 "Jalg JN02.00.02".

Eskiiside joonestamist on eelmistes peatükkides põhjalikult kirjeldatud, seepärast siin seda enam ei käsitleta.

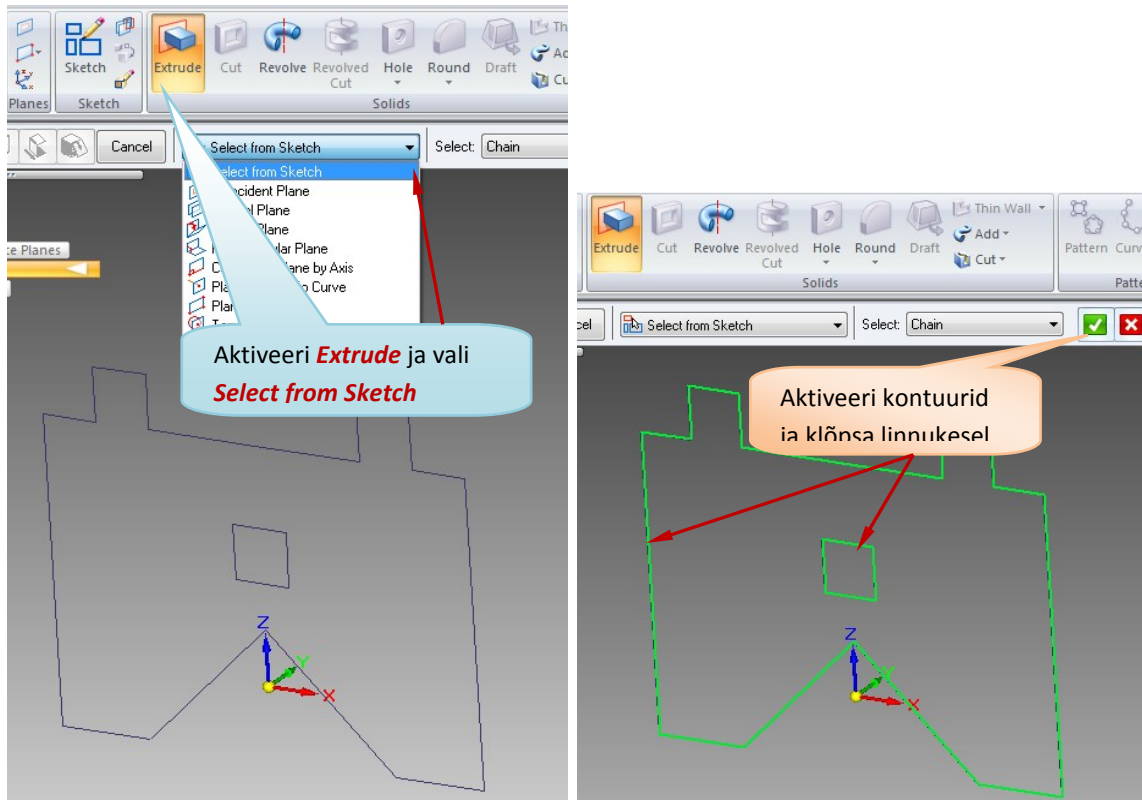


Joonis 11-51. 3D-modelleerimiskeskonnas ISO Part on joonestatud järi jala kontuur ja tapiava eskiis koos kõikide vajalike mõõtmetega

10. Klõpsa töölaual oleval nupul *Accept* (nõus), nüüd lõpetab programm eskiisi valmistamise ja läheb 3D-mudeli keskkonda. Jala kontuuri eskiis on valmis.
11. Lõpetuseks klõpsa muutuval tööriistaribal oleval nupul ***Finish***  või linnukest kujutaval nupul (vt joonis 11-51). Mõõtmed kaovad ja järi jala eskiis on valmis.
12. Vajuta *Save* (salvesta), seejärel ilmub dialoogiaken  (salvesta nimega). Pane valmistatud eskiisile nimi ja salvesta see tabureti mudelite kataloogi.
13. Eendi (*Extrude*) valmistamist võib alustada eskiisist, selleks aktiveeri *Solids* (kehad) grupist tööriist  *Extrude* (eend) ja vali muutuvalt tööriistaribalt  (vali eskiisist). Seejärel aktiveeri eskiis, klõpsates nii sisemisele kui välisele kontuurile. Jälgi ka, et muutuval tööriistaribal oleks valitud kontuur *Select: Chain*  (vt joonis 11-52).

Eskiisi kontuurid muutuvad roheliseks. Muutuval tööriistaribal läheb kontrollmärk *Accept* (nõus) aktiivseks (vt joonis 11-53), nõustu sellega. ✔

14. Klõpsa kontrollmärgil *Accept* (nõus), mis on aktiivne (vt joonis 11-53). Seejärel muutuva tööriistariba sisu muutub ja arvutiprogramm küsib eendi ulatust. Kirjuta aktiivsesse lahtrisse ***Distance*** (ulatus) eendi ulatus (jala paksus), mis on 30 mm ( Distance: 30,00 mm ), ja vajuta klahvil *Enter*.

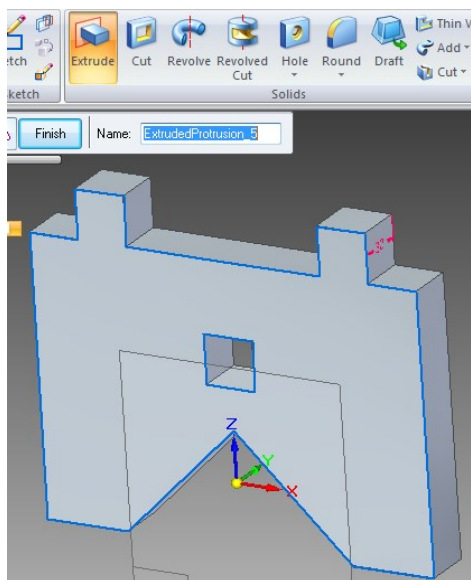


Joonis 11-52. Jala eskiis 3D-  
modelleerimiskeskonnas ISO Part  
on valmis, aktiveeritud on *Extrude*  
ja *Select from Sketch* eskiisi  
valimiseks

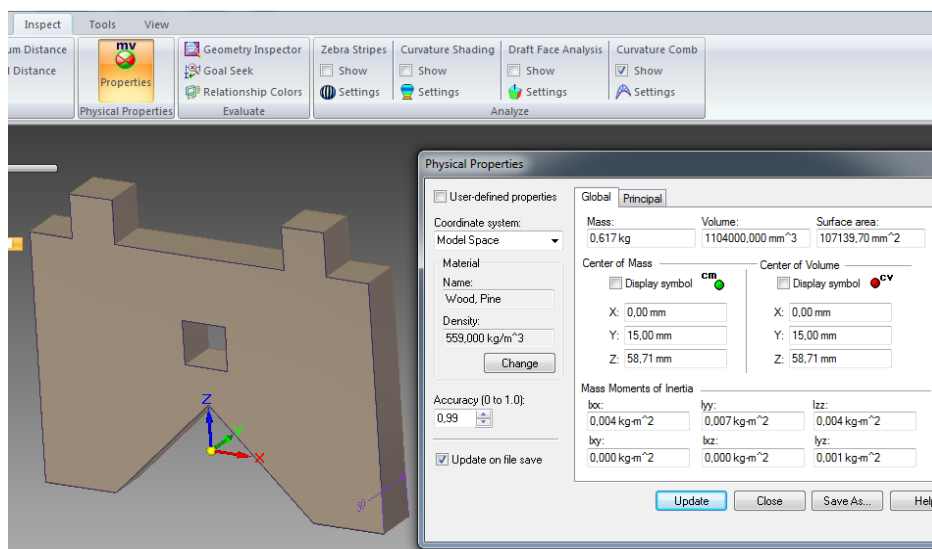
Joonis 11-53. Jala eskiis 3D-  
modelleerimiskeskonnas ISO  
Part on valmis, aktiveeritud on  
kontuurid 3D-mudeli  
valmistamiseks

**Vii kursor töölauale ja määra hiireklõpsuga eskiisi eendi suund** (vt joonis 11- 54).  
Lõpetuseks vajuta nupul ***Finish***, seejärel mõõtmed kaovad ja mudel on valmis.

15. Määra detaili materjal ja kaal, selleks vali tööriistapaneelist *Inspect* (kontrolli) grupist *Physical Properties* (füüsikalised omadused) *Properties* (omadused). Detaili mudeli materjali ja kaalu määramist on kirjeldatud peatükis 11.5 (vt punktid 16–19, vt joonis 11-55).
16. Salvesta äsja valminud detaili virtuaalne mudel oma tootekataloogi. Kirjeldust vt peatüki 11.5 punktist 20.



Joonis 11-54. 3D-modelleerimis-keskkonnas ISO Part tööriista *Extrude* abil järi jala kontuurile paksuse lisamine (30 mm)



Joonis 11-55. Detaili virtuaalne mudel 3D-modelleerimiskeskkonnas ISO Part on valmis, materjal ja kaal on määratud

17. Lõpetuseks vormistatakse detaili virtuaalsest mudelist vajalikud kujutised: vaated ja lõiked (vt joonis 8-2).

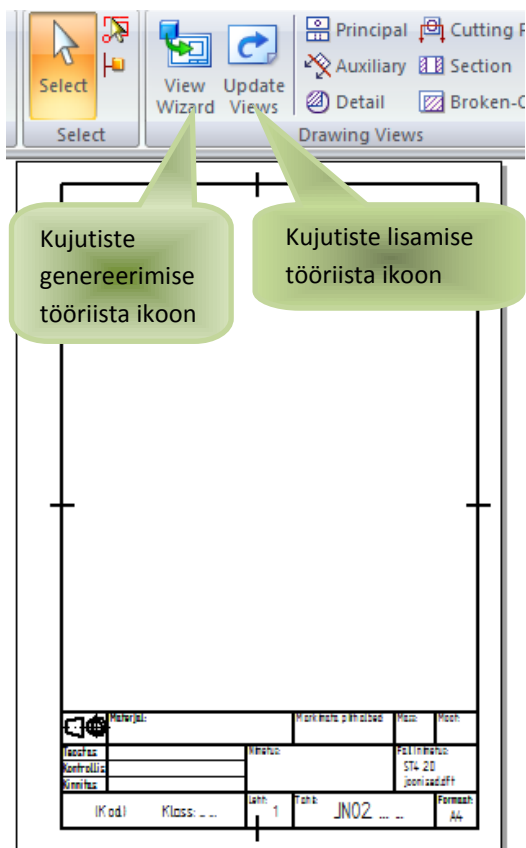
## 11.7.2. Järi jala 2D-joonise valmistamine

Jala järi joonist on võimalik samuti teha mitmel moel. Jooniselehe vormistamist koos raamjoone ja nurgatabeliga on kirjeldatud punktis 10.3. Kõigepealt ava 2D-joonise leht formaadil A4. Tööjoonise näidet vt jooniselt 8-2 „Jalg. Tähis **JN 02.00.02**”.

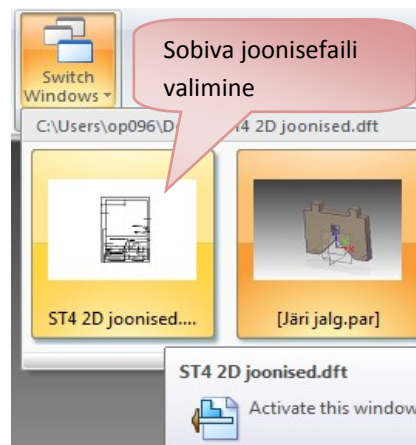
1. Ülemisel käsuraal klõpsa käsunupul  (vaheta akent), siin avanevad töö käigus avatud failid erinevates akendes, klõpsa vajalikul joonisefailil laiendiga *dft*,

et avada jooniseleht. Joonisel 11-56 on selleks välja valitud joonised failinimetusega „ST4 2D joonised.dft“. Avamiseks klõpsa seal vasakule hiireklahvile.

- Avaneb joonisefail varem valmistatud jooniselehega (vt joonis 11-57), kus vormistatakse järi jala joonis (joonise vormistamise kohta vt p 11-6).



Joonis 11-57. Projekteerimiskeskonna ISO Draft ekraanipildi fragment. Töölaual on joonise tegemiseks avatud A4-formaat ja näidatud kujutiste genereerimise ikoonid



Joonis 11-56. Detaili modelleerimise keskkonna ISO Part ekraanipildi fragment. Joonisefaili avamine

- Vali peatööriistaribalt ikoon



*View Wizard* (joonestatud vaadete abiprogramm) ja hiireklõpsu abil aktiveeri dialoogiaken *Select Attachment* (vali manus, vt joonis 11-43).

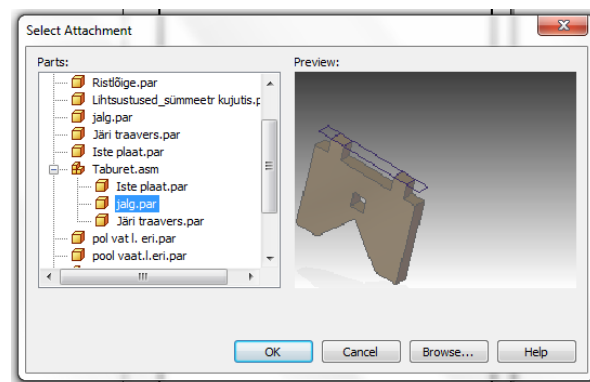
- Avanenud dialoogiaknas

*Select Attachment* (vali manus) vali järi jalg (laiendiga *par*). Kui nimetatud fail loetelus puudub, siis vali sealsamas aknas *Browse...* (*Browseri* otsingumootor). Nüüd

ilmub dialoogiaken *Select Model*, siin jälgi, et failitüüp oleks *Part Document* (*Files of type: Part Document (\*.par)*). Siit saad valida vajaliku faili ja vajutada nupule *Open* (ava, vt joonis 11-58).

5. Järgmises dialoogiaknas *Drawing View Creation Wizard* (joonise vaadete loomise viisard) lisa kontrollmärgid, nagu on näidatud joonisel 11-44, ja klõpsa käsunupul *Next* (järgmine).

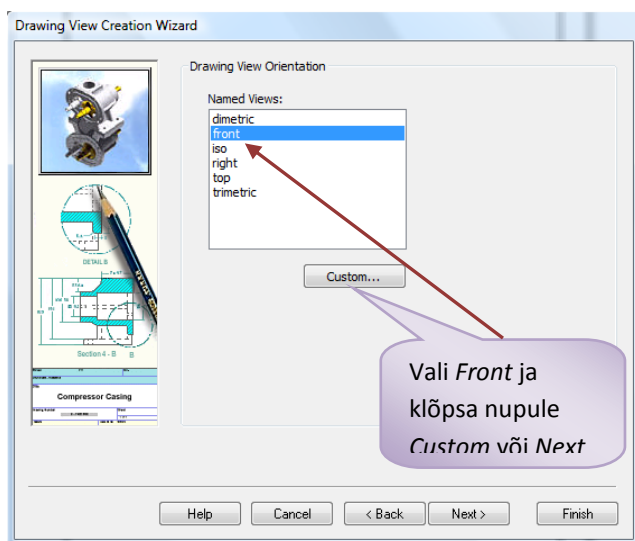
6. Järgmises dialoogiaknas määra joonise eestvaade, selleks vali




Joonis 11-58. Dialoogiaken *Select Attachment* (vali manus)

dialoogiaknas *Front* (eestvaade, vt joonis 11-59). Kui ei ole teada täpne mudeli

asend ekraanide suhtes, siis vali *Custom...* (tava...), mille järel avaneb dialoogiaken *Custom Orientation* (tavaasend, vt joonis 11-60).




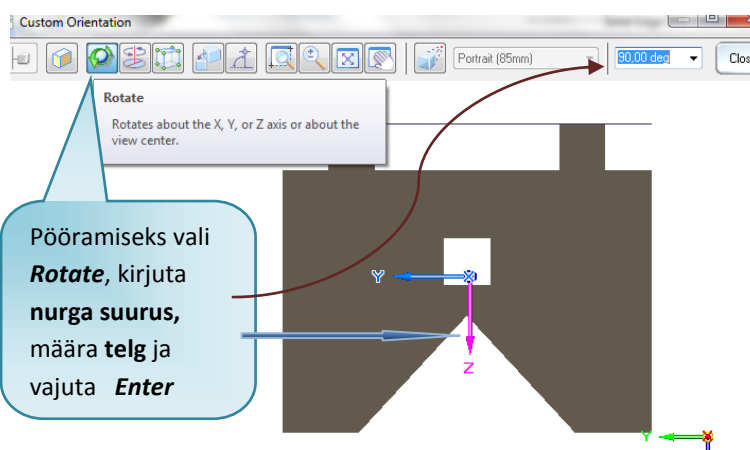
Joonis 11-59. Dialoogiaken peavaate (eestvaate) valiku tegemiseks ja tegevuse jätkamiseks

7. Dialoogiaknas *Custom Orientation* kontrolli valitud detaili peavaate (eestvaate) asendit ja vajadusel muuda seda. Kui on vaja näiteks pöörata detaili, vali  **Rotate** (pööra).

Seejärel määrata, millise telje ümber on

vaja detaili pöörata (kas x-, y- või z-telg), ja kirjuta sobiva pööramisnurga suurus (tavaliselt 90° või 180°) juuresolevasse aknakesse. Pööramiseks vajuta klahvile *Enter*. Kui peavaate (*Front*) sobib, siis pole tarvis muudatusi teha (vt joonis 11-60). Klõpsa kursoriga nupul *Close* (sulge), sellega on dialoogiaknas olev vaade määratud peavaateks ja orientatsiooni dialoogiaken sulgub.

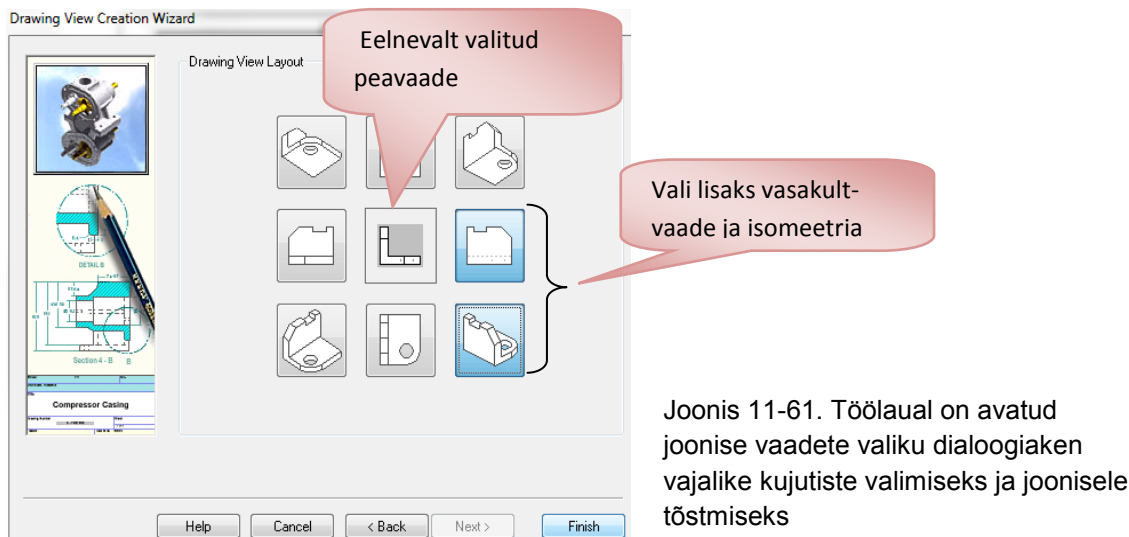
8. Avaneb uuesti dialoogiaken *Drawing View Creation Wizard* (joonise vaadete loomise viisard), kuid selle sisu on muutunud. Siin aknas vali peale keskel oleva peavaate (eestvaate) teised vajalikud selle joonise kujutised. Järi jala puhul võiks teisteks kujutisteks peale peavaate olla vasakultvaade ja aksonomeetriline kujutis, klõpsa nendele ja valiku lõpetamiseks klõpsa käsunupul  (lõpeta, vt joonis 11-61).



Joonis 11-60. Peavaate orientatsiooni seadistamise dialoogiaken.

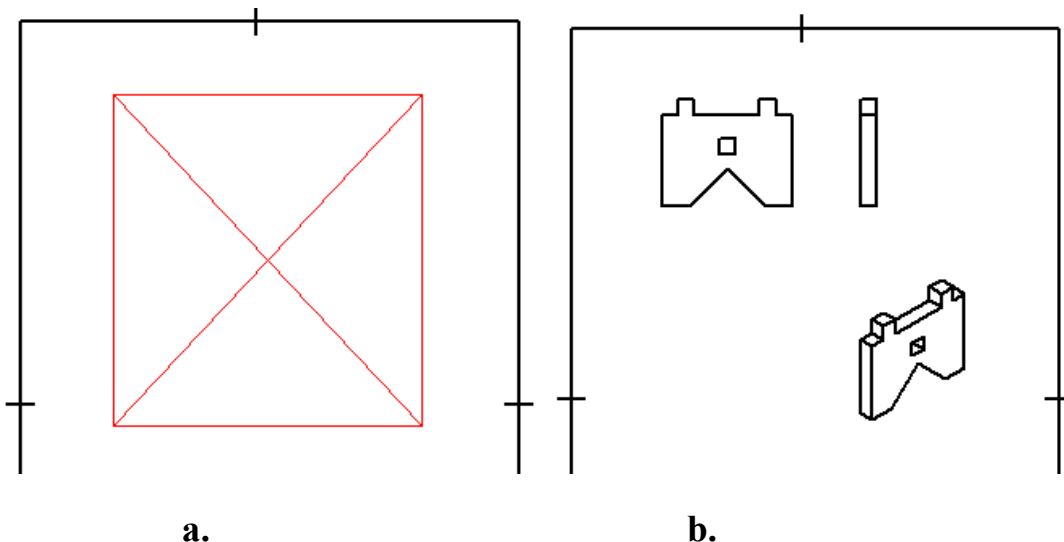
Tööriista akna ülemises servas, nt *Rotate* (pööra), on ette nähtud mudeli seadmiseks õigesse asendisse peavaate asendi valikul





Joonis 11-61. Töölaua on avatud joonise vaadete valiku dialoogiaken vajalike kujutiste valimiseks ja joonisele töstmiseks

9. Dialoogiaken sulgub ja kursori otsa ilmub punane kast, milles on kõik valitud kujutised (vt joonis 11-62a).
10. Vii kujutiste kast joonisevälja keskele ja klõpsa vasakul hiireklahvil. Valitud kujutised paigutatakse jooniselehel näidatud kohta (vt joonis 11-62b).



Joonis 11-62. 2D-projekteerimiskeskonna ISO Draft ekraanipildi fragmendid: a – töölaual on punase kontuuriga kast, mille sees on kõik valitud kujutised; b – pärast klõpsu ekraanil muutuvad kastis olevad kujutised jooniselehel nähtavaks

11. Muuda eestvaate ja vasakultvaate kujutiste mõõtkava ja näita aksonomeetrilisel kujutisel mõõtkava.



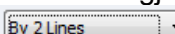
- Tee eestvaate kujutis aktiivseks, klõpsates sellel.
- Muutuvalt tööriistaribalt vali uus mõõtkava 1:2  ja vajuta klahvi *Enter*. Arvuti suurendab nii eest- kui ka vasakultvaadet etteantud mõõtkava järgi (vt joonis 11-63).
- Tee aksonomeetriline kujutis aktiivseks, klõpsates sellel. Lisa valitud kujutisele mõõtkava arvväärus 1:5. Muutuvalt tööriistarealt aktiveeri

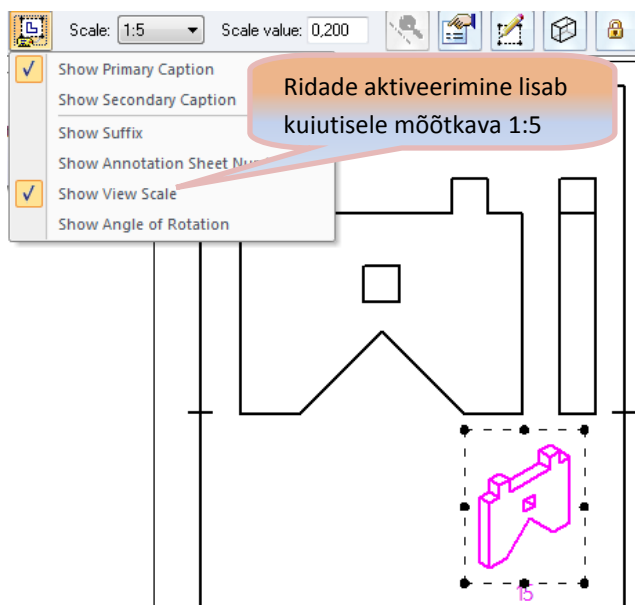
**Select - Show Caption** (vali – näita tiitrit), seal aktiveeri rippmenüüst  **Show Primary Caption** (näita esmast pealkirja) ja  **Show View Scale** (näita



mõõtkava, vt joonis 11-63). Seejärel rippmenüü sulgub ja arvuti lisab kujutisele mõõtkava (vt joonised 11-63 ja 8-2).

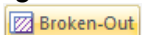
## 12. Lisa eestvaatele sümmeetriatelg:


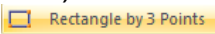
- vali peatööriistaribalt grupist *Annotation*  **Center Line** telgjoon, jälgi et muutuval tööriistaribal lisataks telgjoon kahe joone vahele  **ISO**  **By 2 Lines** ;
- edasi klõpsa mõlemal joonel, mille vahele lisa telgjoon (vt joonised 8-2 ja 11-64).

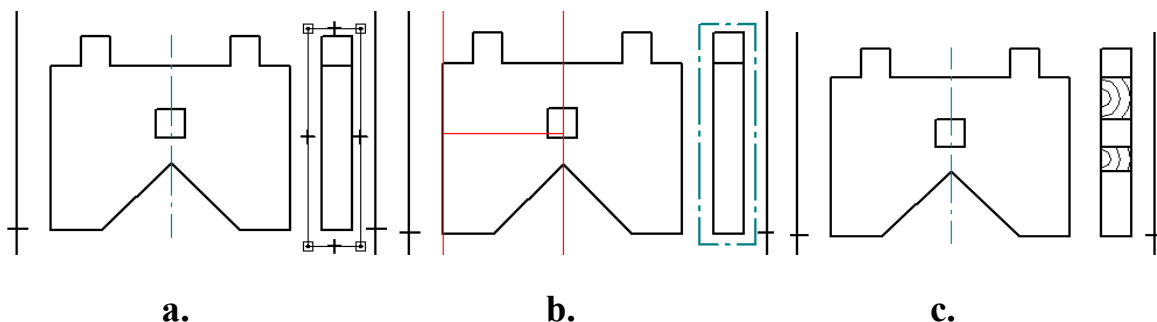


Joonis 11-63. Töölaual on avatud jooniselehe formaadi ülemine osa ja aktiveeritud ikoon *Select – Show Caption* (vali – näita tiitrit) koos rippmenüüga mõõtkava ja pealkirjade lisamiseks aktiveeritud kujutisele. Muudetud on ka eest- ja vasakultvaate mõõtkava


13. Lisa vasakultvaatel lõige. Tapiava näitamiseks vasakultvaatel peab lõige olema tehtud järi jala sümmeetriateljelt, st lõikepind peab läbima eestvaatel sümmeetriatelje (vt joonis 8-2). Lõike tegemiseks on siin kaks võimalust, nendest esimest vt peatüki 11.9 punktist 3. Kuna detail on sümmeetriline ja lõikepind läbib sümmeetriatelje, võib siin kasutada ka teist võimalust.

➤ Peatööriistariba saki *Home* alt vali grupist *Drawing Views* (joonise vaated) käsk  **Broken-Out** (kohtlõige) ja klõpsa vasakultvaatel.

➤ Vali peatööriistaribal grupist *Draw* (joonesta) kas käsk  **Line** (joon) või  **Rectangle by 3 Points** (ristkülik kolme punkti järgi) ja piira vasakultvaade kinnise kontuuriga (vt joonis 11-64a).





Joonis 11-64. Vasakultvaatel lõike tegemine: a – valitud on käsk *Broken-Out* ja vasakultvaade on piiratud kinnise kontuuriga; b – valitud on lõikepinna asukoht (sügavus) ja sellel on klõpsatud; c – pärast klõpsu vasakultvaatel teeb programm lõike

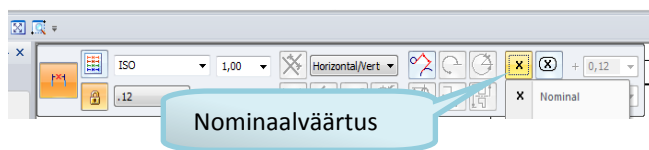
- Vali peatööriistaribal grupist *Close* (sulge) käsk  **Close Broken Out Section** (sulge kohtlõige) ja eestvaatel näita klõpsuga, kui sügavalt lõige tehakse. Mine kursoriga eestvaatele, kursoriga hakkab kaasa liikuma punane joon, mis näitab

lõikepinna sügavust (kaugust) vasakust servast. Mine sümmeetriateljele ja klõpsa seal vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-64b).



- Lõike tegemise lõpetamiseks klõpsa vasakultvaatel mõnel kujutise joonel. Seal ilmub vaate asemel lõige, mis on tehtud sümmeetriateljelt läbi tapiava (vt joonis 11-64c).


#### 14. Lisa kujutistele vajalikud mõõtmed.


- Vali peatööriistaribalt grupist *Dimension*  *Retrieve Dimensions* (too mõõtmed vaatele).
- Seejärel klõpsa kujutisel. Arvutiprogramm lisab sellele kujutisele mudelil olevad mõõtmed, kui osa mõõtmeid on paigutatud ebaotstarbekalt, siis korrigeeri mõõtmete asukohta või kustuta mittevajalikud mõõtmed. Lisa mõõtmed, mis jäid üle kandmata või mida ei olnud mudelile lisatud (vt joonis 8-2).
- Mõõtmete kustutamiseks vali tööriist  *Select* ja klõpsa mittevajalikul mõõtjoonel. Mõõtjoon koos mõõtmega muutub aktiivseks ja klahvile *Delete* vajutades saab kustutada ebavajalikud mõõtmed.




Joonis 11-65. Joonise mõõtmestamisel on aktiveeritud tööriist *Distance Between* ja muutuval tööriistaribal on mõõtme tüübi lahtris aktiivne nominaalmõõde

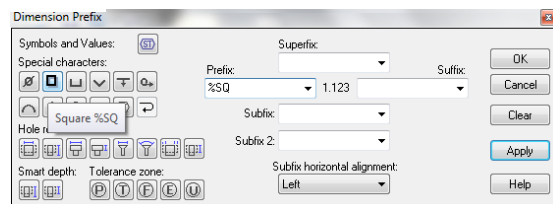
- Aktiveeri peatööriistaribalt grupist *Dimension*  *Distance Between* (vahekaugus) ja märgi kolme hiireklõpsuga vajalikud mõõdud. Jälgi, et muutuval tööriistaribal kastis *Dimension Type* (mõõtme tüüp) oleks valitud  *Nominal* (nominaalväärtus, vt joonis 11-65). Nurgamõõtme

panekuks vali sealtsamast grupist  *Angle Between* (nurgamõõde).

- Kujumärgi sisestamiseks (ruudumärk) aktiveeri mõõde, millele tuleb lisada ruudumärk (mõõde 30), muutuval tööriistaribal vali  *Select - Prefix* (vali eesliide).


Avaneb dialoogiaken *Dimension Prefix*

(mõõtme eesliide, vt joonis 11-66), kus klõpsa kastikesse *Prefix* (eesliide) ja seejärel vali ruudumärk  *Square %SQ*. Märgi lisamiseks klõpsa *OK*.



Joonis 11-66. Kujumärgi lisamine mõõtmele

#### 15. Nurgatabeli täitmine (vt joonis 8-1):

- kirjuta käsu *Text*  abil lahtrisse "Materjal" materjali tähis koos standardiga, kirja kõrgus on 5 mm [Saepuit (mänd) EN 14081-1];
- lahtrisse "Nimetus" kirjuta detaili nimetus (jalg);
- lahtrisse "Mass" kirjuta detaili mass (0,61), mis esitatakse kilogrammides;
- kuna detail on joonisel tehtud mõõtkavas 1:2, siis lisa lahtrisse "Mõõt" ka mõõtkava;
- lahtrisse "Tähis" kirjuta joonise tähis *JN02.00.02* tähekõrgusega 7 mm;
- lahtrisse "Faili nimetus" lisa selle joonise failinimetus (joonised 3.dft);
- salvesta (*Save*).

#### 16. Lõpetuseks kontrolli joonist (kontrolli, et joonisel ei oleks vigu ja et joonis oleks õigesti vormistatud).


#### 17. Joonise väljatrükk ja allkirjastamine.



Nüüd on konstruktori töö lõppenud, joonis on dokumendina vormistatud ja selle võib saata tootjale (vt joonis 8-2). Joonise tähis on **JN 02.00.02**.

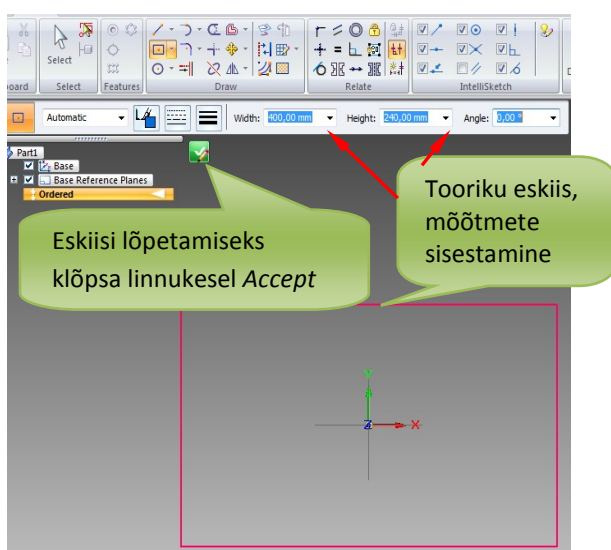
## 11.8. Järi isteplaadi 3D-mudeli ja joonise valmistamine

### 11.8.1. Järi isteplaadi virtuaalse 3D-mudeli valmistamine


Järgnevalt vaadeldakse ühte võimalust, kuidas valmistada isteplaati. Alguses tehakse isteplaadi põhiosa risttahukakujuline toorik. Edasi lõigatakse plaati üks tapiava vastavalt plaadil olevatele mõõtmetele, seejärel paljundatakse käsu *Pattern* (mustrikujuline paljundus) abil tapiavad plaadi sümmeetriatelgedes suhtes vajalikku kohta. Lõpuks lisatakse plaadi nurkadesse ja servadesse ümardusraadiused. Isteplaadi mõõtmeid vaata jooniselt 8-3.

1. Kui jooniseleht vajaliku formaadi, raamjoone ja nurgatabeliga on eelnevalt ette valmistatud, siis ava uus 3D-mudeli valmistamise keskkond, klõpsates nupul 




**Application Button** (rakendusnupp). Avanenud rippmenüüst vali rakenduse  **New** alt uus dokument  **ISO Part** Creates a new Part järi isteplaadi mudeli valmistamiseks. Tegevuse järjekorda vaata täpsemalt peatükist 11.2.




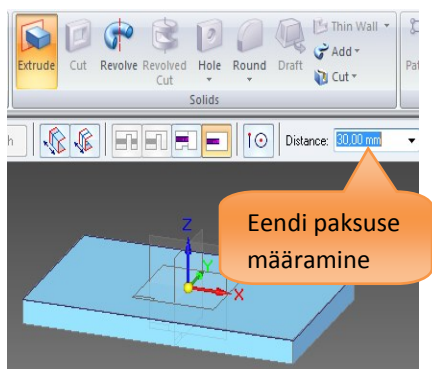
Joonis 11-67. 3D-modelleerimis- keskkonnas ISO Part järi isteplaadi väliskontuuri eskiisi joonestamine koos vajalike mõõtmete sisestamisega

2. Aktiveeri käsk *Extrude*  (eend), hiireklõpsu abil määra projektsioonipind ja joonesta sellele isteplaadi tooriku kontuur. Peatööriistaribale tekivad eskiisi valmistamise joonestusvahendid (vt joonis 11-67).


3. Aktiveeri joonestamise (*Draw*) grupist  **Rectangle by Center** (ristkülik keskpunkti järgi),

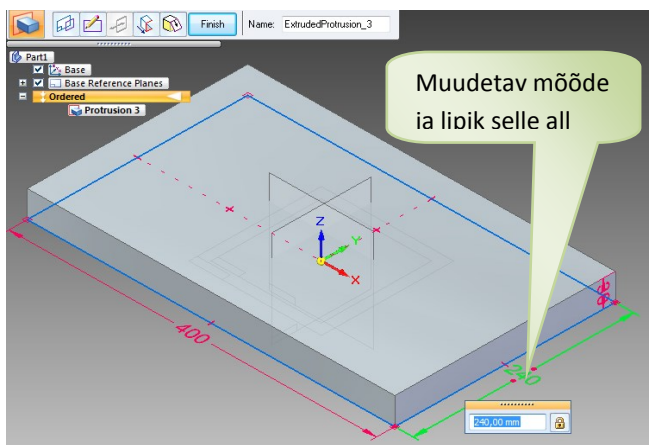
klõpsa kursoriga põhikoordinaatide  (*Base*) keskpunktis ja liiguta seda diagonaalselt koordinaatide keskpunktist eemale (vt joonis 11-67). Seejärel tekib punktide ümber ristkülik. Aktiveeri grupist *Dimension* käsunupp  **Auto-Dimension** (automaatsed mõõtmed). Täida muutuval tööriistaribal ristküliku mõõtmeid näitavad lahtrid vajalike mõõtmetega    (laius 400 mm, kõrgus 240 mm) ja vajuta klahvi *Enter*. Koordinaatide keskpunkti ümber tekib eelnevalt määratud suurusega ristkülik, kursori liigutamisel pöörduv see ristkülik aga ümber tsentri. Kursori abil paiguta ristkülik sellisesse asendisse, et pikemad küljed oleksid horisontaalselt ja lühemad vertikaalselt ning fikseeri hiireklõpsuga ristküliku asend (ristküliku kontuur muudab värvi). Nüüd on isteplaadi kontuuri eskiis joonestatud, lõpeta tegevus, klõpsates nupul  **Accept** (vt joonis 11-67). Seejärel lõpetab programm eskiisi valmistamise ja läheb ruumilisse keskkonda (vt joonis 11-68).

4. Hiireklõpsuga aktiveeri lahter *Distance* (ulatus), trüki sinna isteplaadi paksus (30 mm), vajuta klahvi *Enter* (  ) ja määra hiireklõpsu abil eskiisile materjali lisamise suund (vt joonis 11-68). Sellega fikseeritakse eendi asend eskiisi suhtes ja kolmemõõtmelise tooriku mudelile (eendile) kuvatakse mõõtmed (vt joonis 11-69).

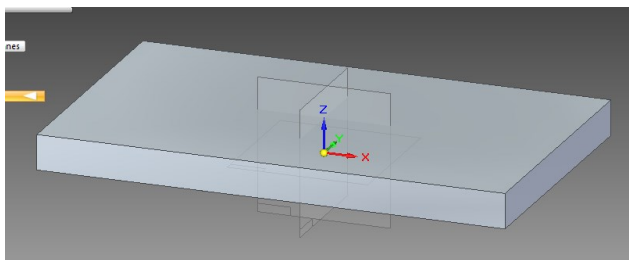


Joonis 11-68. Järi isteplaadi põhiosa mudelile paksuse lisamine ja suuna määramine

5. Kui eskiisi mõõtmestamisel kasutati käsunappu  *Auto-Dimension* (automaatsed mõõtmed), on võimalik risttahuka kõiki mõõtmeid vajadusel muuta. Selleks vii kursor mõõtmele ja klõpsa vasakul hiireklahvil. Mõõde muutub aktiivseks ja selle juurde tekib lipik mõõtme arvvärtusega, mis on aktiivne. Trüki lahtrisse vajalik mõõde ja vajuta klahvi *Enter* (vt joonis 11-69). Seejärel muudab programm risttahuka geometriat. Kui kõik on korras, klõpsa nupul **Finish**. Nüüd mõõtmed kaovad ja eend (toorik) on valmis. Arvutigraafika rakenduse **Extrude** tegemine on lõpetatud (vt joonis 11-70).




Joonis 11-69. Detaili 3D-mudeli mõõde 240,00 mm on aktiveeritud ja vajadusel saab seda muuta, lipikule on võimalik trükkida uus mõõde



Joonis 11-70. 3D-modelleerimiskeskonnas ISO Part valmistatud järi isteplaadi põhiosa risttahuka mudel


6. Tapiava tegemiseks vali grupist *Solids*

käsk  *Cut* (käsklus, mille abil saab mudelisse teha sisselõikeid ja eemaldada materjali) ja jälgi, et muutuval tööriistaribal oleks *Coincident Plane* (kokkulangev pind)



Klõpsa isteplaadil pinnale, kuhu teed ava. Arvuti pöörab valitud pinna töölaualle ava eskiisi joonestamiseks ja õigesse kohta paigutamiseks (vt joonis 11-71). Mõõtmeid vaata jooniselt 8-3.


7. Aktiveeri grupist *Draw* (joonesta) tööriist

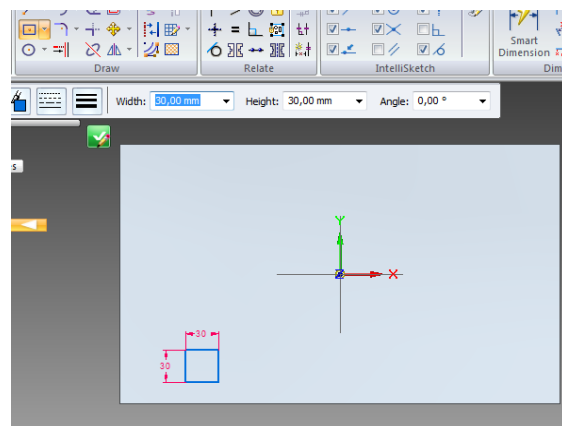
 *Rectangle by Center* (ristkülik

keskpunkti järgi). Muutuval tööriistaribal ilmuvatesse lahtritesse trüki vastavalt ristküliku laius ja kõrgus

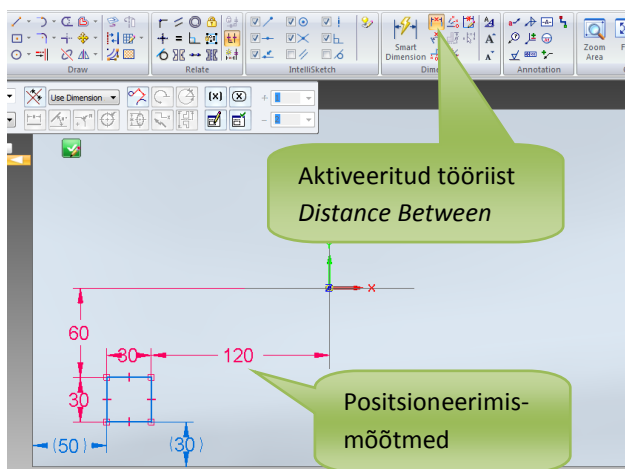
Width: 30,00 mm Height: 30,00 mm Angle: 0,00 °

. Vii kursor koos tapiava ruudu kontuuriga tulevase tapiava ligikaudsesse keskpunkti ja klõpsa vasakul hiireklahvil. Töölaualle tekib ristkülik mõõtmetega 30 x 30 mm (vt joonis 11-71).


8. Kasutades käsklust  *Distance Between* (vahekaugus), paiguta ruudukujulise tapiava kontuur õigesse kohta (vt joonis 11-72). Mõõtmeid vaata jooniselt 8-3.






Joonis 11-71. Järi isteplaadi mudeli pinnale on joonestatud tapiava kontuur (ruut mõõtmetega 30 x 30 mm), mis on veel täpselt positsioneerimata




Joonis 11-72. 3D-modelleerimis-keskkonnas ISO Part valmistatud järi isteplaadile on joonestatud tapiava kontuur (ruut 30 x 30), mis on positsioneeritud vastavalt joonisel 8-3 näidatud mõõtmetele

Klõpsa nupul  *Accept* (nõus). Seejärel läheb mudel tagasi 3D-asendisse ja jätkab

käsu  *Cut* (lõika) täitmist. Muutuval tööriistaribal tuleb määrata, kuidas ja kui sügavalt tuleb tapiava lõigata. Selleks vali  *Cut –Through Next* (lõika läbi järgmise pinnani) ja näita kursoriga suund, millisele eskiisi poolele väljalõige tuleb (vt joonis 11-73).

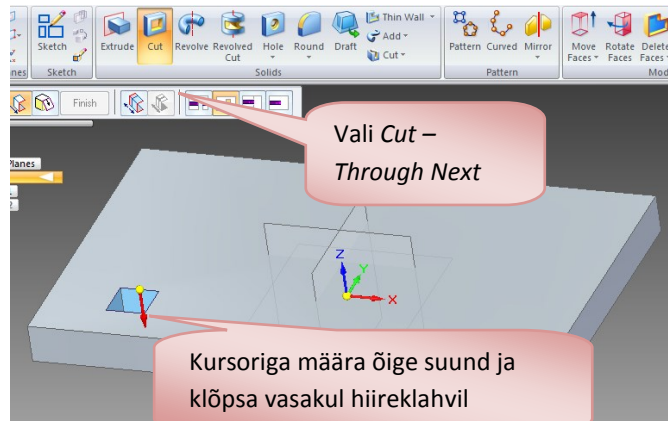
Teine võimalus tegevus lõpetada on valida  *Cut – Finite Extent* (lõika etteantud sügavuseni) ja trükkida vastavasse lahtrisse (*Distance*) sisselõike sügavuse arvvärtus (30 mm).




**Kolmas võimalus** on valida  *Cut – Through All* (lõika läbi terve detaili) ja näidata kursoriga suund, millisele eskiisi poolele väljalõige tuleb (vt suunda joonisel 11-73).


Muutuval tööriistaribal olevad käsunupud  näitavad, kuidas materjali eemaldada:


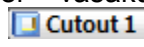
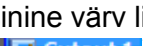

- ✓ 1 **Cut – Through All** (lõika läbi terve detaili);
- ✓ 2 **Cut – Through Next** (lõika läbi järgmise pinnani);
- ✓ 3 **Cut – From / To Next** (lõika välja etteantud kauguste vahemik);
- ✓ 4 **Cut – Finite Extent** (lõika etteantud sügavuseni).

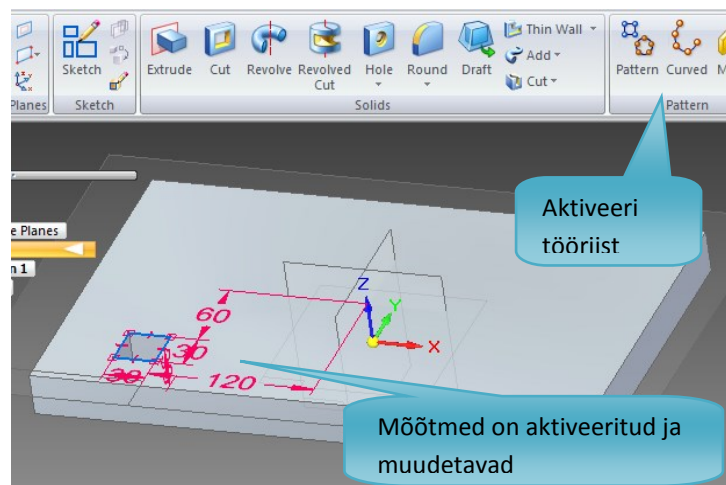


Joonis 11-73. Järi isteplaadile tapiava (ruudu 30 x 30) väljalõikamiseks tuleb määrata õige suund

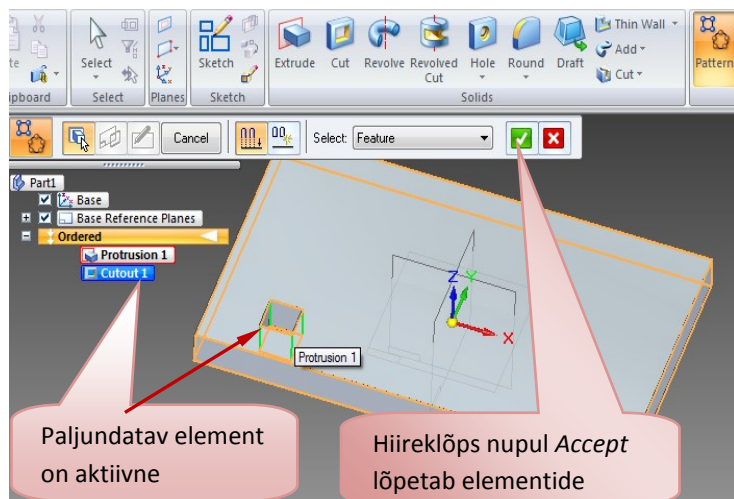
9. Vasaku hiireklahvi klõpsuga lõikab arvuti ava isteplaati, seejuures ilmuvad ka ava ja tema asukoha kõik mõõtmed (vt joonis 11-74). Neid mõõtmeid saab vajadusel muuta, kui valida  *Select* (vali) ja klõpsata mõõtjarvul. Mõõtjarvu juurde ilmub lipik ning mõõtme muutmiseks tuleb lipikule kirjutada uus mõõde (vt joonis 11-69). Edasi klõpsa nupul *Finish* (lõpeta, vt joonis 11-74), seejärel mõõtmed kaovad ja plaati on lõigatud üks ava.

10. Kasutades käsklust  *Pattern* (kujund, muster), tee isteplaati paljunduse teel kolm puuduvat tapiava. Aktiveeri

grupist *Pattern* tööriist  **Pattern** (vt joonis 11-74) ja vali ajaloo puust paljundatav element, klõpsates sellel vasaku hiireklahviga  **Cutout 1** (**teine võimalus** on minna tapiava kujutisele detaili mudelil ja klõpsata sellel vasaku hiireklahviga). Element muutub aktiivseks, sellele viitab sinine värv lipikul ( **Cutout 1**). Hiireklõps muutuva tööriistariba ikoonil  **Accept** kinnitab ja lõpetab paljundatava elemendi valiku (vt joonis 11-75).

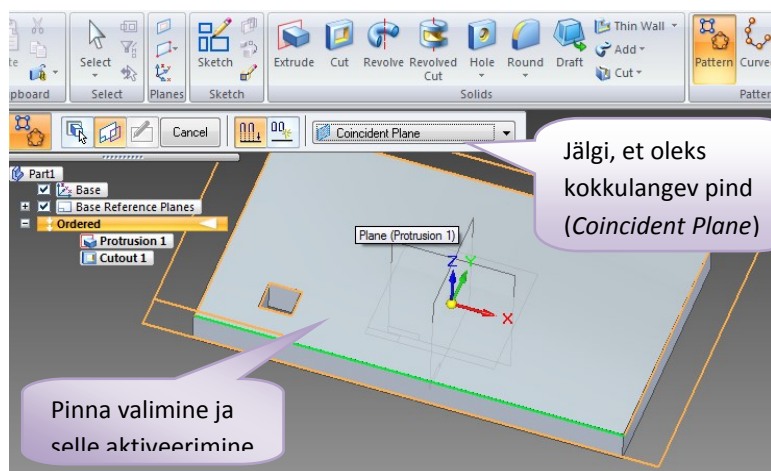


Joonis 11-74. Pärast ava sisselõikamist ilmunud mõõtmed on aktiveeritavad ja muudetavad. Tegevuse lõpetamiseks klõpsa muutuva tööriistariba käsunupul *Finish*



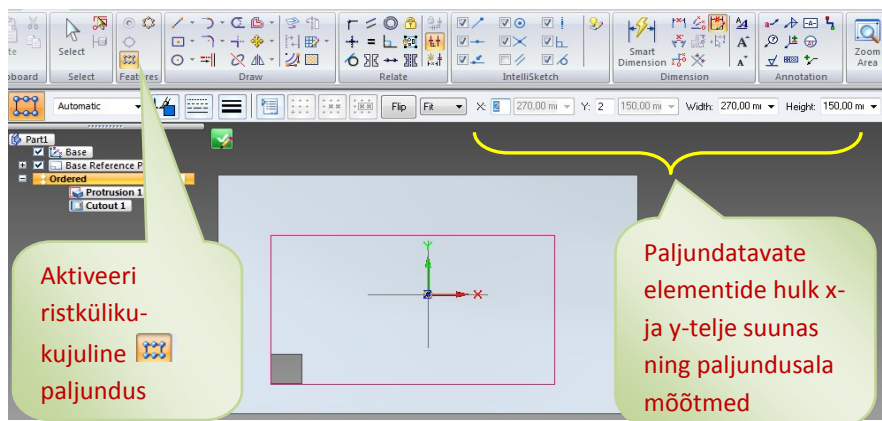
Joonis 11-75. Järi isteplaadil on paljundamiseks aktiveeritud element *Cutout 1* (tapiava), valiku lõpetamiseks tuleb vajutada *Accept* (nõus)

11. Elemendi paljundamiseks tuleb valida pind, millel paljundus tehakse. Vali pinnaks isteplaadi pealmine pind **Plane (Protrusion 1)** ja klõpsa sellel pinnal. Jälgi, et muutuval tööriistaribal oleks valitud **Coincident Plane** (kokkulangev pind, vt joonis 11-76). Arvuti pöörab valitud pinna töölaual, et oleks võimalik paljundatavat mustrit seadistada.
12. Ruumiline töökeskkond muutub tasapinnaliseks, ülemisel tööriistareal ilmuvad joonestamiskäsud. Grupist *Features* (kujutised) **aktiveeri ristkülikukujulise mustriga paljundus** **(Rectangular Pattern)**. Valikutes on ringi- ja ristkülikukujuline paljundus. Muutuval tööriistaribal määra paljundatavate elementide hulga telgede suunas, mõlema telje suunas on kaks elementi (ava) ( X: 2 Y: 2 ). Samal real kirjuta kastikesse paljundusala laius ja kõrgus ning ristküliku mõõtmed, mille nurkadesse (sisse- või väljapoole) lisatakse paljundatavad tapiavad **Width: 270,00 mm** **Height: 150,00 mm** (, vt joonis 11-77). Mõõtmeid vaata jooniselt 8-3.



Joonis 11-76. Pinna valimine paljundusmusteri seadistamiseks ja korraldamiseks

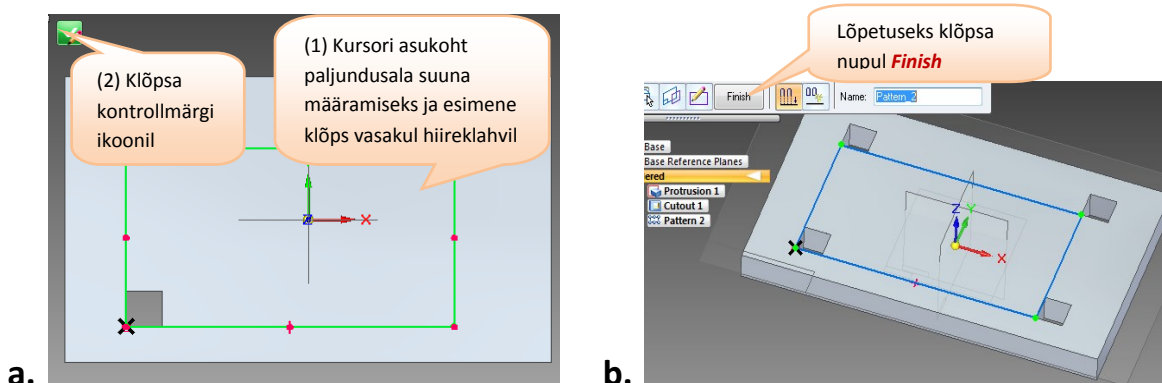





Joonis 11-77.


Ristkülikukujulise paljunduse määramine, paljundatavate elementide koguse ja paljundusala mõõtmete seadistamine muutuvl tööriistaribal

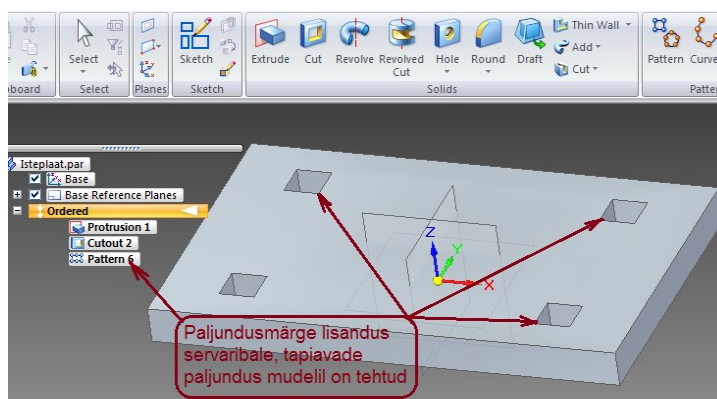
13. Määra pinnal paljundusala ristkülik, selleks klõpsa esiteks olemasoleva tapiava ühele nurgale (siin on klõpsatud alumisele vasakule nurgale, vt joonis 11-78a). Ristküliku asendi fikseerimiseks pinnal vii kursor ristkülikukujulise eskiisi ülemise parempoolse nurga lähedale, jälgi, et ristkülik oleks horisontaalne ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Nüüd on paljundusala ristkülik fikseeritud (vt joonis 11-78a).



Joonis 11-78. a – paljundusala (paljundusristkülik) fikseeritakse (1) ja paljundamiseks klõpsatakse nupul *Accept* (2); b – tapiavad on ristküliku nurkadesse paljundatud, tegevuse lõpetab hiireklõps nupul *Finish*

14. Pärast hiireklõpsu nupul  *Accept* (nõus) teeb arvuti isteplaati paljundusala ristküliku nurkadesse ülejäänud kolm ava (vt joonis 78b). Lõpetuseks klõpsa nupul *Finish*. Seejärel paljundusala ristküliku eskiisi kaob, elementide paljundus on tehtud ja tapiavad le lisatud (vt joonis 11-79).

15. Lisa isteplaadile puuduvad ümardusraadiused. Aktiveeri grupist *Solids* (tahke keha) ümardusraadiuste lisamise tööriist  *Round* (ümardus, vt joonis 11-80). Seejärel ilmub muutuv tööriistariba (*Ribbon Bar*) ümardusraadiuse andmetega. Lahtrist *Select* (vali) vali serv (nurk), trüki isteplaadi nurkade



Joonis 11-79. Paljundustegevus on lõpetatud, vastav märged on lisatud serveribale

ümardusraadiuse väärtus  
raadiuse lahtrisse


Select: Edge/Corner

Radius: 16,00 mm

ja vajuta

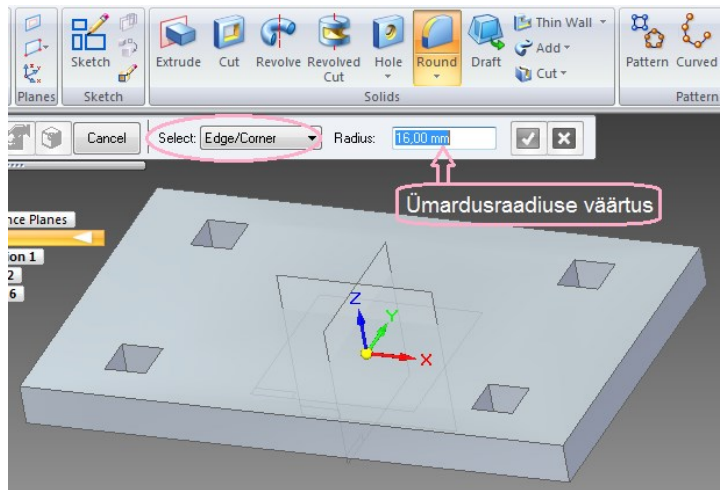
klahvi *Enter*.

16. Nüüd, kui seadistus on tehtud, klõpsa järgemööda kõikidele vertikaalsetele servadele. Pärast hiireklõpsu serval lisab arvutiprogramm servale ümardusraadiuse ja serv muudab värvi (vt joonis 11-81). Edasi klõpsa muutuva tööriistariba nupul  *Accept* (nõus), seejärel sama riba nupul *Preview* (eelvaade). Kui kõik on korras, vajuta lõpetuseks nuppu *Finish* (lõpp). Neli plaadi nurgaserva on nüüd ümardatud (vt joonis 11-82).

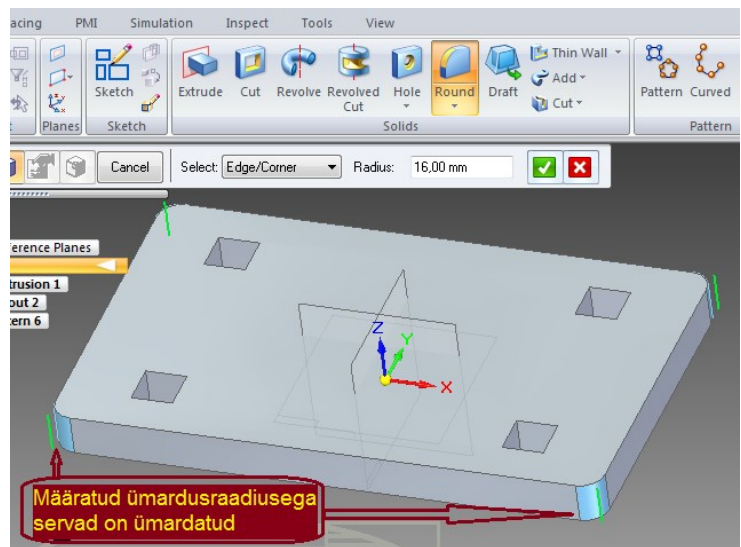
17. Kuna tööriist  *Round* (ümardus) on aktiivne, siis jätkake kohe plaadi ülemise serva ümardamist. Vali kontuur *Select: Chain*, trüki ümardusraadiuse väärtuseks lahtrisse *Radius: 5,00 mm* ja vajuta klahvi *Enter*. Vii kursor isteplaadi ülemise serva peale ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Arvuti aktiveerib serva ja lisab plaadi ülemisele servale piki kontuuri

ümardusraadiuse  $R = 5$  mm ning serv muudab värvi (vt joonis 11-82).

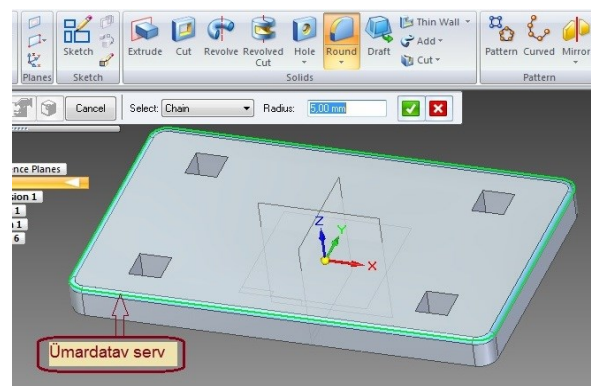
18. Edasi klõpsa muutuva tööriistariba nupul  *Accept* (nõus). Seejärel klõpsa sama riba nupul *Preview* (eelvaade). Nüüd muudab ümardatud serv värvi ja ilmub mõõde  $R = 5$  mm. Kui selle raadiuse suurus on vaja muuta, siis on võimalik seda tekkinud lipikul teha mõõtmele klõpsates (vt punkti 5). Kui kõik on korras, siis vajuta lõpetuseks *Finish* (lõpp). Misjärel mõõde kaob, plaadi ülemise serva ümardamine on lõpetatud ja vastav märgeline lisatud servaribale (vt joonis 11-83).



Joonis 11-80. Peatööriistaribalt on aktiveeritud tööriist *Round*. Muutaval tööriistaribal on valitud serv/nurk ja trükitud vajalik ümardusraadius 16,00 mm

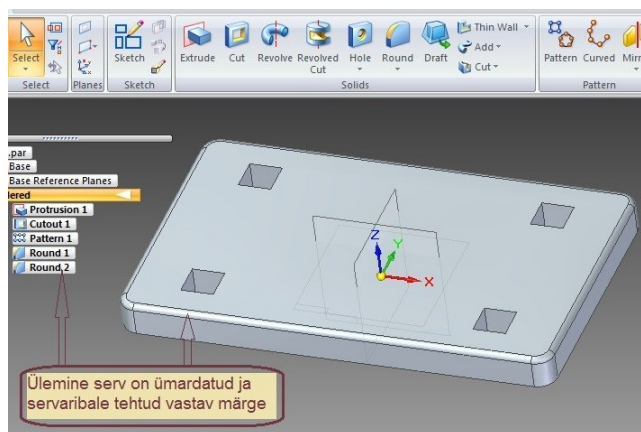


Joonis 11-81. Vajalikud servad on tööriistaga *Round* aktiveeritud, nupp  *Accept* (nõus) on muutunud aktiivseks



Joonis 11-82. Isteplaadi ülemine serv tööriistaga *Round* on aktiveeritud ja ümardatud, nupuikoon  *Accept* (nõus) on muutunud aktiivseks

19. Määra detaili materjal ja kaal, selleks vali tööriistapaneeli *Inspect* (kontrolli) alt grupist *Physical Properties* (füüsikalised omadused) *Properties* (omadused). Detaili mudeli materjali ja kaalu määramist on kirjeldatud peatükis 11.5 (vt punktid 16–19 ja peatükk 11.7 joonis 11-55).
20. Tabureti isteplaadi virtuaalne mudel on valmis. Salvesta äsja valminud detaili virtuaalne mudel oma tootekataloogi. Kirjeldust vaata peatüki 11.5 punktist 20.




Joonis 11-83. Isteplaadi ülemise serva ümardusraadiuse modelleerimine tööriistaga *Round* on lõpetatud ja vastav märke ümardusraadiuse *Round 2* kohta lisatud servaribale

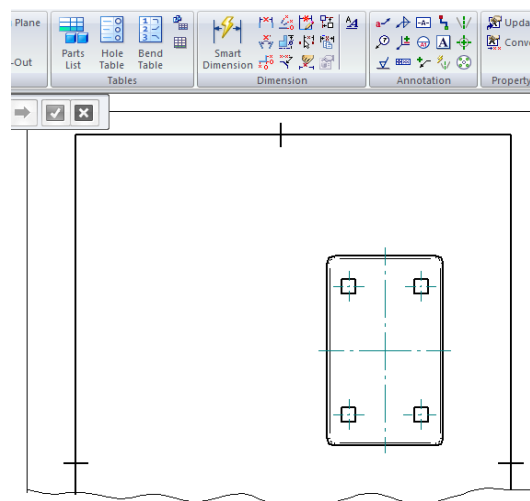
### 11.8.2. Järi isteplaadi 2D-joonise valmistamine

Järi isteplaadi virtuaalse mudeli järgi tuleb vormistada tööjoonis kõigi vajalike kujutistega (vaated ja lõiked). Jooniste valmistamist on peatükis 11.6 üksikasjalikult kirjeldatud. Vaata tööjoonise näidet joonisel 8-3 (isteplaat tähisega **JN 02.00.01**).

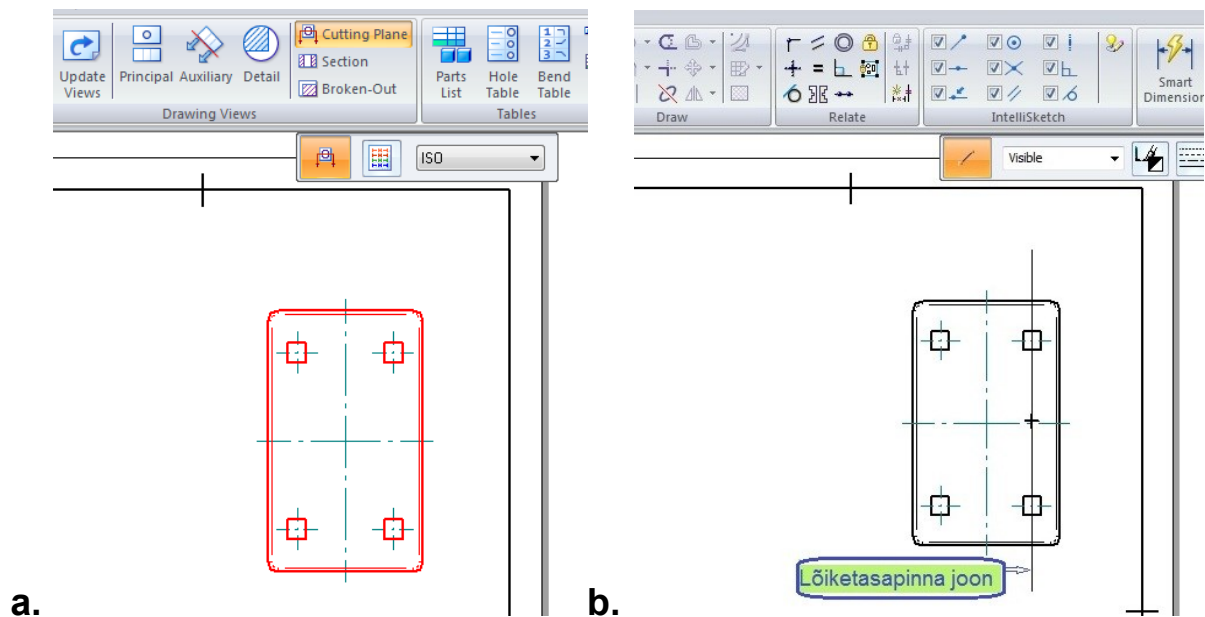
1. Joonise valmistamiseks ava 2D-projekteerimiskeskonna joonisefail, kus on valmistatud teised istepingi JN02.00.00 detailide joonised. Lisa uus raamjoone ja nurgatabeliga vormistatud A4-formaadis leht (tegevuse kirjeldust vt peatükist 10.3).
2. Peatükis 11.6 esitatud kirjelduse järgi valmista A4-formaadis jooniselehel järi isteplaadi eestvaade sellises asendis, nagu on näidatud joonisel 11-84. Lisa vaatele ja ka avadele sümmeetriateljed (vt joonised 8-3 ja 11-84).

Plaadil on avad ja ülemisel pinnal ümber kontuuri ümardusraadius  $R = 5 \text{ mm}$  (joonisel paistab see väikesena), seega on paremaltvaadet vaja näidata lõikes. Ümardusraadiuse paremaks näitamiseks tuleb see element suuremalt välja tuua (esitada väljatoodud elemendina). Järgnevalt kirjeldatakse põhjalikumalt lõike ja väljatoodud elemendi vormistamist.



3. Paremltvaates näita tapiavasid lõikes, selleks toimi järgmiselt.
  - Aktiveeri peatööriistaribalt sakist *Home* grupist *Drawing Views*  *Cutting Plane* (lõiketapasind).
  - Vii kursor kujutisele, millele soovid tõmmata lõiketapasinda kujutava joone. Kui kujutis muudab värvi, siis klõpsa vasakule hiireklahvile (vt joonis 11-85a).



Joonis 11-84. 2D-projekteerimiskeskonnas jooniselehele on toodud järi isteplaadi eestvaade



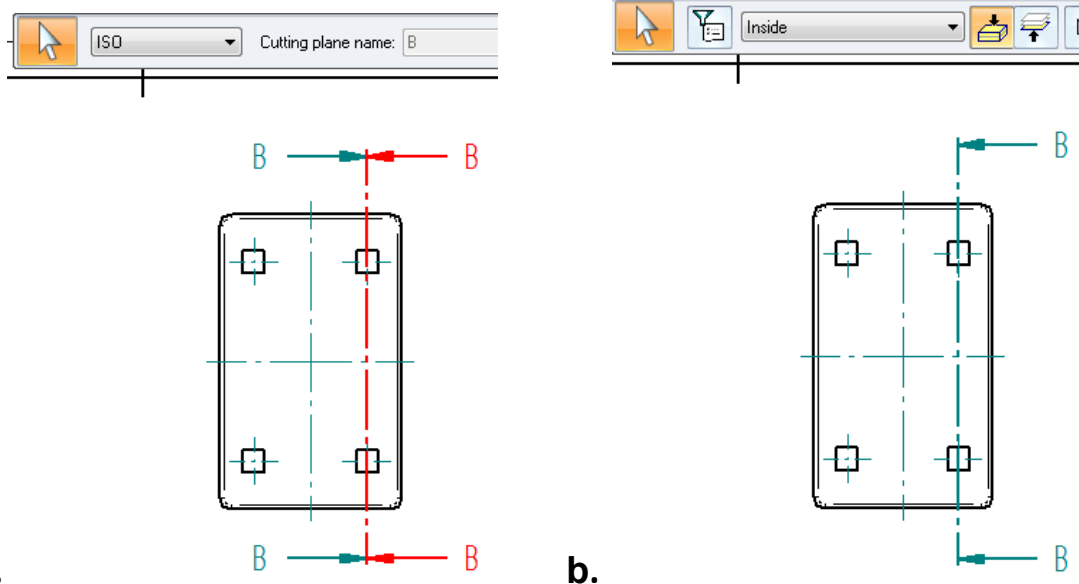
Joonis 11-85. Lõiketasapinna joonestamine vaatele: a – peatööristaribal on aktiveeritud tööriist *Cutting Plane* ja töölalal on aktiivne isteplaadi eestvaade; b – muutuvale tööriistaribale on ilmunud aktiivne

- Kui kujutis muudab uuesti värvi, saab tõmmata lõiketasapinda kujutava joone (tasapinna, mida mööda kulgeb tulevane lõikekujutis).
- Kui joone käsunupp  *Line* (joon) on aktiivne, siis tõmba lõiketasapinda kujutav joon lähtekujutisele nii, nagu on näidatud joonisel 11-85b; kui joone käsunupp ei ole aktiivne, siis aktiveeri see ja tõmba vajalik joon (vt joonis 11-85b).
- Klõpsa grupis *Close* (sulge) oleval ikoonil  *Close Cutting Plane* (sulge lõiketasapind), mille järel tekivad lõikejoonele tulevase lõikekujutise suunda näitavad nooled koos lõikepinna tähistega (vt joonis 11-86a).

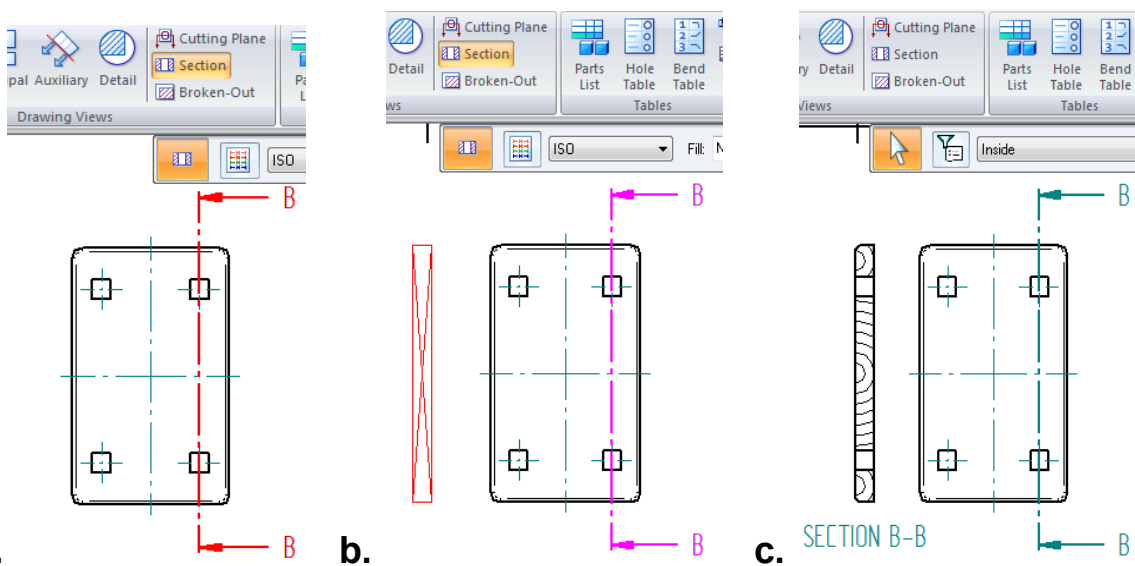
**NB! PUNASED NOOLED NÄITAVAD LÕIKEKIJUTISE VAATAMISE (PROJEKTEERIMISE) SUUNDA.**

- Kursori liigutamisega muudavad punased nooled suunda. Vali vajalik noolte suund ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Seejärel punased suunanooled fikseeritakse, nende värvus muutub ja lõiketasapinnale jäävad valitud lõikekujutise suunda näitavad nooled (vt joonis 11-86b).

**LÕIKE SUUNA VALIKUL PEAB KURSOR OLEMA SELLEL POOLEL LÕIKETASAPINDA, Kuhu ON VAJA PAIGUTADA LÕIKEKIJUTIS.**



Joonis 11-86. Lõiketasetapinna joonestamine vaatele: a – lõike suuna valik, punased nooled näitavad valitavat suunda; b – lõike projekteerimise suund pärast selle fikseerimist




Joonis 11-87. Lõikekujutise paigutamine joonisele: a – valitud on käsunupp *Section*, kursori all on lõikepind aktiivne; b – klõps lõikejoonel viib ristküliku lõikekujutise nooltega näidatud suunas; c – lõikepinnalt B-B väljatoodud lõikekujutis on paigutatud joonisele


- Lõikekujutise projekteerimiseks aktiveeri peatööriistaribalt grupist *Drawing Views* käsunupp *Section* (lõige) ja mine kursoriga lõiketasetapinna joonele, seejärel muudab lõiketasetapind värvi (vt joonis 11-87a).
- Klõpsa lõiketasetapinnal vasakut hiireklahvi, seejärel tekib kursori külge punane diagonaalidega ristkülik, mille sees on tulevane lõikekujutis. Lohista see ristkülik lähtekujutisest eemale nooltega näidatavas suunas (vt joonis 11-87b).
- Lõikekujutise B-B paigutamiseks joonisele nihuta kursor koos ristkülikuga vajalikku kohta ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Seejärel genereerib programm lõikekujutise koos lõike pealkirjaga „SECTION B-B“ (vt joonis 11-87c).
- Ingliseelse sõna *SECTION* eemaldamiseks lõiketasetapinna tähise eest vali käsunupp *Select* (vali) ja klõpsa lõikekujutisel, seejärel muutuvad aktiivseks





lõikekujutis koos pealkirjaga ja lõiketasapind koos tähistega peakujutisel (vt joonis 11-88).

- Klõpsa muutaval tööriistariba nupul  *Select – Properties* (vali – omadused, vt joonis 11-88), siin avaneb dialoogiaken

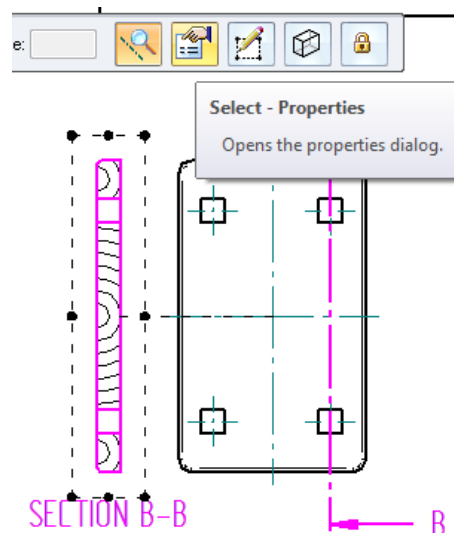
*High Quality View Properties - Section View* (vt joonis 11-89). Saki *Caption* (tiiter, alapealkiri) alt lahtrist *Caption type:* aktiveeri lõigust *SECTION%AS* sõna *SECTION*, kustuta see klahviga *Delete* ja vajuta *OK*. Nüüd eemaldatakse pealkirjast liigne sõna ning jäävad ainult tähed *B-B* (vt joonis 11-90).

- Pealkirja „B-B“ saab nihutada joonise pinnal, kui valida  *Select* (vali), vajutada vasaku hiireklahviga pealkirjal, hoida seda kinni, lohistada see lõikekujutise kohale ja lasta seal lahti (vt joonis 11-90).

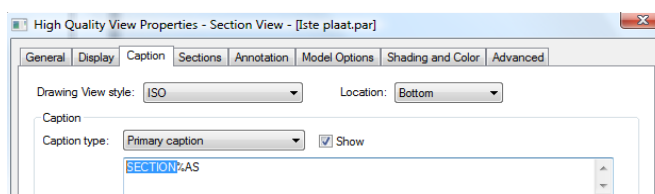
- Standardnõuete kohaselt on lõiketasapinna joon ainult otstest laiijoon. Selle muutmiseks vali  *Select* (vali), klõpsa parema hiireklahviga lõiketasapinna joonel ja vali avanevas rippmenüüs  *Properties* (omadused), seejärel avaneb dialoogiaken

- Avanenud dialoogiaknas kontrolli ja märgi järgmised andmed:

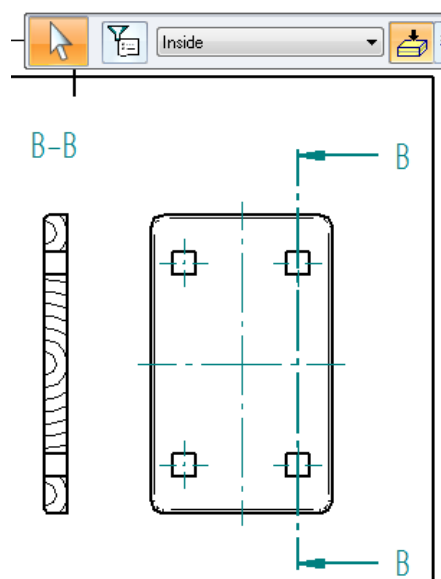
- joone tüüp (*Line type*) on lai kriipspunktjoon ja joone laius (*Line width*) vähemalt 0,5 mm;
- lahtris *Style* (stiil, kuju) vali joone kujuks kas *Thick/Thin* (lai/kitsas) või *Thick corners only* (ainult otstest ja nurkadest lai). Siin on valitud *Thick/Thin* (vt joonis 11-91a);
- noole kaugus jooneotsast (*Offset arrow*) – kirjuta lahtrisse 0,2 ja vajuta *OK*.



Joonis 11-88. Lõikekujutis koos pealkirjaga on aktiveeritud üleliigse info eemaldamiseks (sõna *SECTION*)

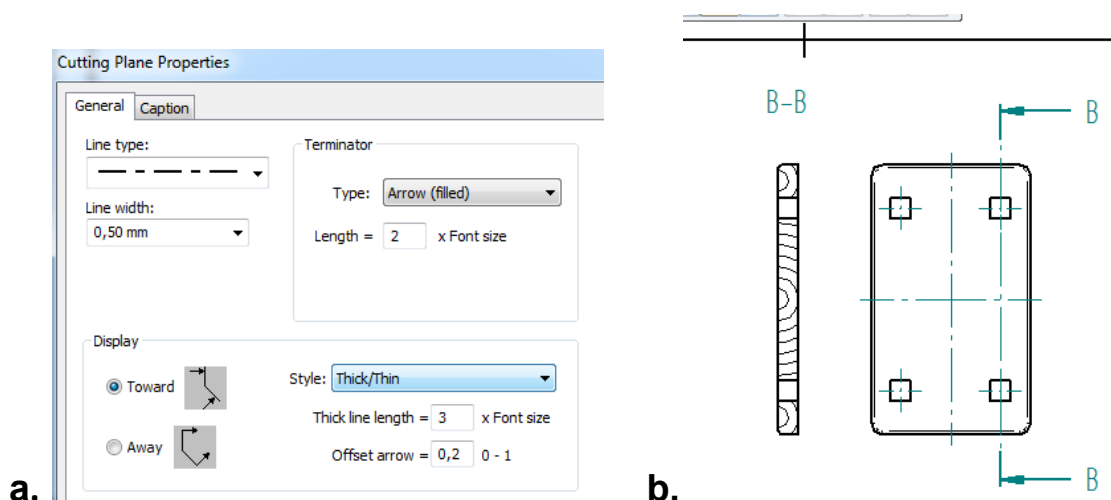


Joonis 11-89. Lõikepinna omaduste dialoogiaknas on aktiveeritud sõna *SECTION*, et selle saaks jooniselt kustutada



Joonis 11-90. Lõikekujutise pealkiri on standardnõuete kohaselt vormistatud ja viidud lõikekujutise kohale

4. Isteplaadi lõige on vormistatud (vt joonis 11-91b), nüüd on vaja joonis mõõtmestada ja täita nurgatabel (vt joonis 8-3).



Joonis 11-91. Lõikekujutise lõplik kujundamine standardnõuete järgi: a – vajalikud andmed lõiketasapinna joone muutmiseks on sisestatud dialoogiaknasse; b – isteplaadi peavaade ja paremltvaade lõikena B-B, lõiketasapinna joon on muudetud

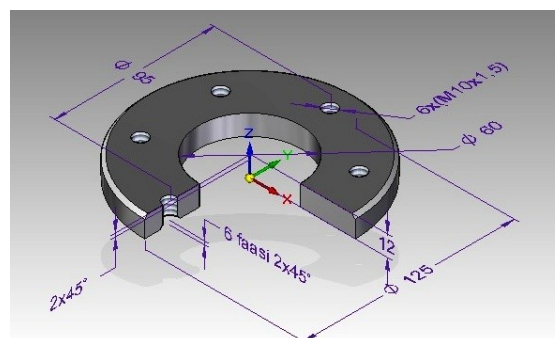
## 11.9. Elementide ringjooneline paljundamine

Järi isteplaadi tapiavade valmistamisel kasutati elementide riskülikukujulist paljundamist. Paljude detailide juures esineb aga elemente, mis asetsevad seal ringjooneliselt: näiteks kasutatakse suuremõõtmeliste toruarmatuuride ühendustes silindrilisi äärikuid, kus kinnitusavad on jaotatud ringjoonel ühtlaselt. Selliste elementide 3D-mudelite valmistamiseks on sobiv kasutada elementide ringjoonelist paljundamist. Meetod seisneb selles, et samamoodi nagu riskülikukujulisel paljundamisel valmistatakse ka siin üks paljundatav element, mis paigutatakse mõõtmete järgi sobivasse kohta mudelil. Seejärel paljundatakse seda elementi määratud tsentriga ringjoonel käsu abil *Circular Pattern* (ringjooneline paljundus) vajalik arv kordi.



Elementide ringjoonelise paljundamise selgitamiseks on siin kasutatud ääriku 3D-mudeli ja selle joonise valmistamise näidet, kus keermestatud kinnitusavad on paigutatud ringjooneliselt.

### 11.9.1. Silindrilise ääriku 3D-mudeli valmistamine, faasid

Valmista ääriku 3D-mudel joonisel 11-92 esitatud ääriku mõõtmete järgi.

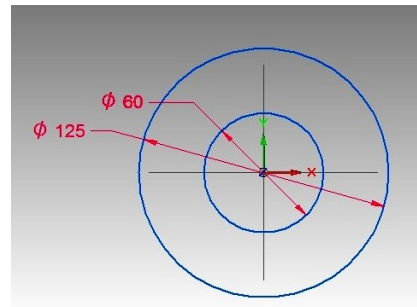


Joonis 11-92. Silindriline äärik keermestatud kinnitusavadega

1. Ava 3D-detaili modelleerimise keskkond, kus vali grupist *Solids* (tahke keha) käsunupp  *Extrude* (eend).
2. Vali hiireklõpsu abil projektsioonipinnaks põhipind (*Top (xy)*), grupist *Draw* (joonest) vali  *Circle by Center Point* (ringjoon keskpunkti järgi) ja



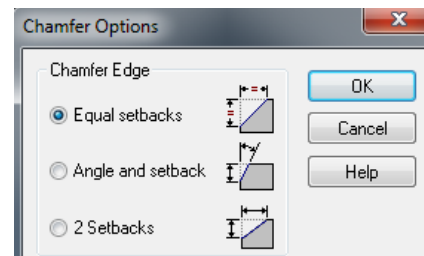
joonest kaks kontsentrilist ringjoont ( $d_1 = 125 \text{ mm}$  ja  $d_2 = 60 \text{ mm}$ ), mille tsenter on baaskoordinaatide alguspunktis. Muutuval tööriistaribal (*Ribbon Bar*) kirjuta lahtrisse **Diameter:** 125,00 mm vajalik mõõde, vajuta klahvi *Enter* ja paiguta mõlemad ringjooned ekraanile, klõpsates baaskoordinaatide alguspunktis (vt joonis 11-93).



Joonis 11-93. Ääriku väliskontuuri ja siseava eskiiside joonestamine kontsentriselt

3. Vali *Close Sketch* (sulge eskiis), kirjuta muutuval tööriistaribal lahtrisse **Distance:** 12,00 mm ning näita hiireklõpsuga, kuhu poole projektsioonipinnast soovid lisada ääriku paksuse, milleks on 12 mm (siin lisatud ülespoole, vt joonis 11-95).

4. Lisa ääriku välispinna ülemisele servale faas  $2 \times 45^\circ$ . Selleks vali grupist *Solids* *Chamfer* (faas), kirjuta avanenud muutuval tööriistaribal lahtrisse *Setback* (kaatet) **Setback:** 2,00 mm ja vajuta klahvi *Enter*. Sealsamas vali *Chamfer Options* (faasi omadused) ja kontrolli, et avanenud dialoogiaknas **Chamfer Options** oleks määratud faasi omaduseks võrdsed kaatetid (vt joonis 11-94). Klõpsa ääriku ülemisele servale, seejärel muudab serv värvi. Nõustu vajutusega nupul *Chamfer - Accept [Right Mouse Button or Enter]* ja lõpeta faasi valmistamine, vajutades **Finish** (vt joonis 11-95).

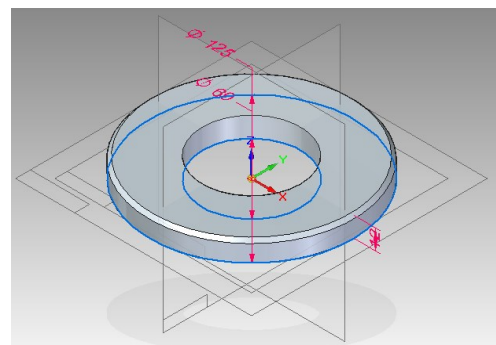


Joonis 11-94. Faasi omaduste määramine. Määratud on *Equal setbacks* (võrdsed kaatetid)


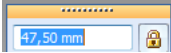

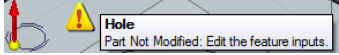

5. Keermestatud ava M10 tegemiseks äärikusse vali grupist *Solids* *Hole* (ava), muutuval tööriistaribal vali *Hole Options* (ava omadused), misjärel avaneb dialoogiaken **Hole Options**. Siin dialoogiakna lahtrites määra äärikusse lõigatava ava kõik omadused (vt joonis 11-96):

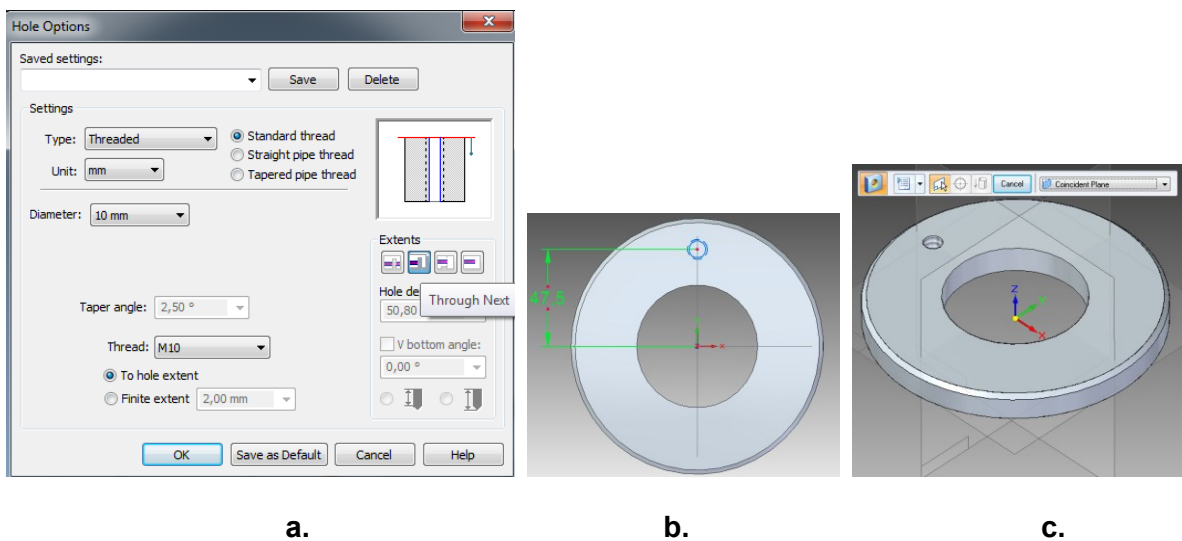
- lahtris *Type* (tüüp) vali loetelust *Threaded* (keermestatud);
- keere on standardkeere  *Standard thread* ;
- lahtris *Thread* (keere) vali loetelust keerme suurus M10;
- kuna ava läheb äärikust läbi, siis märgi *Through Next* (järgmise pinnani);
- ava on kogu ulatuses keermestatud, seega märgi  *To hole extent* (kogu ava ulatuses);
- vajuta OK.

6. Klõpsa detaili ülemisel pinnal, kust lõigatakse sisse ava. Koos kursoriga liigub ava kujutis, hiireklõpsuga vii see ava kujutis ääriku ülemise serva lähedale vertikaalteljele. Mõõtmega saab pärast määrata ava õige asukoha.




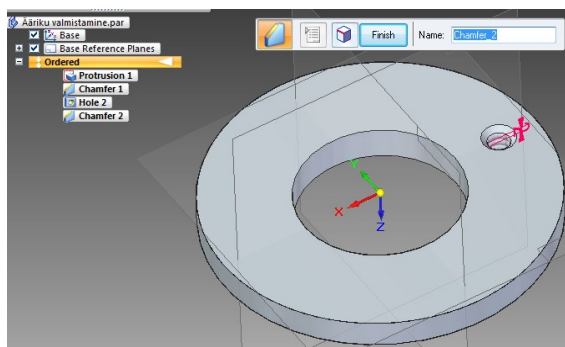
Joonis 11-95. Ääriku 3D-mudeli rõngas koos faasiga ülemisel serval

7. Mõõda ava kaugus ääriku tsentrist, kasutades käsunappu  *Distance Between* (vahekaugus) grupist *Dimension* (mõõtmed), kirjuta lipikule vajalik mõõde  ja vajuta klahvi *Enter*. Seejärel muudab arvuti vahekaugust (s.o 47,5 mm, vt joonis 11-96b). Lõpuks vajuta nappu  *Close Sketch* (sulge eskiis).
8. Selleks, et ava lõikamise suunda näidata, klõpsa läbi ääriku. Õige suuna puhul lõikab arvuti mudelile ava, vale suuna puhul aga ilmub hoiatus .
9. Vajuta nappu , seejärel on ühe ava lõikamine äärikusse lõpetatud (vt joonis 11-96c).
10. Vajuta *Save as* (salvesta nimega) ja salvesta mudel oma mudelite kataloogi nimega „Äärik“.






Joonis 11-96. Keermestatud ava lõikamine äärikusse: a – ava omaduste määramine dialoogiaknas; b – ava asukoha määramine ääriku pinnal; c – üks ava äärikul on lõigatud

11. Pööra mudel ümber, hoides all hiirerullikut ja nihutades hiirt või kasutades käsunappu  *Rotate* (pööra). Seejärel klõpsa teljel (x- või y-telg), mille ümber mudelit pööratakse.
12. Pärast mudeli pööramist tee faas  $2 \times 45^\circ$  keermestatud ava servale (tegevusjärjekorda vaata punktist 4). Vt selle kohta joonist 11-97.



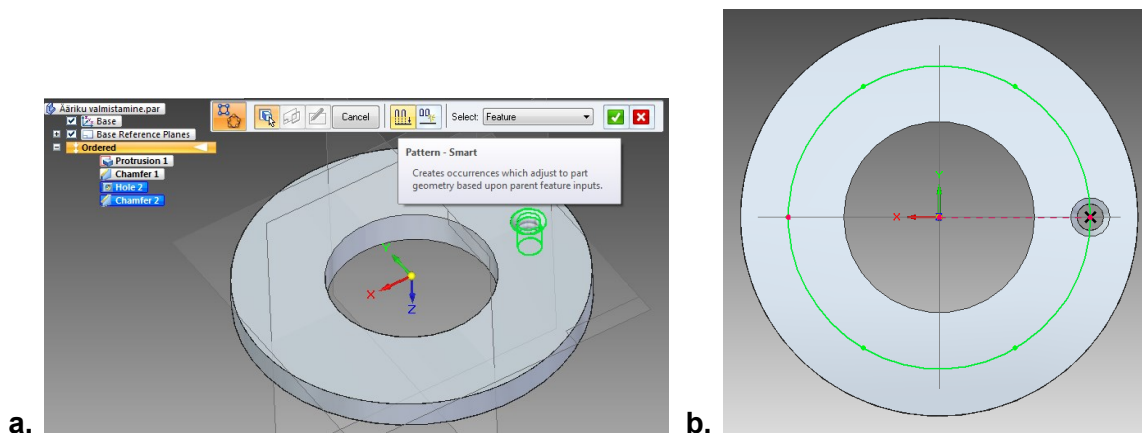
Joonis 11-97. Faasi lõikamine ava servale ääriku alumisel küljel

13. Paljunda keermestatud ava koos lõigatud faasiga ava serval ringjooneliselt kuus korda. Selleks toimi järgmiselt.

- Vali grupist *Pattern* (paljundus) käsunupp  *Pattern* (paljunda) ja vasakult ajaloo puust paljundatavad elemendid *Hole 2* ja *Chamfer 2*. Seejärel vajuta nuppu  *Accept*, see lõpetab valiku (vt joonis 11-98a).
- Vali muutuval tööriistaribal  *Pattern - Smart* (tark, nutikas paljundus, vt joonis 11-98a).
- Klõpsa paljundatava detaili pinnal ja vali grupist *Features* (kujudid)  *Circular Pattern* (ringjooneline paljundus).
- Klõpsa ääriku tsentris, st määra paljundusringjoone tsester.
- Klõpsa stardipunktis ehk paljundatava ava tsentris, seejärel ilmub muutuva tööriistariba lahtris paljundusringjoone raadius .
- Klõpsa ringjoonele paljunduse suuna määramiseks (täisringil ühtlase jaotusega paljunduse korral suvalises suunas).
- Muutuval tööriistaribal määra paljunduseks vajalikud andmed

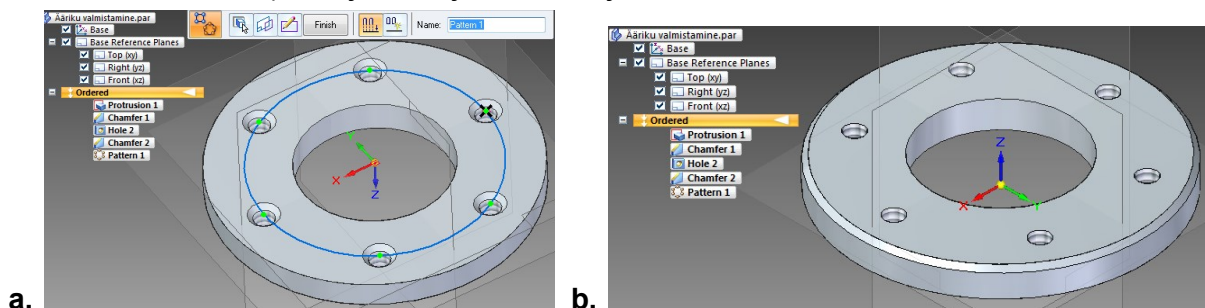


Siin kontrolli paljundusringjoone raadiust (47,5 mm) ja kirjuta paljundatava ava arv lahtrisse *Count* (arv 6) ning vajuta klahvi *Enter*. Seejärel jagab arvuti paljundusringjoonele paljundatavad avad ja märgib nende asukohad (vt joonis 11-98b).




Joonis 11-98. Paljundatavate avade paigutamine äärikuale: a – paljundatavate elementide valik; b – paljundatavad avad on ringjoonele ühtlaselt jagatud ja nende asukohad märgitud

- Vajuta  *Close Sketch* (sulge eskiis) ja arvuti paljundab avad (vt joonis 11-99), seejärel vajuta *Finish* ja *Save*.









Joonis 11-99. Ääriku 3D-mudeli valmistamine on lõpetatud: a – avad on paljundatud; b – detail pärast selle ümberpöörämist algasendis

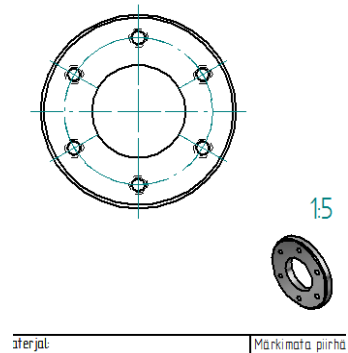
## 11.9.2. Silindrilise ääriku joonise valmistamine, murdlõige

Detaili joonise tegemiseks ava oma dokumentide kataloogist vajalik 2D-joonisefail (faili laiend on alati *dft*). Joonisefailis uue töölehe sisestamisel avaneb käsuga  **Insert Sheet** (sisesta leht) uus A4-formaadis vormistatud tagapõhjaga leht. Seda eeldusel, et eelnevalt on seal tagapõhi vormistatud ja vaikimisi salvestatud (vt lisaks ptk 10.3).

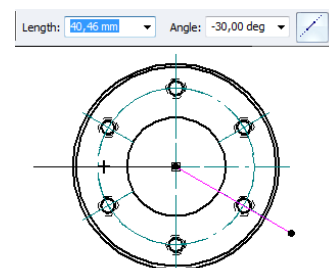
Kasutades peatükis 11.6 toodud kirjeldust, otsi oma mudelikataloogist äsja valmistatud ääriku 3D-mudel. Seejärel vali dialoogiaknas *Drawing View Creation Wizard* (joonise vaadete loomise viisard) avatud jooniselehele kaks kujutist: ääriku pealtvaade (peavaate kohale mõõtkavas 1:1) ja aksonomeetiline kujutis (vt joonis 100). Kuna äärikul on mitmeid avasid ja kinnitusavad paiknevad 30° nurga all horisontaalasendi suhtes, tuleb eestvaate asemele paigutada ääriku murdlõige (lõige, kus lõikepinnad asetsevad omavahel nürinurga all ja läbivad kõiki erinevaid avasid).

Ääriku murdlõike tegemiseks ja joonise lõplikuks vormistamiseks toimi järgmiselt.

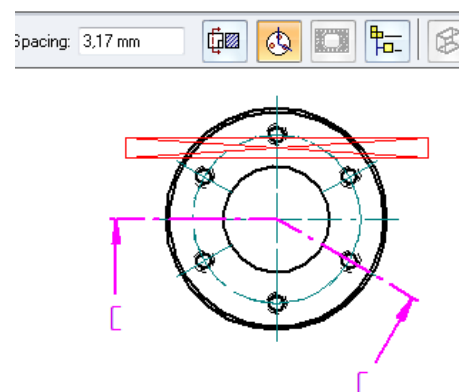
1. Vali  **Center Mark** (tsentrimärk) ja klõpsates välisringjoonel, lisa äärikule teljed.
2. Grupist *Annotation* vali  **Bolt Hole Circle** (poldiring) ja lisa avaringile teljed (vt joonis 11-100). Muutuval tööriistaribal vali  **Bolt Hole Circle - By Center and Radius** (poldiring tsentri ja raadiuse järgi) ning klõpsa enne ääriku tsentrisse ja siis ringil ühe ava tsentrisse (klõpsa siis, kui kursori kõrvale ilmub tsentrimärk ).
3. Grupist *Drawing Views* (joonise vaated) vali  **Cutting Plane** (lõikepind) ja klõpsa pealtvaatel, seejärel muutub vaade aktiivseks. Ilma joonekäsku valimata tõmba nüüd kohe lõikepinda kujutav joon, nagu on näidatud joonisel 11-101:
  - joone horisontaalne osa tõmba täpselt ringjoone tsentrisse;
  - jätkka tsentrist edasi lõikejoont läbi kinnitusava tsentri, selleks kirjuta muutuval tööriistaribal lahtrisse **Angle: -30,00 deg** (kaldjoone nurga suurus, vt joonis 11-101);
  - peatööriistaribal klõpsa *Close Cutting Plane* (sulge lõikepind), misjärel arvuti küsib lõike suunda. Lõike suuna määramiseks klõpsa vasakul hiireklahvil ülevalpool lõikepinda (kursori liigutades noolte suund muutub, punased nooled näitavad valitavat suunda);
  - vali käsunupp  **Section** ja klõpsa lõikepinnal, nüüd aktiveerub muutu




Joonis 11-100. Ääriku valitud vaated dialoogiaknas *Drawing View Creation Wizard*



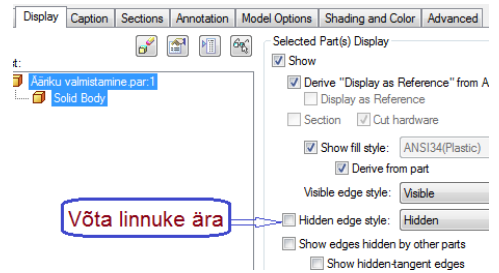
Joonis 11-101. Lõikepinna joon on tõmmatud





Joonis 11-102. Horisontaalsele lõikepinna osale pööratud murdlõike väljatoomine

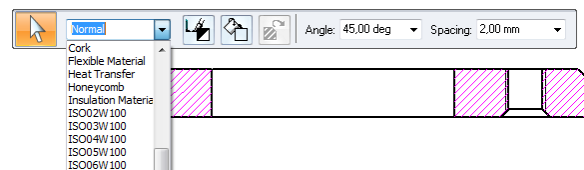
tööriistariba, vali  **Section - Revolved Section View** (pööratud lõike vaade, vt joonis 11-102) ja klõpsa lõikepinna horisontaaljoonele (arvuti toob murdlõike sellelt pinnalt välja);

- klõpsuga joonise pinnal vii väljatoodud murdlõike pealtvaate kohale, muuda lõikepinna joonetüüpi vastavalt ISO standardi nõuetele, eemalda sõna **SECTION** (vt ptk 10.9);
- eemalda mõlemalt vaatelt varjatud jooned, selleks klõpsa vaatele parema hiireklahviga, rippmenüüst vali **Properties** (omadused), avanenud dialoogiaknas eemalda saki **Display** (ekraan) all linnuke kastist  **Hidden edge style: Hidden** (varjatud serva tüüp) ja vajuta **OK** (vt joonis 11-103);



Joonis 11-103. Varjatud joonte eemaldamine dialoogiaknas



- vajadusel muuda lõikepindade viirutuse tüüpi ja tihedust, selleks vali  **Select** (vali), klõpsa parema hiireklahviga lõikekujutisel, misjärel ilmub rippmenüü, kust vali **Draw in View** (joonesta vaatel). Ekraanile jääb suurelt ainult aktiivne lõikekujutis, hoides siin all **Shift**-klahvi, tee aktiivseks kõik viirutatud pinnad ja muuda lõikepindade viirutust, valides viirutuse tüübiks **Normal** ja tiheduseks (**Spacing**) 2 mm (vt joonis 11-104), seejärel vajuta nuppu  **Close Draw** (sulge vaatel joonestamisfunktsioon);

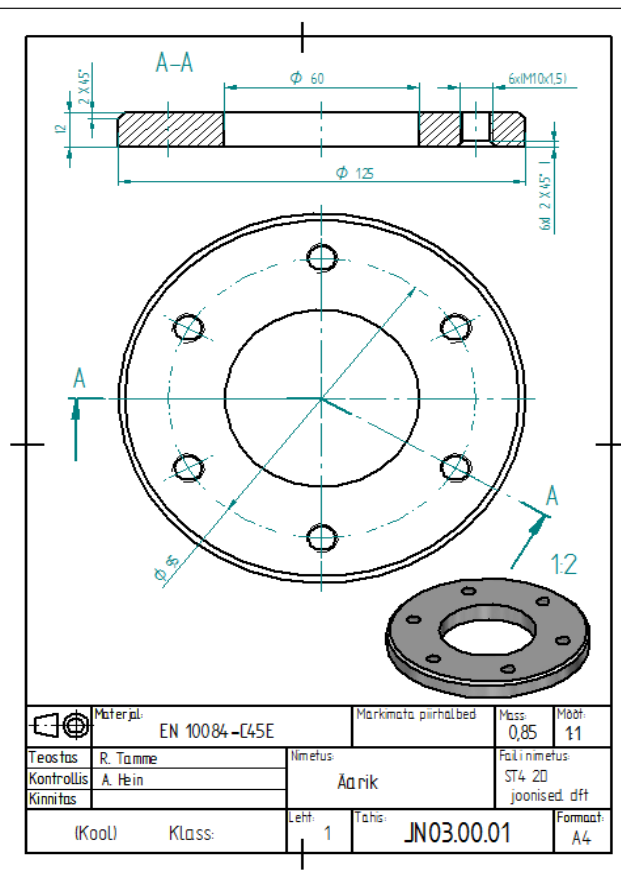


Joonis 11-104. Lõikepinna viirutuse muutmise

- kasutades käsunuppu  **Center Line** (tsentrijoon), lisa telgjooned kõikidele lõikel olevatele avadele **By 2 Lines** (kahe joone vahele);
- kinnitusava telje vasakule lõikepinnale lisa tsentrijoon peegelkujutisena ääriku telje suhtes, kasutades käsku  **Mirror** (peegel, vt joonis 11-105).


#### 4. Mõõtmesta joonis:


- vajuta käsunuppu  **Smart Dimension** (kiirmõõde) ja lisa mõõde avade ringjoonele;
- käsuga  **Distance Between** (vahekaugus) kannal



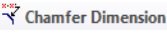
Joonis 11-105. Ääriku JN03.00.01 tööjoonis

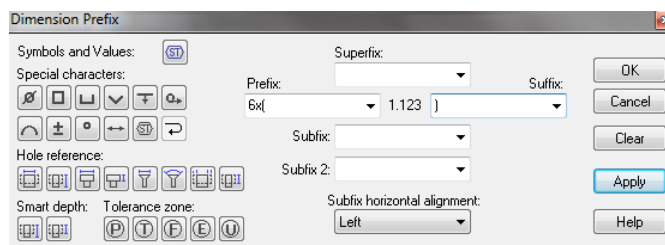


mõõtmel eestvaatele (vt joonis 11-105), kujumärkide ja mõõtmete täiendamiseks vali muutuval tööriistaribal  *Distance Between - Prefix (...-eesliide)* ja lisa dialoogiakna lahtris *Prefix* mõõtmele vajalikud täpsustused (vt joonis 11-106);


- keerulisema tähistusega mõõtme lisamiseks võib valida muutuvalt tööriistaribalt  *Blank* (tühi), lisada tühja mõõtjoone ja kirjutada dialoogiaknas *Dimension Prefix* (mõõtme eesliide) lahtrisse mõõtme


Prefix:  
( 6x(M10x1.5) );

- faaside mõõtmestamiseks vali  *Chamfer Dimension* (faasi mõõde), esimesena klõpsa sirgel, millega risti faasi mõõde kirjutatakse, teine klõps tee faasi kaldjoonel ja kolmanda klõpsuga lisa mõõde joonisele (vt joonis 11-105);





Joonis 11-106. Dialoogiaken mõõtvarude täiendamiseks või mõõtmete lisamiseks tühjale mõõtjoonele

- faasi mõõtme täiendamiseks kasuta käsunuppu  *Distance Between - Prefix (...-eesliide)* ning dialoogiaknas *Dimension Prefix* (mõõtme eesliide) olevaid lahtrid *Prefix:* ja *Suffix:* (vt joonis 11-105).

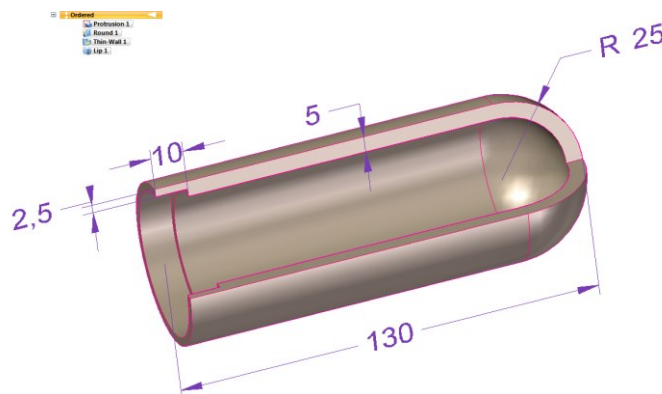
5. Kasutades käsunuppu  *Text* (tekst), täida nurgatabel vajalike andmetega (vt joonis 11-105).
6. Vajuta *Save* (salvesta).

## 11.10. Õhukeseseinaliste kehade valmistamine tööriistaga *Thin Wall* ja neile soonte ning väljaulatuste lisamine tööriistaga *Lip*

Järgnevalt vaadeldakse ühte võimalust, kuidas kasutada ühtlase õhukese seinaga detailimudelite valmistamise tööriista *Thin Wall* (õhuke sein)  ning nende detailidele ristkülikukujuliste sisselõigete ja väljaulatuste modelleerimist tööriistaga *Lip*  (huul, serv). Nimetatud tööriistad võimaldavad kiirendada mudelite valmistamist ja vältida vigade tekkimist nende valmistamisel, samuti saab vältida konstruktsioonivigu, kui detailid peavad koostudes koos töötama.

Kokkuvõttes kiirendab eelnimetatud tööriistade kasutamine projekteerimise käiku.




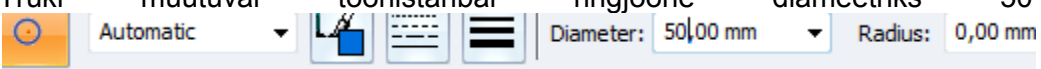

Materjali omandamiseks, konstrueeritakse puidust pinal ja esitatakse joonis, mille järgi on võimalik koolitöökojas õpilastel endale pinal valmistada (vt joonis 11-107).

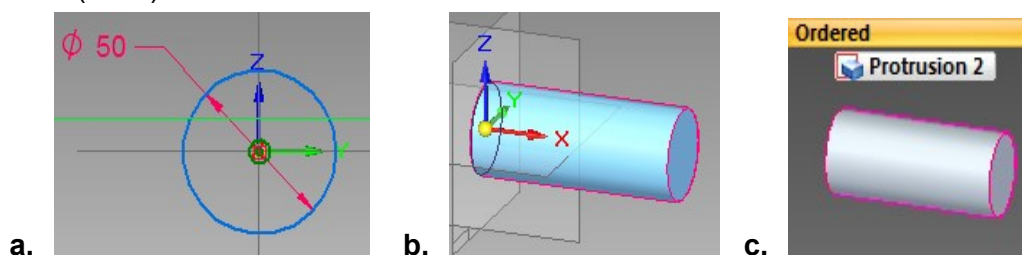


Joonis 11-107. Pinali vasaku poole mudel koos veerandi väljalõikega ja vajalike mõõtmega



## 11.10.1. Pinalipoolte virtuaalsete 3D-mudelite valmistamine

Käsuga *Thin Wall* (õhuke sein) detailide 3D-mudelite valmistamise õppimiseks konstrueeritakse esmalt pinali vasak pool, mille mõõtmed on toodud joonistel 11-107 ja 11-123.

1. Esmalt ava programm *Solid Edge*. Pärast programmi esilehe avanemist vali keskkondade valikute lahtrist *Create* (looma, tekitama)  *ISO Part* (ISO standardite järgi detaili 3D-mudelite valmistamise keskkond) ja klõpsa vasakul hiireklahvil (vt joonised 11-2 ja 11-3).
2. Kui eelnevalt on avatud 2D-projekteerimiskeskond ning ette valmistatud jooniseleht koos raamjoone ja nurgatabeliga (vt joonis 10-24), toimi järgmiselt. Vii kursor ikoonile  *Application Button* (rakenduste nupp) ja klõpsa vasakul hiireklahvil, seejärel avaneb rippmenüü. Vii seal kursor ikooni *New* (uus) peale ja seejärel ISO modelleerimiskeskonna *ISO Part* veerule ning klõpsa vasakul klahvil (vt joonis 11-3). Seejärel avaneb mudelite valmistamise keskkond (vt joonis 11-4). Kui avanes sünkroontehnoloogia, muuda see tavatehnoloogiaks. Seda on peatükis 11.2 üksikasjalikult kirjeldatud.
3. Kohanda Parti keskkond mudeli valmistamiseks. Seda on kirjeldatud üksikasjalikult peatükis 11.3. Aktiveeri töölaual projektsoonipinnad (*Base Reference Planes*), lisa linnuke ajaloo puus  *Base Reference Planes* tühja kastikesse. Töölauale ilmuvad projektsoonipinnad, mida saab skitseerimisel kasutada.
4. Aktiveeri tööriist *Extrude* (eend), selleks vii kursor nimetatud ikoonile ja klõpsa vasakul hiireklahvil.
5. Vaikimisi pakutakse kokkulangevat pinda  *Coincident Plane*, vali *Right yz* (parem) ja aktiveeri see. (Valida võib valida ükskõik millise ruuminurga pinna.)
6. Programm siirdub skitsi joonestamise keskkonda ja aktiveeritud pind pööratakse töölauale eendi skitsi konstrueerimiseks.
7. Aktiveeri ringjoonte joonestamise tööriist  *Circle by Center Point* (ringjoon keskpunkti järgi). Trüki muutuvale tööriistaribal ringjoone diameetriks 50 mm  ja vajuta *Enter*.
8. Vii kursor koordinaatide keskpunkti ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Keskpunkti ümber tekib ringjoon  $\varnothing 50$  mm (vt joonis 11-108a). Sulge skits, klõpsates nupul  *Accept* (nõus).

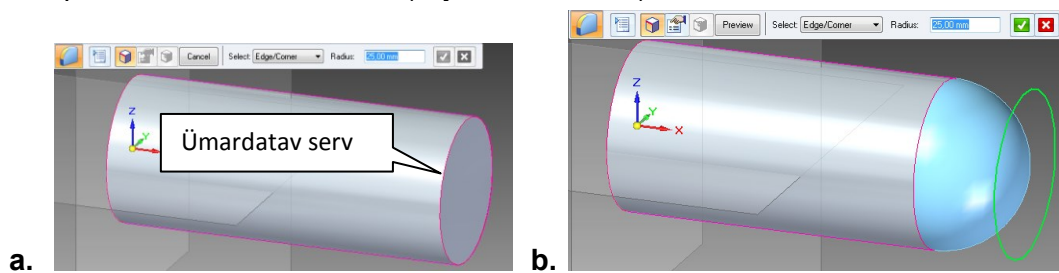


Joonis 11-108. Pinali tooriku skitseerimine ja modelleerimine etappide kaupa: a – mudeli skits; b – 3D-mudeli suuna valimine projektsoonipinna suhtes; c – valmistoorik

9. Nüüd küsib programm eendi ulatust. Trüki muutuvale tööriistaribal lahtrisse *Distance* 120 ja vajuta *Enter*. Vii kursor töölauale ja määra eendi suund projektsoonipinna suhtes, klõpsates hiireklahvile  *Distance: 120,00 mm* (vt joonis 11-8b).
10. Tegevuse lõpetamiseks klõpsa nupul *Finish*. Mõõtmed kaovad ja ajaloo puusse ilmub märgede tegevuse kohta  *Protrusion* (vt joonis 11-108 c).

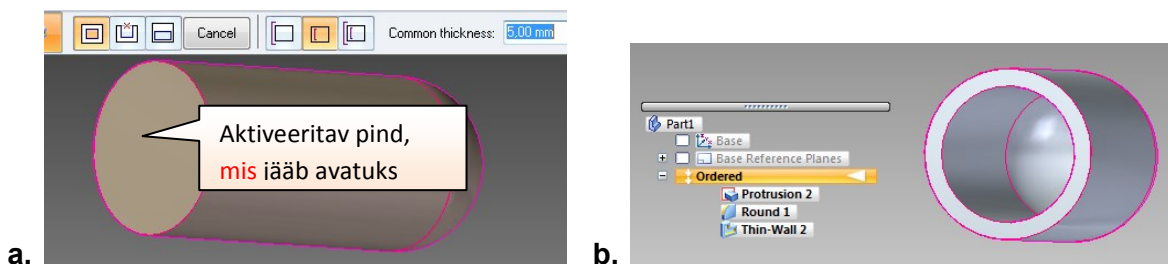


11. Ümarda tooriku parempoolne ots. Aktiveeri tööriist **Round** (ümarda). Muutuval tööriistaribal trüki raadiuse lahtrisse 25 ja vajuta **Enter**. Vii kursor ümardatavale servale ja klõpsa vasakule hiireklahvile (vt joonis 11-109a).



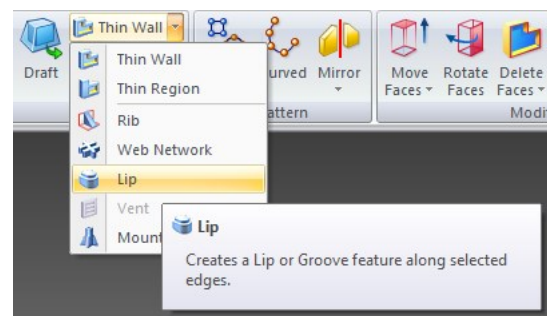
Joonis 11-109. Tooriku mudel ja märgitud serv (a), tooriku otsale sfäärilise kuju modelleerimine (b)

12. Klõpsa nupul **Accept** (nõus), seejärel **Preview** (eelvaade) ja lõpetuseks vajuta **Finish** (lõpeta, vt joonis 11-109b). Nüüd on mudeli serv ümardatud.
13. Eemalda tooriku seest materjali nii, et pinal oleks seinapaksusega 5 mm. Muuda toorik koorikdetailiks.
14. Grupist **Solids** (tahked kehad) vali **Thin Wall** (õhuke sein). Tekkinud muutuval tööriistaribal vali **Thin Wall - Common Thickness** (õhuke sein – ühtlane paksus), edasi määrata **Thin Wall - Offset Inside** (õhuke sein – paksus sissepoole), seina paksuseks trüki muutuval tööriistaribal 5 mm ning vajuta klahvile **Enter** (vt joonis 11-110a).



Joonis 11-110. Mudeli õhukeseseinaliseks tegemine: a – seadistuse tegemine muutuval tööriistaribal ühtlase 5 mm paksusega, otsast avatud mudeli valmistamiseks; b – toorik on muudetud ühtlase seinapaksusega mudeliks (koorikuks), ajaloo puus on näha mudeli valmistamisel kasutatud tööriistad



15. Nüüd aktiveeri muutuval tööriistaribal ikoon **Thin Wall - Open Faces** (õhuke sein – avatud pinnad), valikukasti muutuval tööriistaribal tekib vaikimisi **Select: Chain** (ahel). Klõpsa pinali mudeli tasapinnalisel otspinnal (vt joonis 11-110a). Seejärel klõpsa muutuval tööriistaribal **Accept** (nõus) või vajuta klahvile **Enter** ning vali muutuval tööriistaribal **Preview** (eelvaade). Lõpetuseks vajuta **Finish** (lõpeta). Tulemuseks on ühesuguse seinapaksusega ühest otsast avatud mudel (vt joonis 11-110b).




Lisa mudeli avatud otspinna välisservale riskülikukujulise väljaulatusega tapp, modelleerides selle tööriistaga **Lip** **Lip 1**

Joonis 11-111. Ekraanipildi fragment. Peidetud tööriista **Lip** avamine ja aktiveerimine

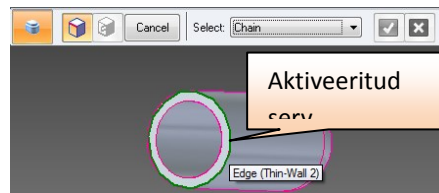
(huul, serv). Nimetatud tööriistaga saab materjali nii lisada kui ka eemaldada.

16. Vii kursor saki *Home* alt grupist *Solids* (tahke keha) ikooni  ees olevale mustale kolmnurgale ja klõpsa sellel. Seejärel avaneb rippmenüü. Vali sealt tööriist  ja aktiveeri see. **Selle tööriistaga saab lisada ristkülikukujulisi väljaulatuvaid servi või töödelda selliseid sisselõikeid, eemaldades materjali mudeli servadelt** (vt joonis 11-111).

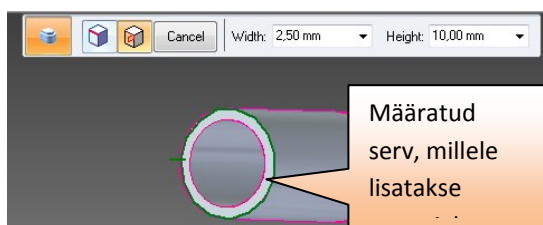
17. Vii kursor avatud pinna välimisele servale ja klõpsa vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-112). Sellega oled määranud serva, millele lisatakse materjali. Edasi klõpsa muutaval tööriistaribal

aktiivseks muutunud nupul  *Accept* (nõus).

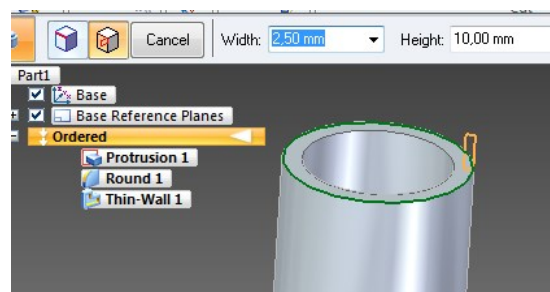
18. Muutuva tööriistariba valikukastidesse trüki ristküliku laiuseks (*Width*) 2,5 mm, kõrguseks (*Height*) 10 mm ja vajuta *Enter* (vt joonis 11-113).



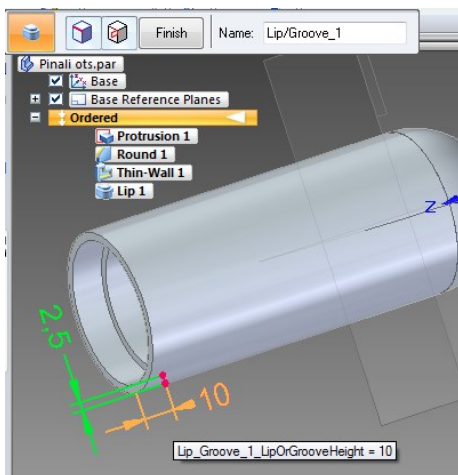
Joonis 11-112. Aktiveeritud on tööriist *Lip* ja mudeli serv, millele on vaja lisada materjali (tapp)



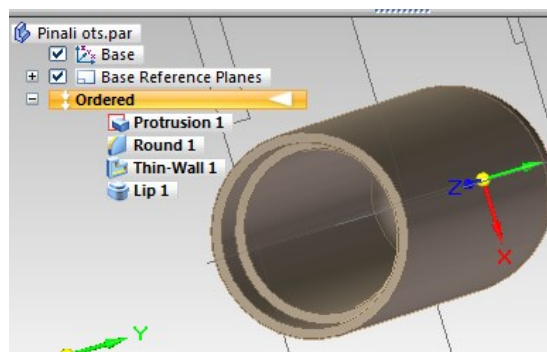
Joonis 11-113. Ristkülikukujulise serva mõõtmete määramine materjali lisamiseks



Joonis 11-114. Ekraanipildi fragment. Serva (*Lip*) skits on paigutatud mudeli otspinnal õigesse asendisse



Joonis 11-115. Ekraanipildi fragment mudeli virtuaalse elemendiga *Lip* (mõõtmetega 10 x 2,5)

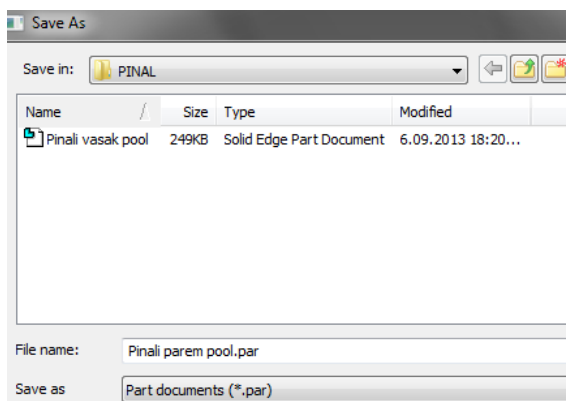


Joonis 11-116. Detaili virtuaalne mudel, mille materjal on tamm. Ajaloopuus on näha detaili mudeli valmistamisel kasutatud tööriistad

19. Kursoriga suunates määra väljaulatuva serva ristkülikukujulisele skitsile õige asend, liigutades kursorit ümber aktiveeritud serva. Skitsi fikseerimiseks klõpsa vasakule hiireklahvile (vt joonis 11-114).

20. Kui lisatava elemendi geometria on õiges kohas ja mõõtmed õiged, siis klõpsa lõpetuseks nupul *Finish*. Mõõtmed kaovad ja äsja modelleeritud detaili element *Lip* (huul, serv) on lisatud mudelile (vt joonis 11-115).

21. Lisa mudelile materjal, et saada teada tulevase detaili kaal, selleks vali tööriistapaneeli saki *Inspect* (kontrolli) alt grupist *Physical Properties* (füüsikalised omadused) *Properties* (omadused). Detaili mudeli materjali ja kaalu määramist on kirjeldatud peatüki 11.5 punktides 16–19 (vt ka joonis 11-55). Aktiveeri tööriist ja vali materjaliks tamm. Tulevase detaili kaal on 0,055 kg. Detaili virtuaalne mudel koos määratud materjaliga on näidatud joonisel 11-116.



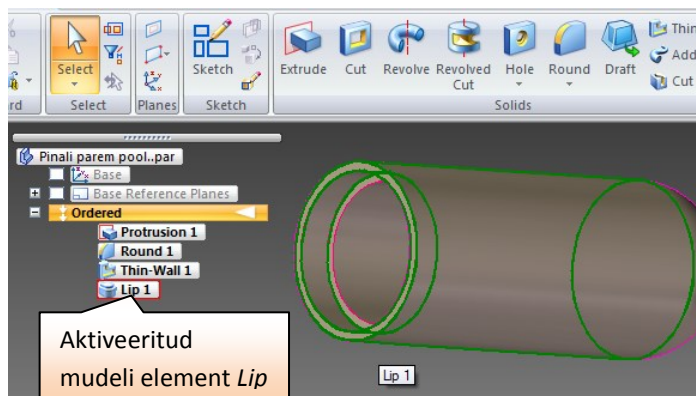
Joonis 11-117. Olemasoleva faili salvestamine uue nimega „Pinali parem pool“

22. Loo pinali jaoks uus alamkataloog. Selleks vali rakenduste nupu alt ( Application Button) *Save As*, lisa käsunupp *Create New Folder* (loo uus kataloog) kasutades uus alamkataloog „Pinal“, ava see ja salvesta sinna tehtud pinalipoole virtuaalne 3D-mudel nimega „Pinali vasak pool“.

Pinali teise poole tegemiseks salvesta see mudel teist korda uue failina nimega „Pinali parem pool“.

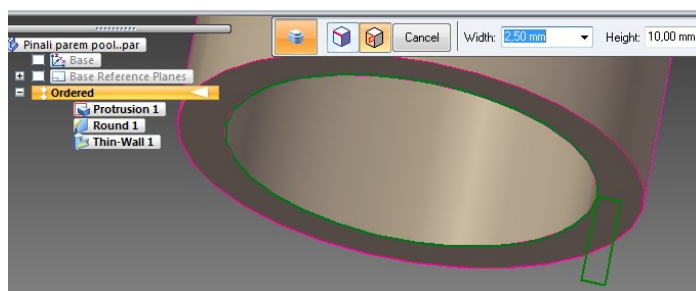
23. Rakenduste nupu alt ( Application Button) vali *Save As* ja anna failile samas alamkataloogis uus nimi „Pinali parem pool“ (vt joonis 11-117). Nüüd on ühest mudelist salvestatud kaks faili. Uut mudeli valmistamise keskkonda ei ole vaja avada.

24. Aktiveeri tööriist *Select*. Vii kursor ajaloopuus lipikule *Lip 1* ja aktiveeri see (vt joonis 11-118). Käsuga *Delete* (kustuta) eemalda nimetatud element (*Lip 1*).



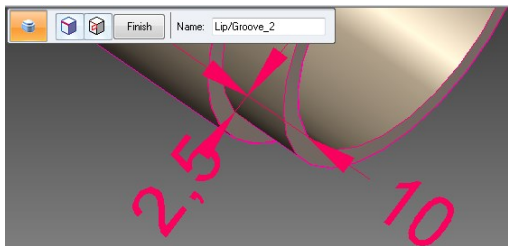
Joonis 11-118. Uue nimega salvestatud eelmine mudel uues failis. Aktiveeritud on mudeli element *Lip*, et seda eemaldada

25. Lisa uus väljaulatuv serv pinali otsale, aga nüüd sisemisele servale. Tööriista *Thin Wall* (õhuke sein) alt vali *Lip* (huul, serv) ja aktiveeri see. Vii kursor pinali **sisemisele servale** ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Edasi klõpsa muutuval ribal aktiivseks muutunud nupul *Accept* (nõus). Kuna arvutiprogramm jättis eelmise failiga salvestatud *Lip 1* seadistuse meelde ja selle ristlõike geomeetria on sama nagu uuel detailil, siis ei ole vaja seadistust muutuval tööriistaribal muuta. Kui aga seadistus on muutunud, siis lisa laiuseks (*Width*) 2,5 mm ja vajuta *Enter* ning kõrguseks (*Height*) 10 mm ja vajuta *Enter* (vt joonis 11-119).

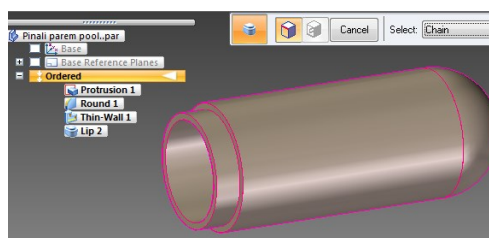


Joonis 11-119. Ekraanipildi fragment. Tööriistaga *Lip* lisatava elemendi ristlõike geomeetria on positioneeritud sisemisele servale õigesse asendisse. Muutuval ribal on riskülikku mõõtmed 2,5 x 10 mm

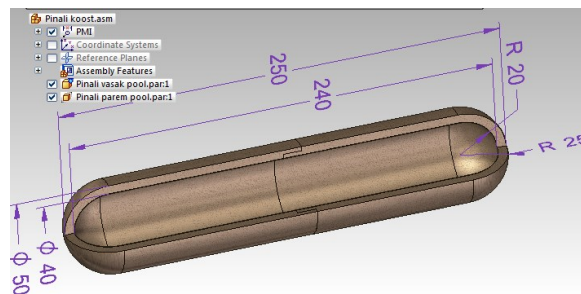
26. Liigutades kursorit ümber aktiivse serva, aseta ristkülikukujuline skits õigesse asendisse ja klõpsa vasakule hiireklahvile (vt joonis 11-119 ja 11-120). Mudelile tekib uus element koos mõõtmetega. Lõpetuseks klõpsa nupul **Finish** ja mõõtmed kaovad (vt joonised 11-120 ja 11-121).




Joonis 11-120. Ekraanipildi fragment, kus pinali otspinna sisemisele servale on lisatud väljaulatuv serv. Elemendi ristlõike geomeetria on kirjeldatud mõõtmetega



Joonis 11-121. Pinali parema poole virtuaalne 3D-mudel. Sellel detailil on tapp sisemisel serval




Joonis 11-122. Pinali mudel koos veerandi väljalõikega ja oluliste mõõtmetega

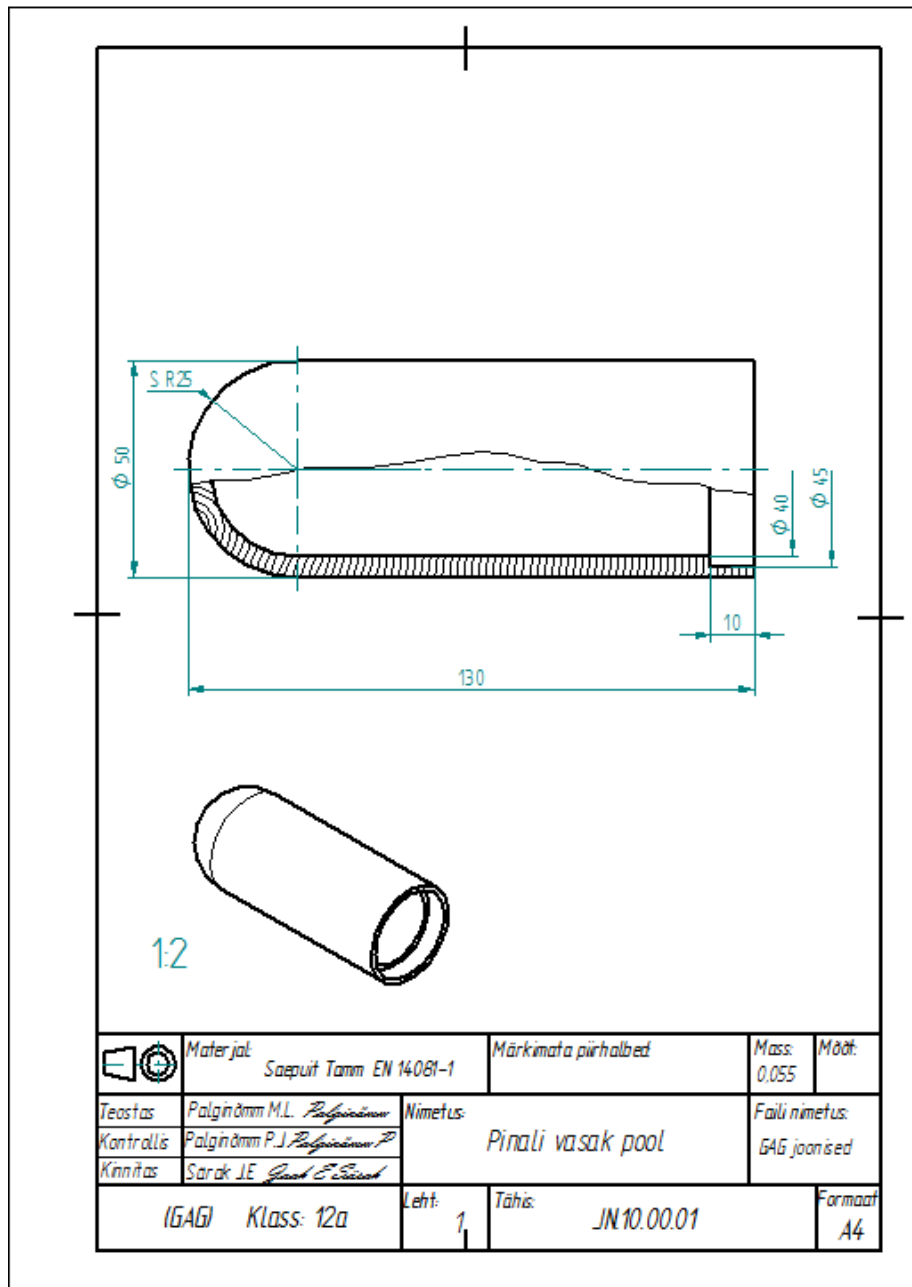
Kaalu määramist on kirjeldatud peatüki 11.5 punktides 16–19. Salvesta mudelil tehtud muudatused, klõpsates nupul  Save.

28. Koostamiskeskonnas pane pinali pooled kokku. Koostamist ja koostust joonise tegemist on üksikasjalikult kirjeldatud peatükis 12 (vt joonis 11-122).

## 11.10.2. Pinalipoolte 2D-jooniste valmistamine

Kuna jooniste tegemist on mitmes eelnevas peatükis põhjalikult kirjeldatud (vt ptk 11.6), on siin käsitletud seda teemat vaid põgusalt. Järgenvolt vaadatakse, kuidas teha kohtlõiget. Pinalipoolte tööjoonised on esitatud joonistel 11-123 ja 11-125.

1. Kui peakujutis on paigutatud jooniseväljale, vali sisemiste kontuuride näitamiseks grupist *Drawing Views* (joonise vaated)  Broken-Out (kohtlõige) ja aktiveeri see. Vii kursor peakujutisele, kui kujutis on muutunud aktiivseks (muutnud värvi) ja klõpsa vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-124a).



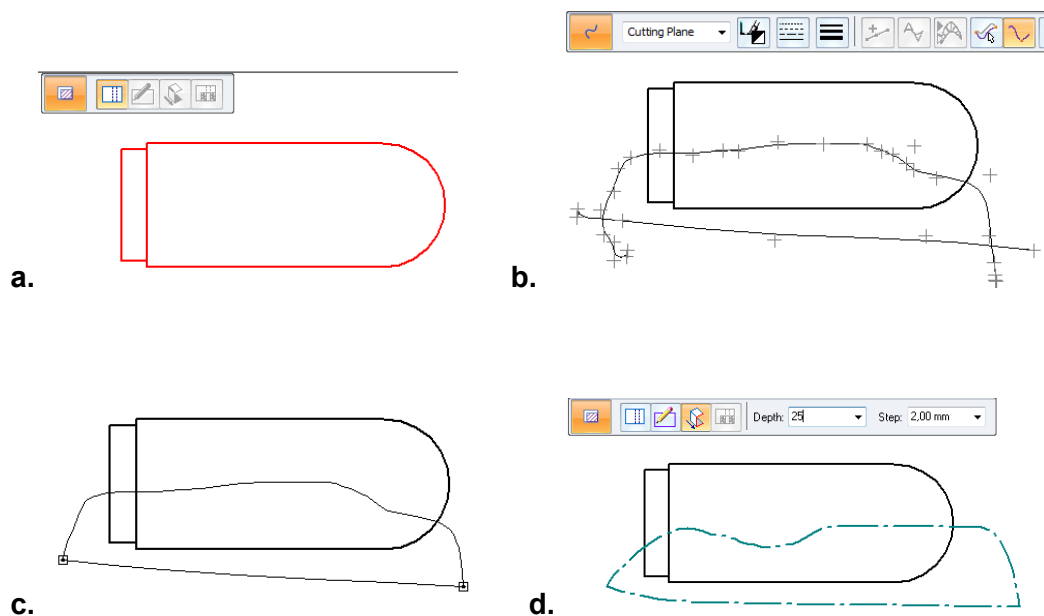
Joonis11-123. Pinali vasaku poole tööjoonis, kus tsentreeriv serv on välimisel serval, detaili siseehitus on näidatud kohtlõike abil


2. Peatööriistaribalt grupist *Draw* (joonest) vali käsk ja piira kohtlõike osa kitsa vabakäejoonega. Kinnise kontuuri saamiseks tõmba teine joon üle vabakäejoonte otste (vt joonis 11-124b).

VAATE JA LÕIKE ERALDUSJON PEAB KOOSNEMA KAHEST JOONEST, ET SELLE SAAKS VABAKÄEJOONT ÜLEULATUVATE OTSTE KUSTUTAMISEGA MUUTA KINNISEKS KONTOURIKS (VT JOONIS 11-124).

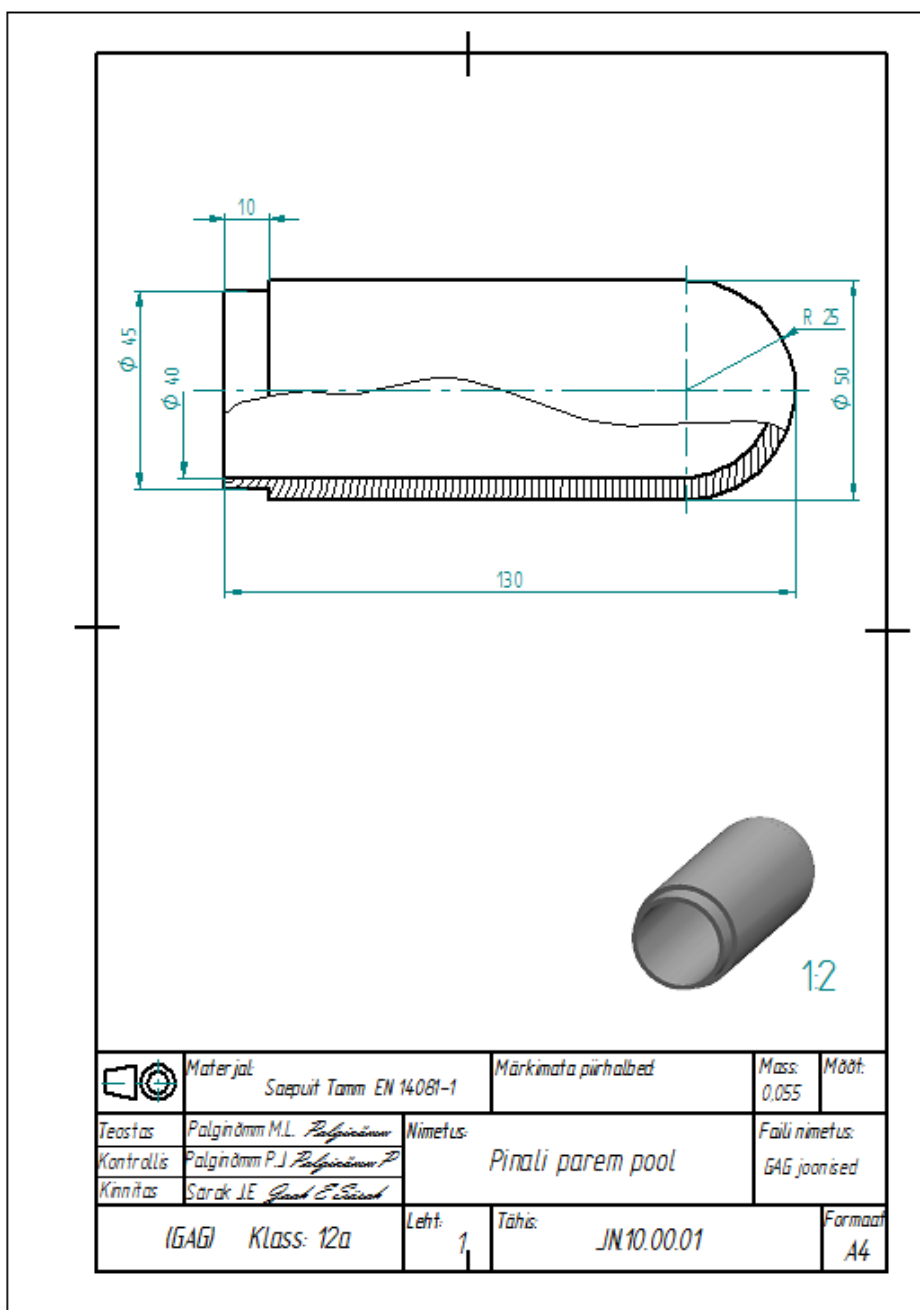
3. Käsuga *Trim* kustuta joonte üleulatuvad otsad, siis jooneotsad ühenduvad (vt joonis 11-124c).





Joonis 11-124. Kohtlõike genereerimise protsess etappide kaupa: a – pärast tööriista *Broken-Out* aktiveerimist on kursor viidud kujutisele, kujutise värv on muutunud; b – peatööriistaribal grupist *Draw* (joonesta) on valitud käsk  ning tõmmatud lõike ja vaate eraldusjoon **NB!!! Joonel ei tohi olla sees sõlmesid**; c – tööriistaga *Trim* on kustutatud joonte üleulatuvad otsad (**NB! Kontuur peab olema kinnine**) ning skits suletud sulgemisnupuga; d – muutuval tööriistaribal on trükitud väljalõike sügavus (*Depth*) 25 mm, mis on pool pinali


4. Klõpsa ikoonil *Close Broken Out Section* . Nüüd muutub tööriistariba, kus saab määrata kohtlõike sügavuse. Trüki selleks 25 mm ja vajuta *Enter* (vt joonis 11-124d). Lõiketapind peab läbima pinali telge (pool diameetrit).
5. Lõpetuseks vii kursor kujutisele. Kui kujutis muutis värvi, siis klõpsa vasakule hiireklahvile. Kohtlõige eraldatakse joonisel vaatest kitsa vabakäejoonega (vt joonis 11-125).



Joonis 11-125. Pinali parema poole tööjoonis, kus tsentreeriv serv on sisemisel serval, detaili siseehitus on näidatud kohtlõike abil

### 11.11. Pöördkehade valmistamine tööriistaga Revolve (pöörlema)


Järgnevas peatükis on kirjeldatud, kuidas saab valmistada pöördkehakujuliste detailide 3D-

mudeleid. Konkreetsete näidete varal on selgitatud tööriista *Revolve*  (pöörlema) kasutamist lihtsate pöördkehade 3D-mudelite valmistamisel. Selle tööriista kasutamine meenutab mingil määral detaili treimise tehnoloogilist protsessi treipingil. Esmalt on tehtud lihtsa sfäärilise nupu (käigukangi nupu) 3D-mudel, millele on lisatud faasitud sisekeermega ava (vt joonis 11-138). Teiseks detailiks on valitud veidi keerukama profiiliga munapeekri 3D-mudeli valmistamine (vt joonis 11-146).




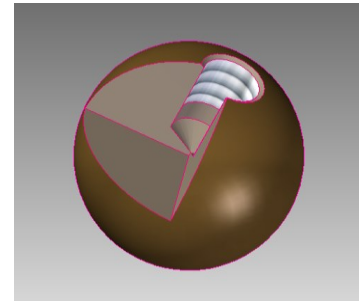
### 11.11.1. Lihtsa sfäärilise käigukangi nupu 3D-mudeli valmistamine

Ava rakenduste nupu  (*Application Button*) alt uus 3D-mudeli valmistamise keskkond

**ISO Part**. Pärast keskkonna avamist aktiveeri grupist *Solids* tööriist  (*Revolve*) (pöörlema). Vali töölaual projektsioonipind, aktiveeri see, joonest valitud pinnale pool nupu kontuurist ja määra pöörlemistelg.






**NB! Kontuur peab olema kinnine ja üks joon selles kinnises kontuuris on pöörlemistelg.**

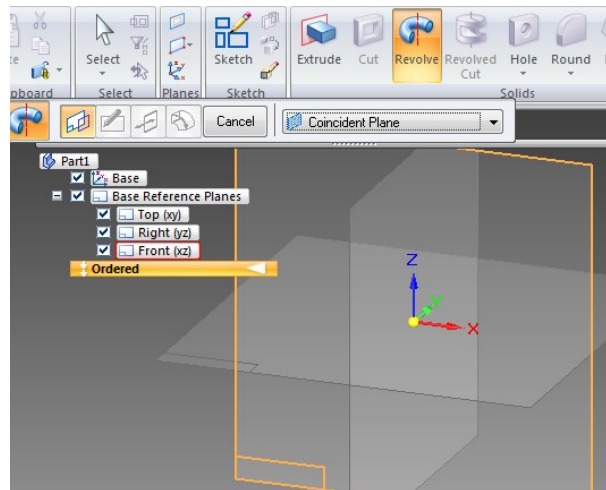
Muutuval tööriistaribal näita, et kontuur pöörleb ümber telje 360° või klõpsa kahel kontsentrilise ringjoone kujutisega ikoonil  *Revolves the feature 360°* ja lõpeta tegevus. Seejärel on sfäär valmis. Lisa sfäärile sisekeermega ava ja faas (vt joonis 11-126). Käigukangi nupu mõõtmed on näidatud joonisel 11-138.



Joonis 11-126. Käigukangi nupp 1/8 väljalõikega

Järgnevalt on kirjeldatud käigukangi nupu 3D-mudeli valmistamise ühte võimalikku varianti.

1. Ava programm *Solid Edge*, seejärel vali keskkondade valiku lahtrist **Create** (looma, tekitama)  **ISO Part** (ISO standardite järgi detaili 3D-mudelite valmistamise keskkond, vt joonised 11-2 ja 11-3).
2. Kui eelnevalt on avatud 2D-projekteerimiskeskond või 3D-mudeli valmistamise keskkond, toimi järgmiselt: rakenduste nupu  (*Application Button*) alt klõpsa käsunupule *New* (uus) ja vali sealt  **ISO Part** (vt joonised 11-3 ja 11-4). Kui avanes sünkroontehnoloogia, muuda see tavatehnoloogiaks. Seda on peatükis 11.2 üksikasjalikult kirjeldatud.
3. Kohanda *Part1* keskkond mudeli valmistamiseks. Seda on kirjeldatud üksikasjalikult peatükis 11.3. Aktiveeri töölaual projektsioonipinnad  **Base Reference Planes**. Nüüd ilmuvad töölauale projektsioonipinnad, mida saad skitseerimisel kasutada.
4. Aktiveeri  pöörkehade valmistamise tööriist *Revolve* (pöörlema). Selleks vii kursor nimetatud ikoonile ja klõpsa seal vasakule hiireklahvile (vt joonis 11-127). Seejärel avaneb muutuv tööriistariba





Joonis 11-127. Aktiveeritud on tööriist *Revolve* (pöörlema) ja valitud on projektsioonipind




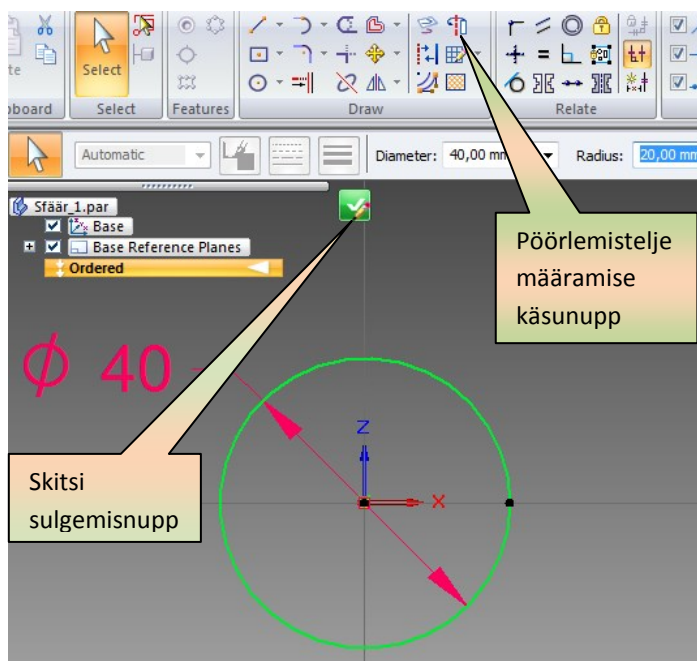
5. Muutuval tööriistaribal on pindade valikutes vaikimisi aktiivne *Coincident Plane* (kokkulangev pind). Vali pöördepinna kontuuri joonestamiseks projektsioonipind ja klõpsa sellel pinnal vasaku hiireklahviga (vt joonis 11-127). Peatööriistariba muutub, ilmuvad

skitseerimise tööriistad. Aktiveeritud pind pöördub töölauale ja nüüd on võimalik joonestada pöördkeha moodustaja eskiisi.

6. Selleks, et joonestamisel mõõtmeid automaatselt näidata, aktiveeri automaatsete mõõtmete tööriist  **Auto-Dimension** grupist **Dimension** (mõõtmed).

7. Aktiveeri ringjoone joonestamise tööriist  **Circle by Center Point** (ringjoon keskpunkti järgi). Tekkinud muutuva tööriistariba diameetri lahtrisse trüki 40 mm, vajuta **Enter** ning paiguta ringjoon ekraani keskel koordinaattelgede alguspunkti (vt joonis 11-128). Sellega on pandud paika ringjoone skitsi ja **Auto-Dimension** näitab selle läbimõõtu. Mõõtme puudumisel võib ringjoone läbimõõd konstrueerimise käigus muutuda (vt joonis 11-128).


8. Aktiveeri joonestamise tööriist  **Line** (joon). Jaga ringjoon sirglõiguga pooleks piki x-telge, tõmmates sirglõigu ringjoone diameetritele mööda x-telge ühest ringjoone küljest teiseni (vt joonis 11-129a). Sellega on ringjoon jagatud kaheks võrdseks osaks.



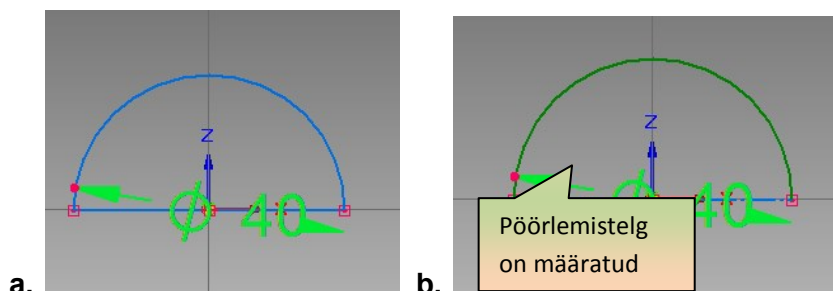
Joonis 11-128. Töölauale on konstrueeritud ringjoone ( $\varnothing 40$  mm) skits

**NB! Jälgi, et sirgjoone otsad ei ulatuks üle ringjoone ja oleksid sellega ühendatud.**


9. Kustuta tööriistaga  **Trim** ringjoone alumine pool (vt joonis 11-129a).

10. Aktiveeri pöörlemistelje määramise tööriist  **Axis of Revolution** (vt joonis 11-128). Pöördkeha tegemiseks määra ringjoont poolitanud sirge hiireklõpsu abil pöörlemisteljeks (kriipspunkt-laijoon).


Vt selle kohta joonis 11-129b.



Joonis 11-129. Pöördkeha kontuuri skitsi joonestamine: a – poolringjoone ( $\varnothing 40$  mm) otsad on ühendatud sirglõiguga; b – pöörlemistelje otspunkte ühendav sirglõik on muudetud pöörlemisteljeks (kriipspunkt-laijoon)

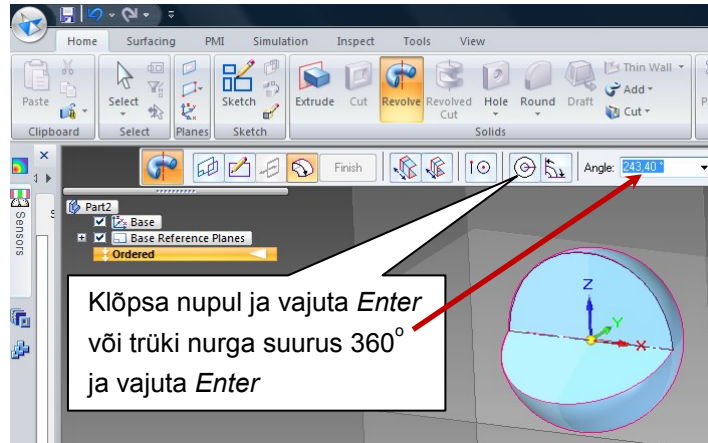
11. Lõpeta skitsi joonestamine. Selleks vii kursor skitsi sulgemisenupu ikoonile  **Close Sketch** ja klõpsa vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-128). Seejärel skitseerimiskeskond sulgub ja avaneb modelleerimiskeskond (vt joonis 11-130).

12. Sfääri modelleerimise lõpetamiseks on kaks võimalust: a) trüki lahtrisse *Angle* (nurk) pöörlemisnurga suurus  $360^\circ$  ja vajuta *Enter* ; b)

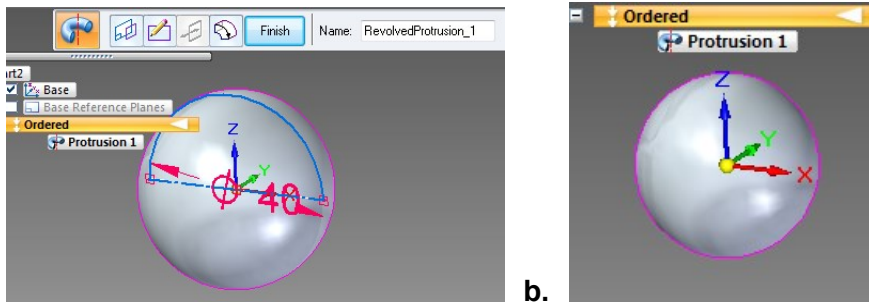
klõpsa ikoonil  **Revolve - Revolve  $360^\circ$**

(pööra  $360^\circ$ , vt joonis 11-130), seejärel on sfääri mudel valmis.


13. Sfääri mudeli valmistamise lõpetamiseks klõpsa nupul *Finish* (vt joonis 11-131a). Mõõtmed kaavad ja sfääri virtuaalse mudeli tegemine on lõpetatud (vt joonis 11-131b). Vastav mäрге on lisatud ajalooopuusse.





Joonis 11-130. Pöörkeha mudelil pöördenurga määramine



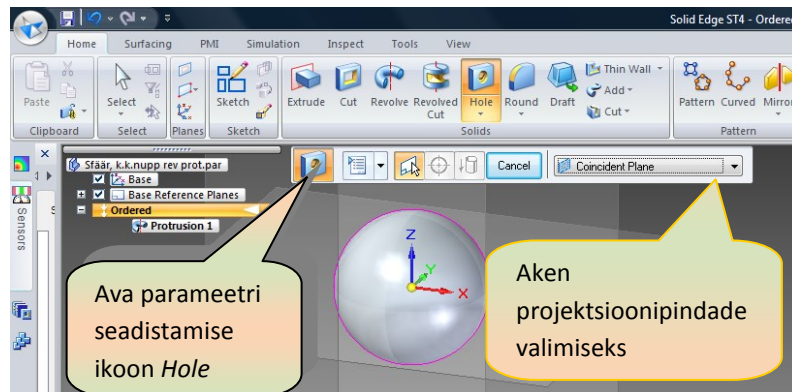
Joonis 11-131. Sfääri mudeli valmistamise lõpetamine: a – pööramise ulatus on määratud  $360^\circ$ , b – sfääri 3D-mudel on valmis

Lõpetuseks tuleb lisada käigukangi nupule sisekeermega M12x1,25 ava ja faas kerme ette. Kerme abil kinnitatakse käigukangi nupp käigukangi külge. Järgnevalt on kirjeldatud, kuidas kasutada sisekeermega ava lisamise tööriista  **Hole** (ava) *Creates a Hole feature in the part.* (loob ava kujutise detailis), **kuidas valida paralleelne tasapind nupu välispinnale**, millele positioneeritakse dialoogiaknas eelnevalt seadistatud keermestatud ava ja tehakse lõpetuseks kerme ette faas.

14. Aktiveeri avade seadistamise tööriist


 **Hole** (ava, vt joonis 11-132). Pärast tööriista aktiveerimist tekib muutuvale tööriistaribale ikoon *Hole Option*  (ava omadused), mille abil on võimalik seadistada erinevaid avasid (vt joonis 11-132).

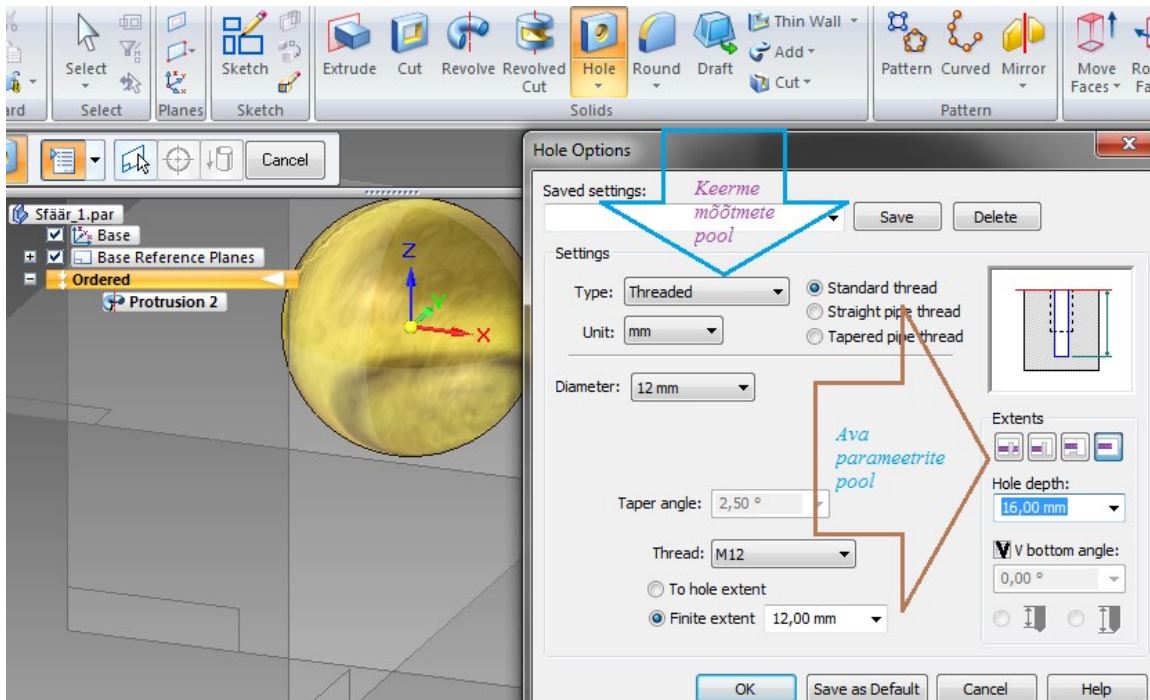
15. Vii kursor ava



Joonis 11-132. Keermestatud ava tegemiseks tööriista *Hole* (ava) aktiveerimine ja projektsioonipinna muutmine




omaduste ikoonile muutuval tööriistaribal  **Hole Options** ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Nüüd avaneb dialoogiaken **Hole Options** (vt joonis 11-133).

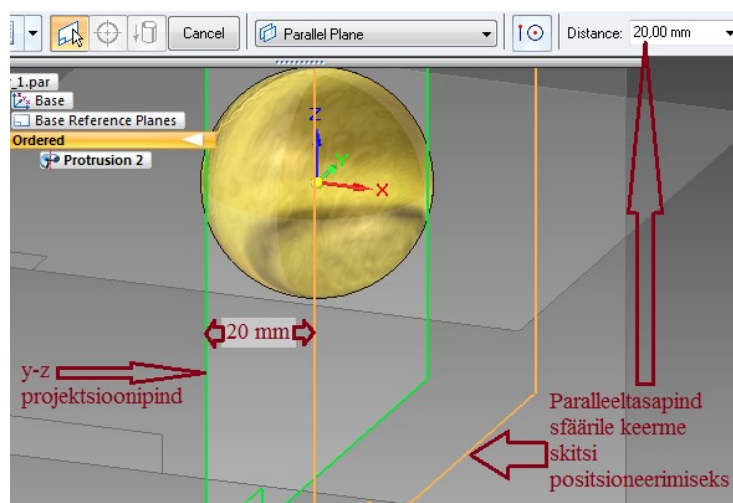


Joonis 11-133. Ekraanipildi fragment, dialoogiaken keermestatud avas keerme mõõtmete ja selle ava sügavuse määramiseks

16. Avade erinevate omaduste dialoogiakna **Hole Options** ekraanipilt võib erineda joonisel 11-133 kujutatust. Seadista keermestatud ava parameetrid dialoogiaknas nii, nagu on näidatud joonisel 11-133: a) **Type: Threaded** (ava tüüp: keermestatud); b)  **Standard thread** (standardkeere); c) **Thread: M12** (keere: M12); d)  **Finite extent 12,00 mm** (keerme ulatus 12,00 mm); e) **Extents Finite Extent** (ulatused: piiratud ulatus); f) **Hole depth: 16,00 mm** (ava sügavus keerme valmistamiseks on 16,00 mm); g) puuri tipunurga kastikesse lisa linnuke  **V bottom angle: 118,00 °**.

17. Lõpetuseks klõpsa nupul **OK**. Nüüd on ava ja keere avas seadistatud ning dialoogiaken kaob.

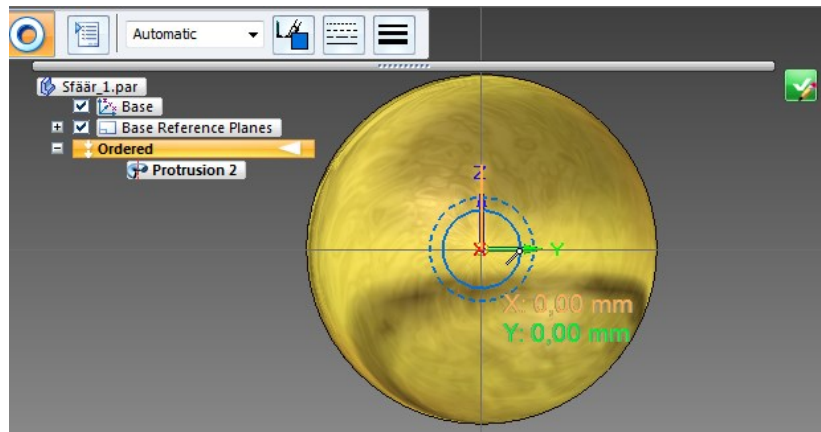
18. **Muutuvalt tööriistaribalt vali ja aktiveeri paralleelne tasapind**  **Parallel Plane** (vt joonis 11-134). Seejärel klõpsa ükskõik millisele projektsioonipinnale töölaual (siin on valitud yz-pind). Lohista pind eemale nii, et kauguse lahtrisse jääks 20 mm (Distance: **20,00 mm**) ja klõpsa vasakule hiireklahvile, või trüki lahtrisse Distance: **20,00 mm** ja vajuta **Enter**. Valitud



Joonis 11-134. Paralleeltasapinna valimine ja yz-projektsioonipinnast 20 mm kaugusele paigutamine

paralleelne tasapind on sfäärile puutujatasapind (vt joonis 11-134).

19. Klõpsa töölaual vasakule hiireklahvile. Sellega on paralleelse tasapinna kaugus valitud pinnast määratud ja see paralleelne tasapind pööratakse töölauale keermeseadistamiseks (vt joonis 11-135).



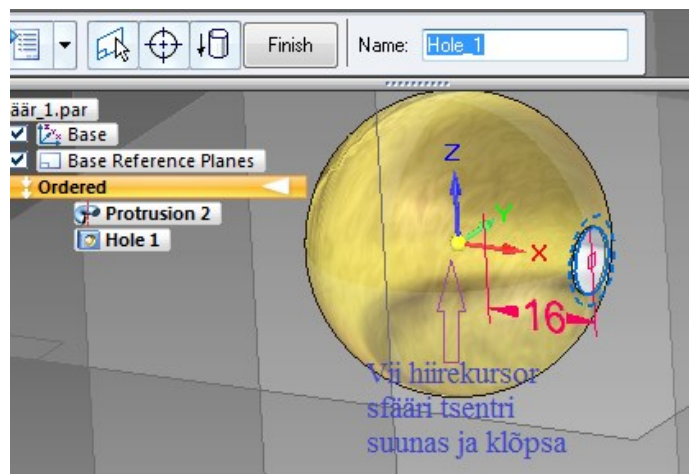
Joonis 11-135. Ava skitsi positsioneerimine yz-paralleeltasapinnale. Tasapind on sfääri tsestrist 20 mm kaugusel

20. Vii kursor koordinaatide keskpunkti ja klõpsa vasakule hiireklahvile. Sellega on paigutatud varem dialoogiaknas seadistatud keermestatud ava skitsi yz-paralleeltasapinnale (vt joonis 11-135).

21. Lõpetuseks sulge skits **Close Sketch**, klõpsates vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-135).

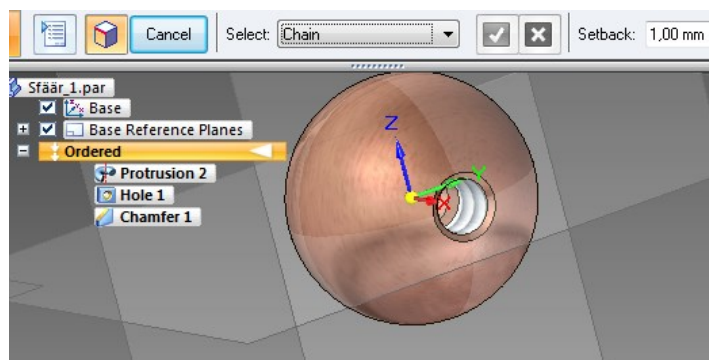
22. Programm läheb tagasi 3D-keskkonda ja küsib mudeli tegijalt, kummale poole skitsi soovitakse seadistatud ava suunata. Vii kursor sfääri tsestrisse ja klõpsa vasakul hiireklahvil (vt joonis 11-136).

23. Programm lisab äsja seadistatud ja õigesse kohta positsioneeritud elemendi mudelile. Lõpetuseks klõpsa nupul **Finish** (vt joonis 11-39). Seejärel mõõtmed kaovad, sfäärile on lisatud keermestatud ava. Vastav märg **Hole 1** on lisatud ajaloo puusse (vt joonis 11-136).



Joonis 11-136. Keermestatud ava suuna määramine mudelil

24. Lisa mudelile keermestatud ava servale tehnoloogiline faas, mille kaatet on 1 mm. Faaside tegemist on eelmistes peatükkides üksikasjalikult selgitatud. Lühidalt toimi järgmiselt: aktiveeri faaside lisamise tööriist **Chamfer**, tekkinud muutuva tööriistariba vastavasse lahtrisse trüki faasi kaateti arv väärtus 1 mm (Setback: 1,00 mm). Vii kursor faasitavale servale ja aktiveeri see, nüüd klõpsa nupul **Accept** või **Enter** ja lõpetuseks vajuta **Finish**. Sellega on faas lisatud (vt joonis 11-137).

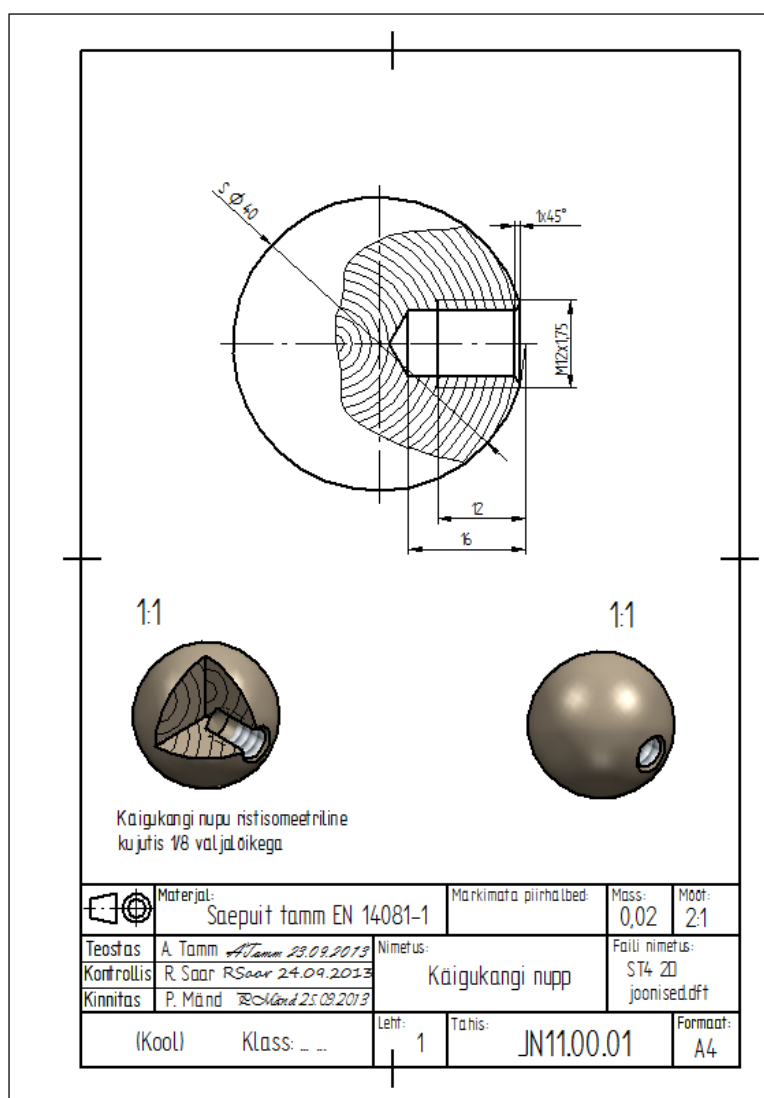


Joonis 11-137. Sfäär keermestatud ava ja faasiga ava servas

25. Edasi tuleks virtuaalsele detailimudelile anda materjal, et saada teada tulevase detaili kaal. Sel juhul lisab programm joonise lõigetele sellele materjalile vastava viirutuse, mudelile aga iseloomuliku värvuse. Materjali ja kaalu määramist on kirjeldatud peatükis 11.5 (vt p 16–19 ja ptk 11.7.1 joonist 11-55).

### 11.11.2. Lihtsa sfäärilise käigukangi 2D-joonise valmistamine

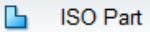
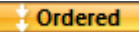
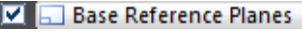




Igasugune disain lõpeb siis, kui mudelist on tehtud joonis. Jooniste tegemist on eelmistes peatükkides üksikasjalikult kirjeldatud (vt ptk 11.6), seetõttu pole seda teemat siin pikemalt käsitletud. Kohtlõike tegemist on põhjalikult kirjeldatud eelmises peatükis (vt ptk 11.10.2 joonis 11-124a, b, c, d). Siinkohal ei ole joonise valmistamist kirjeldatud ja on esitatud vaid käigukangi nupu joonis (vt joonis 11-138).

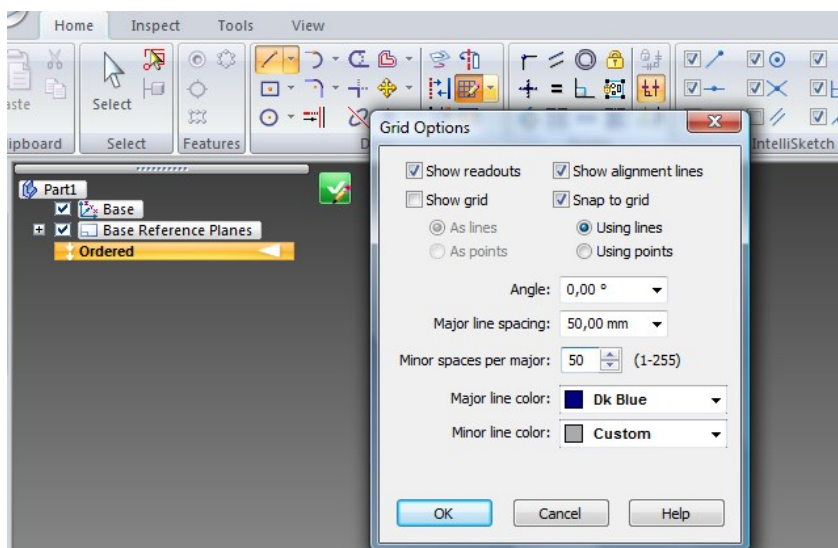


Joonis 11-138. Käigukangi nupu joonis ja ristisomeetriline kujutis koos 1/8 väljalõikega



### 11.11.3. Munapeekri 3D-mudeli valmistamine

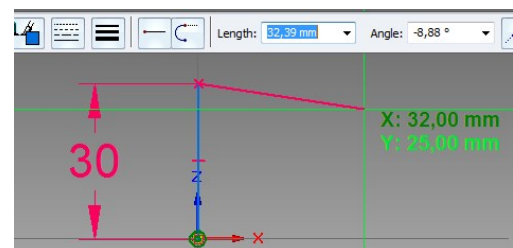
Pöördkeha (*Revolve*) tööriista parema omandamise eesmärgil on selles peatükis kirjeldatud veel ühe veidi keerulisema geomeetriaga pöördkeha virtuaalse mudeli valmistamist. Selleks on munapeeker JN12.00.01, mille mõõtmed on esitatud joonisel 11-146.

1. Esmalt ava uus 3D-detaili modelleerimise keskkond  ja alusta munapeekri valmistamist (mõõtmeid vt jooniselt 11-146). Keskkonna avamist on eelmistes peatükkides põhjalikult kirjeldatud.
2. Kui arvuti on sünkroontehnoloogia režiimis, mine üle tavatehnoloogiale , lisa töölauale projektsioonipinnad . Aktiveeri peatööriistaribalt pöördekehade  valmistamise tööriist ja jälgi, et valitud oleks kokkulangev pind (). 
3. Pöördekoha skitsi joonestamiseks aktiveeri mingi projektsioonipind (siin on valitud xz-pind). Arvutiprogramm siirdub nüüd skitsi joonestamise keskkonda ja pöörab aktiveeritud pinna töölauale skitsi joonestamiseks, ilmuvad ka joonestamise käsunupud (vt joonis 11-139).
4. Kui soovid eskiisi joonestada koordinaatide järgi, oleks otstarbekas teha muudatus dialoogiaknas *Grid Options* (võrgustiku omadused) ja suurendada seal võrgustiku tihedust. Aktiveeri avanenud dialoogiaknas tööriist , trüki selle valikuaknasse **Minor spaces per major:**  (1-255) ja vajuta OK. Nüüd mõõdab arvuti koordinaate ühemillimeetrise intervalliga (vt joonis 11-139).



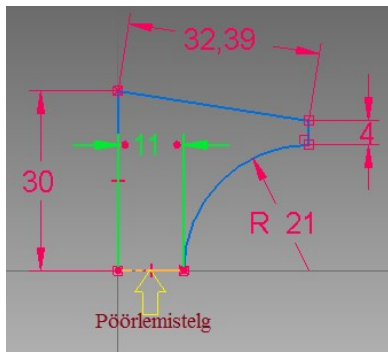
Joonis 11-139. Koordinaatide sammu ja võrgustiku muutmise dialoogiaken *Grid Options* (võrgustiku omadused)

5. Alusta skitseerimist koordinaatide alguspunktist. Vii kursor vertikaalselt üles nii, et  $z = 30$  mm, ja klõpsa hiireklahvile. Edasi vii kursor paremale nii, et  $x = 32$  mm ja  $z = 25$  mm, ning klõpsa hiireklahvile (vt joonis 11-140). Seejärel lohista kursor 4 mm vertikaalsuunas allapoole ( $x = 32$ ;  $z = 21$ ) ja klõpsa hiireklahvil. Vaheta muutuval tööriistaribal skitsi tööriist ja aktiveeri kaar . Muutuval tööriistaribal trüki vastavasse aknasse raadiuse mõõtmed **Radius:**  ja vajuta *Enter*. Kinnita kaare alguspunkt viimati konstrueeritud sirglõigu otspunktiga ja teine ots horisontaaltelje külge. Muuda uuesti tööriista muutuval tööriistaribal, vali  (sirglõik), ühenda kaare otspunkt vertikaalse sirglõigu alguspunktiga nii, et tekiks kinnine kontuur (vt joonis 11-44).

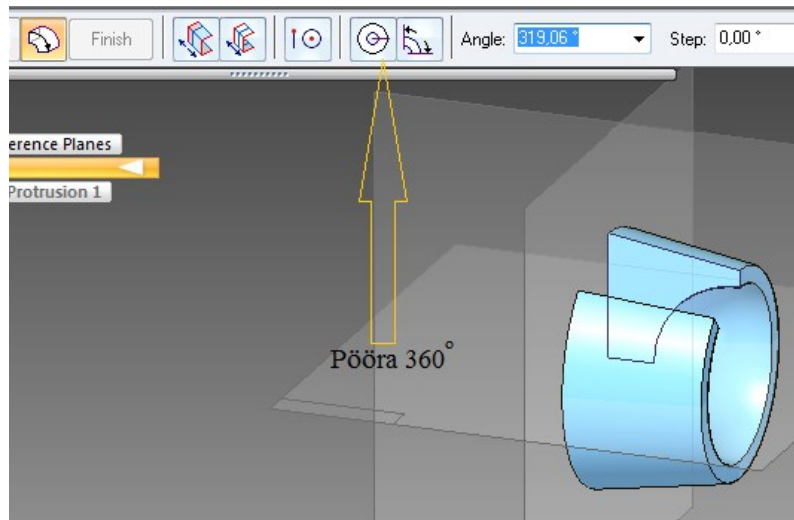


Joonis 11-140. Pöördekoha ristlõike skitsi joonestamine koordinaatide järgi (kaks esimest etappi)





Joonis 11-141. Pöördkeha ristlõike geomeetria skits koos pöördkeha modelleerimise jaoks määratud pöörlemisteljega



Joonis 11-142. Pöördkeha modelleerimise lõpetamine. Pöördkeha moodustaja kontuuri tuleb pöörata 360° ümber pöörlemistelje

6. Edasi määrata pöörlemistelg

**Axis of Revolution**

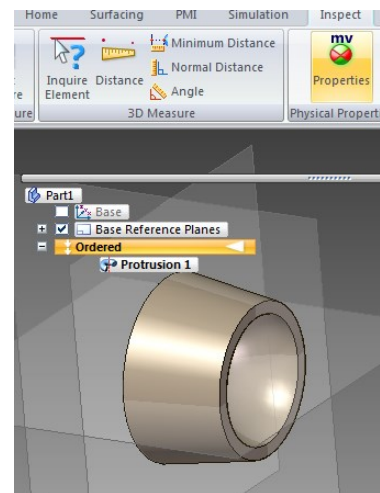
Selleks klõpsa horisontaalteljel olevale skitseeritud 11 mm pikkusel joonel (vt joonis 11-141). Sellega on määratud kontuuri pöörlemistelg ning joon muutub kriipspunkt-laijooneks.

7. Sulge skits, klõpsates sulgemisnupu ikoonil

**Close Sketch**

Seejärel määrata skitsi pöörlemisnurk 360°, klõpsates kas ikoonil **Revolve - Revolve 360°** (pööra 360°) või trüki aknakesse **Angle: 360,00°** ja vajuta **Enter**. Lõpetuseks klõpsa käsunupul **Finish** (vt joonis 11-142).

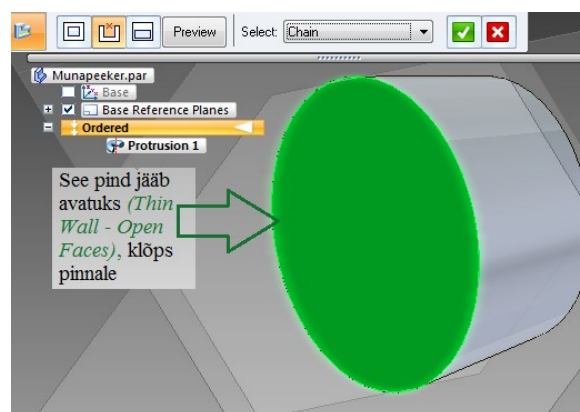
8. Nüüd on pöördkeha mudel valmis (vt joonis 11-143). Kui on soov valmistada munapeekrit koolitöökojas, tuleks mudelile määrata materjal (nt tamm), et saada teada detaili kaal ja teha joonis.





Joonis 11-143. Tööriistaga **Revolve** (pöörlema) valmistatud pöördkeha

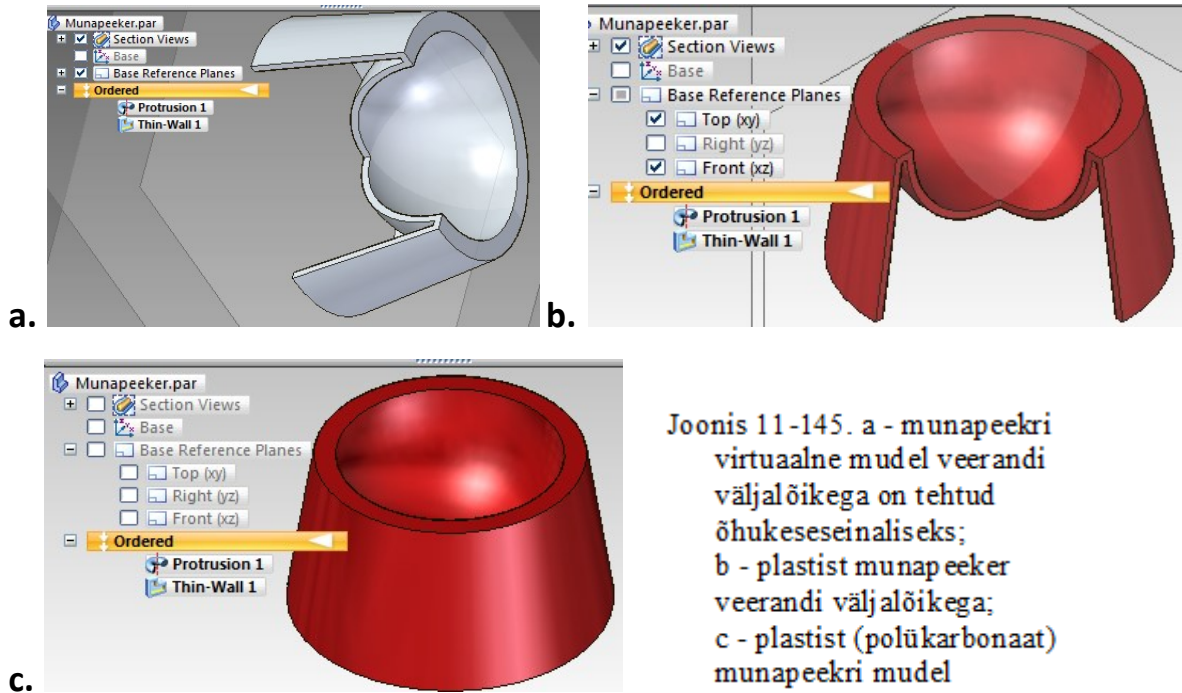
Seitsmekümnendatel aastatel tehes Salvo valmistatud munapeeker oli plastmassist ja koorikukujuline. Selleks, et saada tehes toodetu sarnane munapeeker, tuleks olemasolevast mudelist teha koorikdetalli mudel seinapaksusega 1,5 mm. Selleks saab kasutada modelleerimise tööriista **Thin Wall** (õhuke sein). Õhukese seinaga detailide tegemist on eelmises peatükis põhjalikult kirjeldatud.

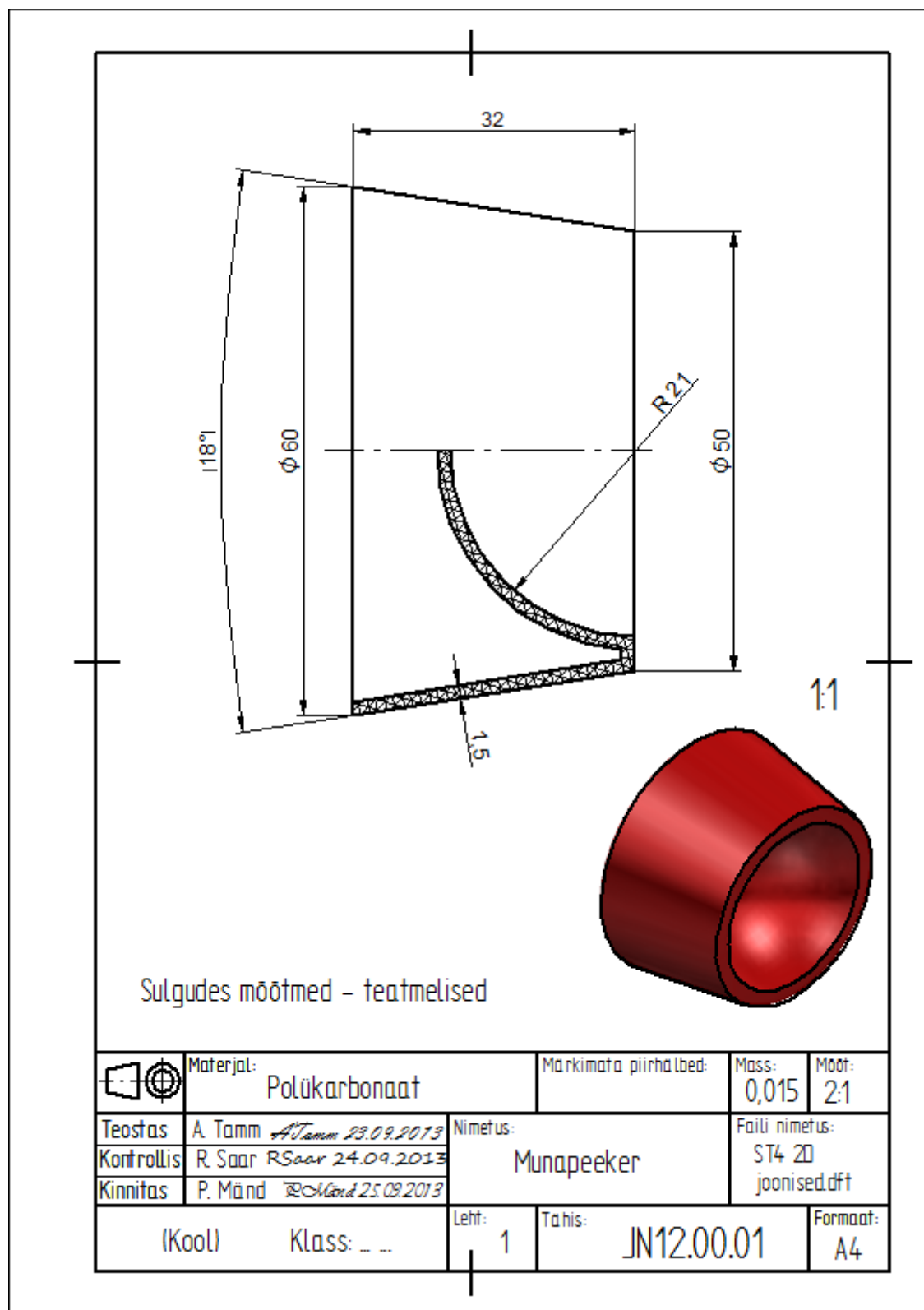
9. Peatööriistaribal grupist **Solids** (tahked kehad) vali **Thin Wall** (õhuke sein) ja aktiveeri see. Tekkinud muutuval tööriistaribal vali **Thin Wall - Common Thickness** (õhuke sein – ühtlane paksus), **Thin Wall - Offset Inside** (õhuke sein – paksus sissepoole), seinapaksuseks trüki 1,5 mm ja vajuta **Enter** (vt joonis 11-47).



Joonis 11-144. Koorikdetalli valmistamiseks seadistuse tegemine, mudeli põhja määramine avatuks

10. Et otspind jääks avatuks, vali  **Thin Wall - Open Faces** (õhuke sein – avatud pinnad) ja vii kursor mudeli tasapinnalisele otspinnale. Kui põhja pind muutub aktiivseks (muudab värvi), klõpsa vasakule hiireklahvile. Edasi klõpsa nupul  - **Accept** või vajuta *Enter*, klõpsa käsunupul **Preview** (eelvaade) ja lõpetuseks vajuta *Finish* (vt joonised 11-144 ja 11-145a).
11. Määra munapeekri materjal. Detailidele materjali määramist on põhjalikumalt kirjeldatud peatüki 11.5 punktides 16–19 (vt ka ptk 11.7 joonis 11-55). Siinkohal on esitatud vaid plastmassist detaili kaal (0,015 kg). Pärast munapeekrile materjali määramist muudab mudeli kujutis värvi (vt joonised 11-145b, c).
12. Mudeli joonis on esitatud ilma joonise tegemist kirjeldamata (vt joonis 11-146).





Joonis 11-146. Munapeekri joonis


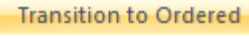
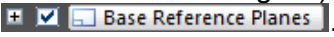


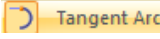
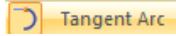
## 11.12. Juhtjoone ja ristlõigete järgi valmistatavad kehad (Swept Protrusions)

Käsuga *Swept Protrusion* (juhtjoone järgi looklev detail) on võimalik valmistada mitmesuguste kõverate, juhtjoonte järgi looklevate detailide 3D-mudeleid. Näitena võib tuua siin vannitoas oleva kuivatustoru (vt joonis 11-147), mille saab valmistada ühe juhtjoone ja ühe ristlõike järgi. Keerukamad on aga mitmesugused erinevate ristlõigete ja sujuvate üleminekutega detailid (vt joonised 11-177 ja 11-178) või ventilatsioonitorud, kus nende 3D-mudelite valmistamiseks on vaja rohkem juhtjooni ja mitut ristlõiget.

Siinses peatükis vaadeldakse, kuidas selle käsu abil valmistatakse kuivatustoru 3D-mudel ja selle tööjoonis.

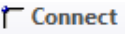

### 11.12.1. Kuivatustoru virtuaalse 3D-mudeli valmistamine

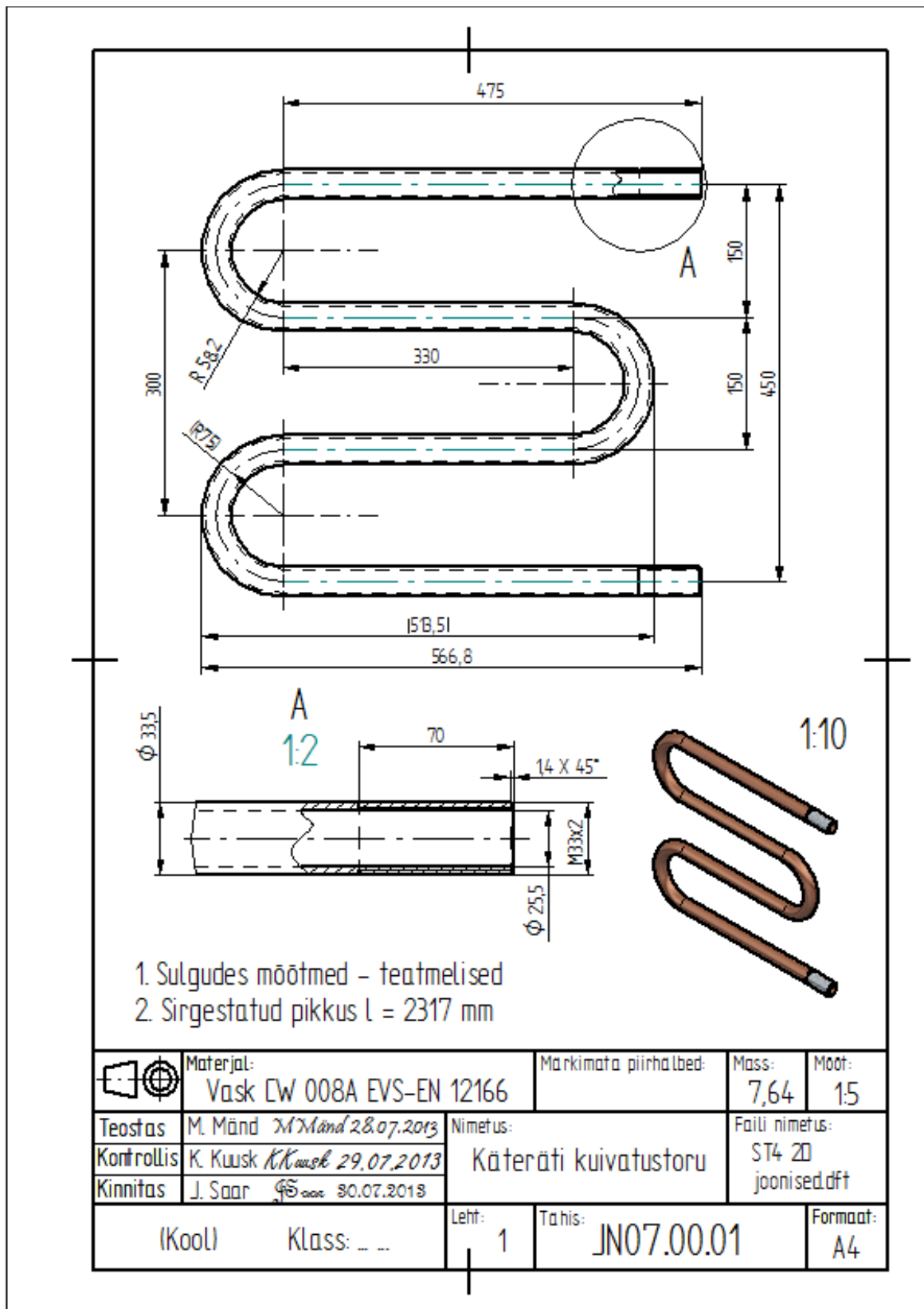
Käsuga *Swept Protrusion* (juhtjoone järgi looklev detail) detailide 3D-mudelite valmistamiseks tehakse ühe juhtjoone ja ühtlase ühe ristlõikega detaili 3D-mudel, mis on esitatud joonisel 11-147 („Kuivatustoru“ tähisega JN07.00.01).

1. Ava programm Solid Edge ST4 ja vali dialoogiaknast  Metric Part . Seejärel avaneb 3D-mudelite valmistamise keskkond, mudelite tegemiseks kasuta sünkroontehnoloogia asemel tavatehnoloogiat, st kui avaneb sünkroontehnoloogiaga keskkond, siis klõpsa ekraanil parema hiireklahviga ja vali avanenud rippmenüüst  (üleminek tavatehnoloogiale).
2. Projektsioonipindade näitamiseks märgi linnuke .
3. Peamenüürealalt saki *Home* alt grupist *Sketch* (eskiis) vali  (eskiis) ja klõpsa esiprojektsioonipinnale (*Front* xz). Sellel pinnal joonest juhtjoone eskiis.
4. Käskudega  (joon) ja  (kaar puutujana) grupist *Draw* (joonest) konstrueeri kuivatustoru juhtjoon. Juhtjoone mõõtmed ja kuju langevad kokku kuivatustoru telje pikkuse ja kujuga (vt joonised 11-147 ja 11-148). Juhtjoone kaarte joonestamiseks (raadius 75 mm) kasuta käsku  (kaar puutujana).

**NB! Joonestamisel jälgi tingimust, et sirglõigud peavad olema kaartega**


**ühendatud ja puutujasuunalised, seda näitab ühenduskohtades märk .**


5. Juhul kui mõnes kohas joonte ühendus puudub, vali joonte ühendamiseks käsk  (ühenda) grupist *Relate* (seos) ja klõpsa vasaku hiireklahviga järgemööda mõlema joone otspunktis. Klõpsa siis, kui kursori kõrvale ilmub märk .



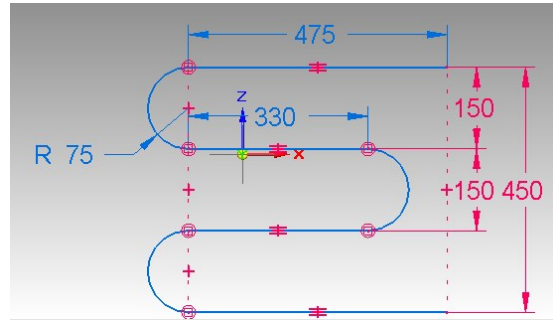
Joonis 11-147. Kuivatustoru joonis

6. Sirglõikude vasakpoolsed otsad peavad olema ühel ja samal vertikaalil, selle kontrolliks ja ka vertikaalile seadmiseks vali grupist *Relate* (seos) käsk

 Horizontal/Vertical

(horisontaalne/vertikaalne) ja klõpsa vasaku hiireklahviga paarikaupa joonte otspunktides. Klõpsa siis, kui kursori kõrvale ilmub märk  (vt joonis 11-147).


- Grupist *Close* (sulge) vali *Close Sketch* (sulge eskiis) ja eskiisi joonestamise lõpetamiseks vajuta muutuval tööriistaribal nuppu *Finish* (lõpeta).
- Vajuta *Save as* (salvesta nimega), anna failile nimi „Kuivatustoru“ ja salvesta see 3D-mudelite kataloogi.
- Kuivatustoru ristlõike eskiisi joonestamiseks vali grupist *Sketch*

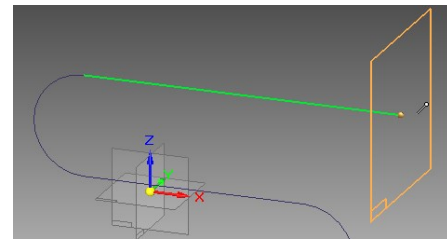


Joonis 11-148. Kuivatustoru juhtjoone joonestamine






(eskiis). Seejärel vali

muutuval tööriistaribal käsu *Coincident Plane* asemel  *Plane Normal To Curve* (kõverjoone ristasapind). Klõpsates vasakut hiireklahvi, vali sirglõik (siin on valitud ülemine lõik). Seejärel tekib kursori juurde tasapind, mis on risti selle sirglõiguga. Joonesta sellele tasapinnale kuivatustoru ristlõikekujutis. Mine kursoriga selle sirglõigu otspunkti ja klõpsa seal, tasapind fikseeritakse selles punktis (vt joonis 11-149).



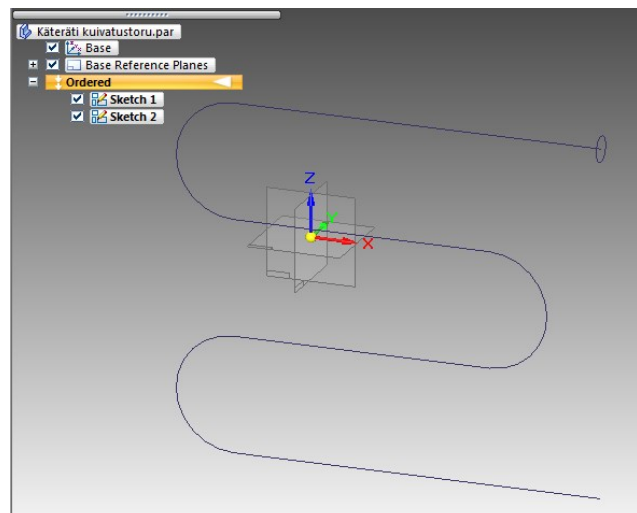
Joonis 11-149. Kuivatustoru ristlõike joonestamiseks tasapinna valik

- Ekraan pöördub ja sirglõigu otspunkti näitab märk . Grupist *Draw* (joonesta) vali  *Circle by Center Point* (ringjoon keskpunkti järgi). Klõpsa sirglõigu



otspunktis märgil  ja joonesta seal ringjoon, mille diameeter on 33,5 mm ja tsenter sirglõigu otspunktis.

- Grupist *Close* (sulge) vali *Close Sketch* (sulge eskiis). Eskiisi joonestamise lõpetamiseks vajuta *Finish* (lõpeta) muutuval tööriistaribal.
- Save* (salvesta).

Kuivatustoru juhtjoon selle telje järgi ja ristlõige toru välisläbimõõdu järgi on joonestatud ning servaribale on kirja pandud kaks märget: *Sketch 1* ja *Sketch 2* (vt joonis 11-150).



Joonis 11-150. Kuivatustoru juhtjoone ja selle ristlõike eskiisid. Servaribal on esitatud eskiiside kohta märged

- Vali grupist *Solids* (tahked kehad) käsk  *Add* (lisa). Seejärel ilmub rippmenüü, kust vali  *Sweep* (looge). Nüüd ilmub dialoogiaken *Sweep Options* (looke omadused), kus märgi valikud, nagu on näidatud joonisel 11-151. Klõpsa nupul OK.



14. Ilmub

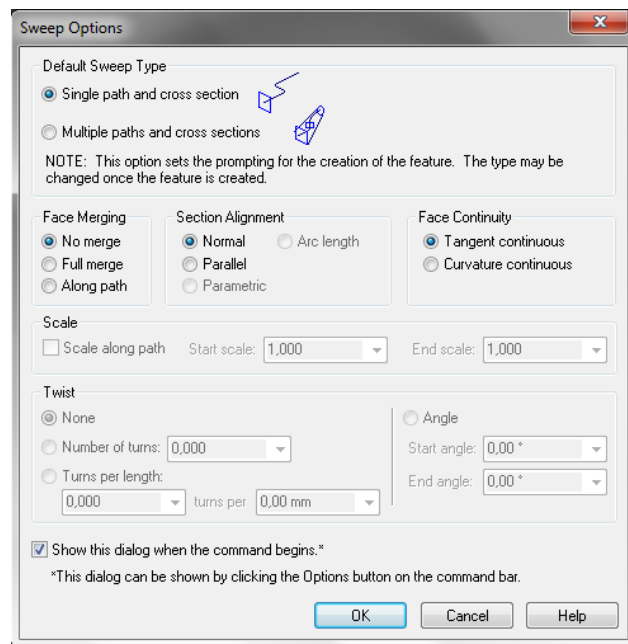
muutuval

tööriistariba



, kus tuleb

tähelepanu pöörata märgitud valikutele: aktiivne on juhtjoone aken, märgitud on *Select from Sketch/Part Edges* (vali eskiisist / detaili servad), valitud on *Chain* (ahel, kett). Klõpsa juhtjoonel.



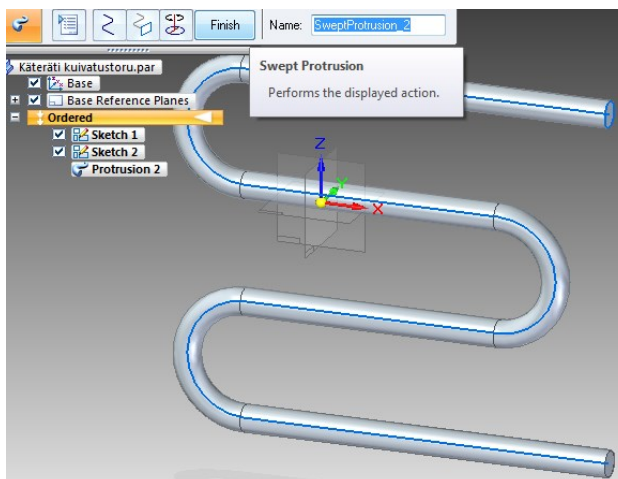
15. Vajuta *Accept* (nõus) või *Enter*.

16. Muutuval tööriistaribal on nüüd aktiivne *Sweep Protrusion – Cross Section Step* (juhtjoone järgi lookeline detail – ristlõike aste), klõpsa ristlõike ringjoonele eskiisil.

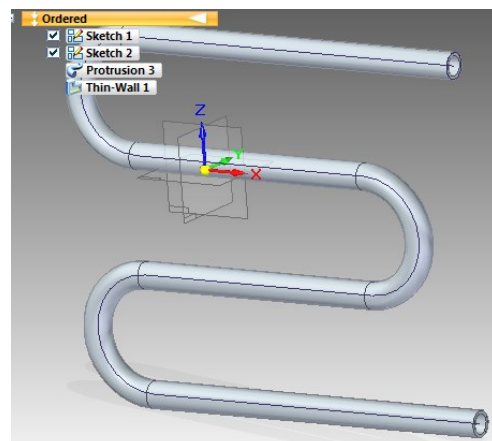
17. Vajuta muutuval tööriistaribal *Finish* (lõpeta). Nüüd on kuivatustoru täismaterjalist kontuur valmis (vt joonis 11-152).

18. *Save* (salvesta).

Joonis 11-151. Dialoogiaknas on looke omaduste valik märgitud punktikestega



Joonis 11-152. Kuivatustoru täismaterjalist kontuur koos servaribaga






Joonis 11-153. Valminud on kuivatustoru 3D-mudel õhukeseseinalise toruna

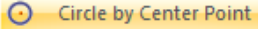
19. Toru on seest tühi, sisemine diameeter on 25,5 mm. Grupist *Solids* (tahked kehad) vali *Thin Wall* (õhuke sein). Muutuval tööriistaribal vali *Thin Wall - Common Thickness* (õhuke sein – ühtlane paksus), *Thin Wall - Offset Inside* (õhuke sein – paksus sissepoole) ja märgi seina paksuseks *Common thickness: 4,00 mm*. Vajuta klahvile *Enter*.

20. Muutuval tööriistaribal on nüüd aktiveerunud *Thin Wall - Open Faces* (õhuke sein – avatud pinnad) ja valikukastis on *Select: Chain* (ahel, kett). Klõpsa mõlemale otspinnale. Seejärel vajuta kas *Accept* (nõus) muutuval tööriistaribal või klahvile *Enter*. Vajuta *Preview* (eelvaade) muutuval tööriistaribal või klahvile *Enter*. Lõpetuseks vajuta *Finish* (lõpeta) muutuval tööriistaribal või klahvile *Enter* (vt joonis 11-153).



21. *Save* (salvesta).

Toruotsad on keermestatud 70 mm pikkuselt väliskeermega M33x2, kuid toru välisläbimõõt on 0,5 mm keeme välisläbimõõdust suurem. Et arvuti teeks toruotsale keeme, peab toru läbimõõd on olema võrdne keeme läbimõõduga.

22. Grupist *Solids* (tahked kehad) vali  **Cut** (lõika), muutuval tööriistaribal märgi kas  **Coincident Plane** (kokkulangev pind) või  **Feature's Plane** (keha pind) ja klõpsa toru otspinnale. Seejärel pöördub ekraanipind nii, et on näha toru otspind.



23. Grupist *Draw* vali  **Circle by Center Point** (ringjoon keskpunkti järgi) ja joonesta toru otspinnale tsentriga toru keskel kaks kontsentrilist ringjoont, kus ühe ringjoone diameeter on 33 mm, teise diameeter aga toru diameetrist suurem (siin 36 mm, vt joonis 11-154).


Seejärel klõpsa grupis *Close* käsul  (sulge eskiis).

Muutuval tööriistaribal jälgi, et aktiivsed oleksid  **Cut - Extent Step** (lõika – ulatuse etapp),  **Cut - Finite Extent** (lõika – lõplik ulatus), kirjuta

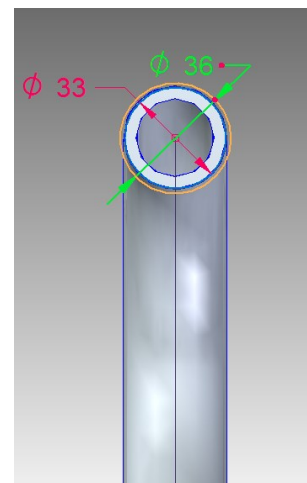
aknakesse **Distance: 70,00 mm** ja vajuta klahvile *Enter*. Klõpsa torule lõikesuuna näitamiseks, lõpetuseks vajuta kas *Finish* (lõpeta) muutuval tööriistaribal või klahvil *Enter* (vt joonis 11-155).

24. Grupist *Solids* (tahked kehad) vali  **Thread** (keere), mis on käsunupu all *Hole* (ava). Ilmunud dialoogiaknas vali  **Straight** (sirge) ja klõpsa OK.

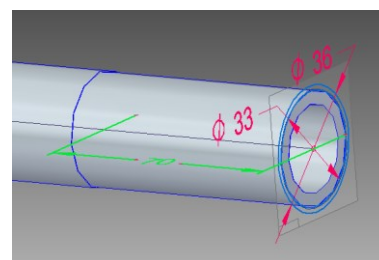
25. Keermestamise pinna valikuks klõpsa silindri (Ø33) pinnal. Jälgi, et muutuval tööriistaribal oleks aktiivne  **Thread - Select Cylinder Step** (keere – silindri valik). Muutuval tööriistaribal on nüüd aktiivne  **Thread - Cylinder End Step** (keere – silindri serva valik). Klõpsa toru otspinnal silindri servale, nüüd muutuv tööriistariba muutub. Siin vali keeme tüüp **Type: M33 x 2**. Kui muutuval tööriistaribal on kõik kastikesed täidetud keeme lõikamiseks

 **Finish** **Offset: 0,00 mm** **Depth: To cylinder extent**, siis vajuta lõpetuseks kas *Finish* (lõpeta) muutuval tööriistaribal või klahvile *Enter* (vt joonis 11-156).

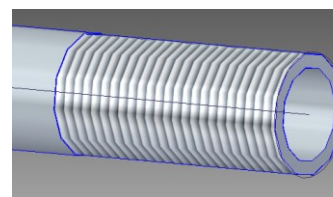
26. Grupist *Solids* (tahked kehad) vali  **Chamfer** (faas), mille leiad nupu alt *Round* (ümardus). Muutuval tööriistaribal kirjuta kaateti suuruse lahtrisse **Setback: 1,40 mm**, vajuta *Enter* ja klõpsa toruotsa välisservale. Seejärel vajuta  kas *Accept* (nõus) muutuval tööriistaribal või *Enter*. Lõpetuseks vajuta kas *Finish* (lõpeta) muutuval tööriistaribal või klahvil *Enter* (vt joonis 11-157).



Joonis 11-154. Toruotsal lõigatakse 70 mm pikkuselt ära ringjoonte vaheline osa



Joonis 11-155. Toruotsal on 70 mm pikkuselt välisdiameeter töödeldud keeme M33x2 jaoks vajaliku mõõtmeaga



Joonis 11-156. Keere M33x2 on lõigatud

27. Save (salvesta).
28. Samamoodi lõika teise toru ots (läbimõõduga 33 mm), mille pinnale lõika keere M33x2 ja servale faas 1,4 x 45° (vt punktid 22–26).





**Töö kiirendamiseks** saab teisele toruotsale need punktis 28 mainitud **elemendid**


**kopeerida**. Seda saab teha käsu abil 


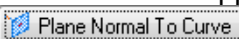
**Mirror Copy Feature** (elementide peegelkopia).

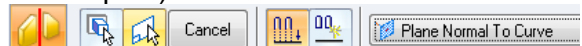
Kuna kuivatustoru on sümmeetriline risttasapinna suhtes, mis läbib kuivatustoru keskmist kaart selle tsentris, saab need elemendid kopeerida ülemiselt torult alumisele, võttes sümmeetriatasapinnaks just selle tasapinna.

29. Grupist *Pattern* (muster, näidise järgi

kopeerimine) vali  **Mirror Copy Feature** (elementide peegelkopia), servaribal vali peegeldatavad elemendid, klõpsates neil: ,  ja . Seejärel muudavad valitud elemendid värvi (vt joonis 11-158).

Muutuval tööriistaribal vajuta kas  **Accept** (nõus) või klahvile **Enter**.

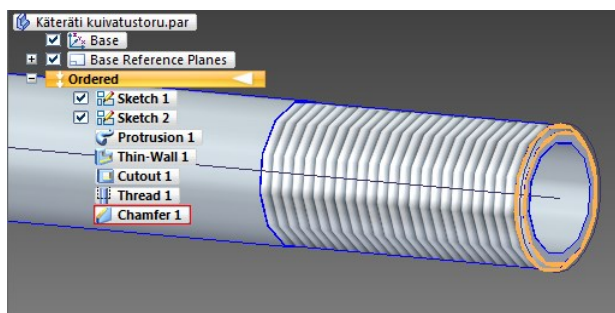
30. Muutuval tööriistaribal aktiveerub  **Mirror Copy Feature - Plane Step** (elementide peegelkopia – tasandietapp). Nüüd vali tasapind  (kõverjoone risttasapind):



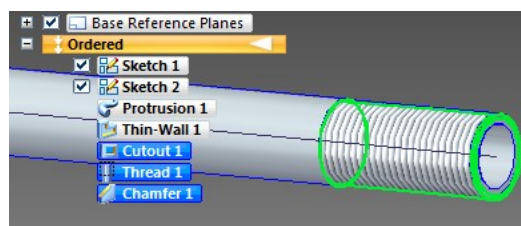
31. Klõpsa kuivatustoru keskmisele kaarele. Nüüd muutub kaar aktiivseks ja kursoriga liigub kaasa kaarega ristiolev tasapind ehk kaare risttasapind (vt joonis 11-159). Risttasapinna asendi täpseks fikseerimiseks kaare keskele kirjuta muutuvale tööriistaribal kasti **Position:**  ja vajuta **Enter**. Peegelkopia

lõpetamiseks vajuta kas **Finish** (lõpeta) muutuval tööriistaribal või klahvil **Enter**. Sellega on kuivatustoru virtuaalse 3D-mudeli valmistamine lõpetatud (vt joonis 11-160).

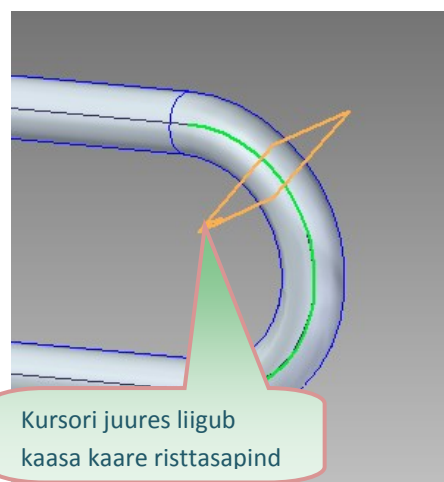
32. Save (salvesta).



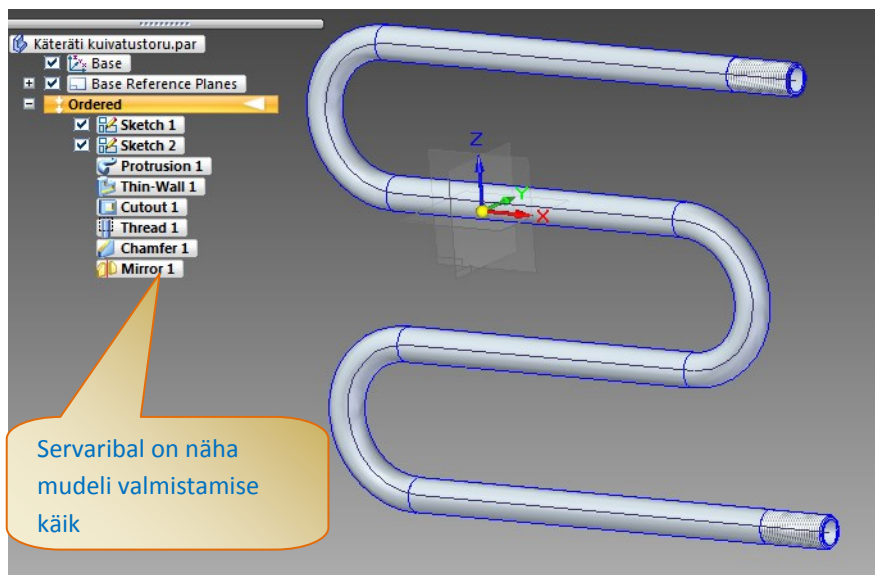
Joonis 11-157. Kuivatustoru üks ots on töödeldud ja kõrval servaribal on näidatud töötlemisjärjekord



Joonis 11-158. Peegelkopia tegemiseks on elemendid valitud





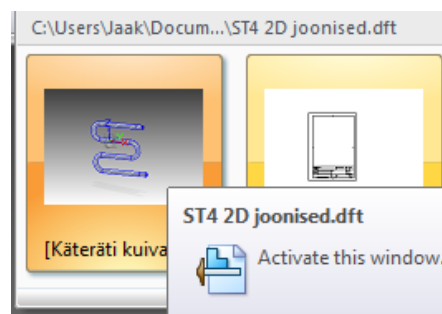
Joonis 11-159. Kuivatustoru keskmine kaar on välja valitud ja kursori juures on kaare risttasapind



Joonis 11-160. Kuivatustoru 3D-mudel

### 11.12.2. Kuivatustoru 2D-joonise valmistamine


1. Vali  **Application Button** (rakenduste käsunupp) ja sealt rippmenüüst *Open* (ava). Avananud dialoogiaknast *Open File* (ava fail) otsi üles oma kataloog ja sealt 2D-joonisefail ning vali failitüüp **Files of type: Draft documents (\*.dft)**. Kui jooniselehe formaat koos raamjoone ja nurgatabeliga on enne tagapõhjale vormistatud, siis lisa () viimasele lehele uus 2D-jooniseleht A4-formaadis (vt samuti ptk 10.3). Tööjoonise näidet vt jooniselt 11-147 „Kuivatustoru. Tähis **JN07.00.01**“.
2. Kui jooniseleht oli enne 3D-mudeli tegemist avatud, siis klõpsa ülemise käsurea nupul

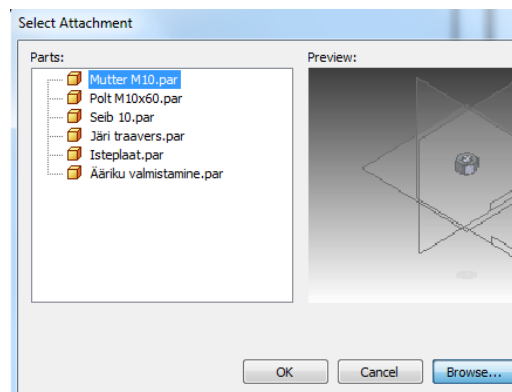


Joonis 11-161. 2D-jooniselehe avamine



(vaheta akent). Siin avanevad töö käigus avatud failid erinevates akendes, klõpsa vajalikul joonisefailil laiendiga *dft*, et avada jooniseleht. Joonisel 11-161 on selleks välja valitud joonised failinimetusega „ST4 2D-joonised.dft“. Avamiseks klõpsa seal vasakule hiireklahvile.

3. Avaneb joonisefail varem ettevalmistatud A4-formaadis jooniselehega, kus vormistatakse kuivatustoru joonis (joonise vormistamist vt ptk-st 11-6). Vali peatööriistaribalt ikoon  *View*

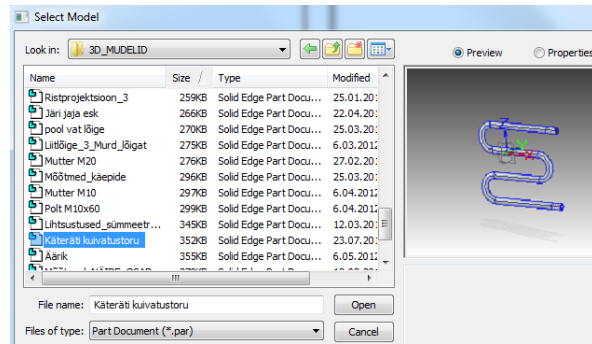


Joonis 11-162. Dialoogiaken *Select Attachment* (vali manus) 3D- mudeli valimiseks ja avamiseks (siin kuivatustoru mudelifaili ei ole)



*Wizard* (joonestatud vaadete abiprogramm), sellel klõpsates aktiveerub dialoogiaken **Select Attachment** (vali manus). Vt selle kohta joonis 11-162.

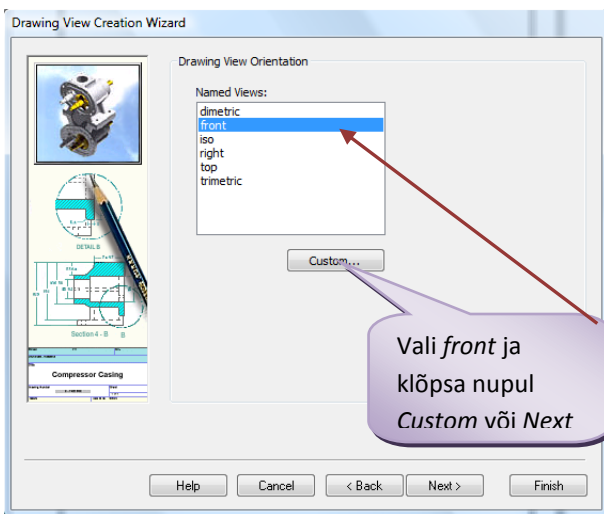
- Avanenud dialoogiaknas vali kuivatustoru (laiendiga *par*). Kui nimetatud fail siin loetelus puudub, siis vali sealsamas aknas **Browse...** (*Browseri* otsingumootor). Nüüd ilmub dialoogiaken **Select Model**. Siin jälgi, et failitüüp oleks *Part Document* (Files of type: **Part Document (\*.par)**).



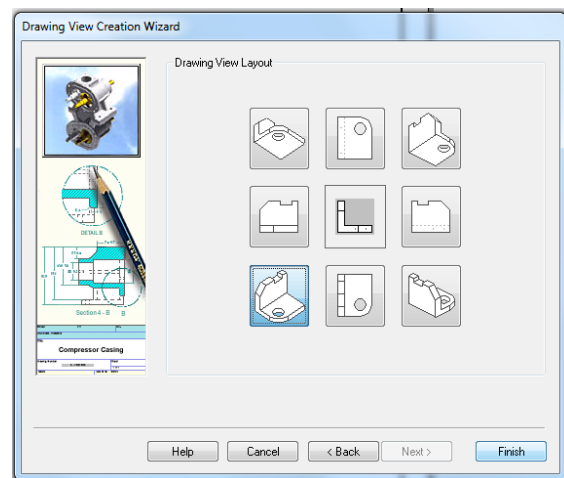
Joonis 11-163. Dialoogiaken 3D-mudeli valimiseks ja avamiseks

Siit saad valida vajaliku faili ja vajutada nupule *Open* (ava). Vt selle kohta joonis 11-163.

- Järgmises dialoogiaknas *Drawing View Creation Wizard* (joonise vaadete loomise viisard) lisa kontrollmärgid, nagu on näidatud joonisel 11-44, ja klõpsa käsunupul *Next* (järgmine).
- Järgmises dialoogiaknas määra joonise eestvaade, selleks vali dialoogiaknas *Front* (eestvaade) ja klõpsa *Next* (järgmine, vt joonis 11-164). Kui ei ole teada mudeli täpne asend ekraanide suhtes, siis vali *Custom...* (tava-...), mille järel avaneb dialoogiaken *Custom Orientation* (tavaasend), kus pööra detail ümber telgede sobivasse asendisse (tegevuskäiku vt ptk 11.7.2 p-st 7, vt ka joonis 11-60).



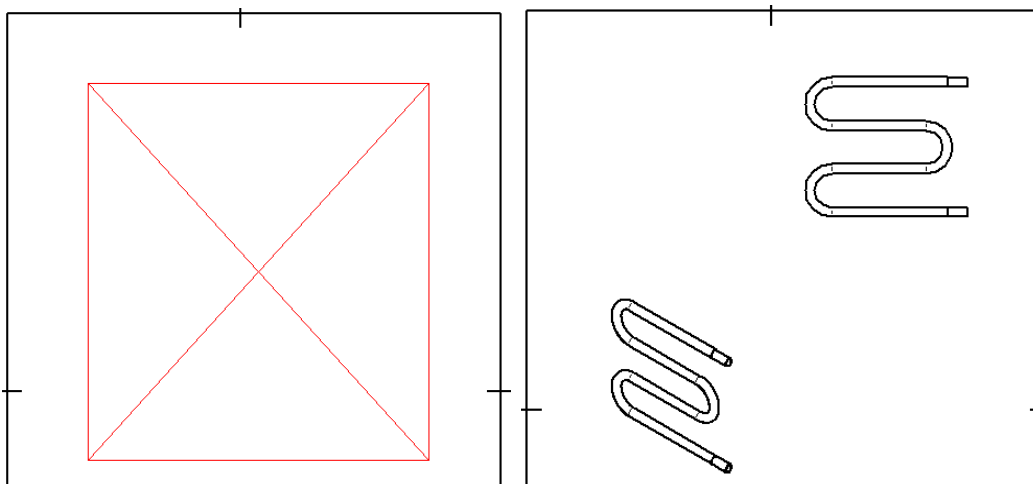
Joonis 11-164. Dialoogiaken peavaate (eestvaate) valiku tegemiseks ja tegevuse jätkamiseks



Joonis 11-165. Dialoogiaken vajalike kujutiste valimiseks ja joonisele töstmiseks

- Avaneb uuesti dialoogiaken *Drawing View Creation Wizard* (joonise vaadete loomise viisard), kuid selle sisu on muutunud. Siin aknas vali peale keskel asuva peavaate (eestvaate) teised vajalikud selle joonise kujutised. Kuivatustoru joonise tegemiseks ei ole rohkem põhivaateid vaja valida, vali veel ainult aksonomeetriselised kujutised, klõpsa nendele ja valiku lõpetamiseks vajuta käsunupule **Finish** (lõpeta, vt joonis 11-165).

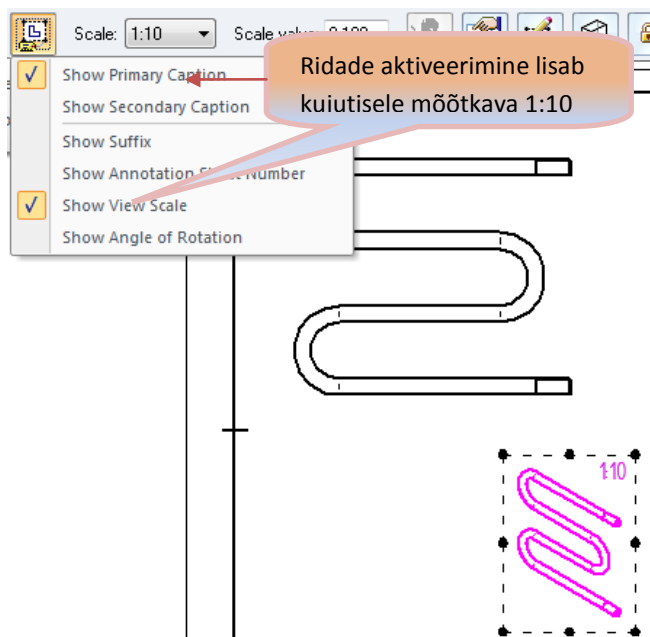
8. Dialoogiaken sulgub ja kursori otsa ilmub punane kast, milles on mõlemad valitud kujutised. Klõpsa joonisevälja keskel ja valitud kuivatustoru kujutised ilmuvad jooniselehele (vt joonis 11-166).



Joonis 11-166. 2D-projekteerimiskeskonna ISO Draft ekraanipildi fragmendid: a – töölaual on punase kontuuriga kast, mille sees on valitud kujutised; b – pärast klõpsu ekraanil ilmuvad kastis olevad kuivatustoru kujutised jooniselehele

9. Muuda eestvaate kujutiste mõõtkava ja näita seda aksonomeetrilisel kujutisel.

- Tee eestvaate kujutis aktiivseks, klõpsates sellel.
- Muutuvalt tööriistaribalt vali uus mõõtkava 1:5 Scale: 1:5 ja vajuta klahvi *Enter*. Arvuti suurendab seda vaadet etteantud mõõtkava järgi (vt joonis 11-167).
- Tee aksonomeetriline kujutis aktiivseks, klõpsates sellel. Lisa valitud kujutisele mõõtkava arvvärtus 1:10. Muutuvalt tööriistarealt aktiveeri



Joonis 11-167. Töölaual on avatud jooniselehe formaadi ülemine osa ja aktiveeritud ikoon *Select – Show Caption* (vali – näita tiitrit) koos rippmenüüga aktiveeritud kujutisele mõõtkava ja pealkirjade lisamiseks, muudetud on ka eestvaate mõõtkava

Select - Show Caption

(vali – näita tiitrit), seal aktiveeri



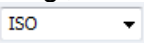
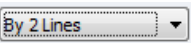
rippmenüüst  Show Primary Caption (näita esmast pealkirja) ja


Show View Scale (näita mõõtkava, vt joonis 11-167). Seejärel rippmenüü sulgub ja arvuti lisab kujutisele mõõtkava arvvärtuse. Selleks, et mõõtsuhet nihutada soovitud kohta, klõpsa sellel. Hoia ja nihuta kursor





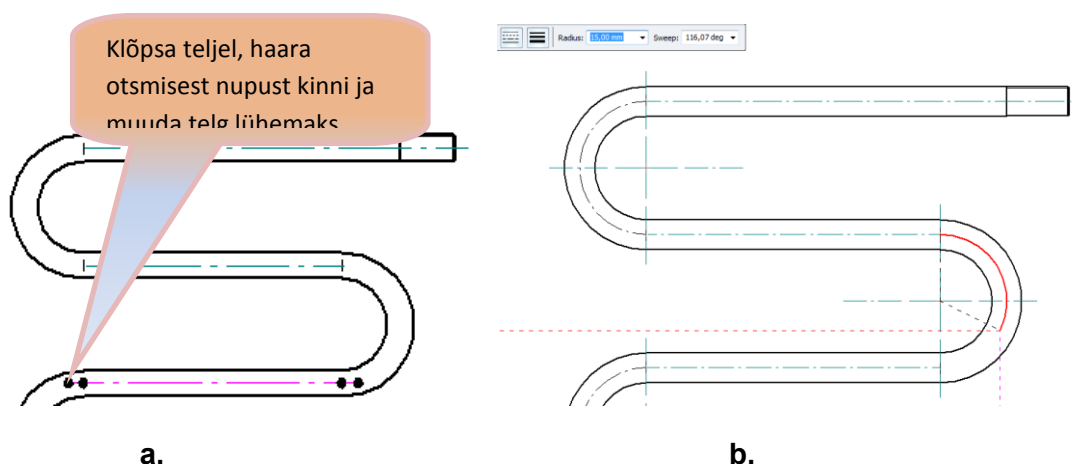
sinna, kuhu soovid mõõtsuhte paigutada. Seejärel klõpsa seal vasaku hiireklahviga (vt joonised 11-167 ja 11-147).

10. Lisa eestvaatele telgjoon, kuivatustoru kaarte osadele arvuti telgjooni ei pane, need tuleb hiljem joonestamiskäsu abil lisada. Selleks saab kasutada kahte võtet.

➤ ESIMENE VÕTE: vali peatööriistaribal grupist *Annotation*  **Center Line** (telgjoon). Jälgi, et muutaval tööriistaribal lisataks telgjoon kahe joone vahele   . Seejärel klõpsa mõlemal joonel, mille vahele telgjoon lisatakse.

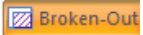
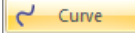



➤ TEINE VÕTE: vali peatööriistaribal grupist *Annotation*  **Automatic Center Lines** (automaatsed tsentrijooned) ja klõpsa eestvaate kujutisele. Arvuti lisab vaate sirgetele osadele kõik telgjooned, mis ulatuvad üle sirgete osade:

- kaareosades tuleb telgjooni ülejooksu võrra lühendada, selleks vali  **Select** (vali), klõpsa teljel ja tõmba see ülejooksu võrra lühemaks (kuni sirge osani, vt joonis 168a);
- kaareosas täienda telgi, selleks vali grupist *Draw*  **Arc by Center Point** (kaar keskpunkti järgi), joonetüübiks vali kriipspunktjoon ja laiuseks 0,35 mm. Seejärel joonesta kuivatustoru kaareosa kaared, mille raadiuseks tsentrist on 15 mm (vt joonis 11-168b).

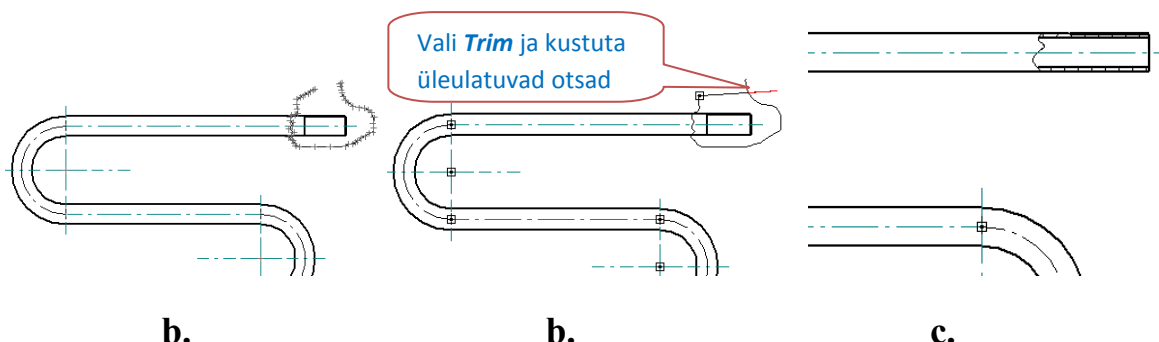


Joonis 11-168. Kuivatustorule telgjoonte lisamine: a – sirgetele osadele telgjoonte lisamine ja lühendamine; b – telgjoonte täiendamine kaareosas

11. Näita kuivatustoru otsa kohtlõikes, et kujutada nähtavana toru sisediameetrit.

- Vali grupist *Drawing Views* (joonise vaated)  **Broken-Out** (kohtlõige) ja klõpsa vaatel, millest tehakse kohtlõige (eestvaatel).
- Vali peatööriistaribal grupist *Draw* (joonesta) käsk  **Curve** (kõverjoon, vabakäejoon) ja piira kohtlõike osa kinnise kontuuriga (vt joonis 11-169a). Kinnise kontuuri saamiseks tõmba teine joon vabakäejoone otstest üle. Käsuga *Trim*  kustuta joonte üleulatuvad otsad, seejärel jooneotsad ühenduvad (vt joonis 11-169b).
- Vali peatööriistaribal grupist *Close* (sulge) käsk  **Close Broken Out Section** (sulge kohtlõige), muutaval tööriistaribal kirjuta kasti lõike sügavus  **Depth: 16,75 mm** (pool toru välisdiameetrit) ja vajuta *Enter*.

Lõikepind peab täpselt läbima toru telje, siis on lõikes näha ka toruotsale lõigatud keere. Kui siin tekib lõikesügavuse määramisel viga, siis arvuti keermejooni lõikes ei näita.



Joonis 11-169. Kuivatustoru otsal kohtlõike tegemine: a – valitud on käsk *Broken-Out*, kuivatustoru ots on piiratud vabakäejoonega; b – vabakäejoon suletakse kinniseks kontuuriks; c – pärast hiireklõpsu kujutise piiratud alas on kohtlõike tehtud

- Kohtlõike lõpetamiseks klõpsa kuivatustoru piiratud alas kujutise joonele. Seejärel ilmubki kuivatustoru piiratud alas kohtlõike (vt joonis 11-169c).

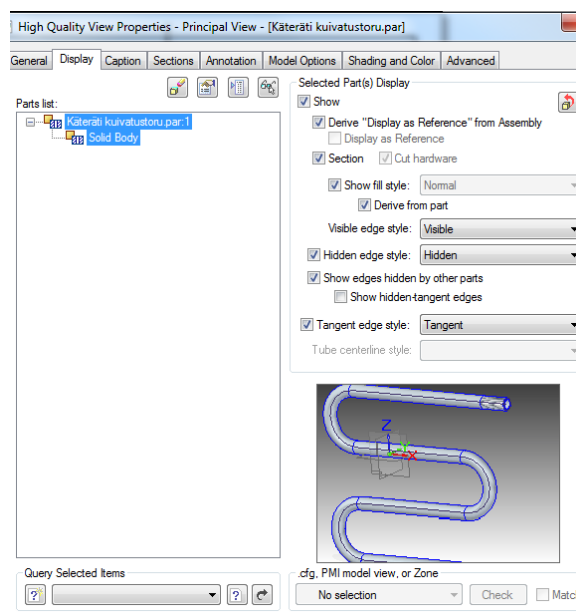
Üldjuhul lõigete ja kohtlõigete puhul detaili kujutistel varjatud kontuure ei näidata. Mõnikord on aga detailist paremaks arusaamiseks vaja näidata joonisel ka detaili sisemisi varjatud kontuure.

- Sisemiste varjatud kontuuride näitamiseks klõpsa paremale hiireklahvile eestvaate kujutise joonel. Seejärel ilmub rippmenüü, kust vali *Properties* (omadused). Nüüd avaneb dialoogiaken vaate omaduste määramiseks (vt joonis 11-170). Siin märgi grupist *Display* (kuvama) linnuke kasti  *Hidden edge style: Hidden*

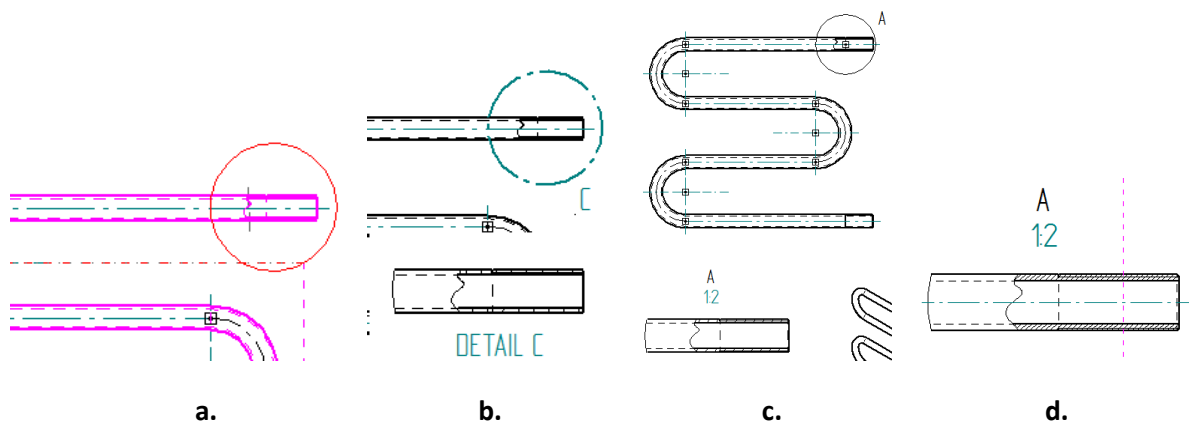
(varjatud servade joone tüüp: ...) ja klõpsa OK.

- Tee kohtlõikes olev kuivatustoru keermestatud otsast suurendatud väljatoodud element. Selleks vali saki alt *Sketching* (eskiisimine) grupist *Drawing Views* (joonise vaated)  (väljatoodud element). Muutuval tööriistaribal

on näha, et väljatoodud elementi suurendatakse kaks korda ja väljatoodav osa piiratakse ringjoonega. Klõpsa vasaku hiireklahviga kohtlõike keskel ja piira väljatoodav element ringjoonega (vt joonis 11-171a). Klõpsa seal ja vii suurendatud element vabale jooniselehe pinnale ning klõpsa seal vasaku hiireklahviga (vt joonis 11-147 ja 11-171b).



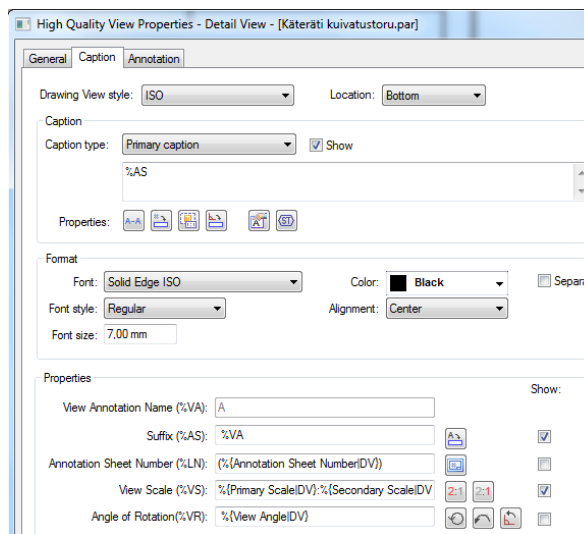
Joonis 11-170. Vaate omaduste määramine dialoogiaknas, varjatud kontuuride näitamine



Joonis 11-171. Kuivatustoru kohtlõikega keermestatud otsast väljatoodud elemendi tegemine: a – elemendi ala on piiratud; b – element on kaks korda suuremana välja toodud; c – väljatoodud elemendi ümbrise ja tähise omaduste määramine ning mõõtkava valik; d – elemendi lõplik vormistamine (viirutuse tiheduse muutmine ja telgjoone joonestamine)

14. Piira väljatoodud element kitsa pidevjoonega. Selleks klõpsa ringjoonel parema hiireklahviga ning vali kas avanevast rippmenüüst *Properties* (omadused) või klõpsa vasakul hiireklahvil ja vali muutuval tööriistaribal **Select - Properties** (vali – omadused). Dialoogiaknas **Detail Envelope Properties** (väljatoodud elemendi ümbrise omadused) grupis *General* (üldine) muuda piirdejoon nõuetele vastavaks (kitsas pidevjoon,  $s = 0,35$  mm). Grupis *Caption* (tähis) kastis *Format* (vorming) muuda värv mustaks **Color: Black** ja vajadusel asenda kastis *Properties* (omadused) kohtlõike tähis **View Annotation Name (%VA): A** tähega A (vt joonised 11-147 ja 11-171c).
15. Väljatoodud elemendi tähises ei tohi olla sõnu. Klõpsa väljatoodud elemendil parema hiireklahviga, avanevast rippmenüüst vali kas *Properties* (omadused) või klõpsa vasakul hiireklahvil ja vali muutuval tööriistaribal **Select - Properties** (vali – omadused). Väljatoodud elemendi omaduste dialoogiaknas **High Quality View Properties - Detail View - [Käteräti kuivatustoru.par]** grupis *General* (üldine) vali

sobiv mõõtkava **View Scale 1:2**, grupis *Caption* (tähis, vt joonis 11-172) kustuta kastist *Caption* sõna **DETAIL** (jääb ainult: **%AS**), kastis *Format* (vorming) vali must värv **Color: Black** ja kastis *Properties* (omadused) märgi linnukesed, nagu on näidatud joonisel 11-172. Tähise omaduste määramise lõpetamiseks klõpsa OK ja nihuta tähis sobivasse kohta joonisel (vt joonised 11-147 ja 11-171c).



Joonis 11-172. Dialoogiaken väljatoodud elemendi tähise omaduste määramiseks

16. Kontrolli, kas väljatoodud elemendil on kõik elemendid olemas (viirutus, telg). Klõpsa eestvaatel kujutise joonele parema hiireklahviga ning vali ilmunud rippmenüüst **Draw in View** (joonesta vaatel),

uues aknas (*Draw in View*) hoia all *Shift*-klahvi ja aktiveeri hiireklõpsuga kohtlõike mõlemal viirutatud pinnal viirutus. Seejärel muuda muutuval tööriistaribal



viirutusjoonte vahekaugust *Spacing*: 1,60 mm ning klõpsa grupis *Close* (sulge „Joonesta vaatel“). Nüüd muutub viirutusjoonte tihedus nii joonise vaatel kui ka väljatoodud elemendi kujutisel (vt joonis 11-171d).

Kui väljatoodud elemendil telgjoon puudub, siis vali saki alt *Home* grupist

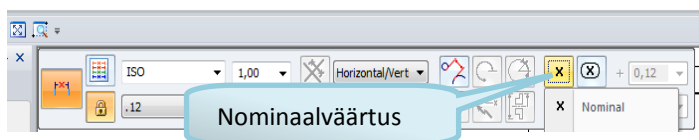
*Annotation* (marginaal) *Center Line* (tsentrijoon), märgi muutuval tööriistaribal

*By 2 Lines* (kahe joone vahele) ja klõpsa joontele, mille vahele joonestad telgjoone (vt joonis 11-171d).

## 17. Lisa kujutistele vajalikud mõõtmed.

- Vali peatööriistaribalt grupist *Dimension*  *Retrieve Dimensions* (too mõõtmed vaatele).
- Seejärel klõpsa kujutisel. Arvutiprogramm lisab sellele kujutisele mudelil olevad mõõtmed. Kui osa mõõtmeid on paigutatud ebaotstarbekalt, siis korrigeeri mõõtmete asukohta või kustuta ebavajalikud mõõtmed. Lisa mõõtmed, mis jäid üle kandmata või mida ei olnud mudelile kantud (vt joonis 11-147).
- Mõõtmete kustutamiseks vali tööriist  *Select* ja klõpsa ebavajalikul mõõtjoonel. Mõõtjoon koos mõõtmega muutub aktiivseks, misjärel saab klahvile *Delete* vajutades kustutada ebavajalikud mõõtmed.

- Puuduvate mõõtmete lisamiseks aktiveeri peatööriistaribalt grupist *Dimension*

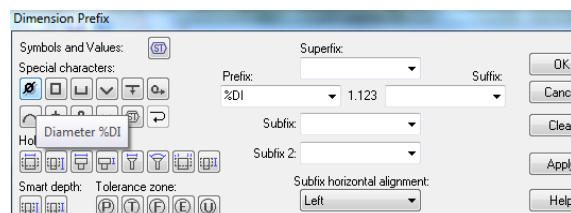


*Distance Between* (vahekaugus) ja märgi kolme hiireklõpsu abil

Joonis 11-173. Joonise mõõtmestamisel on aktiveeritud tööriist *Distance Between* ja muutuval tööriistaribal on mõõtmetüübi lahtris aktiivne nominaalmõõde

- vajalikud mõõddud. Jälgi, et muutuval tööriistaribal kastis *Dimension Type* (mõõtme tüüp) oleks valitud *Nominal* (nominaalväärtus, vt joonis 11-173).

- Kujumärgi sisestamiseks (diameeter) aktiveeri *Shift*-klahvi all hoides mõlemad mõõtmed, millele tuleb lisada diameetrimärk (mõõtmed 33,5 ja 25,5 mm), ning vali muutuval tööriistaribal *Select - Prefix* (vali eesliide). Seejärel avaneb dialoogiaken *Dimension Prefix* (mõõtme eesliide, vt joonis 11-174). Klõpsa seal kastikesse *Prefix* (eesliide) ja vali diameetrimärk *Diameter %DI*, märgi lisamiseks klõpsa OK.



Joonis 11-174. Kujumärgi lisamine mõõtmele

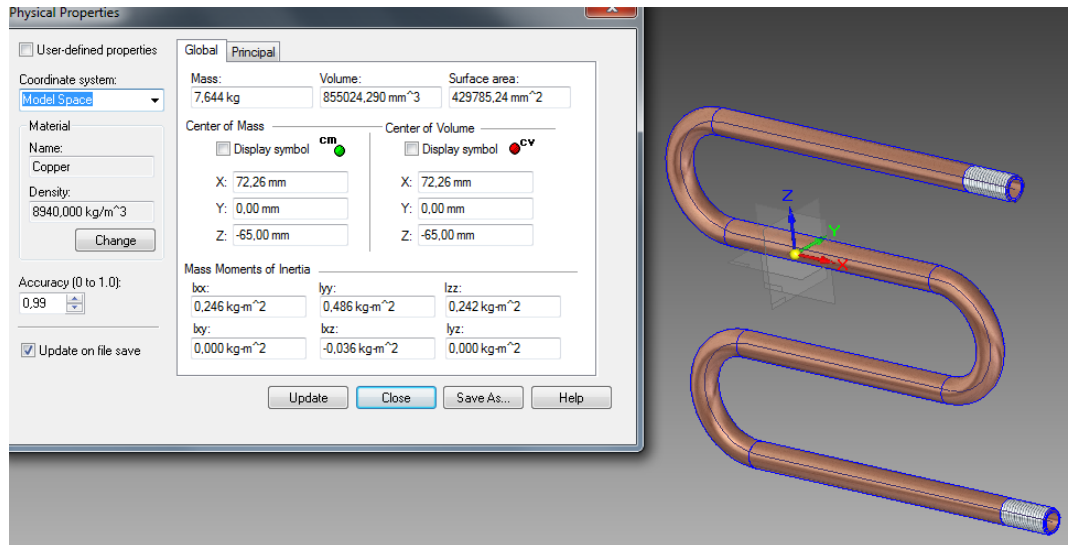
- Raadiusemärgi lisamiseks tuleb kirjutada dialoogiaknas *Dimension Prefix* (mõõtme eesliide) kastikesse *Prefix* (eesliide) täht R.
- Keerme M33x2 mõõtme lisamisel võib toimida samamoodi, kui äsja kirjeldatud. Seejuures tuleb mõõtarvule 33 järgnev x2 kirjutada kastikesse *Suffix* (tagaliide). Seega näeb dialoogiaknas *Dimension Prefix* (mõõtme eesliide)

keermemõõtme täiendamine välja järgmiselt:  
Keermemõõtme saab aga lisada ka järgmiselt:



- vali grupist *Dimension* **Distance Between** (vahekaugus), muutuval tööriistaribal vali mõõtmetüübiks **Blank** (tühi mõõtjoon) ning mõõtme lisamisel ilmubki tühi mõõtjoon;
- mõõtme lisamiseks tee mõõtjoon aktiivseks, muutuval tööriistaribal vali **Select - Prefix** (vali eesliide), keermemõõde M33x2 kirjuta kastikesse Prefix: M33x2 ja vajuta OK.

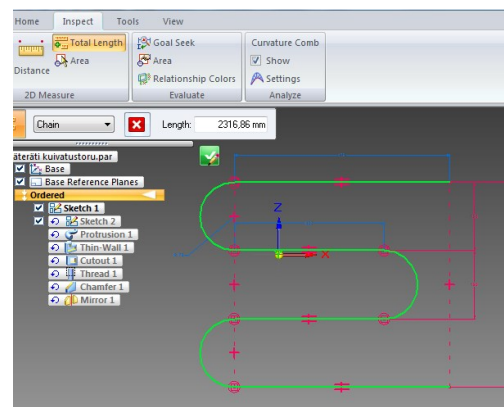
18. Määra detaili materjal ja kaal, selleks vali saki alt *Inspect* (kontrolli) grupist *Physical Properties* (füüsikalised omadused) *Properties* (omadused). Kuivatustoru materjal on **vask CW 008A EVS-EN 12166**. Detaili mudeli materjali ja kaalu määramist on kirjeldatud peatükis 11.5 (vt punktid 16–19, vt joonis 11-175).



Joonis 11-175. Materjali lisamine ja kuivatustoru kaalu määramine

19. Toru pikkus määratakse selle keskjoone järgi, seega saab arvutis pikkust määrata kuivatustoru juhtjoone pikkuse järgi:




- ava kuivatustoru 3D-mudel, vajuta **Select** (vali) ja vali **Sketch 1**, kui see eskiis on kuivatustoru juhtjoon, muutub juhtjoon mudelil aktiivseks (heleroheliseks) ning juhtjoone juurde ilmub lipik ;
- klõpsa lipikul käsunupule **Select - Edit Profile** (vali – toimetaprofiiliga), ekraanile ilmub juhtjoon koos mõõtmetega;
- saki alt *Inspect* (kontrolli) vali **Total Length** **Measure Total Length** (mõõda kogupikkust) ja klõpsa juhtjoonel, seejärel ilmub muutuval tööriistaribal joone kogupikkus Length: 2316,86 mm (vt joonis 11-176).



Joonis 11-176. Kuivatustoru juhtjoone pikkuse mõõtmine

20. Nurgatabeli täitmine (vt joonis 11-147):







- kirjuta käsuga *Text* lahtrisse "Materjal" materjali tähis koos standardiga, kirja kõrgus on 5 mm [Vask CW 008A EVS-EN 12166];
- lahtrisse "Nimetus" kirjuta detaili nimetus (kuivatustoru);
- lahtrisse "Mass" kirjuta detaili mass (7,64) kilogrammides;

- kuna detail on joonisel tehtud mõõtkavas 1:5, siis lisa lahtrisse "Mõõt" ka mõõtkava;
  - lahtrisse "Tähis" kirjuta joonise tähis JN07.00.01 tähekörgusega 7 mm;
  - lahtrisse "Faili nimetus" lisa selle joonise failinimetus (ST4 2D-joonised.dft);
  - salvesta (Save).
21. Lõpetuseks kontrolli joonist (kontrolli, kas joonisel ei esine vigu, kas joonis on õigesti vormistatud).
22. Joonise ilmestamiseks ja aksonomeetrilisele kujutisele materjalile iseloomuliku värvitooni lisamiseks vajuta  **Select** (vali). Klõpsa aksonomeetrilisel kujutisel ja vali muutuval tööriistaribal  **Select - Shading Options** (vali – varjutuse omadused), seal vali rippmenüüst  **Shaded with Edges** (varjutatud servadega, vt joonis 11-147).
23. Joonise väljatrükk ja **allkirjastamine**.




### 11.12.3. Näide mitme ristlõikege ühendustoru valmistamisest

Õpilased, kes saavad edukalt ja kiiresti hakkama kuivatustoru 3D-mudeli ja selle 2D-joonise valmistamisega, võivad iseseisvalt valmistada veidi keerulisema, ühe juhtjoone ja mitme ristlõikega ühendustoru 3D-mudeli ning selle joonise (vt joonis 11-177). Selle ühendustoru 3D-mudeli ja 2D-joonise valmistamine sarnaneb suures osas kuivatustoru valmistamisega, v.a mõned uued käsud ja võtted.

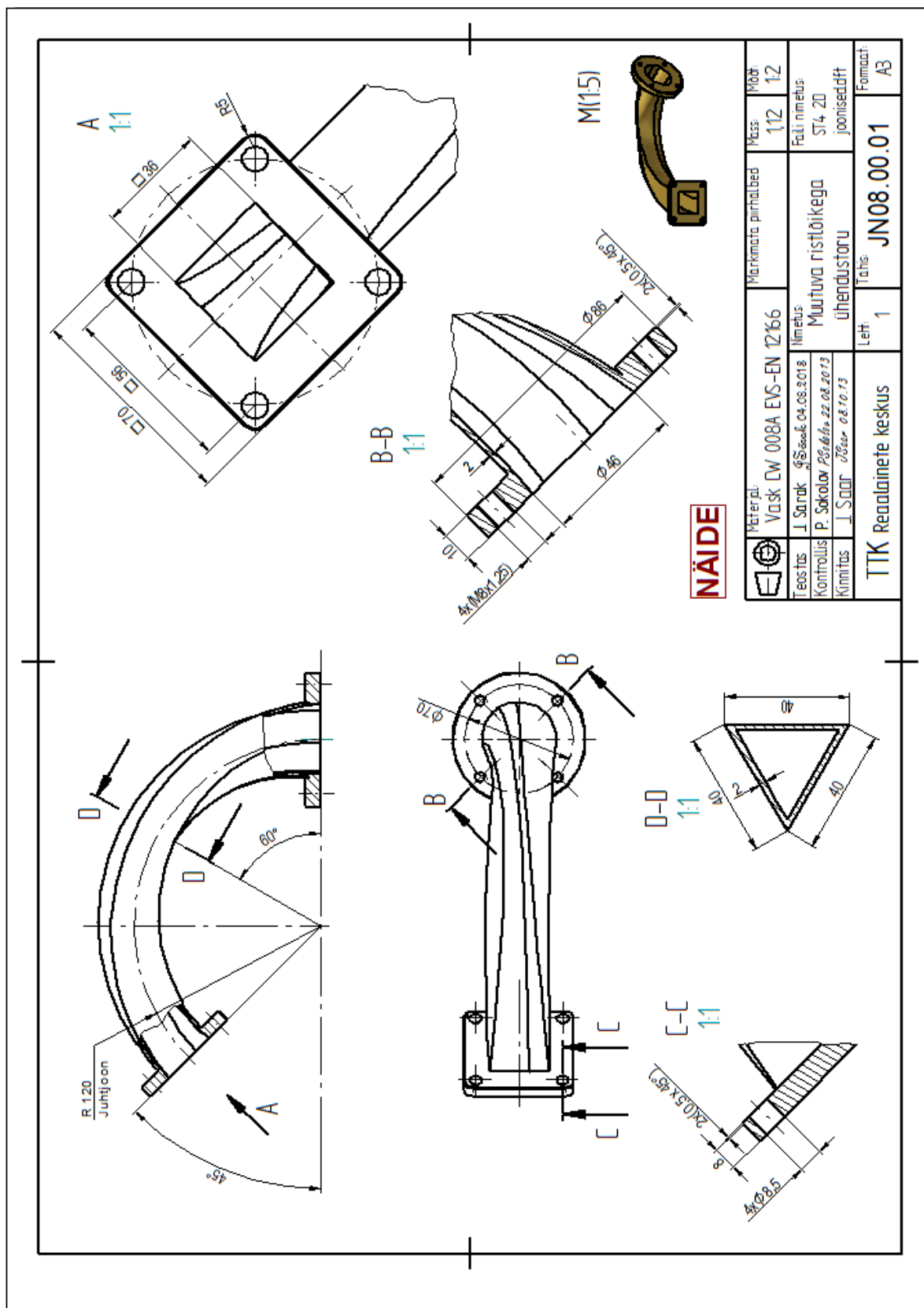
A. Ühendustoru virtuaalse 3D-mudeli valmistamisel tuleb pöörata tähelepanu mitmetele uutele elementidele.

1. Eskiis 1 (*Sketch 1*) on juhtjoon raadiusega 120 mm, kaare ulatus on 135°.
2. Kolme erineva ristlõike (ringjoon Ø50, võrdkülgne kolmnurk küljepikkusega 40 mm ja ruut küljepikkusega 40 mm) joonestamisel võetakse ristlõigete tasapinnad risti juhtjoonega (*Plane Normal to Curve*). Ringjoone ja ruudu joonestamisel on tasapinnad vastavalt juhtjoone otstes, kolmnurk aga 60° nurga all, arvutil märgitakse selleks positsioon (*Position*) 0,444 ( $60/135 = 0,444$ ).
3. Käsu  **Sweep** (looge) valimisel tuleb märkida selle omaduste dialoogiaknas **Sweep Options** (looke omadused)  **Multiple paths and cross sections**  (mitu juhtjoont ja ristlõiget).
4. Pärast juhtjoone määramist  **Swept Protrusion - Path Step** (juhtjoone järgi lookeline detail – juhtjoone aste) ilmub  **Swept Protrusion – Cross Section Step** (juhtjoone järgi lookeline detail – ristlõike aste), kus tuleb järjest klõpsata ristlõigetele, kuid hulknurksete ristlõigete puhul on vaja jälgida hulknurkade nurki, millele klõpsata, sellest sõltub saadav keha kuju (võrdle variante joonisel 11-178a, b ja c).
5. Kaldpinnale (ruudukujuline toru ots) ääriku lisamiseks on vaja valida  **Extrude** (eend) ja  **Feature's Plane** (keha pind).

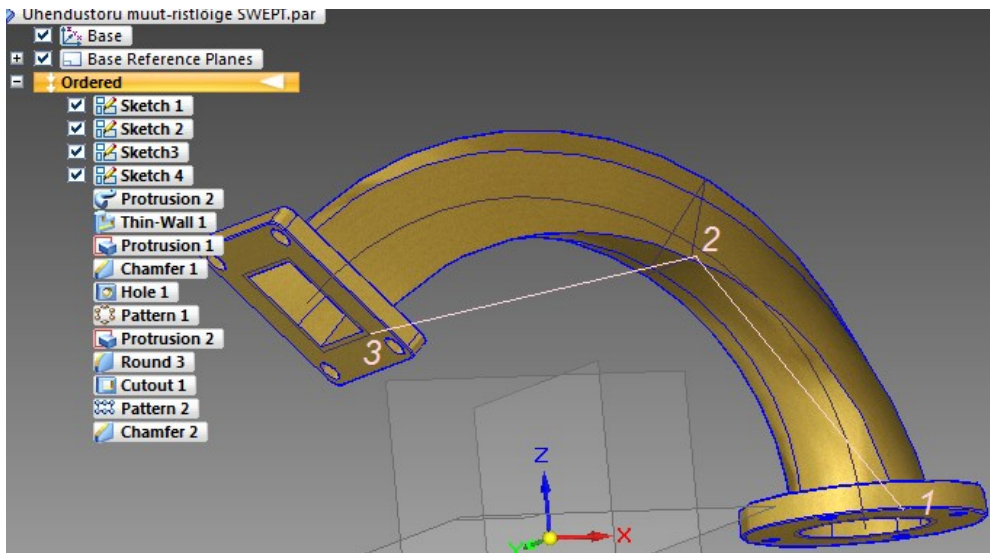
B. Ühendustoru 2D-joonise valmistamisel tuleb pöörata tähelepanu mõnele uuele võttele.

1. Lisavaate A tegemiseks tuleb valida  **Auxiliary** (lisavaade), muutuval tööriistaribal peab olema aktiivne  **Auxiliary - Parallel** (lisavaade – paralleelne) ja seejärel tuleb klõpsata eestvaatel kaldääriku otspinna joonele.
2. Ristlõike D-D tegemiseks tuleb enne ristlõikekujundi lõikepinnalt joonisele lisamiseks (enne joonise pinnal klõpsamist) märkida muutuval tööriistaribal  **Section - Section Only** (lõige – ainult lõikepind).

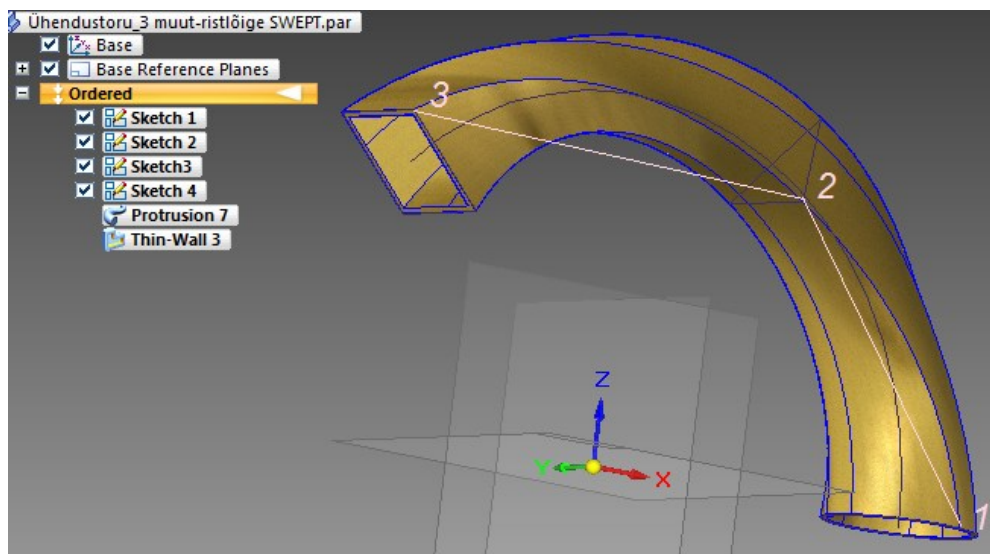




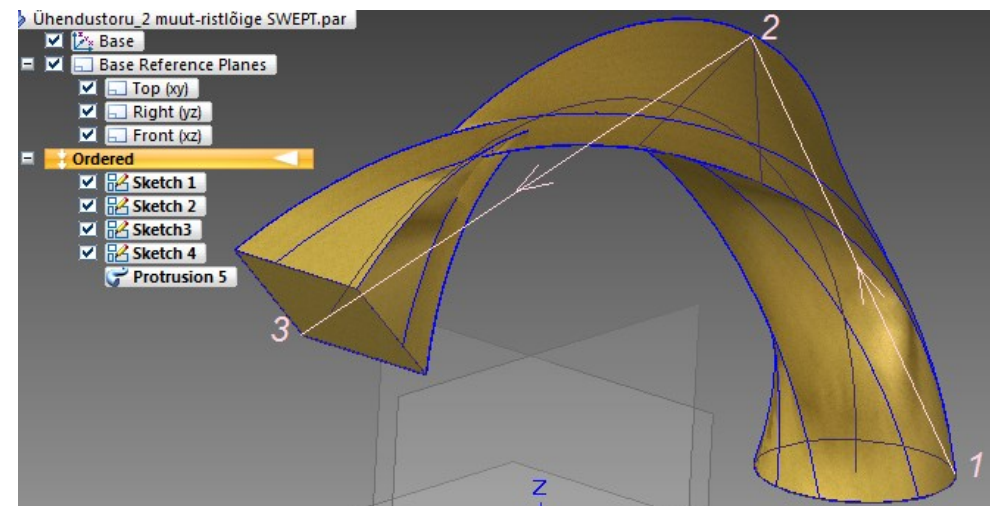
Joonis 11-177. Ühe juhtjoone ja kolme erineva ristlõike järgi valmistatud ühendustoru joonis



a.



b.



c.

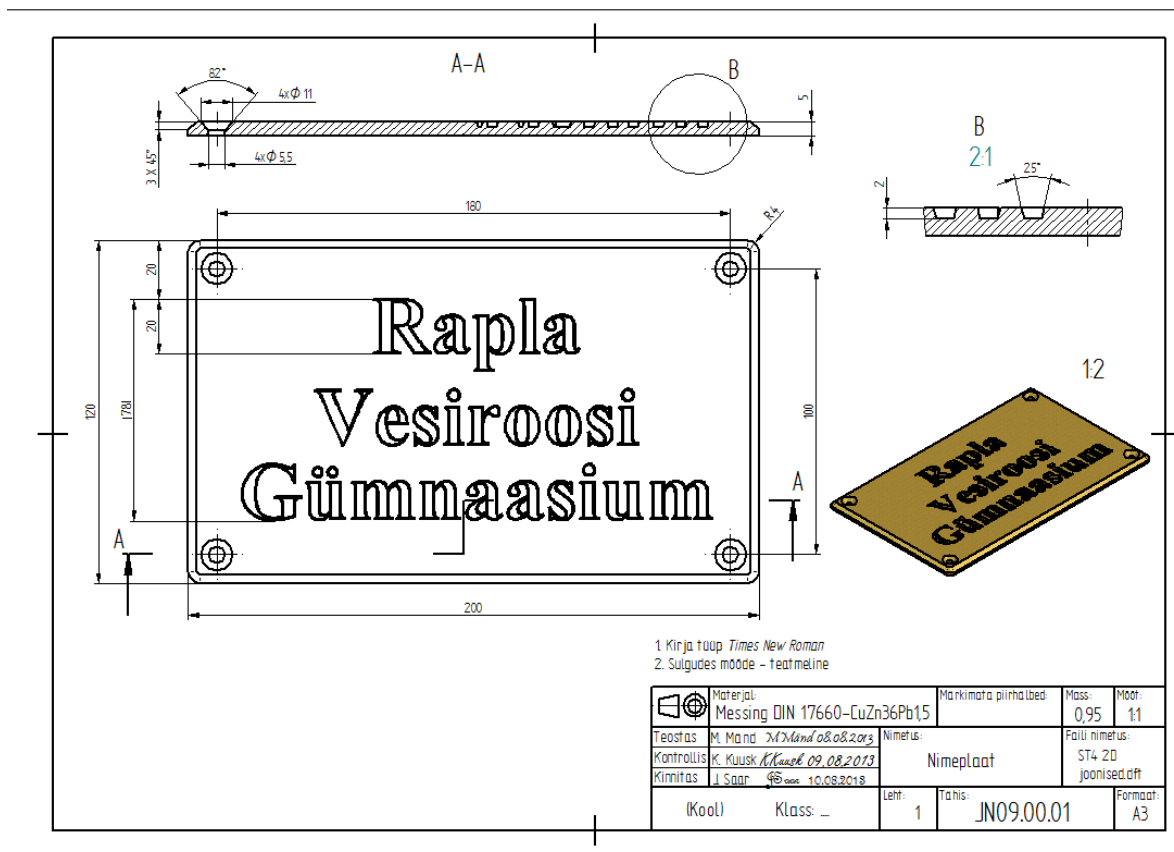
Joonis 11-178. Ühe juhtjoone ja kolme ristlõikega ühendustoru virtuaalne 3D-mudel, näidatud on ristlõigete erinevatesse punktidesse klõpsamise järjekord ja serveribal mudeli valmistamise järjekord: a – ühendustoru on kõige vähem keerdunud, selle mudeli 2D-joonis on esitatud joonisel 11-161; b – ühendustoru on veidi keerdunud (vt serva punktist 2 punkti 3); c – ühendustoru on niivõrd keerdunud, et ühesuguse paksusega õhukest seina ei ole võimalik

## 11.13. Detailide kirjed

Sageli on vaja teha mitmesuguseid kirjeid plaatidele või silindrilistele pindadele. Tekstid nendel pindadel võivad olla kas süvistatud või väljaulatuvad. Sellised plaadid on näiteks kooli nimeplaat. Plaatidel esinev kirjatüüp, selle suurus, sügavus või väljaulatus plaadi pinnast ja muud omadused võivad varieeruda väga laias ulatuses. Selles peatükis on võetud vaatluse alla kirjete tegemine plaatidele: kirjatüübi ja selle suuruse määramine, süvistamise sügavuse või väljaulatuse suuruse määramine ja kõigi nende omaduste muutmine (vt joonis 11-179).

### 11.13.1. Nimeplaadi 3D-mudeli valmistamine

Kirjete tegemise õppimiseks kasutatakse tasapinnalisele ristkülikukujulisele plaadile tehtud kirja valmistamist, mille algsed mõõtmed, kirja tüüp ja kuju on esitatud joonisel 11-179 („Nimeplaat“ tähisega JN09.00.01).



Joonis 11-179. Plaadi pinnale süvistatud tekstiga nimeplaadi joonis

1. Ava ikooni alt *Application Button* (rakendusnupp) 3D-detaili modelleerimise keskkond *ISO Part*, kus vali grupist *Solids* (tahke keha) käsunupp *Extrude* (eend).
2. Kasutades käsunuppu *Rectangle by Center* (ristkülik tsentri järgi) grupist *Draw* (joonesta), joonesta ekraani keskele horisontaalne ristkülik mõõtmetega

Width: 200,00 mm   Height: 120,00 mm   Angle: 0,00 °

(laius ... , kõrgus ... , nurk ... ). Sulge eskiis (*Close Sketch*) ja määrata plaadi paksus muutuval tööriistaribal Distance: 5,00 mm , seejärel vajuta **Finish** (lõpeta).

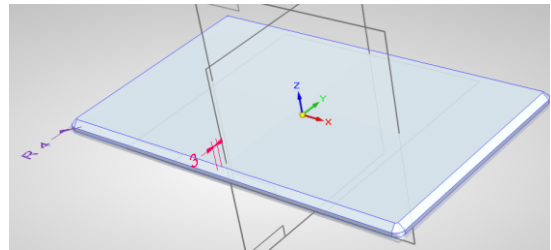
3. Salvesta fail nimega (*Save as*) oma mudelite kataloogi ja anna mudelile nimi "Nimeplaat".

4. Käsuga **Round** (ümarlus) tee aktiivseks plaadi nurkade vertikaalsed servad ja kirjuta ümardusraadiuse suuruseks muutuval tööriistaribal

Radius: 4,00 mm

Klõpsa käsu

lõpetamiseks **Accept** (nõus) või *Enter*, seejärel **Preview** (eelvaade) ja **Finish** (lõpeta). Vt selle kohta jooniseid 11-179 ja 11-180.



Joonis 11-180. Plaadi nurkadesse ümarduse ja servafaasi tegemine

5. Samast grupist vali **Chamfer** (faas),


kirjuta muutuval tööriistaribal kaateti suuruseks **Setback: 3,00 mm** ja tee faas plaadi ülemisele servale, käsu lõpetamiseks vajuta **Accept** (nõus) või *Enter* ja **Finish** (lõpeta). Vt selle kohta jooniseid 11-179 ja 11-180.

6. Tee neli koonilise süvisega ava peitpeadega kruvide jaoks. Selleks toimi järgmiselt.

➤ Vali grupist *Solids* käsunupp



**Hole** (ava), klõpsa muutuval tööriistaribal ava

omaduste nupule (  )

( **Hole - Hole Options** ).

Nüüd ilmub dialoogiaken

**Hole Options** (ava omadused).

Tee siin ava mõõtmete ja

kuju määramiseks joonisel

11-181 näidatud valikud

(kruvi läbimõõt on 5 mm)

ning klõpsa OK.

➤ Pane ava kujutis plaadile,

arvestades ava tsentri

kaugused plaadi servadest.

Seejuures jälgi, et avad

paiknevad plaadil

sümmeetriliselt ning nende


tsentritevahelised kaugused

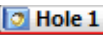

on 180 ja 100 mm (vt joonis

11-182), ning sulge eskiis (*Close Sketch*).

➤ Klõpsa ava suuna näitamiseks ja lõpeta käsunupu **Finish** abil ühe ava tegemine.

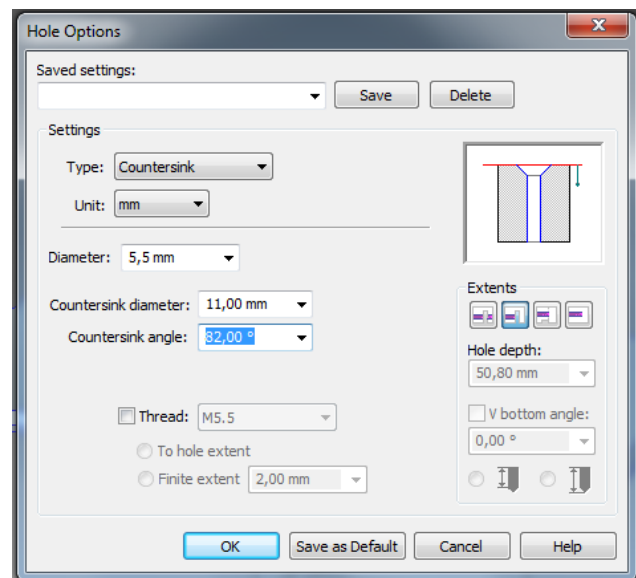
➤ Kinnitusava ristkülikukujuliseks paljundamiseks

vali  **Pattern** (musteri järgi kopeerima). Klõpsa

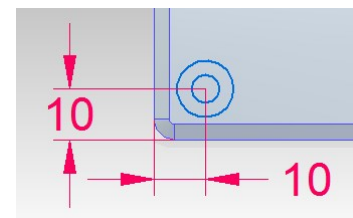
avale, mida kopeerida (  **Hole 1**  ), valiku

lõpetamiseks vajuta


**Pattern - Accept [Right Mouse Button or Enter]**.

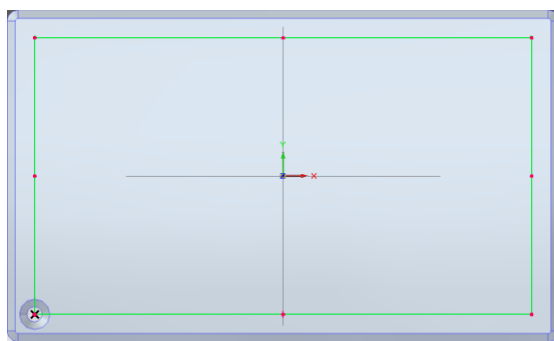


Joonis 11-181. Dialoogiaken ava omaduste määramiseks



Joonis 11-182. Plaadi kinnitusava asukoha määramine

- Klõpsa vasaku hiireklahviga plaadi ülemisele pinnale, kus paljundus tehakse, määra paljundustüübiks  **Rectangular Pattern** (ristkülikukujuline muster), klõpsa paljunduse alguspunkti (ava tsentrisse), määra paljunduse jaoks ristküliku suurus (180 mm x 100 mm). Kirjuta need mõõtmed ja paljundatavate avade arv vastavate telgede suunas vastavatesse kastikesse muutuval tööriistaribale



X: 2 180,00 mm Y: 2 100,00 mm Width


(vt joonis 11-183). Seejärel klõpsa ristküliku asukoha määramiseks plaadile,


lõpetamiseks vajuta 

**Close Sketch** (sulge eskiis) ja **Finish** (lõpeta).

Joonis 11-183. Avade paljundamiseks on määratud ristkülik, avad tehakse ristküliku nurkadesse

## 7. Süvendiga kirjete tegemine plaadi pinnale toimub järgmiselt.

- Peamenüüribalt saki **Home** alt grupist **Sketch** (eskiis) vali  **Sketch** (eskiis), klõpsa plaadi ülemisele pinnale ja jälgi, et muutuval tööriistaribal oleks märgitud

 **Coincident Plane**



(kokkulangev pind)

või  **Feature's Plane**

(keha pind). Plaat pöördub ülemise pinnaga ekraanile.

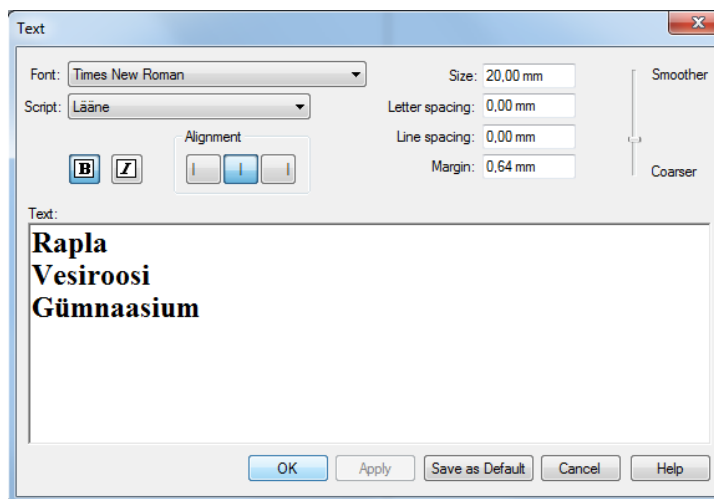
- Peamenüüribalt saki **Tools** (tööriistad) alt grupist **Insert**

(sisesta) vali 

**Text Profile** (teksti kuju). Seejärel avaneb dialoogiaken **Text** (tekst), kuhu kirjuta vajalik kirje tekst. Vali kirjatüüp (**Font**), märgi kirja laiuseks  (paks kiri), kirja kõrguseks kirjuta **Size: 20,00 mm** ja sõnade joondamiseks (**Alignment**) märgi  (keskele). Teksti lõpetuseks vajuta

**OK**

(vt joonis 11-184), paiguta tekst plaadi keskele (vt joonis 11-185) ja salvesta (**Save**).



Joonis 11-184. Kirje teksti kirjutamine, kirjatüübi, -suuruse ja muude omaduste määramine dialoogiaknas












Joonis 11-185. Teksti eskiisi paigutamine plaadi pinnale

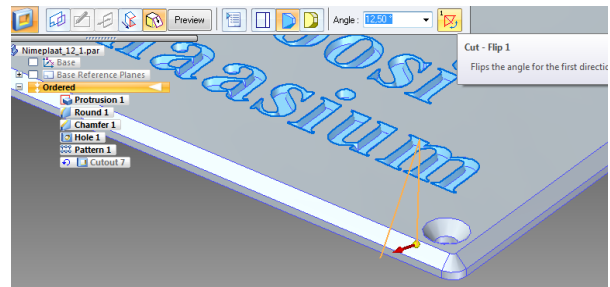
Kui soovid kasutada kirjutatud teksti ja selle häälestust veel edaspidi, salvesta see vaikimisi

**Save as Default**

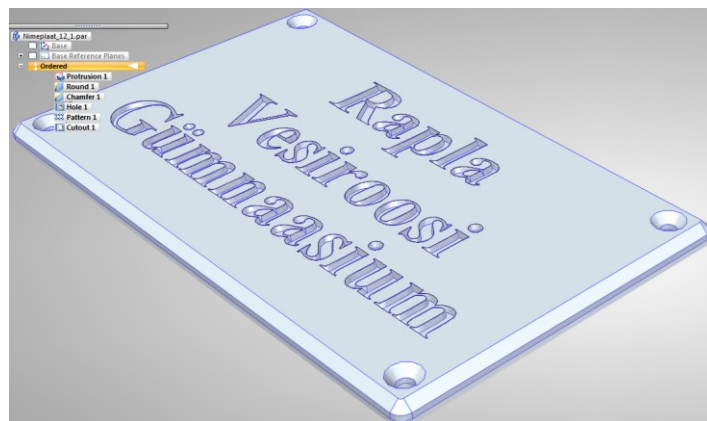
enne teksti lõpetamist ja vajuta **OK** (vt joonis 11-184).




- Grupist *Solids* vali  **Cut** (lõika), muutuval tööriistaribal märgi  **Select from Sketch** (vali eskiisist) ja jälgi, et valikus oleks märgitud kogu kontuur Select: **Chain**. Vii kursor kirjutatud tekstile (eskiisile), mis muutub aktiivseks ja valiku lõpetamiseks vajuta  **Cut - Accept [Right Mouse Button or Enter]** (lõige – nõus [parem hiireklahv või *Enter*]).
- Muutuval tööriistaribal kontrolli, et aktiivsed oleksid  **Cut - Extent Step** (lõika – ulatuse aste),  **Cut - Finite Extent** (lõige – lõplik ulatus) ja kirjuta ulatuse suurus kastikesse Distance: **2.00 mm** ( Distance: **2.00 mm**). Sisselõike suuna näitamiseks vii kursor allapoole plaati ja klõpsa seal. Tekst lõigatakse plaati vertikaalsete seintega 2 mm sügavuselt.
- Sisselõike kontuurile kallete lisamiseks aktiveerub muutuval tööriistaribal  **Cut - Treatment Step** (lõige – töötuse aste), vajuta käsunupule  **Cut - Draft** (lõige – vormikalle) ja kirjuta kaldenurga suurus Angle: **12.50°** ( Angle: **12.50°**). Arvuti näitab mudelil kalde suunda (vt joonis 11-186). Kui kaldesuund on vaja muuta vastupidiseks, klõpsa nupule  **Cut - Flip 1** (lõige – pööra ümber) ja arvuti pöörab kalde vastassuunaliseks. Sisselõike lõpetamiseks vajuta **Preview** (eelvaade) ja **Finish** (lõpeta) ning **Save** (salvesta, vt joonis 11-187). **Kui sisselõike külgedele ei soovi kallet lisada**, siis vajuta siinsamas käsunupule  **Cut - No Treatment** (lõige – ei ole töötlust).



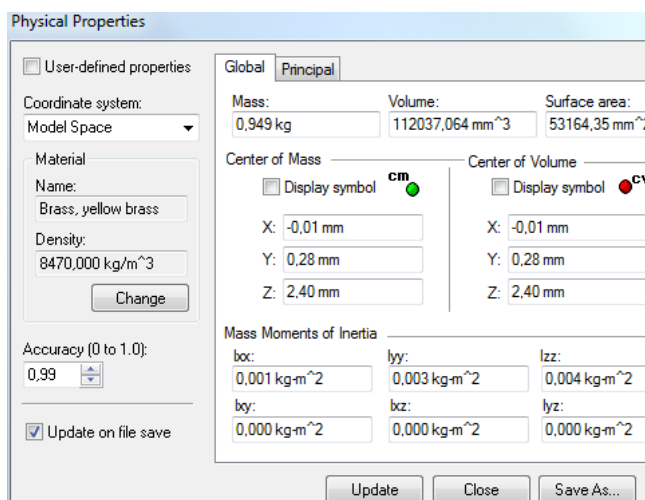
Joonis 11-186. Kalde lisamine teksti sisselõikele ja selle suuna määramine



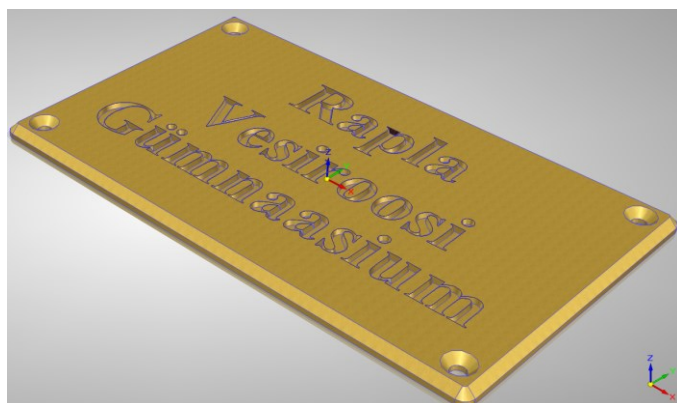
**NB!** Sisselõike vormikalle ja selle sügavus on omavahel seotud. Kui arvuti ei tee valitud kirjatüübi juures määratud süvendi kalde ja sügavusega tähtede süvendeid, tuleb kas vähendada kallet või sisselõike sügavust.

8. Plaadile materjali lisamiseks, plaadi massi ja muude füüsikaliste omaduste määramiseks vali saki *Inspect* (kontrollima) alt grupist *Physical Properties* (füüsikalised omadused)  **Properties** (omadused). Vt täpsemat kirjeldust peatüki 11.5 punktides 16–20.





Joonis 11-188. Dialoogiaken nimeplaadile materjali lisamiseks ja tema omaduste määramiseks






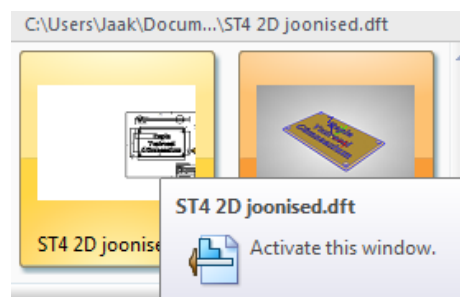
Joonis 11-189. Messingist nimeplaadi 3D-mudel süvendatud tekstiga plaadil

Nüüd ilmub plaadi füüsikaliste omaduste dialoogiaken **Physical Properties**, kus muuda materjali tihedust, vajutades nupule **Change** (muuda). Seejärel ilmub materjalide lisamise tabel **Solid Edge Material Table** (Solid Edge'i materjalide tabel). Vali siin materjalide loetelust **messing** (Material: **Brass, yellow brass**) ja vajuta **Apply to Model** (lisa mudelile). Seejärel vajuta dialoogiaknas **Update** (uuenda, vt joonis 11-188). Arvuti lisab plaadile materjali, näitab selle tihedust, arvutab plaadi massi, mahu, pindala, massi- ja mahukeskme asukohad jm (vt joonised 11-188 ja 11-189).

9. Save (salvesta).

### 11.13.2. Nimeplaadi 2D-joonise valmistamine

1. Vali  **Application Button** (rakenduste käsunupp) ja sealt rippmenüüst *Open* (ava). Avananud dialoogiaknast *Open File* (ava fail) otsi üles oma kataloog ja sealt 2D-joonisefail. Vali failitüüp **Files of type: Draft documents (\*.dft)** ja lisa (  **Insert** ) viimasele lehele uus A3-formaadis 2D-jooniseleht (vt ka peatükk 10.3). Tööjoonise näidet vt jooniselt 11-179 „Nimeplaat. Tähis **JN09.00.01**“.
2. Kui jooniseleht oli enne 3D-mudeli tegemist avatud, siis klõpsa ülemise käsurea käsunupul  (vaheta akent). Nüüd avanevad töö käigus avatud failid erinevates akendes. Klõpsa vajalikul joonisefailil laiendiga *dft*, et avada jooniseleht. Joonisel 11-190 on selleks välja valitud joonised failinimetusega „ST4 2D-joonised.dft“. Avamiseks klõpsa seal vasakule hiireklahvile.




Joonis 11-190. 2D-jooniselehe avamine

Kuna tööjooniste valmistamist on ka varem mitmete



teksti lõpetamiseks vajuta **Preview** (eelvaade) ja **Finish** (lõpeta) ning **Save** (salvesta, vt joonis 11-192).

6. Kui kaldesuund on vaja muuta vastupidiseks (vt joonis 11-193), klõpsa

nupule  **Extrude - Flip 1** (eend – pööra ümber) ja arvuti pöörab kalde vastassuunaliseks.

Kaldenurgaks märgi

Angle:  (suurema

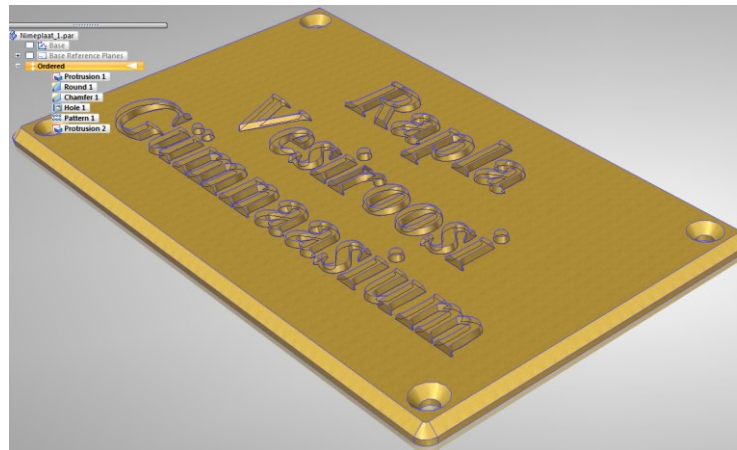
nurga märkimisel arvuti ei lõpeta mudelit).

Lõpetamiseks vajuta

**Preview** (eelvaade) ja

**Finish** (lõpeta), vajuta **Save As**

(salvesta nimega) ning anna uuele nimeplaadi 3D-mudelile uus nimi "Nimeplaat\_2".

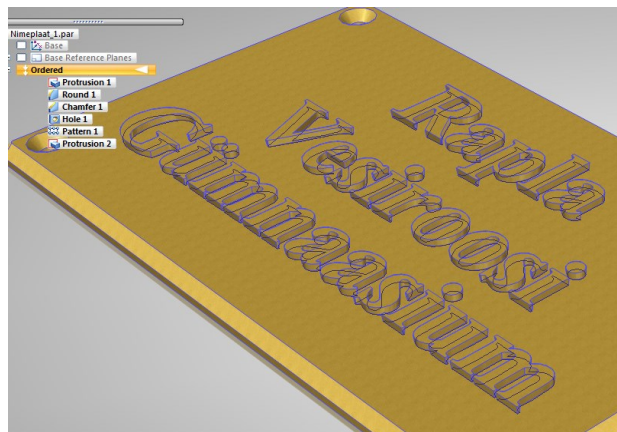


Joonis 11-192. Nimeplaat plaadist väljaulatuva tekstiosaga, väljaulatuse kalle on ülespoole ahenev

**Kui ei soovi teksti väljaulatuse külgedele kallet lisada**, siis vajuta

siinsamas käsunupule 


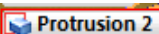



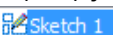
**Extrude - No Treatment** (eend – ei ole töötlust).





Joonis 11-193. Nimeplaat plaadist väljaulatuva tekstiosaga, väljaulatuse kalle on ülespoole laienev

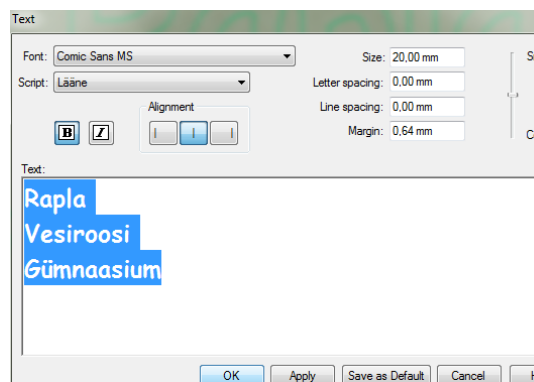
## **B. Kirjatüübi muutmine eelnevalt valmistatud nimeplaadi 3D-mudelil**


Teksti eskiisil muudetakse kirjatüüp ja seejärel moodustatakse plaadi 3D-mudeli tekst kas sisselõike või väljaulatusega.




1. Ava eelnevalt valmistatud nimeplaadi 3D-mudel (mudelid "Nimeplaat", "Nimeplaat\_1" või "Nimeplaat\_2" – kõigil neil on kirjatüübiks *Times New Roman*) ning salvesta see uue nimega "Nimeplaat\_3", mida saab hakata muutma.
2. Vali  **Select** (vali) ja muuda vasakul servaribal aktiivseks  **Protrusion 2**, vajutades sellele vasaku hiireklahviga. Seejärel kustuta väljaulatuv tekst. Selleks vajuta klaviatuuril *Delete*-klahvile või paremale hiireklahvile ja kustuta süvistatud tekst rippmenüült nupu  **Delete** (kustuta) abil. Olenevalt valitud plaadist, mida hakatakse muutama, võib tekst olla süvistatud  **Cutout 1**. Sellisel juhul tuleb see süvistatud osa kustutada 3D-mudelilt. Kirjutatud teksti eskiis jääb alles.
3. Vali  **Select** (vali) ja klõpsa vasaku hiireklahviga plaadil olevale tekstile, st vali välja teksti eskiis  **Sketch 1**. Nüüd muutub teksti eskiis aktiivseks ja kursori juurde ilmub

käsurida. Vali sealt  **Select - Edit Profile** (vali – redigeeri profiili) ja eskiis pöörduv  
ekraanile. Klõpsa siin tekstile ja vali muutuval tööriistaribal  **Select - Text Step** (vali  
– teksti aste).



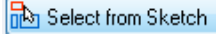
4. Dialoogiaknas **Text** (tekst) saab muuta kirjatüüpi, kirja kõrgust, laiust, muuta püstkiri kaldkirjaks jne. Vali siin kirjatüübiks *Comic Sans MS* ja vajuta **OK** (vt joonis 11-194).



5. Vali muutuval tööriistaribal  **Select - Location Step** (vali – asukoha aste)

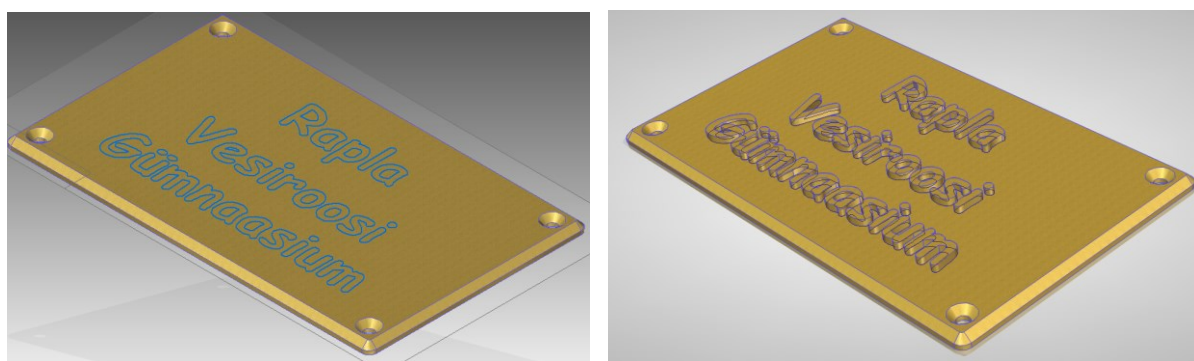
või  **Select - Reposition** (vali –  
ümberpositsioneerimine). Võta eskiisi raamist kinni ja nihuta muudetud teksti eskiis uuesti plaadi keskele ning vajuta  **Close Sketch** (sulge eskiis) ja  **Save** (salvesta).

Joonis 11-194. Dialoogiaken kirjatüübi, selle mõõtmete ja paigutuse määramiseks

6. Vali grupist *Solids* (tahke keha) kas  **Extrude** (eend) või  **Cut** (lõika), muutuval tööriistaribal märgi  **Select from Sketch** (vali eskiisist). Vali muudetud kirjatüübiga teksti eskiis ja tee nimeplaadi uus 3D-mudel vastavalt kas plaadipinnalt väljaulatava tekstiga (eendiga) või süvistatud tekstiga (tegevuse kirjeldust vt siinsest peatükist eespool ja peatükist 11.13.1).

Joonisel 11-195 näidatud nimeplaadil on tehtud väljaulatava (eendiga) tekstiga kiri, mille kirjatüübiks on *Comic Sans MS* ja väljaulatuse suuruseks 3 mm (Distance: **3.00 mm**).

**Mõnikord ei ole arvuti võimeline välja arvutama igat kirjatüüpi, näiteks kaldkirjas teksti ja mõnda kirjatüüpi, mille süvendites või eendites on kalded. Sel juhul tuleb katsetada sobivaid kirjatüüpe, kaldenurka süvendites või eendites, nende sügavust või väljaulatuse suurust, kaldkirja, tekstisuurust.**



a.

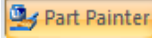
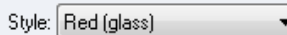
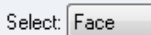
b.

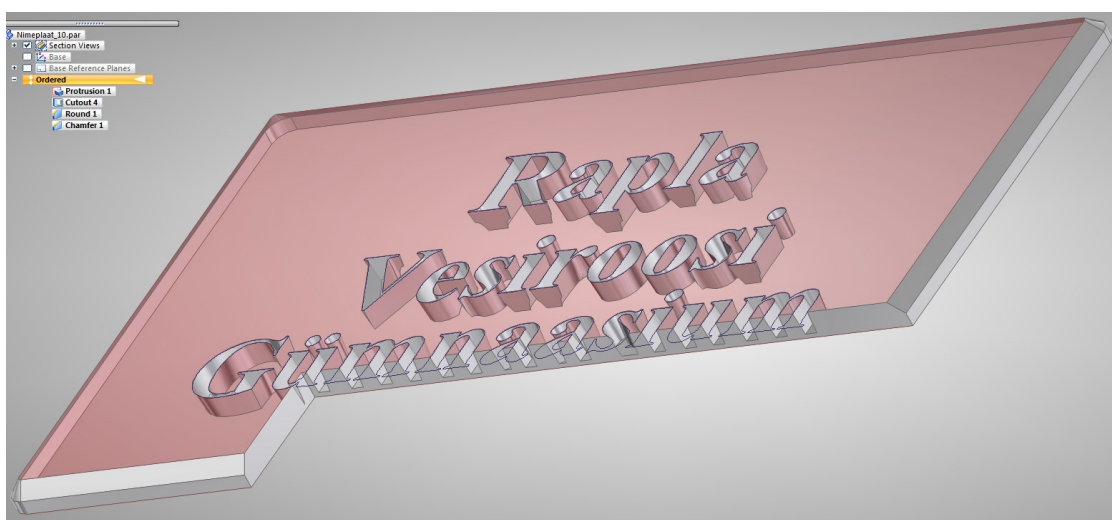
Joonis 11-195. Muudetud kirjatüübiga nimeplaadi 3D-mudeli valmistamine: a – muudetud kirjatüübiga *Comic Sans MS* teksti eskiis on paigutatud plaadile; b – nimeplaadil on valmis 3 mm eendiga tekst (ilma eendi kaldeta)



### C. Näiteid erineva kujunduse ja kirjatüübiga nimeplaatide 3D-mudelitest

Joonistel 11-196–11-199 on näidatud erinevaid nimeplaatide sama tekstiga. Erinevatel näidetel on muudetud plaadi materjali, kirjatüüpi, tekst on kas süvistatud plaati või ulatub plaadipinnalt väljapoole.

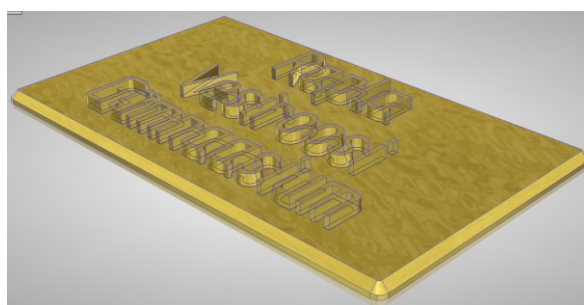
Joonisel 11-196 on plaadi ülemine pind kujundatud käsuga  (detaili värvija) läbipaistvana ja plaadi põhi on punakas  . Seetõttu on tähtede kuju süvises hästi nähtav. Lisaks on plaadile tehtud teksti kohalt lõige, kus on näha tähtede süvistamise kalle.



Joonis 11-196. Nimeplaat kirjatüübis *Times New Roman, Bold*-kiri, kirjakõrgus 18 mm. Plaadi pind on läbipaistev, põhi punakas ja nimeplaadi paksus 6 mm, tekst on süvistatud sügavusega 5 mm, süvistamise kalle on 5°

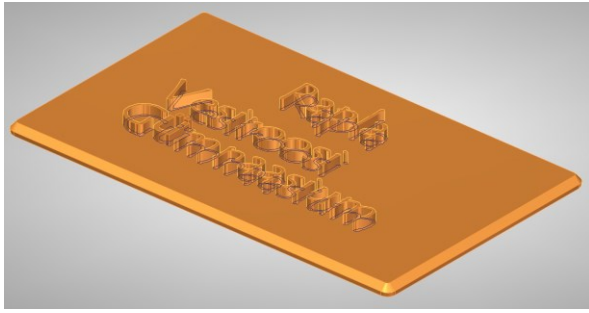


a.

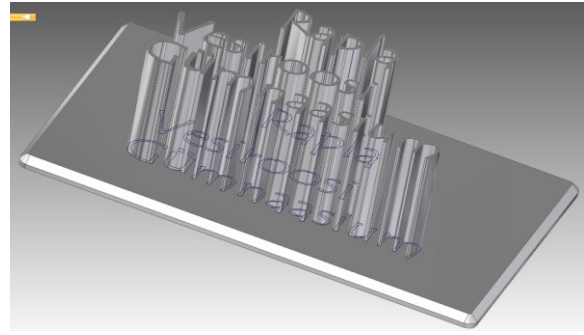


b.

Joonis 11-197. Nimeplaadid kirjatüübiga *Solid Edge ISO, Bold*-kiri, kirjakõrgus 18 mm: a – terasest nimeplaadil on tekst süvistatud sügavusega 2 mm; b – kullast nimeplaadil on väljaulatusega (eendiga) tekst, eendi kõrgus on 5 mm

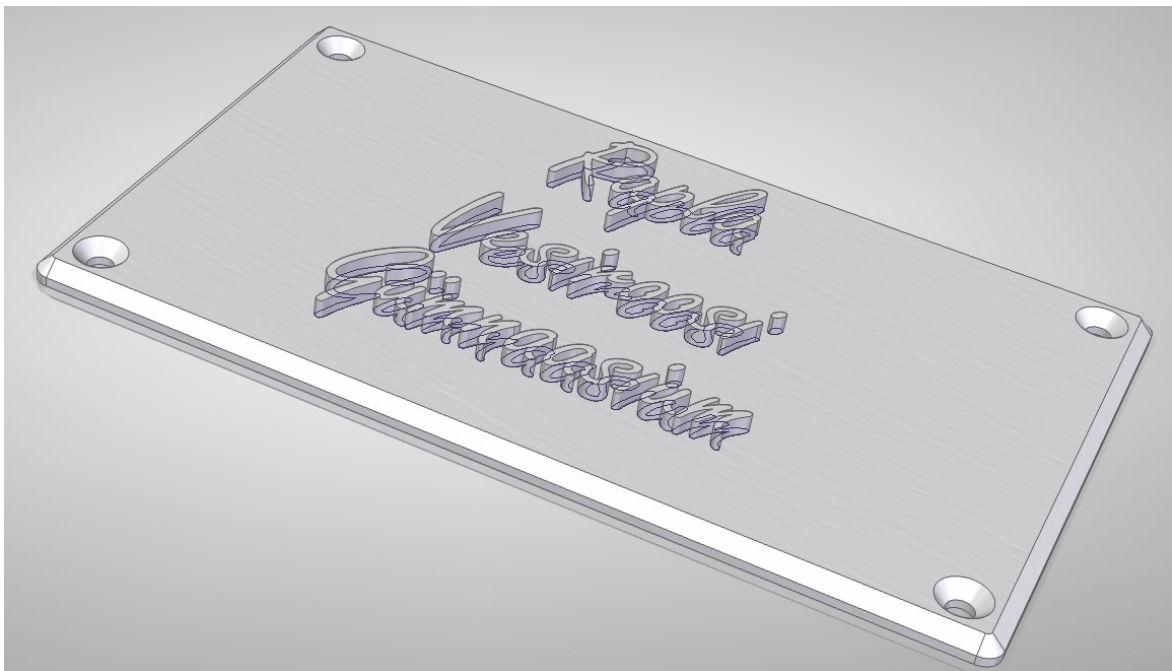


a.



b.

Joonis 11-198. Nimeplaadid kirjatüübiga *Tempus Sans ITC*, kirjakõrgus 20 mm: a – pronksist nimeplaadil on tekst plaadi pinnalt väljaulatuv (eenduv) ja kõrgusega 5 mm, külgpinnad on ilma kaldeta; b – platinast nimeplaadil on väljaulatusega (eendiga) teksti eendi kõrgus 50 mm



Joonis 11-199. Nimeplaat kirjatüübiga *Freestyle Script*, kirjakõrgus 28 mm, kus alumiiniumist nimeplaadil on tekst plaadi pinnalt väljaulatuv (eenduv) ja kõrgusega 4 mm, külgpinnad on ilma kaldeta





## 12. KOOSTUDE VALMISTAMINE 3D-KESKKONNAS (ASSEMBLY ENVIRONMENT). JOONISTE VALMISTAMISE ISEÄRASUSI KOOSTU 3D-MUDELITEST






### 12.1. Sissejuhatus koostamiskeskonna kasutamiseks

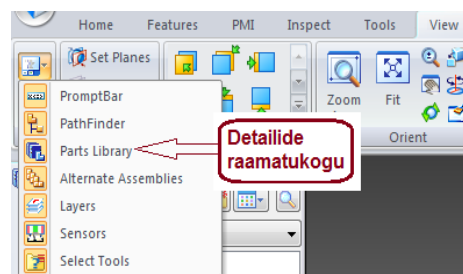
Koost (*assembly*) on kombinatsioon kahest või enamast detailist. Selles peatükis vaadeldakse, kuidas erinevate detailide 3D-mudelitest panna kokku koost, luues vajadusel detailidevahelisi sidemeid, ja seejärel genereerida koostu 3D-mudelist 2D-jooniseid. Koostu kokkupanemise näitena vaadeldakse **istepingi JN02.00.00** koostamist detailidest, mis olid varem valmistatud detaili 3D-modelleerimiskeskonnas (*Part Environment*) ja mille valmistamist on põhjalikult kirjeldatud 11. peatükis. Koostu saab panna kokku, kasutades olemasolevaid detaile ja alamkooste (vajadusel võib modelleerida erinevates keskkondades detaile juurde). Saab kasutada ka detaile, mis ei ole valmistatud *Solid Edge*'i programmiga. Detailide mudelid, mis on konstrueeritud teistes CAD-formaatides, tuleb enne muuta *Solid Edge*'i failiks. Erinevate koostude valmistamise tegevusjärjekord ja kasutatavad detailidevahelised seosed võivad oluliselt erineda. Ühtset tegevusjärjekorda erinevate koostude koostamisel tavaliselt ei ole.

Järgnevalt näidatakse, kuidas eelnevalt valmistatud 3D-mudelitest panna kokku koostud, kasutades koostamiskeskonna elementaarseid käsklusi. Nende koostude koostamise kirjelduse eesmärk on anda üldjuhis koostamisprogrammi omandamiseks (see õpetus ei demonstreeri kaugeltki kõiki *Solid Edge*'i koostamiskeskonna võimalusi).

Koostamiskeskonnas koostu kokkupanemise alustamiseks peavad arvutis olema *Solid Edge*'i programmis salvestatud detailid, mis on eelnevalt valmistatud 3D-modelleerimiskeskonnas või mõnes muus kolmemõõtmelise detaili valmistamise keskkonnas. Kõigepealt avatakse koostamiskeskond. Kui keskkond avaneb selliselt, et servapaan või -riba puudub, siis tuleb see tuua töölauale. **Servariba ekraanile toomiseks tuleb peatööriistaribal aktiveerida sakk View (vaade), viia kursor ikoonile  Panes (servariba, -paan) ja klõpsata hiireklahvil (vt joonis 12-1). Seejärel avaneb rippmenüü, kust saab aktiveerida hiireklõpsuga detailide raamatukogu  Parts Library**. Töölaua vasakusse serva ilmub servariba kataloogide ja failide valiku võimalustega. Sealt tuleb otsida vajalik detailide kataloog ja aktiveerida see. Kataloogis kuvatakse detaili mudelite loetelu koos keskkonda iseloomustava ikooniga (vt joonis 12-2). Seejärel on keskkond ette valmistatud virtuaalse koostu kokkupanemiseks.

Olulisemate servariba tööriistade tähendusi:

- ✓  PromptBar – nähtav teateriba, millega programm nõuab kasutaja sekkumist;
- ✓  Layers – kihid, paigaldused;
- ✓  PathFinder – koostamise rajaleidja;
- ✓  Parts Library – detailide raamatukogu;
- ✓  Alternate Assemblies – alternatiivsed (alam)koostud.



Joonis 12-1. Koostamiskeskonna ISO Assembly ekraanipildi fragment. Servariba ja sellel detailide raamatukogu aktiveerimine

Tööd koostamiskeskonnas alustatakse virtuaalse koostu monteerimisest.

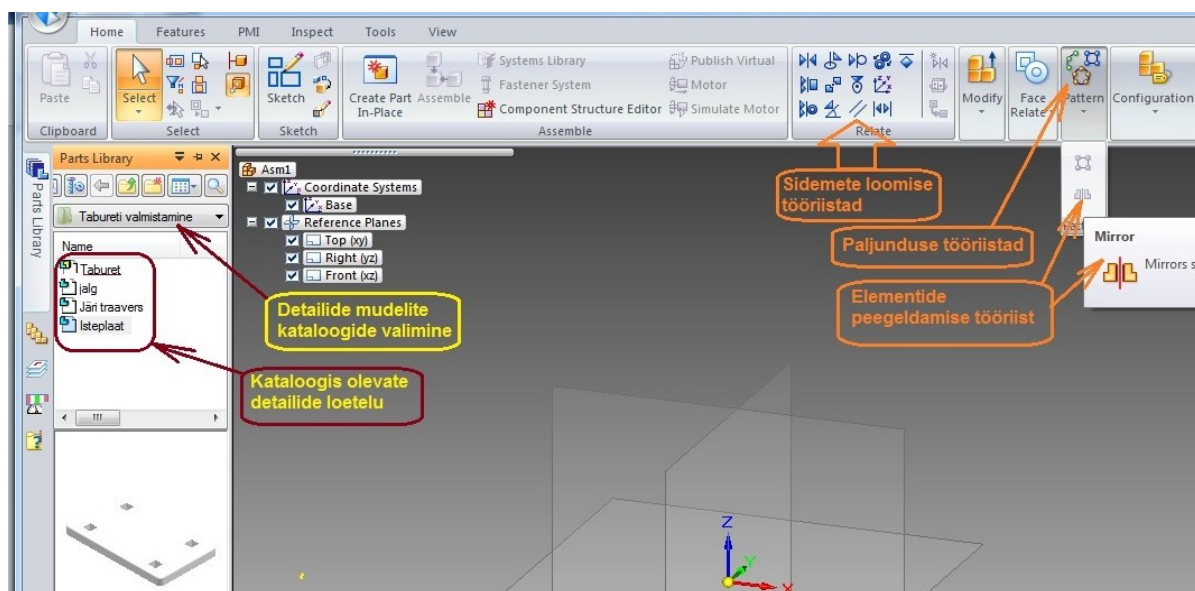
## 12.2. Üldine tegevusjärjekord istepingi koostamiseks, sidemete lisamiseks ja koostejoonise valmistamiseks

Kokkupandav koost on **istepink JN02.00.00**, selle koostu detailid on eelnevalt modelleeritud detailide 3D-modelleerimiskeskonnas (*Part Environment*). Istepingi detailide modelleerimist on lähemalt kirjeldatud õpiku 11. peatükis. Kõik istepingi detailid on salvestatud detailide modelleerimise keskkonnas kataloogis "Tabureti valmistamine". Detailide nimedel on laiend **.par**. Istepingi joonis on esitatud näitena 8. peatükis joonisel 8-9. Eelnevalt on avatud 2D-projekteerimiskeskonnas istepingi detailide joonisefail.


### 12.2.1. Istepingi koostu 3D-mudeli valmistamine eelnevalt modelleeritud detailide mudelitest

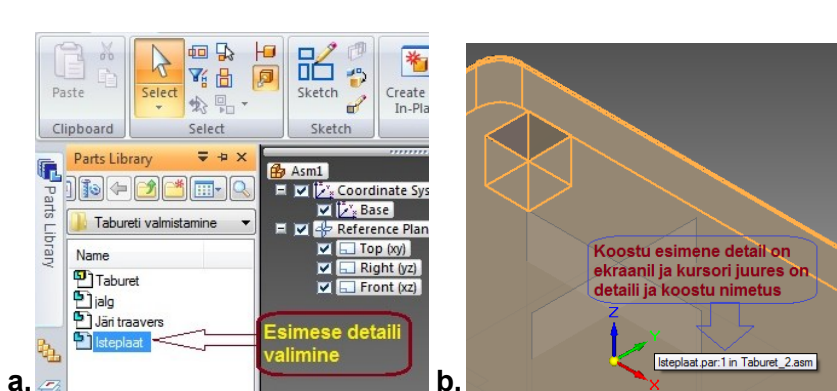
#### 1. Koostamiskeskonna avamine:

- kui eelnevalt on avatud projekteerimiskeskond ning ette valmistatud jooniseleht koos raamjoone ja nurgatabeliga (vt joonised 11-2 ja 11-3), vii kursor nupule *Application Button* (rakendusnupp) ja klõpsa vasakul hiireklahvil;
- kui rippmenüü on avanenud, vii kursor nupule **New** (uus) ja sealt veerule **ISO Assembly** (ISO koost) ning klõpsa vasakul hiireklahvil. Seejärel avaneb koostude valmistamise keskkond (vt joonis 12-2).



Joonis 12-2. Koostamiskeskonna *ISO Assembly* ekraanipilt. Aktiveeritud on servariba ja valitud vajalik kataloog, et alustada tabureti 3D-mudeli kokkupanemist

2. Servaribale koostu detailide loetelu kuvamiseks aktiveeri servaribal käsk  *Parts Library* (detailide raamatukogu), kui see ei ole aktiivne:
  - kataloogide seast vali endale vajalik kataloog (tabureti valmistamine) ja klõpsa vasaku hiireklahviga nimetatud ikoonil, seejärel avaneb kataloogis olevate istepingi detailide loetelu (vt joonis12-2);
  - klõpsates selle kataloogi loetelus ükskõik millisel detailil, muutub detail aktiivseks (avaneb) ja detaili mudeli kujutis kuvatakse loetelu all olevas eelvaate aknas (vt joonis 12-2).
3. Aktiveeri peatööriistaribal sakk *Home* (kodu), vii kursor raamatukogu loetelus isteplaadi failile ja klõpsa vasakule hiireklahvile (vt joonis 12-3a). **Hoides klahvi all**, lohista detaili fail servaribalt töölauale koordinaattelgede keskpunkti juurde või projektsioonipindade keskele. Siin vabasta hiireklahv ja jäta detaili mudel töölauale (vt joonis 12-3b).

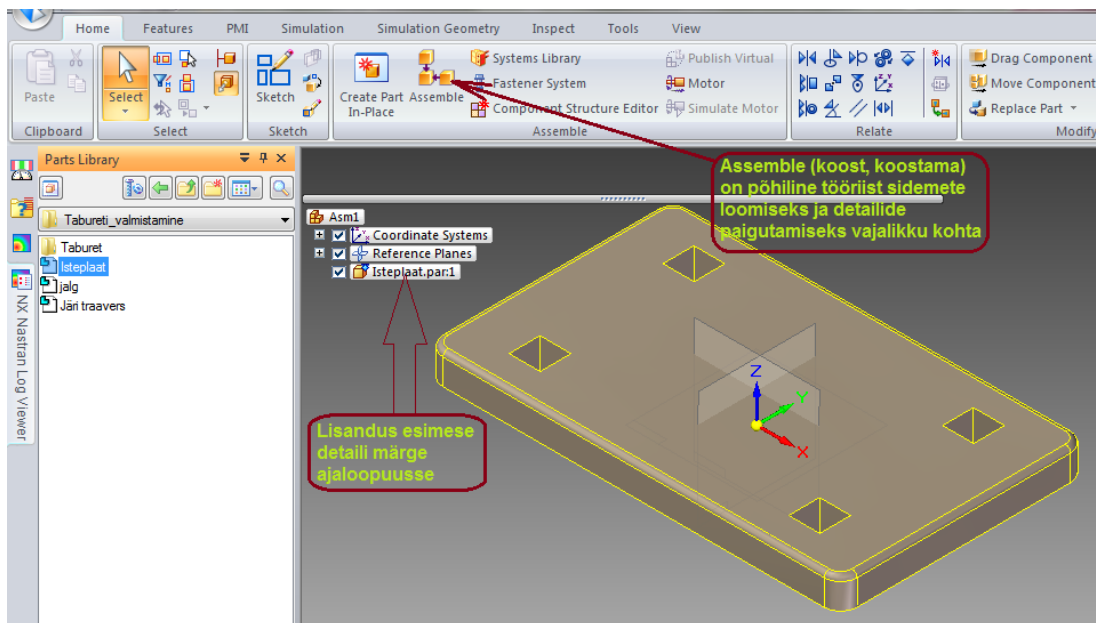


Joonis 12-3. Koostu kuuluva esimese detaili toomine ekraanile: a – servaribal on valitud isteplaadi fail; b – esimese detaili mudel on lohistatud projektsioonipindade keskele

**Esimene detail kujuneb põhidetailiks** ja seda pole võimalik hiljem kohalt nihutada, seepärast tuleks esimene detail viia ekraanil olevate koordinaat-tasapindade keskele ja seal vabastada. Tavaliselt paigutab arvuti põhidetaili ühe pinnaga vastu mingit projektsioonipinda (vt joonis 12-4) ja kinnitab

põhidetaili mudeli pinna külge (*ground*). Esimene seos luuakse automaatselt.


4. Tööriistaribal *Home* toimub muudatus: mitmed erinevate tööriistagruppide ikoonid, mis enne olid hallid (mitteaktiivsed), muutuvad aktiivseks (vt joonis 12-4).



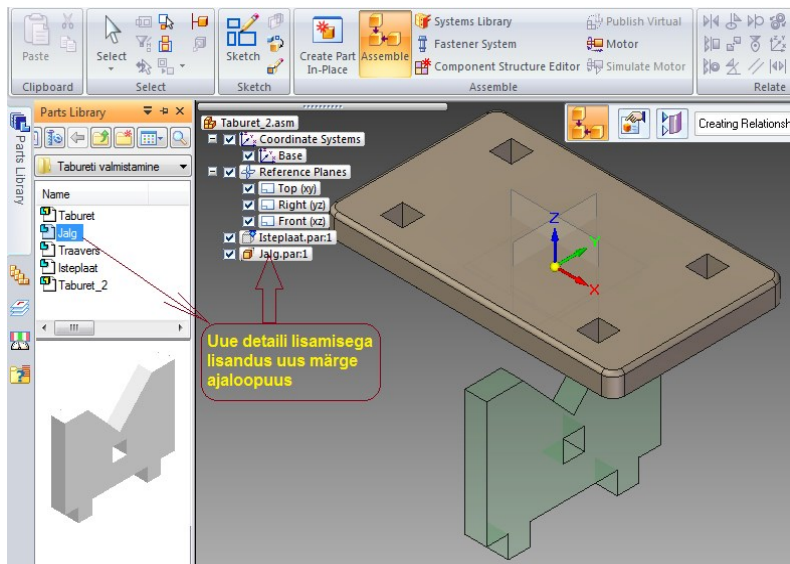
Joonis 12-4. Isteplaat on toodud koostamiskeskonda, ajaloo puus on tehtud vastav märg. Detail on kinnitatud projektsioonipindade külge (siin xy-tasapinnale)


5. Kasutades käsku  **Zoom** (suurenda-vähenda), vähenda isteplaadi kujutist töölaual.

6. Järgmiseks detailiks aktiveeri tabureti jalg, too see töölauale ja pööra õigesse asendisse:

- vii kursor servariba loetelus tabureti jala peale, lohista see töölauale isteplaadi alla ning vabasta vasak hiireklahv (vt joonis 12-5);
- kui jalg tuli töölauale vales asendis nagu joonisel 12-5, siis vali **Modify** (muuda) grupist  **Drag Component** (lohista, liiguta komponenti), töölauale ilmub dialoogiaken **Analysis Options** (analüüsi omadused), kus on detaili liigutamise tingimused, nõustu vaikimisi seadistatud võimalustega, klõpsates nupul **OK**, ja klõpsa jala kujutisel;

- jalg muutub aktiivseks ja jala ette tekivad lokaalsed koordinaatteljed, mis on seotud aktiveeritud mudeliga (jalaga). Telgi on võimalik aktiveerida ja detaili mudelit liigutada telgede suunas või pöörata ümber valitud telje (vt joonis 12-6);



- aktiveeri muutuval tööriistaribal ikoon 


Joonis 12-5. Tabureti jalg on toodud töölauale, ajaloo puus on vastav märg




**Drag Component - Rotate**

(lohista komponenti – pööra) ja määra telg, mille ümber jalg pöörata, klõpsa x-teljel, nurgalahtrisse trüki

Angle:  ja vajuta klahvi **Enter** (vt joonised 12-6 ja 12-7);

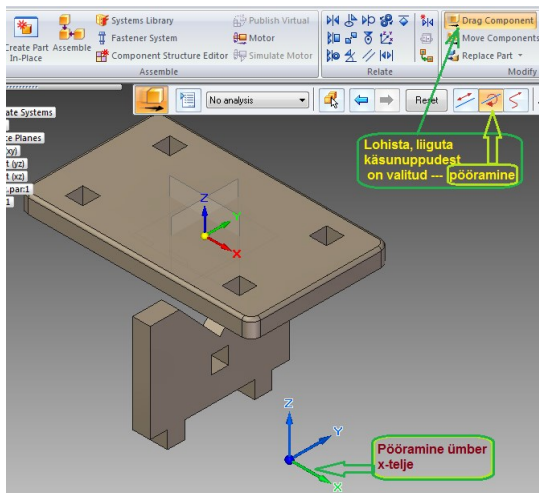
- käsk on lõpetatud ja pingi jalga on pööratud 180° (sobivasse asendisse), et seda oleks lihtsam asetada tapiavasse (vt joonis 12-7).

Tööriistaga  **Drag Component** (lohista, liiguta komponenti) on võimalik detaili liigutada kolmel erineval moel:

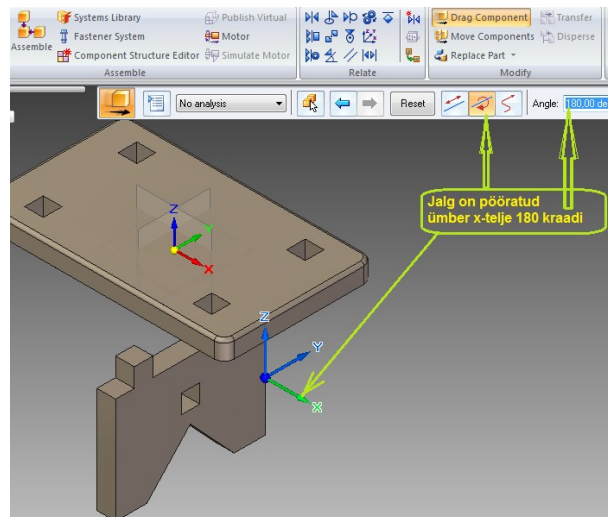
-  pöörata detaili ümber aktiveeritud telje;
-  liigutada detaili sirgjooneliselt kas valitud telje või detaili serva suunas;
-  liigutada detaili suvalist trajektoori mööda, selleks tuleb detaili peal vajutada vasak hiireklahv alla ja **klahvi all hoides** lohista detail vajalikku kohta.

1. Pingi jala paigutamine isteplaadi tapiavadesse ja vajalike sidemete loomine. Selleks kasutatakse tööriistagrupi **Assemble** (koost, koostama) käsk, seejuures vajutatakse alla ka käsunupp (vt joonised 12-8 ja 12-9).





Joonis 12-6. Tabureti jalg on töölaual ja ette valmistatud õigesse asendisse pööramiseks käsuga **Drag Component** (lohisti, liiguta komponenti), aktiveeritud on pöörlev liikumine ja x-telg



Joonis 12-7. Tabureti jalg on töölaual pööratud 180° (koostamiseks sobivaim asend)

Olulisemate sidemete loomise tööriistanuppude selgitusi:

- **FlashFit** – kiire, tark side, programm valib sideme liigi ise;
- **Mate** – paari, kokku panema;
- **Planar Align** – pindade joondamine;
- **Axial Align** – telgede joondamine (koaksiaalsus);
- **Insert** – sisesta;
- **Parallel** – servade paralleelsus;
- **Connect** – ühendamine (pindadel ja servadel olevate **punktide** ühendamine).

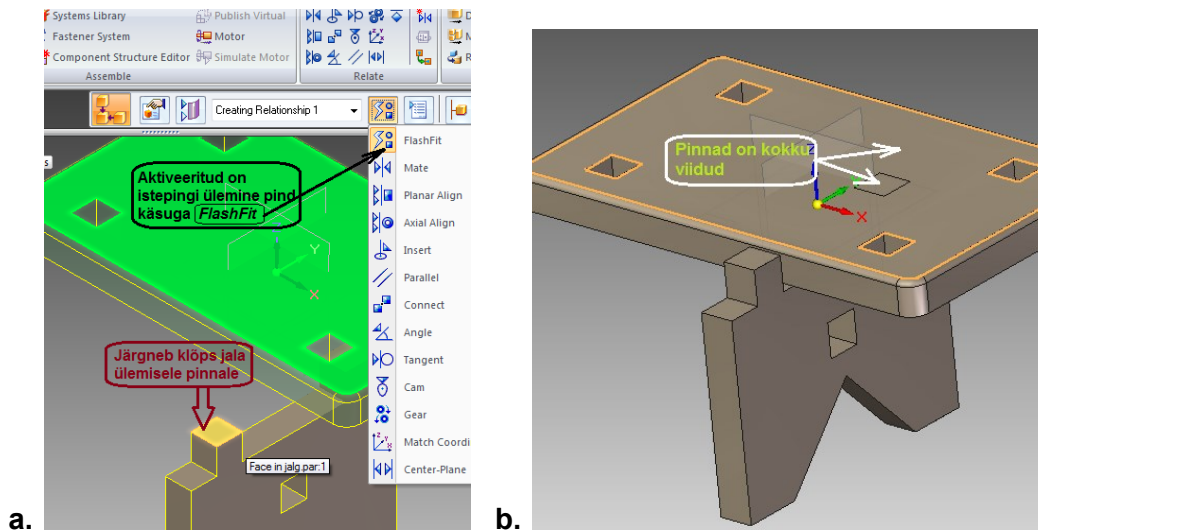


Joonis 12-8. Seoste (*Relate*) tööriistagrupi käsunuppude ikoonid

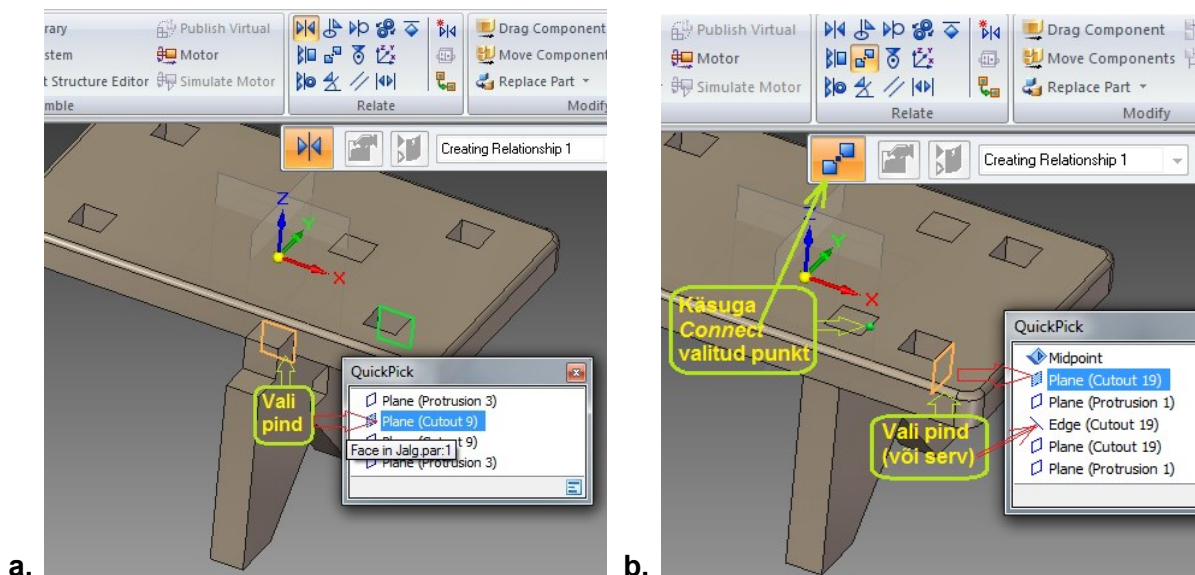
2. Aktiveeri tööriist **Assemble** (vt joonis 12-9a), seejärel avaneb muutuv tööriistariba ja vaikimisi aktiveerub ka **FlashFit** (kiire, tark) side.

3. Sideme loomiseks detailide vahel toimi järgmiselt.

- Aktiveerinud tööriista **FlashFit**, vii kursor isteplaadi ülemise pinna peale ja klõpsa hiireklahvile, seejärel klõpsa jala tapi ülemisele otspinnale (vt joonis 12-9a).
- Programm joondab aktiveeritud pinnad ja paneb valitud pinnad samale tasapinnale (vt joonis 12-9b).
- Järgmisena vali grupist **Relate** (seosed) teine side **Mate** (paari, kokku panema), klõpsa isteplaadi ava nähtavale pinnale ning pind muutub aktiivseks (rohelisteks, vt joonis 12-10a). Seejärel vali tabureti jala tapi vastav pind. Vii kursor tapile ja **oota, kuni** kursori juurde tekib **hiire kujutis, klõpsa paremale hiireklahvile**, seejärel avaneb kiirvalikumenüü **QuickPick**. Siit vali sobiv rida. Kui vajalik pind muutub aktiivseks (pinna ümber tekib eredavärviline kontuur), siis klõpsa sobival real (vt joonis 12-10a).

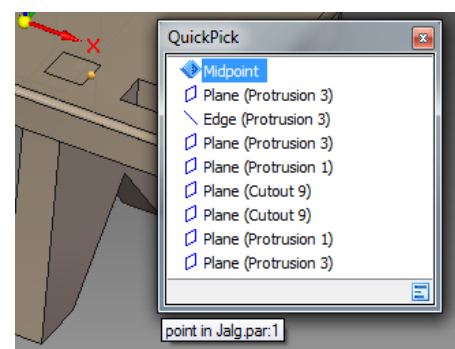


Joonis 12-9. Tabureti jala tapi ülemise pinna kokkuviiimine isteplaadi ülemise pinnaga: a – isteplaadi ülemine pind on aktiivne; b – isteplaadi ülemine pind ja tapi otspinnad on samal tasapinnal



Joonis 12-10. Tabureti jala tapi kokkuviiimine isteplaadi avaga: a – isteplaadi tapiava külgpinna aktiveerimine kiirvalikumenüü *QuickPick* abil; b – jala serval oleva punkti ühendamine (*Connect*) isteplaadi avaga

- Samal meetodil käsku **Mate** (paari, kokku panema) ja kiirvalikumenüüd **QuickPick** kasutades võib tapi teise külgpinna isteplaadi ava panna kokku külgpinnaga, kuid siin saab sama tulemuse ka käsu **Connect** (ühenda) abil. Selle käsuga vali tabureti jala tapi ülemisel serval keskpunkt (*Midpoint*) ja ühenda see isteplaadi ava külgtahu või ülemise külgservaga.
- Vali grupist *Relate* (seosed) kolmas side detailipaarile **Connect** (ühenda) ja vii kursor tabureti jala tapi külgserva peale. Seejärel ilmub



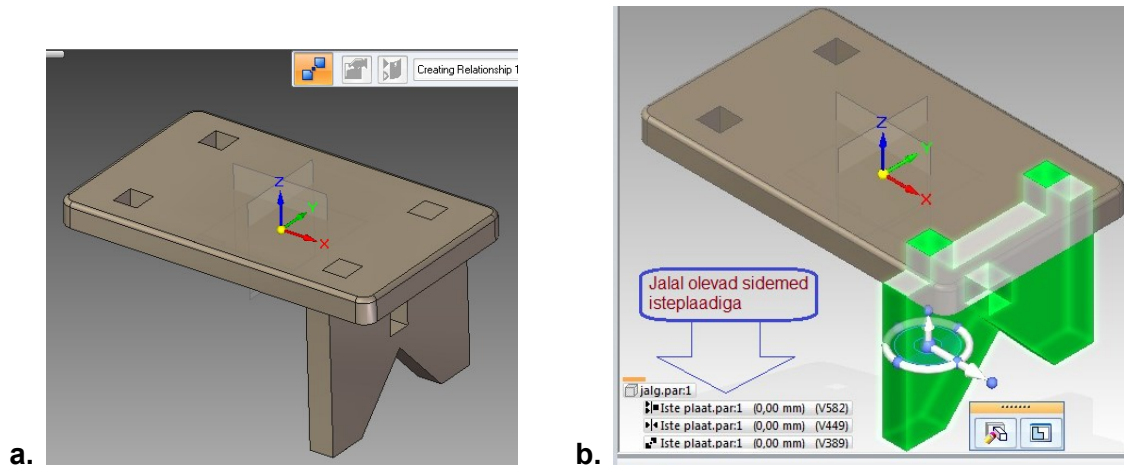
Joonis 12-11. *QuickPick*'i abimenüü kasutamine elementide valikul. Jala tapi serval on valitud välja keskpunkt (*Midpoint*)



punkt, mille serva peal on tekst `point in Jalg.par:1`. Kasutada võib kiirvalikumenüüd `QuickPick`, et veenduda punkti valiku õigsuses (vt joonis 12-11).

- Tapi serval valitud punkt ühenda isteplaadi tapiavaga, selleks mine kursoriga ava serva juurde. Nüüd ilmub menüü `QuickPick`, kust vali tapiava külgtahk või ülemine külgserv (vt joonis 12-10b, kus on valitud külgtahk), klõpsa sellel ja tapp ühendatakse avaga (vt joonis 12-12).

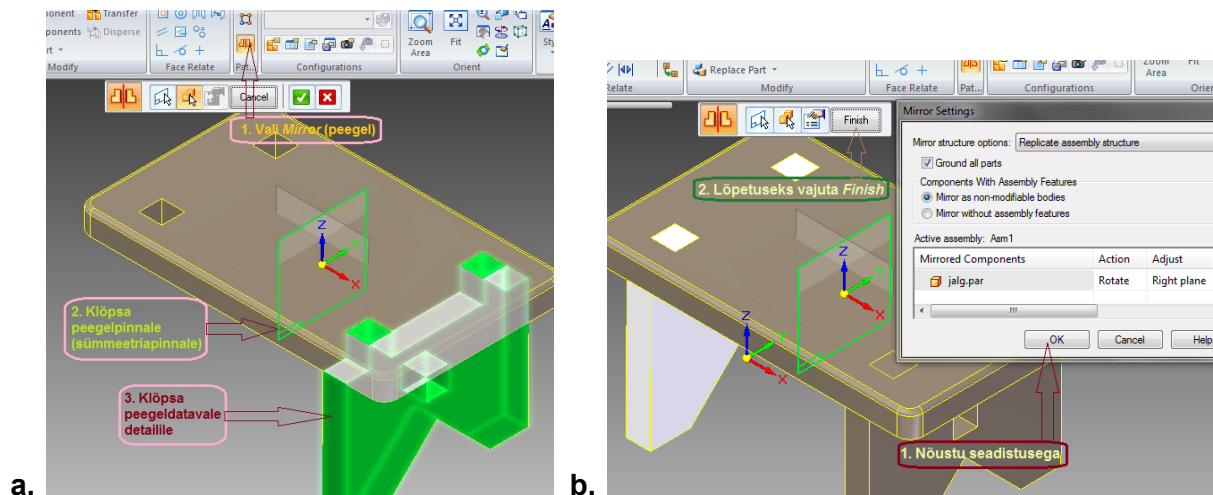
Samal põhimõttel oleks võinud kasutada ka pindade joondamise tööriista `Planar Align`. Sel juhul oleks arvuti valitud tasapinnad kokkupaneku või ühendamise asemel joondanud.



Joonis 12-12. Taburetile on üks jalg alla pandud: a – isteplaat ja tabureti jalg on vajalike sidemetega ühendatud; b – jala ja isteplaadi vahel olevate sidemete näitamine

Programm SolidEdge ST-4 virtuaalseid sidemeid mudelite vahel kohe ei näita, nagu seda tegid vanemad Solid Edge'i versioonid.

4. Selleks, et näha detailide vahel olevaid sidemeid, vali tööriist `Select` ja klõpsa uuritaval detailil, tabureti jalal. Aktiveeritud detail muudab värvi ja ajaloopuusse kuvatakse olemasolevad sidemed (vt joonis 12-12b).
5. Teise jala lisamiseks on võimalik kasutada tööriista `Mirror`:
  - peatööriistaribalt grupist `Pattern` (muster, mall) aktiveeri tööriist `Mirror`, klõpsates vasakul hiireklahvil (vt joonised 12-2 ja 12-13a);
  - klõpsa peegeldatavale pinnale, mille suhtes soovid detaili peegeldada, see pind peab olema tulevase koostu sümmeetriapind (vt joonis 12-13a);
  - seejärel klõpsa peegeldatavale detailile (tabureti jalale), nüüd muutuvad detaili servad eredavärvilisteks (rohelisteks) ja detail on aktiveeritud (vt joonis 12-13a);
  - edasi klõpsa äsja tekkinud muutuval tööriistariba nupul `Accept` (nõus, vt joonis 12-13a), seejärel lisab arvuti peegeldatava detaili ja avab dialoogiakna töölaual peegeldatud detaili seadistamiseks, nõustu vaikimisi oleva seadistusega, klõpsates dialoogiaknas `OK` (vt joonis 12-13b);

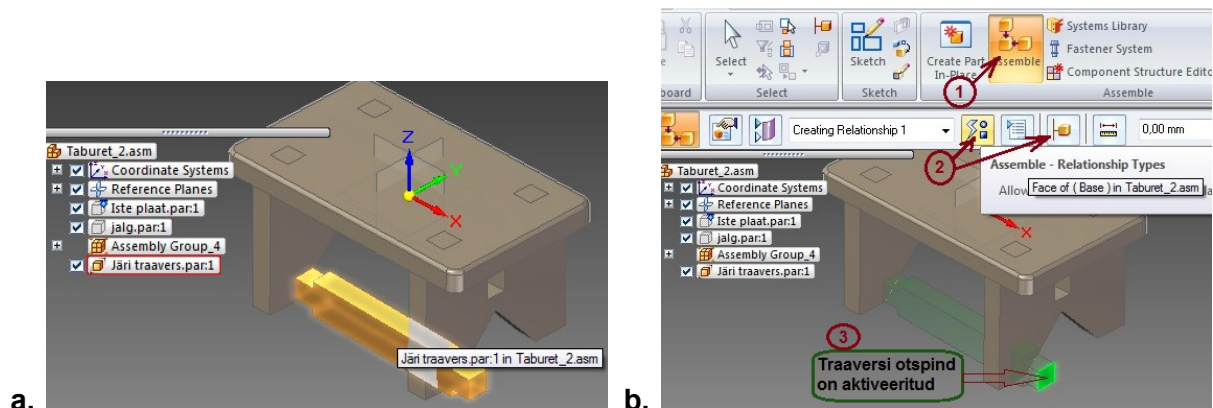


Joonis 12-13. Detaili peegeldamine peegelpinna suhtes: a – määratud on peegelpind – sümmeetriapind (siin yz-pind) – ja aktiveeritud tabureti jalg; b – pärast seadistusega nõustumist on jala peegelkoopia tehtud (jääb veel lõpetada tegevus)

- peegeldatava detaili lisamise lõpetamiseks klõpsa muutuval tööriistaribal oleval nupul **Finish**, dialoogiaken sulgub ja järjekordne detail koos vajalike sidemetega on tööriista **Mirror** abil lisatud (vt joonis 12-13b).

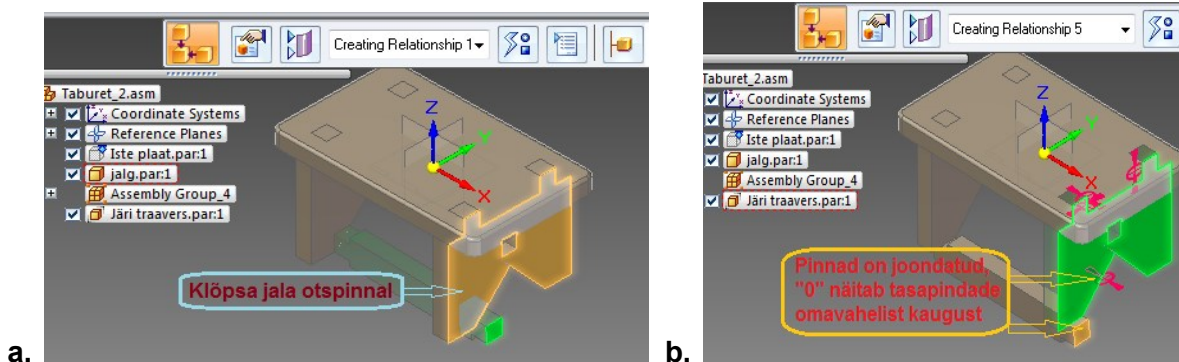
6. Viimase detailina too serveribalt detailide loetelust töölauale järi traavers ja loo vajalikud sidemed.

- Otsi serveribalt üles ja aktiveeri **Järi traavers** ning lohista see töölauale (põhjalikumat kirjeldust vt peatüki 12.2.1 punktis 6);
- Vaikimisi on aktiivne tööriist **FlashFit** (kiirpaigaldus, programm valib seoste liigi ise), aktiveeri muutuval tööriistaribal käsunupp **Planar Align** (pindade joondamine) ja klõpsa kursoriga traaversi tapi otspinnal (vt joonis 12-14b).



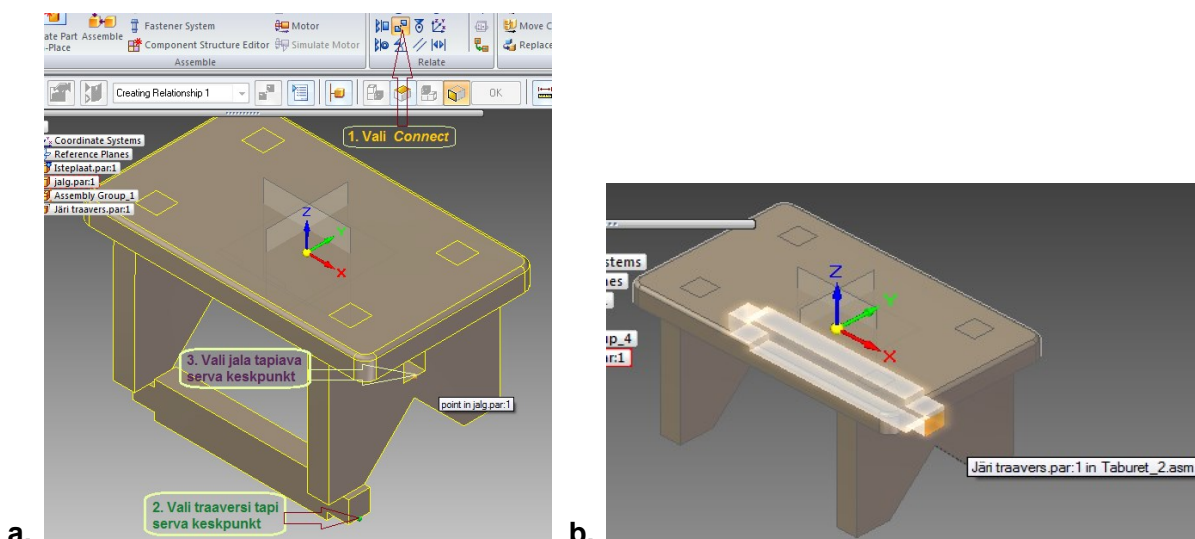
Joonis 12-14. Järi traaversi paigaldamine koostu: a – traavers on toodud kataloogist ekraanile; b – seose lisamine traaversi tapi otspinnale (tapi otspind on aktiveeritud)

- Järgmisena aktiveeri jala otspind (vt joonis 12-15a), arvuti joondab järi traaversi tapi otspinna ja jala otspinna ühele tasapinnale ehk nihutab traaversit tahapoole, kuni traaversi tapi otspind langeb kokku tabureti jala otspinnaga (vt joonis 12-15b).



Joonis 12-15. Järi traaversi paigaldamine koostu: a – teine hiireklõps tehakse tabureti jala otspinnal; b – traaversi tapi otspind on viidud tabureti jala otspinnaga samale tasapinnale

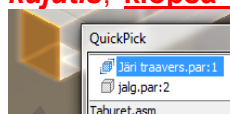
- Nüüd vii traaversi otsatapp tabureti tapiavasse ja kinnita see seal. Selleks vali grupist *Relate* käsk *Connect* (ühenda), mine kursoriga traaversi tapi otspinna alumisele servale ja oota veidi. Klõpsa vasakul hiireklahvil, kui serva keskele ilmub punkt (*Midpoint*, vt joonis 12-16a). Seejärel mine tabureti jala tapiava alumisele servale, selle keskele ilmub samuti punkt (*Midpoint*, vt joonis 12-16a), millele klõpsates arvuti ühendab need kaks punkti. Seejärel läheb järi traavers tapiavasse (vt joonis 12-16b) ja tabureti virtuaalne mudel on kokku pandud.



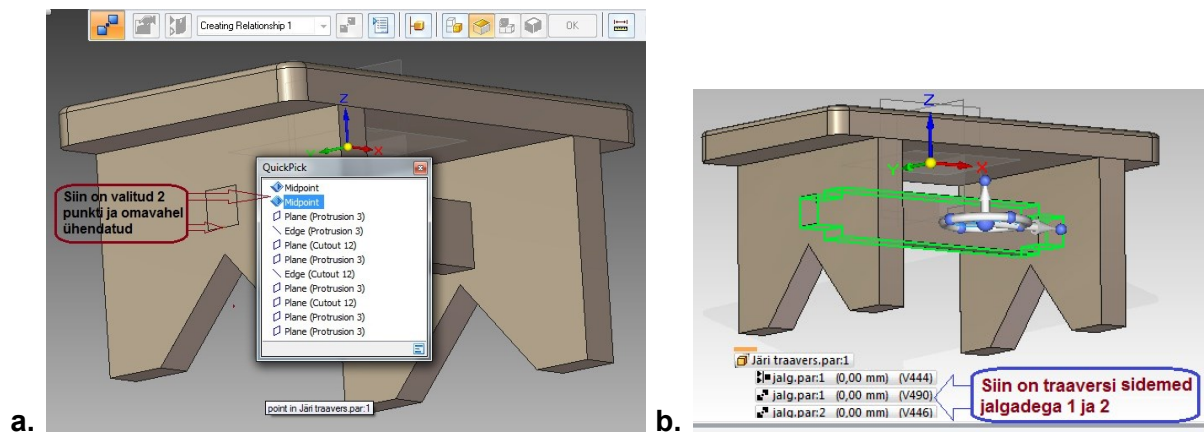
Joonis 12-16. Järi traaversi paigaldamine koostu: a – käsu *Connect* (ühenda) kasutamisel ühendatavate punktide valimine vastavatel traaversi tapi ja jala tapiava servadel; b – valitud punktid on kokku viidud ja tabureti virtuaalne mudel on kokku pandud

- Selleks et traavers lõplikult oma kohale paigutada, pööra taburet teispidi (teise jala otspind koos traaversi tapiga muutub nähtavaks), vali siin samuti *Connect* (ühendama) ja nii nagu eelmises punktis kirjeldatud, vali traaversi tapi serval ja jala vastaval serval punkt ning ühenda need punktid (vt joonis 12-17). Punktide täpsemaks valikuks **oota, kuni kursori juurde tekib hiire kujutis, klõpsa paremale hiireklahvile,**

misjärel avaneb kiirvalikumenüü *QuickPick*



. Seejärel vali menüü loetelust vajalikud detailide servad, kuhu panna punktid.



Joonis 12-17. Järi traaversi paigaldamine koostu: a – traaversi teise otsatapi ühendamine teise jala tapiavaga; b – sidemete loetelu traaversi ja tabureti jalgade vahel

See oli üks viis traaversile sidemete loomiseks tabureti jalgadega ja traaversi tabureti koostus vajalikule kohale paigutamiseks. Sama tulemuse võib saavutada ka teiste sidemete abil, näiteks:

- kasutades ainult seost **Planar Align** (pindade joondamine) erinevate traaversil olevate pindade joondamiseks jala tapiava pindadega;
- kasutades seoseid **Planar Align** (pindade joondamine) ja **Mate** (paari, kokku panema) osade traaversil olevate pindade joondamiseks jala tapiava pindadega ning ühe traaversi pinna kokkuviiamiseks tapiava pinnaga tabureti jalal.

7. Tabureti virtuaalne mudel on valmis, lisatud on vajalikud sidemed (traaversi ja tabureti jalgade vahelisi sidemeid vt joonisel 12-17).
8. Salvesta (Save) koostumudeli fail vajalikku kataloogi (siin kataloog „Tabureti valmistamine“).

### 12.2.2. Koostu mudelist joonise valmistamine

Koostejoonise ja selle kasutamise kohta on lähemalt kirjutatud peatükis 8.2, peatükis 11.6 on kirjeldatud üksikasjalikult 3D-mudelitest 2D-jooniste valmistamist. Siin alapeatükis neid teemasid põhjalikumalt ei käsitleta.

Koostu virtuaalsest mudelist joonise genereerimine on sarnane detailide 3D-mudelitest tööjooniste valmistamisega, välja arvatud mõned väikesed erinevused. Siinses peatükis on rohkem tähelepanu pööratud just nendele üksikutele iseärasustele (tükitabel; osanumbrid ja nende paigutus; detailid, mida koostejoonistel ei lõigata jne). Siin vaadeldakse üldist tegevusjärjekorda, kuidas valmistada koostu 3D-mudelist koostejoonis koos osanumbrite ja tükitabeliga.

Kõigepealt on oluline, et jooniselehe tagapõhi 2D-projekteerimiskeskonnas on nõuetekohaselt vormistatud.

1. Istepingi (tabureti) 3D-mudelist joonise tegemiseks ava oma kataloogist joonisefaili A3-formaadis leht (uue lehe avamise kirjeldust vt peatükis 11.6).
2. Kasutades tööriista *View Wizard*, vali manus (*Select Attachment*), st otsi üles istepingi (tabureti) 3D-mudel kas avanenud dialoogiaknast või kui seda seal ei



ole, siis mine käsunupu *Browse* (sirvi) kaudu kataloogi „Tabureti valmistamine“ ja otsi sealt üles istepingi koostu 3D-mudeli salvestatud fail (siin Taburet\_2 ). Jälgi, et failitüüp oleks *Assembly Document (\*.asm)* Files of type: *Assembly Document (\*.asm)*.

3. Ava (*Open*) valitud istepingi koostu fail. Avaneb dialoogiaken *Drawing View Creation Wizard*, kus on mõned muudatused võrreldes üksikmudelitest kujutiste genereerimisega. Kuna istepingi joonisel tuleb teha lõikeid ja varjatud kontuure joonisel ei kujutata, siis eemalda kontrollmärgid  *Accept* (nõus) aknakestest  *Orthographic views* gruppidest

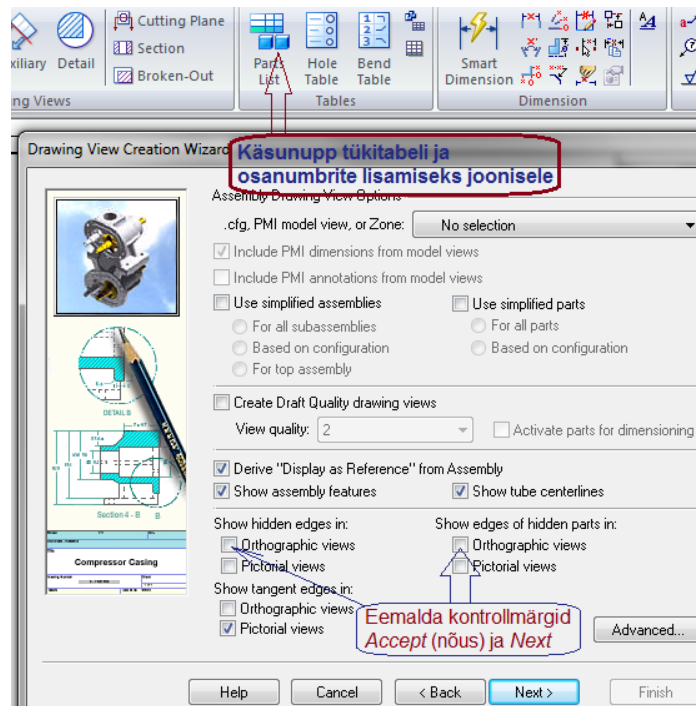
Show edges of hidden parts in: (varjatud detailide varjatud kontuurid) ja Show hidden edges in: (nähtavate detailide varjatud kontuurid. Vt selle kohta joonis 12-18.

4. Peatükis 11.6 esitatud kirjelduse järgi vali vajalikud joonise kujutised (vt peatükist 8.2.2 näidet joonisel 8-9) ja lisa need jooniselehele vajalikku kohta nii, et kujutiste vahele oleks võimalik hiljem lisada mõõtmed ja osanumbrid ning vajadusel paigutada nurgatabeli kohale vabale joonispinnale tükitabel (vt joonis 12-19).

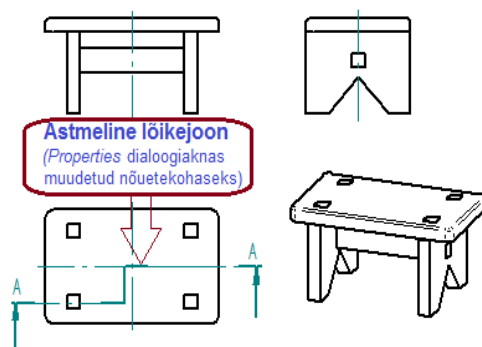
5. Vormista liitlõige, selleks aktiveeri vajalikud tööriistad, lisa sümmeetriateljed, tõmba lõiketapasinda kujutav astmeline joon ja tee astmeline lõige (kirjeldust vt peatüki 11.9 punktides 3 ja 4). Liitlõike vormistamine erineb liitlõike vormistamisest selle poolest, et sirglõigu asemele tuleb tõmmata astmeline joon, mis läbib tapiavasid, sest lõiketapasinnad on paralleelsed ja paiknevad astmeliselt (näidet vt joonistel 8-9 ja 12-19).

6. Kustuta olemasolev eestvaade ja genereeri lõikejoonest astmeline lõikekujutis, mis aseta kustutatud eestvaade asemele (vt peatüki 11.9 punktid 3 ja 4). Vaated ja lõikekujutis peavad olema omavahel projektsiooniliselt joondatud.

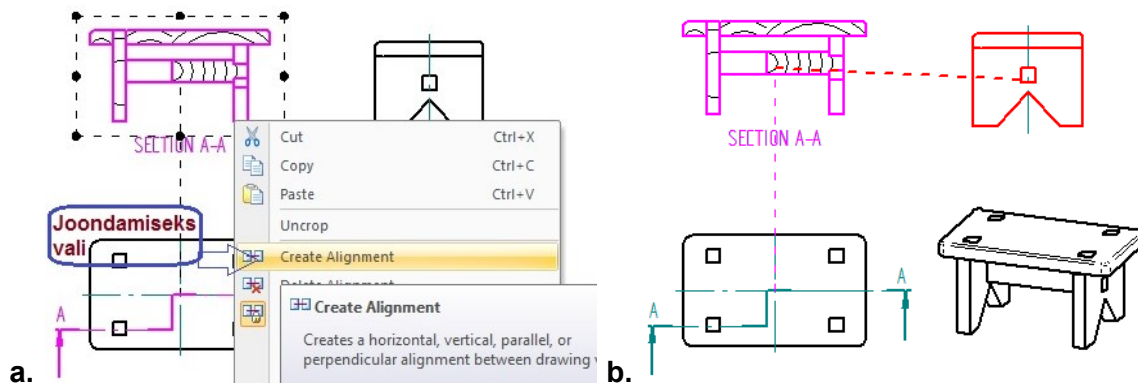
Joondamiseks vali *Select* ja klõpsa lõikekujutisel paremat hiireklahvi, seejärel ilmub rippmenüü, kust vali *Create Alignment* (loo joondamine) ning klõpsa paremaltvaatel vasaku hiireklahviga (vt joonised 12-20a ja 12-20b). Nüüd on kõik kujutised joondatud ja projektsioonilises seoses (vt joonis 12-21).



Joonis 12-18. Projekteerimiskeskonna ISO Draft fragment, joonise vaadete kujundamise dialoogiaknas on joonise kujutistelt eemaldatud varjatud kontuurid (kastikestest on eemaldatud linnukesed)

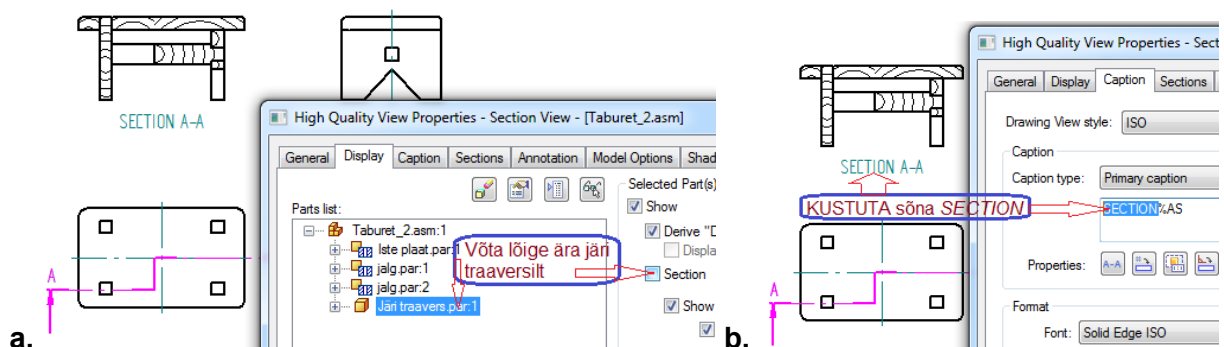


Joonis 12-19. Istepingi kujutised on paigutatud jooniselehele, lähtekujutisele on tõmmatud astmelise lõike lõikejoon ja näidatud lõike



Joonis 12-20. Istepingi joonise valmistamine: a – kolmvaate vaadete joendamise käsu valimine; b – projektsiooniliselt joondatavate vaadete valimine

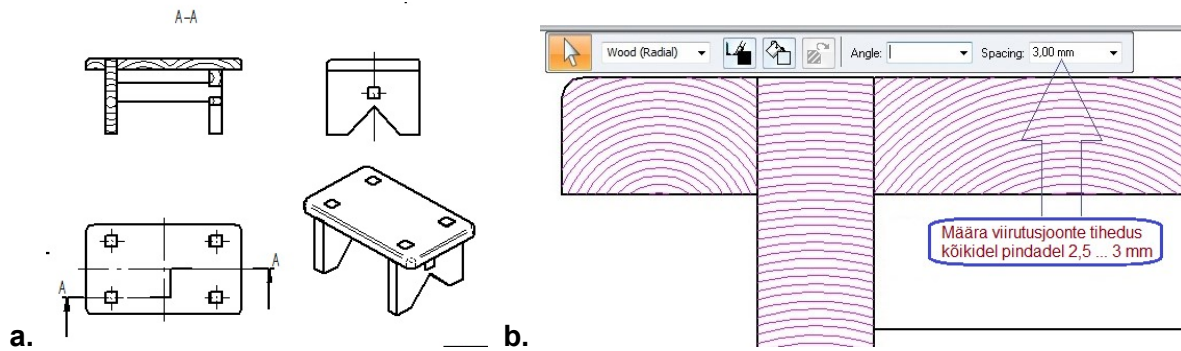
7. Kuna järi traavers on latikujuline täismaterjalist detail, tuleb traaversi lõikeosalt viirutus eemaldada (vt joonis 12-21), selleks vali tööriist **Select** ja klõpsa lõikekujutisel, ilmunud muutuval tööriistaribal klõpsa ikoonil **Select - Properties** (vali – omadused). Avanenud dialoogiaknas aktiveeri saki **Display** (ekraan) alt "Järi traavers" ja eemalda sellelt lõige. Selleks võta ära linnuke nupu  **Section** (lõige) eest (vt joonis 12-21a). Samas dialoogiaknas mine sakile **Caption** (märkus, pealkiri), kustuta kastist sõna **SECTION** ja vajuta **OK**.



Joonis 12-21. Istepingi joonise valmistamine: a – järi traaversilt lõike (viirutuse) eemaldamine; b – sõna **SECTION** kustutamine lõike pealkirja eest

8. Kujutise ümber tekib hall kast, see viitab muudatuse vajalikkusele kujutisel. Klõpsa peatööriistaribal oleva nupul **Update Views**. Nüüd on joonisele tehtud muudatused (vt joonis 12-22a). Viirutusjoonte vahekaugus on mõnel lõikepinnal liiga suur. Viirutusjoonte vahekauguse muutmiseks vali tööriist **Select**, klõpsa lõikekujutisel paremat hiireklahvi ja vali avanenud rippmenüüst **Draw in View** (joonest vaatel). Ekraanile jääb nüüd ainult lõikekujutis. Hoides seal all **Shift**-klahvi, aktiveeri kõik viirutatud pinnad, seejärel kirjuta sobiv viirutusjoontevaheline kaugus (2,5...3,0 mm) muutuval tööriistaribal olemasse kastikesse **Spacing: 3,00 mm** (vt joonis 12-22b).









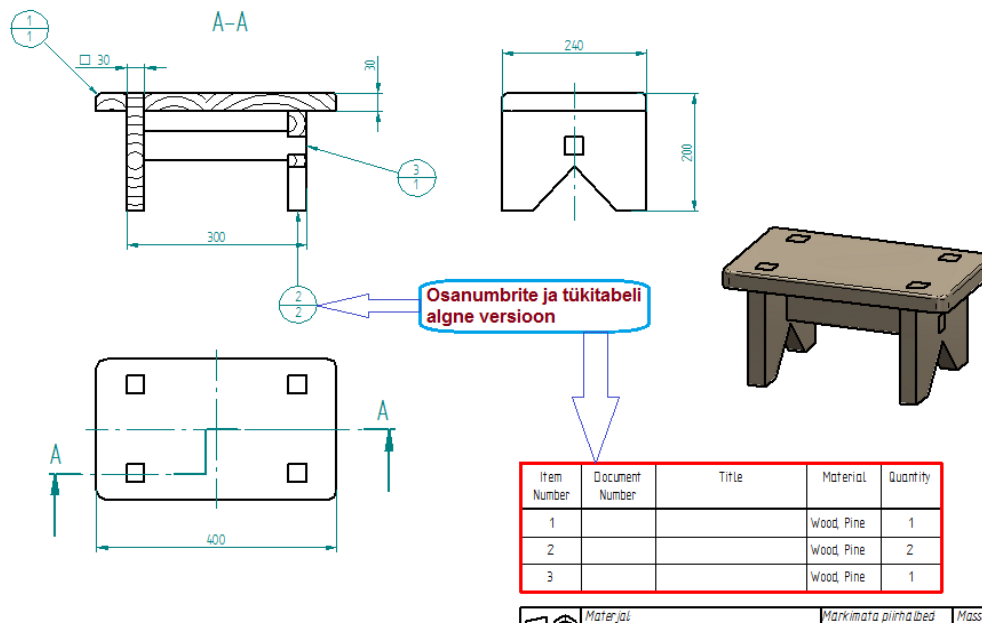


Joonis 12-22. Istepingi joonise valmistamine: a – traaversilt on viirutus eemaldatud; b – lõikekujutisel on lõikepindade viirutustihedus ühtlustatud

Istepingi koostejoonise kõik vajalikud kujutised on paigutatud jooniselehele. Joonis on vaja mõõtmestada ning lisada osanumbrid ja tükitabel, nende lisamiseks kasutatakse peatööriistaribal olevat tööriista *Parts List* (tükitabel, vt joonis 12-18).

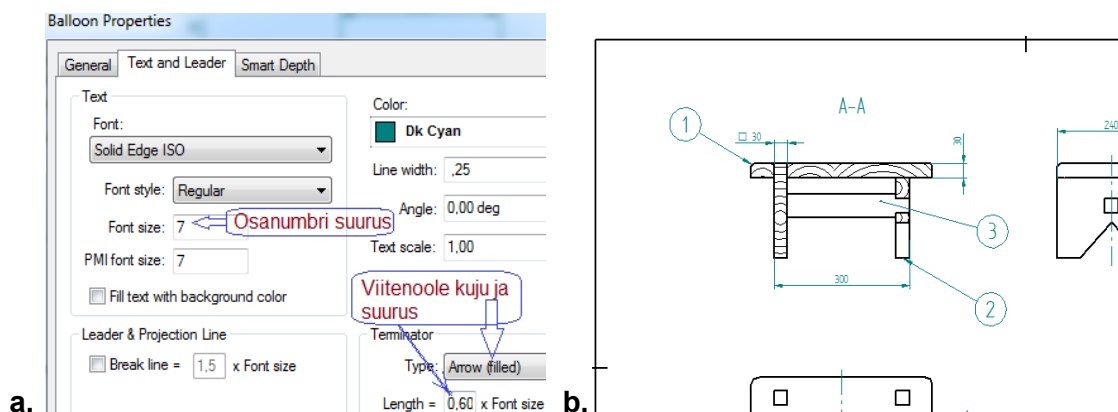
#### 9. Tükitabeli ja osanumbrite lisamiseks toimi järgmiselt.

- Mõõtmesta joonis (vt joonis 8-9).
- Aktiveeri tükitabeli ja osanumbrite lisamise tööriist  **Parts List** (tükitabel) peatööriistaribal (vt joonis 12-18) ning klõpsa kujutisel, millele soovid lisada osanumbrid. Töölauale tekib muutuv tööriistariba ja kui soovid lisada kujutisele osanumbrid, siis jäta osanumbrite ikoon  **Parts List - Auto-Balloon** (tükitabel – automaatne nummerdamine) aktiivseks või aktiveeri see. Tükitabeli lisamiseks joonisele peab aktiivne olema ka tükitabeli ikoon  **Parts List - Place List** (tükitabel – paiguta tükitabel). Sel juhul ilmub kursori juurde tükitabeli piirjoontega riskülik. Kui soovid lisada joonisele ainult osanumbrid, siis deaktiveeri muutuvalt tööriistaribalt tükitabeli ikoon.
- Vii kursori juures oleva tükitabeli kontuuriga riskülik nurgatabeli kohale (soovi korral võib selle algul paigutada ka mujale vabale pinnale) ja klõpsa hiireklahvile. Arvuti lisab osanumbrid varem aktiveeritud kujutisele ja vaikimisi programmeeritud tükitabeli, mille päises on ingliskeelne tekst, mida Eestis üldjuhul ei kasutata (vt joonis 12-23).
- Korrigeeri osanumbrite kujutamist ja paigutust, et need vastaksid osanumbrite joonisele kandmise nõuetele (vt peatükki 8.2.1, kus esitatud nõuded vastavad standardile ISO 6433-1981):
  - vali tööriist  **Select**, **hoides Shift-klahvi all**, tee aktiivseks kõik osanumbrid ja võta osanumbrite juurest ära tükiarvud, inaktiveerides muutuvalt tööriistaribal käsunupu  **Select - Item Count** ;
  - vali  **Select - Properties** (vali – omadused), seejärel ilmub dialoogiaken *Balloon Properties* (osanumbri omadused, vt joonis 12-24a), muuda siin saki *Text and Leader* (tekst ja viitejoon) all järgmisi andmeid: määra teksti kõrguseks **Font size: 7** ja viitejoone noole pikkuseks **Length = 0,60 x Font size** grupist *Terminator* ning vajuta **OK**;



Joonis 12-23. Projekteerimiskeskonna ISO Draft ekraanipildi fragment. Kujutisele on lisatud osanumbrid ja nurgatabeli kohale tükitabeli algne versioon

- o osanumbri **3** noolega viitejoone asemel pane traaversi pinnale punkt koos viitejoonega, selleks aktiveeri see osanumber, muutuval tööriistaribal inaktiveeri ikoon **Select - Leader** (vali – viitejoon), peamenüürealalt grupist *Annotation* (marginaalimärk) vali **Leader** (viitejoon), muutuvalt tööriistarealt vali **Properties** (omadused). Seejärel ilmub dialoogiaken **Leader Properties** (viitejoone omadused), vali sealt grupist *Terminator* noole asemel **Type: Dot** (punkt) ja punkti suuruseks **Length = 0,60 x Font size** ning vajuta **OK** (vt joonis 12-24b);

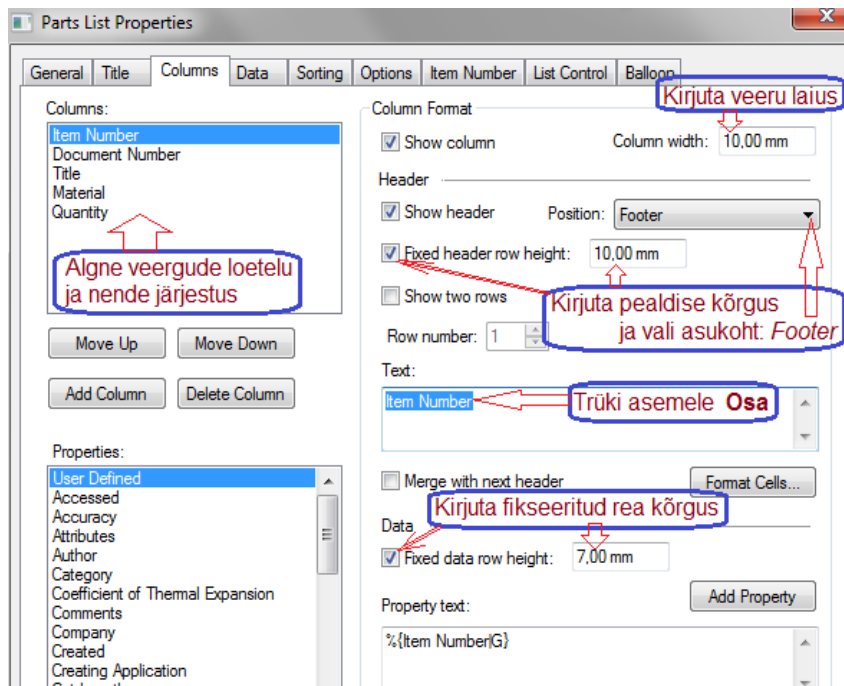


Joonis 12-24. Osanumbrite kujutamine ja paigutamine: a – osanumbrite ja viitejoone noole suuruse määramine; b – osanumbrid on joondatud (2 ja 3 on vertikaalses tulbas)

- o vali tööriist **Select**, vii kursor osanumbritele ja **vasakut hiireklahvi all hoides** lohista osanumbrid veergudesse või ridadesse või paiguta mõne muu loogilise süsteemi järgi (vt joonised 8-9 ja 12-24b, samuti vt peatükki 8.2.1).

10. Tükitabeli päise keele ja formaadi muutmiseks (tükitabeli mõõtmeid vt jooniselt 8-6) toimi järgmiselt.

- Vali tööriist *Select*, vii kursor tükitabeli peale. Kui tükitabel muutub punaseks, klõpsa vasemale hiireklahvile. Avanenud muutuval tööriistaribal vali *Select - Properties* (vali – omadused), seejärel avaneb dialoogiaken



Joonis 12-25. Tükitabeli vormingu muutmise dialoogiaken, kus on aktiveeritud veergude (*Columns*) jaotuste ja vormingu muutmise aken, algne seadistus avaneb vaikimisi

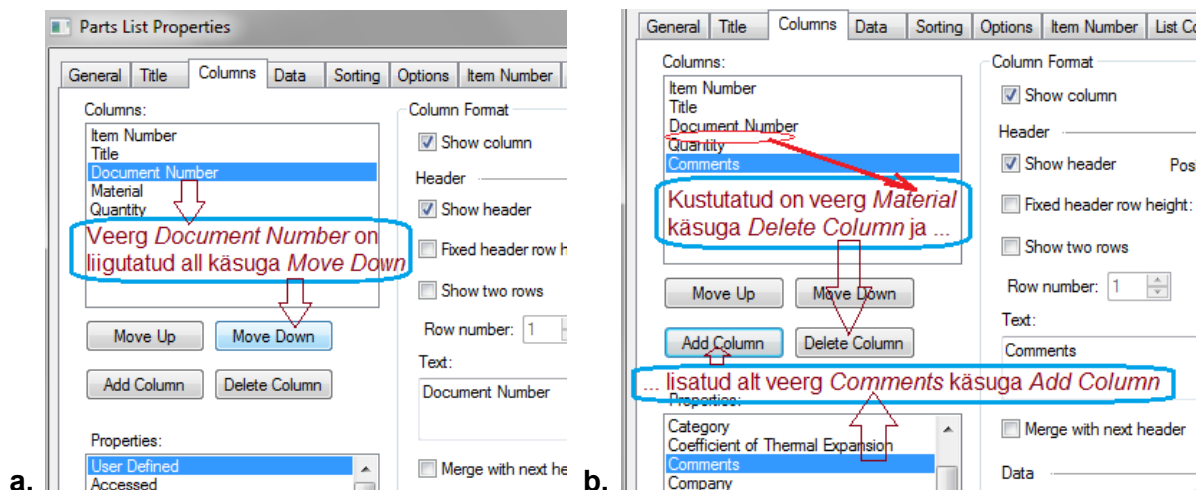
(tükitabeli omadused, vt joonis 12-25).

- Muuda esimese vasakpoolse veeru tekst (*Item Number*) eestikeelseks, trüki lahtris *Text: Item Number* asemele **osa** (vt joonis 12-25). Veeru laiuseks trüki lahtris *Column width: 10 mm* (vt joonis 12-25).

- Tükitabeli päise kõrguseks trüki lahtris *Fixed header row height 10 mm* ja paiguta see nurgatabeli kohale jalusesse. Asenda päise asukoht lahtris *Position: Header*

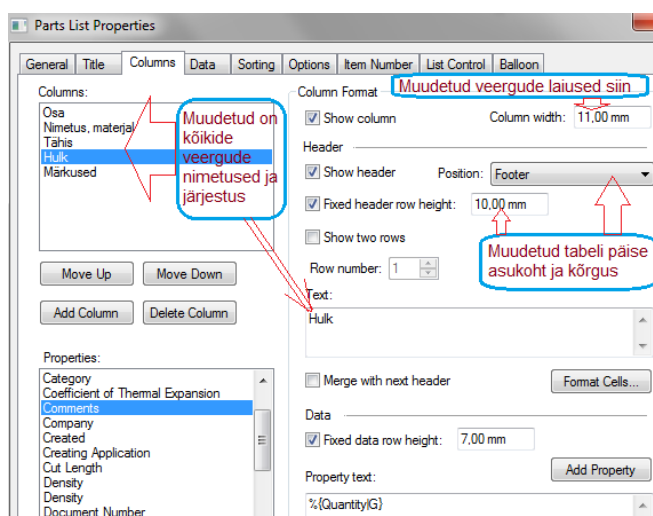
valikutest jalusesse (*Footer*, vt joonis 12-25).

- Tükitabeli ridade kõrgus märgi fikseerituks  ja trüki lahtrisse *Fixed data row height 7 mm* (vt joonis 12-25).
- Tükitabelis (vt joonis 8-6) on järgmine veerg **nimetus, materjal** (veeru laius 90 mm), dialoogiaknas *Parts List Properties* on seesama veerg *Title* (nimetus) kolmas valik (vt joonis 12-25). Dialoogiaknas on vaja see veerg üles tõsta ja veeru tähis (*Document Number*) alla liigutada, selleks aktiveeri dialoogiaknas veergude (*Columns*) kastis *Document Number* (tähis) ja klõpsa käsunupul *Move Down* (liiguta alla, vt joonis 12-26a).
- Samal põhimõttel, nagu oli muudetud veergu **osa**, muuda ka teiste veergude vormingut. Veergude mõõtmed on esitatud joonisel 8-6 (vt ka joonist 12-27).
- Algses veergude loetelus (vt joonis 12-25) puudub veerg **märkused**, samas on eraldi veerg *Material* (materjal, vt joonise 8-6 viimane veerg). Kustuta veerg *Material*, selleks aktiveeri veergude loetelus see veerg ja kustuta käsuga *Delete Column* (kustuta veerg, vt joonis 12-26b). Tükitabelisse veeru lisamiseks aktiveeri alt kastist *Properties* (omadused) *Comments* (märkused) ja lisa see tükitabeli veergude loetelusse käsuga *Add Column* (lisa veerg, vt joonis 12-26b).



Joonis 12-26. Tükitalveli vormingu muutmise: a – tükitalveli veergude järjestuse muutmise; b – veeru kustutamise ja uue veeru lisamine

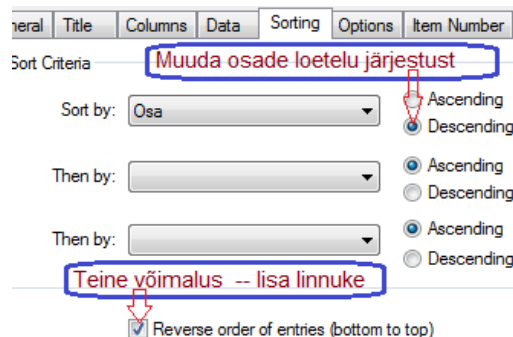
- Samas dialoogiaknas tükitalveli osade numeratsiooni järjestuse muutmiseks alt üles aktiveeri sakk *Sorting* (sorteerimine). Seejärel vali *Sort Criteria* (sorteerimise kriteerium), kastis *Sort by* muuda osanumbrite loetelu järjestust alt üles (*Descending*, vt joonis 12-28). **Teine võimalus** on panna linnuke kastikesse *Reverse order of entries (bottom to top)*, mis pöörab loetelu järjestust alt üles (vt joonis 12-28).



Joonis 12-27. Tükitalveli vormingu muutmise dialoogiaken, kus on lõpetatud tükitalveli veergude (*Columns*) vormingu muutmise

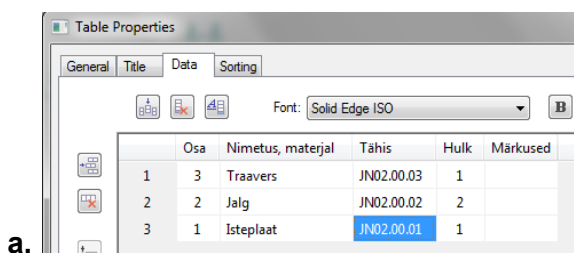
**NB!** Mõlemat varianti korraga ära kasuta.

- Lõpetuseks klõpsa nupul **OK** dialoogiakna alumises servas ja võta tükitalveli parempoolsest alumisest nurgast kinni ning vii see kokku nurgatabeli ülemise servaga (vt joonis 12-29b).
- Vali tööriist **Select**, klõpsa parema hiireklahviga tükitalveli raamil. Seejärel ilmub rippmenüü, kus muuda tükitalveli tabelifailiks *Convert to Table*. Klõpsa uuesti parema hiireklahviga tükitalveli raamil ja vali rippmenüüst *Properties* (omadused), seejärel ilmub dialoogiaken **Table Properties** (tabeli omadused, vt joonis 12-29a), kus täida tükitalveli



Joonis 12-28. Tükitalveli osade loetelu järjestuse (alt üles) muutmise

vajalikud lahtrid (vt joonised 8-9 ja 12-29). Täida nurgatabel ja vajuta Save (salvesta).



b.

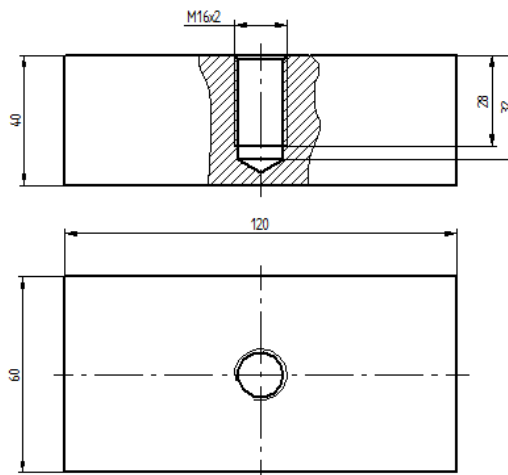
3	Traavers	JN02.00.03	1	
2	Jalg	JN02.00.02	2	
1	Isteplaad	JN02.00.01	1	
Osa	Nimetus, materjal	Tahis	Hulk	Märkused
Materjal:		Markimata piiridega	Mass:	Maot: 15
Teostas:	M. Kask 25.05.12	Nimetus:	Faili nimetus:	
Kontrollis:	R. Tamm 25.05.12	Istepink	Joonised 3.dft	
Kinnitas:	J. Saar 25.05.12	Leht:	Tahis:	Formaat:
(Kool)	Klass:	1	JN02.00.00	A3

Joonis 12-29. Tükitali lahtrite täitmine: a – tükitali on muudetud tabelifailiks ja tükitali lahtrid täidetakse tabeli omaduste (*Table Properties*) dialoogiaknas; b – täidetud tüki- ja nurgatabel jooniselehel, tükitali võimaluste dialoogiakna seadistused on tükitalis rakendatud

### 12.3. Poltliite 3D-mudeli ja selle joonise valmistamine

Praktikas esineb väga sageli mitmesuguseid mehaanilisi ühendusi, liiteid. Üks kõige sagedamini esinev detailide ühendamise viis on keermesliide, mille puhul detailid ühendatakse omavahel poltide ja kruvide abil. Erinevate detailide ühendamiseks kasutatakse siin standardseid polte, mutreid, kruvisid ja seibe (vt lisa 4).

Selles alapeatükis on kirjeldatud poltliite valmistamist. Poltliite koosneb neljast detailist: alumine plaat, ülemine plaat ja neid ühendav polt M16 ning selle all olev seib (vt jooniseid lisast 5).




Joonis 12-30. Alumine plaat JN04.00.01






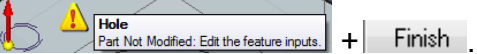
#### 12.3.1. Poltliite detailide 3D-mudelite valmistamine

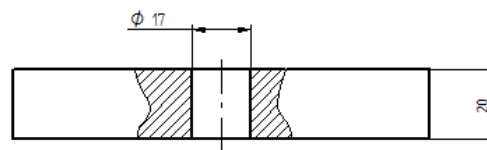
Enne poltliite koostu valmistamist on vaja teha kõikide selle koostu detailide 3D-mudelid. Koostu kuuluvad järgmised detailid:

- 1) alumine plaat JN4.00.01;
- 2) ülemine plaat JN4.00.02;
- 3) polt ISO 4014 M16x45 (mõõtmeid vt lisa 4 tabel L-6);
- 4) seib ISO 7090-16 (mõõtmeid vt lisa 4 tabel L-8).




**Alumise plaadi JN04.00.01** 3D-mudeli valmistamine (mõõtmeid vt joonis 12-30)

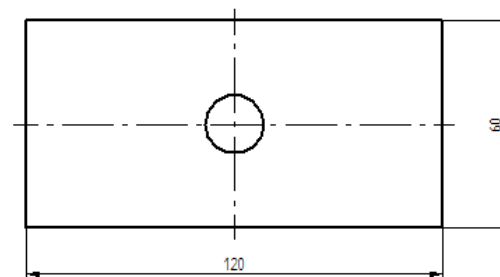
1. Valmista risttahukas mõõtmetega 120 x 60 x 40, kasutades käsku  Extrude (eend). Kirjeldust vaata peatükist 11.8.

2. Keermestatud ava M16x2 valmistamiseks vali grupist **Solids**  **Hole** (ava), muutuval tööriistaribal vali  **Hole Options** (ava omadused). Seejärel avaneb dialoogiaken **Hole Options**, mille lahtrites määra äärikusse lõigatava ava kõik omadused (vt joonis 11-85):
  - lahtris **Type** (tüüp) vali loetelust **Threaded** (keermestatud);
  - keere on standardkeere  **Standard thread** ;
  - lahtris **Thread** (keere) vali loetelust keeme suurus M16;
  - kuna ava ei lähe läbi detaili, siis märgi  **Finite Extent** (lõplik ulatus), lahtrist **Hole depth:** (ava sügavus) vali ava sügavus 32 mm ning märgi puuri tipu kujuks  **bottom angle:** (tipunurk);
  - ava ei ole kogu ulatuses keermestatud, seega märgi  **Finite extent** 28,00 mm (lõplik ulatus), keermestatud osa pikkus on 28 mm;
  - vajuta OK.
3. Klõpsa detaili ülemisel pinnal, millelt lõigatakse sisse ava. Kursoriga koos liigub ava kujutis, hiireklõpsuga pane see ava kujutis täpselt risttahuka tsentrisse ja vajuta  **Close Sketch** (sulge eskiis).
4. Ava lõikamise suuna näitamiseks klõpsa pinnast allapoole, õige suuna puhul lõikab arvuti mudelile ava, vale suuna puhul aga ilmub hoiatus   **Hole**  
Part Not Modified: Edit the feature inputs. + **Finish**.
5. Tee ava serva keermesügavune faas kaatetiga 1,2 mm (faasi tegemise kirjeldust vt ptk 11.10.1 p-st 4).
6. Vajuta **Save as** (salvesta nimega), lisa alamkataloog „Poltliide M16“ ja salvesta mudel sinna nimega „Alumine plaat“.



### Ülemise plaadi JN04.00.02 3D-mudeli valmistamine (mõõtmeid vt jooniselt 12-31)

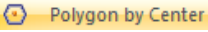


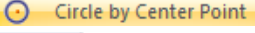

1. Valmista risttahukas mõõtmetega 120 x 60 x 20, kasutades käsku  **Extrude** (eend). Kirjeldust vaata peatükist 11.8.
2. Silindrilise ava tegemiseks vali käsk  **Cut** (lõika) ja klõpsa plaadi ülemisel pinnal. Seejärel pöörab arvuti valitud pinna töölaualle ava eskiisi joonestamiseks ja õigesse kohta paigutamiseks.
3. Aktiveeri grupist **Draw** (joonesta) tööriist  **Circle by Center Point** (ringjoon keskpunkti järgi). Muutuval tööriistaribal ilmuvasse lahtrisse trüki ava diameeter **Diameter:** 17,00 mm ja vajuta klahvi **Enter**.
4. Klõpsa detaili ülemisel pinnal, millelt lõigatakse sisse ava. Kursoriga koos liigub ava kujutis, hiireklõpsuga pane see ava kujutis täpselt risttahuka tsentrisse ja vajuta  **Close Sketch** (sulge eskiis).
5. Klõpsa ava lõikamise suuna näitamiseks pinnast allapoole ja vajuta **Finish**.
6. Vajuta **Save as** (salvesta nimega), salvesta mudel alamkataloogi „Poltliide M16“ nimega „Ülemine plaat“.

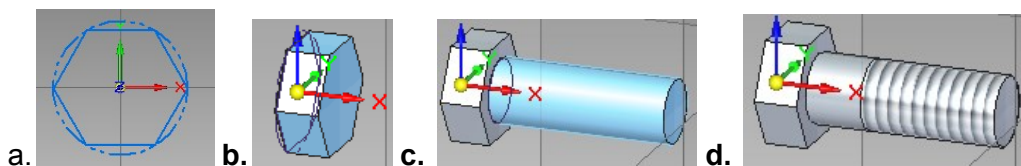


Joonis 12-31. Ülemine plaat JN04.00.02



### Poldi ISO 4014 M16x45 3D-mudeli valmistamine (mõõtmeid vt lisa 4 tabelist L-6)

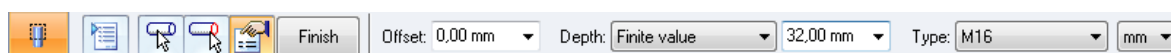


1. Vali grupist *Draw* (joonest) tööriist  *Polygon by Center* (hulknurk tsentri järgi), muutuval tööriistaribal kirjuta lahtrisse  *Sides: 6* (servad) ja lahtrisse *Distance: 12,00 mm* ning vajuta klahvi *Enter*. Hiireklõpsuga pane hulknurk baaskoordinaatide alguspunkti ja pööra asendisse, nagu on näidatud joonisel 12-32a. Vajuta ikooni  *Close Sketch* (sulge eskiis), kirjuta poldipea paksus lahtrisse *Distance: 10,00 mm* ja vajuta klahvi *Enter*. Seejärel klõpsa ekraanil eendi suuna näitamiseks ja vajuta *Finish* (vt joonis 12-32b).
2. Klõpsa kuusnurkse prisma otspinnal ja lisa poldi silindriline osa, selleks vali käsunupp  *Circle by Center Point* (ringjoon tsentri järgi). Muutuval tööriistaribal kirjuta lahtrisse *Diameter: 16,00 mm*, vajuta klahvi *Enter* ja aseta ringjoon täpselt kuusnurga tsesentrisse, klõpsates baaskoordinaatide alguspunktis. Vajuta ikooni  *Close Sketch* (sulge eskiis), kirjuta silindri pikkus lahtrisse *Distance: 45,00 mm* ja vajuta klahvi *Enter*. Seejärel klõpsa ekraanil eendi suuna näitamiseks ja vajuta *Finish* (vt joonis 12-32c).









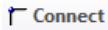
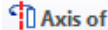

Joonis 12-32. Poldi M16x45 3D-mudeli valmistamise järjekord: a – poldipea kontuur; b – poldipea 3D-mudel; c – lisatud on poldi silindriline osa; d – silindrilisel osal on lõigatud keere

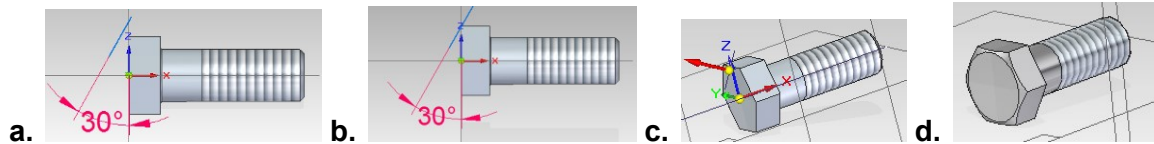
3. *Save as* (salvesta nimega), lisa alamkataloog „Poltliide M16“ ja salvesta mudel sinna nimega „Polt ISO 4014 M16x45“.
4. Väliskeerme tegemiseks vali  *Thread* (keere, mis asub käsunupu *Hole* (ava) juures), avanenud dialoogiaknas *Thread Options* vali sirge keere  *Straight* ja vajuta OK.
5. Klõpsa silindri külgpinnal. Sellega määrad pinna, kus keere tehakse. Seejärel klõpsa otsaserval, et sealteerit alustada.
6. Ilmub muutuv tööriistariba. Sisesta seal kõik keermee andmed, nagu on näidatud joonisel 12-33, ja vajuta *Finish* (vt joonis 12-32d).




Joonis 12-33. Väliskeerme andmete sisestamine muutuval tööriistaribal

7. Vali  *Round* (ümardus), kirjuta lahtrisse *Radius: 0,40 mm* ja vajuta klahvi *Enter*. Klõpsa poldi pea ja silindri lõikejoonel, vali  *Accept* (nõus), seejärel *Preview* (eelvaade) ja *Finish*.
8. Tee faas poldi keermestatud osa serva. Selleks vali  *Chamfer* (faas), kirjuta muutuval tööriistaribal lahtrisse *Setback: 1,20 mm* ja vajuta klahvi *Enter*. Seejärel klõpsa poldi otsaserval, vajuta  *Accept* (nõus) ja *Finish*.
9. Lõika poldipea otspinnale kooniline faas, mis on poldi otspinna suhtes 30° nurga all:
  -  *Revolved Cut* (pöördväljalõige) ja klõpsa ekraanil, mis läbib poldipea serva selle keskel, tõmba serva lähedale lühike joon, mis ei tohi ulatuda teljeni (vt joonis 12-34a);
  -  *Angle Between* (nurk) ning määra nurk sirglõigu ja poldi otspinna vahel, lipikule kirjuta 30° ja vajuta klahvi *Enter* (vt joonis 12-34a);

-  **Connect** (ühenda) ning klõpsates poldipea serva otspunkti ja sirget, ühenda sirge poldipea servaga (vt joonis 12-34b);
-  **Axis of Revolution** (pöörlemistelg), määra telg, mille ümber sirge hakkab pöörlema poldipea nurkade mahalõikamiseks (klõpsa poldi teljel);
-  **Close Sketch** (sulge eskiis) ja näita hiireklõpsuga, millise poole poldipeast sirge eemaldab (vt joonis 12-34c);











Joonis 12-34. Poldi M16x45 3D-mudeli valmistamise järjekord: a – sirge tõmbamine poldipea nurkade lõikamiseks; b – sirge on poldipea servaga kokku viidud; c – näidatud on eemaldatav pool; d – poldi 3D-mudel on valmis



- muutuval tööriistaribal klõpsa käsunupul  **Revolved Cut - Revolve 360°** (pöördväljalõige 360°) ja vajuta *Finish* (vt joonis 12-32d).

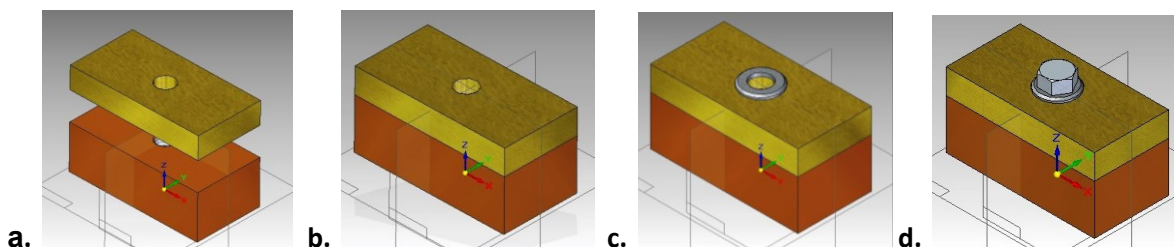
10. Save (salvesta).

**Seibi ISO 7090-16** 3D-mudel valmistatakse samamoodi nagu peatükis 11.10.1 kirjeldatud (mõõtmeid vt lisa 4 tabelist L-8).






### 12.3.2. Poltliite 3D-mudeli valmistamine

1. Ava koostamiskeskond  **ISO Assembly**, nagu on kirjeldatud peatükis 12.2.1.
2. Vasakul servaribal olevast mudeli raamatukogust  **Parts Library** otsi üles ja ava kataloog "Poltliite M16", kuhu on salvestatud kõik poltliite detailid.
3. Poltliite detailid too koostamiskeskonda selles järjestuses, kuidas koostatakse koostejoonise tükitabel. **Esimesena** vali detail kataloogist "Alumine plaat", lohista see koostamiskeskonda ja lase ekraani keskel lahti. Alumine plaat asetub koostamiskeskonnas xy-pinnale nii, nagu seda valmistati 3D-mudeli keskkonnas. **Teisena** too koostamiskeskonda ülemine plaat ja paiguta see alumise plaadi suhtes veidi ülespoole.
4. Klõpsa ikoonil  **Assemble** (koostama), vali grupist **Relate**  **Planar Align** (pindade joondamine) plaatide külgpinnad ja joonda need, klõpsates järgemööda vastavalt ülemise plaadi ja siis alumise plaadi külgpindadel.
5. Juhul kui ülemine plaat liikus seose panekul ebasobivasse kohta, vali  **Drag Component** (lohista komponenti) ja vajuta OK. Muutuval tööriistaribal vali  **Drag Component - Move** (lohista komponenti – liiguta sirgjooneliselt), klõpsa liigutataval detailil ja seejärel teljel või serval, mille suunas plaati lohista. Hoides all vasakut hiireklahvi, liiguta ülemine plaat alumisest plaadist veidi ülespoole, eemal olevasse sobivasse kohta. Käsu lõpetamiseks klõpsa paremale hiireklahvile.
6. Vali grupist **Relate**  **Axial Align** (teljeline joondamine) ja klõpsa avade teljeliseks joondamiseks vastavalt ülemise plaadi silindrilisele avale ja alumise plaadi keermestatud avale (vt joonis 12-35a).
7. Vali grupist **Relate**  **Mate** (kokku panema) ning pane mõlemad plaadid omavahel kokku, klõpsates järjest ülemise plaadi alumisel pinnal ja alumise plaadi ülemisel pinnal (vt joonis 12-35b).

8. **Kolmandana** lohista kataloogist koostamiskeskonda polt ISO 4014 M16x45 ja seejärel **neljandana** kohe seib ISO 7090-16.
9. Klõpsa  **Assemble** (koostama), vali grupist **Relate**  **Axial Align** (teljeline joondamine) ja joonda seibi ava ülemise plaadi avaga.



Joonis 12-35. Poltliite koostamise järjekord: a – alumine ja ülemine plaat on toodud ekraanile, pinnad on joondatud ja avad joondatud teljeliselt; b – plaatide pinnad on viidud kokku; c – ekraanile on toodud seib, mis on joondatud teljeliselt plaatide teljega ja pandud ülemisele plaadile; d – ekraanile on toodud polt, mis on joondatud teljeliselt plaatide teljega ja poldipea alumine pind on kokku viidud seibi ülemise pinnaga



10. Vali grupist **Relate**  **Mate** (kokku panema) ning pane seibi alumine pind kokku ülemise plaadi ülemise pinnaga (vt joonis 12-35c).
11. Vali  **Drag Component** (lohisti komponenti) ja vajuta OK. Vali muutuval tööriistaribal  **Drag Component - Rotate** (lohisti komponenti – pööra), klõpsa poldil ja pööra see ümber sobiva telje (x- või y-telje) nii, et see oleks enam-vähem vertikaalasendis. Selleks klõpsa teljel, mis on risti poldi teljega (x- või y-telg), ja hoides vasakut hiireklahvi all, pööra polti seni, kuni keermestatud osa on suunatud allapoole.
12. Vali grupist **Relate**  **Axial Align** (teljeline joondamine) ja joonda poldi telg ülemise plaadi ava teljega, klõpsates järgemööda nende detailide silindrilistel pindadel.
13. Vali grupist **Relate**  **Mate** (kokku panema) ning pane poldipea alumine pind kokku seibi ülemise pinnaga, klõpsates järgemööda nendel tasapindadel (vt joonis 12-35d).
14. Save as (salvesta nimega) ja salvesta valmiskoostu 3D-mudel kataloogi "Poltliite M16" nimega "Poltliite koost".

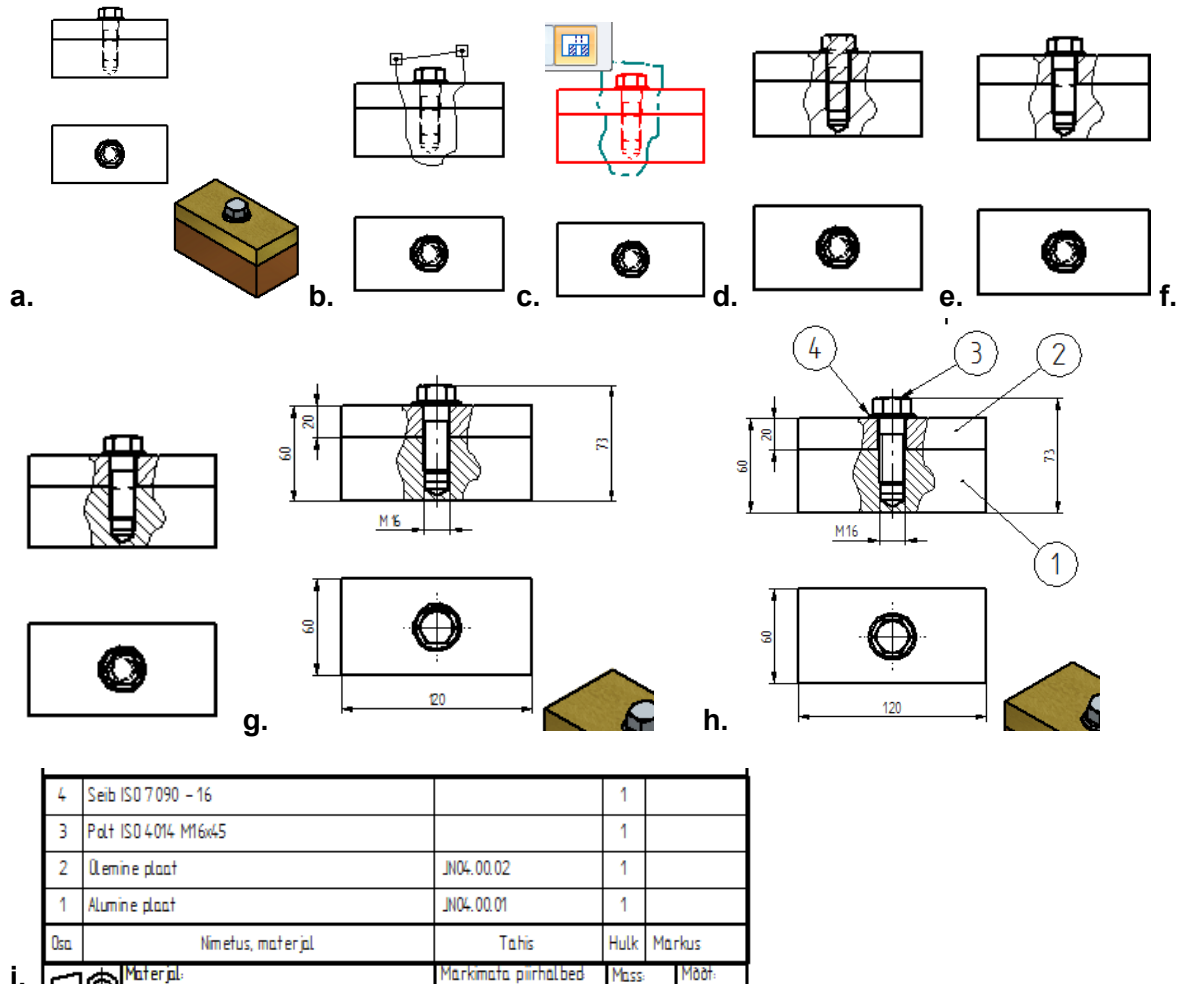
### 12.3.3. Poltliite M16 joonise valmistamine

Detailide 3D-mudelitest 2D-jooniste valmistamist on eelnevates peatükkides ja ka selles peatükis põhjalikumalt käsitletud. Siin alapunktis poltliite M16 koostejoonise valmistamisel kirjeldatakse põhjalikumalt neid joonise valmistamise võtteid, mida eespool ei ole vaadeldud.



Poltliite on väikeste mõõtmetega ja koosneb neljast detailist, seega mahub koostejoonis koos tükitabeliga A4-formaadis lehele. Kõigepealt on vaja veenduda, et jooniselehe tagapõhi 2D-projekteerimiskeskonnas on nõuetekohaselt vormistatud.


1. Poltliite 3D-mudelitest joonise tegemiseks ava oma kataloogist joonisefaili A4-formaadis leht, nagu on kirjeldatud peatükis 11.6.
2. Vali manus (**Select Attachment**), st otsi üles poltliite 3D-mudel kas avanenud dialoogiaknast või kui seda seal ei ole, siis mine käsunupu **Browse** (sirvi) kaudu oma kataloogi ja otsi sealt üles "Poltliite koost". Jälgi, et failitüüp oleks **Assembly Document (\*.asm)**.

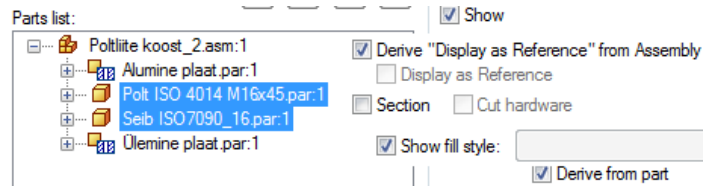
- Määra jooniselehele pandavad kujutised samamoodi, nagu on kirjeldatud peatükis 11.6 (vt joonis 12-36a).
- Poltliite M16 ühenduse avamiseks ja siseehituse näitamiseks tee eestvaatel poldi telje sügavuselt kohtlõige. Selleks vali grupist *Drawing Views* (joonise vaated) käsunupp  *Broken-Out* (väljalõige, kohtlõige). Klõpsa eestvaatele (vaatele, kuhu kohtlõige tehakse) ja piira kohtlõike piirkond kitsa vabakäejoonega. Joon peab olema kinnine kontuur. Vabakäejoone kontuuri sulgemiseks tõmba jooneotstest üle teine joon ja käsuga  *Trim* (lõika ja kustuta) kustuta liitekohtadest üleulatuvad jooneotsad (vt joonis 12-36b).




Joonis 12-36. Poltliite M16 valmistamine: a – kujutised on määratud; b – kohtlõike kinnise kontuuri joonestamine; c – kohtlõike sügavus on määratud; d – lõige on tehtud, kõik lõikepinnad on viirutatud; e – poldilt ja seibilt lõikepinna viirutuse eemaldamine; f – lõikepindade viirutuse korrigeerimine; g – vaadetele telgede ja mõõtmete lisamine; h – osanumbrite ja tükitabeli (i) lisamine; i – tükitabeli täitmine

- Klõpsa  *Close Broken Out Section* (sulge kohtlõige) ja mine pealtvaatele. Kohtlõike sügavus tuleb fikseerida joonega määratud baaspinna suhtes. Lõike sügavust näitab teine kursoriga kaasaliikuv joon. Lõike sügavuse fikseerimiseks klõpsa täpselt poldi tsentris (kursori kõrvale ilmub tsentrimärk , vt joonis 12-46c). Kohtlõike lõpetamiseks klõpsa eestvaatel lõikekontuuri sees mõnele joonele (vt joonis 12-36d).
- Eemalda lõikepinna viirutus poldilt ja seibilt (need on nn keelatud lõiked). Klõpsa vaatel parema hiireklahviga, seejärel ilmub rippmenüü, kust vali *Properties*

(omadused). Dialoogiaknas **High Quality View Properties - Principal View - [Poltliite koost\_2.asm]** (kõrge kvaliteediga vaadete omadused – peavaade) on saki all *Display* (ekraan) näha kõik koostu detailid, millest on tehtud lõiked ja mille lõikepinnad on viirutatud. Hoides *Shift*-klahvi all, klõpsa poldi ja seibi lahtril (need jäävad aktiivseks), eemalda linnuke kastikesest  *Section* (lõige), vajuta OK ja vali ikoon  **Update Views** (uuenda vaated, vt joonised 12-36e ja 12-37).

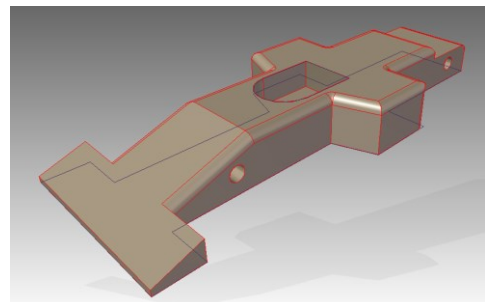


Joonis 12-37. Dialoogiaken lõikepinna viirutuse eemaldamiseks nn keelatud lõigetelt

7. Tihenda ja paranda lõikepinna viirutust kohtlõikel. Selleks klõpsa parema hiireklahviga eestvaatel ja vali rippmenüüst *Draw in View* (joonesta vaatel). Seejärel kustuta olemasolev viirutus alumiselt plaadilt. Grupist *Draw* (joonesta) vali *Fill* (täida) ja lisa lõikepinna uus viirutus, märkides muutuvall tööriistaribal **Angle:** -45,00 deg **Spacing:** 2,00 mm. Ülemisel plaadil tee viirutatud pind aktiivseks ja muuda viirutuse tihedust **Spacing:** 2,00 mm, seejärel vali *Close Draw in View* (sulge "Joonesta vaatel", vt joonis 12-36f).
8. Eemalda vaadetelt varjatud kontuurid (kirjeldust vt ptk 11.10.2 p-st 3).
9. Lisa vaadetele teljed (kirjeldust vt ptk-st 11.10.2).
10. Märki vajalikud mõõtmed koostejoonisele (vt joonis 12-36g).
11. Grupist *Tables* (tabelid) vali  **Parts List** (tükitabel), klõpsa eestvaatele, lisa joonisele osanumbrid (vt joonis 12-36h) ja tükitabel (vt joonis 12-36i), nagu on kirjeldatud peatüki 12.2.2 punktis 9.
12. Täida nurgatabel.
13. Save (salvesta).

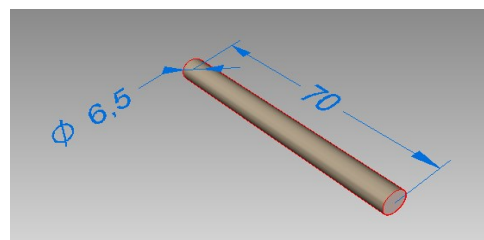
## 12.4. VORMELI detailide ning koostu 3D-mudelite ja jooniste valmistamine

Järgnevas peatükis tuuakse üks näide toodete konstrueerimisest (vt joonis 12-33), millega peaksid hakkama saama kursuse läbinud õpilased. Sellise toote, näiteks laste mänguauto, saaksid õpilased koolitöökojas ka ise valmis teha.



Joonis 12-30. Autokere virtuaalne mudel perspektiivis

1. Esmalt valmista **kere** 3D-mudel joonise JN05.00.01 järgi (vt lisa 5 joonis L-1). Kasuta selleks käske *Extrude* (eend) ja *Cut* (väljalõige, vt joonis 12-30).
2. Teiseks valmista **ratta telje** 3D-mudel. Kasuta selleks käsku *Extrude* (eend). Autol on kaks ühesugust telge. Telje pikkus on 70 mm ja läbimõõt 6,5 mm. Võid valida ka mõne muu sobiva läbimõõdu, kuid pead jälgima, et auto keros olev ava oleks 0,2...0,5 mm suurem võlli läbimõõdust, sest võll peab keros vabalt pöörlema (vt joonis 12-31).

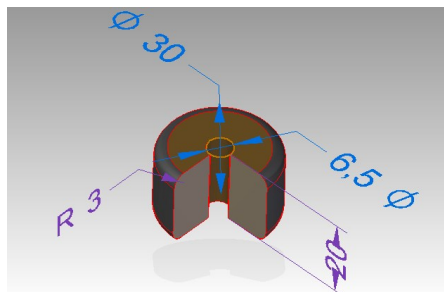


Joonis 12-31. Auto ratta telje virtuaalne mudel perspektiivis (koos mõõtetega)



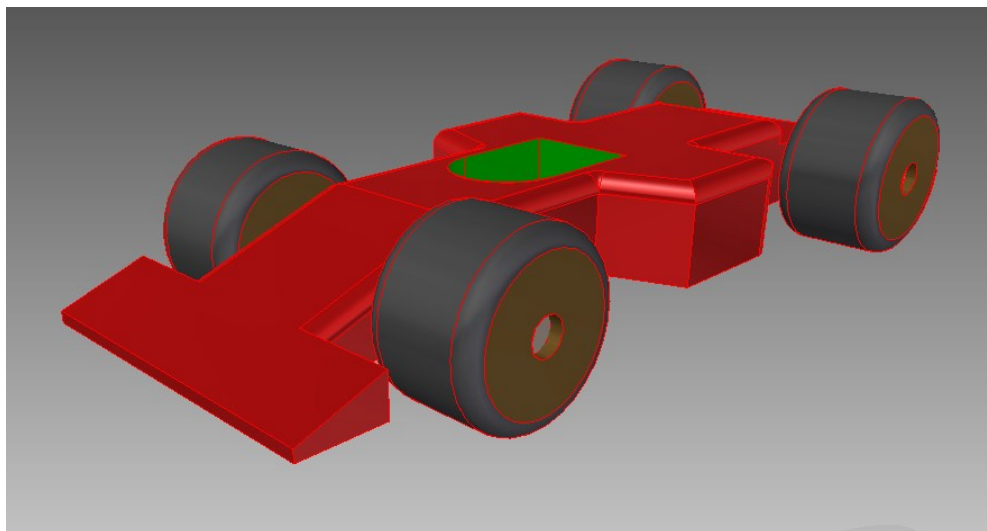
3. Kolmandaks tee auto **ratta** 3D-mudel (vt joonis 12-32). Kõik neli ratast on ühesugused. Kasuta selle valmistamiseks käske *Extrude* (eend, läbimõõt 30 mm ja laius 20 mm) ja *Cut* (väljalõige, telje ava läbimõõt 6,5 mm). Telje ava võid teha läbi kogu ratta või jätta selle ka otsast 2...3 mm ulatuses läbi puurimata (teha umbavana). Ratta servadele lisa ümardusraadiused käsuga *Round*. Raadius R on 3 mm, võid valida ka mõne muu sobiva raadiuse (vt joonis 12-32).
4. Pane vormeli mudel koostamiskeskonnas ISO Assembly kokku, kasutades samu käske nagu tabureti kokkupanekul (kirjeldust vt peatükist 12, vt ka joonis 12-33 ja lisast 5 joonis L-5).
5. Valmista detailide tööjoonised (auto kere tööjoonist vt lisa 5 jooniselt L-1) ja auto koostejoonis (vt lisa 5 joonis L-2).

Auto kõik detailid tuleks teha puidust, sel juhul oleks auto tehtud taastuvatest materjalidest ja seda oleks võimalik keskkonnasõbralikult utiliseerida. Mänguasi on disainitud nii, et ta oleks kasutamisel ohutu. Alloleval pildil ei ole kasutatud paljusid programmi visualiseerimise võimalusi, mis muudaksid mudeli fotorealistlikuks ja efektseks, kuna see ei ole õppematerjali põhieesmärk. Auto erinevatele pindadele on lisatud ainult värvid ja virtuaalne mudel on muudetud perspektiiviks (vt joonis 12-33).



Joonis 12-32. Auto ratta virtuaalse mudeli kujutis veerandi väljalõikega ja kõigi vajalike mõõtmetega

Kui auto teha naturaalsest puidust, võib jätta selle värvimata, sest naturaalne puidutekstuur on alati ilusam ja loodussõbralikum. Soovi korral võivad õpilased lisada auto tagaossa spoileri, piloodi kokpiti, erinevaid tekste kerele ja muid huvitavaid elemente.



Joonis 12-33. Kokkupandud auto virtuaalne mudel perspektiivis



## **Kokkuvõte koostamiskeskonna kasutamisest**

Eelnevas peatükis on põgusalt kirjeldatud, kuidas kasutada programmi Solid Edge ST-4 koostude valmistamise keskkonnas, kuidas avada koostamiskeskond, kuidas lisada serveriba ja otsida üles koostu 3D-mudeli fail. Koostu kokkupanemise kaudu on õpitud põhiliste koostamistööriistade kasutamist, koostejoonisele omaste muudatuste tegemist ja tükitabeli koostamist, selle veergude jaotuse ja sisu muutmist. Loomulikult ei ole siin käsitletud kaugeltki kõiki programmis esitatud koostamiskeskonna võimalusi ja omadusi.

Programmi Solid Edge ST-4 koostamiskeskond on väga tõhus töövahend ja mitte ainult konstruktorile. Õppematerjal on mõeldud algajatele mudelprojekteerijatele, et alustada koostude kokkupanemist ja seejärel nendest jooniseid teha vastavalt Euroopas kehtivatele normidele.

## KIRJANDUS

- Asi, U. 2009. Tehniline joonestamine. Õpik. Tallinn: Argo, 127 lk.
- Bertoline, G. R. 2009. Introduction to Graphics Communications for Engineers. 4<sup>th</sup> ed. NY: McGraw-Hill Co., 250 p.
- Vogoljubov 1989 = Боголюбов, С. К. 1989. Черчение. Учебник для средних специальных учебных заведений. 2-е изд. М: Машиностроение, 336 с.
- Fazlulin 2006 = Фазлулин, Э. М. 2006. Инженерная графика. Учебник. М: Академия, 400 с.
- Kogermann, E.; Tapper, V.; Tihase, K. 1985. Joonestamine üldhariduskoolile. Tallinn: Valgus, 128 lk.
- Koloviski, A.; Särak, J. 2006. Insenerigraafika. Juhendmaterjal kaugõppe üliõpilastele. Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 104 lk.
- Riives, J.; Tihase, K. 1983. Joonestamine. Tallinn: Valgus, 456 lk.
- Riives, J.; Teaste, A.; Mägi, R. 1996. Tehniline joonis. Õppetstarbeline käsiraamat. Tallinn: Valgus, 176 lk.
- Säarak, J.-E.; Sokolov, P. 2007. Arvutigraafika alused Solid Edge'ga. Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 154 lk.
- Technical drawings. ISO Standards Handbook. Vol. 1 Technical drawings in general. 4<sup>th</sup> ed. (2002). Paris: International Standard Organisation, 826 p.
- Technical drawings. ISO Standards Handbook. Vol. 2 Mechanical engineering drawings. Construction drawings. Drawing equipment. 4<sup>th</sup> ed. (2002), Paris: International Standard Organisation, 937 p.

## LISAD

### **Lisa 1. Keermete tabelid**

Tabel L-1. Meeterkeermed

Tabel L-2. Silindrilised torukeermed

Tabel L-3. Tollkeermed

Tabel L-4. Trapetskeermed

Tabel L-5. Koonilised torukeermed

### **Lisa 2. Mõnede materjalide võrdlustabel. Tähistusnäited**

### **Lisa 3. Joonestuslehe formaat A3, horisontaalne**

### **Lisa 4. Kinnituselemendid**

Tabel L-6. Kuuekandilise peaga poldid

Tabel L-7. Kuuekandiline mutter

Tabel L-8. Seib

*Tabel L-9. Mõnede kinnituselementide tähistusnäiteid*

### **Lisa 5. Joonised**

*Joonis L-1. Pottliide JN04.00.00*

*Joonis L-2. Alumine plaat JN04.00.01*

*Joonis L-3. Ülemine plaat JN04.00.02*

*Joonis L-4. Auto kere JN05.00.01*

*Joonis L-5. Auto JN05.00.00*

## Keermete tabelid

Tabel L-1

## Meeterkeermes

Nimiläbimõõt $d = D$ , mm			Siseläbimõõt $d_1 = D_1$ , mm (ainult jämekeermes korral)	Samm $P$ , mm	
1. rida	2. rida	3. rida		Jäme e harilik keere	Peenkeere
3	-	-	2,459	0,5	0,35
-	3,5	-	2,850	(0,6)	0,35
4	-	-	3,242	0,7	0,5
-	4,5	-	3,688	(0,75)	0,5
5	-	-	4,134	0,8	0,5
-	-	(5,5)	-	-	0,5
6	-	-	4,918	1	0,75; 0,5
-	-	7	5,918	1	0,75; 0,5
8	-	-	6,647	1,25	1; 0,75; 0,5
-	-	9	7,647	(1,25)	1; 0,75; 0,5
10	-	-	8,376	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
-	-	11	9,376	(1,5)	1; 0,75; 0,5
12	-	-	10,106	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
-	14	-	11,835	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
-	-	15	-	-	1,5; (1)
16	-	-	13,835	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
-	-	17	-	-	1,5; (1)
-	18	-	15,294	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
20	-	-	17,294	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
-	22	-	19,294	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	-	-	20,752	3	2; 1,5; 1; 0,75;
-	-	25	-	-	3; 1,5; (1)
-	-	(26)	-	-	1,5
-	27	-	23,752	3	2; 1,5; 1; 0,75;
-	-	(28)	-	-	2; 1,5; 1;
30	-	-	26,211	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
-	-	(32)	-	-	2; 1,5
-	33	-	29,211	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
-	-	35	-	-	1,5
36	-	-	31,670	4	3; 2; 1,5; 1
-	-	(38)	-	-	1,5
-	39	-	34,670	4	3; 2; 1,5; 1
-	-	40	-	-	(3); (2); 1,5
42	-	-	37,129	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	45	-	40,129	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
48	-	-	42,587	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	-	50	-	-	(3); (2); 1,5
-	52	-	46,587	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	-	55	-	-	(4); (3); 2; 1,5
56	-	-	50,046	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	58	-	-	(4); (3); 2; 1,5
-	60	-	54,046	(5,5)	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	62	-	-	(4); (3); 2; 1,5
64	-	-	57,505	6	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	65	-	-	(4); (3); 2; 1,5
-	68	-	61,505	6	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	70	-	-	(6); (4); (3); 2; 1,5

## Märkused:

1. Keermes läbimõõdu valikul tuleb eelistada esimest rida teisele ja teist kolmandale.
2. Sulgudes olevaid keermes nimiläbimõõte ja samme võimaluse korral ei ole soovitatav kasutada.

Tabel L-2

## Silindrilised torukeermed

Keerme tingtähis		Välisläbimõõt d=D, mm	Siseläbimõõt d <sub>1</sub> =D <sub>1</sub> , mm	Samm P, mm	Keermeniitide arv 1" kohta
1. rida	2. rida				
G 1/8	-	9,728	8,566	0,907	28
G 1/4	-	13,157	11,445	1,337	19
G 3/8	-	16,662	14,950	1,337	19
G 1/2	-	20,995	18,631	1,814	14
-	G 5/8	22,911	20,587	1,814	14
G 3/4	-	26,441	24,117	1,814	14
-	G 7/8	30,201	27,877	1,814	14
G 1	-	33,249	30,291	2,309	11
-	G 1 1/8	37,879	34,939	2,309	11
G 1 1/4	-	41,910	38,952	2,309	11
-	G 1 3/8	44,323	41,365	2,309	11
G 1 1/2	-	47,803	44,845	2,309	11
-	G 1 3/4	53,746	50,788	2,309	11
G 2	-	59,614	56,656	2,309	11
-	G 2 1/4	65,710	62,752	2,309	11
G 2 1/2	-	75,184	72,226	2,309	11
-	G 2 3/4	81,534	78,576	2,309	11
G 3	-	87,884	84,926	2,309	11

Märkus: Keerme läbimõõdu valikul tuleb eelistada esimest rida teisele.

Tabel L-3

## Tollkeermed

Keerme nominaalläbimõõt tollides	Keermeniitide arv 1" kohta n	Keerme samm P, mm	Keerme läbimõõt, mm	
			Väliline d	Sisemine D <sub>1</sub>
3/16	24	1,058	4,8	3,4
1/4	20	1,270	6,4	4,7
5/16	18	1,411	7,9	6,1
3/8	16	1,588	9,5	7,5
(7/16)	14	1,814	11,1	8,8
1/2	12	2,117	12,7	10,0
(9/16)	12	2,117	14,3	11,6
5/8	11	2,309	15,9	12,9
3/4	10	2,540	19,1	15,8
7/8	9	2,822	22,2	18,6
1	8	3,175	25,4	21,3
1 1/8	7	3,629	28,6	23,9
1 1/4	7	3,629	31,8	27,1
(1 3/8)	6	4,233	34,9	29,5
1 1/2	6	4,233	38,1	32,7
(1 5/8)	5	5,080	41,3	34,8
1 3/4	5	5,080	44,5	37,9
(1 7/8)	4,5	5,644	47,6	40,4
2	4,5	5,644	50,8	43,6
2 1/4	4	6,350	57,2	49,0
2 1/2	4	6,350	63,5	55,4
2 3/4	3,5	7,257	69,6	60,6
3	3,5	7,257	76,2	66,9
3 1/4	3,25	7,815	82,6	72,5
3 1/2	3,25	7,815	88,9	78,9
3 3/4	3	8,467	95,3	84,4
4	3	8,467	101,6	90,8

Tabel L-4

## Trapetskeermed

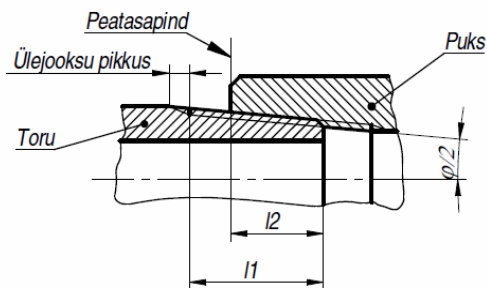
Välisläbimõõt d, mm			Keerme samm P, mm			Välisläbimõõt d, mm			Keerme samm P, mm		
1. rida	2. rida	3. rida				1. rida	2. rida	3. rida			
10	-	-	-	3	2	-	-	48	12	8	3
12	-	-	-	3	2	50	-	-	12	8	3
-	14	-	-	3	2	-	-	52	12	8	3
16	-	-	-	4	2	-	55	-	12	8	3
-	18	-	-	4	2	60	-	-	12	8	3
20	-	-	-	5	2	-	-	65	16	10	4
-	22	-	8	5	2	-	70	-	16	10	4
-	-	24	8	5	2	-	-	75	16	10	4
26	-	-	8	5	2	80	-	-	16	10	4
-	28	-	8	5	2	-	-	85	20	12	5
-	-	30	10	6	3	-	90	-	20	12	5
32	-	-	10	6	3	-	-	95	20	12	5
-	-	34	10	6	3	100	-	-	20	12	5
-	36	-	10	6	3	-	110	-	20	12	5
-	-	38	10	6	3	120	-	-	24	16	6
40	-	-	10	6	3	-	-	130	24	16	6
-	-	42	10	6	3	-	140	-	24	16	6
-	44	-	12	8	3	-	-	150	24	16	6
-	-	46	12	8	3	160	-	-	24	16	6

Märkus: Keerme läbimõõdu valikul tuleb eelistada esimest rida teisele ja teist kolmandale.

Tabel L-5

## Koonilised torukeermed

Keerme tingtähis		Keerme läbimõõdud peatasapinnas, mm		Keerme samm P, mm	Keerme- niitide arv 1'' kohta	Keerme pikkus, mm	
Väliskeermel	Sisekeermel	Välisläbimõõt d = D	Siseläbimõõt d <sub>1</sub> = D <sub>1</sub>			l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>
R 1/8	R <sub>c</sub> 1/8	9,728	8,566	0,907	28	6,5	4,0
R 1/4	R <sub>c</sub> 1/4	13,157	11,445	1,337	19	9,7	6,0
R 3/8	R <sub>c</sub> 3/8	16,662	14,950	1,337	19	10,1	6,4
R 1/2	R <sub>c</sub> 1/2	20,995	18,631	1,814	14	13,2	8,2
R 3/4	R <sub>c</sub> 3/4	26,441	24,117	1,814	14	14,5	9,5
R 1	R <sub>c</sub> 1	33,249	30,291	2,309	11	16,8	10,4
R 1 1/4	R <sub>c</sub> 1 1/4	41,910	38,952	2,309	11	19,1	12,7
R 1 1/2	R <sub>c</sub> 1 1/2	47,803	44,845	2,309	11	19,1	12,7
R 2	R <sub>c</sub> 2	59,614	56,656	2,309	11	23,4	15,9
R 2 1/2	R <sub>c</sub> 2 1/2	75,184	72,226	2,309	11	26,7	17,5
R 3	R <sub>c</sub> 3	87,884	84,926	2,309	11	29,8	20,6



Keerme koonilisus on 1:16.

Koonuse nurk  $\varphi = 3^{\circ}34'48''$ .

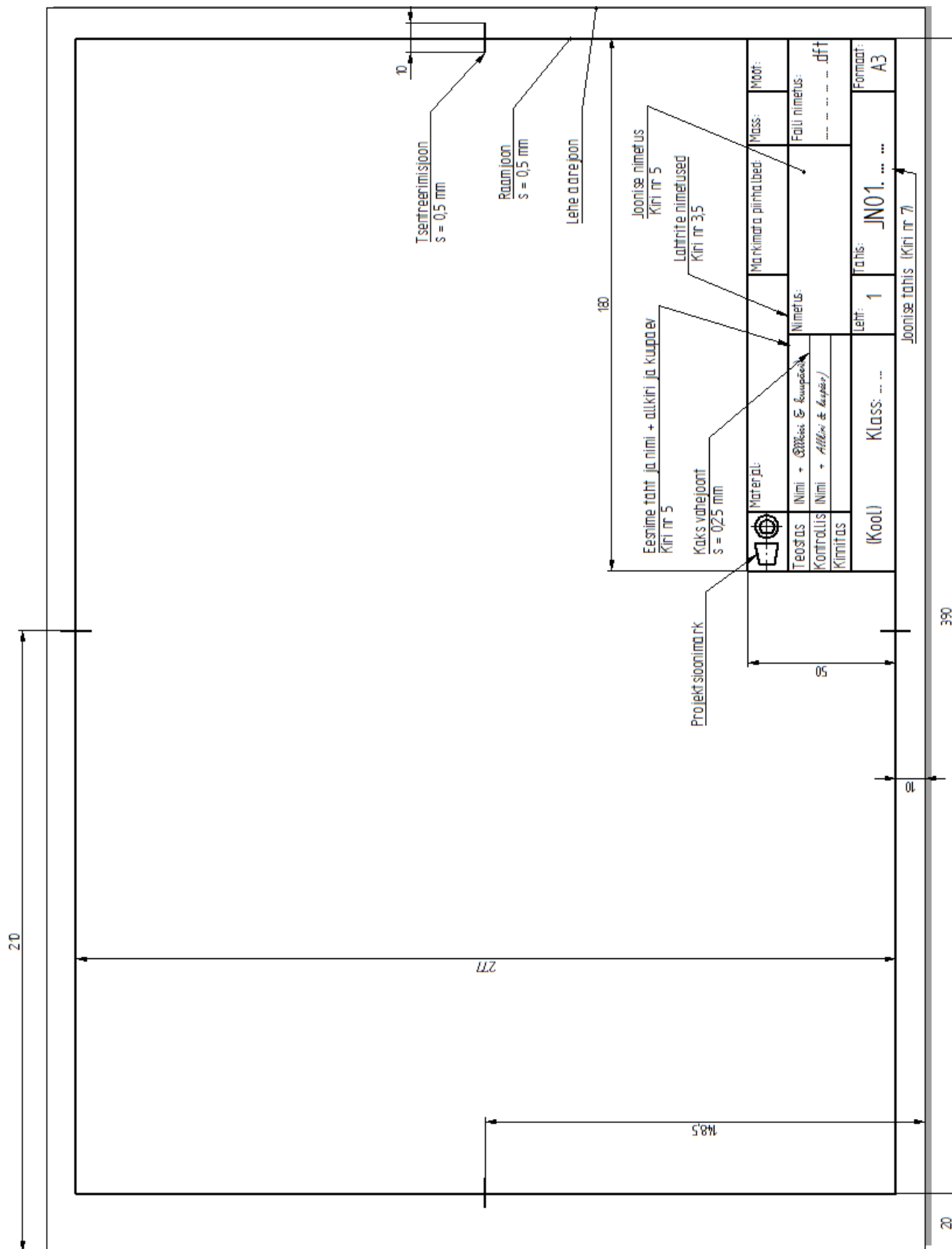


**Mõnede materjalide võrdlustabel. Tähistusnäited**

Materjal	Kasutusala	Materjali tähis				
		EN, Saksa DIN	Vene ГОСТ	Soome SFS	Rootsi SS	Suurbritania BS
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Mittelegeerteras (tavakvaliteetsüsinik-konstruktsiooniteras)	Vähekoormatud keeviskonstruktsioonid, valtsprofiilid, sepised, mittevastusrikkad masinaosad ja kinnitusdetailid jne	EN 10025 - S235J2G3	Сm3кп ГОСТ 380-88	Fe 37D SFS 200	SS-stål 1312-01	BS 4360-40D
		EN 10025 – S355J2G3	17ГC ГОСТ 380-88	Fe 52D SFS 200	SS-stål 2132	BS 4360-50D
Kvaliteetsüsinik-konstruktsiooniteras	Kõrgemate tugevusnõuetega termotöötlueta ja termiliselt töödeldud masinaosad, kinnitusdetailid jne	EN 10084 – C10E	Teras 08 ГОСТ 1050-88		SS-stål 1265	BS 040 A10
		EN 10083-1 - C45E	Teras 45 ГОСТ 1050-88	456 SFS xxx	SS-stål 1672	BS 080 M46
Legeeritud kvaliteetterased	Termiliselt töödeldavad suure kulumiskindlusega masinaosad (võllid, hammarattad, teljed) jne;	EN 10083-1 - 37CrS4	40X ГОСТ 4543-71	461 SFS xxx	SS-stål 2541	BS 816 M40
Hallmalm	Valandite valmistamiseks (vähevastusrikkad alused, korpusdetailid, rihmarattad jne)	Malm DIN 1691 - GG20	C420 ГОСТ 1412-85	SFS 4855 GRS200	SS-14 0120-00	BS xxx Grade 220
Pronks	<u>Deformeeritavad pronksid</u> (aparaatide detailid, vedrud, hammarattad, poldid, tihendid, võllid, laagripüksid, jne)	Pronks DIN17662 - CuSn6	(Tinavaba pronks)* БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78	CuSn6 SFS 2933	SS-14 5428	B xxx PB103
Messing	<u>Deformeeritavad messingid</u> (stantsitud detailid, kinnitusdetailid, püksid, torud jne)	Messing DIN 17660 -- CuZn36Pb1,5	(Deformeeritav messing)* ЛС63-2 ГОСТ15527-70	CuZn36Pb1 SFS 2923	SS-14 5165	BS xxx CZ119
Deformeeritav alumiiniumisulam	Auto ja lennuki kere osad jm detailid, auto mootori detailid, muud masinaosad.	DIN 1725 – AlCuMgPb DIN 1725 – G-AISI7Mg	Д16 ГОСТ 4784-74 AK7 ГОСТ 4784-74	AlCu4SiMg SFS 2595 G-AISI7Mg SFS 2569	SS-14 4338 SS-14 4244	BS 1490 LM25
<u>Mitte metallid:</u> • fluorplast	Dielektrilised kiled, agressiivses keskkonnas töötavad detailid, väikesel koormusel töötavad liugelaagrid, tihendrõngad jne		Fluorplast–40 ГОСТ 10007-80			
• kartong	Äärikute ja muude ühenduste tihendid		Kartong A2 ГОСТ 9347-74			
• kumm	Liikumatu ühenduste tihendid, hõõrdumist takistavad ja löökoormust vastuvõtavad detailid		(Temperatuuri-, happe- ja alusekindel)* Пласт I, ТМКЩ-С-3 ГОСТ 7338-77			
• topendtihend (punutud immutatud ja kuiv nõör)	Ventiili spindli ja muude liikuvate ja liikumatute ühenduste tihendamiseks		(Immutatud)* Punutud topend ХБП 12x12 ГОСТ 5152-84			

\* Sulgudes olevaid sõnu materjali tähises ei kirjutata

Joonestuslehe formaat A3, horisontaalne



**Kinnituselemendid**

**Tabel L-6**

**Kuuekandilise peaga poldid**

(Mõõtmed vastavad standardile ISO 4014 / DIN 931)

Mõõtmed mm-tes

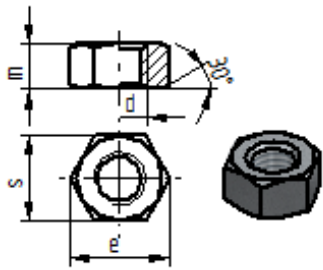
						Tähistusnäide:  <i>Polt ISO 4014 M12x60</i>		
d	s	k	c	da	e	R	b, kui L < 125 mm	b, kui L = 125 ... 200 mm
<b>M6</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>0,3</b>	<b>10</b>	<b>11,05</b>	<b>0,25</b>	<b>24</b>	<b>--</b>
<b>M8</b>	<b>13</b>	<b>5,3</b>	<b>0,4</b>	<b>13</b>	<b>14,38</b>	<b>0,4</b>	<b>28</b>	<b>--</b>
<b>M10</b>	<b>16</b>	<b>6,4</b>	<b>0,4</b>	<b>16</b>	<b>18,90</b>	<b>0,4</b>	<b>32</b>	<b>45</b>
<b>M12</b>	<b>18</b>	<b>7,5</b>	<b>0,4</b>	<b>18</b>	<b>21,10</b>	<b>0,6</b>	<b>36</b>	<b>49</b>
<b>M14<sup>1)</sup></b>	<b>21</b>	<b>8,8</b>	<b>0,4</b>	<b>21</b>	<b>24,49</b>	<b>0,6</b>	<b>40</b>	<b>53</b>
<b>M16</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>0,4</b>	<b>24</b>	<b>26,75</b>	<b>0,6</b>	<b>44</b>	<b>57</b>
<b>M18<sup>1)</sup></b>	<b>27</b>	<b>11,5</b>	<b>0,4</b>	<b>27</b>	<b>30,14</b>	<b>0,6</b>	<b>48</b>	<b>61</b>
<b>M20</b>	<b>30</b>	<b>12,5</b>	<b>0,5</b>	<b>30</b>	<b>33,53</b>	<b>0,6</b>	<b>52</b>	<b>65</b>
<b>M22<sup>1)</sup></b>	<b>34</b>	<b>14</b>	<b>0,5</b>	<b>34</b>	<b>35,72</b>	<b>0,8</b>	<b>56</b>	<b>69</b>
<b>M24</b>	<b>36</b>	<b>15</b>	<b>0,5</b>	<b>36</b>	<b>39,98</b>	<b>0,8</b>	<b>60</b>	<b>73</b>
<b>M27<sup>1)</sup></b>	<b>41</b>	<b>17</b>	<b>0,5</b>	<b>41</b>	<b>45,20</b>	<b>1,0</b>	<b>66</b>	<b>79</b>
<b>M30</b>	<b>46</b>	<b>18,7</b>	<b>0,5</b>	<b>46</b>	<b>50,85</b>	<b>1,0</b>	<b>72</b>	<b>85</b>
1. <sup>1)</sup> Mitte-eelistatavad mõõtmed. 2. Standard ISO 4014 määrab mõõtmed poldidele M3 kuni M64.								
Poldi pikkus L valitakse järgmisest reast: L = 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 90; 100; 110; 120; 130; 140; 150 mm jne.								

Tabel L-7

## Kuuekandiline mutter

(Mõõtmed vastavad standardile DIN 934)

Mõõtmed mm-tes

	d	s	e	m
	M6	10	11,05	5
	M8	13	14,38	6,5
	M10	17	18,90	8
	M12	19	21,10	10
	M14	22	24,49	11
	M16	24	26,75	13
	M18	27	29,56	15
	M20	30	32,95	16
	M22	32	35,03	18
Tähistusnäide:	M24	36	39,55	19
Mutter DIN 934 M12	M27	41	45,20	22
	M30	46	50,85	24

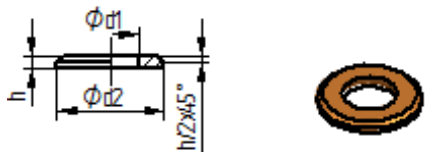
Standard DIN 934 määrab mõõtmed mutritele M2 kuni M100.

Tabel L-8

## Seib

(Mõõtmed vastavad standardile ISO 7090)

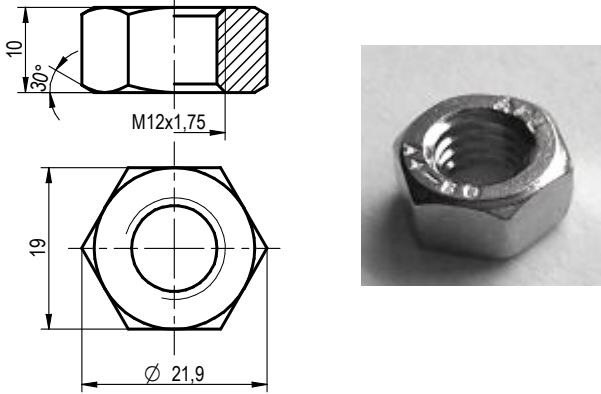
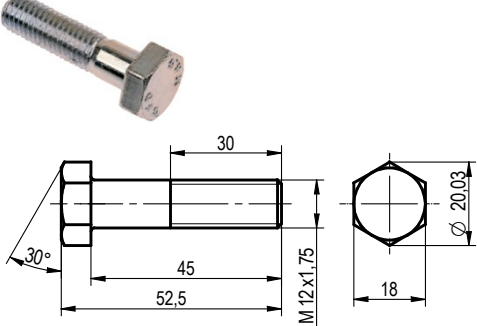
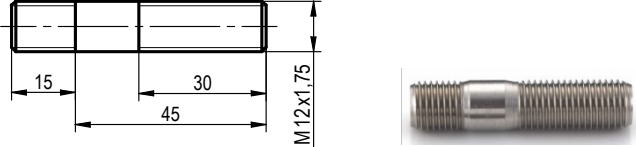
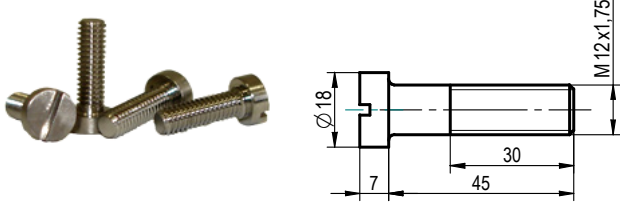
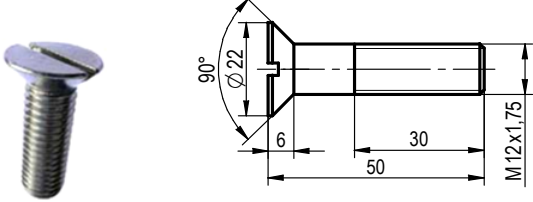
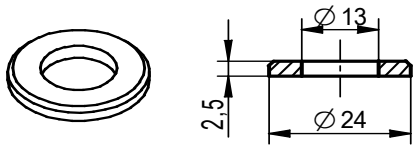
Mõõtmed mm-tes

	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	h
	6	6,4	12	1,6
	8	8,4	16	1,6
	10	10,5	20	2,0
	12	13	24	2,5
	14 <sup>1)</sup>	15	28	2,5
	16	17	30	3,0
	18 <sup>1)</sup>	19	34	3,0
	20	21	37	3,0
	22 <sup>1)</sup>	23	39	3,0
Tähistusnäide:	24	25	44	4,0
Seib ISO 7090-12	27 <sup>1)</sup>	28	50	4,0
	30	31	56	4,0

1. <sup>1)</sup> Mitte-eelistatavad mõõtmed.

2. Standard ISO 7090 määrab mõõtmed seibidele d = 5 kuni 64 mm.

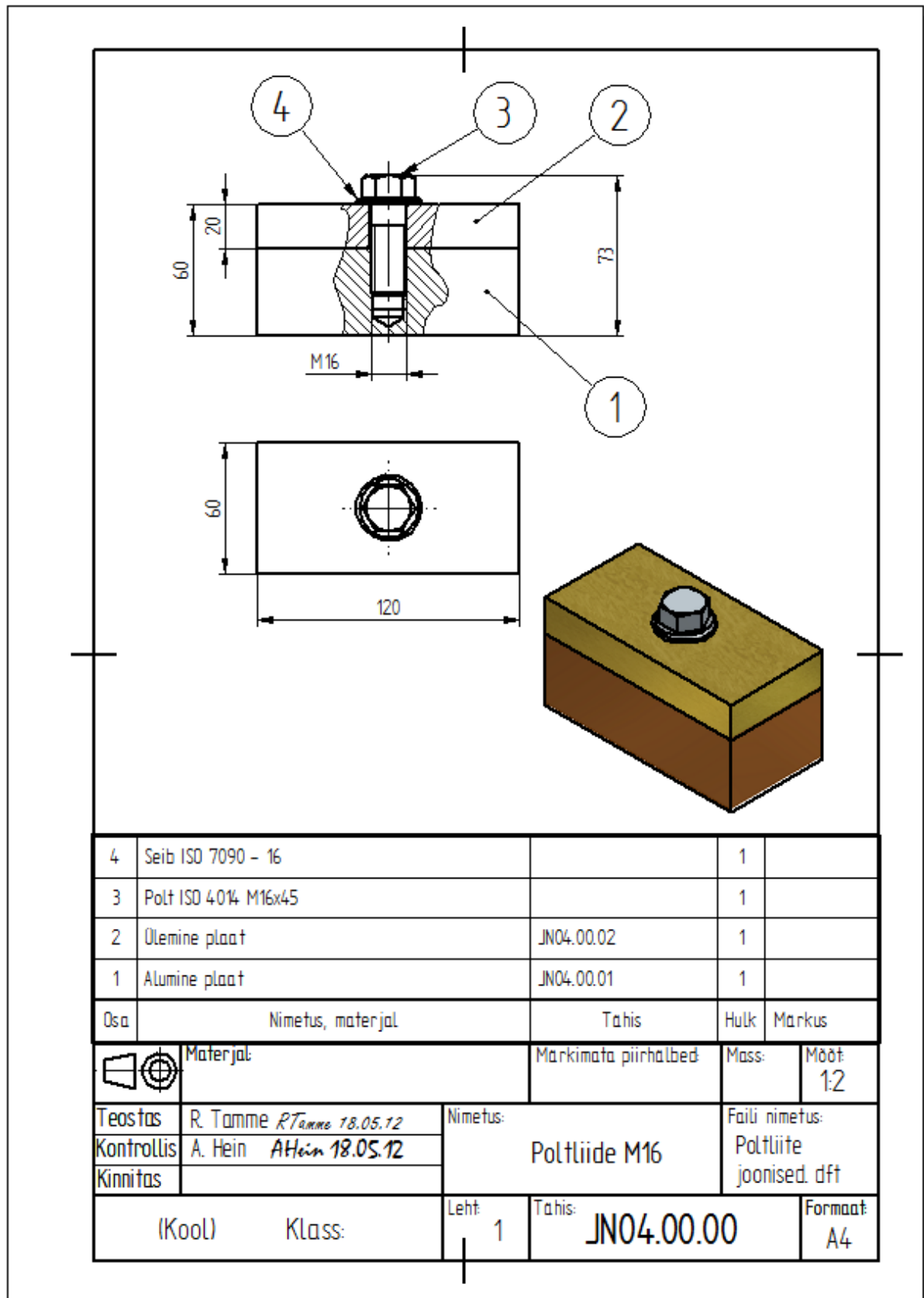
**Tabel L-9 Mõnede kinnituselementide tähistusnäiteid**

	Kinnituselement ja tema joonis	Standardikohased tähistusnäited
1.		<p>Mutter M12 ГOCT 5915-70</p> <p>Mutter DIN 934 – M12</p> <p>Mutter EN 4032 – M12</p> <p>Mutter ISO 4032 – M12</p> <p>Mutter BS 3692 – M12</p>
2.		<p>Polt M12x45 ГOCT 7798-70</p> <p>Polt DIN 931 – M12x45</p> <p>Polt ISO 4014 – M12x45</p>
3.		<p>Tikkpolt M12x45 ГOCT 22034-76</p> <p>Tikkpolt DIN 939 – M12x45</p>
4.		<p>Kruvi M12x45 ГOCT 1491-80</p> <p>Kruvi DIN 84 – M12x45</p> <p>Kruvi ISO 1207 – M12x45</p>
5.		<p>Kruvi M12x50 ГOCT 17475-80</p> <p>Kruvi DIN 963 – M12x50</p> <p>Kruvi ISO 2009 – M12x50</p>
6.		<p>Seib 12 ГOCT 11371-78</p> <p>Seib DIN 125B-12</p> <p>Seib ISO 7090-12</p>

Joonised

Joonis L-1

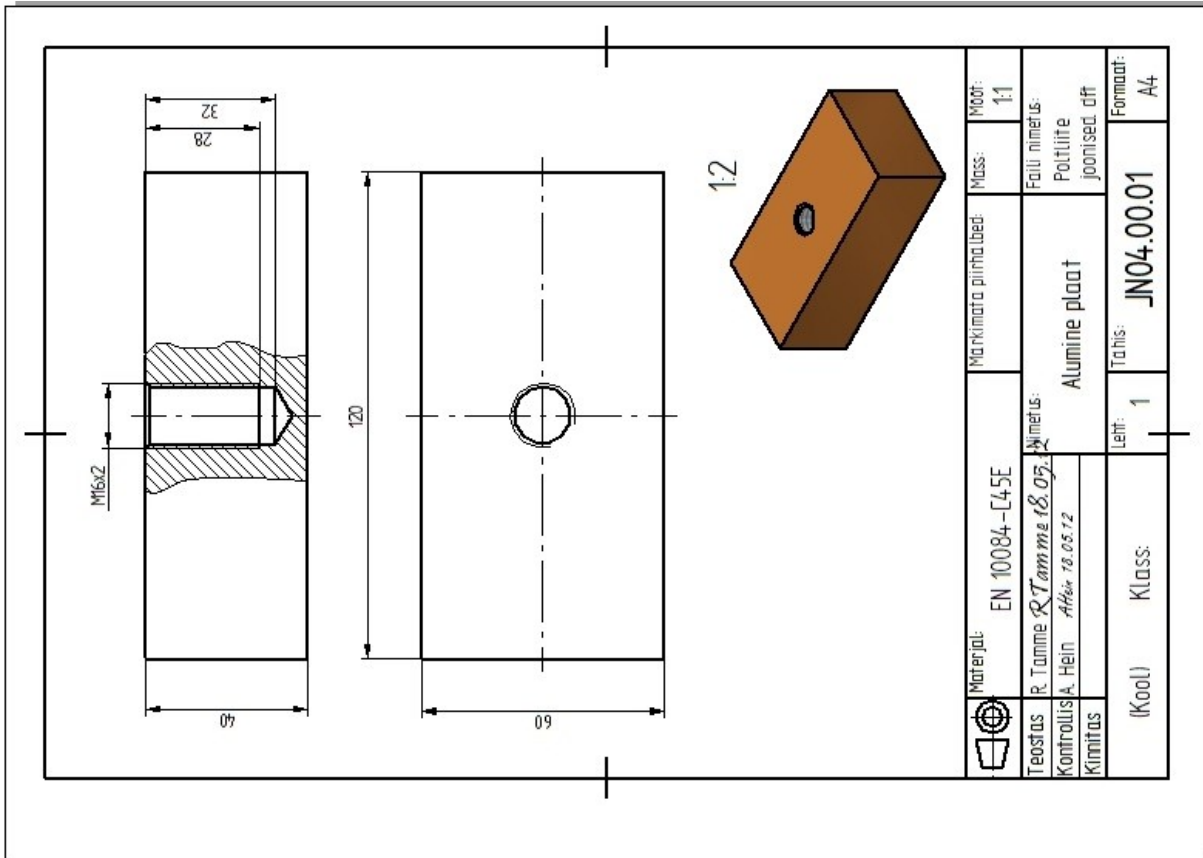
Poltliide JN04.00.00





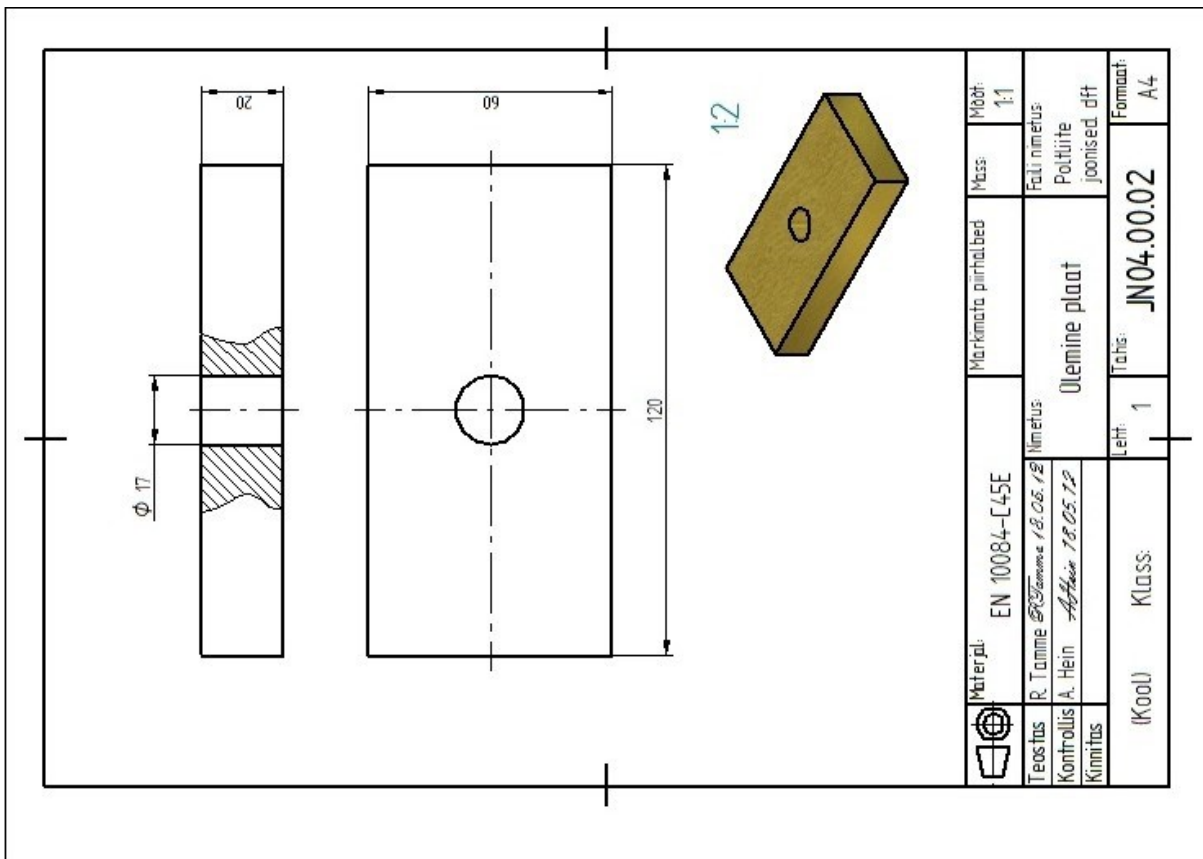
Joonis L-2

Alumine plaat JN04.00.01



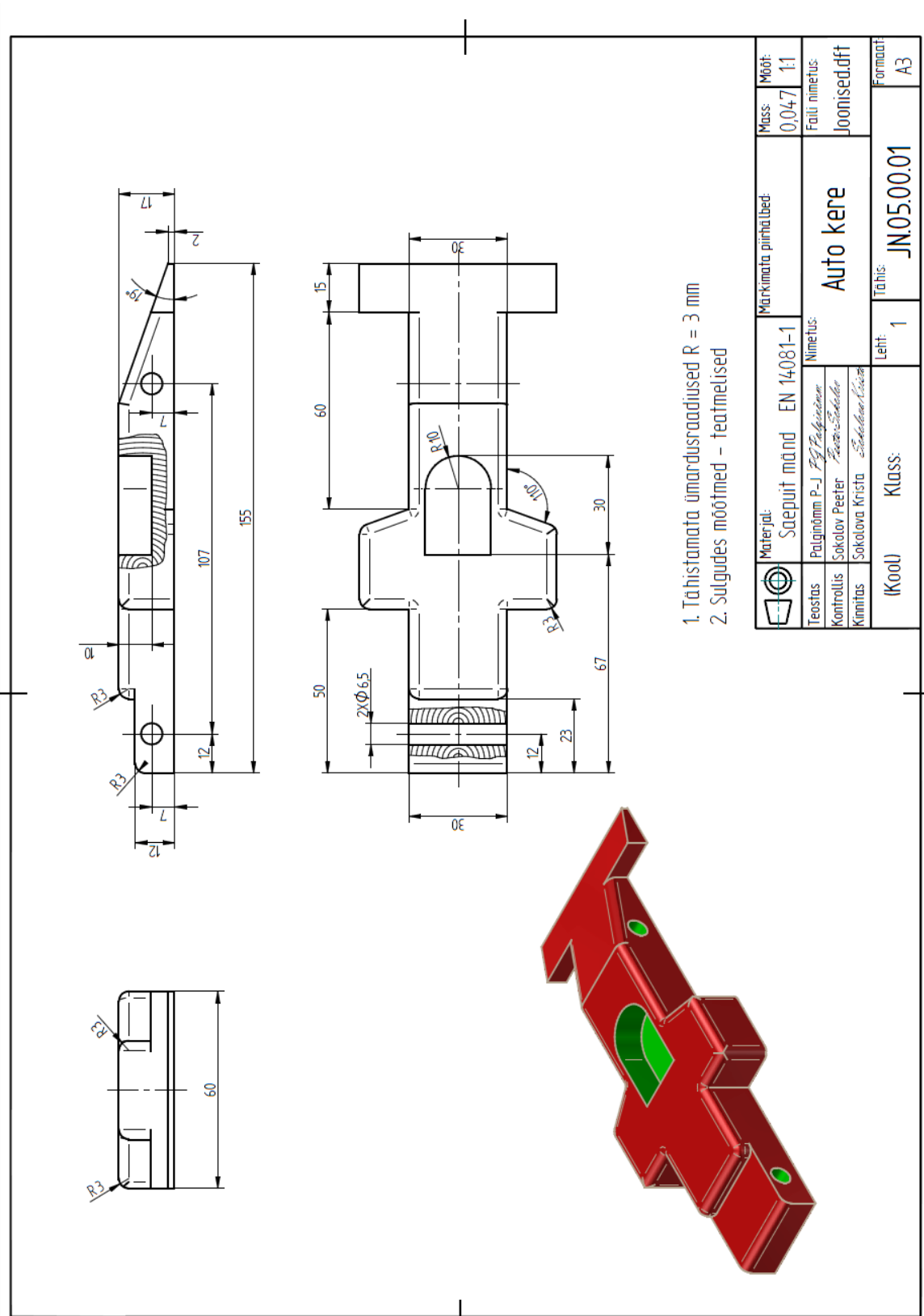
Joonis L-3

Ülemine plaat JN04.00.02



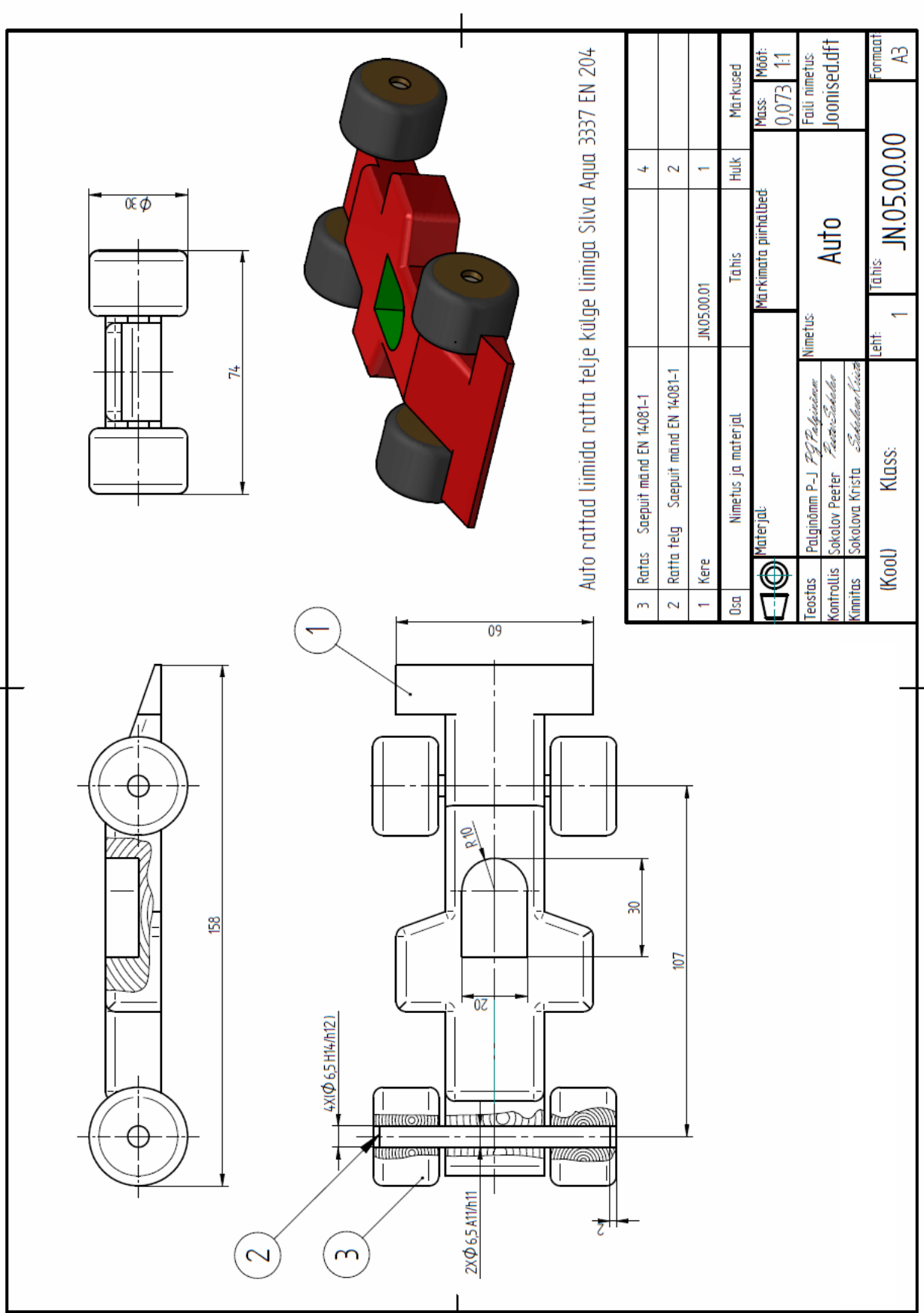
Joonis L-4

Auto kere JN05.00.01



- 1. Tähistamata ümardusraadiused R = 3 mm
- 2. Sulgudes mõõtmed – teatmelised

		Materjal:	Markimata piirhälbed:	Mass:	Mööb:
		Saepuit mänd EN 14081-1		0,047	1:1
Teostas	Patigimõni P-J Põlvkõnnu	Nimetus:	Auto kere		
Kontrollis	Sokolov Peeter		Joonised:df		
Kinnitas	Sokolova Krista		Formaat:		
(Kool)	Klass:	Leht:	Tähis:	Formaat:	
		1	JN05.00.01	A3	



## EESTI- JA INGLISKEELSESED TERMINID

*Aksonomeetria* – ruumiline ilmekust taotlev kujutamise meetod, mille puhul kujutiselt oodatakse lihtsust, ilmekust ja telgede suunas mõõdetavust

*Astmeline lõigel* – lõikepinnad on omavahel paralleelsed ja astmeliselt nihutatud

*Keere* – on pöördkehale moodustatud kruvipind kas pinnalt väljaulatuva lindi või sisselõigatud soone kujul

*Koostejoonis* – tööjoonis, mille järgi ettevõttes pannakse toode kokku varem valmis tehtud üksikdetailidest või väiksematest alamkoostudest

*Lihtlõige* – kujutis, mis saadakse objekti lõikamisel ühe mõttelise tasapinnaga

*Liitlõige* – lõige, mis saadakse objekti mõttelisel lõikamisel mitme tasapinnaga, mis asetsevad omavahel paralleelselt või nurga all

*Liitlõige* – lõige, mis saadakse objekti mõttelisel lõikamisel mitme tasapinnaga, mis asetsevad omavahel paralleelselt või nurga all

*Lõige* – kujutis, mis saadakse objekti mõttelisel lõikamisel ühe või mitme omavahel paralleelse astmelise või nurga all asetseva tasapinnaga, kusjuures näidatakse seda, mis jääb lõikepinna ja sellest tahapoole

*Murdlõige* – lõige, mis on tehtud detaili sümmeetriatelge läbivate ja omavahel nurga all asetsevate tasapindadega

*Mõõtsuhe* – mõõtkava numbriline väljendus, mis näitab kui palju on joonis detailist väiksem või suurem

*Normkiri* – kindla tähekuju ja suurusega standardkiri

*Ristisomeetria* – aksonomeetiline kujutis, kus detaili kujutis tuletatakse teljestiku isomeetrilise (võrdmõõdulise) projektsiooni alusel, kasutades ekraaniga ristiolevaid kiiri

*Ristlõige* – kujutis, mis saadakse detaili mõttelisel läbilõikamisel detaili risttasapinnaga ja mille puhul näidatakse ainult lõikavale pinnale jäävat kujutist

*Tükitabel* – koostu juurde kuuluv dokument, mis sisaldab koostu koostisosade loetelu

*2D Model* – kahemõõtmelise joonise vaade, mida saab töödelda nagu mudelist tehtud vaadet

*Accept* – nõustumise käsk

*Alignment Indicator* – joondamise indikaator

*Alternate Assemblies* – alternatiivsed (alam)koostud

*Analysis Options* – analüüsi omadused

*Angle Between* – nurgamõõde

*Application Button* – rakendusnupp

*Apply to Model* – lisa mudelile

*Arc by Center Point* – kaar keskpunkti järgi

*Assembly Environment* – alamkoostude ja koostude koostamise keskkond

*Auto-Dimension* – automaatsed mõõtmed

*Automatic Center Lines* – automaatsed tsentrijooned

*Automatic Center Lines* – automaatsed tsentrijooned

*Auxiliary View* – lisavaade  
*Axial Align* – telgede joondamine (koaksiaalsus)  
*Axis of Revolution* – pöörlemistelg  
  
*Base Reference Planes* – põhikoordinaatpind  
*Blank* – tühi (tühi mõõde)  
*Bolt Hole Circle* – poldiavade ring  
*Broken-Out* – kohtlõike tegemise tööriist  
*Browser* -- otsingumootor  
  
*Caption* – pealkiri  
*Center Line* – tsentrijoon (telg)  
*Chain* – ahel, kett (piki kinnist kontuuri)  
*Chamfer* – faas  
*Chamfer Options* – faasi omadused  
*Change* – muutma  
*Circle by Center Point* – ringjoon keskpunkti järgi  
*Close Broken Out Section* – sulge kohtlõike tegemise aken  
*Close Sketch* – sulge eskiis (skits)  
*Coincident Plane* – kokkulangev pind  
*Columns* – veerud  
*Connect* – ühenda (2D-keskkonnas jooneotste või keskpunktide ühendamine)  
*Connect* – ühendama (pindadel ja servadel olevate punktide ühendamine 3D- ja 2D-keskkonnas)  
*Create Alignment* – loo joondamine  
*Criteria* – sorteerimise kriteerium  
*Cross Section* – ristlõige  
*Curve* – kõverjoon, vabakäejoon  
*Custom Orientation* – dialoogiaken, mis võimaldab kasutajal kohandada eelmises dialoogiaknas valitud joonise vaate asendit oma vajadustele  
*Cut* – väljalõige (materjali eemaldamine)  
*Cutting Plane* – lõiketaspind  
*Cylinder End Step* – silindri serva valik  
*Cylinder Step* – silindri valik  
  
*Defaults* – vaike-, vaikimisi valitav  
*Descending* – loetelu järjestuses alt üles  
*Detail (Detail View)* – kohtvaade  
*Dimension Prefix* – mõõtme eesliide  
*Dimension Type* – mõõtme tüüp  
*Distance* – pikkusmõõde  
*Distance Between* – vahekaugus (mõõtme lisamisel)  
*Document Number* – dokumendi tähis  
*Draft Environment* – kahemõõtmeliste jooniste ja muude dokumentide valmistamise keskkond  
*Drag Component* – lohista, liiguta komponenti  
*Draw in View* – joonesta vaatele  
*Drawing View Creation Wizard* – joonise vaadete loomise viisard

*Drawing Views* – joonise vaated

*Edge Painter* – käsk, millega saab muuta detaili kujutise servade omadusi (nt muuta joone laiust, peita joont)

*Edit Profile* – redigeeri (muuda) profiili

*Equal* – võrdne (võrdsusta)

*Extend Step* – ulatuse samm

*Extend to Next* – pikenda järgmiseni

*Extrude* – (eend) arvutigraafika protsess kolmemõõtmelise kujundi loomiseks kahemõõtmelise kujundi venitamise teel piki kolmandat telge

*Feature`s Plane* – keha (kujundi) pind

*Features* – kujundid

*Fill* – täida, viiruta

*Finite Extent* – lõplik ulatus, määratud ulatus

*Fit* – sobita (toob kogu töölaual oleva informatsiooni töölaua aknasse, selle keskele)

*FlashFit* – kiire, tark side, programm valib sideme liigi ise

*Footer* – jalusesse (tabeli alla)

*General* – üldine

*Grid Options* – mõõtkoordinaadistiku ja võrgustiku omadused

*Group* – grupp (gruppi võtma), erinevate tööriistadega tehtud elementide aktiveerimine, kogumine ühte gruppi

*Header* – päis (tabeli ülemine osa)

*Help Index* – käsk, mis avab spikrilehe (selgituste lehe)

*Hidden Edge style* – varjatud servade joonetüüp

*Hole* – eriliiki ava (tööriist sisemiste pöördpindade ja sisekeerme modelleerimiseks)

*Hole Options* – ava omadused

*Insert* – sisesta

*Inspect* – kontrolli (uuri)

*ISO Assembly* – ISO koost

*Item Number* – osanumber

*Layers* – kihid, paigaldused

*Leader* – viitejoon

*Leader Properties* – viitejoone omadused

*Line* – joon (sirglõik)

*Lip* – ristkülikukujuline serv (siselõikena või väljaulatusena)

*Location Step* – asukoha aste

*Maintain Relationships* – jäävad seosed

*Mate* – paari, kokku panema

*Midpoint* – keskpunkt

*Mirror* – peegel (peegelkoopia tegemine)

*Mirror Copy Feature* – elementide peegelkoopia



*Modify* – muuda

*Move* – liiguta

*Multiple paths and Cross Sections* – mitu juhtjoont ja ristlõiget

*Offset* – nihutusega kontuur

*Ordered* – tavatehnoloogia (traditsiooniline Solid Edge'i programm)

*Pan* – töölaua kujutist liigutama

*Panes* – käsk avab serveribad, paanid

*Parallel* – (servade) paralleelsus

*Part Environment* – kolmemõõtmeliste mudelite konstrueerimise keskkond

*Part Painter* – detaili värvija (käsk, millega saab detaili tahke, pindu värvida)

*Parts Library* – detailide raamatukogu

*Parts List – Auto-Balloon* – tükitabel koos viitejoonte ja osanumbritega

*Parts List* – tükitabel

*Parts List Properties* – tükitabeli omadused

*PathFinder* – koostamise rajaleidja

*Pattern* – muster (paljundustöörüst)

*Physical Properties* – füüsikalised omadused

*Planar Align* -- pindade joondamine

*Plane Normal To Curve* – kõverjoone ristasapind (tasapinna normaal)

*Polygon by Center* – hulknurk tsentri järgi

*Prefix* – eesliide

*Preview* – eelvaade

*Principal* – peavaade (käsk teiste vaadete valimiseks peale peavaate)

*Properties* – omadused

*QuickPick* – abimenüü (täppisvaliku dialoogiaken elementide valimiseks)

*Recent Documents* – hiljutised (viimased) dokumendid

*Rectangle by Center* – ristkülik tsentri järgi

*Rectangular Pattern* – ristkülikukujulise mustri järgi paljundamine

*Relationship Handles* – seoste sang (näitab skitsidel ja joonistel seoste olemasolu)

*Reposition* – ümberpositsioneerimine

*Retrieve Dimensions* – mõõtmete taastamine (mõõtmete toomine mudeliilt joonisele)

*Reverse order of entries (bottom to top)* -- pöörab loetelu järjekorda alt üles

*Revolve* – pöörlema, ringi liikuma

*Revolved Cut* – pöördväljalõige

*Rotate* – pöörlema, pöörduma

*Save as* – salvesta nimega

*Section* – lõige

*Section – Section Only* – lõige – ainult lõikepind (ristlõike genereerimise tööriist)

*Select* – vali

*Select Attachment* – vali manus

*Select from Sketch* – vali eskisist

*Setback* – kaatet

*Shaded with Edges* – varjutatud nähtavate servadega  
*Shading Options* – varjutuse omadused  
*Show Caption* – näita pealkirja  
*Show Edges* – näita tahkudevahelisi servasid  
*Show Primary Caption* – näita esmast pealkirja  
*Show View Scale* – näita kujutise mõõtkava  
*Smart Dimension* – kiirmõõtmed (nutikad mõõtmed)  
*Smart Step Ribbon Bar* – muutuv tööriistariba, mille sisu muutus sõltub aktiveeritud käsust  
*Solids* – tahked kehad  
*Sorting* – sorteerimine  
*Split* – tükelda (poolita)  
*Standard Thread* – standardkeere  
*Straight* – sirge  
*Suffix* – järelliide  
*Surface Texture Symbol* -- pinnakareduse sümbol  
*Sweep* – looge, juhtjoon  
*Sweep Options* – looke omadused  
*Swept Protrusion – Cross Section Step* – lookega keha – ristlõigete aste (samm)  
*Swept Protrusion* – juhtjoone ja ristlõigete järgi looklevad detailid  
*Swept Protrusion – Path Step* – lookega keha – juhtjoone aste (samm)  
*Switch Windows* – aknaid vahetama (käsk, millega saab valitud akna tuua ekraanile)  
*Switch Windows* – aknaid vahetama (käsk, millega saab valitud akna tuua ekraanile)  
*Synchronous* – sünkroontehnoloogia (mõeldud põhiliselt toote arendamiseks)  
*Synchronous* – sünkroontehnoloogia (mõeldud põhiliselt toote edasiarendamiseks)

*Zoom* – suurenda-vähenda  
*Zoom Tool* – suurendamise tööriist

*Table Properties* – tabeli omadused  
*Tangent* – puutuja  
*Tangent Arc* – puutekaar  
*Text* – kiri  
*Text Profile* – teksti kuju  
*Thin Wall – Common Thickness* – õhuke sein – ühtlane paksus  
*Thin Wall – Offset Inside* – õhuke sein – paksus sissepoole  
*Thin Wall – Open Faces* – õhuke sein – avatud pinnad  
*Threaded* – keermestatud  
*To Cylinder extent* – kogu silindri ulatuses  
*Total Length* – kogupikkus (joonte summaarne pikkus)  
*Treatment Step* – töötluste aste  
*Trim* – lõika ja kustuta

*Update* – uuendada, värskendada  
*Update Views* – vaadete uuendamine (värskendamine)

*View Wizard* – vaadete viisard (abiprogramm, mis on ette nähtud valitud detaili vaadete loomiseks)

