

Tallinna Tehnikaülikool  
Insenerigraafika keskus

Saari	4
Tävik	5
3D-pool	6
Kõnnilager	7
Koonusõige (ellips)	8
Koonusõige (parabool)	9
Koonusõige (hüperbool)	10
Põhrvaated	11
3D-küür	12
YÜÜ	13
Käsitatus	14
Tõlkesõnast	15
Toruklamber	16
Laagrikorpus	18
3D-maja	19
Kuusk	21
3D-inimene	24
3D-inimene nurga	25
Põhjoon (3D-solid)	26
3D-mööbel	28
3D-maja koos ümbrusega	29
3D-krüvijoone	34
3D-keerdtrepp	35
Kõlakoda	36
Tsüstern	38
Nimekaart	40

## ARVUTIGRAAFIKA II

### ÜLESANNETE KOGU

Koostanud: Rein Mägi  
Heino Möldre

Tallinn  
2002

## SISUKORD

Saateks .....	4
Tiivik .....	5
3D-polyline .....	6
Kuullaager .....	7
Koonuslõige (ellips) .....	8
Koonuslõige (parabool) .....	9
Koonuslõige (hüperbool) .....	10
Põhivaated .....	11
3D-katus .....	12
Võll .....	13
Käsiratas .....	14
Teisendusülesanne .....	15
Toruklamber .....	16
Laagrikorpus .....	18
3D-maja .....	19
Kuusk .....	23
3D-inimene .....	24
3D-inimene näoga .....	25
Pea loomine (3D-solid) .....	26
3D-mööbel .....	28
3D-maja koos ümbrusega .....	29
3D-kruvijoon .....	34
3D-keerdtrepp .....	35
Kõlakoda .....	36
Tsistern .....	38
Nimekaart .....	40

## SAATEKS

Käesolevad harjutusülesanded on ette nähtud õppeaine *Arvutigraafika II* praktilistes tundides, seega kolmemõõtmeliste (3D) kujundite modelleerimisel. Eelnevalt peaks olema läbitud kahemõõtmelisi objekte käsitlev kursus *Arvutigraafika I*. Kolmemõõtmelisi (ruumilisi) kujundeid saab tekitada:

1. Kahemõõtmelistele (2D) joontele kolmanda (z-suunalise) mõõtme – kõrguse (*Thickness*) lisamisega. Joone laiust (xy-tasapinnal) saab anda ainult polüjoone laiuse-parameetriga (*Polyline width*). Vaata näitena lk 5. Sellist moodust võib nimetada ka pseudo-3Dks.
2. Ruumilise joon-objekti (*3D-polyline*) abil. Vaata näitena lk 6.
3. Õõnespindade (*Surfaces*) kasutamisega. Need pinnad koosnevad tegelikult polüjoonte võrguga (*Polyline mesh*) seotud tasapinnalistest tahkudest (*Faces*). Võrgu tihedus erinevates (*m* ja *n*) suundades tuleb enne õõnespinna tekitamist seadistada parameetritega *Surftab1* ja *Surftab2*. Vaata näidetena lk 7 ja 36. Selliste pindade korral ei ole paraku võimalik saada nende omavahelisi lõikejooni.
4. Tahkete kehade (*3D-Solid*) abil. Selline moodus põhineb lõplike elementide meetodil (*FEM*) ning on kõige täiuslikum. Siin on võimalik objektidega teha mahulisi *Boole*'i tehteid – ühendamist (*Union*), lahutamist (*Subtract*) ja ühisosa leidmist (*Subtract*). Seejuures pindade lõikejooned tekivad automaatselt. Valdav osa ülesandeid põhinebki just *3D-Solid* modelleerimisel

Harjutusülesanded sisaldavad nii masinaehituslikke kui ka ehituslikke objekte.

Ruumipunktide määratlemisel (*Specify point:*) on võimalikud variandid:

- absoluutkoordinaatidega: *x,y,z*;
- suhteliste koordinaatidega eelmise punkti suhtes: *@Δx, Δy, Δz*;
- koordinaatfiltril abil: *.x, .y, .z, .xy, .xz, .yz*;
- olemasolevate objektide punktide “snäppimisega” (*Object snap*).

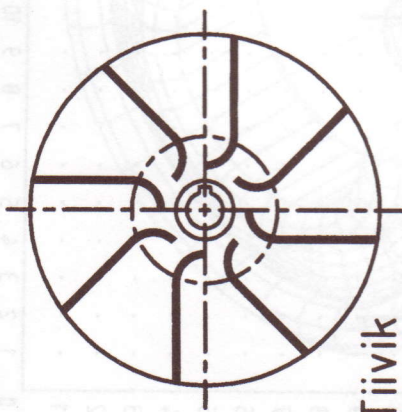
Ohutuse mõttes oleks tungiv soovitus juba enne joonestamisele asumist anda oma tulevasele failile unikaalne nimi (*File>Save as*) ning aeg-ajalt seansi käigus kasutada *Save*-käsku. Otsinguraskuste vältimiseks tulevikus oleks vajalik see *filename* “salvestada” ka oma taskumärkmikusse.

Abimaterjalina oleks soovitav kasutada õpperaamatuid:

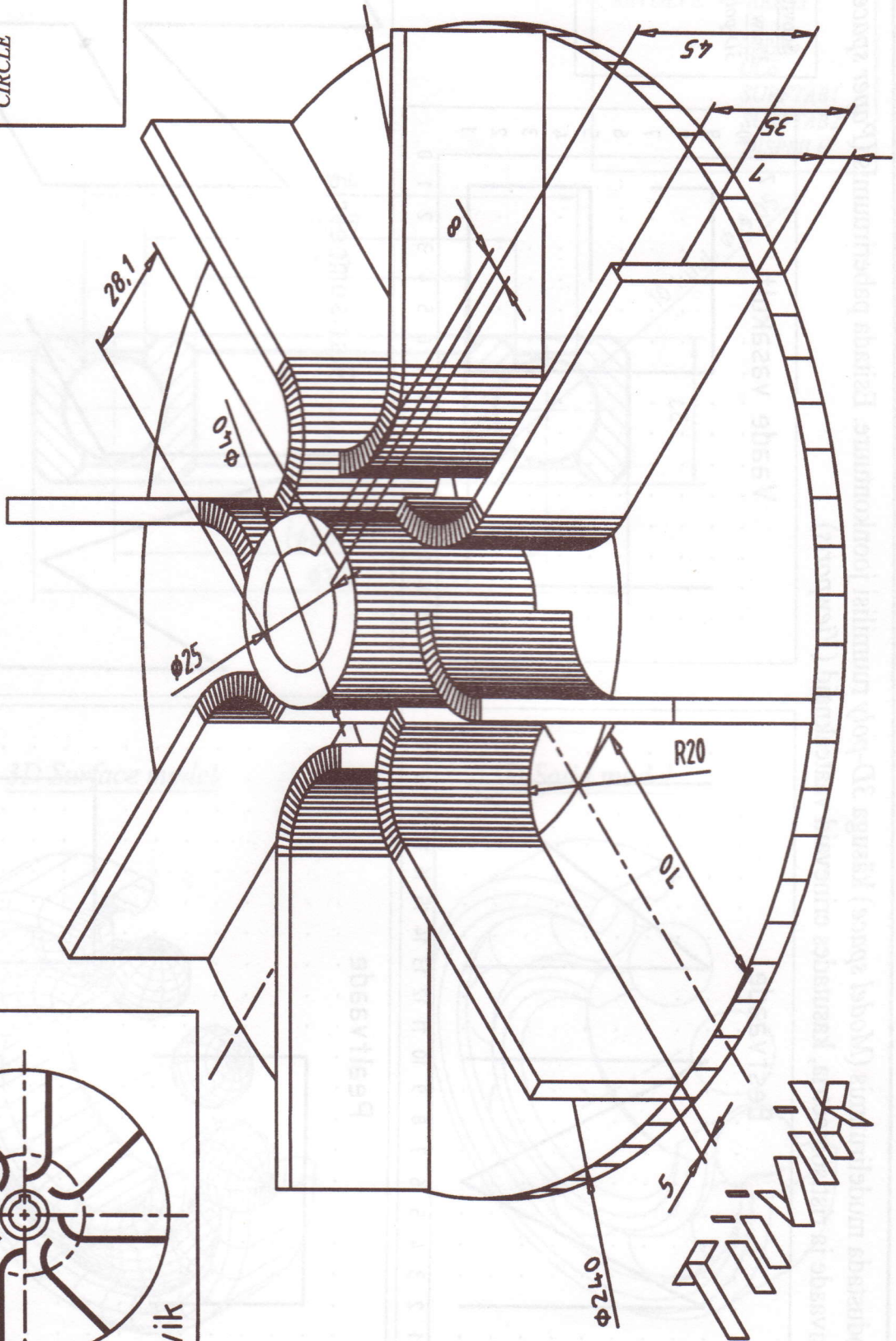
- *Arvutijoonestus I. AutoCAD. Lühikonspekt. (Koostanud Leo Türn). TTÜ, Tallinn 2000, 300 lk.*
- *Arvutijoonestus II. AutoCAD. Kolmemõõtmelised kujundid I. (Koostanud Leo Türn). TTÜ, Tallinn 1997, 142 lk.*

Moodustada tiiviku ruumiline mudel, kasutades  
joon-objektide kõrgusmõõdet *Thickness*

- Soovitatavad käsud:
- Draw
  - LINE
  - PLINE
  - CIRCLE
  - Modify:
  - OFFSET
  - TRIM
  - ARRAY
  - Muud:
  - CHANGE
  - (Properties)



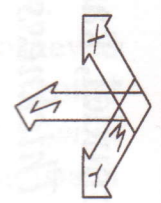
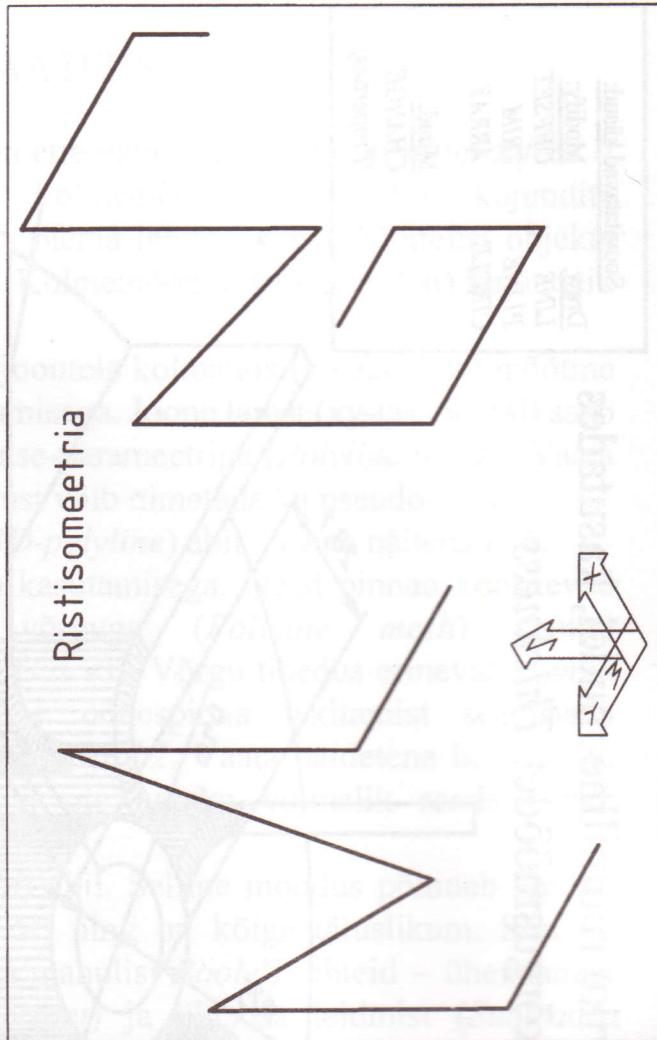
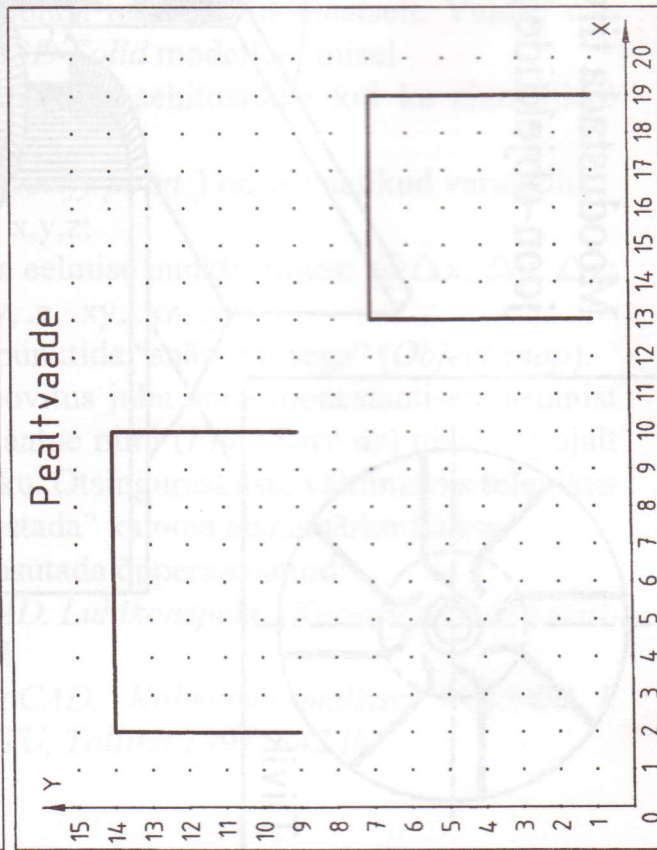
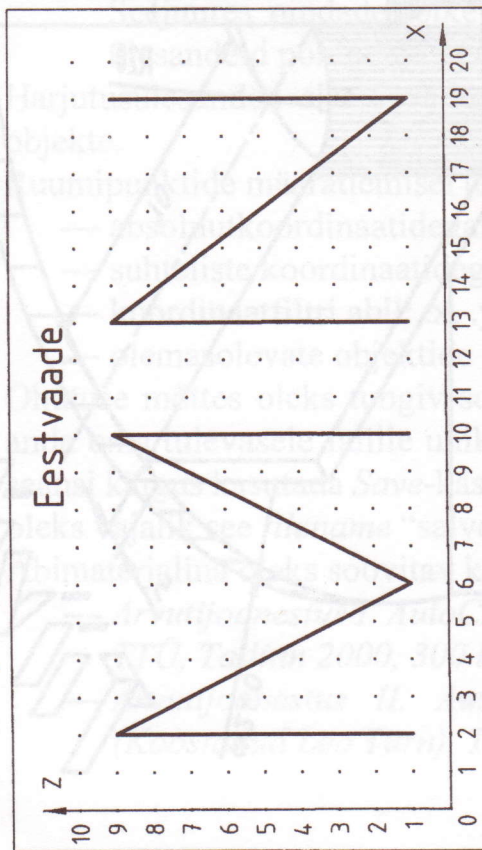
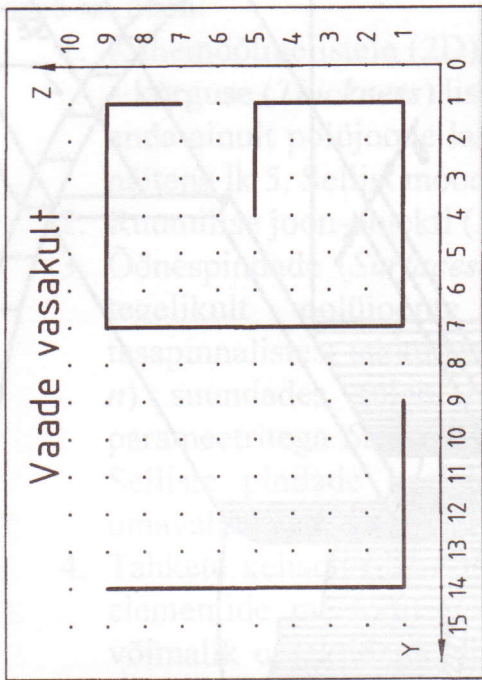
Tiivik



Tiivik

Moodustada mudeliruumis (*Model space*) käsuga *3D-poly* ruumilisi joonkontuure. Esitada paberiruumis (*Paper space*) objektide kolmvaade ja ristisomeetria, kasutades erinevaid vaateaknaid (*Viewports*)

Soovitatavad käsud:  
 Draw 3D-poly  
 Modify: PEDIT  
 Muud: PSPACE VPORTS GRID



3D-polyline

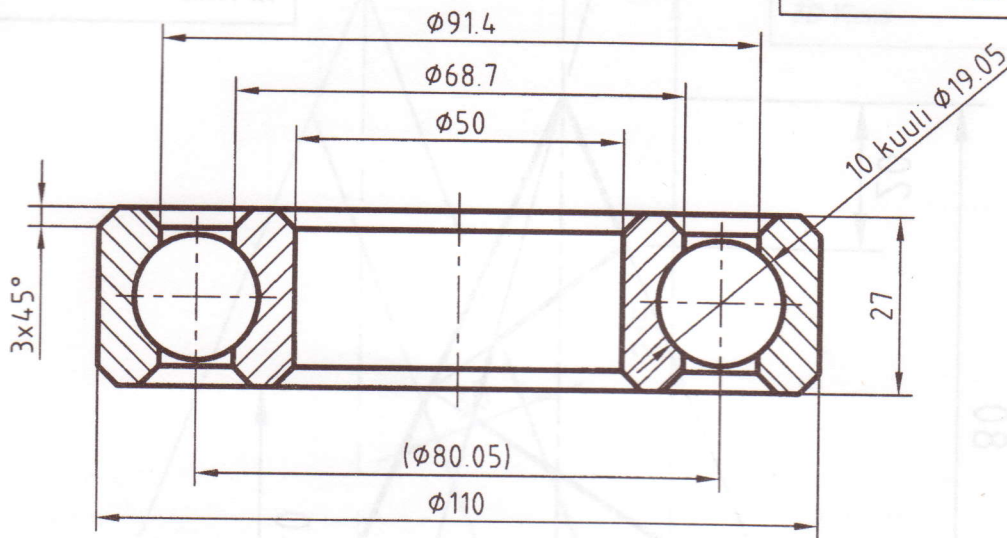
Teha kuullaagri kolmemõõtmeline mudel, kasutades:

- 1) õõnespindu (*3D Surface model*),
- 2) tahke keha mudelit (*3D Solid model*)

Soovitavad käsud:

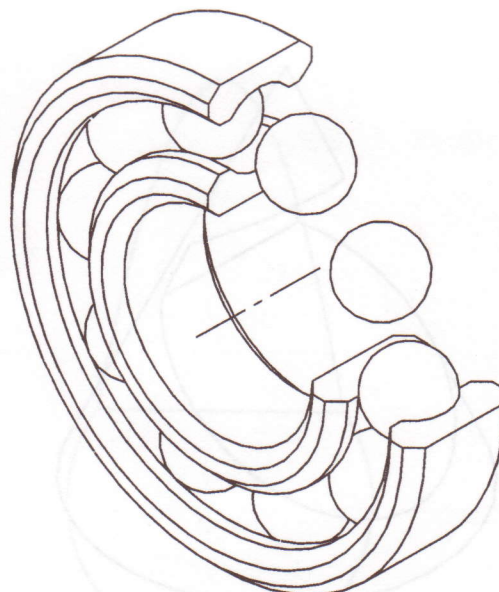
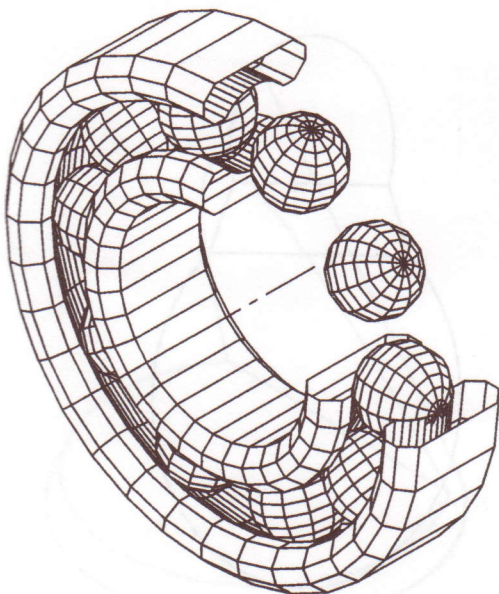
<u>Draw</u>	<u>Modify:</u>
LINE	OFFSET
PLINE	CHAMFER
REVSURF	PEDIT
REVOLVE	ARRAY

Muud:  
 UCS  
 SURFTAB1  
 SURFTAB2  
 DISPSILH



3D Surface model

3D Solid model

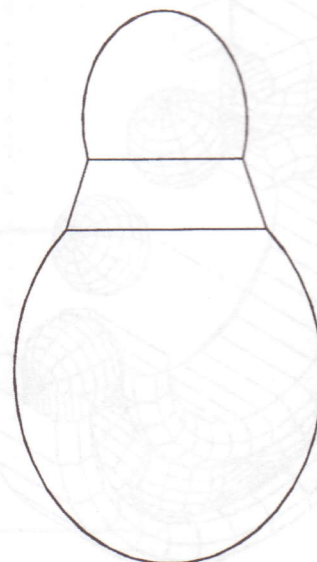
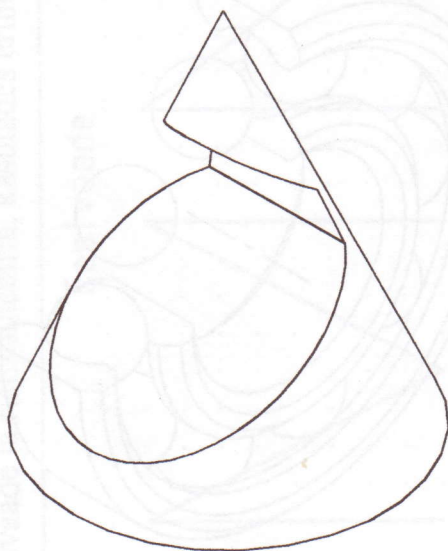
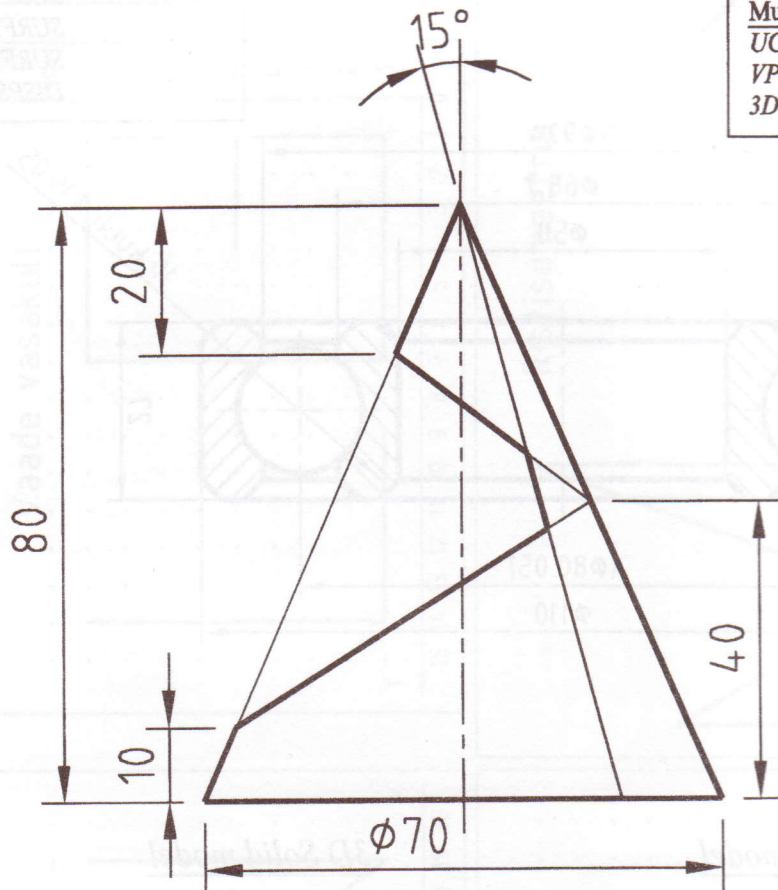


Kuullaager

Teha lõigatud koonuse 3D-Solid mudel. Paberruumis (*Paperspace*) esitada mudeli kolmvaade ja ristisomeetiline kujutis. Konstrueerida tasapinnaliste koonuslõigete originaalvormid

Soovitavad käsud:

<u>Draw</u>	<u>Modify:</u>
LINE	OFFSET
PLINE	TRIM
CIRCLE	EXPLODE
CONE	SUBTRACT
EXTRUDE	INTERSECT
<u>Muud</u>	ROTATE3D
UCS	
VPORTS	
3D Views	

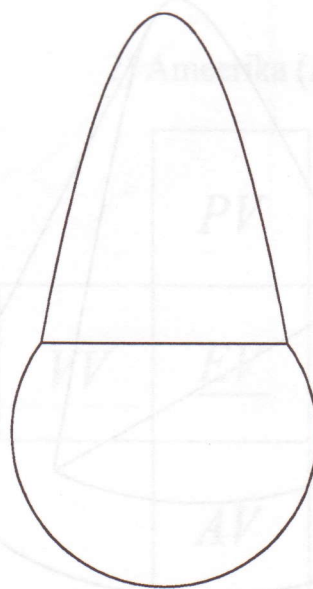
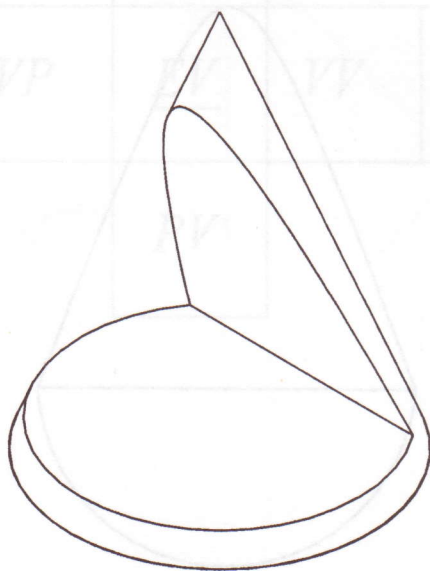
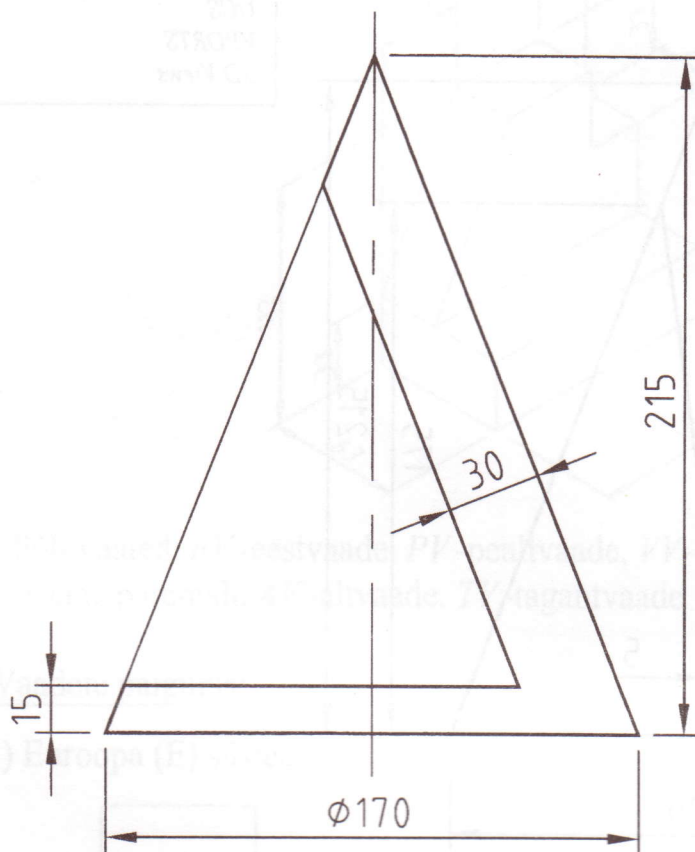


Koonuslõige (ellips)

Teha lõigatud koonuse 3D-Solid mudel. Paberruumis (*Paperspace*) esitada mudeli kolmvaade ja ristisomeetiline kujutis. Konstrueerida tasapinnaliste koonuslõigete originaalvormid

Soovitavad käsud:

Draw	Modify:
LINE	OFFSET
PLINE	TRIM
CIRCLE	EXPLODE
CONE	SUBTRACT
EXTRUDE	INTERSECT
Muud	ROTATE3D
UCS	
VPORIS	
3D Views	



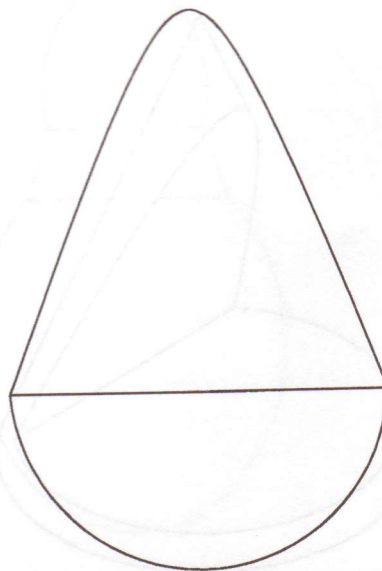
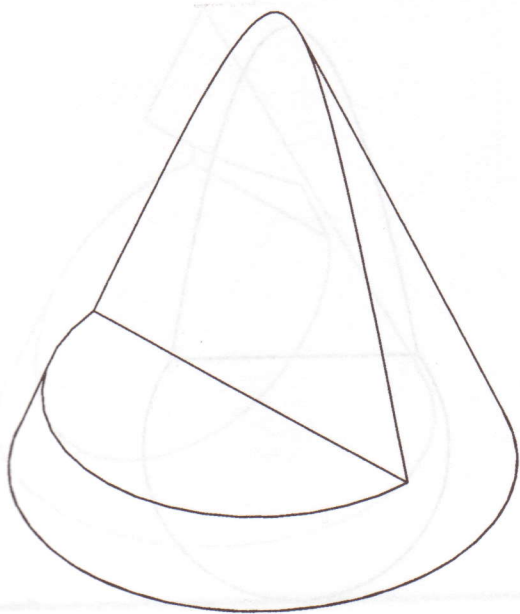
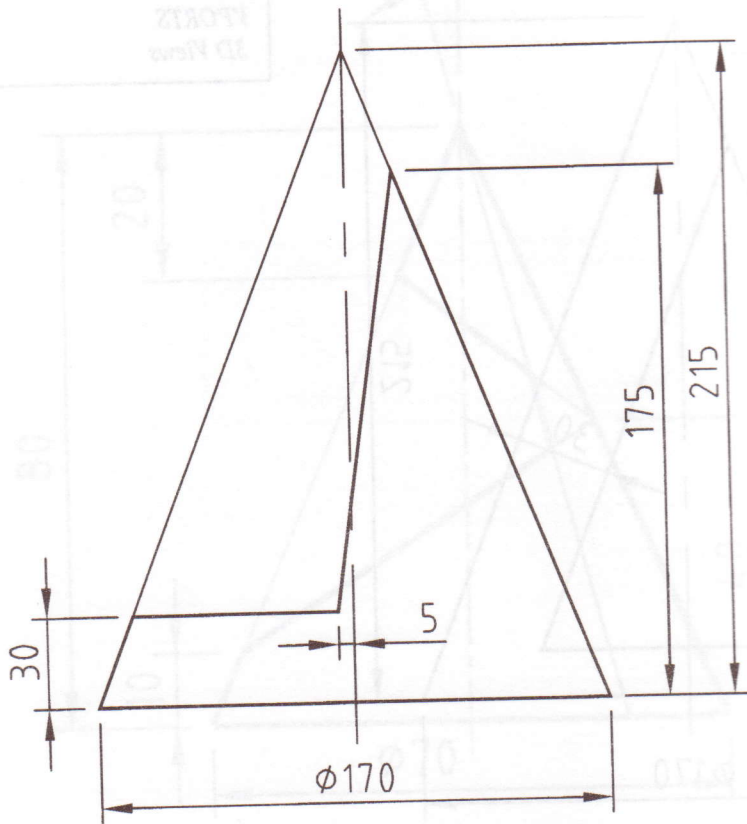
Koonuslõige (parabool)



Teha lõigatud koonuse 3D-Solid mudel. Paberruumis (Paperspace) esitada mudeli kolmvaade ja ristsomeetriline kujutis. Konstrueerida tasapinnaliste koonuslõigete originaalvormid

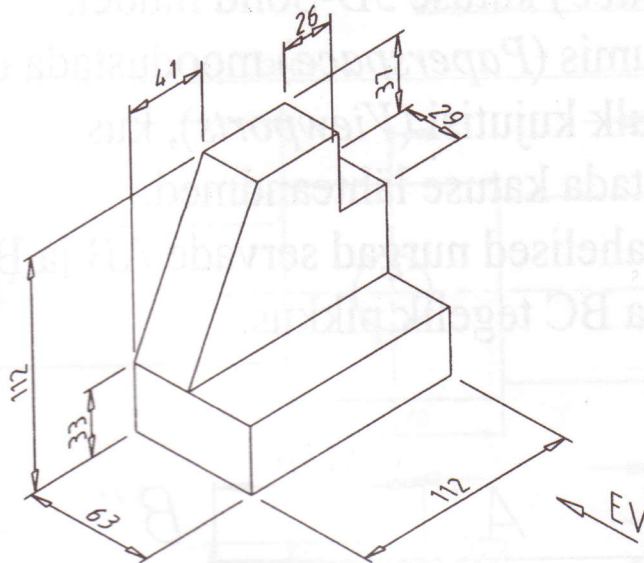
Soovitavad käsud:

Draw	Modify:
LINE	OFFSET
PLINE	TRIM
CIRCLE	EXPLODE
CONE	SUBTRACT
EXTRUDE	INTERSECT
	ROTATE3D
Muud	
UCS	
VPORTS	
3D Views	



Koonuslõige (hüperbool)

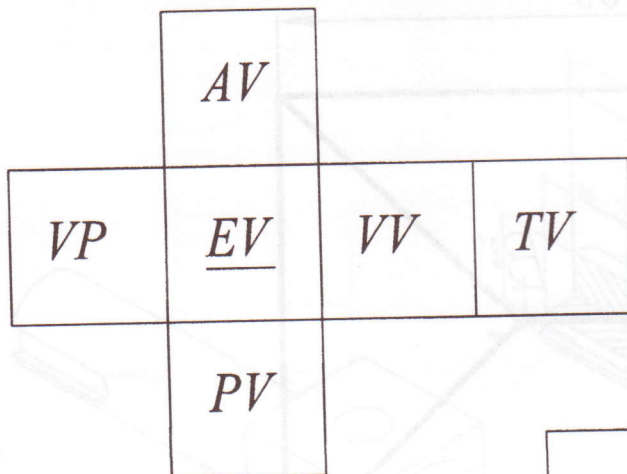
Tehke antud detailist (3D-Solid)  
6 põhivaadet: 1) Euroopa- ja 2) Ameerika  
süsteemis



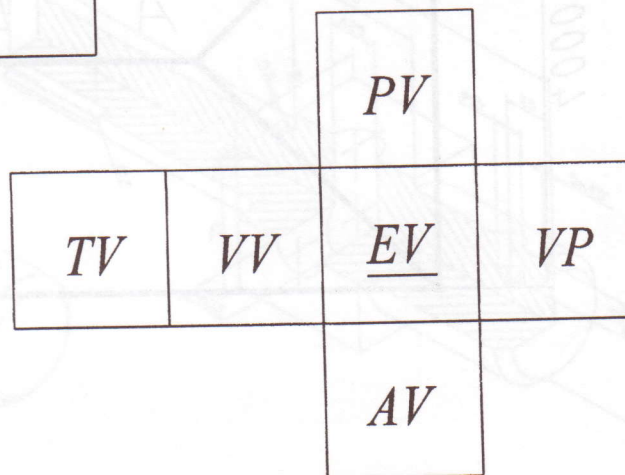
Põhivaated: *EV*-eestvaade, *PV*-pealtvaade, *VV*-vaade vasakult, *VP*-vaade paremalt, *AV*-altvaade, *TV*-tagantvaade

Vaadete paigutus:

1) Euroopa (E) süsteemis:

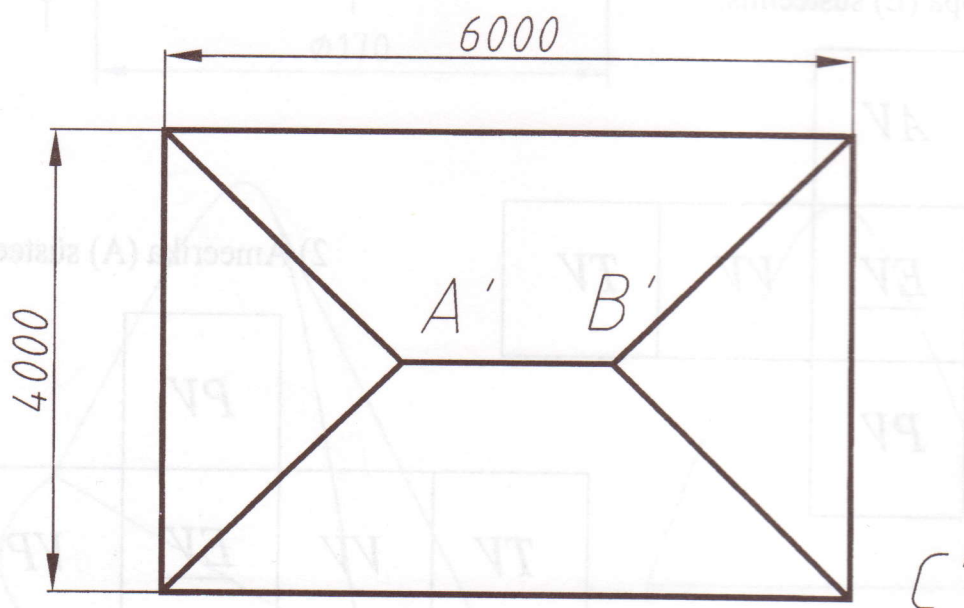
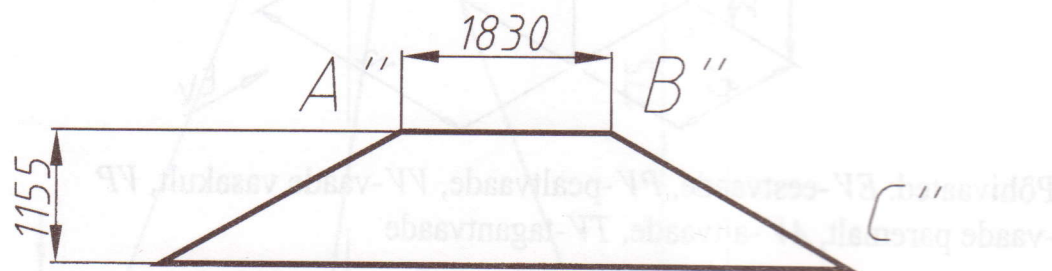


2) Ameerika (A) süsteemis:



Põhivaated

Antud viilkatuse kaksvaade koos mõõtmetega.  
 Tehke mudeliruumis  
 (*Modelspace*) katuse 3D-Solid mudel.  
 Paberiruumis (*Paperspace*) moodustada objektist  
 vajalik hulk kujutisi (*Viewports*), kus  
 mõõtmestada katuse lähteandmed,  
 tahkudevahelised nurgad servade AB ja BC juures  
 ning serva BC tegelik pikkus.

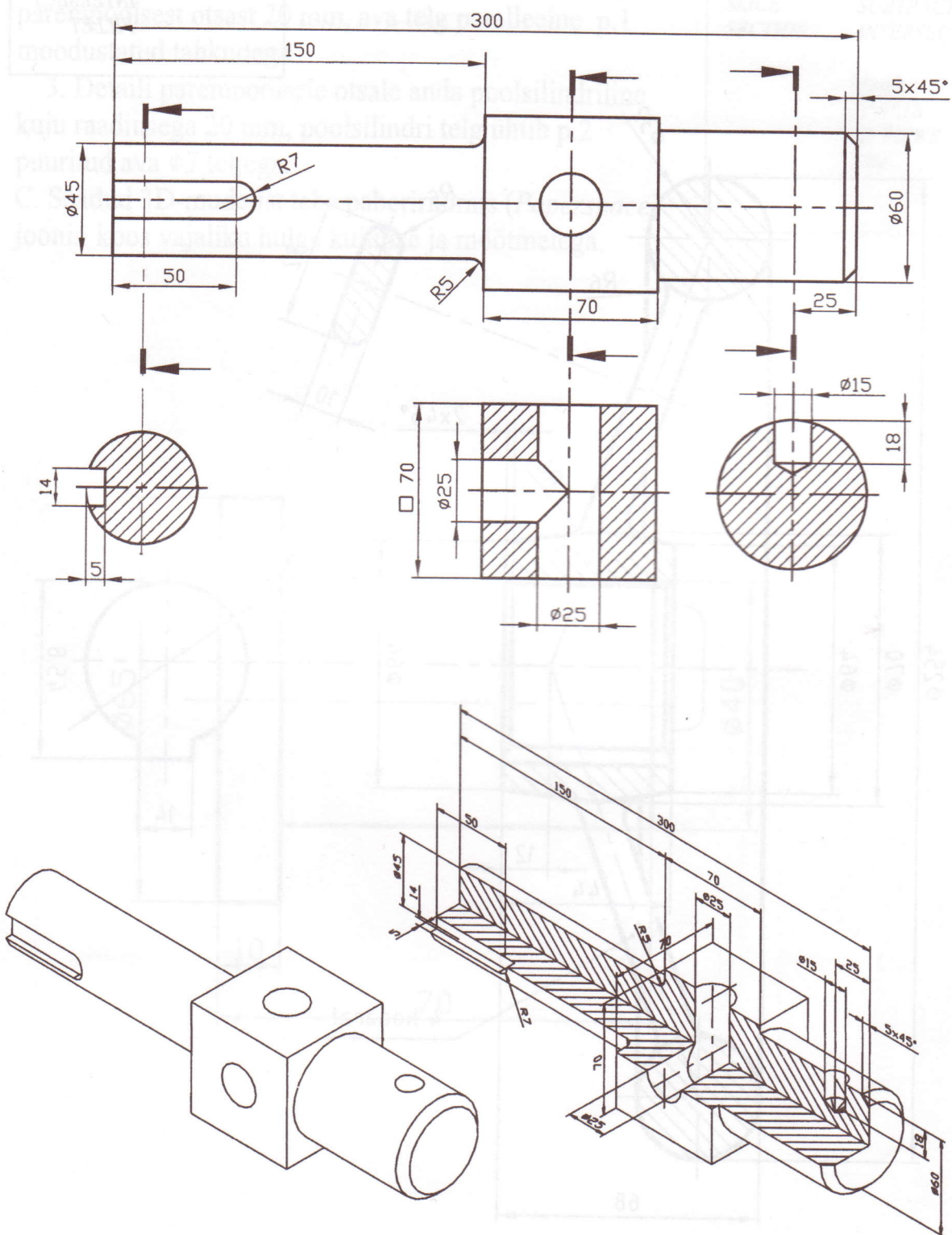


3D-katus

Valmistada võlli 3D-mudel.  
Teha mudelil väljalõige ja viirutada  
lõikepinnad. Mõõtmestada  
ristisomeetriline kujutis

Soovitavad käsud:

<u>Draw</u>	<u>Modify:</u>	<u>Muud:</u>
LINE	OFFSET	UCS
PLINE	UNION	DIM
REVOLVE	SUBTRACT	
EXTRUDE	FILLET	
BOX	ROTATE3D	

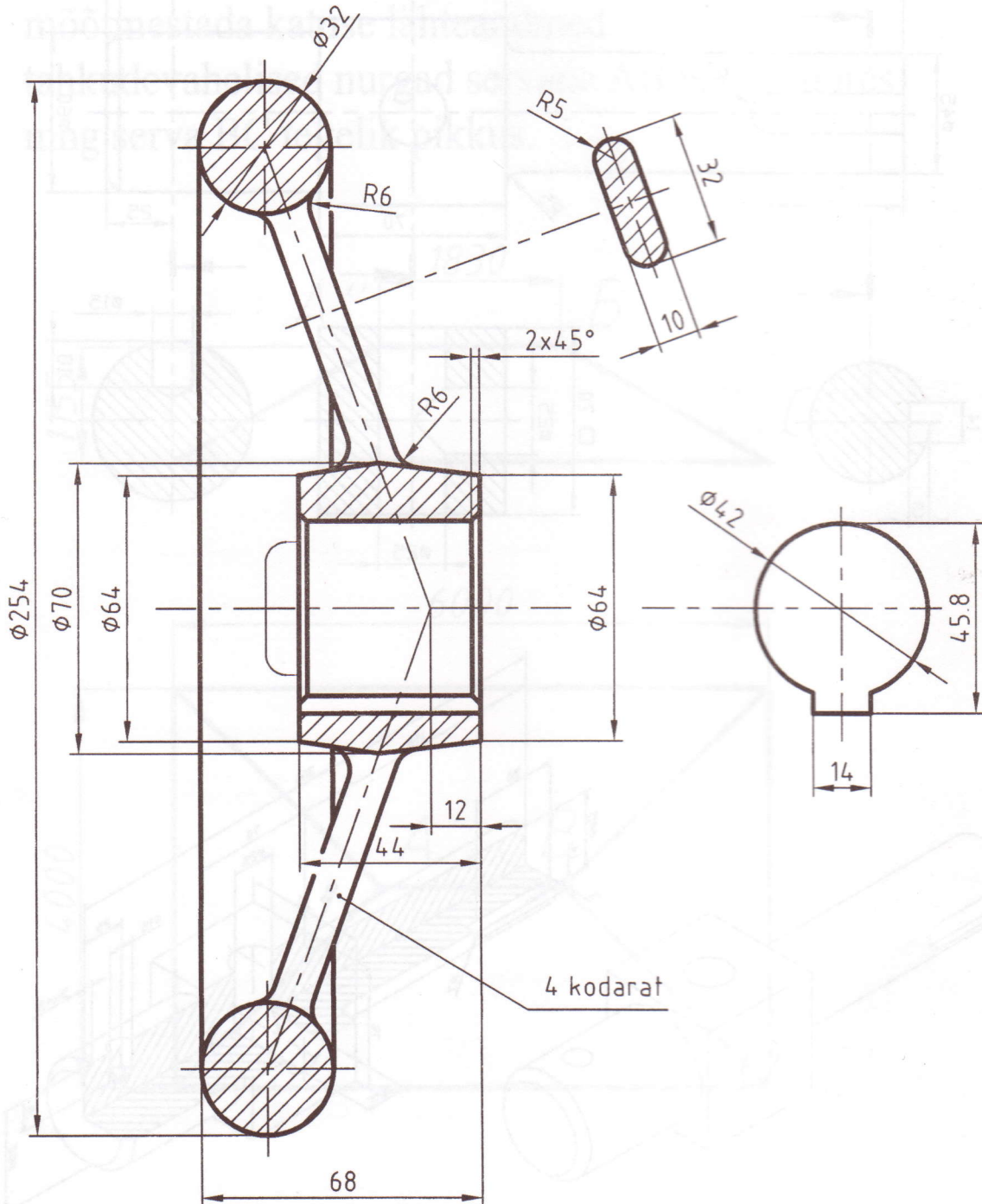


Võll

Teha käsiratta ruumiline mudel (3D-Solid)

Soovitavad käsud:

Draw	Modify:
LINE	OFFSET
PLINE	TRIM
REVOLVE	3DARRAY
EXTRUDE	UNION
TORUS	SUBTRACT
	INTERSECT
	FILLET



Käsiratas

A. Teha lähtetooriku 3D-Solid mudel.

B. Kujundada detail ümber järgmiselt:

1. Freesida vasakpoolne silindriline osa ( $\phi 65$ ) lapikuks, teljega paralleelsete tahkude vahekaugus 50 mm.

2. Puurida teljega risti läbiv ava  $\phi 7$ ; ava telje kaugus parempoolsest otsast 20 mm, ava telg paralleelne p.1 moodustatud tahkudega.

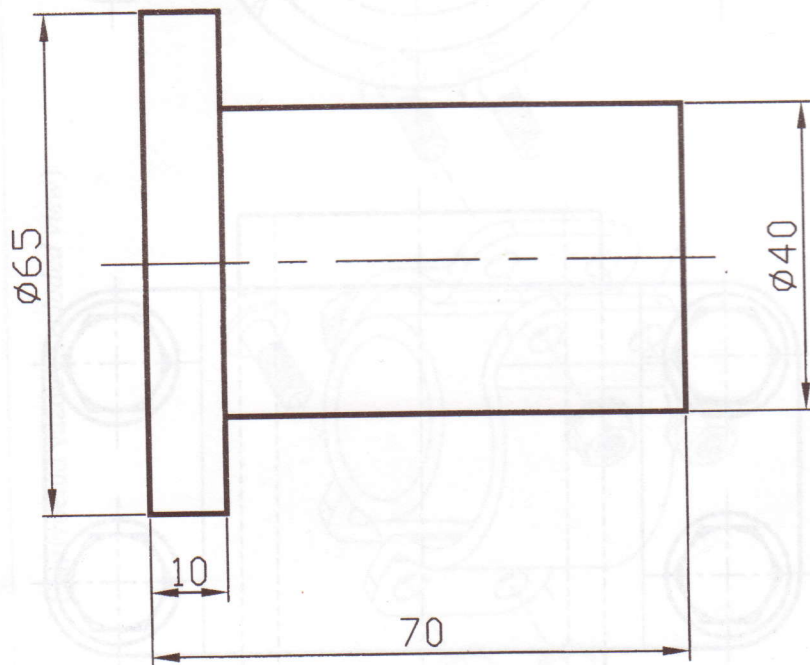
3. Detaili parempoolsele otsale anda poolsilindriline kaju raadiusega 20 mm; poolsilindri telg ühtib p.2 puuritud ava  $\phi 7$  teljega.

C. Saadud 3D-mudelitest teha paberiruumis (*Paperspace*) joonis koos vajaliku hulga kujutise ja mõõtetega.

Soovitavad käsud:

Draw	Modify:
LINE	OFFSET
PLINE	COPY
REVOLVE	MOVE
CYLINDER	UNION
SLICE	SUBTRACT
SECTION	INTERSECT

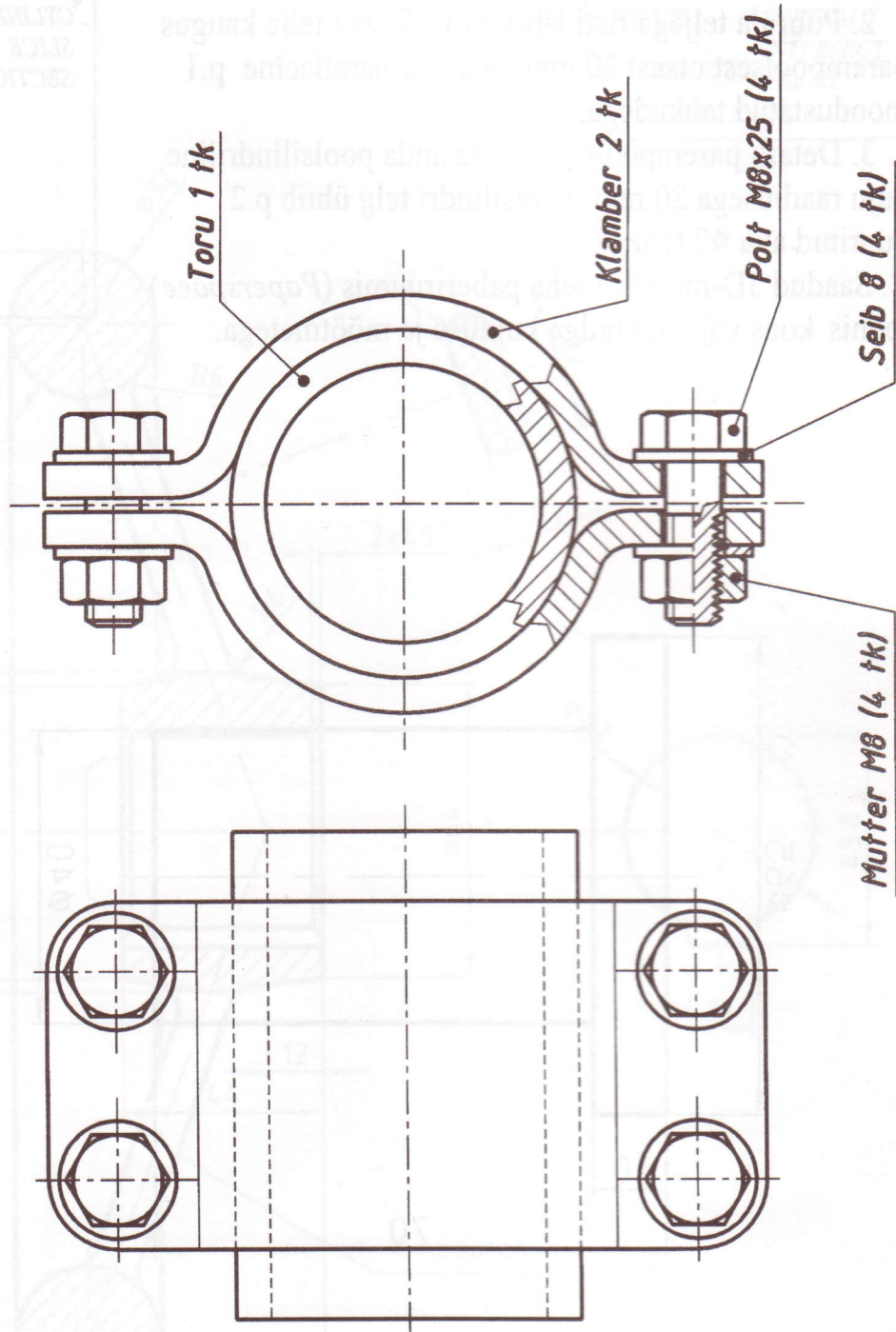
Muud:  
VPORTS  
3D VIEWS  
DIM



Teisendusülesanne

Teha antud 2D-variandi baasil (fail: TORUKL) toruklambri isomeetriline koostejoonis formaadis A3 (*Paper space*). Lisada lahtivõetud vaade (*Exploded view*).

Märkus: Detailid paigutada eraldi kihtidesse (*Layer*)

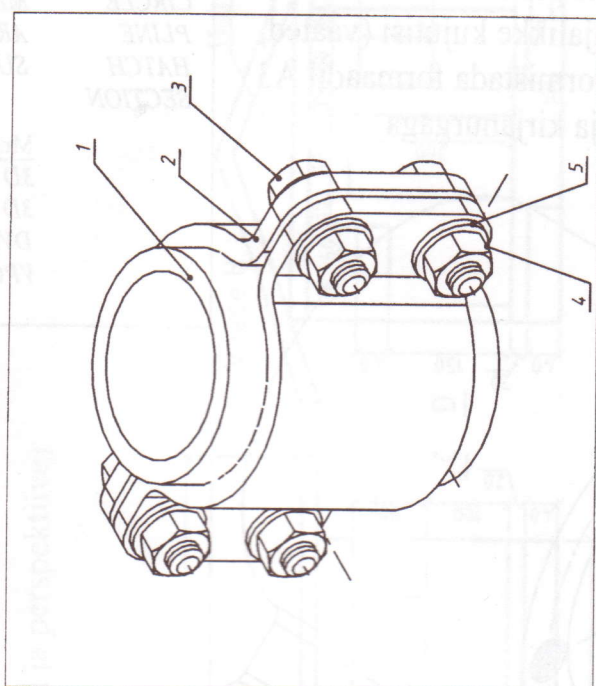
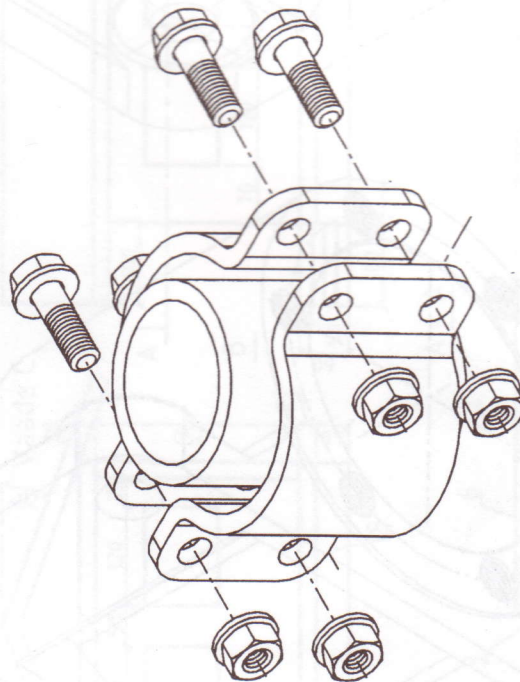


Toruklamber

# Toruklambri koostejoonis koos tükitabeliga

4.20

Lahtivõetud vaade (Exploded view)



10	10	50	10	20	170	15
5	Seib 8	...	8	...	Hulk	Märkus
4	Mutter M8	...	4	...	Mass	Mööd: 1:1
3	Polt M8x25	...	4	...	Märkimata piirhälbed:	Formaal: A3
2	Klamber	TKL 0.02	2	...	H14, h14, ± IT14/2	Muudat: -
1	Toru	TKL 0.01	1	...	Tähis	Finaal: TORKL
Osa Väli	Nimetus (või materjal)					
	Materjal:					
Teostas	A.Tamm	01.02.00	Nimetus:			
Kontrollis	R.Mägi	01.02.00	Toruklamber koostejoonis			
Kinnitas			Leht:	1 / 1	Tähis:	TKL 0.00
Tallinna Tehnikaülikool						
70						

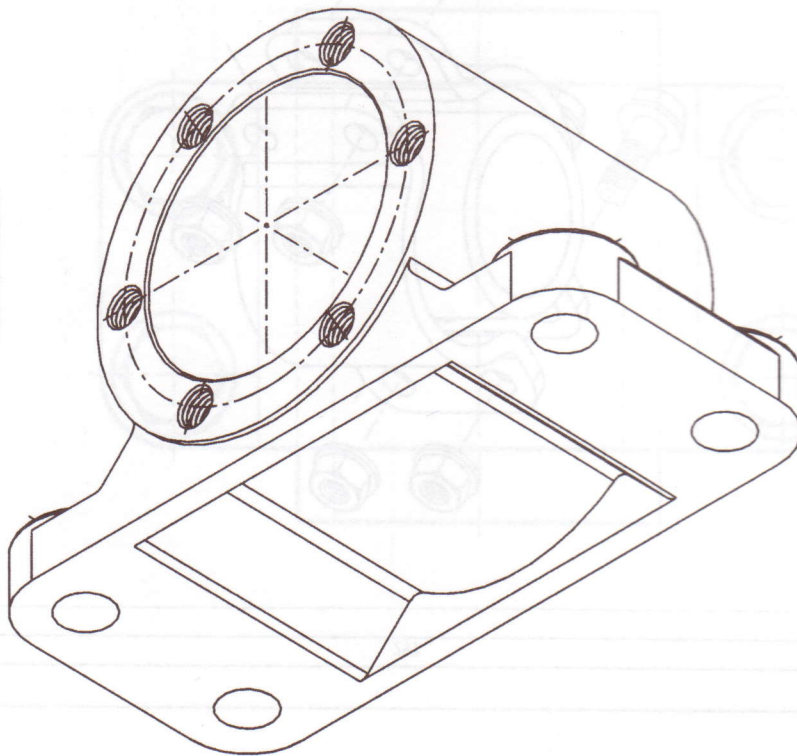
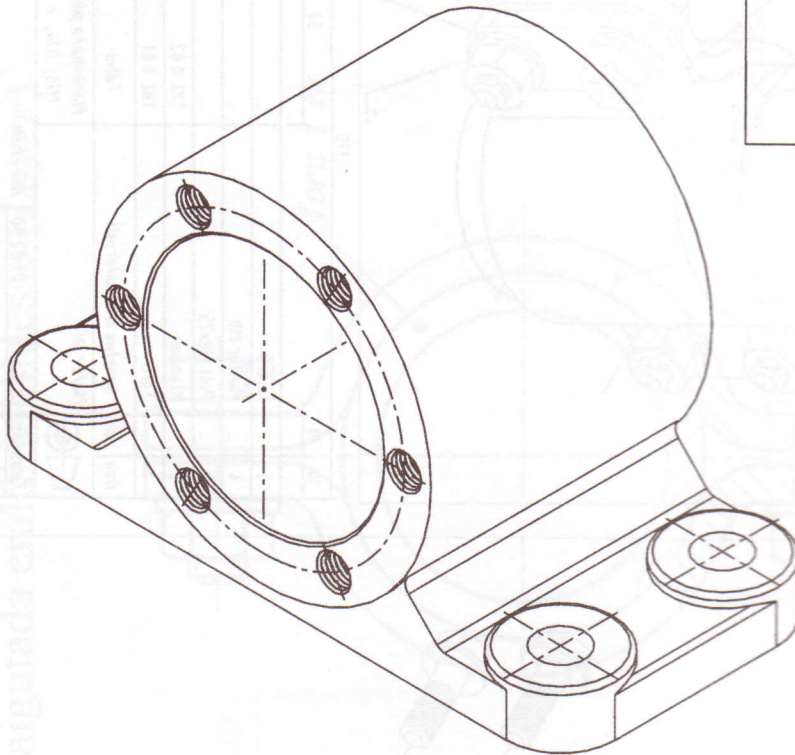


Antud laagrikorpuse 3D-Solid mudel (vt fail KOPRUS).  
Kopeerida mudel oma joonisefaili (mudeliruumi  
*Modelspace*) ja teha detaili joonis paberiruumis  
*Paperspace*. Joonis sisaldagu vajalikke kujutisi (vaated,  
lõiked) ning mõõtmeid. Joonis vormistada formaadil A3  
(297x420 mm) koos raamjoone ja kirjanurgaga

## Soovitavad käsud:

<u>Draw</u>	<u>Modify:</u>
LINE	OFFSET
CIRCLE	MIRROR
PLINE	ARRAY
HATCH	SUBTRACT
SECTION	

Muud:  
3D ORBIT  
3D VIEWS  
DVIEW  
VPORTS



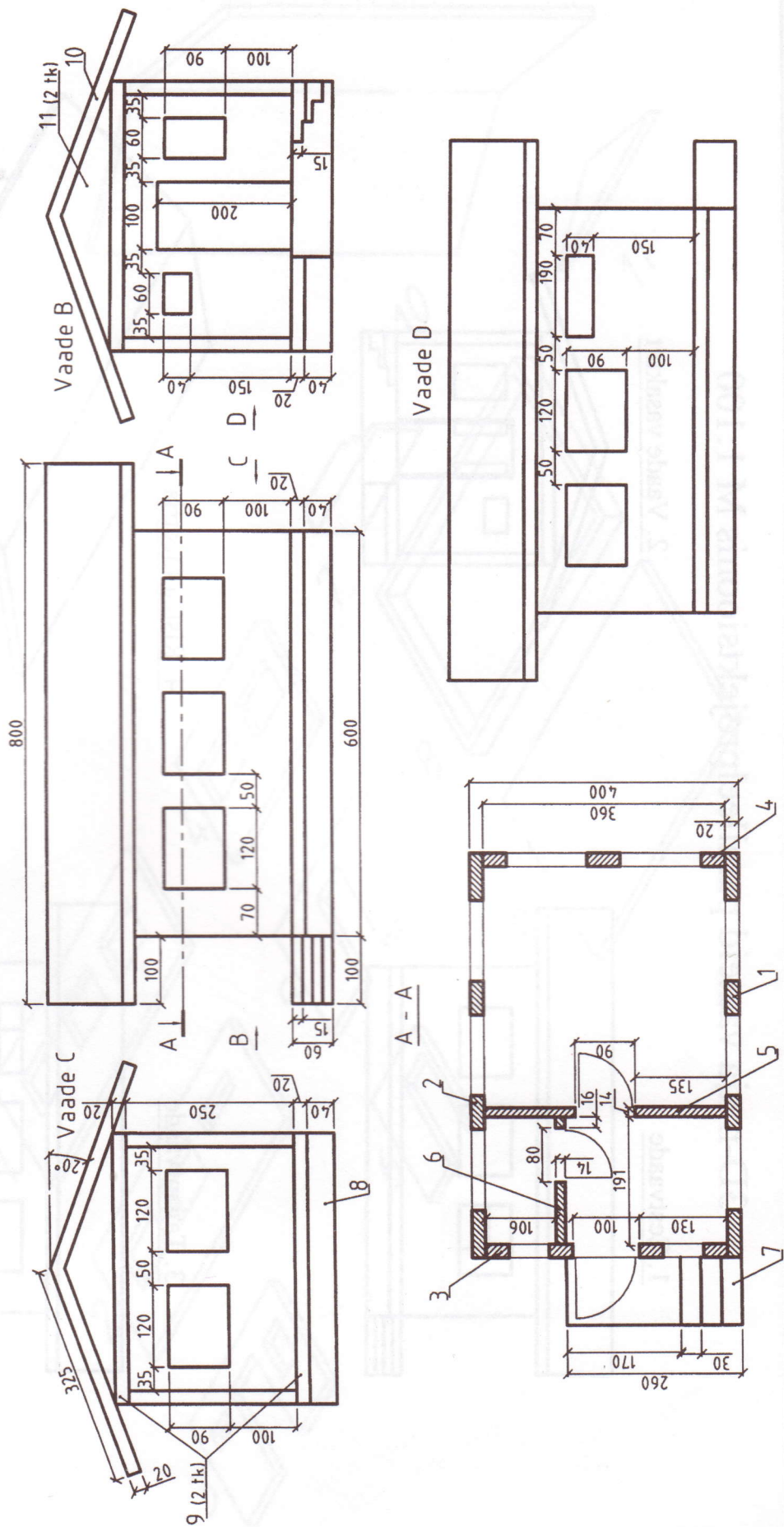
Laagrikorpus

**Antud:** Maja kujutised ja mõõtmed cm-tes.

**Ülesanne:** 1) Taha maja osadest (1,2,3,...,10,11) 3D-Solid objektid.

2) Koostada tehtud osadest maja.

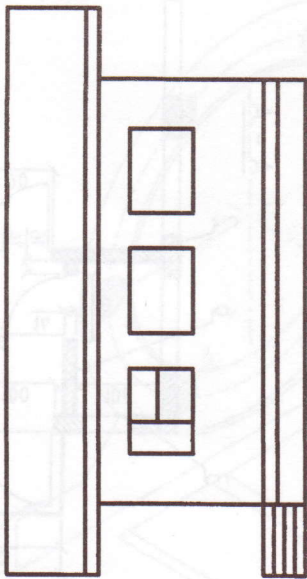
3) Moodustada majast välis- ja sisevaateid (aksonomeetriaid ja perspektiive)



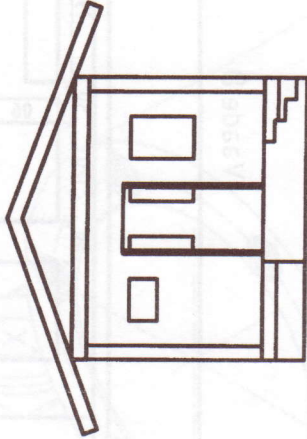
3D-maja

### 3D-maja vaateid paralleelprojektsioonis M 1:100

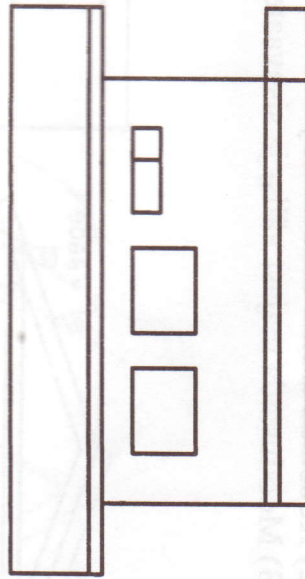
1. Eestvaade



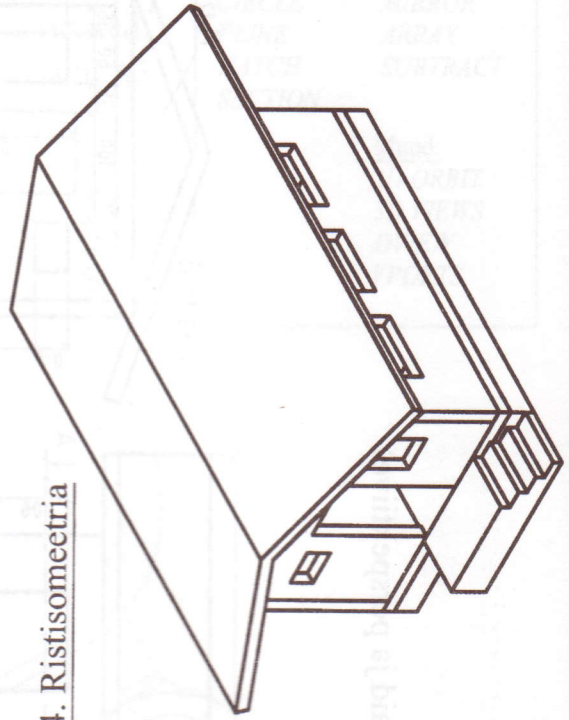
2. Vaade vasakult



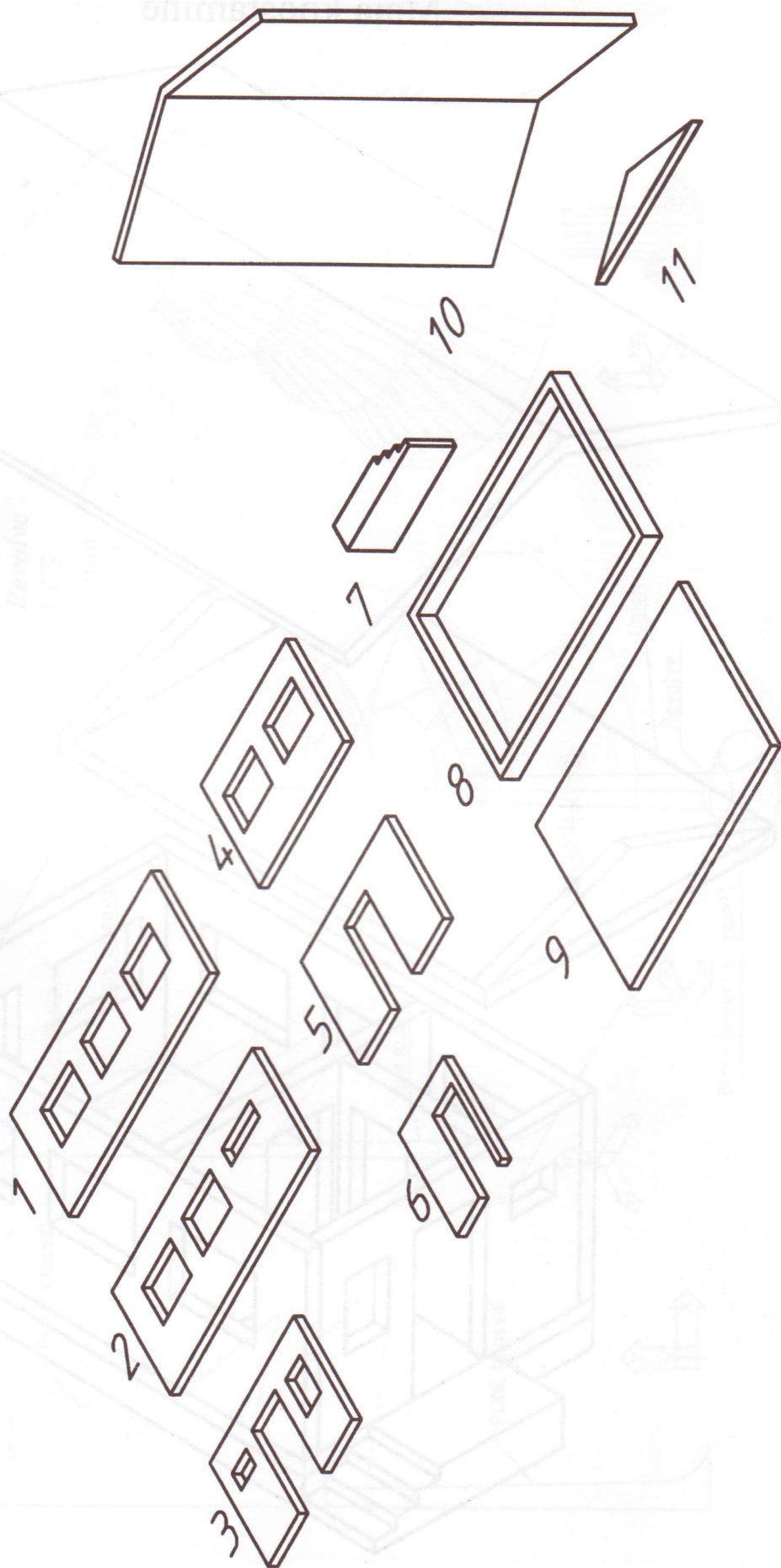
3. Tagantvaade



4. Ristisomeetria

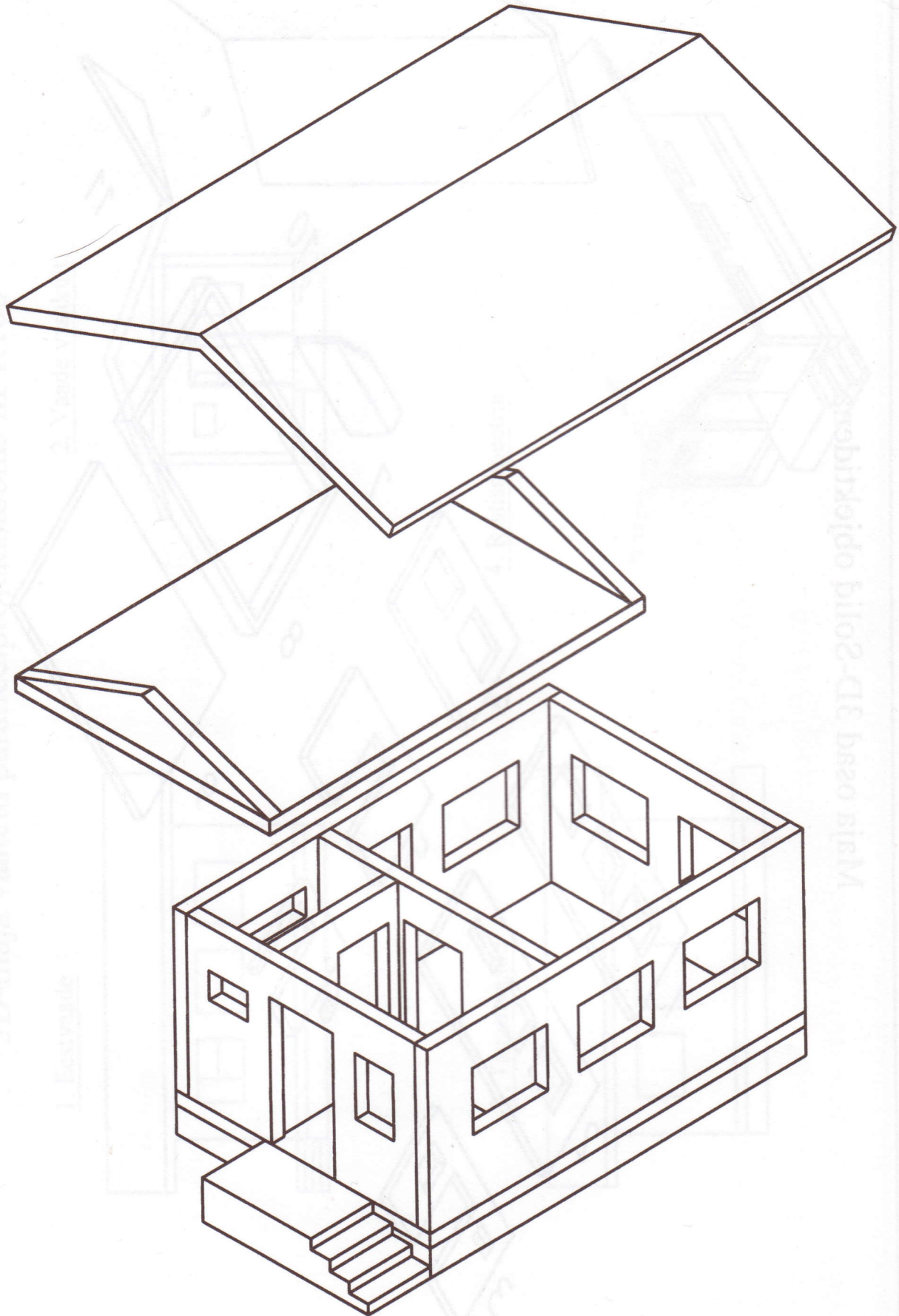


Maja osad 3D-Solid objektidena



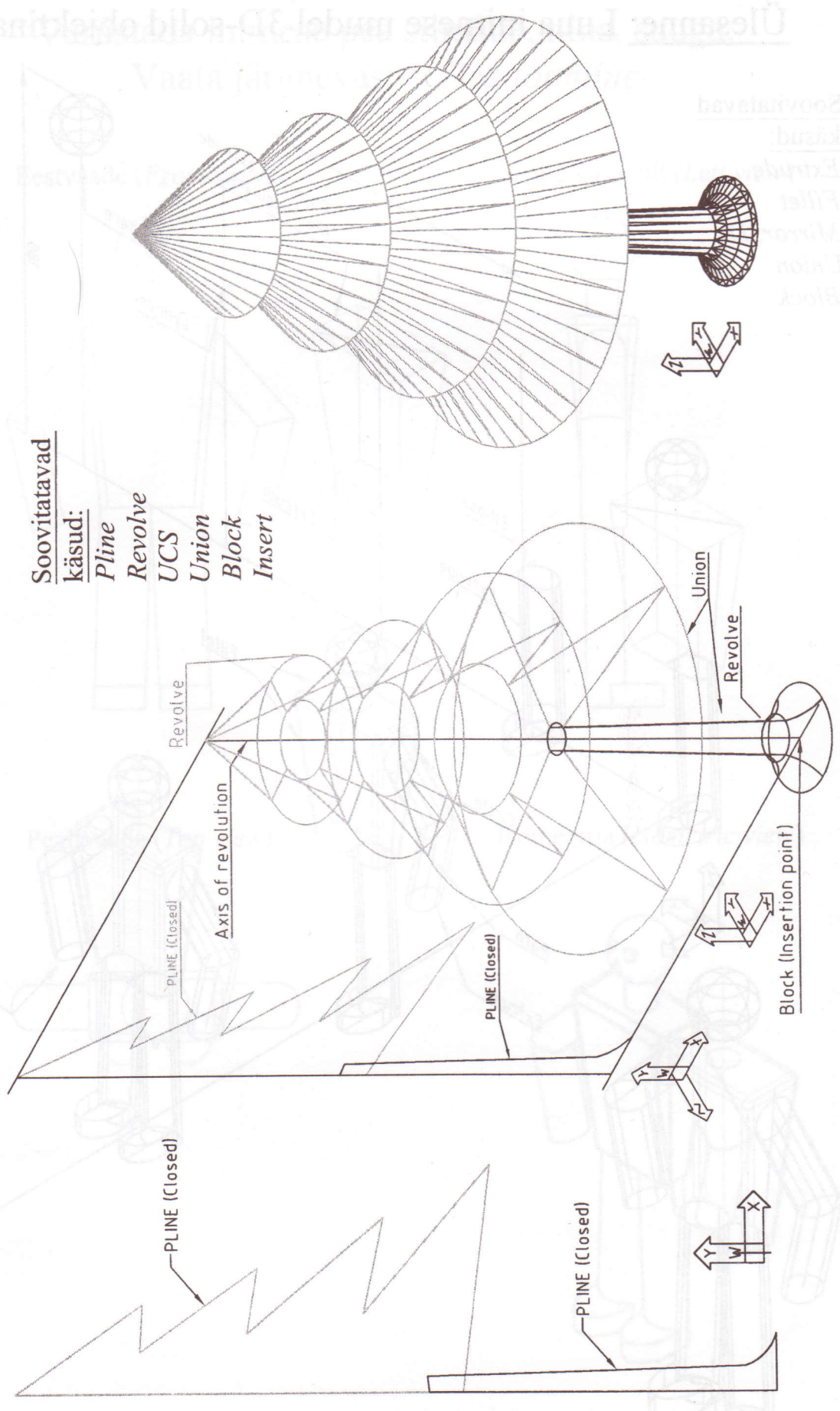
3D-maja

## Maja koostamine



3D-maja

Ülesanne: Valmistada kuuse mudel 3D-Solid objektina



- Soovitavad käsud:  
 Pline  
 Revolve  
 UCS  
 Union  
 Block  
 Insert

# Ülesanne: Luua inimese mudel 3D-solid objektina

Soovitavad

käsud:

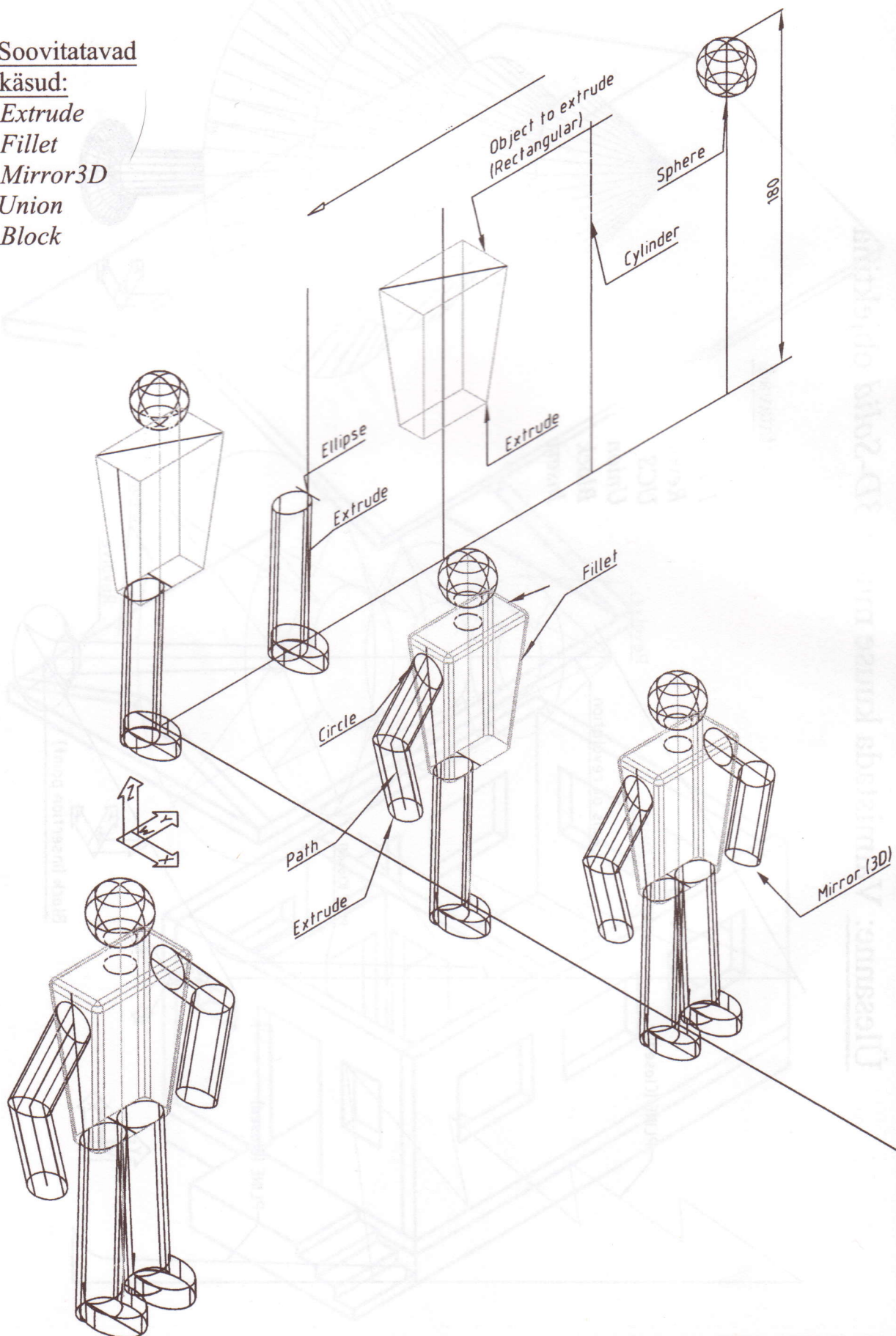
Extrude

Fillet

Mirror3D

Union

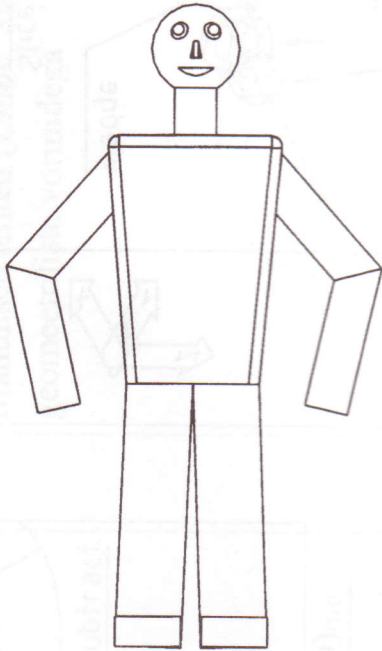
Block



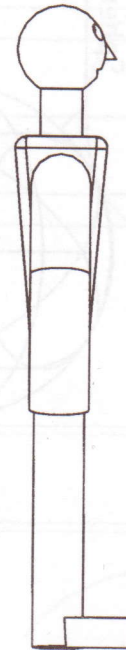
3D-inimene

Varustada inimese pea silmade, nina, suuga.  
Vaata järgnevas -> *Pea loomine*

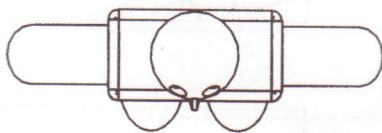
Eestvaade (*Front view*)



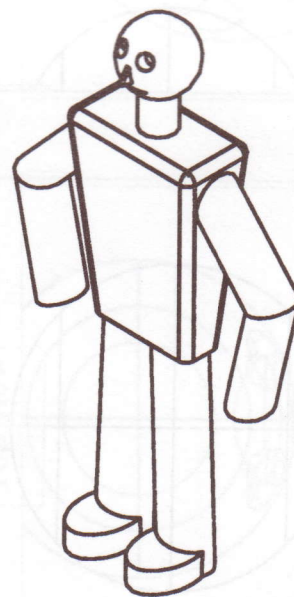
Vaade vasakult (*Left view*)



Pealtvaade (*Top view*)



Isomeetria (*Isometric view*)

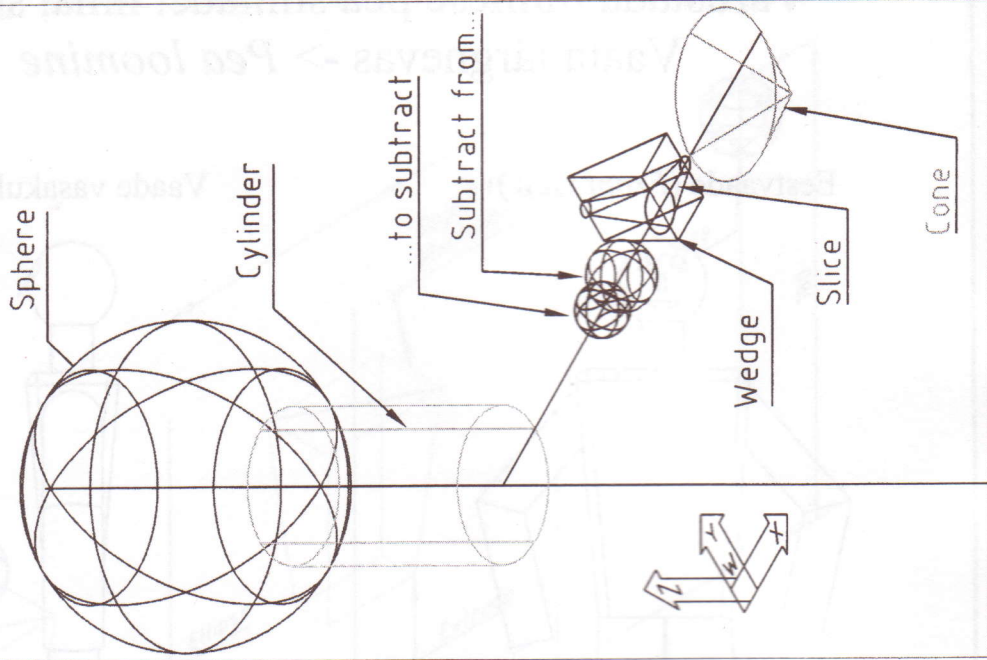


3D-inimene näoga



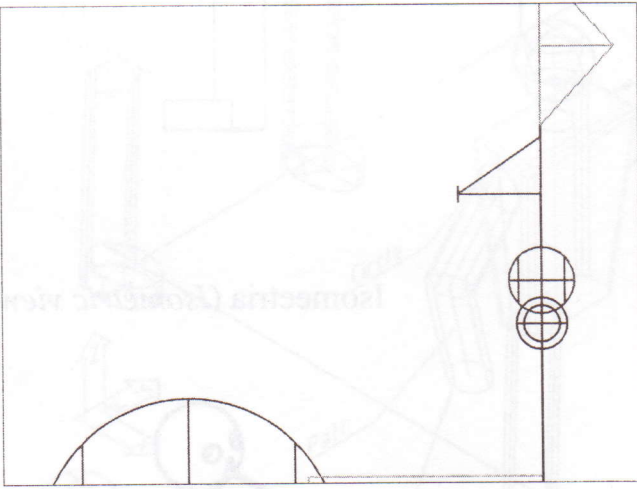
**1. etapp:**

Elementaarsete geomeetriliste vormide  
(Sphere, Cylinder, Cone, Wedge...) ettevalmistus

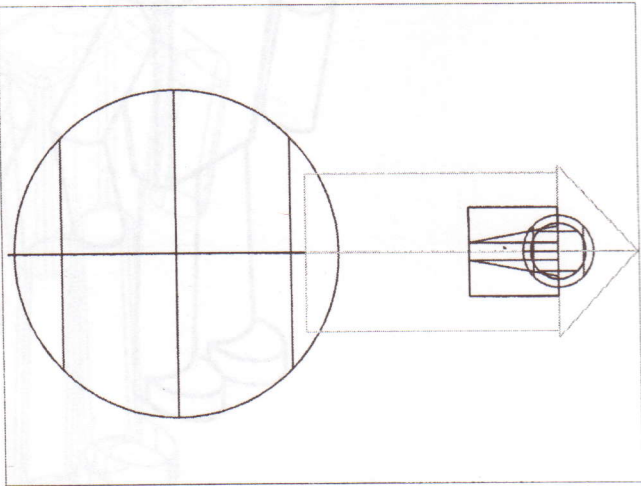


**Objekti mituvaade:**

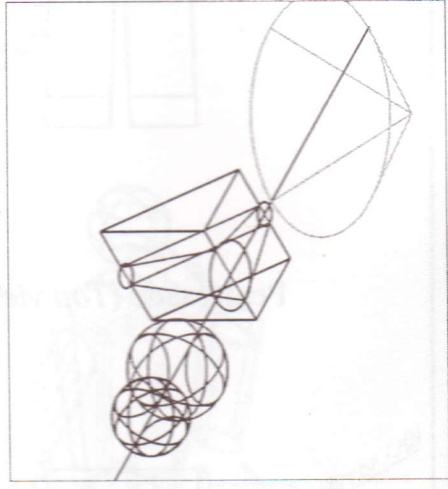
Left view



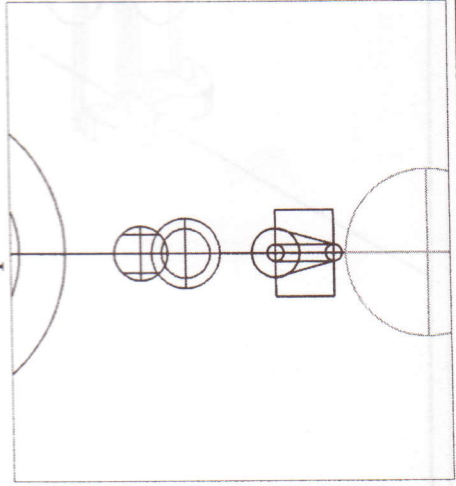
Front view



Isometric (Zoom)

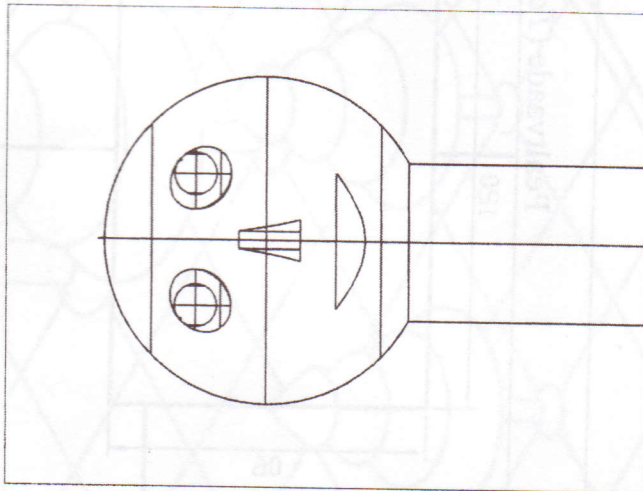


Top view

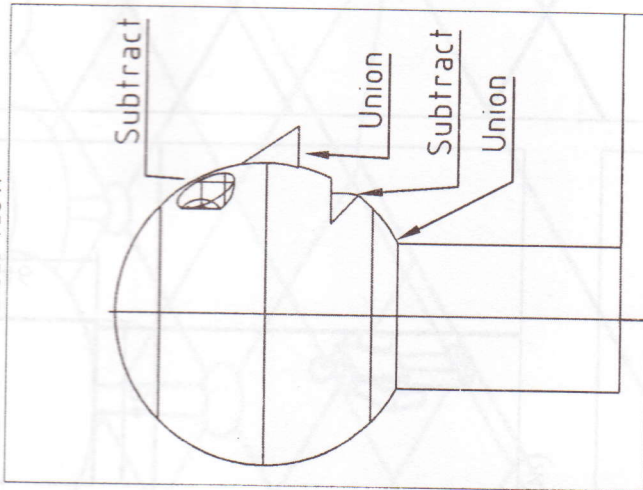


Objekti mituvaade:

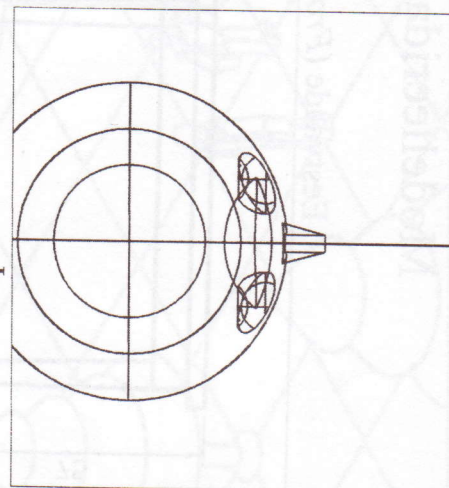
Front view



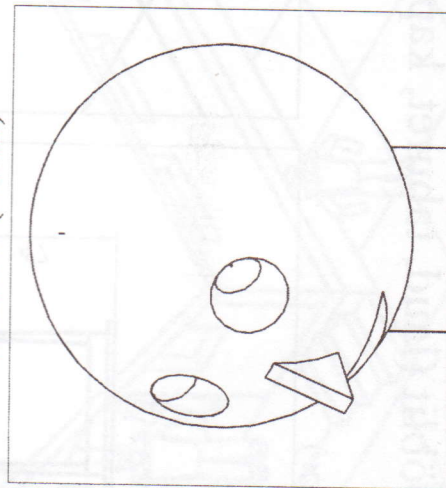
Left view



Top view

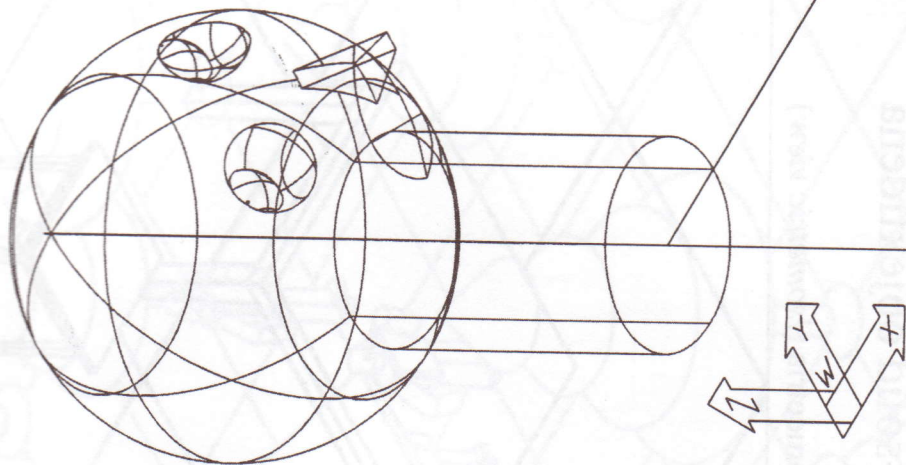


Isometric (Zoom)



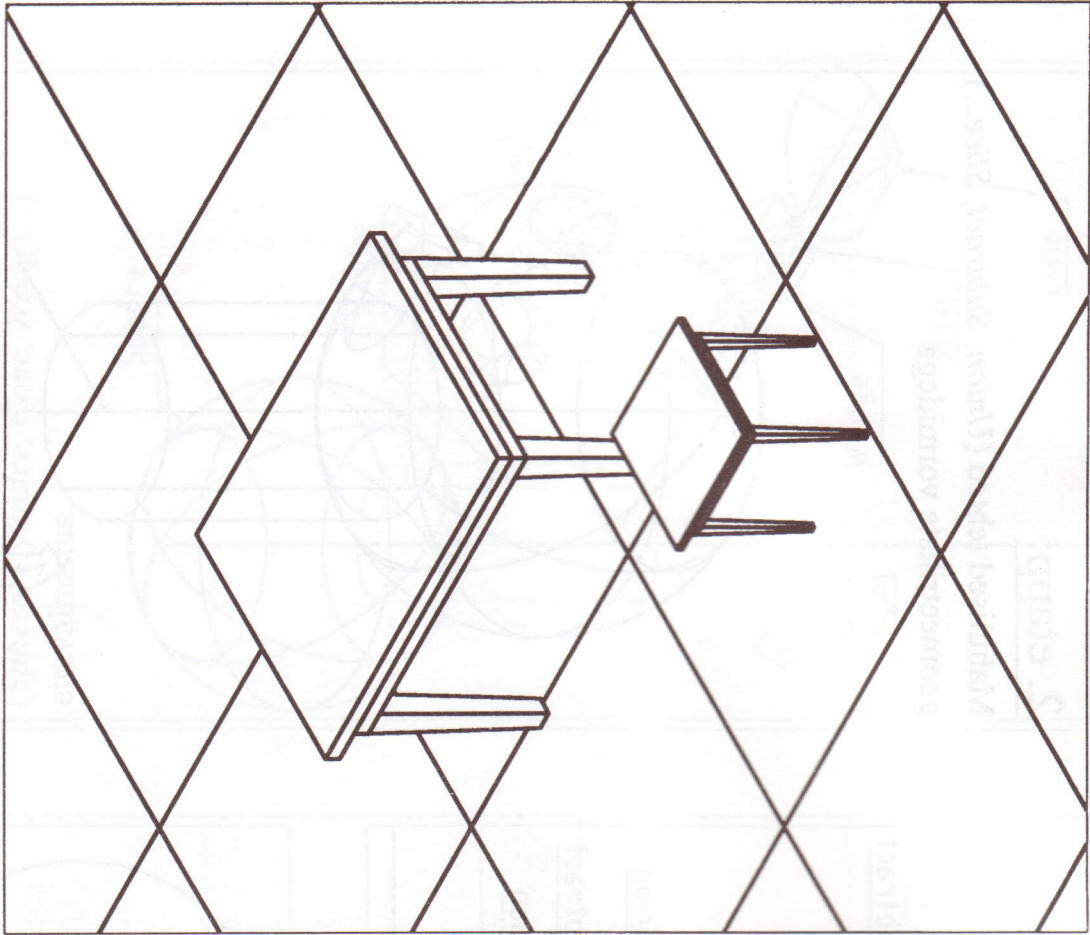
2. etapp:

Mahulised tehted (*Union, Subtract, Slice...*)  
geomeetriliste vormidega

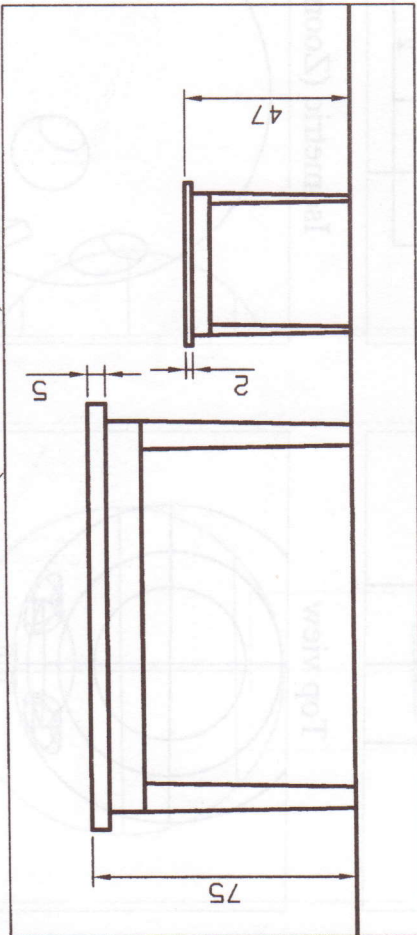


Modelleerida mööblit (laud, taburet, kapp ...) 3D-solid objektidena

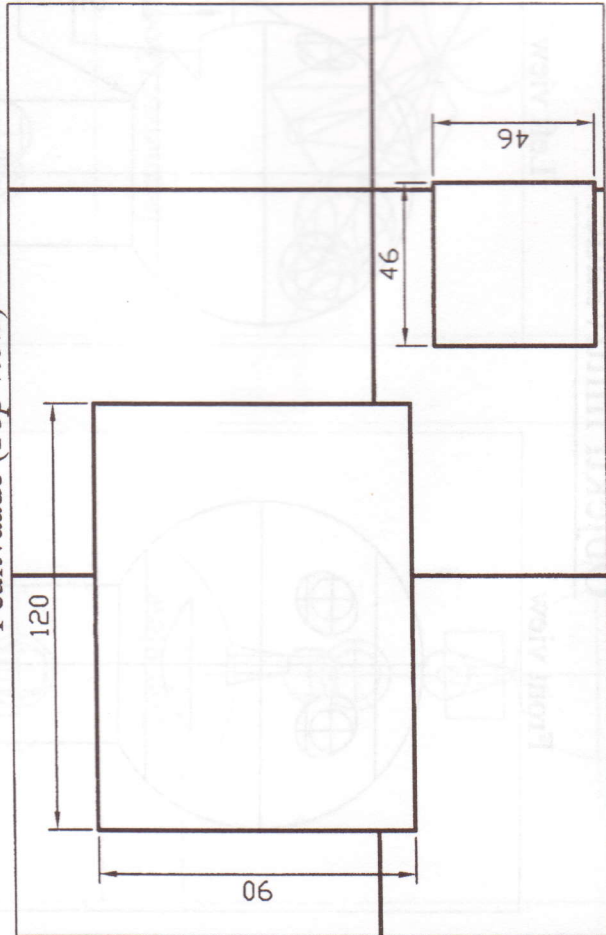
Isomeetria (Isometric view)



Eestvaade (Front view)

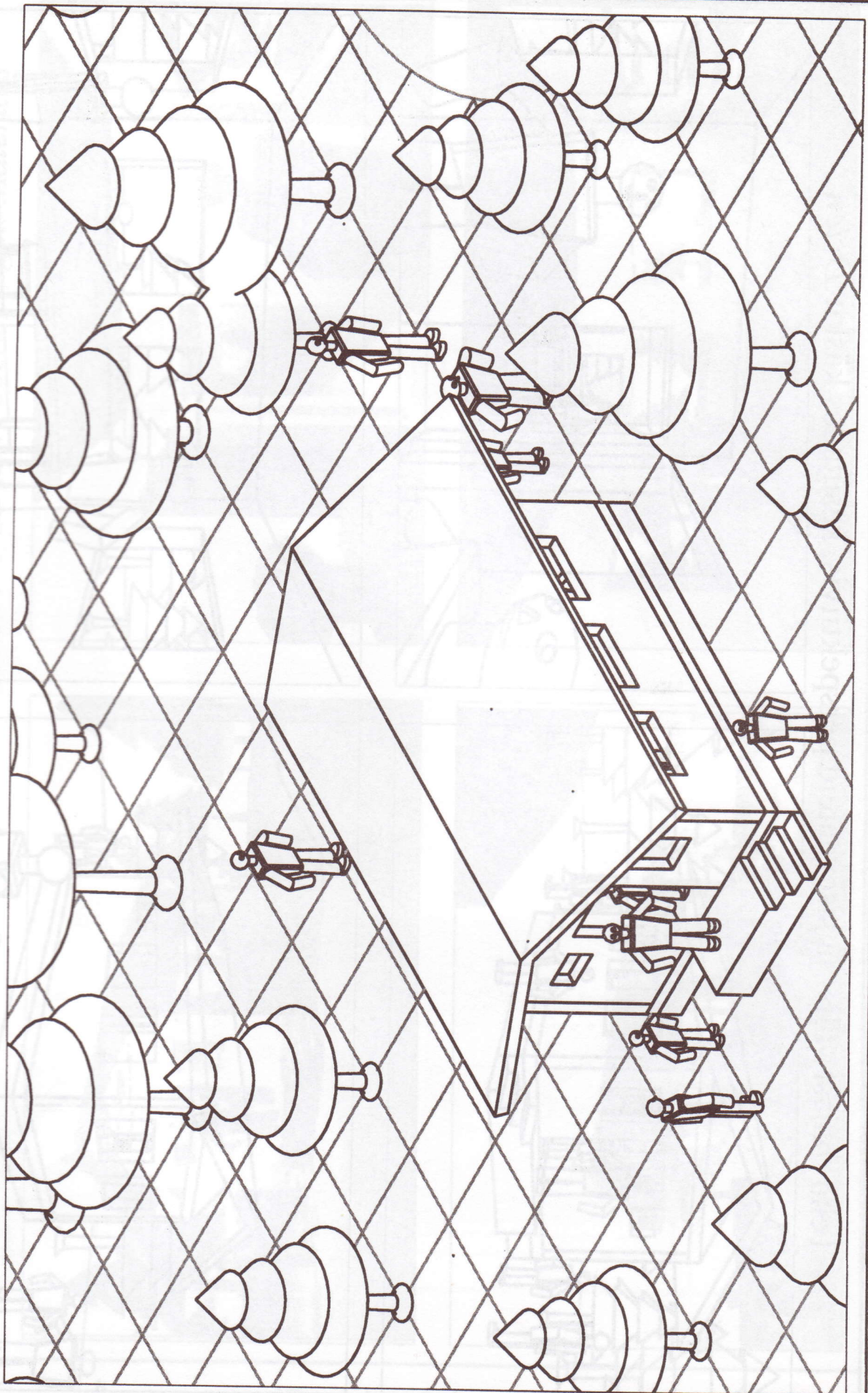


Pealtvaade (Top view)



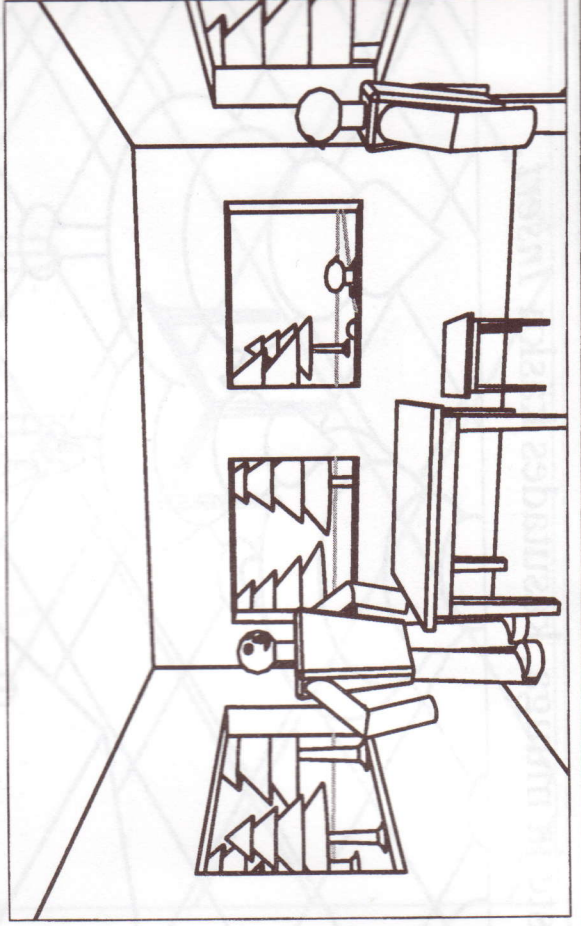
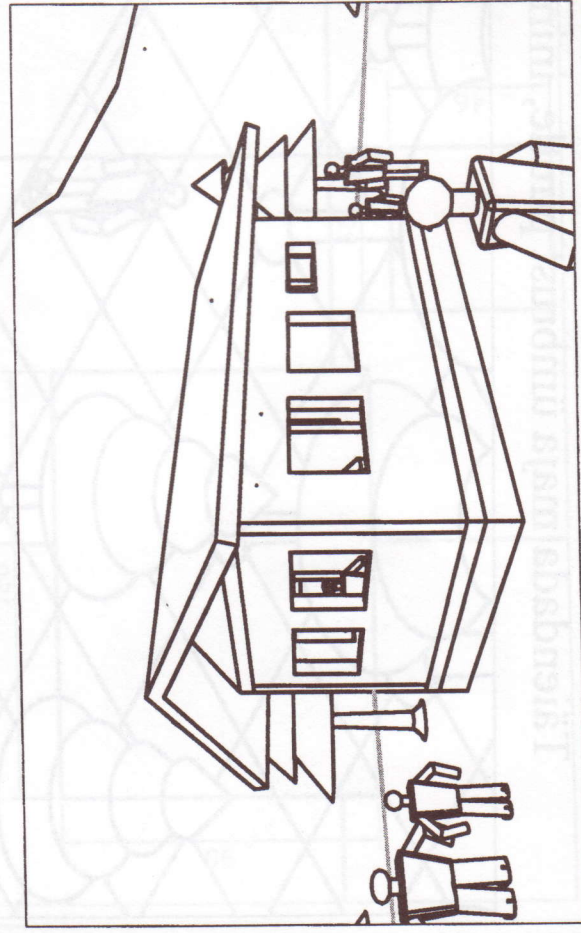
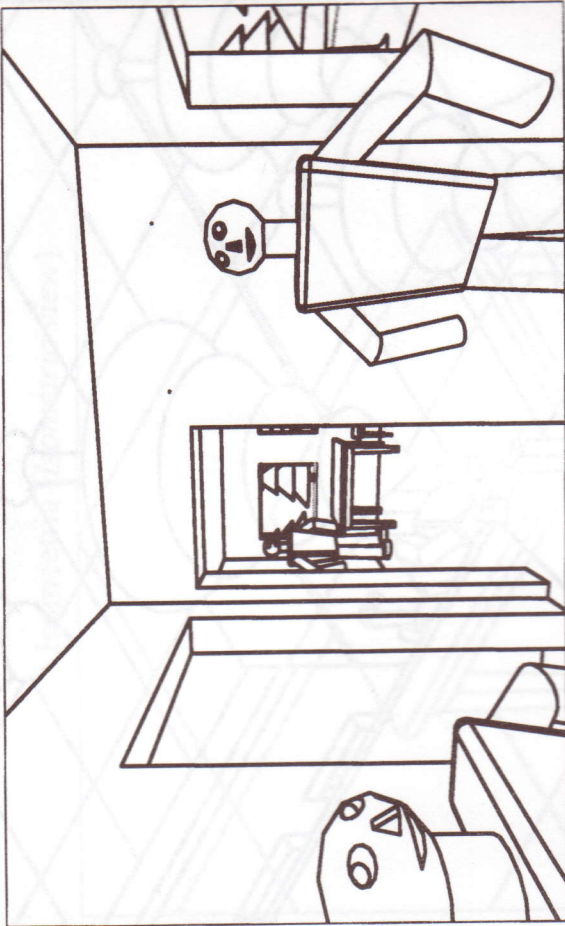
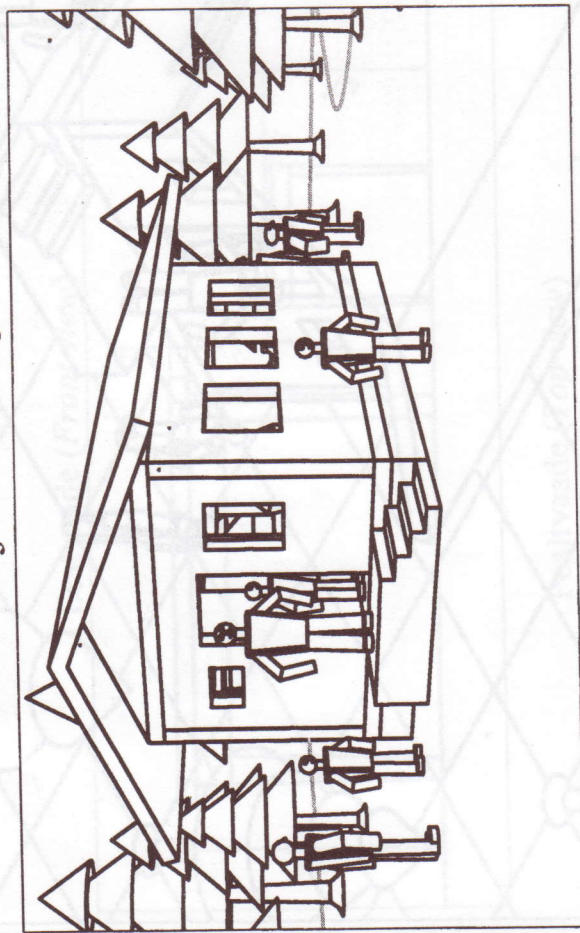
3D-mööbel

Täiendada maja ümbrust puude, inimeste ja muuga, kasutades käsku *Insert*.



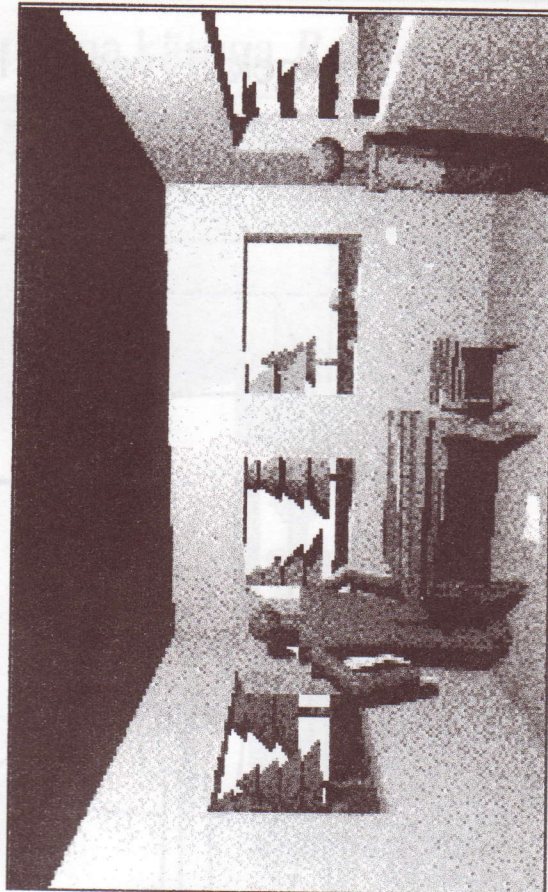
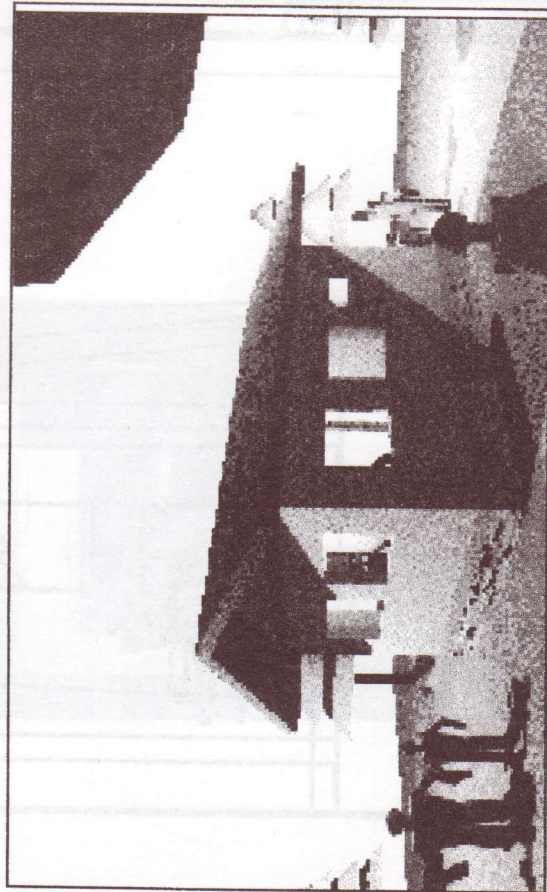
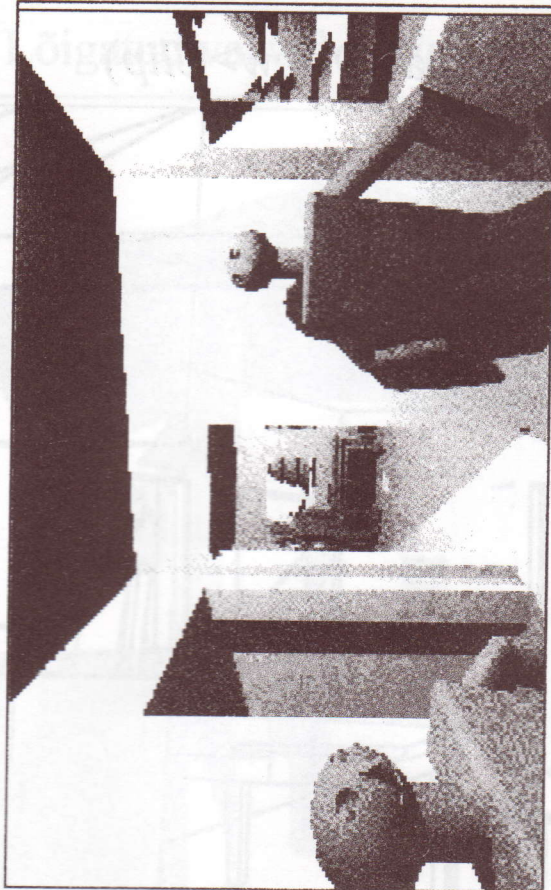
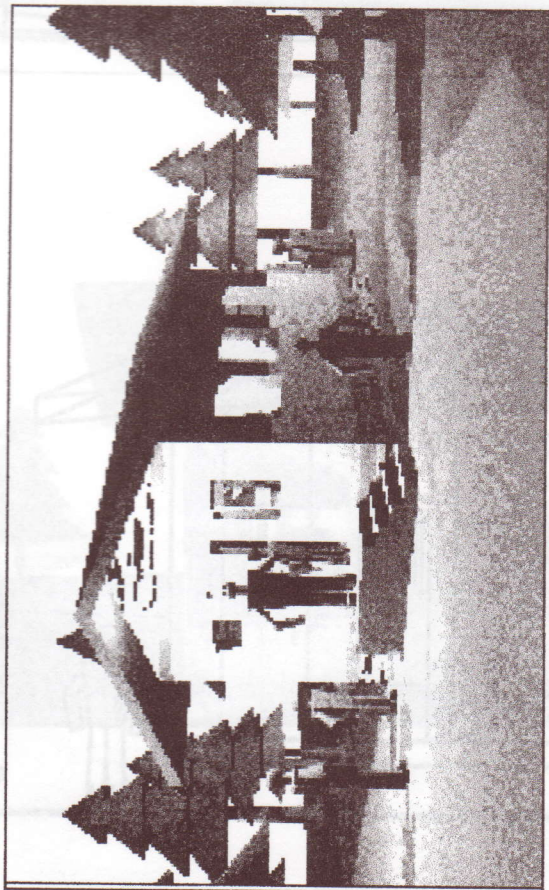
3D-maja koos ümbrusega

Teha majast välis- ja sisevaateid perspektiivis, kasutades käsku Dview.



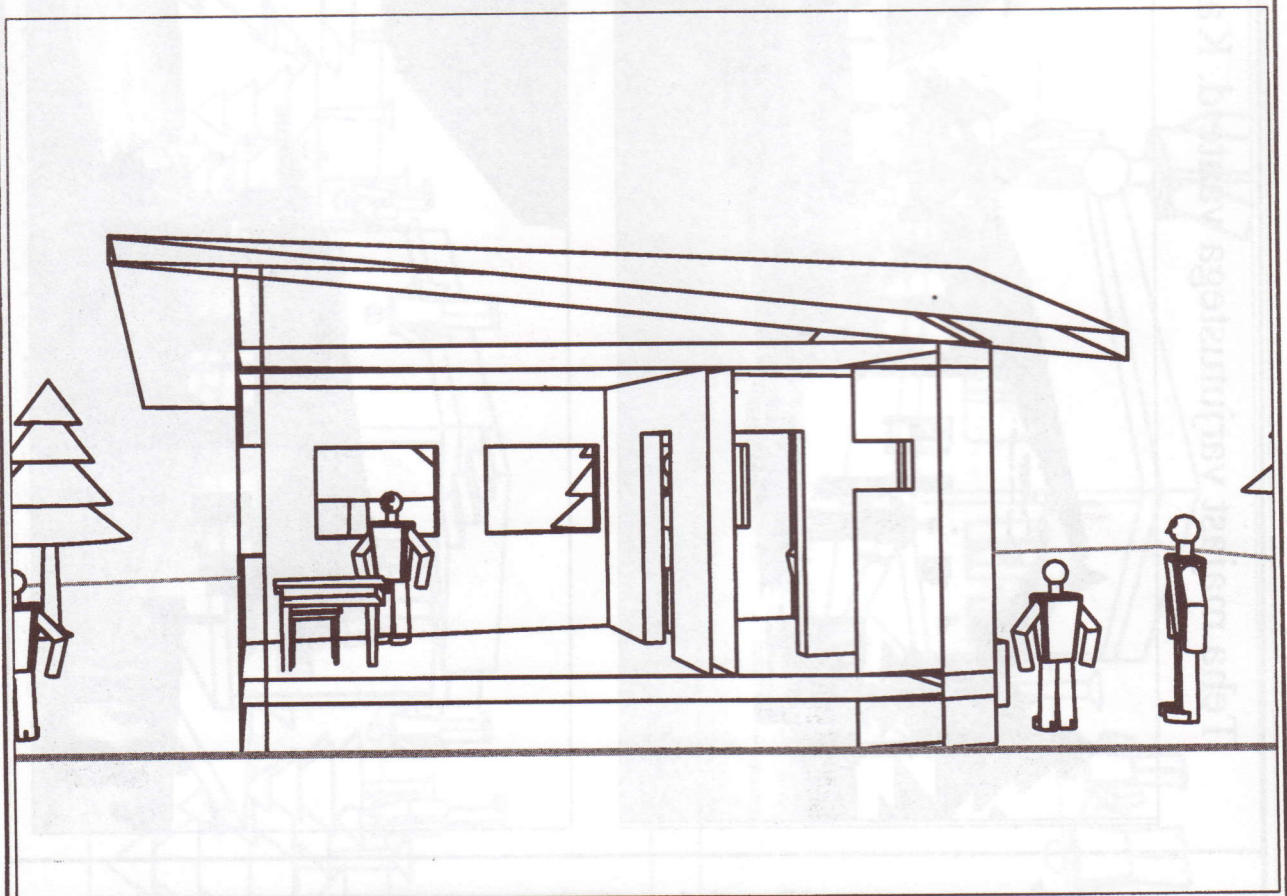
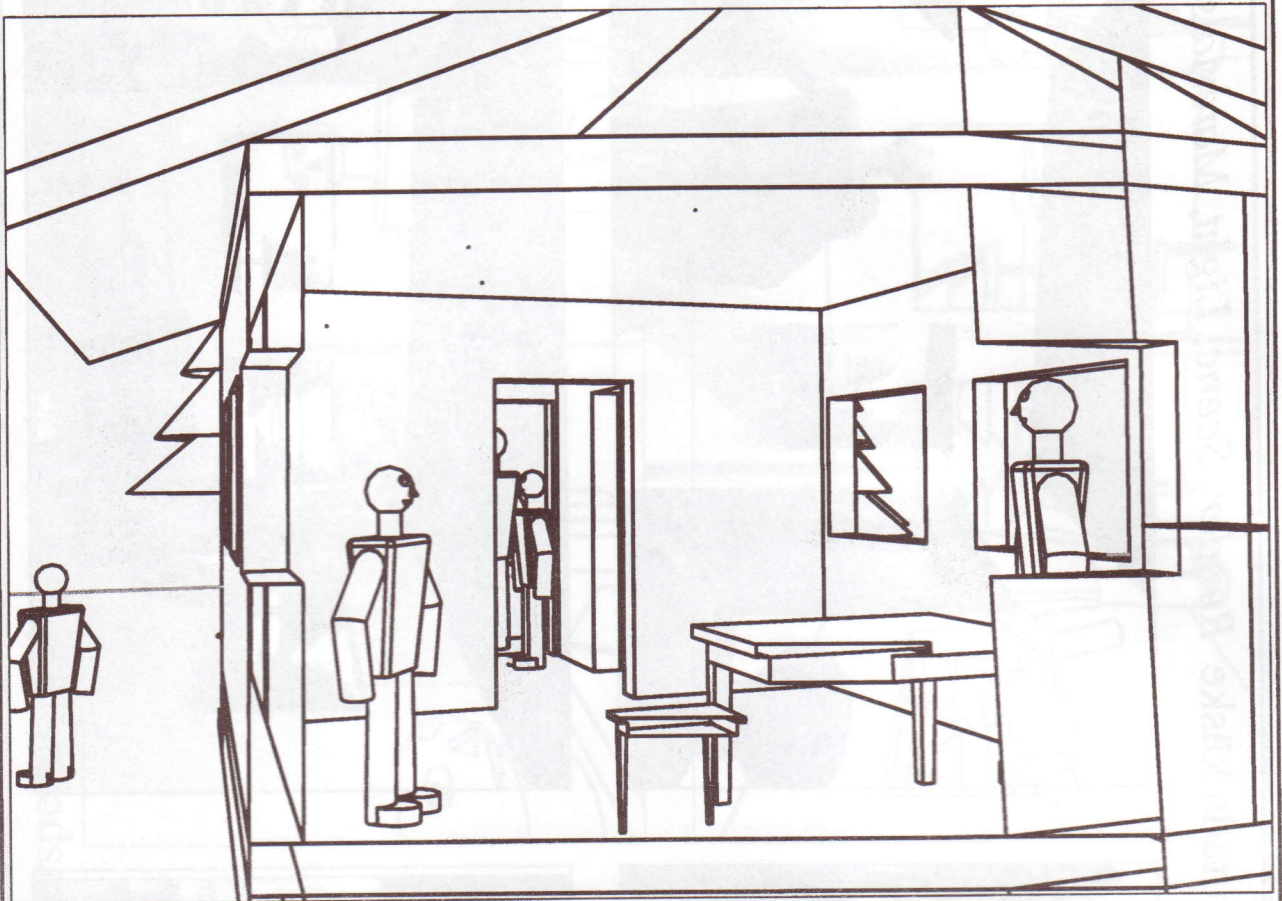
3D-maja koos ümbrusega

*Teha majast varjutustega vaateid. Kasutada käske Render, Scene, Light, Materials*



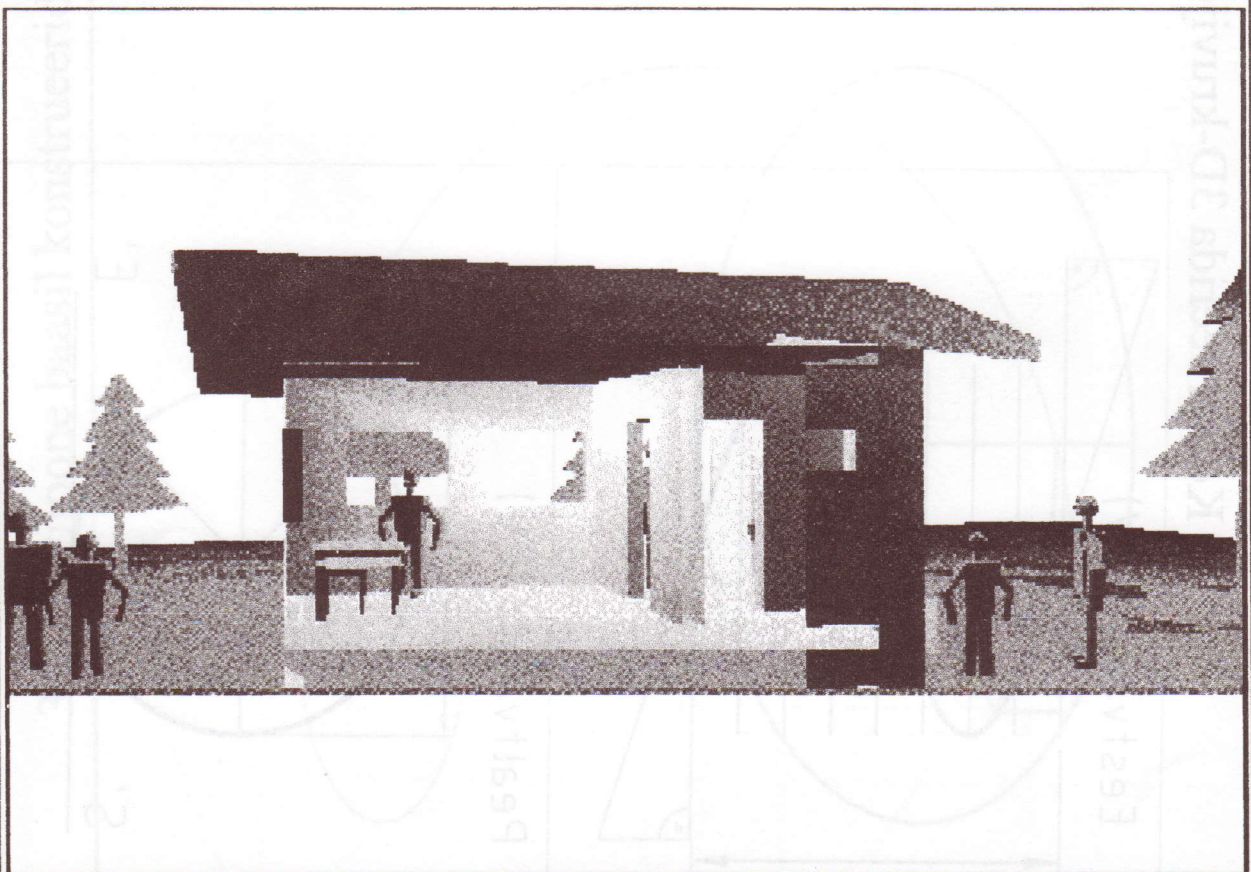
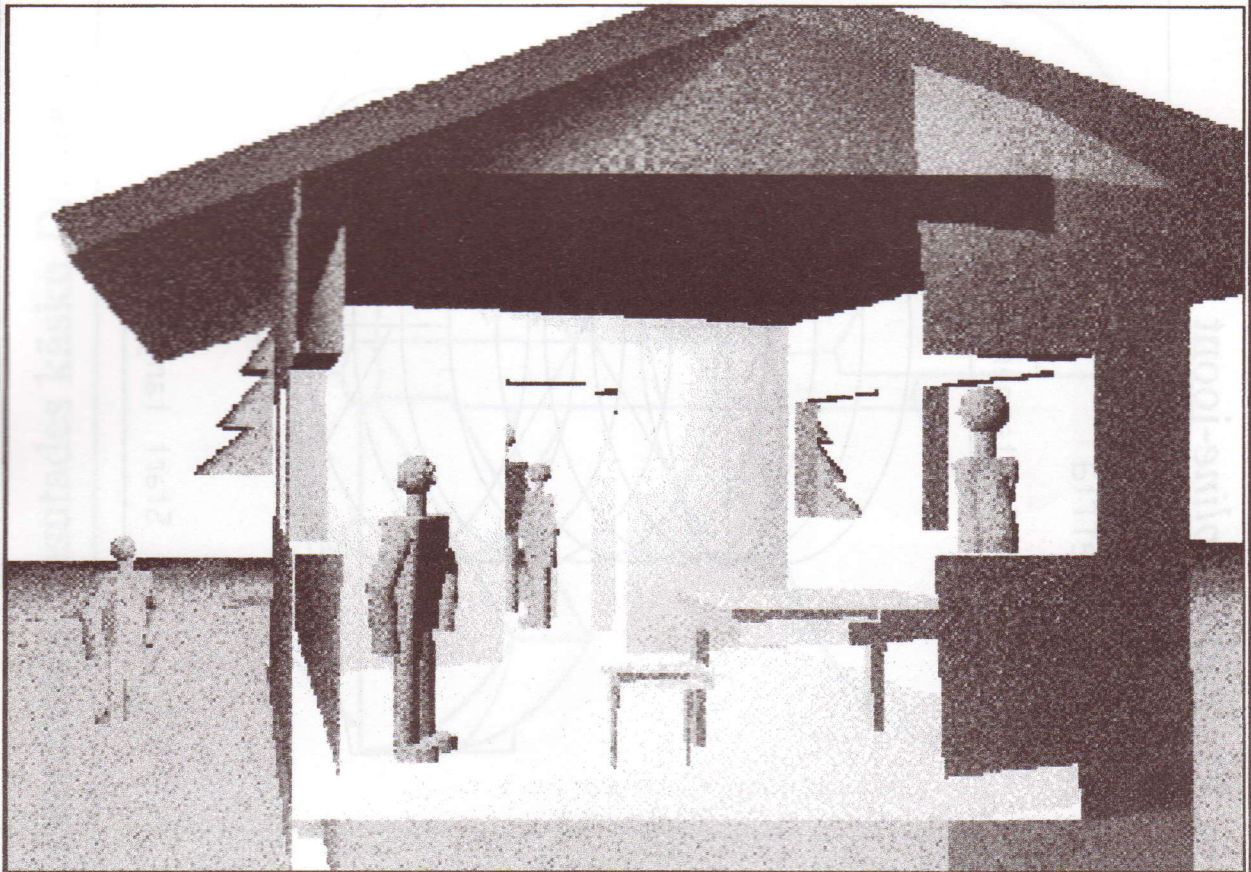
3D-maja koos ümbrusega

# Perspektiivvaated lõigatuna (*Dview>Clip*)



3D-maja koos ümbrusega

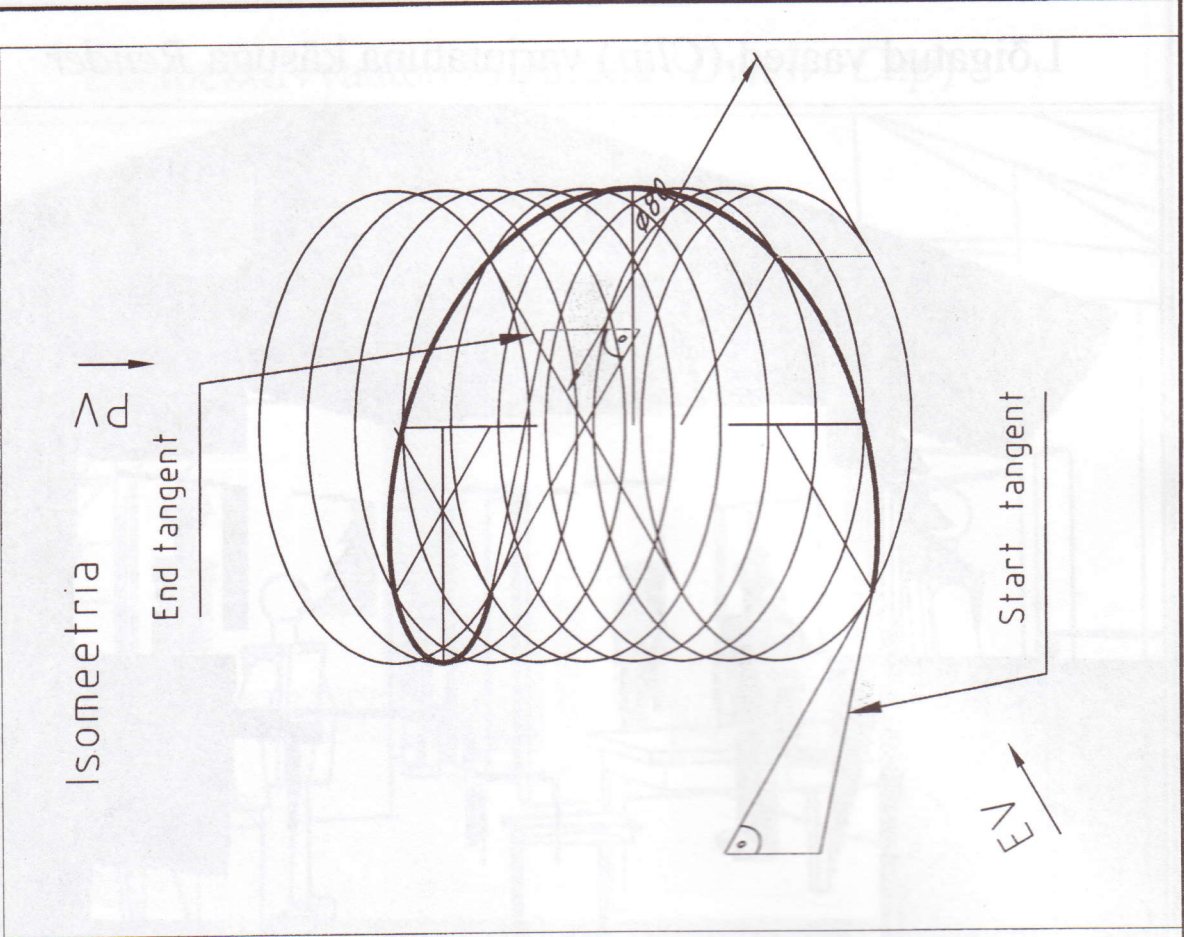
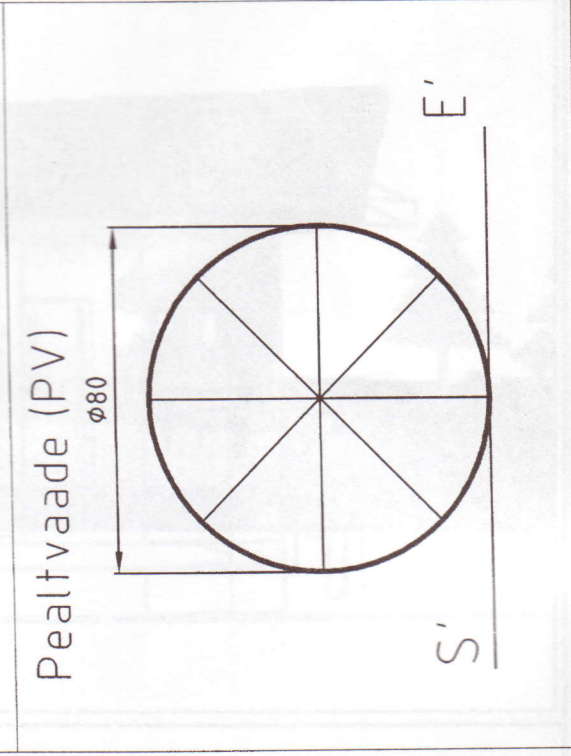
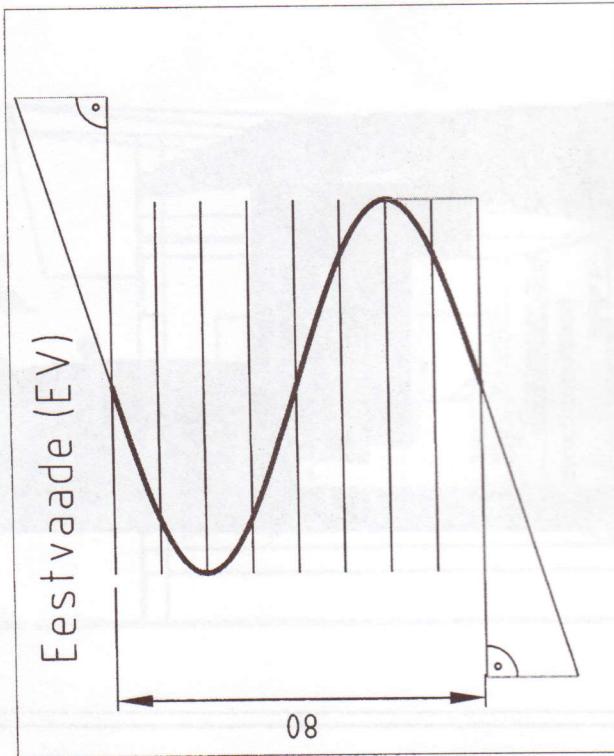
Lõigatud vaated (*Clip*) varjutatuna käsuga *Render*



3D-maja koos ümbrusega

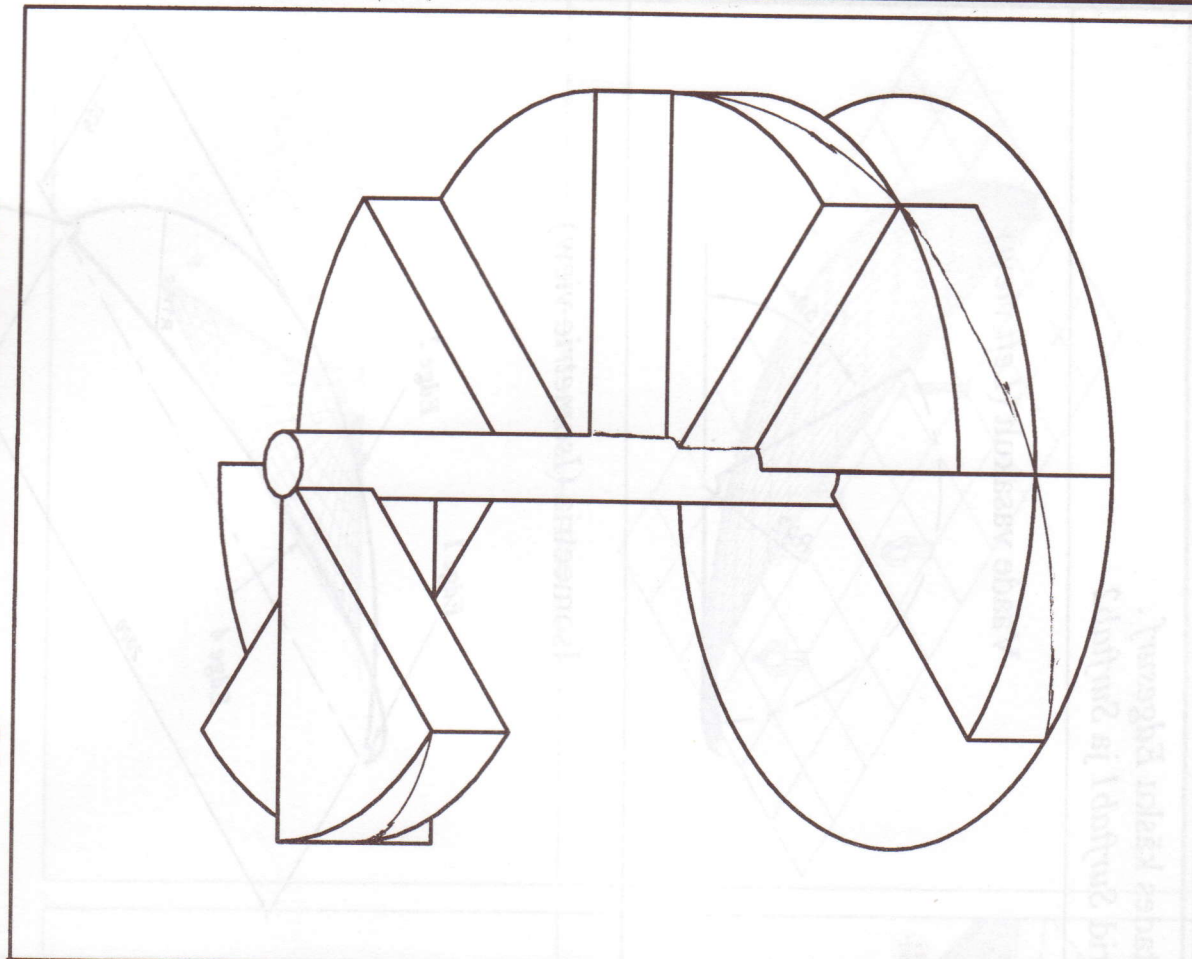
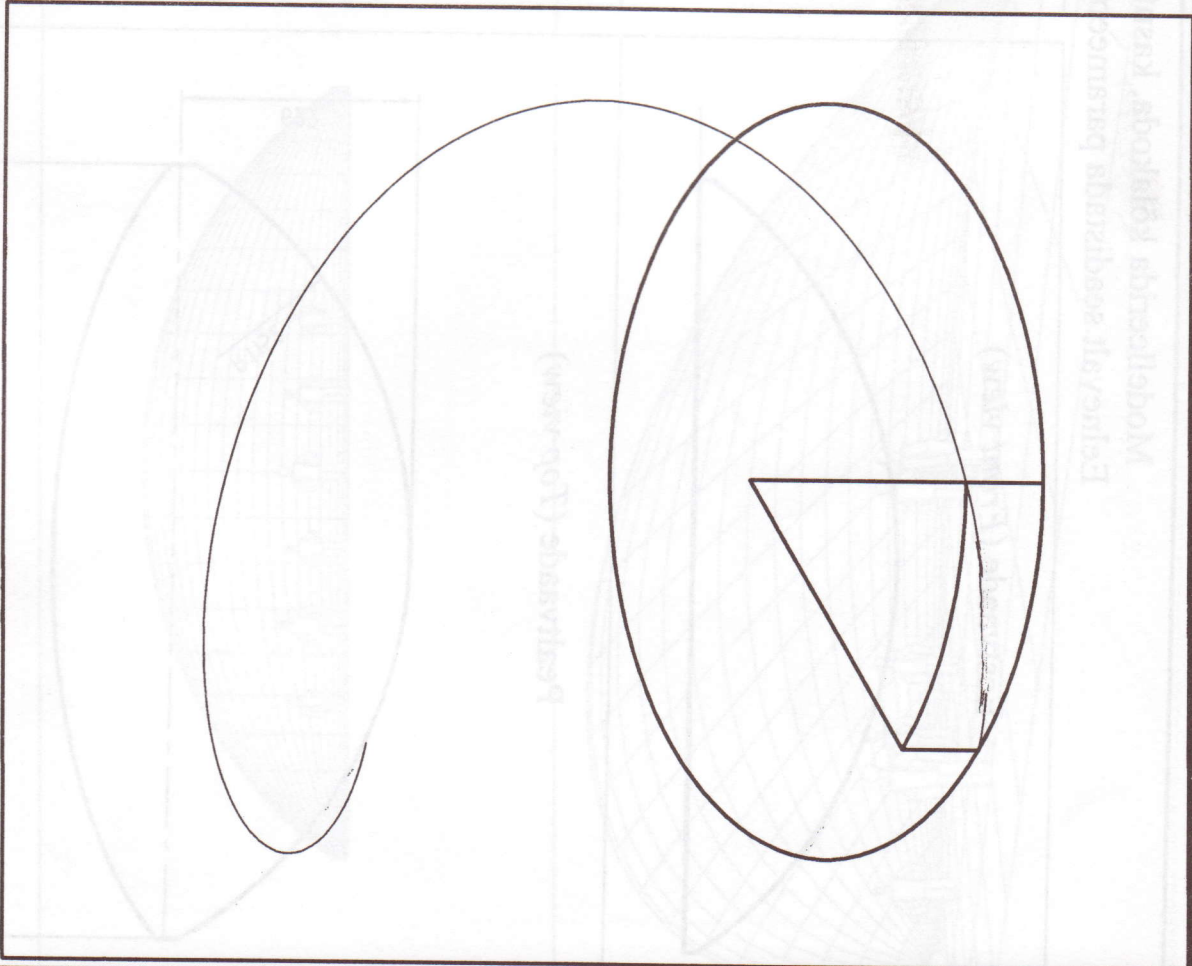


Konstrueerida 3D-kruvijoone, kasutades *Spline*-joont



3D-kruvijoone

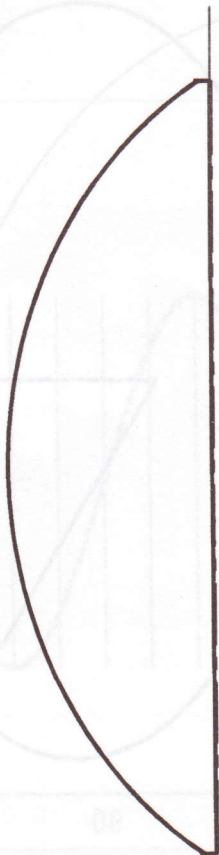
3D-kruvijoone baasil konstrueerida keerdtrepp, kasutades käsku *Divide*



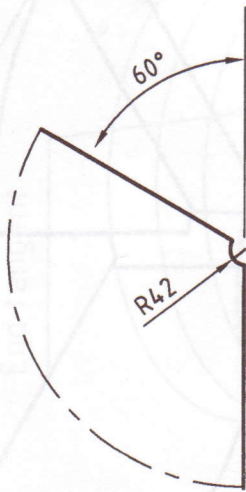
3D-keerdtrepp

Modelleerida kõlakoda, kasutades käsku *Edgesurf*.  
 Eelnevalt seadistada parameetrid *Surftab1* ja *Surftab2*

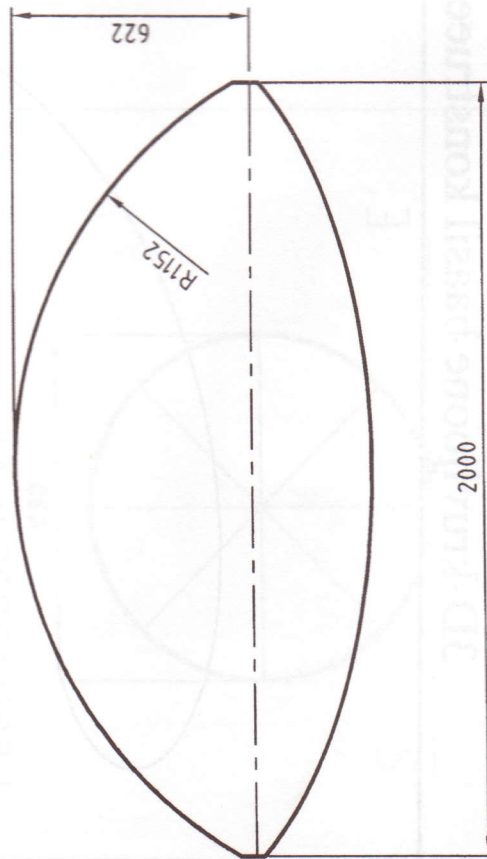
Eestvaade (*Front view*)



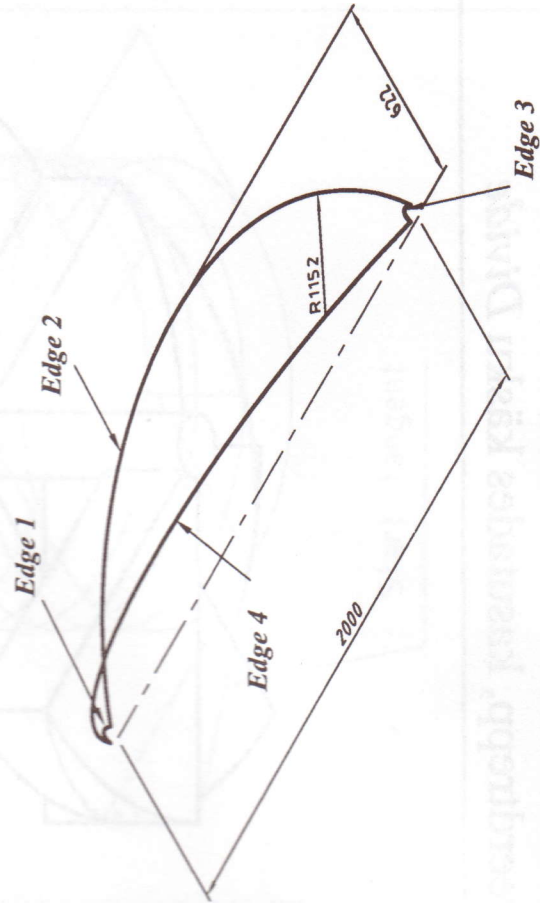
Vaade vasakult (*Left view*)



Pealtvaade (*Top view*)

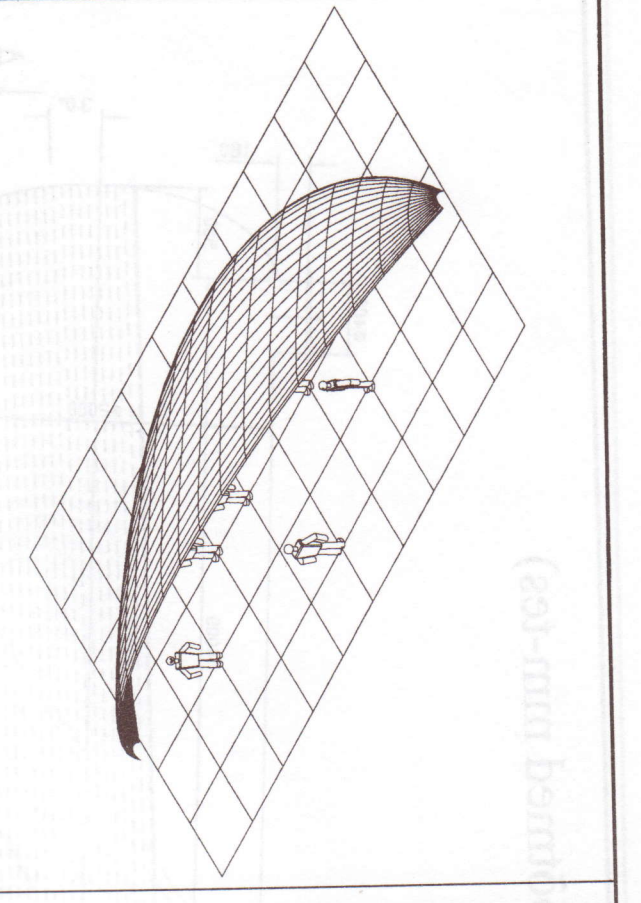
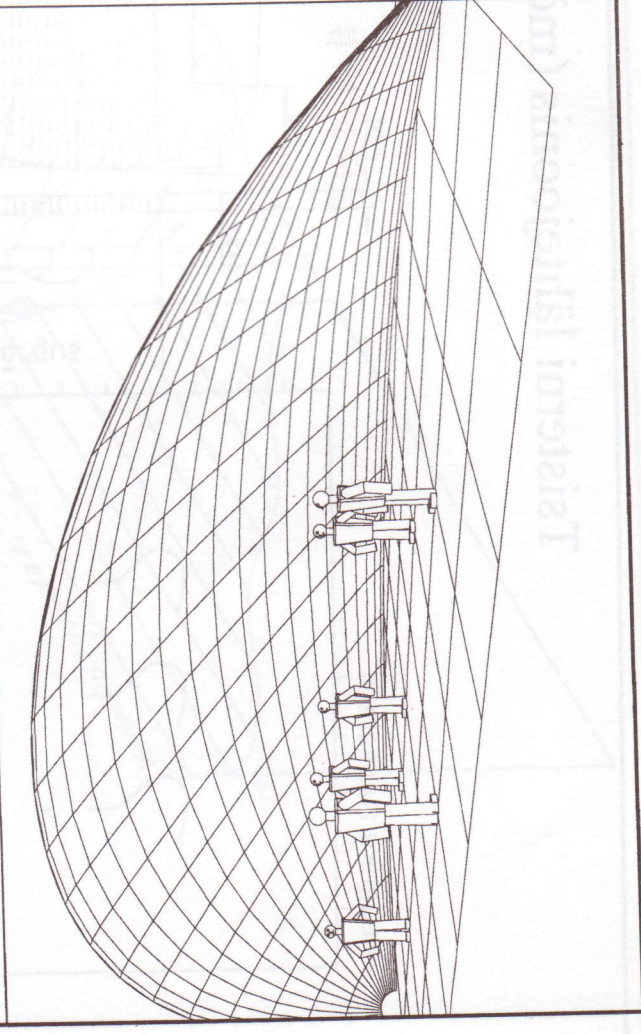
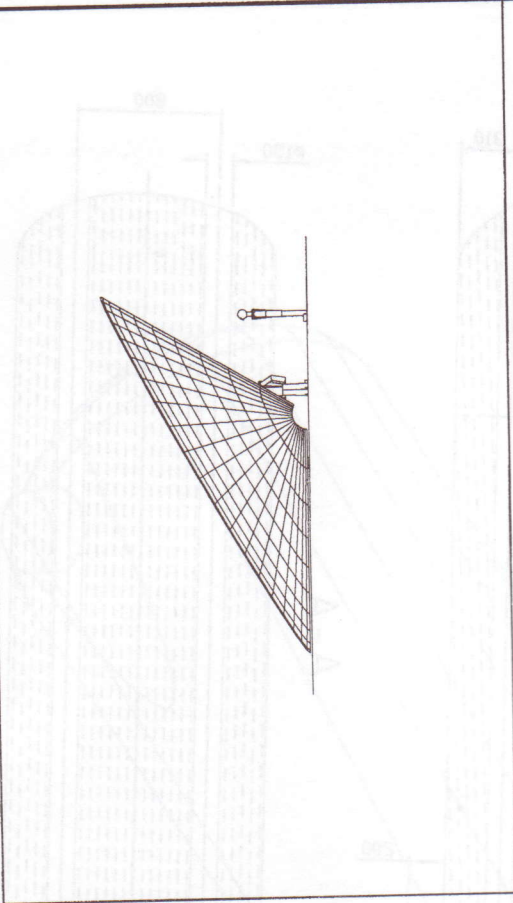
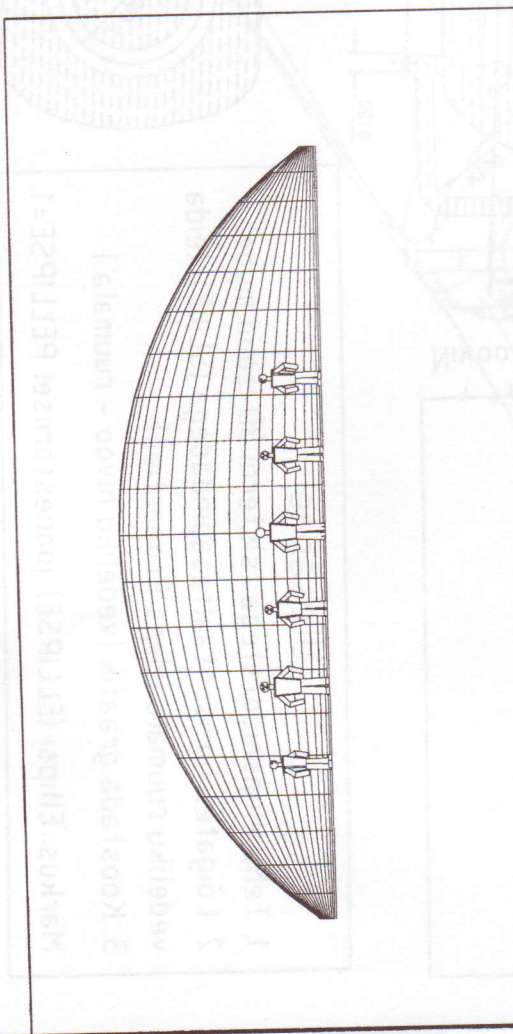


Isomeetria (*Isometric view*)



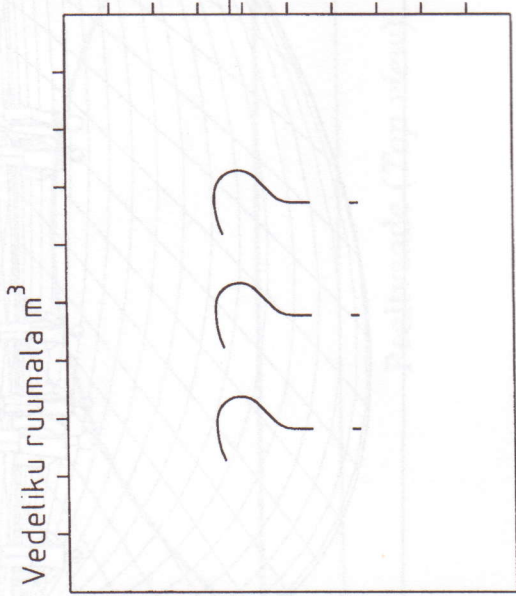
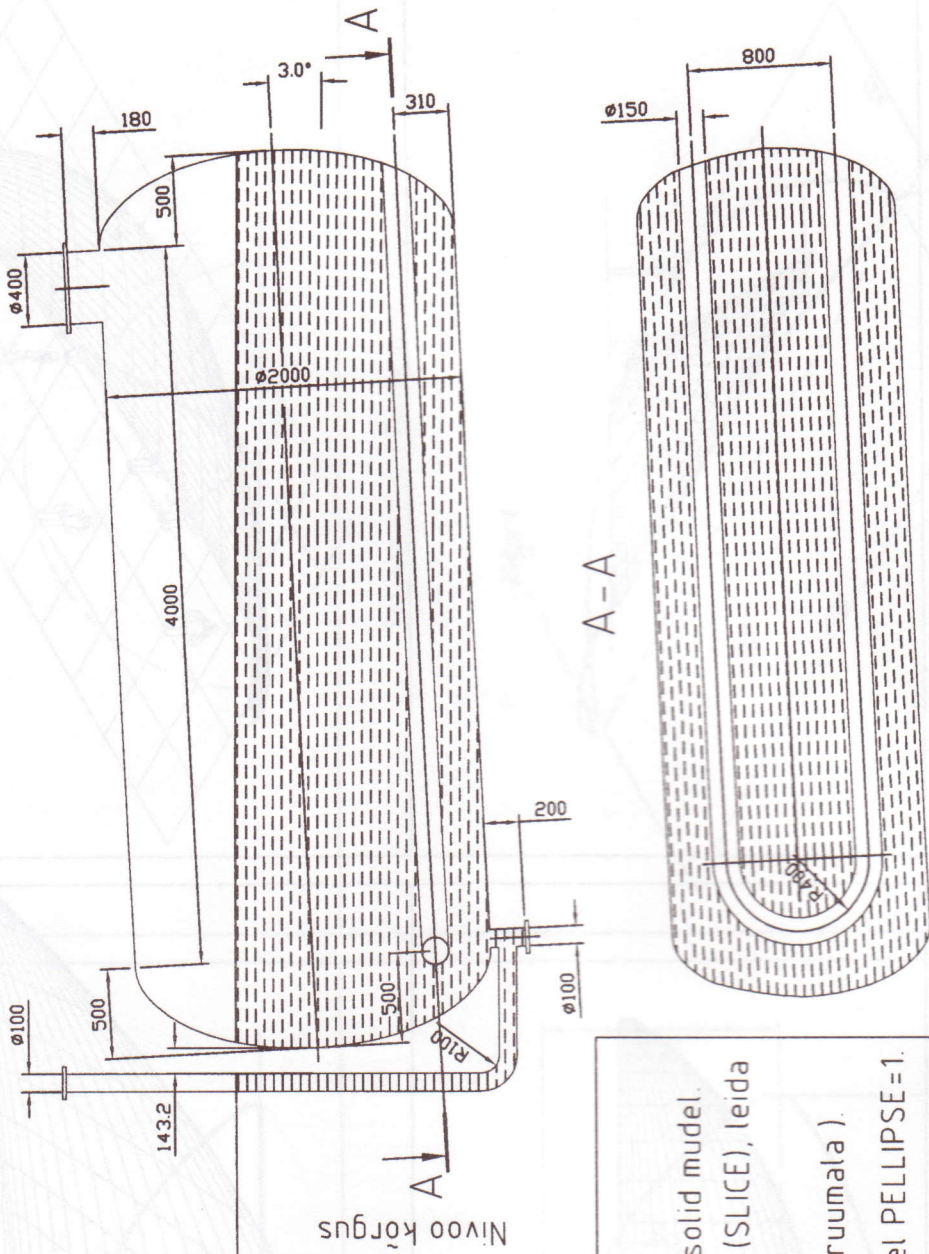
Kõlakoda

Kõlakoja vaateid M 1:200 (Zoom = 0.05xp) ning perspektiiv



Kõlakoda

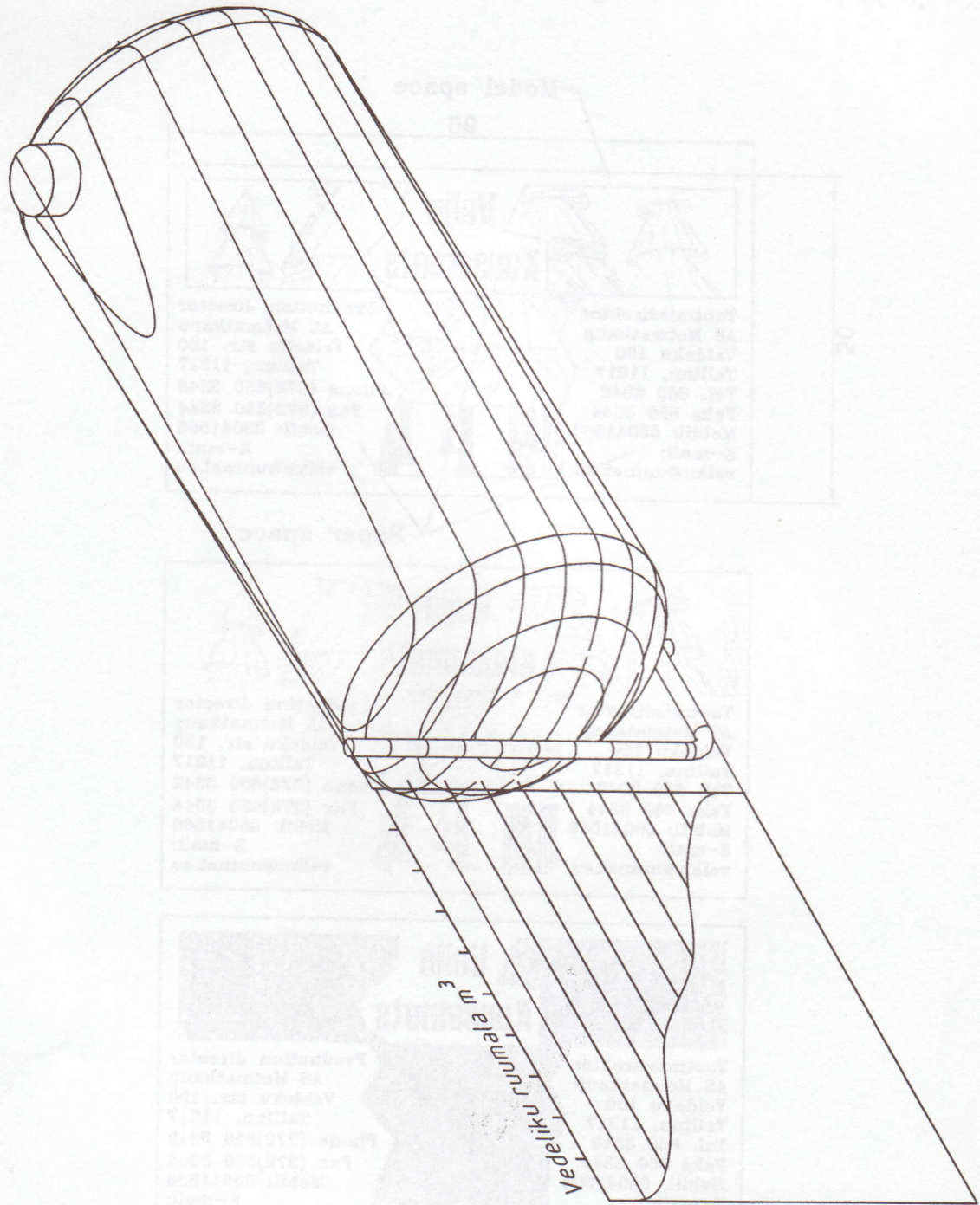
# Tsisterni lähtejoonis (mõõtmes mm-tes)



- Ülesanne:
1. Taha ellipsoidstega tsisterni 3D-solid mudel.
  2. Lõigates horisontaaltasapindadega (SLICE), leida vedeliku ruumala (Mass Properties).
  3. Koostada graafik (vedeliku nivoo - ruumala).
- Märkus: Ellipsi (ELLIPSE) joonestamisel PELLIPSE=1.

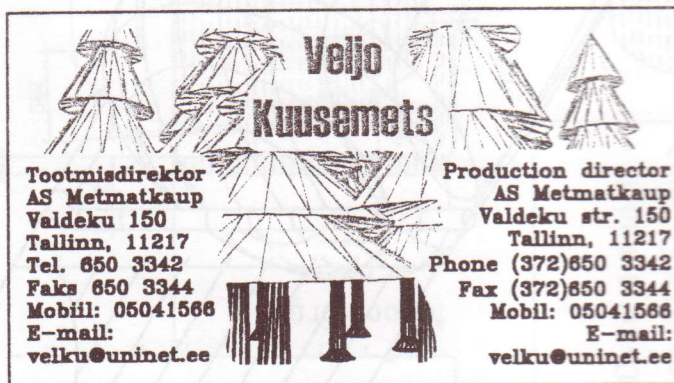
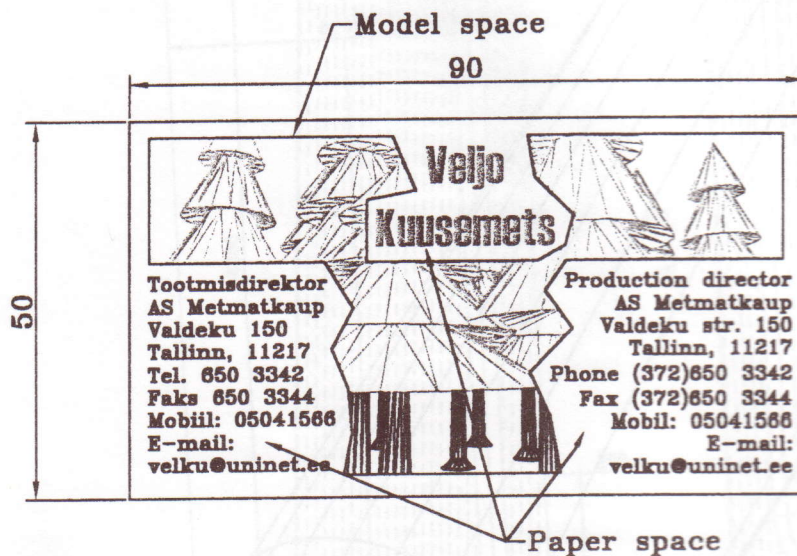
Tsistern

Tsisterni 3D-solid mudel ja graafik (vedeliku nivoo - ruumala)



Tsistern

Koostada nimekaart, kasutades taustkujutist mudeliruumis (*Model space*) ning teksti paberiruumis (*Paper space*). Teksti (*Mtext*) joondada vasakult (*Left*), paremalt (*Right*) ja keskelt (*Center*).



Nimekaart