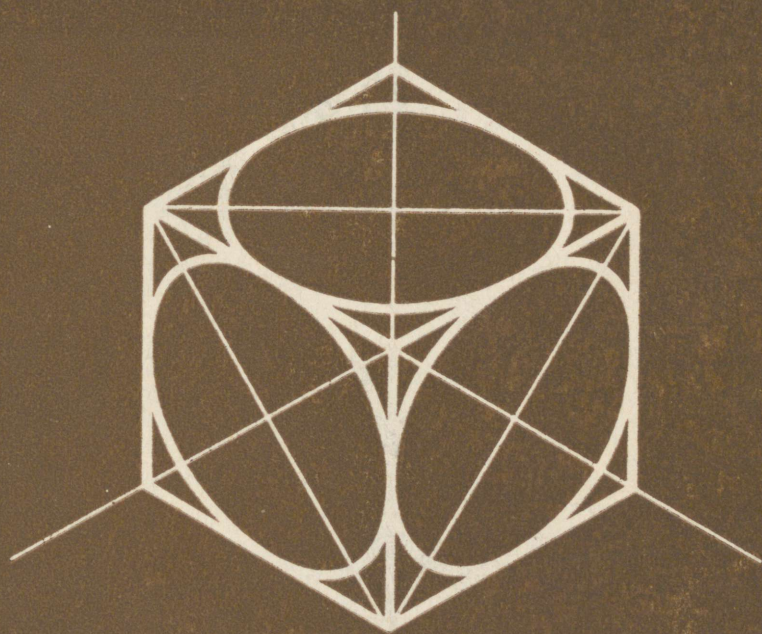


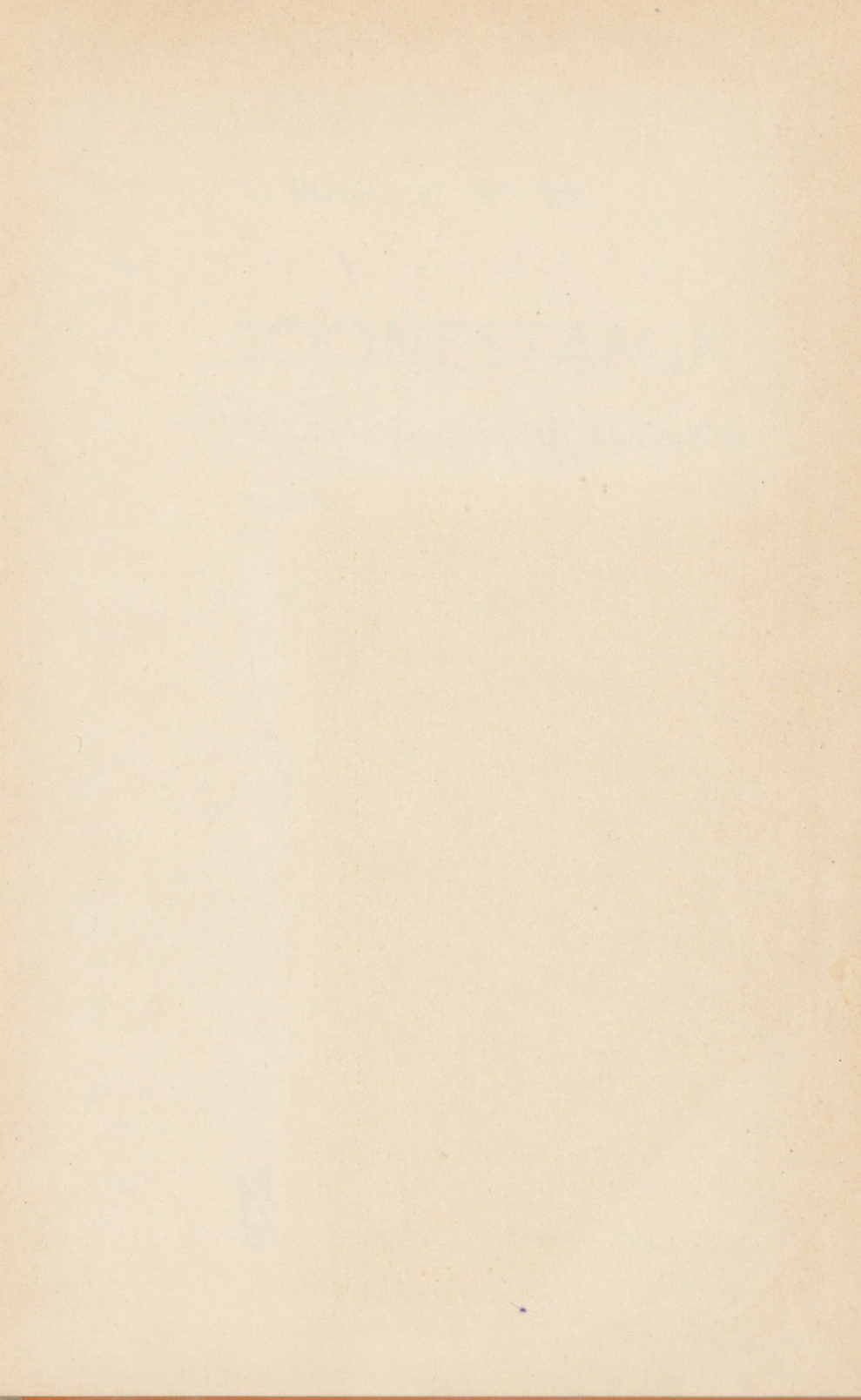
O. RÜNK V. TAPPER

JOONESTAMINE



ÜLDHARIDUSLIKELE KOOLIDELE

AR





A-30507

O. RÜNK, V. TAPPER

JOONESTAMINE

ÜLDHARIDUSLIKELE KOOLIDELE

3. TRÜKK



KIRJASTUS „VALGUS“ • TALLINN 1970

6
R 98

Kunstiliselt kujundanud T. Lutter
Kinnitatud Eesti NSV Haridusministeeriumi poolt

ARHIIVKOGU

2

Tartu Riikliku Olikooli
Raamatukogu

76332

I. SISSEJUHATUS. PÕHILISED VÕTTED JA VAHENDID

1. Joonistest ja joonestamisest

Eseme joonis on dokument, mille järgi saab seda eset valmistada — toota või ehitada. Piltlikult öeldakse, et joonis on tehnika keel. Tehnikas osutub see eriline «keel» tavalisest, sõnalisest keelest isegi võimsamaks. Tõepoolest — ka kõige üksikasjalikuma sõnalise seletusega pole võimalik eset kirjeldada nii täielikult, kui seda teeb joonis. Oleme kõik kogenud, kuis mõni asi, mis kuidagi ei taha selgeks saada sõnade abil, saab otsekohe selgeks jooniselt, olgu selleks kas või algeline visand. Vanasõnagi ütleb, et «oma silm on kuningas». Aga üks eseme pilti või joonist vaadeldes teemegi «oma silma kuningaks» selle eseme suhtes. Tõepoolest — eseme kujutist vaadeldes nagu näeme ehk kujutleme eset ennast.

Sisult õigete jooniste valmistamine nõuab tugevaid teoreetilisi teadmisi ja praktilisi oskusi; jooniste korrektne, nõuetele vastav vormistamine aga eeldab veel joonestusriistade meisterlikku käsitsemist. Kõik vajalikud joonestusalased teadmised ja oskused omandatakse järjekindla õppimise ja harjutamisega aastate jookul. Õppusest kõige kaaluvama osa moodustavad oma käega tehtavad joonised ja muud graafilised tööd. Iga graafilise ülesande täitmiseks tuleb varuda küllaldaselt aega, kiirustades siin häid tulemusi ei saavuta. Juhime tähelepanu sellele, et graafilise töö juures tuleb täpsuse nõude kõrval silmas pidada ka ilu nõudeid — joonise formaadile sobitamist, joonte puhtust, kirjade korrektsust, vääratuste parandamise kvaliteeti jm.

2. Joonestamise ajaloo

Jooniste valmistamise ajalugu ulatub kaugesse minevikku. On kindel, et kõik vanal ajal püstitatud võimsad ehitised on oma tegeliku ehitamise eel nõudnud üksikasjalikku läbitöötamist joonistega abil. Kahjuks pole neist joonistest midagi säilinud.

Keskajal olid kloostrikoolid nendeks kohtadeks, kus õpetati muuseas ka joonestamise kunsti. Aastasadade jooksul tundsid joonestamise võtteid ainult üksikud isikud, esmajoones kuulsad ehitusmeistrid. Omandatud teadmisi hoiti aga saladuses.

Esimeseks venekeelseks õpikuks joonestamise alal loetakse tsaar *Peeter I* käsul koostatud ning 1725. a. ilmunud raamatut «Sirkli ja joonlaua võtted ehk matemaatilise kunsti alguste algus ehk kuidas võimalikult kergesti ja uut moodi juurde pääseda maamõõtmisele või sellest pärinevale mistahes muule kunstile».

Alles XVIII sajandi lõpul võeti kokku ja süstematiseeriti jooniste valmistamise teoreetilised alused. Seda tegi kuulus prantsuse õpetlane ja insener *Gaspard Monge* (1746—1818) oma õppe-raamatus «Kujutatav geomeetria», mis ilmus aastal 1798.

Kaasajal on joonestusala käsitlev kirjandus paisunud üsna rikkalikuks. Ka eesti keeles ilmub sel alal järjest uusi raamatuid. Joonestusala on tänapäeval jagunenud reaks eriosadeks, nagu geomeetiline joonestamine, projektsiooniline joonestamine (s. o. kujutatav geomeetria kitsamas mõttes), siis mitmesugused erialajoonestamised, nagu masinaehituslik joonestamine, ehituslik joonestamine jm. Kõik erialajoonestamised mahutatakse ühise nimetuse alla — tehniline joonestamine.

3. Joonestusalaseist standardeist

Kaasajal on tootmistegevus kogu maailmas, sealhulgas ka NSV Liidus, ulatuslikult standardiseeritud. NSV Liidus on kõigi riiklike standardite ametlikuks sümboliks tähekombinatsioon ГOCT, mis on tuletatud vastava venekeelse nimetuse — государственные общесоюзные стандарты — sõnade algustähtedest. Lühendile ГOCT järgnev arv tähendab antud standardi järjekorranumbrit (standardite üldjärjestuses), sellele järgnev kahekohaline arv aga näitab kehtestamisaastat. Näiteks sümbolist ГOCT 2.301-68 loeme välja, et standardi number on 2.301, kehtestamisaastaga 1968. Standardeid trükitakse ja levitatakse ainult venekeelsete originaalidena.

Kujutamiskiivide osas nõuavad standardid paljude tinglike võtete ja leppeliste kujutiste kasutamist; nii kahaneb küll mõnevõrra kujutiste ilmekus, kuid jooniste valmistamine muutub tunduvalt hõlpsamaks.

Standardid vaadatakse aeg-ajalt üle ning vajaduse korral neid täiendatakse ja muudetakse. Seepärast tuleb praktikas kasutada alati standardite kõige värskemaid väljaandeid.

Joonestamise koolikursuses tuleb arvestada eriti vastavaid masinaehitusalaalseid standardeid, mis on koondatud pealkirja alla «Единая система конструкторской документации ГОСТ 2.301-68 — ГОСТ 2.316-68».

Tähtsamad neist on järgmised:

ГОСТ 2.301-68: Форматы (Formaadid).

ГОСТ 2.302-68: Масштабы (Mõõtkavad).

ГОСТ 2.303-68: Линии (Jooned).

ГОСТ 2.304-68: Шрифты чертежные (Joonisel kasutatavad kirjad).

ГОСТ 2.305-68: Изображения — виды, разрезы, сечения (Kujutised — vaated, lõiked).

ГОСТ 2.306-68: Обозначения графические материалы и правила их нанесения на чертежах (Materjalide leppemärgid ja nende pealekandmise juhised joonistele).

ГОСТ 2.307-68: Нанесение размеров и предельных отклонений (Mõõtmestamine ja tolereerimine).

ГОСТ 2.311-68: Изображение резьбы (Keerme kujutamine).

4. Jooniste lugemise ja valmistamise oskuse praktilisest tähtsusest

Tänapäeval on mitmesugused tehnilised seadmed, masinad ja aparaadid tarvitusel mitte üksnes tootmisettevõttes ja põllumajanduses, vaid need on leidnud tee ka meie kodusesse. Nimegame kas või näiteks motorollerit, pesupesemismasinat, köögikombaini, tolmuimejat, aiapritsi, gaaspliiti jne. jne., millest üks või teine ese leidub peaaegu igas kodus. Poest mingit järjekordset «suurt» ostu tehes antakse ostetud esemega kaasa ka tema pass ja tarvitamisõpetus. Viimase juurde kuuluvad harilikult ka joonised, mis selgitavad seadme montaaži ja töötamis põhimõtet. Oleks halb, kui me neist joonistest aru ei saaks, s. t. neid lugeda ei oskaks.

Eriti hästi peavad oskama jooniseid lugeda tööstustöölised ja ehitajad. Õpilased vajavad seda oskust tööõpetuse tundides, kus neil tuleb antud jooniste järgi meisterdada mitmesuguseid esemeid.

Jooniste valmistamise oskuse peavad omandama eelkõige konstruktorid, insenerid ja arhitektid, kuid seda oskust on vaja ka paljude teiste elukutsete juures. Kui tahame meisterdada lihtsat tarbeeset — pingikest, karbikest, riulit või redelit, alus-

tame tööd paberil. Kõigepealt määrame tulevase eseme kuju ja suuruse kindlaks joonisel, sest mõtte kontrollimine, täpsustamine ja viimistlemine paberil on mugav ja lihtne. Analoogiliselt toimatakse ka kõige keerukamate objektide projekteerimisel, kaasa arvatud elektronarvutusmasinad, aatomielektrijaamad ja kosmoselaevad.

Joonestamise täielik koolikursus annab vajalikke teadmisi ja oskusi selleks, et keskkooli lõpetanud noored võiksid edukalt tööle rakenduda mistahes erialal või edasi õppida kõrgemas koolis.

5. Joonestusriistadest

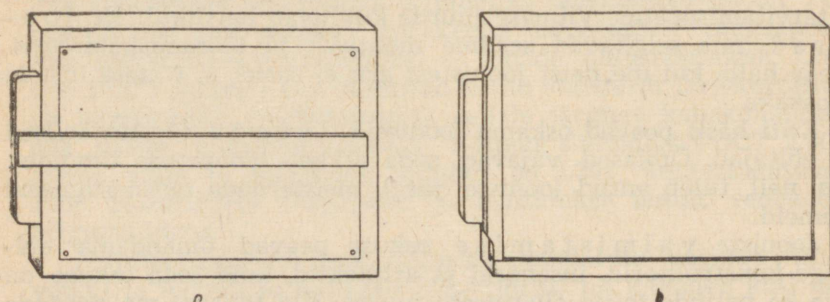
Õpilasele vajalikud joonestusriistad on järgmised: joonestuslaud, T-joonlaud, joonestuskolmnurgad, mõõtejoonlaud, sirklid (joonsirkel, mõõtesirkel ja nullsirkel), joonsulg, komplekt kirjutussulgi ja mõned lekaalid.

Piirdume kõige olulisemate märkustega nimetatud riistade kohta.

Joonestuslaud. Keskmise suurusega joonestuslaua mõõtmed on 700×500 mm. Oleks soovitatav, et iga õpilane muretseks enesele kodus töötamiseks niisuguse joonestuslaua. Sama lauda võib ta edukalt kasutada ka pärast kooli lõpetamist, eriti üliõpilasena. Klassis töötamiseks vajatakse väiksemat joonestuslaua. Kaubandusvõrgust saab osta õpilaste karpjoonestuslaua mõõtmetega 335×250 mm, mille juurde kuulub ka väike T-joonlaud (joon. 5-1). Karpjoonestuslauad tuleb muretseda õpilastel endil, sest kooli inventari hulka need ei kuulu.

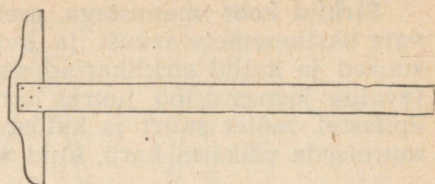
Iga joonestuslaua vastutavaks tööpinnaks (peale tasase pealispinna) on vasakpoolne kant, mis peab olema täiesti sirge ja sile. Töötamisel T-joonlauaga toetatakse viimase juhtklots nimelt joonestuslaua vasakule kandile.¹

¹ Vasakukäelistel lubatagu töötada ka nii, et T-joonlaua juhtklots toetub joonestuslaua parempoolsele kandile.



Joon. 5-1. Karpjoonestuslaud: a — tööasendis; b — transpordiasendis.

Joon. 5-2. T-joonlaud.

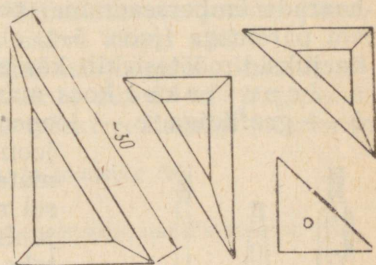


T-joonlaud on juhtklotsiga varustatud pikem puidust joonlaud (joon. 5-2). Joonlaur pikkus peab vastama kasutatava joonestuslaur pikkusele. T-joonlaur tööservaks on ülemine serv, mida tuleb hoolega hoida täkkimiste ja sisselõigete eest. Paberit lõikame ainult joonestuslaur alusküljel ja T-joonlaur alumise serva järgi.

Joonestuskolmnurki valmistatakse puidust ja plastmassist. Puitkolmnurkade normaalpaksus on 3 mm, plastmasskolmnurkadel 2 mm. Õpilastel on soovitatav kasutada puidust kolmnurki, sest pliatsiga töötamisel määrivad need vähem joonise pinda.

Joonestuskolmnurkade täiskomplekt koosneb neljast kolmnurgast. Nende soovitatavad kujud ja suurused oleksid järgmised. Kõige suurema hüpotenuus võiks olla 30 cm ja teravnurgad $30^\circ/60^\circ$; keskmised hüpotenuusiga 20—25 cm, üks teravnurkadega $30^\circ/60^\circ$ ja teine $45^\circ/45^\circ$; kõige väiksem kolmnurk olgu hüpotenuusiga 15—20 cm. Kirjeldatud kolmnurkade komplekti näeme joonisel 5-3.

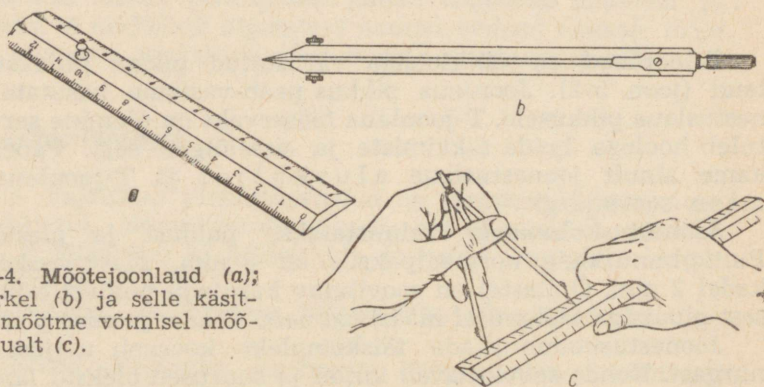
Joon. 5-3. Joonestuskolmnurkade komplekt.



Reeglina peab töötamisel olema käepärast kaks kolmnurka, mis oma kujult ja suuruselt kõige paremini sobivad antud joonisele töötamiseks; ülearused kolmnurgad ainult segavad tööd.

Mõõtejoonlaud. Joonisel 5-4, a näeme erilise ehitusega mõõtejoonlaur, mida on joonestamisel väga sobiv kasutada. See joonlaud on 25 cm pikk ning tema skaalad asetsevad kallakutel pinnadel. Paberile (joonisele) asetatud joonlaur skaalade jaotuskriipsud kulgevad kuni joonise pinnani. See asjaolu soodustab täpset mõõtmist, sest vaatamisel ei teki nüüd viga, isegi mitte siis, kui vaatesuund on kaldu. Mõõtmiseks sobib hästi ka arvutuslükati serval asuv skaala.

Sirkliid koos manustega asetsevad sirklikarbis. Karbis leidu-
vate üksikesemete arvust ja kvaliteedist sõltub karbi hind. Õige
suured ja kallid sirklikarbid sisaldavad rohkesti esemeid, mida
tavalise joonestustöö juures harva tarvis läheb. Seepärast pole
õpilastel mõtet suurt ja kallist sirklikarpi ihaldada. Õigem on
muretseda väiksem karp, kuid võimalikult kvaliteetne.

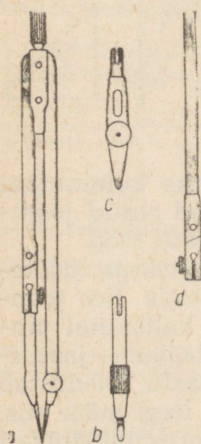


Joon. 5-4. Mõõtejoonlaud (a);
mõõtesirkel (b) ja selle käsit-
semine mõõtme võtmisel mõõ-
tejoonlaualt (c).

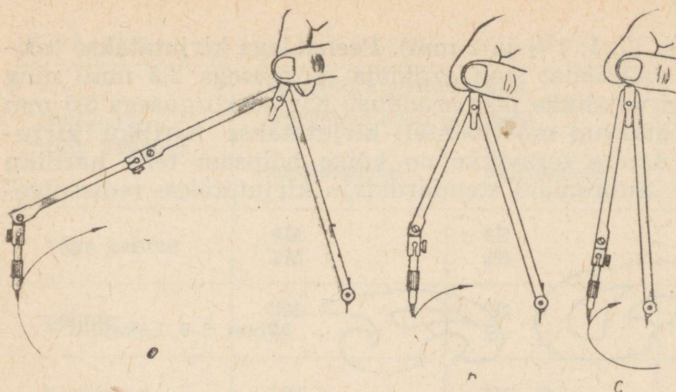
Mõõtesirkliit (joon. 5-4, b) kasutatakse punktidevaheliste
kauguste mõõtmisel, pikkuste ülekandmisel ning sirglõikude ja
kaarte osadeks jagamisel. Mõõtesirkli käsitsemine (kaasa arvatud
haarade ümberseadmine) peab toimuma ühe käega, kas vasaku
või paremaga (joon. 5-4, c). Soovitatav oleks, et paremakäelised
harjuksid mõõtesirkliit käsitsema ka vasaku käega.

Joonsirkel koos manustega (vahetusotsad: a — nõelaga,
b — grafiidiga, c — joonsülega, d — harupikendi) on kujutatud
joonisel 5-5. Joonsirkli käsitsemist suure-
mate ja väiksemate ringjoonte tõmbami-
sel näeme joonisel 5-6. Joone tõmbamisel
juhime tähelepanu sellele, et sirkliit hoi-
taks ainult ülemisest karestatud pidemest
ning et harude otsad oleksid joonisepin-
naga enam-vähem risti.

Nullsirkliga (joon. 5-7, a) saab
tõmmata üsna väikesi ringikesi (nullikesi).
Kui varda teravik on viidud tsentrisse,
laseme varrast ümbritseva pöörli (koos
selle külge kinnitatud joonsule või grafiit-
otsaga) alla langeda, viime varda püst-
asendisse ning tõmbame pöörli keskmise



Joon. 5-5. Joonsirkel koos manustega.



Joon. 5-6. Joonsirkli kasutamine suuremate ja väiksemate ringjoonte tõmbamisel.

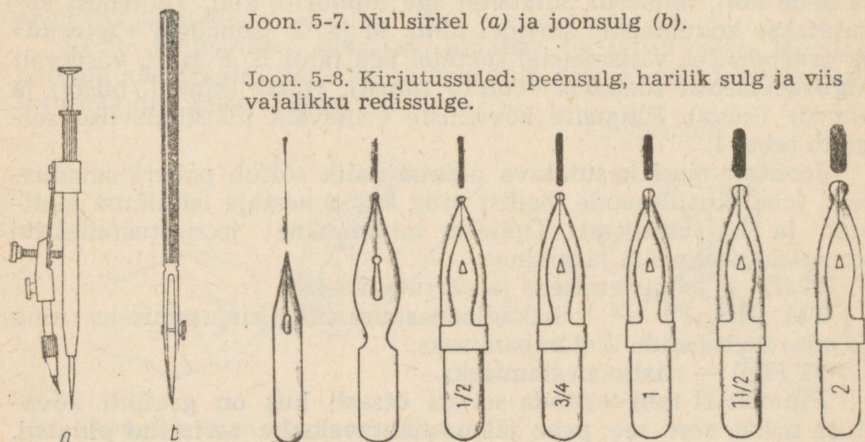
sõrmega tiirlema. Nullikesed tulevad puhtamalt välja, kui pöörel teeb hooga mitu tiiru ümber telje. Suuremate raadiuste korral ning eriti ringjoone osade joonestamisel ei tõmmata pöörliit vabalt tiirlema, vaid pööratakse karestatud pidemest, veeretades viimast põidla ja keskmise sõrme vahel. Korras nullsirkel peab andma ühtviisi hea kvaliteediga ringikesi diameetriga 0,5—10 mm.

Joosulg (joon. 5-7, b) on vahend tušijoonte tõmbamiseks T-joonlaua, kolmnurga või lekaali ääre järgi; samuti nimetatakse ka vastavaid vahetusotsi joon- ja nullsirkli juures. Joosulge ei kasutata vabakäejoonte tõmbamiseks. Tõmmatavate joonte jämedust saab reguleerida joosule küljes asuva kruvi abil.

Kirjutussuled (joon. 5-8) on mõeldud tušijooniste viimistlemiseks ning tušiga kirjutamiseks. Vajalikud suled on järgmised: peensulg, harilik kirjutussulg ning komplekt redissulg (otsaketta

Joon. 5-7. Nullsirkel (a) ja joosulg (b).

Joon. 5-8. Kirjutussuled: peensulg, harilik sulg ja viis vajalikku redissulg.



läbimõõduga $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{2}$ ja 2 mm). Peensulega kirjutatakse tušijoonisel kõige väiksemat standardkirja (kõrgusega 2,5 mm) ning tehakse joonisel vajalikke pisiparandusi. Kirjad kõrgusega 3,5 mm (sealhulgas mõõtardvud mõõtjoontel) kirjutatakse hariliku kirjutussulega. Ka noolte teravikke on kõige hõlpsam teha hariliku kirjutussulega. Suuremaid standardkirju kirjutatakse redissulgedega (vt. § 42).



Joon. 5-9. Lekaalid.

Lekaalid (joon. 5-9) on mitmesuguse kuju ja suurusega õhuke-sed puidust või plastmassist šabloonid, mida kasutatakse mitteringiliste kõverate tõmbamisel.

Lisaks nimetatud joonestusvahendeile vajatakse joonestustöö juures veel rõhknaelu, pisikruvitsat (sirkelite pingutus-kruvide reguleerimiseks; leidub sirklikarbis), harjakest (kummipuru pühkimiseks joonisel), peenikest liivapaberit (pliiatsigrafiidi teritamiseks), žiletiteri (tušijoonete ja -plek-kide väljakaapimiseks) ning luisku (joonsulgede, sirkliteravike ja taskunoa teritamiseks).

6. Pliiatsitest ja joonestuspaberist

Joonestamisel kasutatakse musti grafiitsüdamikuga kuuekan-dilisi pliiatseid. Grafiidi kõvadus on tavaliselt märgitud pliiatsile. Kõrgemat sorti pliiatsitel märgitakse grafiidi kõvadust tähtede abil, lihtsordi pliiatsitel aga numbrite abil. Tähtedest kasutatakse kodumaistel sortidel tähti M ja T (sõnadest «мягкий» ja «твердый»), välismaistel sortidel aga tähti B, F ja H, vastavalt ingliskeelsetest sõnadest «black» (must), «fast» (kindel, püsiv) ja «hard» (kõva). Pliiatsite kõvaduste erinevaid märkimisviise selgitab tabel 1.

Joonestamisel kasutatava pliiatsi valik sõltub paberi omadus-test, joonestusülesande laadist ning ka joonestaja isiklikust mait-sest ja harjumustest. Õpilase minimaalne joonestuspliiatsite komplekt võiks olla järgmine:

M (B) — joonistamiseks ja varjutamiseks;

TM (HB; F) — vabakäejoonestamiseks, kirjutamiseks ning joonise kontuuride ületõmbamiseks;

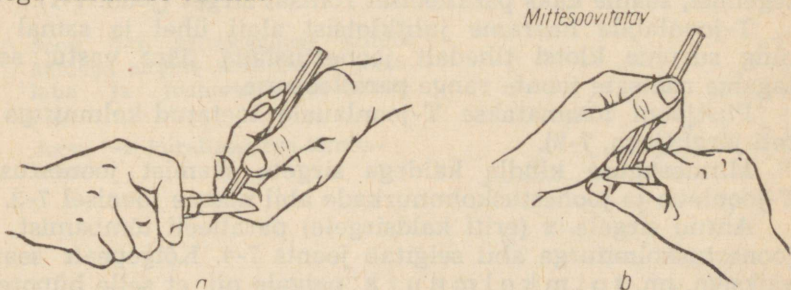
2T (2H) — riistjoonestamiseks.

Pliiatsit ei tohi teritada sellest otsast, kus on grafiidi kõva-duse märk, sest see peab jääma nähtavaks ka teritatud pliiatsil.

Pliiatsi grafiidi kõvadus	Grafiidi kõvaduse tähis		lihtsorti pliiatseil
	kõrgemat sorti pliiatseil		
	kodumaistel	välismaistel	
väga pehme	4M 3M	4B 3B	nr. 1
pehme	2M M	2B B	nr. 2
keskmine	TM	HB; F	nr. 3
kõva	T 2T	H 2H	nr. 4
väga kõva	3T 4T	3H 4H	nr. 5

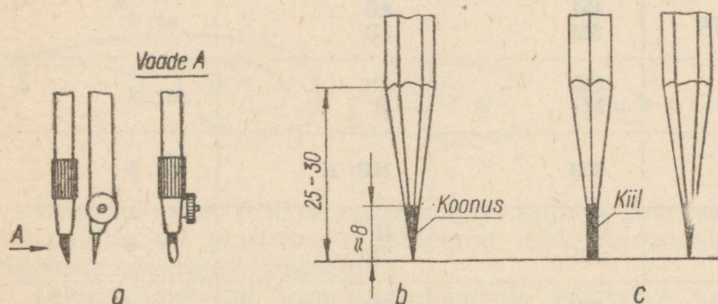
Teritamist taskunoaga jälgime jooniselt 6-1, a; kõrval (joonis 6-1, b) näeme väga levinud, kuid mittesoovitavat teritamise viisi, mille juures sõrmed määrduvad grafiidiga. Teritamisel lõikame pliiatsi otsa koonusekujuliseks 25—30 mm kõrguselt, millest umbes 8 mm moodustab paljastatud grafiit. Seejärel anname grafiitotsale soovitava kuju ihumisega peenel liivapaberil või luisul. Mitmesuguseid erinevaid grafiiditeritusi näeme joonisel 6-2. Tõmpkiilu-kujuline teritus (joon. 6-2, c) sobib pehmemale (M) või keskmise kõvadusega (TM) pliiatsile, millega tõmmatakse üle kontuurjooni pliiatsijoonistel. Säärane teritus võimaldab hõlpsalt ja puhtalt tõmmata küllalt jämedaid pliiatsijooni, mis näivad peaaegu tušijoontena.

Joone tõmbamisel hoitakse pliiatsit teritatud otsa lähedalt parema käe põidla, nimetis- ja keskmise sõrme vahel, kerge kalvutusega liikumise suunas.



Joon. 6-1. Pliiatsi teritamise viise.

Joonestuspaber peab olema valge, siledapinnaline ja nii vastupidav, et käe normaalse surve korral ei jätaks pliiats joonestamisel paberile vagu. Tušiga katmisel ei tohi see paberisse imbuda ega laiuli valguda. Hea joonestuspaber peab kannatama korduvat kummiga hõõrumist, samuti terariistaga kaapimist, kusjuures hõõrutud või kaabitud pind ei tohi muutuda «villaseks».



Joon. 6-2. Mitmesuguseid grafiiditeritusi.

vaid peab jääma plingiks ja siledaks. Kaabitud pinnale tõmmatavad uued pliiatsi- ja tušijooned peavad tulema välja täiesti puhtalt. Kõik joonestuspaberile esitatud nõuded peavad olema tušijooniste puhul tingimata täidetud; halval paberil ei tasu tušijoonist üldse alustadagi.

7. Rööplükke-võtete paralleel- ja ristsirgete tõmbamisel

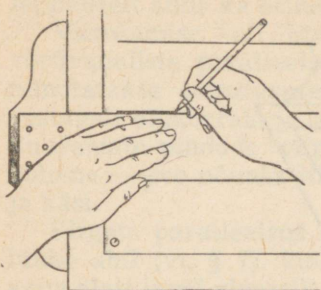
T-joonlaua lükkamisel nii, et tema juhtklots libiseb joonestuslaua äärt mööda, jääb joonlaud ikka rõhtasendisse. Säärase libisemise puhul öeldakse, et T-joonlaud saab rööplükke. Tõmmates T-joonlaua järgi ühe joone enne ja teise pärast rööplükke tegemist, saame kaks paralleelset rõhtsat sirget (joon. 7-1).

T-joonlauda haarame juhtklotsist alati ühel ja samal viisil ning surume klotsi tihedalt joonestuslaua ääre vastu; sellega tagame rõhtsate joonte range paralleelsuse.

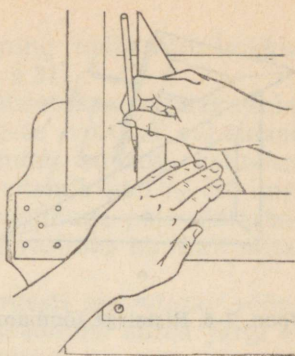
Püstjooni tõmmatakse T-joonlauale toetatud kolmnurga kaateti järgi (joon. 7-2).

Mitmesuguse kindla kaldega sirgete saamist joonestuslaual T-joonlaua ja joonestuskolmnurkade abil näeme joonisel 7-3.

Antud sirgele s (eriti kaldsirgele) paralleeli tõmbamist kahe joonestuskolmnurga abil selgitab joonis 7-4. Kõigepealt seatakse väiksem, nn. $t o i m k o l m n u r k$ paigale nii, et selle hüpotenuus langeks antud sirgele s (joonisel on see kolmnurga asend näida-



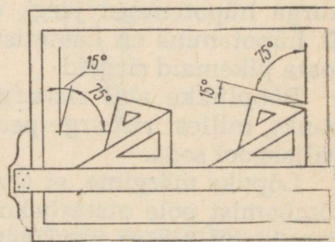
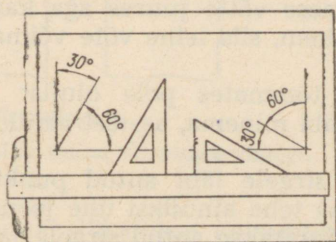
Joon. 7-1. T-joonlaua kasutamine rõhtsirgete tõmbamisel.



Joon. 7-2. T-joonlaua ja kolmnurga kasutamine püstsirgete tõmbamisel.

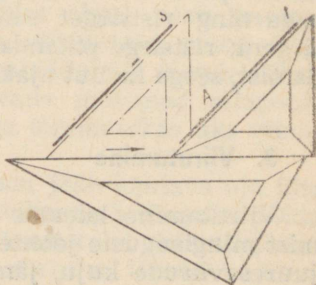
tud kriips-punktjoonega) ning lükatakse siis suurem, nn. juhtkolmnurk vastu toimkolmnurka. Seejärel antakse toimkolmnurgale rööplüke, viies sellega tema hüpotenuusi vajalikule kohale, näiteks läbi antud punkti A. Lõpuks tõmmatakse soovitud paralleelsirge *t*.

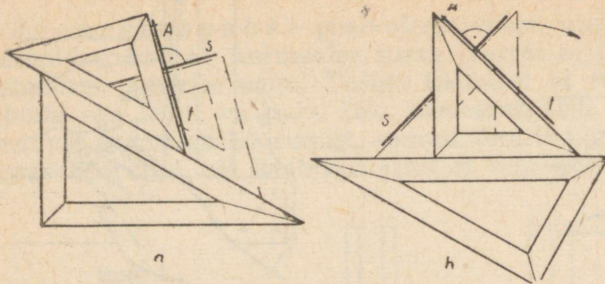
Antud sirgele *s* (eriti kaldsirgele) ristsirge tõmbamist joonestuskolmnurkade abil võib teha kahel erineval viisil (joon. 7-5, *a*, *b*). Esimese viisi puhul viiakse kõigepealt toimkolmnurk kaate-



Joon. 7-3. Mitmesuguse kindla kaldega sirgete saamine T-joonlaua ja joonestuskolmnurkade abil.

Joon. 7-4. Paralleelsirge tõmbamine.





Joon. 7-5. Ristsirge tõmbamise kaks võimalust.

tiga antud sirgele (joon. 7-5, a; toimkolmnurk on selles asendis näidatud kriips-punktjoonega) ning lükatakse juhtkolmnurk vastu toimkolmnurka. Seejärel antakse toimkolmnurgale niisugune rööplüke, mis viib tema teise kaateti vajalikku kohta, s. o. läbi antud punkti A. Lõpuks tõmmatakse selle kaateti järgi soovitud ristsirge t läbi A.

Teisel viisil sama ülesannet lahendades viiakse kõigepealt toimkolmnurk hüpotenuusiga antud sirgele s (joon. 7-5, b; kolmnurk kriips-punktjoonega) ning lükatakse siis juhtkolmnurk vastu toimkolmnurka. Seejärel pööratakse toimkolmnurka ümber täisnurga tipu nii, et teine kaatet läheks vastu juhtkolmnurka. Lõpuks viiakse toimkolmnurk rööplükke abil vajalikku kohta ning tõmmatakse tema hüpotenuusi järgi soovitav ristsirge t .

Märkame, et teise võtte juures tõmmatakse ristsirge toimkolmnurga hüpotenuusi järgi, esimese võtte juures aga kaateti järgi. Et hüpotenuus on kaatetest pikem, siis teine võtte võimaldab tõmmata pikemaid sirgeid.

Rööplükke abil ristsirgeid tõmmates pole olulist vahet, kas punkt, millest ristsirge peab läbi minema, asetseb antud sirgel või väljaspool seda.

Lõpuks märgime, et antud sirgele läbi antud punkti ristsirge tõmbamist pole otstarbekohane teha ainuüksi ühe joonestuskolmnurga abil nii, et üks kaatet juhitaaks antud sirgele ja teine läbi antud punkti. Kolmnurga seesugune paigaldamine võtaks palju aega ning ristsirget saaks ikkagi tõmmata ainult kuni antud sirgeni; ristsirge pikendamine aga nõuaks kolmnurga uut paigaldamist, seega ka uut ajakulu.

8. Viirutamine

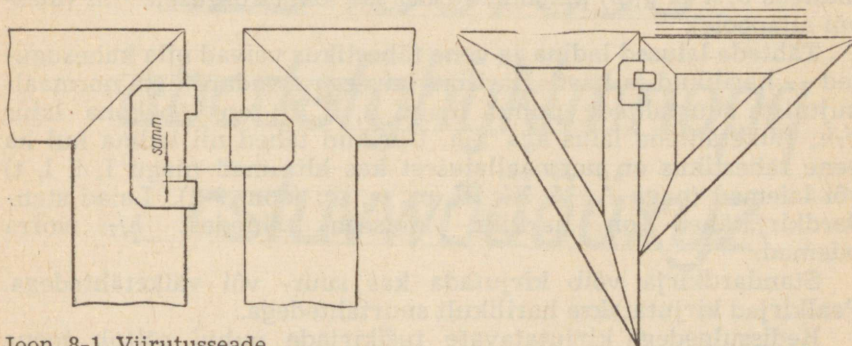
Viirutamine laiemas mõttes tähendab joonisel mõne ala katmist mingisuguste joonte (viirjoonte ehk viirude) süsteemiga. Seejuures viirude kuju, jämedust, tihedust ja asendit valides võib

saada palju üksteisest erinevaid viirutusi ning neile võib kokkuleppeliselt anda ka erinevaid tähendusi (vt. § 31).

Viirutamise all kitsamas mõttes mõistetakse pinnakatmist võrdvaheliste paralleelsete sirgetega. Sirgete võrdset vahemaad nimetatakse *viirutussammuks*. Viirutussammu suurus valitakse vastavalt olukorrale ja tingimustele, kuid vahemikust $1\frac{1}{2}$ —10 mm. Suuremate pindade viirutamine väikese sammuga pole otstarbekohane — see nõuaks liiga palju aega ning väsitaks ka liialt silmi ja käsi.

Sirgete paralleelsus on viirutamisel kergesti saavutatav rööplükke abil (vt. § 7), kuid viirutussammu seadmine silma järgi ei anna alati (eriti algajail) küllalt ühtlast viirutust.

Korrektse viirutuse saamiseks võib ehitada järgmise lihtsa seadme. Paksemast joonestuspaberist lõigatakse välja tükikesed vastavalt joonisele 8-1 ning kleebitakse üks ühele teiselele puitkolmnurgale nii, et ühe «põsed» ja teise «keel» ulatuvad üle kolmnurga ääre. Keel lõigatakse põskede vahemaast kitsam parajasti soovitava viirutussammu võrra.



Joon. 8-1. Viirutusseade.

Joon. 8-2. Viirutamine viirutusseadmega.

Töötamiseks lükatakse kolmnurgad äärtega vastamisi nii, et esimese põsed satuvad teise kolmnurga pinnale ning selle keel jälle omakorda põskede vahele. Viirutamise algul peab parempoolse kolmnurga ülemine kaatet asuma viirutatava pinna üla-piiril. Rakendades nüüd kolmnurkadele vaheldumisi (nende liikumisvabaduse ulatuses) rööplüket, «astuvad» mõlemad allapoole võrdsete sammudega, iga sammu järel aga tõmmatakse üks viirutusjoon (joon. 8-2).

Viirutamist ei tehta nii, et viimane joon jääb kaetava ala ühe sirge servaga paralleelseks, sest siis võib viimane joonevahe jääda sammust erinevaks, mis poleks ilus. Seepärast tuleb viirutusjoone siht ja sammumise suund valida nii, et viirutus lõpeks kaetava kujundi mingis nurgas.

9. Standardkiri

Joonise kvaliteedi üle otsustamisel on väga suur kaal joonise juurde kuuluvatel kirjadel. Hea kiri on joonisele ehteks, halb kiri aga võib rikkuda joonte poolest kuitahes korraliku joonise. Seepärast peame õppima hästi kirjutama tehnilist kirja, nn. *standardkirja*, mille kasutamine on masinaehituslikel joonistel kohustuslik. Oma lihtsuse ja selguse tõttu aga sobib standardkirja kasutada ka mujal.

Kirja suuruseks (numbriks) nimetatakse suurtähtede kõrgust (h) millimeetrites. Kirja enamkasutatavaid standardiseeritud suurusi¹ on kuus: 2,5; 3,5; 5; 7; 10 ja 14 mm. Keskmised suurused on 5 ja 7; väiksemad (2,5 ja 3,5) on neist saadud poolitamise teel, suuremad (10 ja 14) aga kahekordistamise teel.

Kõik ladina ja vene tähestiku suurtähed ja numbrid (ka rooma numbrid) kirjutatakse kirja antud suuruse korral vastava kõrgusega h , normaalväiketähed (näiteks a , m) ja muude väiketähtede kehad aga kõrgusega $\frac{5}{7}h$. Üla- ja allpikendusega väiketähtede (näiteks b , h ja g , p) pikendused lisavad keha kõrgusele $\frac{2}{7}h$ (üles- või allapoole).

Tähtede laiused ladina ja vene tähestikus võivad olla kahesugused — harilikud ja laiad. Hariliku laiusega standardkirja normaal-kujutiste suurtähtede puhul (nagu B, R, Б) on tähekohta laius $\frac{4}{7}h$, väiketähtede laius aga $\frac{3}{7}h$. Üksikud tähed nii ladina kui ka vene tähestikus on normaallaiusest kas kitsamad (nagu I, i, l, t) või laiemad (nagu A, M, Ж, Ш, m, w, Ф; joon. 9-1). Laiad standardkirjatähed on hariliku laiusega tähtedest $h/7$ võrra laiemad.

Standardkirja võib kirjutada kas suur- või väiketähtedega. Pealkirjad kirjutatakse harilikult suurtähtedega.

Redissulgedega kirjutatavate tušikirjade puhul sõltub joone jämedus kirja suuruselt (vt. § 42), pliiatsikirjal aga pole joone jämedus normeeritud.

Tähtede kuju paremaks tundmaõppimiseks kirjutatakse standardkiri algul joonvõrgule. Hiljem piisab enne kirjutamisele asumist joonestiku ettetõmbamisest järgmiselt (joon. 9-2):

- 1) ridade algusjooned — vahemaaga $1\frac{1}{2}h$;
- 2) kirja (suurtähtede) kõrgusjooned — kõrgusel h alusjoontest;
- 3) väiketähtede kõrgusjooned — kõrgusel $\frac{5}{7}h$ alusjoontest;
- 4) väiketähtede allpikenduste piirjooned — alusjoontest $\frac{2}{7}h$ võrra allpool;
- 5) mõned kaldjooned juhuslike vahedega (need aitavad kirjutamisel säilitada kirja ühtlast kallet).

Standardkirja kaldenurk kirja alusjoone suhtes on 75° . Selle nurga ehitamist joonestuskolmnurkade abil näeme joonisel 9-2.

¹ Kasutatakse veel suurusi 20, 28 ja 40 mm.

№10 ABCDEFGHIJKL

MNOPQRSZTUV

WÖÄÖÜXY

VII {[(„?~;°+!“)]} XII

1234567890

abcdefghijklmnopq

rstuvwöäöüxyz

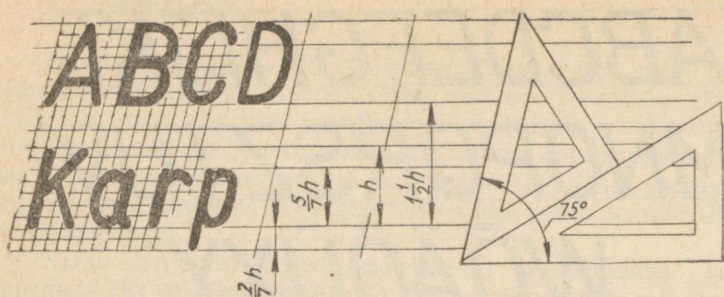
№7 АБВГДЕЖЗИКЛМНОП

РСТУФХЦЧШЩЫЭЮЯ

абвгдежзиклмно

прстүфхцчшщыьэя

Joon. 9-1. Standardkiri.



Joon. 9-2. Standardkirja joonestik.

Standardkirja õppides tuleb hoolega jäljendada vastavatel joonistel eeskujuks toodud tähtede vormi, sest kõrvalekaldumised tähekujuades on rangelt keelatud. Nii näiteks peavad numbril 2 kaldkriips ja alumine rõhtkriips olema tingimata sirged; number 7 peab algama püstkriipsukesega, lõikav rõhtkriips tal aga puudub; number 8 peab koosnema kahest nullikesest; tähtedel K ja R peab alumine kaldkriips joonduma läbi püsttulba ülemise otspunkti. Vähimagi kahtluse korral mingi tähe või numbril kujus tuleb ikka vaadata trükitud eeskuju.

II. JOONISTE VALMISTAMISE JA VORMISTAMISE KUSIMUSI

10. Töökoha organiseerimisest

Joonestaja energia- ja ajakulu saab tunduvalt kokku hoida töökoha õige organiseerimisega, mugavuste loomisega töötamisel. Joonestamisel tuleb kasutada suurt hulka vahendeid — kõik nad peavad olema käepärast, kuid samal ajal ei tohi segada tööd. Antud tööülesandeks vajalikud vahendid (ja ainult need!) otsitakse välja kohe töö algul, korrastatakse need ning paigutatakse töölauale, muist joonestuslauast paremale, muist vasakule. Kasutatud joonestusriist pannakse alati oma kindlale kohale tagasi — nii välditakse nende segiajamist ja asjatut otsimist. Et sirklikarp võtab suhteliselt palju ruumi, pole otstarbekas seda töölaual hoida; karbist võetakse töölauale ainult üksikud vajalikud riistad.

Tušiga töötamisel olgu käepärast pehme puuvillane lapike sulgede puhastamiseks ning tükk kuivatuspaberit joonisele sattunud tušipiiskade kuivatamiseks. Harjake kummipuru pühkimiseks olgu alati käepärast. Harjakese osatähtsus on tunduvalt suurem, kui arvatakse, sest kummipuru pühkimine käega on küllalt

tülikas, aga ühtlasi ka ebasoovitav, sest higine käsi määrib joonise pinda.

Väga tähtsat osa etendab töökoha valgustus. Eelistama peab töötamist päevavalguses, mis paistab ees olevast aknast. Elektri-
valguse puhul tuleb kasutada laualampi võimsusega 75—100 W; sobivamad on piim- ja mattklaasist pirnid. Lamp paigutatakse nii, et ei tekiks segavaid varje.

Enne tööle asumist peab tingimata käsi pesema; kui käed higistavad, peab neid pesema ka vahepeal. Töö ajal tuleb hoiduda joonisepinda kätega puudutamast.

11. Joonestustöö täpsuse küsimusi

Joonestustöö ei saa olla absoluutselt täpne järgmistel põhjustel: vahendid ise pole päris täpsed, silma eristusvõime on piiratud ning käsigi pole täiesti kindel. Seepärast seatakse joonestamisel eesmärgiks ainult niisugune täpsus, mis küllalt hästi rahuldaks tegeliku elu vajadusi. Seega sõltub jooniselt nõutav täpsus joonise liigist ja otstarbest. Kui joonisel on objekti mõõtmed antud numbriliselt, siis jooniselt pikkusi ei mõõdetata.

Üldiselt ei lubata joonistel märgatavaid vigu joonte paralleel-suses ja täisnurkades ning ühesuguse tähendusega joonte kujus ja jämeduses. Enamik sellelaadilisi tehnilisi vigu tekib algajal ebapraktilistest tööviisidest, eriti töötamisest joonestuslauata ja T-joonlauata, s. t. kasutades ainult joonlauda ja kolmnurki. Ka joonise lõplikul väljajoonestamisel, kui eeltöö osas on kõik vajalikud jooned juba olemas, tuleb ikkagi kasutada T-joonlauda kõigi horisontaalsete ning T-joonlauale toetuvat kolmnurka kõigi vertikaalsete joonte ületõmbamisel. Miks? Sellepärast, et tehes seda tavalise lihtjoonlauaga, raiskame palju aega joonlaua paigaldamisele ning teeme ikkagi väikseid vigu paralleelsustes.

Paratamatute joonestusvigade vähendamise eesmärgil peame silmas veel järgmisi asjaolusid ja nõuandeid.

Joon. 11-1.



1. Täpselt graafiliseks punktiks loetakse sirkliteraviku kerge torke jälge paberil, samuti kahe väga peene joone lõikepunkti (kui nurk joonte vahel pole liiga väike). Liiga väikese nurga all lõikuvate joonte lõikepunkti asukoht jääb joonisel ebamääraseks (joon. 11-1); sääraseid «halbu» lõikumisi tuleb suurt täpsust nõudvates konstruktsioonides võimalikult vältida.

2. Kaks punkti määravad (praktiliselt) sirgjoone seda ebakindlamalt, mida lähemal on need punktid teineteisele. Kui punktide vahemaa joonisel on kõigest 5 mm või vähem, siis ei või

neist tegelikult läbitõmmatud sirge asendit enam sugugi usaldada.

3. Kasutades joonisel mingit lõigupikkust korduvalt, tuleb seda taas sirkliste võtta ikka ühelt ja samalt kohalt, nimelt lähtelõigult, mitte aga vahepeal joonisele kantud lõikudelt (millest igaüks on juba seotud oma joonestusveaga!).

4. Sirkel osutub mõõtejoonlauast täpsemaks ja kiiremaks tööriistaks, seepärast rakendame, kus vähegi võimalik, sirklit.

5. Sirkliteravikud peavad olema nii teravad, et nad jääksid paberi külge juba kergel puudutamisel. Nii mõõt- kui joonsirkli otsad peavad olema täpselt ühepikkused.

6. Täisnurkade õigsus joonisel sõltub joonestuskolmnurkadest. Seepärast tuleb töö eel iga uue kolmnurga täisnurka hoolega kontrollida ning vajaduse korral korrigeerida, hõõrudes liigse osa maha liivapaberi poognal, mis on laotatud tasasele alusele, seejuures rõhumist vajalikult suunates.

Lõpuks toonitame, et algusest peale tuleks harjuda joonestustööd tegema pigem aeglaselt kui kiirustades, igal juhul aga täpselt ja korrektselt. Ei tohi unustada, et mõni ruttamisest tingitud tühine viga võib nõuda kogu töö ümbertegemist (ruttamata jõutakse kiiremini sihile!).

Mitterahuldavate, eriti ebatäpsete töötulemuste puhul tuleb näha põhjusi kõigepealt just oma tööviisides. Ebasünnis oleks sel puhul süüdistada ainult oma joonestusvahendeid. Pealegi kuulub just vahendite korrastamine joonestaja esmaste ülesannete hulka.

12. Pliiatsijoonise valmistamise järjekord

Nagu iga töö, nii ka joonestustöö kordaminek sõltub tema üksikvõtete sooritamise järjekorrast. See järjekord peab olema asjalik ja loogiline. Üldiselt tuleb juhendada järgmisest skeemist.

1. Joonise formaadi määramine — kui see pole juba määratud ülesande andja poolt.

2. Formaadile vastava paberi kinnitamine joonestuslauale kas rõhknaelte või liimiga (ainult nurkadest). Seejuures kinnitatakse esmalt kaks diagonaalnurka ning seejärel ülejäänud kaks diagonaalnurka paberit kummagi diagonaali sihis parasjagu pingutades.

3. Tõmmatakse formaadi piirjoon peene joonega (seda mööda lõigatakse hiljem valmisjoonis välja), joonise raamjoon, kirjanurga piirjoon ja lahtrid (kõik jooned T-joonlaua ja kolmnurgaga).

4. Otsustatakse kõik paigutuse küsimused, juhindudes objekti vajalikest vaadetest ja üldmõõtmetest. See tööjärg lõpeb kõigi vajalike telgjoonte tõmbamisega.

5. Tehakse läbi kogu ülesanne, kuid esialgu ainult eeljoonise, s. t. kõva pliiatsiga (2T) ja võimalikult peente joontega.

6. Kustutatakse kõik ülearused jooned ja joonte tükid, kaitses vajaduse korral joonise muid osi kustutusplaadiga (s. o. joonestuspaberi tükiga, millesse on lõigatud mõnesugused pilud).

7. Kontuurjooned tõmmatakse üle jämedama joonega (pliiats TM).

8. Tõmmatakse kõik vajalikud jooned mõõtmete jaoks.

9. Kirjutatakse kõik mõõtarmud.

10. Täidetakse kirjanurk.

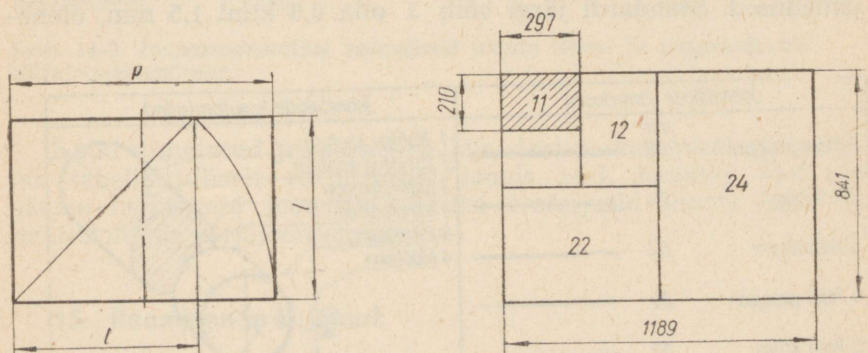
11. Vaadatakse joonis hoolega üle, et midagi poleks unustatud.

Kui joonis tuleb vormistamisele tušijoonisena, siis pliiatsiga lõpetatud eeltöö järel (alates punktist 6) jätkub töö siinsest skeemist mõnevõrra erinevalt (vt. § 41).

13. Jooniste formaadid

Jooniste käsitlemise ja säilitamise hõlbustamiseks on jooniste formaadid standardiseeritud. Formaati — see on mõiste, mis haarab paberilehe (või poogna) suurust ja kuju. Formaate standardiseerimisel on aluseks võetud niisugune ristkülik pindalaga 1 m^2 , mille laius ja pikkus suhtuvad nagu ruudu külge ja diagonaal, s. o. nagu $1 : \sqrt{2}$. Seesugust ristkülikut laiuti pooleks murdes saadakse pooled, mis on tervega kujult sarnased (s. t. nelgi laius ja pikkus suhtuvad nagu $1 : \sqrt{2}$; joon. 13-1). Järkjärgulisel poolitamisel saame aga ristkülikuid, mille pikkus ja laius ei väljendu enam täisarv millimeetrites, kuid need küljepikkused ümardatakse täisarv millimeetriteks.

Kooli õppejoonised tehakse formaadil mõõtmetega 297×210 mm. Seda formaati nimetatakse ka *lähteformaadiks*, tema tähis (nimetus) on 11 (loe: üks-üks). Järgmise, suurema formaadi (tähi-



Joon. 13-1. Standardiseeritud formaadi kuju: $l : p = 1 : \sqrt{2}$.

Joon. 13-2. Jooniste formaate.

sega 12) saame lähteformaadi laiust kahekordistades; sellest omakorda saame järgmise suurema formaadi (22), jällegi laiust (mis nüüd võrdub lähteformaadi pikkusega) kahekordistades jne. (joon. 13-2). Nii selgub, et mingi formaadi numbrilises tähises esimene number näitab, mitu korda on võetud lähteformaadi (11) pikkust, teine number aga — mitu korda tema laiust. Arvutustes aluseks võetud suur formaat pindalaga 1 m² kannab tähist 44.

Olulisemate formaatide tähised, mõõtmed millimeetrites ja pindala ruutmeeetrites on esitatud järgmises tabelis:

Tabel 2

Formaadi tähis	Formaadi mõõtmed (mm)	Formaadi suurus (m ²)
11	297×210	0,0625 = $\frac{1}{16}$
12	297×420	0,125 = $\frac{1}{8}$
22	594×420	0,25 = $\frac{1}{4}$
24	594×841	0,5 = $\frac{1}{2}$
44	1 189×841	1,0

Märkus. Lubatakse kasutada ka formaati, mis saadakse formaadi 297×210 mm poolitamisel.

14. Joonte liike ja kasutusalasid

Jooniste igal joonel on oma kindel sisuline tähendus. Erinevaid sisulisi tähendusi antakse edasi joonte mitmesuguse kuju ja jämeduse kaudu (joon. 14-1).

1. Pideva jämejoonega esitatakse objekti nähtavad servad (kontuurid); seda joont nimetatakse ka joonise *põhijooneks*. Põhijoone jämeduse (s) kaudu määratakse kõigi muude joonte jämedused. Standardi järgi võib s olla 0,6 kuni 1,5 mm, olene-

Jooneliikide jämedused		Jooneliikide kasutamisalad	
1 Pidev jämejoon	0,8 mm	1 Nähtav kontuur	
2 Kriipsjoon	0,4	2 Varjatud kontuur	
3 Vabakäejoon	0,4	3 Katkestusjoon	
4 Pidev peenjoon	0,2	4 Viirutusjoon	
5 Peen kriips-punktjoon	0,2	4 Piirikjoon	
		4 Mootjoon	5 Telgjoon

Joon. 14-1. Jooned, nende jämedused ja kasutusalad.

valt kujutise suurusest ja keerukusest ning joonise otstarbest ja formaadist, kuid ühel ja samal joonisel kasutatakse teatud kindlat põhijoone jämedust. Pliiatsis tehtavatel harjutustöödel olgu $s=0,8$ mm.

2. Kriipsjoonega (jämedus $\frac{s}{2}$ kuni $\frac{s}{3}$) esitatakse objekti varjatud kontuurid. Kriipsude ja vahede pikkused sõltuvad joonise suurusest (kriipsukesed 2—8 mm, vahed 1—2 mm), kuid ühel ja samal joonisel tuleks hoida kindlaid pikkusi. Kooli õppejoonistel võtame kriipsud pikkusega 4—6 mm, vahed pikkusega 1—1,5 mm.

3. Pideva peenjoonega (jämedus $\frac{s}{3}$ kuni $\frac{s}{2}$) tõmmatakse mitmesugused abijooned, nagu mõõtjooned, viirutusjooned jm.

4. Peene kriips-punktjoonega (jämedus $\frac{s}{3}$ kuni $\frac{s}{2}$) esitatakse kõik telgjooned; kriipsude pikkused võetakse 5 kuni 30 mm, vahed 3—5 mm; iga vahe keskele tõmmatakse $\frac{1}{2}$ mm pikkune kriipsuke. Kriips-punktjooned algavad ja lõpevad kriipsuga.

5. Vabakäejoont (jämedus $\frac{s}{3}$ kuni $\frac{s}{2}$) kasutatakse katkestamistel ning vaate lõikest eraldamiseks. See joon tõmmatakse käsitsi ja kergelt lainelisena.



Joon. 14-2. Joonestustehnilisi eeskujusid joonte lõike- ja puutekohtade väljajoonestamiseks.

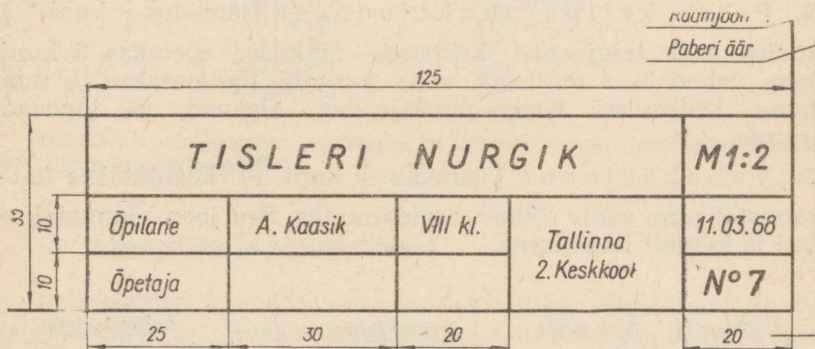
Kõiki nimetatud jooni, nende jämedusi ja kasutusalasid selgitab tabelikujuliselt vormistatud joonis 14-1. Joonisel 14-2 aga näeme mõningaid joonestustehnilisi eeskujusid joonte lõike- ja puutekohtade väljajoonestamiseks.

15. Raamjoon ja kirjanurk

Formaadi piirist 5 mm sissepoole tõmmatakse joonise raamjoon. Joonise alumisse parempoolsesse nurka vormistatakse kirjanurk. Raamjoon, kirjanurga piirjoon ja kirjanurga lahterdus tõm-

matakse kõik ühe ja sama joonejämedusega, nimelt jämedusega $\frac{s}{2}$.

Koolides kasutatav kirjanurk peab sisaldama joonisel kujutatud eseme nimetuse, andmed joonise valmistaja kohta (nimi, klass või õppegrupp), kontrollija või vastuvõtja (õpetaja) nime, joonise esitamise kuupäeva (tähtpäeva), kooli nimetuse, joonise numbrilise vajaduse korral ka moodsuhte. Soovitame kasutada joonisel 15-1 näidatud kirjanurga kujundust. Kui joonisel moodsuhet pole vaja näidata, siis kirjanurgas vastavat lahtrit (ülal parempoolses nurgas) ei eraldata ning eseme nimetuse lahtri pikkus võrdub kirjanurga pikkusega. Kui õpilase nimi on väga pikk ega taha seetõttu antud lahtrisse ära mahtuda, võib nimele lahtreid veidi avardada naaberlahtrite arvel.



Joon. 15-1. Kirjanurga näidis.

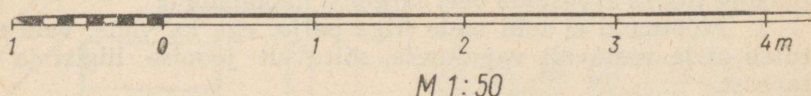
Eseme nimetus (joonise pealkiri) on soovitatav kirjutada suur-
tähekirjas, kõik muu — väiketähekirjas. Antud kõrgusega lah-
trisse kirjutatava kirja suurus (number) ei tohiks küündida üle
poole lahtri kõrgusest. Joonisel 15-1 näidatud kirjanurk tuleks
(sõltuvalt õpilase maitsest) täita eseme nimetuse osas kas kirja-
suurusega 7 või 5 ning muus osas — suurusega 5 või 3,5.

16. Mõõtkava

Kui joonisel pole võimalik (või pole otstarbekohane) eset tema
loomulikus suuruses kujutada, siis tehakse seda kas vähendatult
või suurendatult. Eseme ja tema kujutise suuruse vahetõrka sel-
gitab joonisel *mõõtkava* (ehk mastaap).

Mõõtkava võib väljendada kas numbriliselt või graafiliselt.
Mõõtkava numbrilist väljendust nimetatakse *mõõdusuhteks*, graa-

filist väljendust — *joonmõõduks*. Kui kujutamisel muudetakse ese näiteks 10 korda väiksemaks, kirjutatakse joonisele mõõdusuhe 1:10, tehakse ta aga näiteks kaks korda suuremaks, kirjutatakse mõõdusuhteks 2:1. Niisiis — mõõdusuhe kirjutatakse nii, et arv 1 seisab vähenduse puhul esimesel, suurenduse puhul aga teisel kohal. Mõõdusuhte ette kirjutatakse täht M. Kirjutis M 1:1 tähendab, et objekti suurust kujutamisel muudetud pole, teiste sõnadega — kujutis on tehtud õiges suuruses.



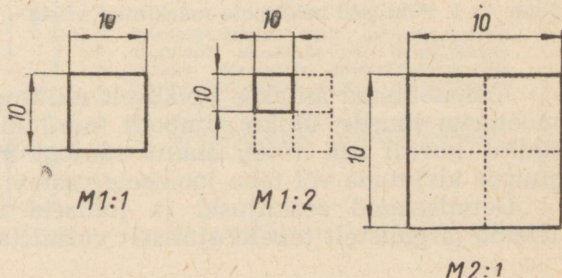
Joon. 16-1. Mõõdusuhte 1:50 vastav joonmõõt.

Joonmõõtu kasutatakse peamiselt topograafilistel joonistel. Näiteks mõõdusuhte 1:50 vastav joonmõõt on kujutatud joonisel 16-1. Maakoha plaanilt mingit pikkust sirklisse võttes ning seda sama plaani joonmõõdule viies saame sealt kohe välja lugeda vastava pikkuse looduses, sest joonmõõdu ühikud vastavad nimeliselt tegelikele ühikuile looduses (antud juhul meetreile, nagu see on kirjutatud skaala lõppjaotuse juurde).

Standardiseeritud mõõdusuhted on järgmised:

- a) vähendamiseks: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:500; 1:800; 1:1000.
- b) suurendamiseks: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

Suurendamisel ja vähendamisel muudetakse vastavalt ainult kujutise suurust, mitte mõõtjarve, sest joonisel antavad mõõtjarvid näitavad alati objekti tõelisi mõõtmeid, mitte aga kujutise omi (joon. 16-2; mõõtjarvid millimeetrites).



Joon. 16-2. Mõõtjarva muutmisel muutub kujutise suurus, mõõtjarvid aga jäävad endiseks.

17. Joonise mõõtmestamine

Kui ese kuulub oma joonise järgi valmistamisele, peab joonis olema mõõtmestatud, s. t. ta peab sisaldama kõik eseme valmistamiseks vajalikud mõõtmed. Mõõtmete esitamine joonistel on üldiselt ulatuslikult standardiseeritud. Kuid milliseid mõõtmeid nimelt ja kuidas neid igal konkreetsel juhul joonisel esitada, on sageli raske otsustada. Ajapikku omandatud kogemused aitavad neid küsimusi otstarbekalt lahendada. Standardeeskujusid silmas pidades tuleks arvestada veel järgmisi näpunäiteid.

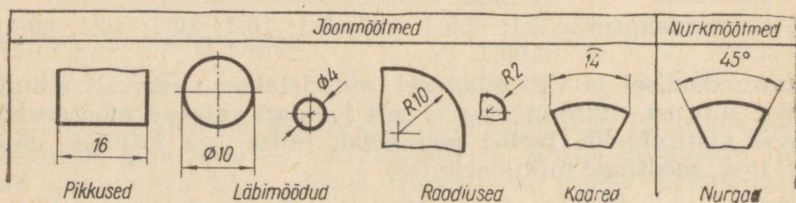
1. Mõõtmeid ei tohi anda liiga palju, ega ka vähe, vaid neid tuleb anda vastavalt vajadusele, sõltuvalt joonise liigist ja otstarbest.

2. Mõõtmete andmisel tuleb arvestada ka objekti tootmistehnoloogiat (eriti töötlemise järjekorda) ning eksploatatsioonitingimusi.

On selge, et nendest näpunäidetest on kasu ainult siis, kui joonestaja küllalt hästi tunneb objekti valmistamist ja kasutamist.

Mõõtmed kantakse joonisele mõõtjoonte ja mõõtarvude abil. Mõõtjooned varustatakse nooltega, mis lõpevad nn. piirikjoontel (lühemalt piirikuil) või neid asendavil telg- või kontuurjoontel. Mõõtarvud kirjutatakse standardkirjas, harilikult kõrgusega 3,5 mm.

Tehakse vahet joonmõõtmete (pikkused, läbimõõdud, raadiused, kaared) ja nurkmõõtmete (nurgakraadide) vahel; vastavad märkimisviisid on esitatud joonisel 17-1.

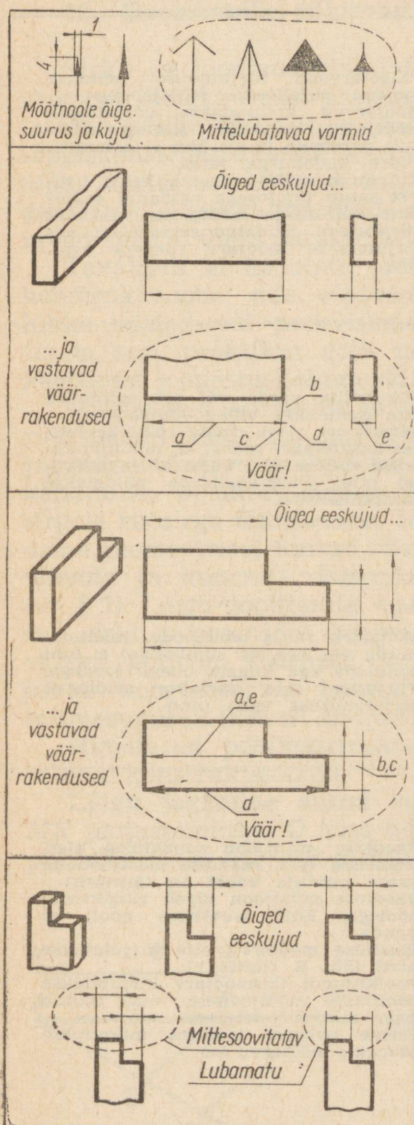


Joon. 17-1. Põhilised mõõtmete märkimise viisid.

Joonmõõtmed antakse tavaliselt millimeetrites ning sel puhul mõõtarvu juurde ühiku sümbolit (mm) ei kirjutata. Muu mõõtühiku korral aga tuleb ühiku sümbol (näit. cm, m) mõõtarvu juurde kirjutada või teha joonisele vastav kirjalik märg.

Detailsemaid esekujusid ja juhiseid mõõtmete märkimiseks leiame järgmistelt tabelikujuliselt vormistatud lehekülgedelt.

Eeskujusid ja juhiseid mõõtnoolte, mõõtjoonte ja piirikute kasutamiseks joonistel.



Mõõtnoolte pikkus olgu 4 mm ja laius 1 mm. Noolte kuju ja suurus olgu kogu joonise ulatuses võimalikult ühtlane.

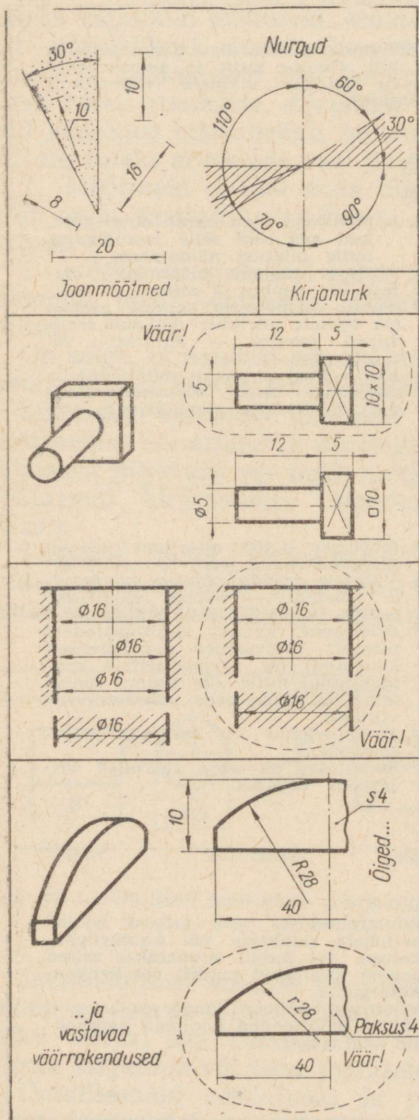
- Mõõtjoon olgu paralleelne, piirikud aga risti selle joonlõiguga, mille pikkust näidatakse.
- Piirikud ulatagu mõõtnoolte ots-est üle umbes 2 mm.
- Noolte otspunktid peavad asetsema täpselt piirikuil (või neid asendavil joontel – kontuur- või telgjoontel).
- Kui nooled ei mahu mõõtjoontele, asetatakse need (vastandsuunaliselt) mõõtjoone pikendustele.

- Mõõtjoon ei tohi olla kontuurjoone ega mõne muu joone pikenduseks.
- Väiksem mõõde antakse kontuurile lähemal – sellega välditakse mõõt- ja piirikjoonte lõikumisi.
- Mõõtjoone kaugus kontuurjoonest (samuti mõõtjoonte omavahelised kaugused) on normaalselt 7 mm, igal juhul mitte alla 6 mm; soovitatakse hoida need vahekaugused võrdsed.
- Kontuurjoont ei kasutata mõõtjoonena.
- Soovitatakse anda mõõtmed väljaspool kujutist.

Ruumipuudusel võib mõned nooled asendada punktiga või kaldkriipsukesega. Sel puhul suunatakse teised nooled kasutatud punkti või kriipsukesesse poole.

Mõõtmeid püütagu anda ahelas, s. t. nii, et mõõtjooned nooltega paikneksid ühel sirgel.

Eeskujud ja juhiseid mõõtvarude märkimiseks joonistel.



Mõõtvarude kirjutamisel hoitakse reaioon paralleelne mõõtjoonega. Mõõtvarud kirjutatakse võimalikult mõõtjoonte keskkoha, suunaga vasakult paremale ja alt üles – orienteerudes kirjanurga järgi. Kui sirge mõõtjoon oma kalde poolest satub täpitudes näidatud sektorisse või nurga mõõtjoone keskkohast viirutusega näidatud sektorisse, siis kirjutatakse mõõtvar rõhtsale rühile.

Silindrilise varda või ava mõõtvaru ette asetatakse läbimõõdumärk \varnothing . Serviti ees oleva ruudu ristlõike juures kasutatakse märki \square , mis kirjutatakse mõõtvaru (ruudu külje pikkuse) ette. Diagonaalidega näidatakse tasapinnalisust.

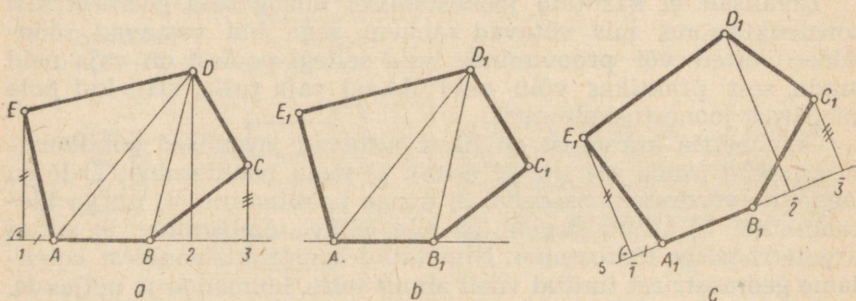
Mõõtvaru (koos läbimõõdu, raadiuse, ruudu või keermes sümboliga) ei tohi poolitada ega lõigata ühegi joonega. Viirutuse sees jäetakse mõõtvaru kirjutamiseks vaba pind.

Raadiuse mõõtjoon suunatakse alati tsentrisse (s. t. raadiuse mõõtjoone ja kaare puutuja vahel on täisnurk). Raadiuse mõõtjoon lõpeb ringikaarel noolega, kuid tsentrisse noolt ei panda. Raadiuse mõõtvaru ette kirjutatakse alati täht R (mitte r). Poolkujundi täismõõtvar kirjutatakse poolikule mõõtjoonele, mis ulatub paar mm üle telgjoone. Esemepaksust joonisel märgitakse tähega s mõõtvaru ees.

Tõmbame lõigu AB otspunktist vaba sihiga kiire a ning kanname sellele lõigud $AG=MQ$ ja $AH=MN$. Siis sirge HB paralleel läbi G lõikab sirget AB just otsitavas punktis C .

Ringjoone (või kaare) tsentri leidmine (joon. 18-2). Selleks tõmmatakse kaks kõõlu (joonisel AB ja AC), poolitatakse need ning ehitatakse kõõlude keskristsirged. Viimased lõikuvad otsitavas tsesentris K .

Mistahes hulknurga ülekandmine (joon. 18-3). Olgu antud mingi hulknurk, näiteks viisnurk $ABCDE$. Vaja on joonestada sellega võrdne hulknurk kuhugi teisale, näiteks nii, et külg AB paikneks antud sirgel s lõiguna $A_1B_1=AB$. Esitame kaks lahendust.



Joon. 18-3. Mistahes hulknurga (a) ülekandmine triangulatsiooni-meetodil (b) ja koordinaadi-meetodil (c).

I lahendus (*triangulatsiooni-meetod*; lad. k. triangulum = kolmnurk). Tükeldame antud hulknurga kolmnurkadeks diagonaalidega, mis algavad ühest tipust, näiteks tipust D . Saadud kolmnurgad joonestatakse ümber uude asukohta (joon. 18-3, b), mille määrab külg A_1B_1 . Seejuures kasutatakse korduvalt kolmnurga konstrueerimist kolme külje järgi. Nii saadaksegi lõpuks vajalik hulknurk $A_1B_1C_1D_1E_1$ soovitud asukohas.

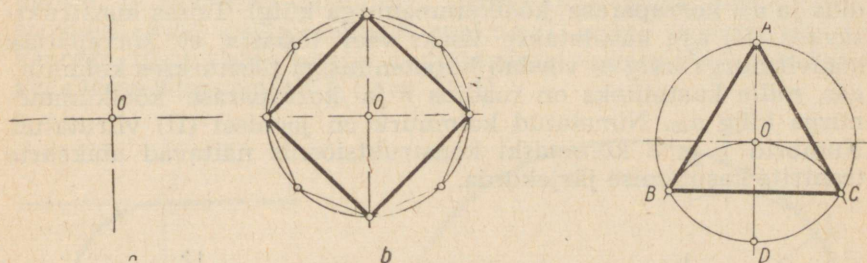
II lahendus (*koordinaadi-meetod*). Tõmbame antud hulknurga tippudest ristsirged külgsirgele AB ; saame punktid 1, 2 ja 3. Nende punktide kaugused lõigu AB ühest otspunktist kanname sirkliga üle sirgele s lõigu A_1B_1 vastavast otspunktist (joon. 18-3, c). Saame punktid 1, 2 ja 3. Nendest punktidest tõmbame sirged risti sirgega s ning kanname neile vastavad lõigud jooniselt 18-3, a ($1E_1=1E$ jne.). Tulemuseks saamegi soovitud kohta hulknurga $A_1B_1C_1D_1E_1$.

19. Ringjoone jagamine ja korrapärased kõõlhulknurgad

Ringjoone jagamise all mõistame tema jaotamist võrdseteks osadeks. Osade arvu tähistame harilikult tähega n . Kui ringjoon on jagatud n võrdseks osaks ja $n > 2$, siis jaotuspunkte kõõludega järjestikku ühendades saame vastava korrapärase kõõlhulknurga, mille keskpunktiks jääb ringi tsester. Korrapärase kõõl- n -nurga küljepikkust tähistatakse harilikult a_n . Jaotuspunkte ringi keskpunktiga ühendades jaotub ring n võrdseks sektoriks.

Ringjoone joonestamisel tõmmatakse kõigepealt ikka telgjooned — üks rõhtsalt, teine püsti (joon. 19-1, a); nende lõikepunkt võetakse joonestatava ringjoone tsestriks (O). Kumbki telg jagab ringi kaheks pooleks, mõlemad koos aga jagavad ringi neljaks veerandiks; veerandeid omakorda poolitades saame kaheksandikud (joon. 19-1, b). Korrapärane kõõlnelinurk osutub ruuduks.

Ringjoone kolmandik saadakse, kui tõmmatakse ringi raadiusega kaar ümber telgjoonel oleva ringjoone punkti D (joon. 19-2). Samal telgjoonel asetsev ringjoone teine punkt A jagab pooleks ülejäänud kaks kolmandikku kaarest ning ongi saadud jaotus, mis võimaldab joonestada korrapärase kõõlkolmnurga ABC .

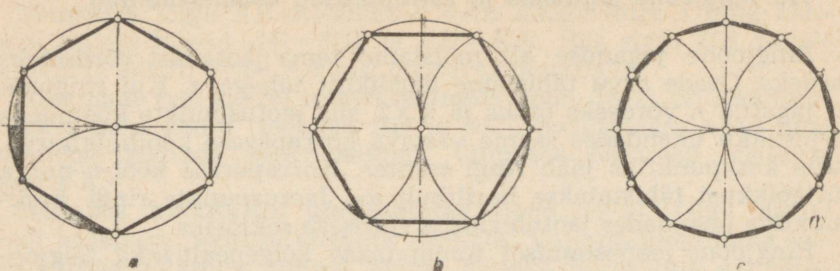


Joon. 19-1. Ringjoone joonestamine algab telgjoontest (a); kõõlruut ja kõõlkaheksanurk (b).

Joon. 19-2. Ringjoone jagamine kolmeks.

Ringjoon jaotub kuueks võrdseks osaks kahe kaarega, mille tsestriteks on ringjoone punktid telgjoonel, raadiuseks aga ringi raadius (joon. 19-3, a). Soovides kuusnurka asendis, milles üks paar vastaskülgi on rõhtsad (joon. 19-3, b), tuleb kaarte keskpunktideks võtta rõhtteljel asetsuvad ringjoone punktid.

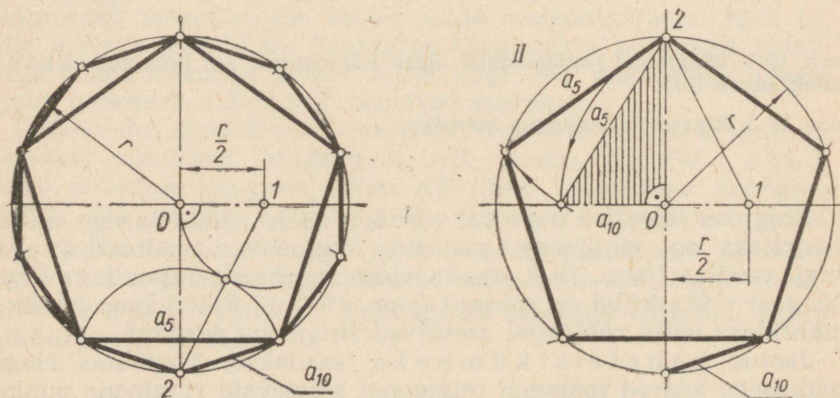
Jaotus kahe teistkümneks saadakse, tõmmates ringi raadiusega kaared mõlemal telgjoonel asetsuvate ringjoone punktide ümber (joon. 19-3, c). Arusaadavalt sisaldab jaotus 12-ks ka



Joon. 19-3. Ringjoone jagamine kuueks (a ja b) ning kaheteistkümneks (c).

jaotused kuueks, neljaks ja kolmeks — selleks tuleb vaid jaotuspunkte võtta vastavalt üle ühe, üle kahe või üle kolme.

Omaette probleemiks on ringjoone konstruktiivne jagamine viieks ja kümneks võrdseks osaks. Joonisel 19-4, I, II on esitatud selleks kaks erinevat, kuid ühtviisi lihtsat täppiskonstruktsiooni. Esimese konstruktsiooni (I) aluseks on asjaolu, et täisnurkses kolmnurgas (joonisel $\triangle O12$), mille kaatetid on r ja $\frac{r}{2}$, võrdub hüpotenuus summaga $\frac{r}{2} + a_{10}$ (kus r on ringi raadius ja a_{10} korrapärase kõõlkümme-nurga kül). Teises konstruktsioonis (II) aga kasutatakse lisaks veel tõsiasi, et korrapärase kõõlviisnurga kül a_5 võrdub hüpotenuusiga täisnurkses kolmnurgas, mille kaatetiteks on raadius r ja korrapärase kõõlkümme-nurga kül a_{10} . Nimetatud kolmnurk on joonisel (II) viirutatud. Numbrid 1 ja 2 nummaski konstruktsioonis näitavad abikaarte tsentrite kasutamise järjekorda.



Joon. 19-4. Ringjoone jagamine viieks ja kümneks (kahel erineval viisil).

Ringjoone seitsmeks jagamisel puudub täppiskonstruktsioon, kuid leidub häid lähiskonstruktsioone. Ka ringjoone üheksaks jagamisel puudub täppiskonstruktsioon. Praktikas saadakse jaotus üheksaks kõige hõlpsamini nii, et konstruktsiooniga kolmeks jagatud ringjoone kolmandikud jagatakse omakorda kolmeks — lihtsalt mõotesirkliga proovimise teel.

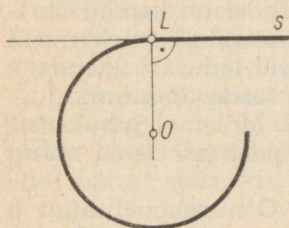
20. Joonte sujuvühendid

Joonte sujuvalt ühendamine tähendab joonlõikude liitmist nii, et jooned liitekohas juures ei moodusta mingit nurka. Seesuguse ühendamise aluseks on järgmised kaks lauset:

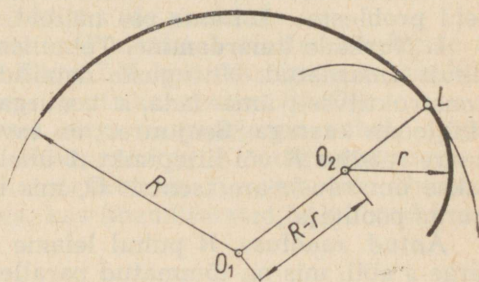
- 1) sirgjoone ja kõverjoone ühend on sujuv, kui nende liitepunktis on sirgjoon kõverjoone puutujaks;
- 2) kahe kõverjoone ühend on sujuv, kui nende liitepunktis on kõverjoontel ühine puutuja.

Kõverjoone osas esineb meil edaspidi ainult ringjoon (või ringjoone kaar). Lühiduse mõttes nimetame ringjoone kaart harilikult lihtsalt kaareks.

Teatavasti on ringjoone puutuja risti puutepunkti suunduva raadiusega. Seepärast tuleb kaare jätkamisel sirgiga, soovides sujuvat ühendust, jälgida, et sirgjoon tõmmataks risti kaare lõpppunkti L suunduva raadiusega (joon. 20-1). Vastupidisel juhul, soovides sirget s tema mingist punktist L alates jätkata sujuvalt kaarega, tuleb kaare tšenter O võtta sirgel, mis on risti antud sirgiga tema lõpp-punktis L (joon. 20-1).



Joon. 20-1. Kaare ja sirge sujuvühend.



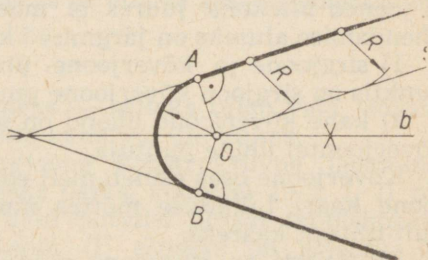
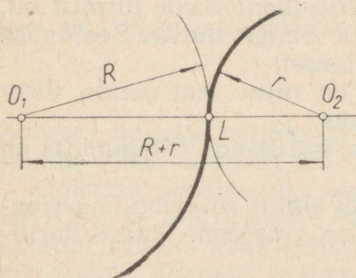
Joon. 20-2. Kahe kaare lookühend.

Eespool sõnastatud teisest lausest järeldub, et kahe kaare sujuvühendis peab kaarte liitepunkt L olema kaarte tšentroid ühendaval sirgel O_1O_2 (joonised 20-2 ja 20-3).

Kaarte sujuvühendid jagunevad lookühenditeks ja käändühenditeks. Lookühendi puhul on kaarte tšentrid O_1 ja O_2 liite

punktist L ühel ja samal pool (joon. 20-2) ning seepärast võrdub tsentritevaheline lõik O_1O_2 raadiuste vahega: $O_1O_2 = R - r$. Seevastu käändühendi puhul on kaarte tsentrid O_1 ja O_2 liitepunktist L teine teisel pool (joon. 20-3) ning seetõttu võrdub tsentritevaheline lõik raadiuste summaga: $O_1O_2 = R + r$.

Joonestustehnilises mõttes on sujuvühendite juures väga tähtis teada liitepunktide täpseid asukohti, sest nendes punktides asendub üks joon teisega: lõpeb sirge ja algab kaar või lõpeb üks kaar ja algab teine (uue tsentri ja raadiusega).



Joon. 20-3. Kahe kaare käändühend.

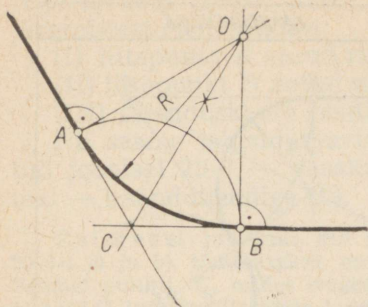
Joon. 20-4. Nurga ümardamine, kui on antud kaare raadius R .

Tehnilise joonestamise juures praktiliselt esinevaist sujuvühendeist sisaldavad nii mõnedki konstruktsiooni osas üsna tõsisid probleeme. Esitame rea näiteid, alustades lihtsamaist.

1. Nurdade ümardamine. Tehnilistel detailidel on kandid harilikult ümardatud. Niisuguste detailide joonestamisel tuleb nurki konstruktiivselt ümardada, s. t. nurga haarasid latusalt ühendada ringjoone kaarega. Seejuures on tavaliselt teada kas ümarduskaare raadius R või liitepunkt A ühel haaral. Mõlemal juhul otsitakse ümarduskaare tsentrit O , mis ilmselt peab asetsema antud nurga poolitajal b .

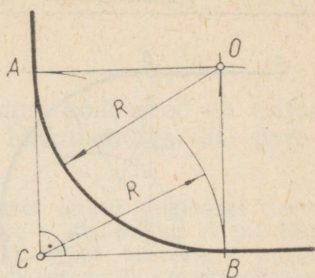
Antud raadiuse R puhul leiame tsentri O nurgapoolitajalt b sirge s abil, mis on tõmmatud paralleelselt nurga haaraga kaugusel R (joon. 20-4). Kontrolliks võib tõmmata paralleeli ka teisele haarale, muidugi samal kaugusel R . Tõmmates tsentrist O nurga haaradele ristsirged, saame liitepunktid A ja B . Mõlema haara paralleelid on tarvilikud ka siis, kui nurga tipp pole joonisel kättesaadav, mistõttu puudub ka nurgapoolitaja.

Kui raadiuse asemel on antud liitepunkt haaral, näiteks punkt A (joon. 20-5), siis tõmbame sellest punktist haarale ristsirge kuni lõikumiseni nurgapoolitajaga; lõikepunkt O on siis otsitava kaare tsepter ja ümardusraadius $R = OA$. Kontrolliks võib tõmmata rist-



Joon. 20-5. Nurga ümardamine, kui on antud kaare alguspunkt A.

Joon. 20-6. Täisnurga ümardamine raadiusega R.



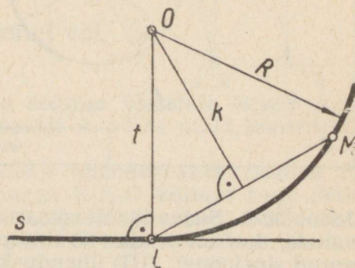
sirge ka teisele haarale läbi teise liitepunkti B, mis märgitakse enne tipust C sama kaugele kui A ($CB = CA$).

Praktikas tuleb kõige sagedamini ümardada just täisnurki. See aga on üldisest konstruktsioonist mõnevõrra lihtsam, sest nurga tipp C, liitepunktid A ja B ning ümarduskaare tsenter O on nüüd ruudu tippudeks (joon. 20-6). Järelikult, tõmmates tipu C ümber kaare ümardusraadiusega R, saame liitepunktid A ja B. Viimaste ümber sama raadiusega tõmmatud kaarte lõikepunkt osutub juba ümarduskaare otsitavaks tsentriks O.

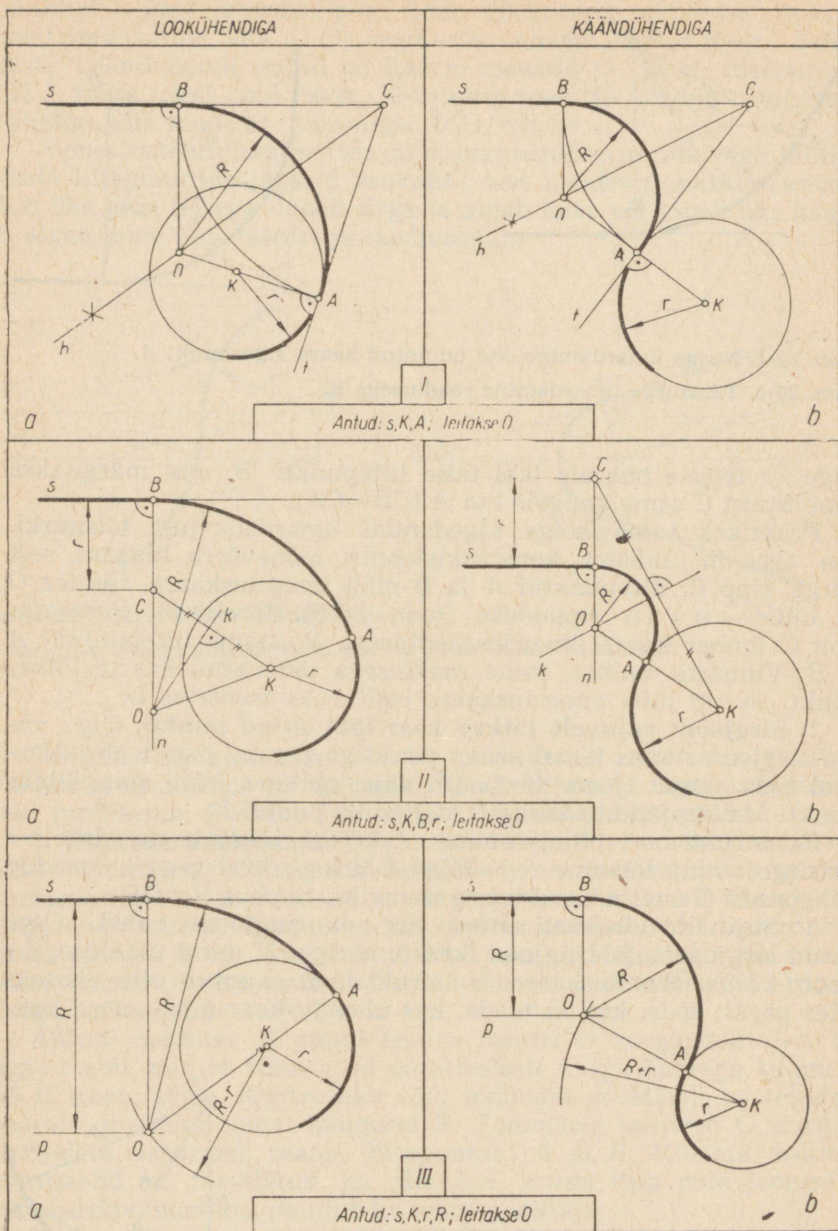
2. Sirgjoont sujuvalt jätkav kaar läbi antud punkti. Olgu antud sirgjoon s koos temal asuva punktiga L ning punkt M väljaspool seda sirget (joon. 20-7). On vaja ehitada kaar, mis läbib punkti M ning jätkaks ladusalt kiirt s üle punkti L .

Konstruktsioon on järgmine. Punktist L tõmbame sirgele s ristsirge t ning lõikame seda lõigu LM keskriistsirgega k ; saadud lõikepunkt O ongi nõutud kaare tsentriks, raadius $R = OL$.

3. Sujuvühenduskaar antud sirg- ja ringjoone vahel. Olgu antud sirgjoon s ja ringjoon keskpunktiga K ning raadiusega r (joon. 20-8). Ühenduskaare konstruktsioon muutub siin üheseks alles pärast seda, kui on teada, kas ühenduskaar peab antud kaa-



Joon. 20-7. Sirgjoont punktist L sujuvalt jätkav kaar läbi antud punkti M .



Joon. 20-8. Sujuvühenduskaare konstrueerimine antud sirg- ja ringjoone vahele, kui on teada: (I) liitpunkt A antud ringjoonel; (II) liitpunkt B antud sirgjoonel; (III) ühenduskaare raadius R .

rega liitudes andma look- või kändühendi ning lisaks veel üks järgmistest elementidest:

- (I) liitepunkt A antud ringjoonel;
- (II) liitepunkt B antud sirgjoonel;
- (III) ühenduskaare raadius R .

Nii saame lahendusvariante kokku kuus; kõik need on esitatud joonisel 20-8 — vasakul variandid lookühendiga (a), paremal — kändühendiga (b).

Esimesel juhtumil, kui liitepunkt A asetseb antud ringjoonel (joon. 20-8-I, a ja b), tõmmatakse antud ringi puutuja t läbi punkti A ($t \perp AK$). Saame punkti C , milles sirged s ja t lõikuvad. Edasi ümardame nurga punkti C juures (ülesande 1 eeskujul), kasutades seejuures nurgapoolitajat b . Nii saame otsitava ühenduskaare tsentri O sirgete AK ja b lõikepunktina, samuti liitepunkti B sirgel s (tõmmates $OB \perp s$). Ühenduskaare raadiuseks on muidugi lõik $OA = OB = R$.

Teisel juhtumil, kui liitepunkt B asub sirgel s (joon. 20-8-II, a ja b), tõmbame kõigepealt punktist B sirge $n \perp s$. Otsitav tsepter O peab ilmselt asetsema sel sirgel n , tema täpse asukoha leiame aga järgmiselt. Märgime sirgele n punkti C nii, et $BC = r$ (r on antud ringjoone raadius). Sõltuvalt sellest, kummale poole punktist B märgitakse punkt C , liituvad kaared kas lookühendiks (a) või kändühendiks (b). Otsitava tsentri O sirgel n määrab nüüd lõigu CK keskristsirge k , ühenduskaare raadiuseks aga on lõik $OB = R$. Tsentreid läbiv sirge OK lõikab antud ringjoont just kaarte liitepunktis A .

Kolmandal juhtumil, kui täiendavalt on teada ühenduskaare raadius R (joon. 20-8-III, a ja b), peab ühenduskaare otsitav tsepter O asetsema sirgel p , mis on paralleelne sirgega s ning asetseb temast kaugusel R . Tsentri O õige asukoha sirgel p leiame ümber antud tsentri K tõmmatud kaare abil, mille raadiuseks on kas $R - r$ (lookühendi puhul) või $R + r$ (kändühendi puhul). Kaarte lõikepunkti A antud ringjoonel annab tsentrite sirge OK , ühenduskaare ja sirgjoone s liitepunkti B sirgjoonel s aga sirge $OB \perp s$. Sellega on ka see juhtum lahendatud.

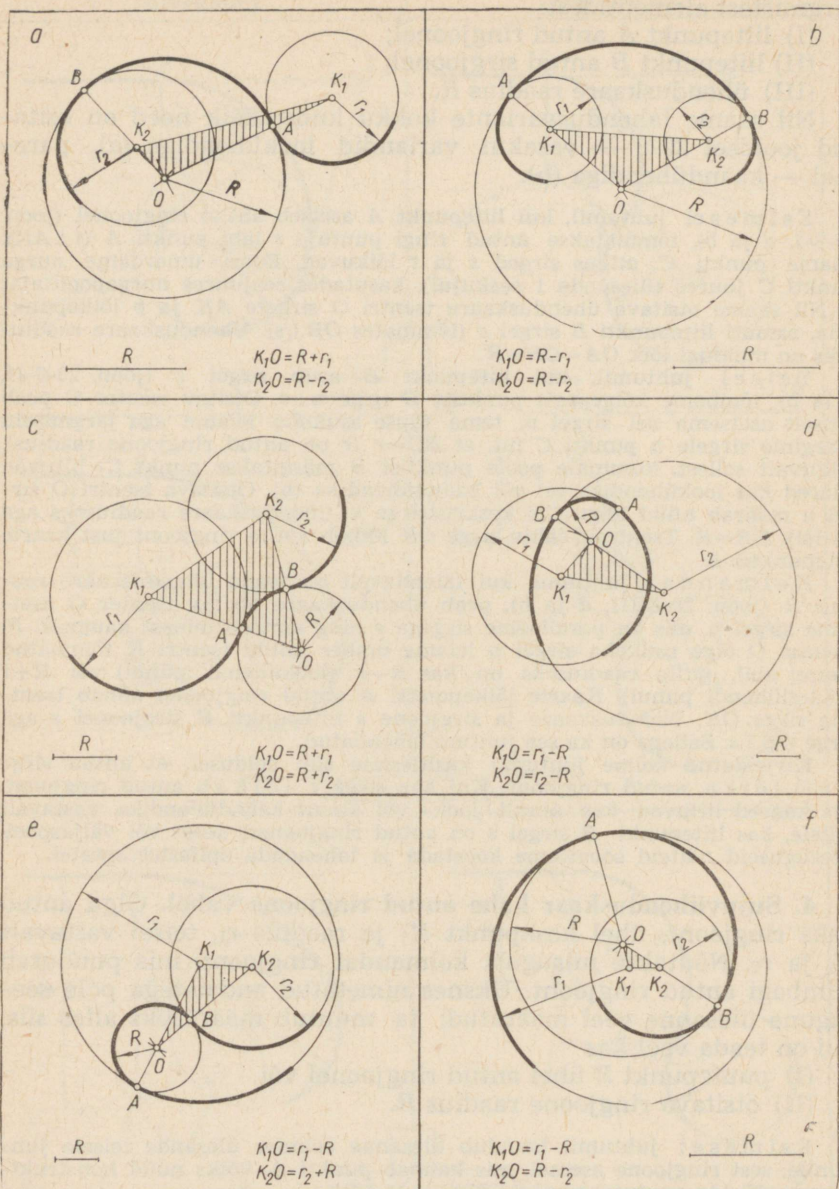
Kirjeldataud kolme juhtumit käsitlesime siin eeldusel, et antud sirge s ei lõika antud ringjoont. Kui aga sirge s lõikab antud ringjoont, siis kaared liituvad kas ainult look- või ainult kändühendiks vastavalt sellele, kas liitepunkt B sirgel s on antud ringjoonest sees- või väljaspool. Seesuguseid näiteid soovitame koostada ja lahendada õpilastel enestel.

4. Sujuvühenduskaar kahe antud ringjoone vahel. Olgu antud kaks ringjoont, ühel keskpunkt K_1 ja raadius r_1 , teisel vastavalt K_2 ja r_2 . Nõutakse niisugust kolmandat ringjoont, mis puudutab kumbagi antud ringjoont. Üksnes nimetatud andmetega pole seesugune ülesanne veel määratud; ta muutub määratuks alles siis, kui on teada veel kas

- (I) puutepunkt B ühel antud ringjoonel või
- (II) otsitava ringjoone raadius R .

Esimesel juhtumil taandub ülesanne eelmise ülesande teisele juhtumile, sest ringjoone asemel, mis kannab punkti A , võiks nüüd konstruksioonis mõelda puutuajat punktis A .

Teisel juhtumil, kui on antud otsitava ühenduskaare raadius R , leitakse ühenduskaare tsepter O kui kolmnurga K_1K_2O kolmas tipp. Selle kolmnurga külge K_1K_2 esineb juba andmeis, külje K_1O , samuti külje K_2O pikkuseks aga saab olla ainult kas antud ja otsitava kaare raadiuste summa



Joon. 20-9. Sujuvühenduskaare konstrueerimine kahe antud ringjoone vahele, kui on teada ühenduskaare raadius R .

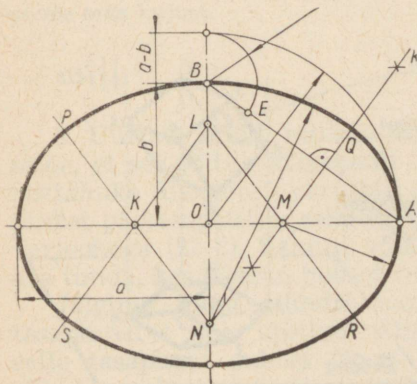
või vahe vastavalt sellele, kas ringjooned puudutavad teineteist väljast-poolt (andes käändühendi) või on üks ringjoon teise sees (tekib lookühend). Mõnesuguseid võimalikke variante näeme joonisel 20-9, $a-f$; tsentrite kolmnurk K_1K_2O on igas variandis esile tõstetud viirutusega. Kaarte liitepunktid (ehk ringjoonte puutepunktid) A ja B on vastavalt selle kolmnurga külgsirgeil K_1O ja K_2O .

Märkus. Tabelikujulised joonised 20-8 ja 20-9 pole mõeldud õpilastele antud kujul ärajoonestamiseks, vaid konstrueerimiseeskujudeks praktiliste ülesannete lahendamisel, mis seesuguseid sujuvühendeid sisaldada võivad.

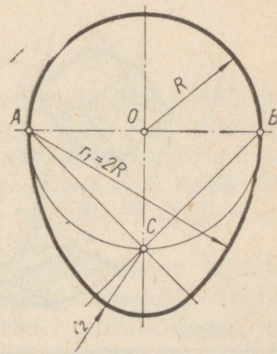
21. Ovaali ja ovoidi ehitamine ringikaartest

Ovaalideks nimetatakse kõiki munakujulisi kahe sümmeetria-teljega kõverjooni (lad. k. ovum — muna). Ideaalse kujuga ovaaliks on päikesepaistel ringjoonest tasapinnale tekkiv vari. Säärast ovaali nimetatakse *ellipsiks*. Ellips etendab tehnikas ringjoone kõrval äärmiselt tähtsat osa. Kahjuks on aga ellipsi täppiskonstruktsioon küllalt keeruline ja tema puhtalt väljatõmbamine lekaali abil tülikas.

Tehnilistel joonistel lubatakse ellipseid asendada niisuguste lähendavate ovaalidega, mis koosnevad ringjoonte sujuvalt ühendatud kaartest. Seesuguste ovaalide (kaarovaalide) üks tähtsaimaid konstruktsioone on järgmine (joon. 21-1). Antud pooltelgede a ja b järgi leitakse nende vahe $a-b$ ning lahutatakse see (lühema telje otspunktist alates) kõõlust AB ; saame punkti E . Edasi tõmbame jääklõigu EA keskristsirge k . See lõikab juba telgsirgeid just sobivates tsentrites M ja N . Tsentrid K ja L aga on nendega sümmeetrilised keskpunkti O suhtes. Sujuvate lookühendite liitekohad P, Q, R ja S asetsevad vastavate tsentrite ühendussirgeil.



Joon. 21-1. Antud pooltelgedega kaarovaali konstruktsioon.



Joon. 21-2. Ovoidi konstruktsioon.

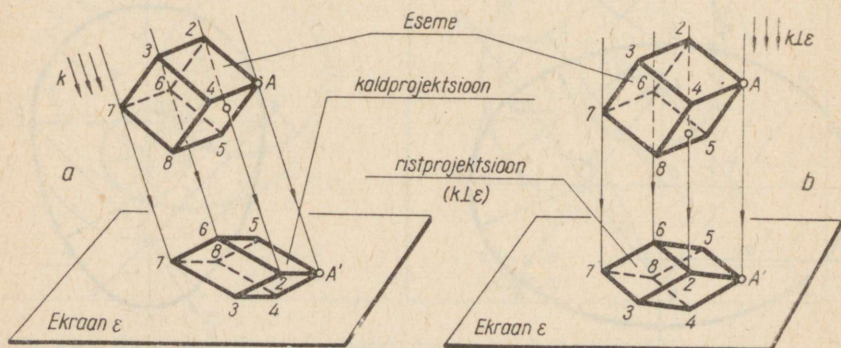
Üheainsa sümmeetriateljega munakujulisi kõveraaid nimetatakse *ovoidideks*. Jälgime ovoidi konstruktsiooni jooniselt 21-2. Siin kasutatakse kolme erinevat raadiust R , r_1 ja r_2 . Ovoidi jämedam ots joonestatakse poolringina, kasutades raadiust R ning tsentrit O . Küljed ehitatakse raadiusega $r_1=2R$ ümber diameetri otspunktide A ja B ning lõpuks tõmmatakse ovoidi peenem ots raadiusega r_2 (mis kujuneb konstruktsioonis) ümber tsentri C , milles esmalt joonestatud ringjoon löikab sümmeetriatelge.

IV. PROJEKTSIOONIDEST. RISTTAHUKA JA SILINDRI KUJUTAMISE VIISE

22. Projektsioonidest

1. Igapäevasest elust hästi tuntud nähtus — päikesepaistel esemest mingile tasapinnale (maapinnale, seinale) varju saamine on geomeetrilises mõttes samastatav nn. *projekteerimisega*. Päikese väga suure kauguse tõttu on sealt tulevad valguskiired (projekteerivad kiired) praktiliselt omavahel paralleelsed. Paralleelsete kiirtega saadavat projektsiooni (kujutist, varju) tasapinnal nimetatakse *paralleelprojektsiooniks*. Vastavalt sellele, kas paralleelsed kiired langevad tasapinnale (ekraanile) kaldu või risti, nimetatakse tekkivat kujutist kas *kaldprojektsiooniks* (joon. 22-1, a) või *ristprojektsiooniks* (joon. 22-1, b).

Projektsiooniõpetuse aluseks on ühe punkti projektsiooni tuletamine. Kui oskame leida ühe punkti projektsiooni, siis oskame



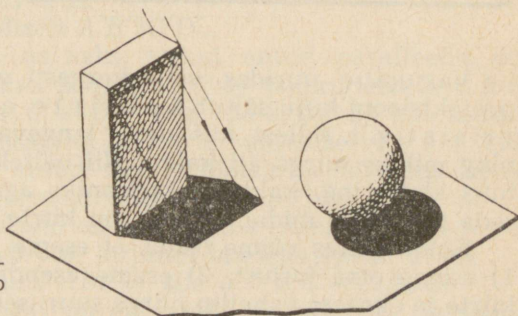
Joon. 22-1. Keha (kuubi) kaldprojektsiooni (a) ja ristprojektsiooni (b) tekkimine.

leida ka teise, kolmanda jne. punkti projektsiooni ning seega kogu eseme projektsiooni, sest geomeetrilised esemed on ju harilikult määratud mõne üksiku punktiga (näiteks sirgjoon kahe punktiga, tasapind kolme punktiga, kolmnurkne püramiid nelja punktiga jne.).

Punkti projektsiooni saamiseks antud ekraanil võetakse seda punkti läbiv projekteeriv kiir ning leitakse tema lõikepunkt ekraaniga. See lõikepunkt ongi antud punkti projektsioon sellel ekraanil.

2. Risti projekteerimise viisi rakendatakse ulatuslikult tehnilises joonestamises, mis on aluseks kaasaegsele tootmisjoonestamisele. Tootmisjoonis on tänapäeval igasuguse tööstusliku tootmise ja ehitustegevuse dokumentaalseks aluseks. Võib öelda ka nii: kõik joonised, mille järgi tuleb esemeid valmistada, tehakse risti projekteerimise viisil.

Kaldu projekteerimise viisi kasutatakse siis, kui esemest soovitakse saada võimalikult ülevaatlikku ehk ilmekat kujutist. Seepärast on raamatuis mitmesuguste esemete selgitavad kujutised tehtud harilikult kaldprojektsioonis.

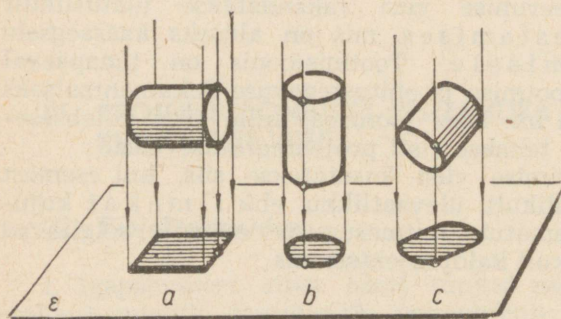


Joon. 22-2. Eseme projektsiooni (varju) kuju sõltub eseme oma kujust.

3. Uurime nüüd, millest sõltub eseme projektsiooni kuju. On selge, et see sõltub kõigepealt eseme oma kujust. Näiteks risttahuka (tikutoosi) varjupilt erineb tunduvalt kera (palli) varjupildist päikesepaistel; esimene on piiratud murdjoonega, teine kõverjoonega (22-2). Samuti võib näiteks käe varjupildi järgi kohe ära tunda, kas käsi on hoitud rusikas või mitte.

Jälgime nüüd silindri varjupilte (ristprojektsioone) rõhtsal tasapinnal ε (loe: epsilon) silindri mitmesuguste asendite korral selle tasapinna suhtes (joon. 22-3). Esimesel juhtumil (a) on silinder paigutatud nii, et põhjad on kiirte suhtes serviti (s. t. põhjasid projekteerivad kiired asetsevad põhjatasapindadel). Sellisel juhul projekteeruvad silindri põhjad sirglõikudeks ning

silindri varjuks tuleb ristkülik¹. Teisel juhtumil (b) on silinder paigutatud nii, et tema külgpind on kiirte suhtes serviti (s. t. moodustajad ühtivad kiirtega), mistõttu kogu silindri varjuks tuleb vaid ring. Kolmandal juhtumil (c), mil silinder on kiirte teel kaldu (s. t. teatud nurga all), tuleb varjuks kujund, mis on osalt piiratud sirglõikudega, osalt kõverjoontega (ellipsi kaartega). Järeldame, et eseme projektsiooni kuju sõltub eseme asendist ekraani suhtes.



Joon. 22-3. Eseme projektsiooni (varju) kuju sõltub eseme asendist ekraani suhtes.

Varjupilte uurides võib kergesti veenduda, selles, et eseme projektsiooni kuju sõltub ka kiirte ekraanile langemise viisist, s. t. sellest, kas kiired langevad ekraanile risti või kaldu ning millise nurga all kaldu. Nii näiteks on kera ristprojektsiooniks alati ring, kaldprojektsiooniks aga ellips. Saadud ellips on seda piklikum, mida väiksem on kiirte kaldenurk ekraani suhtes.

Kokkuvõttes võime öelda, et eseme projektsiooni kuju sõltub 1) eseme oma kujust, 2) eseme asendist ekraani suhtes ning 3) kiirte ja ekraani vahelise nurga suurusest.

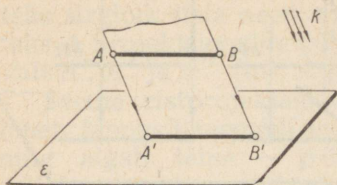
23. Paralleelprojektsioonide omadusi

Projekteerimisega seotud ülesannete lahendamisel on vaja hästi tunda projektsioonide omadusi. Paralleelprojektsioonide tähtsamad omadused jätame meelde järgmiste lausete näol.

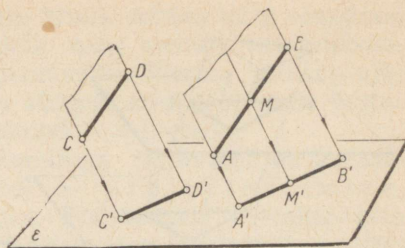
1. Kui sirglõik on paralleelne ekraaniga, siis tema paralleelprojektsioon on pikkuselt võrdne ja paralleelne lõigu enesega (joon. 23-1), s. t. kui $AB \parallel \epsilon$, siis $A'B' = AB$ ja $A'B' \parallel AB$.

2. Sirglõigu osad (samuti paralleelsed lõigud) on võrdelised oma paralleelprojektsioonidega (joon. 23-2),

¹ Varjupiltide nimetused on siin antud vastavalt tegelikule olukorrale ruumis. Meie illustreeriv joonis 22-3 aga kajastab seda tegelikku olukorda moondega.



Joon. 23-1.



Joon. 23-2.

s. t. 1) kui punkt M on lõigul AB , siis $AM:MB = A'M':M'B'$;
 või 2) kui $AB \parallel CD$, siis $AB:CD = A'B':C'D'$.

Siit teeme järelduse, et lõigu keskpunkt projekteerub lõigu kujutise keskpunktiks, s. t. kui $AM = MB$, siis $A'M' = M'B'$ (joon. 23-2).

3. Paralleelsete sirgete paralleelprojektsioonid on üldiselt jälle paralleelsed sirged (joon. 23-3, a),

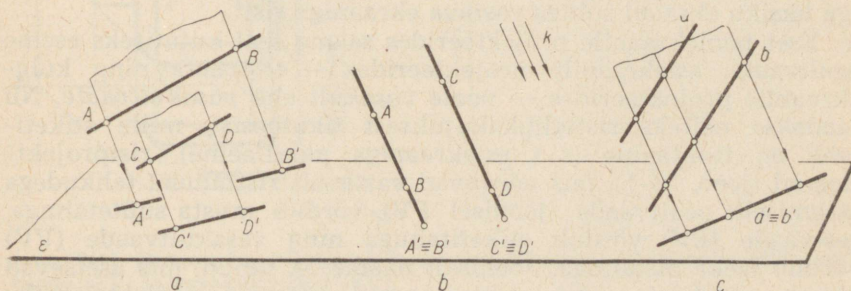
s. t. kui $AB \parallel CD$, siis üldiselt $A'B' \parallel C'D'$.

Erandlikke juhtumeid on kaks: 1) kui antud paralleelid on kiirtega paralleelsed, siis nad projekteeruvad punktideks, s. t. kui $AB \parallel CD \parallel k$, siis $A' \equiv B'$ ja $C' \equiv D'$ (joon. 23-3, b); 2) kui antud paralleelidega määratud tasapind on kiirte suhtes serviti, s. t. kui iga kiir, mis lõikab ühte antud sirget, lõikab ka teist, siis need antud paralleelid projekteeruvad üheks sirgeks (joon. 23-3, c).

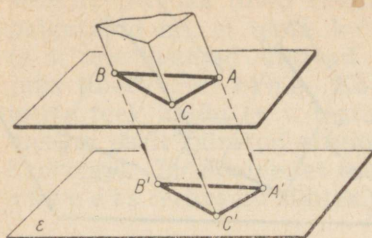
4. Kui tasapinnaline kujund on paralleelne ekraaniga, siis tema paralleelprojektsioon on võrdne kujundi enesega (joon. 23-4),

s. t. kui näiteks kolmnurk $ABC \parallel \varepsilon$, siis $\triangle A'B'C' \equiv \triangle ABC$.

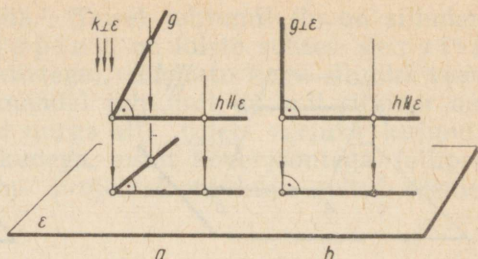
5. Kui täisnurga üks haar on ekraaniga paralleelne (ja teine pole ekraaniga risti), siis täisnurga ristprojektsioon on jälle täisnurk (joon. 23-5),



Joon. 23-3.



Joon. 23-4.



Joon. 23-5.

s. t. kui $g \perp h$ ja $k \perp \varepsilon$, siis $g' \perp h'$.

Kui täisnurga teine haar g oleks risti ekraaniga ε , siis täisnurk projekteeruks üheksainsaks sirgeks (joon. 23-5, b) ja seepärast on taoline juhtum lausest (5) välja jäetud.

24. Monge'i meetod. Kolmvaade ja kaksvaade. Punkt tahkeha pinnal

1. Tehnilise joonestamise peaesmärgiks on esemete kuju ja suuruse määramine jooniste abil. Selle eesmärgi taotlemisel on otstarbekohane kasutada nn. *Monge'i meetodit*, mille sisu on lühidalt järgmine (joon. 24-2).

Ekraanideks võetakse kolm omavahel ristuvat tasapinda, mis läbivad kolme ristuvat telge x , y ja z . Neid tasapindu nimetatakse ja tähistatakse järgmiselt:

- põhiekraan ε_1 ehk xy -tasapind — olgu horisontaalne;
- esiekraan ε_2 ehk xz -tasapind — on siis vertikaalne;
- külgekraan ε_3 ehk yz -tasapind — on eelmistega risti.

Ese seatakse põhiekraani peale või sellest kõrgemale, esiekraanist ettepoole ja külgekraanist vasakule. Projekteerivad kiired on iga üksiku ekraani suhtes vastava ekraaniga risti.

Eset põhiekraanile projekteerides saame seal kujutiseks eseme *pealtvaate*, esiekraanile projekteerides — *eestvaate* ning külgekraanile projekteerides — *vaate vasakult* ehk *vasakultvaate*. Nii saadakse näiteks risttahukakujulisest tikutoosist, mille etiketitahk on frontaalne (s. t. esiekraaniga paralleelne), ristprojektsioonid (joon. 24-1), mis võrduvad vastavalt risttahuka tahkudega järgmiselt: pealtvaade (joonisel PV) võrdub musta süüetahuga, eestvaade (EV) võrdub etiketitahuga ning vasakultvaade (VV) võrdub laeka otstahuga. Jooniselt näeme, et tahud, mis asetsevad ühtede või teiste kiirte suhtes serviti, annavad projektsiooniks ainult sirglõigu. Nii näiteks on tahk $ABCD$ serviti nii põhi-

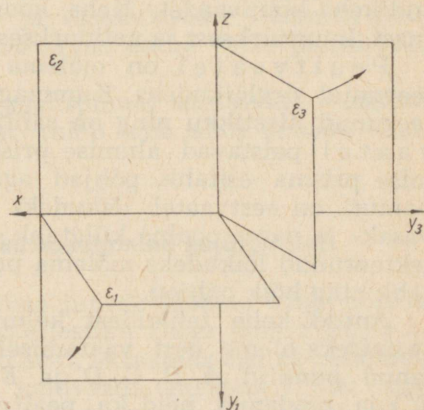
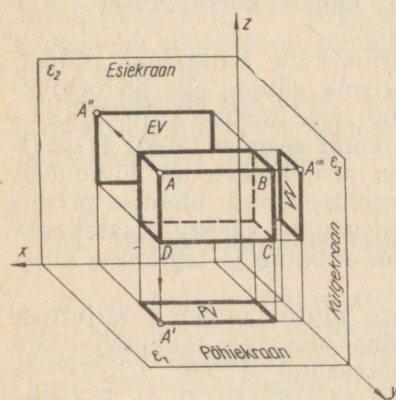
kui ka külgekraanile projekteerivate kiirte suhtes ning seepärast tuleb sellele tahule pealtvaateks sirglõik ning samuti vasakultvaateks sirglõik (leia need sirglõigud jooniselt!). Üksiku punkti, näiteks A projektsioonide põhi-, esi- ja külgekraanil tähistame vastavalt A' , A'' ja A''' (loe: A prim, A sekund ja A tert).

Eseme ristprojektsioonide tuletamisega ristuvatel ekraanidel lõpeb Monge'i meetodi esimene pool — projekteerimine ning algab teine — pööramine. Pööramised võetakse ette selleks, et ristuvatel ekraanidel asetsevatest kujutistest saada ühelainsal tasapinnal paiknevat joonist. Otsustame pöörata põhiekraani ε_1 koos pealtvaatega ümber x -telje esiekraani-tasapinnale ning külgekraani ε_3 koos vasakultvaatega ümber z -telje — samuti esiekraani-tasapinnale (joon. 24-2). Seejuures kasutame niisuguseid pööramissuundi, mis joonisel on näidatud nooltega. Pärast pööramist paiknevad kõik kolm projektsiooni (vaadet) ühel tasapinnal (esiekraani-tasapinnal), mille võtamegi joonisepinnaks. Nii viisi saadud joonist, mis koosneb kolmest omavahel seotud ristprojektsioonist, nimetatakse eseme *kolmvaateks* (joon. 24-3).

Esemete kujutamisel piisab harilikult ainult kahe, mõnikord isegi ainult ühe projektsiooni esitamisest. Kahest omavahel seotud ristprojektsioonist koosnevat joonist nimetatakse eseme *kaksvaateks*.

Kolmvaadet võib vaadelda koosnevana kahest kaksvaatest järgmiselt (kasutades kaksvaate märkimisel ekraanide tähisteid):

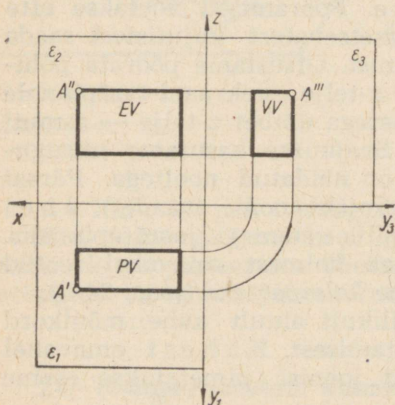
- 1) eestvaade koos pealtvaatega moodustab ühe kaksvaate: $(\varepsilon_2, \varepsilon_1)$;
- 2) eestvaade koos vasakultvaatega moodustab teise kaksvaate: $(\varepsilon_2, \varepsilon_3)$.



Joon. 24-1. Risttahuka (tikutoosi) kolm projektsiooni: pealtvaade (PV), eestvaade (EV) ja vasakultvaade (VV).

Joon. 24-2. Põhiekraani ja külgekraani pööramine esiekraani-tasapinnale.

Teljega risti olevaid sirgeid, mis kaksvaatel seovad eseme punktide projektsioone, nimetatakse sidejoonteks. Kaksvaate (ϵ_2 , ϵ_1) sidejooned on joonisel vertikaalsed, kaksvaate (ϵ_2 , ϵ_3) sidejooned aga horisontaalsed; kolmvaatel nimetame esimesi püstsidejoonteks (nagu $A'A''$), teisi — rõhtsidejoonteks (nagu $A''A'''$) (joon. 24-3).

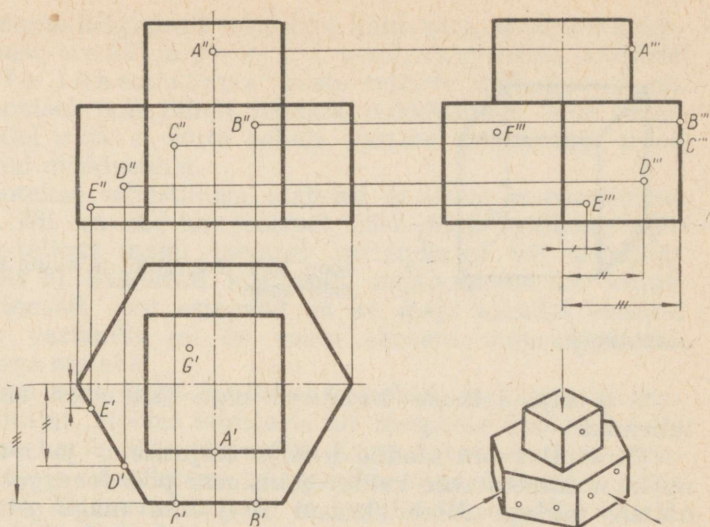


Joon. 24-3. Risttahuka (tikutoosi) kolmvaade.

2. Keha kujutlemisel tema antud projektsioonide järgi on vaja mõttes kiiresti kooskõlastada keha elemente (tippe, servi, tahkused) üksikute projektsioonide vahel. See osutub küllalt raskeks, kui keha servad on mõnes vaates projekteerunud punktideks ning tahud sirglõikudeks. Vaatleme näiteks joonisel 24-4 kujutatud keha kolmvaadet. Keha koosneb kahest korrapärasest prismast, kuusnurksest ja nelinurksest.

Pealtvaatel on mõlema prisma kõik külgtahud projekteerunud sirglõikudeks. Kummagi prisma põhjad aga on projekteerunud ülestikku ning on säilitanud oma tõelise kuju. Eestvaatel paistavad alumise prisma kolm eesmist tahku ja pealmise prisma esitahk, põhjad aga on projekteerunud lõikudeks. Samuti on eestvaatel lõikudeks projekteerunud ülemise prisma vasak- ja parempoolne külgtahk. Seevastu on vasakultvaatel projekteerunud lõikudeks mõlema prisma eesmine ja tagumine külgtahk ning kõik põhjad.

Antud keha tahkudest kolmvaate alusel selgema kujutluse saamiseks oleme eest vaatamisel näha olevatele tahkudele asetanud punktid A, B, C, D ja E (eestvaatel A'', B'', C'', D'' ja E'') ja näidanud neid ka pealtvaatel (A', B', C', D' ja E') ning vasakultvaatel (A''', B''', C''', D''' ja E'''). Punktide A, B ja C pealt- ja vasakultvaated saab kätte otse sidejoonte abil, sest neid kandvad tahud on nendel vaadetes projekteerunud sirglõikudeks.



Joon. 24-4. Keha ja tema pinnal asetsevate punktide kolm vaadet ning sama keha piltkujutis.

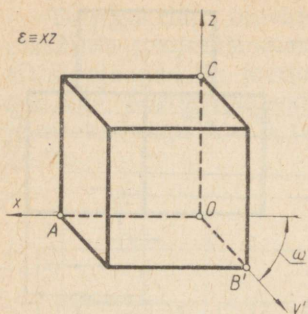
Punktide E ja D puhul aga saame ainult pealtvaated otsekohe sidejoonte abil, vasakultvaated aga paneme paika joonisel näidatud mõõtmiste abil. Kõik need viis punkti on näidatud ka keha vähendatud piltkujutisel, nende tähistamise aga oleme jätnud lugeja ülesandeks. Samuti ootame lugejalt punkti F antud vasakultvaate F''' järgi pealt- ja eestvaate leidmist ning punkti G antud pealtvaate G' järgi eest- ja vasakultvaate leidmist. Seda kõike teha eeldusel, et punktid asetsevad antud vaate puhul keha nähtaval küljel.

Seesuguseid harjutusi keha pealispinnal asetsevate punktide projektsioonide kooskõlastamisest tuleb teha alati kehade kaks- ja kolmvaadete lugemisel.

25. Harilik kaldvaade. Teljestiku kasutamine kujutamisel

Eseme hariliku kaldvaate mõiste juurde jõuame kõige hõlpsamalt nii, et võtame esemeks ristteljestiku $Oxyz$ (kus $x \perp y$, $y \perp z$ ja $z \perp x$) ja temaga seotud kuubi $OABC$, ekraaniks aga xz -tasapinna (joon. 25-1). Teljestiku harilik kaldvaade ekraanil $\varepsilon \equiv xz$ saadakse siis niisuguste kaldkiirtega projekteerimisel, mille puhul on täidetud järgmised kaks tingimust:

1) y -telje kui ekraani ristsirge kujutis y' moodustagu ekraanil x -teljega nurga $\omega = 45^\circ$;



Joon. 25-1. Teljestiku ja kuubi harilik kaldvaade.

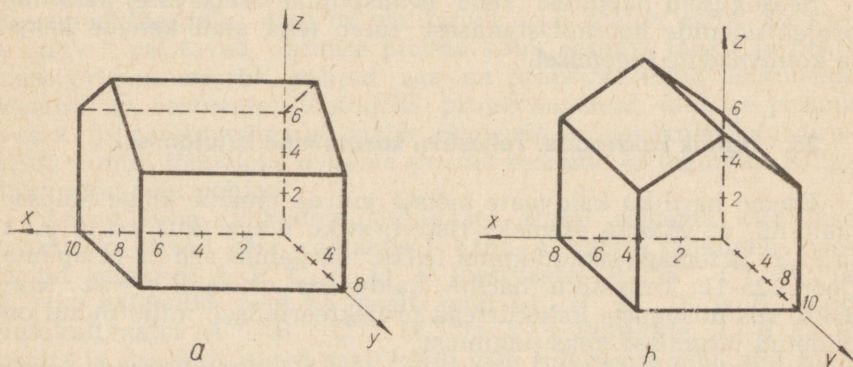
$$\omega = 45^\circ; OB' = \frac{1}{2}OA$$

2) y -telje lõikude kujutised olgu lõikudest enestest poole lühemad.

Ekraanil $\varepsilon = xz$ saadud y -telje kujutise y' ja x -telje vahelist nurka ω nimetatakse kaldprojektsiooni pöördenuurgaks. Arvu, mis näitab, millega tuleb ekraani ristjoonte (nagu y -telje) pikkusi korrutada, et saada vastavaid pikkusi kujutisel, nimetatakse kaldprojektsiooni moondeteguriks (q). Seega on harilik kaldvaade niisugune kaldprojektsioon, mille puhul pöördenuurk $\omega = 45^\circ$ ja moondetegur $q = 1/2$. Ainult seesugust kaldprojektsiooni lubavad standardid kasutada ka tehnilistel joonistel.

Kuubi kaldvaate tuletamise eeskujul on hõlbus joonestada mistahes kandilise (risttahukakujulise) eseme kaldvaadet. Olgu maja mõõtmed näiteks järgmised: pikkus 10 m, laius 8 m, kõrgus 6 m, katuse harja kõrgus 9 m. Seesuguse maja kaldvaate¹ saa-

¹ Kaldvaate all mõistame edaspidi ikka harilikku kaldvaadet. Kaldvaateil on y -telje ja ruumipunktide kujutiste juurest projektsiooni märgid (prim'id) tavaliselt ära jäetud. Nii on see ka käesolevas õpikus, välja arvatud joonis 25-1, kus projektsiooni märgid olid selgituseks vajalikud.

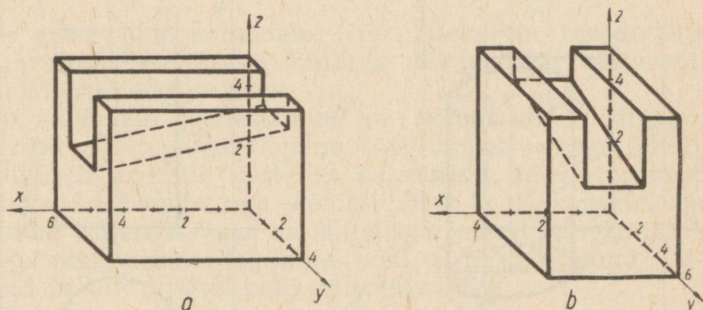


Joon. 25-2. Majakujulise keha harilikke kaldvaateid.

miseks joonestame kõigepealt teljestiku kaldvaate, arvestades seejuures tingimusi: $\omega = 45^\circ$ ja $q = 1/2$, s. t. y -telje kujutisele märgime ühikud poole lühematena teiste telgede ühikutest (joon. 25-2). Kui joonisel pole tähtis näidata mõõdusuhet, võib ühiku pikkuse telgedel x ja z võtta vabalt, vastasel korral aga tuleb arvestada antud mõõdusuhet.

Esemed seotakse teljestikuga alati nii, et z -telg on paralleelne püstsirgetega. Nii on see ka joonisel 25-2. Maja pikkuse võib siduda kas x -teljega (nagu joonisel variandis a) või y -teljega (nagu variandis b). Saadavad kujutised, nagu näeme, on kujult tunduvalt erinevad, sest erinevad on ka maja asendid ekraani $\varepsilon = xz$ suhtes: variandis (a) on vastu ekraani maja tagatahk, variandis (b) aga otstahk.

Katuse harjajoone paigaldamiseks kujutisel on kasutatud ots-tahu püstpoolitajat. Mõõtes viimasele alt ülespoole üheksa z -telje ühikut, jõuame harja ühte otspunkti. Kuna katuse hari on räästaga paralleelne ja ühepikkune, siis kanduvad need omadused üle ka kujutisele (§ 23, laused 2 ja 3) ja kujutise lõpetamine katuse osas ei tekita enam raskusi.



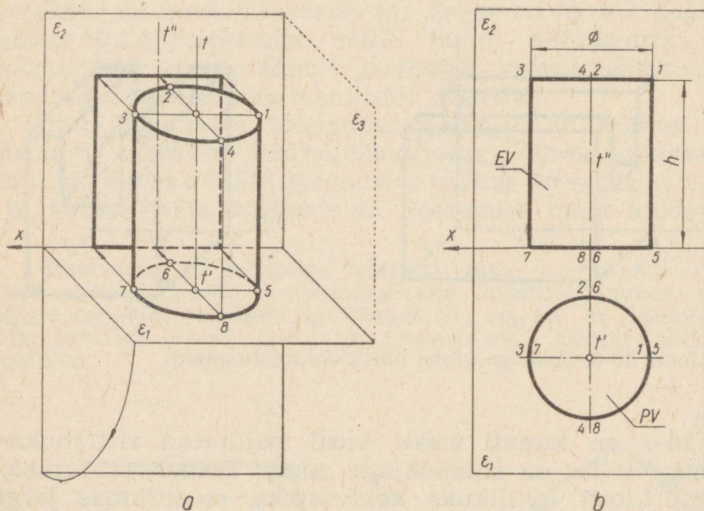
Joon. 25-3. Soonega klotsi harilikke kaldvaateid.

Joonisel 25-3 on samuti kahel viisil kujutatud risttahuka-kujuline klots, milles on kaldpõhjaga soon. Teades, et kumbki kujutis osutub klotsi harilikuks kaldvaateks, on kujutise järgi hõlbus kindlaks teha klotsi mõõtmed, eriti soone otste sügavused (muidugi telgedel näidatud ühikutes). Märgime, et eseme kuju selgitamise mõttes pole need kujutised hoopiski mitte samaväärsed. Näiteks soone põhi on vasakpoolsel kujutisel peaaegu üleni varjatud, parempoolsel kujutisel aga enamikus nähtav.

26. Silindri kujutamine kaks- ja kolmvaates ning harilikus kaldvaates

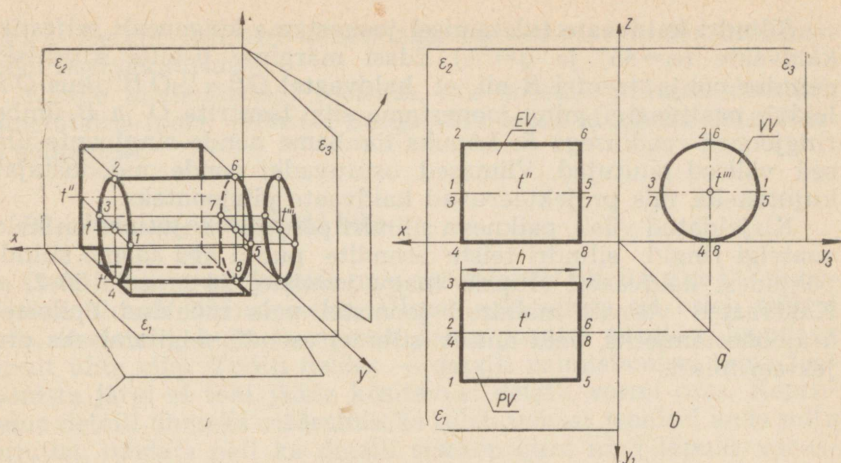
1. Silindrit kujutatakse Monge'i meetodil harilikult nii, et tema telg t on põhiekraaniga risti. Sel juhul on silindri külgpind pealtvaates serviti ning projekteerub põhiekraanile ringjooneks, silindri telg t aga ringi keskpunktiks (joon. 26-1). Silindri eestvaateks saame ristküliku, mille kõrgus võrdub silindri kõrgusega (sest moodustajad on esiekraaniga paralleelsed), laius aga võrdub silindri läbimõõduga. Silindri põhjaringid on eestvaates serviti ees ning projekteeruvad esiekraanile läbimõõdupikkusteks lõikudeks. Kui alumine põhi, nagu harilikult, on põhiekraanil (nii on see ka joonisel 26-1), siis osutub see ühtlasi silindri pealtvaateks, samal ajal aga ka ülemise põhja pealtvaateks.

Silindri vasakultvaateks ekraanil ϵ_3 (joonisel 26-1, a näidatud täppjoonega) saaksime eestvaatega võrdse kujutise, ainult numbrid moodustajate otspunktides paikneksid vasakultvaatel teisiti kui eestvaatel.



Joon. 26-1. Silindri kaksvaate saamine (a) ja kaksvaate (b) eeldusel, et silindri telg t on risti põhiekraaniga.

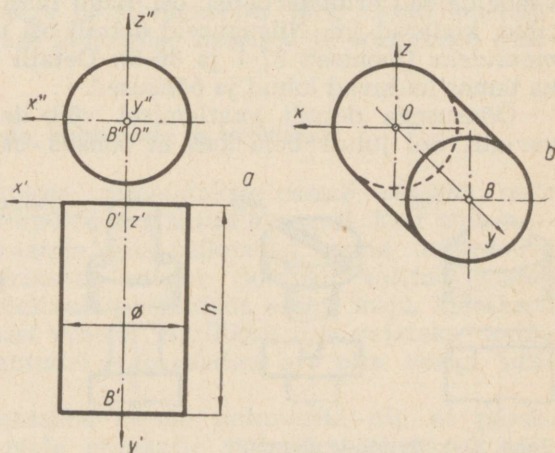
Kui silinder lamab põhiekraanil nii, et tema telg t on külgekraaniga risti (x -teljega paralleelne), siis tema eest- ja pealtvaade on võrdsed ristkülikud, vasakultvaade aga on ring (joon. 26-2). Juhime tähelepanu sellele, et kuigi selles asendis kujutatud silindri pealt- ja eestvaade on kujult võrdsed, on nad sisult erinevad selles mõttes, et moodustajad on projekteerunud kum-



Joon. 26-2. Silindri kolmvaate saamine (a) ja kolmvaade (b) eeldusel, et silindri telg t on risti külgekraaniga.

maski vaates erinevatele kohtadele. Nii näiteks on moodustaja 1-5 projekteerunud pealtvaatel kujutise piirjooneks, eestvaatel aga langeb kokku telje kujutisega.

2. Silindri kaldvaate joonestamine on hõlbus ainult siis, kui silindri telg t on y -teljega paralleelne (või langeb temaga ühte). Silindri niisugusele asendile vastavat kaksvaadet näeme joonisel 26-3, a, vastavat kaldvaadet aga joonisel 26-3, b. Kaksvaatel on näidatud, kuidas teljestik $Oxyz$ on silindriga seotud: y -telg ühtib silindri teljega ning silindri tagumine põhi on xz -tasapinnal. Viimane tasapind on antud juhul kaldvaate ekraaniks.



Joon. 26-3. Silindri kaks-vaade (a) ja harilik kaldvaade (b) eeldusel, et silindri telg ühtib y -teljega.

Silindri kaldvaate tuletamisel joonestame kõigepealt teljestiku kaldvaate ($\omega = 45^\circ$ ja $q = 1/2$). Edasi märgime y -telje kujutisele eesmise põhja tsentri B nii, et kaldvaatel $OB = 1/2 O'B'$ (kus $O'B'$ leidub pealtvaatel) ning joonestame siis tsentrite O ja B ümber ringjooned raadiusega R . Lõpuks tõmbame nende ringjoonte ühised välised puutujad. Viimased osutuvadki nende moodustajate kujutisteks, mis projekteeruvad kaldvaate piirjoonteks.

Kirjeldatud viisil paikneva silindri põhjade kujutised on kaldvaatelgi ringid; silindri teiste asendite puhul aga saame silindri põhjadest kaldvaatel ellipsid (nagu joonistel 26-1, a ja 26-2, a). Kaldvaated viimati mainitud joonistel pole mõeldud õpilastele ärajoonestamiseks, vaid ainult silindri asendi selgitamiseks projekteerimisel.

V. TEHNILISE JOONESTAMISE ELEMENTE

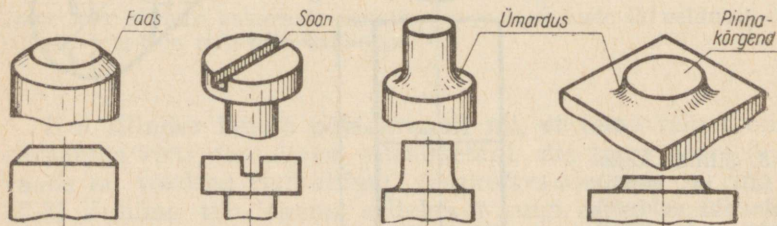
27. Toode, toote sõlmed ja detailid ning detailide elemendid

Tootmistegevusega saadavaid esemeid nimetatakse üldiselt *tooteiks*. Nii võib näiteks kruustange nimetada masinaehitusala-seks tooteks.

Toode koosneb harilikult mitmest üksikosast ehk *detailist*, mis on üksteisega liidetud või kokku monteeritud. Kokkumonteeritud terviktoote võib taas detailideks lahti monteerida. Iga detaili oluliseks tunnuseks on aga see, et seda pole enam võimalik edasi lahutada.

Detailil võib olla temast lahutamatu, kuid kujult omaette vaadeldavaid eriotstarbelisi osi, nagu faasid, sooned, ümardused, ribad, kodarad jn. Niisuguseid detaili osi nimetatakse detaili *elementideks* (joonised 27-1 ja 30-6). Detaili elementideks loetakse ka temas leiduvad lohud ja õõnsused.

Õõnsusega detaili vaatlemisel võib detaili keha oma õõnsust varjata. Sel juhul öeldakse, et õõnsus osutub mitternähta-



Joon. 27-1. Detailide elemendid.

va ks. Detaili kujutisel nimetatakse mittenähtavate õõnsuste piirjooni *sisekontuurideks*.

Kindla tööülesandega tooteosa, mis koosneb mitmest detailist, nimetatakse toote *sõlmeks*. Seega võib toode koosneda detailidest ja sõlmedest.

28. Jooniste tähtsamaid liike

Detaili niisugust joonist, mis määrab detaili üheselt, nimetatakse *detaili tööjooniseks*. Ühese määramise all tuleb mõista seda, et detaili kuju ja suurust saaks joonise põhjal tõlgendada ainult ühte viisi. Teisiti öeldes — detaili valmistamisel tema tööjooniste järgi ei tohi jääda küsitavusi detaili vormi osas. Keerukama detaili üheseks määramiseks tuleb temast joonisel anda mitu kujutist, näidata neil ka detaili sisekontuure ning lõpuks varustada kogu joonis vajalike mõõtmetega, pealiskirjadega, kirjanurgaga ja selgitavate märkustega.

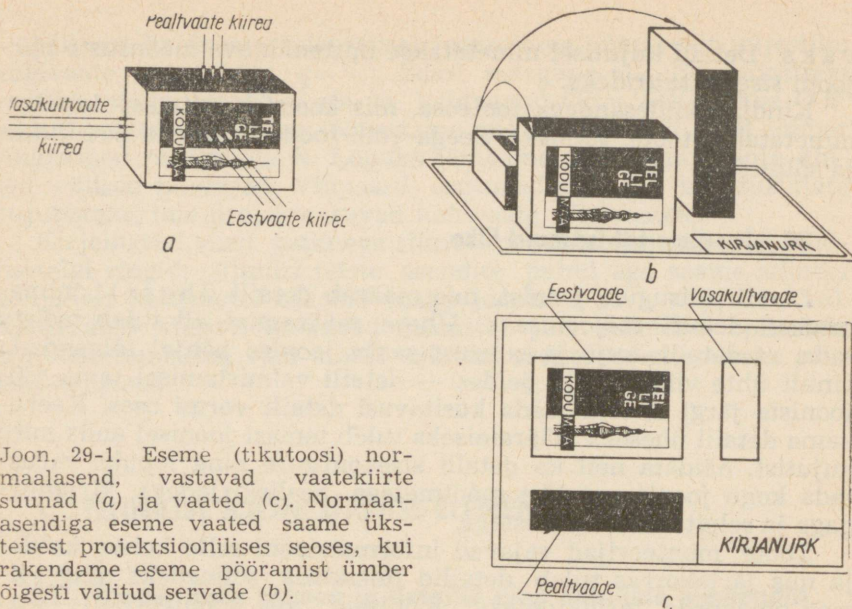
Toote monteerijad vajavad informatsiooni selle kohta, kuidas ja mis järjekorras tuleb detailid ühendada sõlmedeks ning sõlmed omakorda terviktooteks. Jooniseid, mis monteeri jaoks seegust informatsiooni pakuvad, nimetatakse *koostamisjoonisteks*. Koostamisjoonised loetakse küll tööjooniste hulka, kuid nad on seda ainult montaažioperatsioonide, mitte valmistamisoperatsioonide mõttes.

Kui mingit valmistoodet soovitakse taas toota, kuid puuduvad joonised (need võivad olla kadunud või hävinud), siis tuleb tootest kõigepealt teha uued joonised. Keerukamast valmistootest aga on tülakas otsekohe nõuetekohast tööjoonist (õiges mõodus ning joonestusriistade abil) teha. Seepärast on otstarbekohane valmistada esialgu kavandjoonis ehk *eskiis*. Eskiisi valmistamisel töötatakse vaba käega ja silmamõõdu järgi, kuid lahendatakse lõpuni kõik tulevase tööjoonise sisulised ja vormilised küsimused.

29. Vaated. Poolvaade, kohtvaade ja katkestus

Tehnilises joonestamises nimetatakse eseme *vaateks* selle eseme piirdepinna ristprojektsiooni antud ekraanil. Eset võib projekteerida mitmele ekraanile, mis paiknevad eseme ümber. Nii saame esemest mitu erinevat vaadet. Sobivalt valitud vaated võimaldavad joonisel täielikult peegeldada eseme kuju. Mõnikord piisab selleks ühestainsast vaatest, harilikult aga vajatakse kahte või kolme vaadet (erijuhtudel võib vaadete arv olla veelgi suurem).

Paragrahvis 24 tuletasime eseme kolmvaate nii, et pärast eseme projekteerimist igale ekraanile pöörasime ekraanid kõik



Joon. 29-1. Esemel (tikutoosi) normaalasendis, vastavad vaatekiirte suunad (a) ja vaated (c). Normaalasendiga eseme vaated saame üksteisest projektsioonilises seoses, kui rakendame eseme pöörämist ümber õigesti valitud servade (b).

ülehele tasapinnale. Tehnilise joonise valmistamisel, samuti valmisjoonise lugemisel on aga mõnevõrra mugavam mõelda nii, et ekraaniks on kogu aeg joonisepind, eset ennast aga pööratakse selle suhtes see- või teistsugusesse asendisse. Nimelt seatakse mõttes ese tema iga vaate suhtes nii, nagu see pidi asetsema ekraani suhtes selle vaate tuletamisel (joon. 29-1, b). Seesugune tõlgendus on soovitatav ka seepärast, et tehniliste jooniste kaks- ja kolmvaateil ei esitata telgesid (ekraanide löikesirgeid), mistõttu ekraanide konkreetsed asukohad pole teada ning seepärast tekib raskusi ekraanide pööramise kujutlemisel.

Paljude tehniliste detailide geomeetriliseks üld- või lähtevormiks on risttahukas. Säärane detail paigutatakse ekraanide suhtes nii, et tema kõige tähtsam külg (fassaadikülg) on frontaalne, s. t. on vaateleja poole ning esiekraaniga paralleelne. Samal ajal on aga alus kas põhiekraanil või sellega paralleelne. Detaili seesugust asendit ekraanide suhtes nimetatakse detaili *normaalasendiks* (joon. 29-1). Kui detail on ekraanide suhtes normaalasendis, siis on tema kolme projektsiooni ehk vaadet (eest-, pealt- ja vasakultvaadet) lihtne joonestada. Iga muu asendi puhul aga osutuvad vaated märksa keerukamaks.

Vaadet peavad olema joonisel üksteise suhtes kindlas paigutuses — nn. projektsioonilises seoses, s. t. just seal, kuhu nad satuvad ekraanide pööramise teel. Õige paigutuse korral paikneb pealtvaade täpselt eestvaate all, vasakultvaade aga täpselt eestvaate kõrgusel paremal. Teiste sõnadega, eestvaate

igale punktile peame leidma vastava punkti pealtvaatelt, kasutades mõeldavat püstsidejoont, ning vastava punkti vasakultvaatelt, kasutades rõhtsidejoont.

Nimetused eseme vaadetele antakse alati nende asukoha järgi joonisel. Kui joonisel on ainult üks vaade, siis peab see olema nimelt eestvaade, s. o. eset kõige paremini iseloomustav vaade. Kui joonisel on kaks vaadet, siis paiknevad need kas kohakuti või kõrvuti. Esimesel juhul on eestvaateks ülemine, teisel juhul vasakpoolne vaade.

Toote eestvaateks (fassaadiks) on harilikult tema esiküljelt saadav kujutis, kuid mitte alati. Näiteks kirvel, soome kelgul, toolil ja autol näeme fassaadi mitte eest, vaid küljelt vaatamisel. Hoonetel aga on fassaadiküljeks just esikülg.

Leidub esemeid, mille juures fassaadikülje küsimus jääb lahutiseks. Sel juhul pole üldiselt soovitatav eestvaateks võtta kujutist, milles esinevad kontsentrilised ringid, sest vaade kontsentriiliste ringidega ei iseloomusta eset nii selgesti kui vaade, kus neid ei ole.

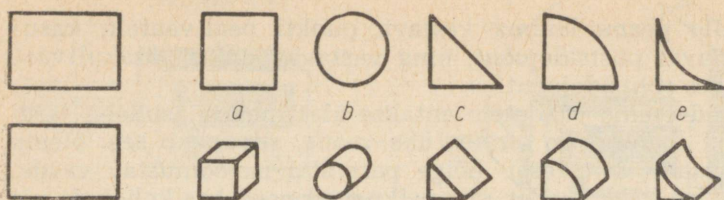
Iga uue vaate väljajoonestamine on küllaltki aeganõudev töö, seepärast püütakse joonistel toime tulla võimalikult väikese vaadete arvuga. Selleks on vaja juba joonise (või eskiisi) kavandamisel kindlaks teha tingimata tarvilikud ning ühtlasi piisavad vaated eseme kuju täielikuks määramiseks.

Sageli saab vajalike vaadete arvu vähendada, kasutades esitavate vaadete juures mitmesuguseid leppelisi märke ja selgitavaid sõnu. Tuntumad leppemärgid on:

- R — raadiuse märk, kasutatakse kujutisel esinevate kaarte raadiuse mõõt-
arvu ees, näiteks R 16;
- Ø — läbimõõdu märk, kasutatakse kujutisel silindrite ja koonuste läbi-
mõõdu mõõt-aru ees, näiteks Ø 32;
- — ruudu märk, kasutatakse kujutisel serviti ette jäänud ruudukujulise
ristlõike juures koos ruudu külje mõõt-aruuga, näiteks □ 24.
- S — paksuse märk, kasutatakse kujutistel lapiti esemest paksuse mõõt-aru
ees, näiteks S 5;
- l — pikkuse märk, kasutatakse kujutistel eseme otsvaatest pikkuse mõõt-
arvu ees, näiteks l 200.

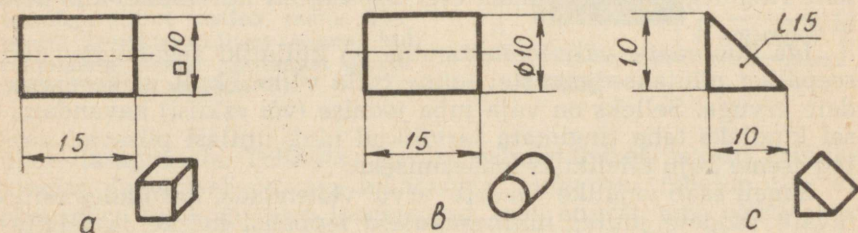
Selgitav sõna mõõt-aru ees võib olla näiteks kera. Kasutatakse sõnu, mis näitavad kujutisel olevate ühesuguste elementide arvu, näiteks 4 ava Ø16 jm.

Olgu näiteks keha kaheks vaateks võrdsed ristkülikud (joon. 29-2). Need kaks vaadet ilma telgjoonte ja leppemärkideta ei määra veel keha kuju üheselt. Tõepoolest, leidub ju terve rida kehi (näiteks a, b, c, d ja e), mis annavad just needsamad kaks vaadet. Joonisel on näidatud kõigi nende kehade vasakultvaated kõrvuti ning all on kujutatud vastavad kehad ise harilikus kald-
vaates (mõõdus 1:2). Kui kasutame aga ruudu märki juhtumil



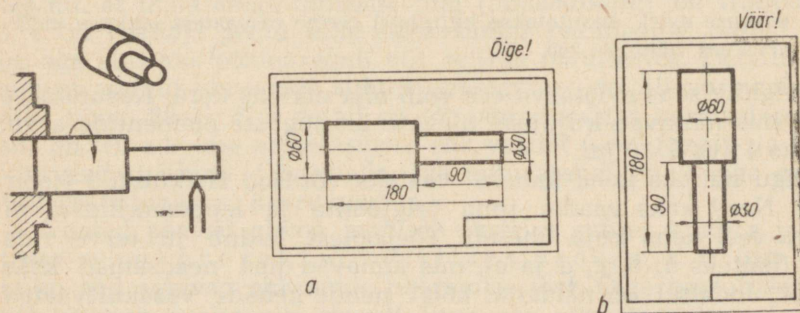
Joon. 29-2. Kaks vaadet ei määra alati keha kuju.

(a) ja läbimõõdu märki juhtumil (b), piisab keha määramiseks juba ainsast vaatest (joon. 29-3). Samuti võimaldab paksuse märk S (tabel 4) ja pikkuse märk l (joon. 29-3, c) mõningate kehade kujutamisel säästa uue vaate väljajoonestamist. Näiteks on võimalik pikkusmärgi l abil joonestada joonisel 29-2 kujutatud kehad a-st kuni e-ni ühes vaates.



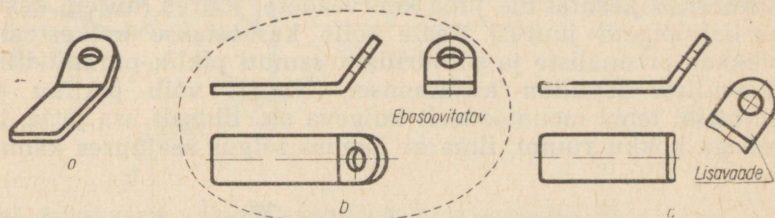
Joon. 29-3. Ruut- ja kolmnurkristlõikega prisma (a, c) ning silindri (b) kujutamisel piisab ühestainsast vaatest, kui kasutame vastavat märki.

Tooteid ja detaile püütakse kujutada võimalikult nende loomulikus asendis. Näiteks tindipotti poleks sobiv kujutada teisiti kui avaga ülespoole. Kuid võlle, vardaid ja muid piklikke silindrilisi detaile eelistatakse kujutada horisontaalselt, nagu neid töödeldakse — treitakse (joon. 29-4).



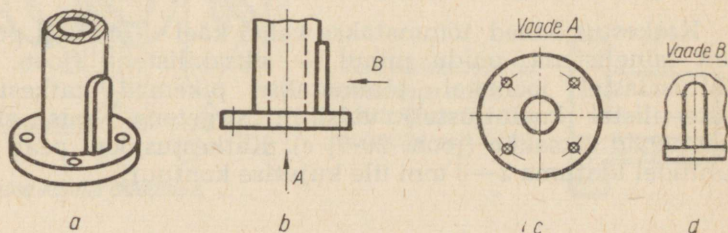
Joon. 29-4. Võlle ja vardaid kujutatakse nende töötlemisasendis.

Kui detaili pealtvaade või vasakultvaade on sümmeetriline, võib joonisel piirduda ainult tema ühe sümmeetrilise poole (nn. *poolvaate*) esitamisega, mida katkestuskohalt jääb piirama telgjoon. Nii saab joonisel ruumi kokku hoida ning ühtaegu säästa töövaeva. Pealtvaatest esitatakse joonisel vaate alumine pool (joon. 30-5), vasakultvaatest — parem pool. Eestvaadet poolvaatena ei esitata.



Joon. 29-5. Detaili (a) moondega kujutamise (b) vältimine lisavaate abil (c).

Joonestamisel tuleb vältida detaili kaldosade ja elementide moonet, sest moondega kujutist on tülikas välja joonestada ning mõõtmetega varustada (joon. 29-5). Seepärast jäetakse moondega projekteeruv osa detailist üldse esitamata, nagu oleks see detaili küljest ära murtud, katkestuskoht aga tõmmatakse vabakäejoonena. Äramurtud osa aga kujutatakse vaatena niisugusel uuel ekraanil, millele see osa projekteerub juba moondevabalt. Antud juhul on uus vaade (*lisavaade*) projektsioonilises seoses eestvaatega.

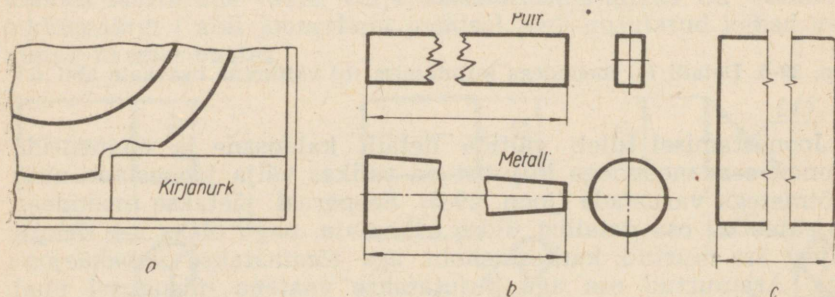


Joon. 29-6. Detaili kujutisi: a — piltkujutis (ristisomeetria); b — eestvaade (katkestusega); c — vaade, millel puudub joonisel projektsiooniline seos eestvaatega; d — kohtvaade.

Kui mingil kaaluval põhjusel pole võimalik vaateid projektsioonilises seoses esitada, siis näidatakse kohalt ära viidud vaate puhul vastav vaatamissuund noolega ning märgitakse suurtähega. Kohalt ära viidud vaade aga varustatakse vastava pealiskirjaga ning tõmmatakse sellele kriips alla, näiteks: V a a d e A (joon. 29-6, c).

Detaili mingil kitsalt piiratud alal esineva elemendi näitamiseks võib kasutada nn. *kohtvaadet*. Vastav vaatekiirte suund ja kujutamisele tulev koht näidatakse noolega ning varustatakse suurtähedega, väljajoonestatud kohtvaade aga piiratakse vabakäe-joonega ning varustatakse pealiskirjaga, näiteks: Vaade B (joon. 29-6, d). Kohtvaade paigutatakse joonise vabale alale.

Detailide osalisel kujutamisel kasutatakse katkestusi. Katkestusi kasutatakse juba kohtvaadete juures (hiljem kasutame ka kohtlõigete juures). Peale selle kasutatakse katkestusi veel pikkade prismaliste ja silindriliste, samuti piklik-püramiidiliste ja -kooniliste detailide kujutamisel. Nimelt võib pikliku detaili kujutisel tema monotoonselt kulgeva osa lihtsalt ära jätta, hoides sellega kokku ruumi, ilma et joonise selgus seejuures kannataks.



Joon. 29-7. Katkestused: a — kirjanurga juures; b — prismakujulise puitprussi ja koonilise metallvarda joonisel; c — laiema detaili kujutisel.

Katkestusjooned tõmmatakse vabal käel — metalli puhul kergelt lainelistena, puidu puhul — siksakilistena (joon. 29-7, b). Ehitusalastel joonistel tõmmatakse pikemad katkestusjooned (esteetilistel kaalutlustel) üldsihilt sirgetena, mis sisaldavad mõningaid siksakke (joon. 29-7, c). Katkestusjoon peab taolistel juhtudel ulatuma 2—3 mm üle kujutise kontuuri.

30. Lõiked ja ristlõiked

1. Detaili elementide, eriti õõnsuste kuju selgitamiseks kasutatakse joonistel detaili lõikamist. Seejuures tuleb silmas pidada, et joonisel detaili kuju selgitamise huvides tehtud lõiked on kõik vaid mõttelised, mitte aga tegelikud. Eset ennast aga peame kujutlema ikka tervena, kuigi joonisel on kujutatud sellest ainult lõik, s. o. lõikamisel saadav tükk või osa.

Geomeetrias mõistetakse lõike all mistahes kahe kujundi ühiste punktide kogu. Tehnilises joonestamises on meil üheks

kujundiks (lõigatavaks) antud detail, teiseks (lõikajaks) aga tasapind. Kui saeme näiteks puu läbi ning eraldame saadud tükid (lõigud) teineteisest, tuleb lõige kummagi tüki juures ilmsiks uue tahuna — lõikepinnana. Detaili mõttelise lõikamise kaudu tema kujutisel nähtavale tulev lõikepind kuulub joonisel katmisele. Erinevate leppeliste pinnakatetega (viirutused, täpitused, värvimised jm.) on võimalik joonistel näidata ka erinevaid materjale, millest detailid on tehtud (joon. 31-1).

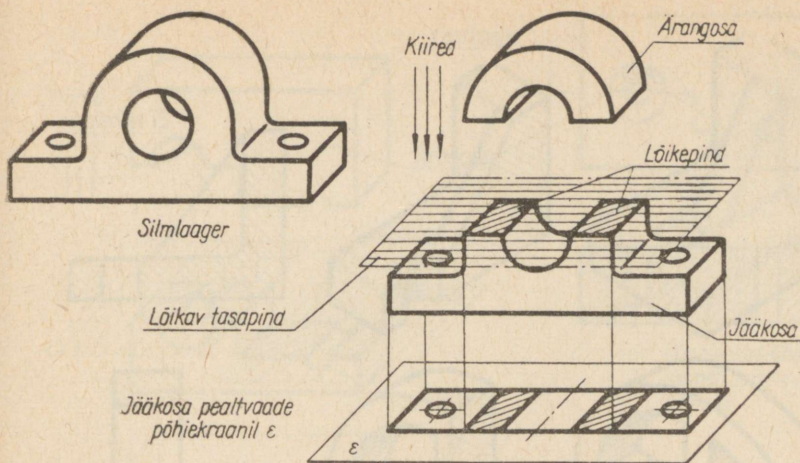
Harilikult võetakse lõikav tasapind ekraaniga paralleelne ja kõrvaldatakse mõtteliselt detaili see osa, mis on lõikavast tasapinnast vaatele pool (s. o. ärangosa), järelejäanud osa (jääkosa) aga kujutatakse joonisel. Arusaadavalt tuleb siis jääkosa kujutisel lõikepind ilmsiks oma originaalvormis (ehk moondevabalt), pääsevad nähtavale detaili sisekontuurid, mida enne varjas ärangosa.

Normaalasendis kujutatud detaili puhul rakendatakse harilikult järgmisi lõikeid: 1) horisontaalne lõige — lõikav tasapind on paralleelne põhiekraaniga; 2) frontaalne lõige — lõikav tasapind on paralleelne esiekraaniga; 3) profiilne lõige — lõikav tasapind on paralleelne külgekraaniga. Viimased kaks lõiget on mõlemad vertikaalsed lõiked.

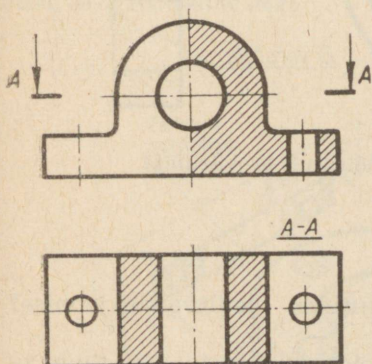
Joonistel 30-1 ja 30-2 näeme puksi vaate ning vertikaallõike tekkimist. Samas on selgitatud vaate ja lõike otstarbekat kasutamist puksi kujutamisel (loe ja mõtle läbi kõik tekstid neil joonistel). Joonisel 30-2, b juhime tähelepanu puksi kujutamisele poolenisti vaates ja poolenisti lõikes (lihtsamalt: pool vaates, pool lõikes). Pool vaates, pool lõikes sobib kujutada kõiki sümmeetrilisi, eriti aga pöördkehakujulisi õonesdetailide. Kui seda kujutamiseviisi kasutatakse, peab lõikepool paiknema kas paremal (nagu joonisel 30-4) või all (nagu joonisel 30-2, b).

Selgitame horisontaalse lõike kasutamist silmlaagri joonise valmistamisel, esialgu näitlikult — kaldvaate abil (joon. 30-3). Lõikav horisontaalne tasapind on siin võetud läbi võlli augu telje. Joonisel 40-4 näeme jääkosa pealtvaadet koos allakriipsutatud pealiskirjaga A—A. Lõikava tasapinna asukoht (kõrgus) detaili suhtes on aga märgitud eestvaatel kahe jämeda lõigukesega (nende jämeduseks on 1—1,5 põhijoone jämedusest *b*) ning kummagi juures on sama täht *A*. Lõigukeste välistest otstest 2—3 mm kaugusel aga lõpevad nooled, mis näitavad jääkosa poole vaatamise suunda.

Juhtumil, kus lõikav tasapind ühtib objekti sümmeetriatasapinnaga ning jääkosa kujutis esineb oma õigel kohal, lõiget ei tähistata ega näidata ka selle asukohta teisel vaatel. Nii näiteks on eestvaate parem pool joonisel 30-4 antud lõikes, kuid tähistatud seda lõiget pole. Viimasest asjaolust järeldamegi, et lõikavaks tasapinnaks on frontaalne sümmeetriapind (mis pealt vaatamisel paistab serviti ja asub rõhtsa telgjoone kohal).



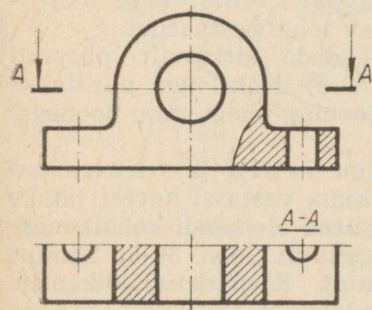
Joon. 30-3. Horisontaalne lõige (näitlikult).



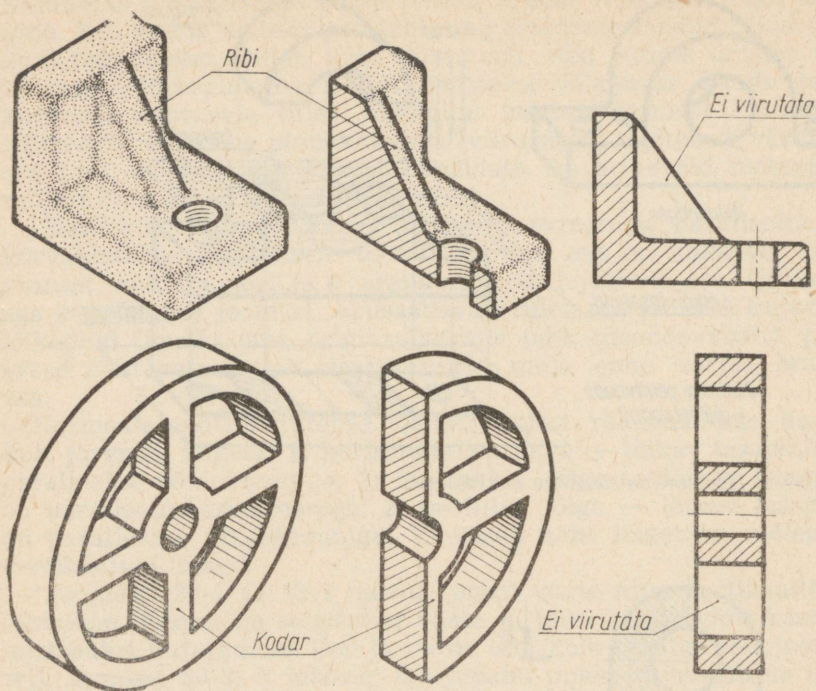
Joon. 30-4. Lõigete tähistamine ja sõltumatus.

1. Kui lõikav tasapind ühtib detaili sümmeetriatasapinnaga, siis lõige jäetakse tähistamata.

2. Ühel projektsioonil rakendatud lõige ei mõjуста teisi projektsioone ega lõikeid.



Joon. 30-5. Poolkujutis ja kohtlõige. Sümmeetrilise vaate (siin pealtvaate) võib anda poolkujutisena. Eestvaadet ei anta poolkujutisena, küll aga poolelisti lõikes (nagu joonisel 30-4); käesoleval joonisel aga on kasutatud kohtlõiget.



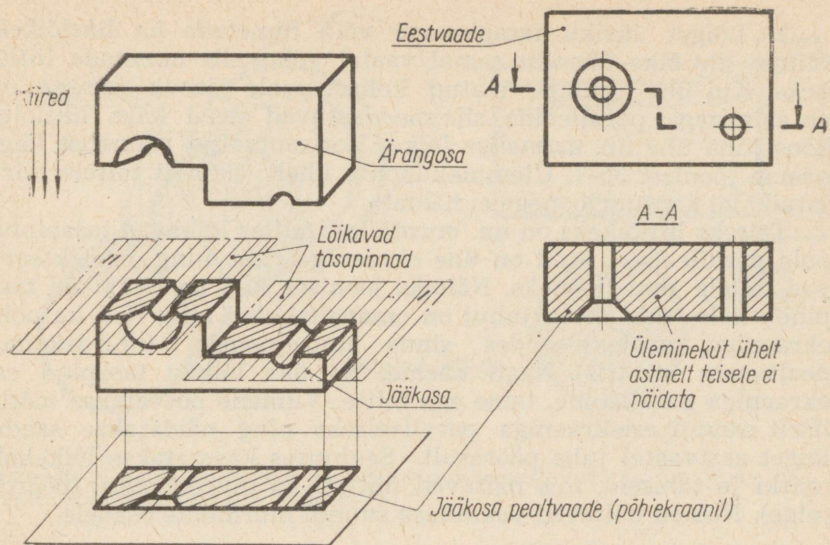
Joon. 30-6. Detailide elemente, mida lapiti lõigatult ei viirutata.

Lõikeid võib kasutada ka poolkujutistel (pealtvaade joonisel 30-5).

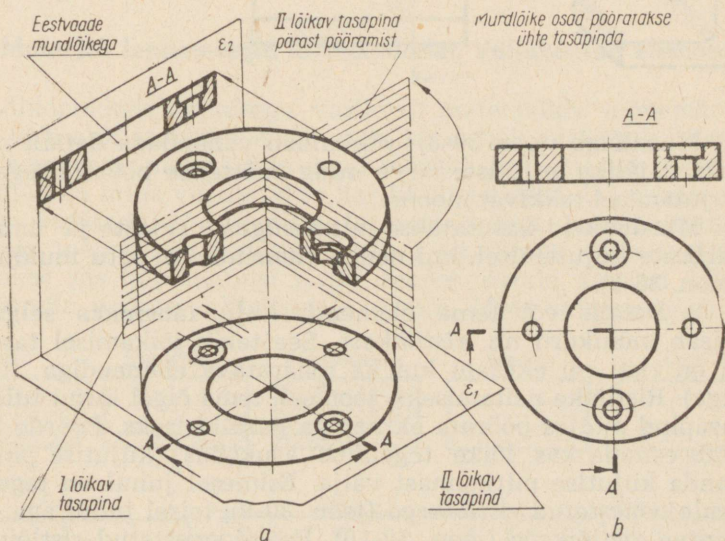
Lõigete juures tuleb alati silmas pidada lõigete sõltumatusse põhimõtet, mis laseb ennast lühidalt sõnastada järgmiselt: **ühel kujutisel esinev lõige ei mõjusta teisi kujutisi ega lõikeid**. Näiteks joonisel 30-4 pole eestvaatel esinev lõige mõjutanud pealtvaadet ega pealtvaatel esinev lõige eestvaadet.

Mõnikord on otstarbekohane rakendada kitsamalt piiratud lõiget ehk nn. **kohtlõiget** (vt. joonis 30-5). Kohtlõige piiratakse vabakäejoonega, mis ei tohi ühtida joonise ühegi muu joonega. Kohtlõiget harilikult ei tähistata.

Detailide mõningaid elemente, nagu ribad ja õhukesed seinad, lapiti lõigatult ei viirutata, kuna vastasel korral jätaks joonis väära mulje, nagu oleks ese lõigatud elemendi kohalt massiivne, mitte aga õhuke, nagu ta on tegelikult (joon. 30-6). Samuti ei viirutata kodaraid pikuti lõigatult. Kirjeldatud lõikamise viise nimetatakse üldiselt keelatud lõigeteks.



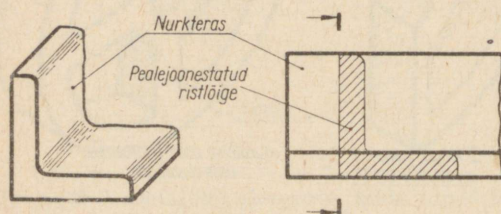
Joon. 30-7. Astmeline lõige.



Joon. 30-8. Murdlõige: a — näitlikult; b — kaksvaates.

2. Lõiget üksiku tasapinnaga võib nimetada ka *lihtlõikeks*. Mitme lihtlõike ühendit samal vaatel võiks siis nimetada *liitlõikeks*. Kui üks lihtlõige teatud kohast peale jätkub teisega, mis on eelmisega paralleelne, siis moodustavad need kaks lihtlõiget koos juba ühe nn. *astmelise lõike*. Horisontaalset astmelist lõiget näeme joonisel 30-7. Üleminekukohta ühelt astmelt teisele viirutatud alal kontuurjoonega ei näidata.

Teiseks liitlõikeks on nn. *murdlõige*, milles lõikavad tasapinnad pole paralleelsed, kuid on ühe ekraaniga risti ning projekteeruvad sellele murdjooneks. Näiteks joonisel 30-8 on lõikavaid tasapindu kaks, mis antud juhul on omavahel risti ning risti ka põhiekraaniga, projekteerudes sinna murdjooneks (murdekohaga pealtvaate tsentris). Nagu näeme, on üks lõikav tasapind esiekraaniga paralleelne, teine aga mitte. Viimane pööratakse mõtteliselt samuti esiekraaniga paralleelseks ning näidatakse saadud lõiget eestvaatel juba pööratult. Seejuures kasutatakse lõikekoha märki ja tähiseid, mis näitavad ühtlasi ka murdekohta (pöörde telge). Nooled näitavad vaatamise suundi murdlõike osadele.



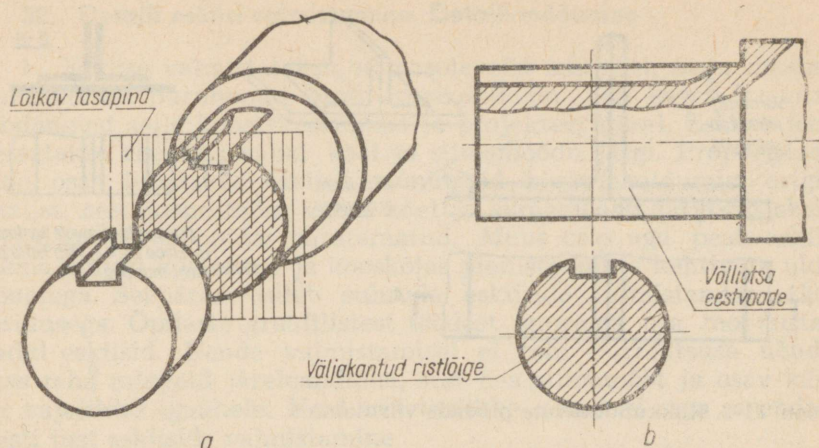
Joon. 30-9. Pealejoonestatud ristlõige.

Murdlõige (joon 30-8) võimaldab vähendada detaili määramiseks vajalike kujutiste arvu ning mõttelise pööramisega vältida kujutamisel tekkivat moonet.

Murdlõikeid kasutatakse mitmesuguste rataste ja ümmarguste äärikute kujutamisel, kui nende elemendid ei satu muidu lõikesse (joon. 30-8).

3. Detaili või tema elemendi kuju lähemaks selgitamiseks piisab mõnikord nn. *ristlõikest*. See tekib lõikamisel tasapinnaga ja on risti nii ekraani kui ka määratava elemendiga (tema teljega). Ristlõike näitamiseks joonisel tema õigel kujul tuleb lõikav tasapind mõttes pöörata ekraaniga paralleelseks. Pöörde tulemuse võib esitada kas lõike tegelikus asukohas (kujutise pinnal) või kanda kujutise piirkonnast välja. Esimesel juhul on tegemist nn. *pealejoonestatud ristlõikega* (joon. 30-9), teisel juhul aga — *väljakantud ristlõikega* (joon. 30-10). Pealejoonestatud ristlõige piiratakse joonisel pideva $p e e n e$ joonega, väljakantud ristlõige aga pideva $j ä m e d a$ joonega.

Kui ristlõike pööramisel ühes või teises suunas saame kattuvad tulemused, võib lõikava tasapinna asukoha fikseerida telgjoon-

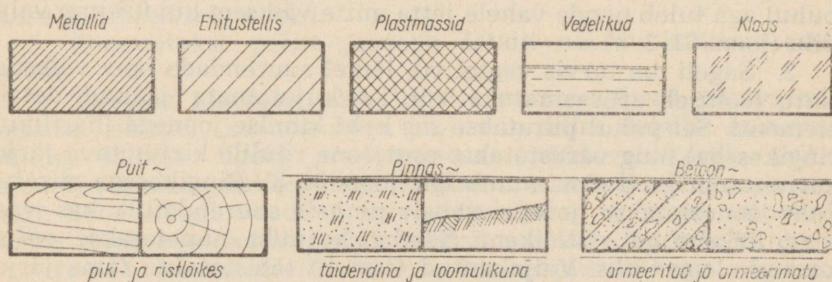


Joon. 30-10. Liistusüvendiga võlliotsa ristlõike tekkimine (a) ja väljakantud ristlõige võlliotsa joonisel (b).

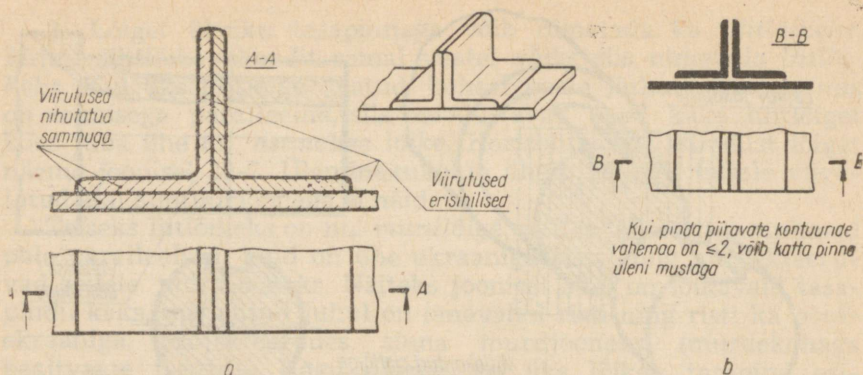
nega ning joonestada väljakantud ristlõike sümmeetriliselt sellele telgjoonele (joon. 30-10). Muudel juhtudel sõltub tulemus vaatamise (ühtlasi pööramise) suunast ja seepärast tuleb see suund joonisel nooltega näidata ja tarbe korral tähistada (joon. 30-9).

31. Materjali leppemärgid lõikepindadel. Väljakantud element

1. Lõikepindade katmisega vastavalt materjalide leppemärkidele on võimalik joonistel edasi anda ka detaili materjali. Sage-damini esinevate materjalide leppemärgid on esitatud joonisel 31-1. Metall ja tellis viirutatakse harilikult kaldega 45°. Seejuures on sobiv kasutada 45-kraadiste teravnurkadega joonestuskolmnurka, mis toetatakse kaatetiga vastu T-joonlauda. Viirutusjooni tõmmatakse siis hüpoteenuusi järgi, seades nende sammu silma järgi. Sammu pikkus valitakse 1—10 mm. Mida suurem on kae-



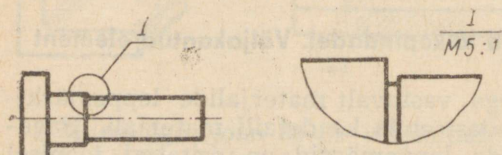
Joon. 31-1. Materjalide leppemärke lõikepindadel.



Joon. 31-2. Kokkupuutuvate pindade viirutamine.

tav pind, seda hõredam võib olla viirutus Metallide puhul kõigub samm 2—4 mm piires, tellise puhul on see umbes kaks korda suurem.

Ühe ja sama detaili kõigil lõigetel olgu viirutused võrdsed nii kalde kui sammuga. Kokkupuutes olevad erinevad detailid aga viirutatakse kas eripidise kaldega, erineva sammuga või nihutatud sammuga (joon. 31-2, a).



Joon. 31-3. Väljakantud element.

Plastmassidel kasutatakse ristviirutust, puidul, vedelikel, pinnasel ja klaasil aga vabal käel joonistatavaid tüüpilisi «mustreid» vastavalt eeskujudele jooniselt 31-1. Kui lõikepinna laius joonisel on kõigest 2 mm või vähem, võib selle pinna (sõltumata materjalist) teha üleni mustaks; teineteise vastu liubuvate mustade pindade puhul aga tuleb nende vahele jätta mitte väiksem kui 0,8 mm valge pilu (joon. 31-2, b).

2. Sageli on tarvis vaatel või lõikel suurendada oma väiksuse tõttu joonisel arusaamatuks või ka kujutamata jäänud detaili elementi. Sel puhul piiratakse see koht kinnise joonega (harilikult ringikesega) ning varustatakse osutjoone riulile kirjutatava järjekorranumbriga (rooma numbriga, joon. 31-3). Ringikesega piiratud koht joonestatakse joonise vabale pinnale suurendatult kas vaadena, lõikena või ristlõikena. Saadud kujutist nimetatakse *väljakantud elemendiks*. Väljakantud element tähistatakse sama järjekorranumbriga, mis kujutisel (vaatel) ning selle all antakse mõõdusuhe.

32. Detaili eskiisi valmistamine. Detaili mõõtmine

1. Eskiise valmistatakse olemasolevaist esemeist, nagu masina kulunud või purunenud osad, varuosad j.m., aga sageli ka uustoodangust selle konstrueerimisel ja projekteerimisel. Eskiise joonestatakse reeglina vabal käel ja silmamõõdu järgi. Proportsioonide osas lubatakse eskiisil mõningaid kõrvalekaldumisi originaalist, sest joonestades vabal käel ja silmamõõdu järgi on eskiismised proportsioonides paratamatud. Muus osas aga peab eskiis olema kõigiti korrektne ja kooskõlas jooniste kohta kehtivate üldnõuetega. Seepärast tuleb suhtuda eskiiside valmistamisse täie tõsidusega. Õpilaste graafilistest töödest suurema osa moodustavadki eskiisid. Nende valmistamisel ei tohi korrektsuse nõude osas teha mingeid järeleandmisi, sest hea silmamõõt ja osav käsi on vajalikud igaühele. Neid väärtuslikke omadusi aga arendab hästi just eskiiside valmistamine.

Eskiiside jaoks sobib koolis kasutada ruudulist kirjutuspaberit, võib aga kasutada ka valget (ilma joonteta) paberit. Eskiiside valmistamisel ei kinnitata paberit joonestuslauale ega kasutata ka joonlauda. Suuremate ringjoonte puhul võib õpilastele lubada ka sirkli kasutamist.

Nagu igal tehnilisel joonisel, nii ka eskiisil peab olema vaadete arv minimaalne, kuid siiski küllaldane detaili kuju täielikuks määramiseks. Sisekontuurid tuuakse esile võimalikult lõigete abil, mitte kriipsjoonte abil, sest suur kriipsjoonte arv kahandab joonise selgust (joonis muutub kirjuks).

Eskiisi valmistamine toimugu alltoodud järjekorras:

1. Tehakse kindlaks detaili otstarve, töösend ja materjal. Selleks tuleb detaili tähelepanelikult vaadelda ja uurida.

2. Seatakse detail ekraanide suhtes normaalasendisse, s. t. asendisse, mille puhul kõige iseloomulikum vaade (eestvaade) satub esiekraanile.

3. Tehakse kindlaks vajalike kujutiste minimaalne hulk, s. t. missugused vaated ja lõiked (nende hulgas kohtvaated, kohtlõiked, astmelised ja murdlõiked) on hädavajalikud.

4. Eraldatakse igale kujutisele vajalik ruum ning joonestatakse põhilised telgjooned.

5. Tõmmatakse peene joonega detaili nähtav kontuur eestvaatel.

6. Tehakse kindlaks kõik lihtsad geomeetrilised põhivormid (prisma, silinder, koonus, kera j.m.), mis selles detailis esinevad. Püüdes tabada õigeid proportsioone (mõõduvahekordi), esitatakse iga üksik geomeetiline põhivorm, alustades kõige olulisemast, kohe kõigil vaadetel, mis antud juhul joonisel esinevad. Niisiis tuleb keerukama detaili eskiisil vaateid arendada **s i m u l t a a n s e l t** (samaaegselt), hoolitsedes seejuures kogu aeg projektsioonilise seose eest detaili elementide kujutiste vahel.

7. Viimistletakse tulemust: joonestatakse välja vajalikud ümardused ning tõstetakse kontuurjooned esile tugevama (jämädama) joonega.

8. Varustatakse eskiis kõigi vajalike piirik- ja mõõtjoontega (mitte unustada nooli!) ning viimaste juurde kuuluvate kujumärkidega (R , \emptyset ja \square). Kontrollitakse hoolega kõigi vajalike mõõtjoonte olemasolu.

See kõik peab toimuma enne detaili tegelikku mõõtmist.

9. Mõõdetakse detail ning kirjutatakse iga tulemus mõõt- arvuna kohe vastavale mõõtjoonele.

Mõõtmistulemustesse tuleb suhtuda kriitiliselt, s. t. mõõtarve (millimeetrites) võib mõistlikkuse piires ümardada, kasutades normaalmõõtmete tabelit 7.

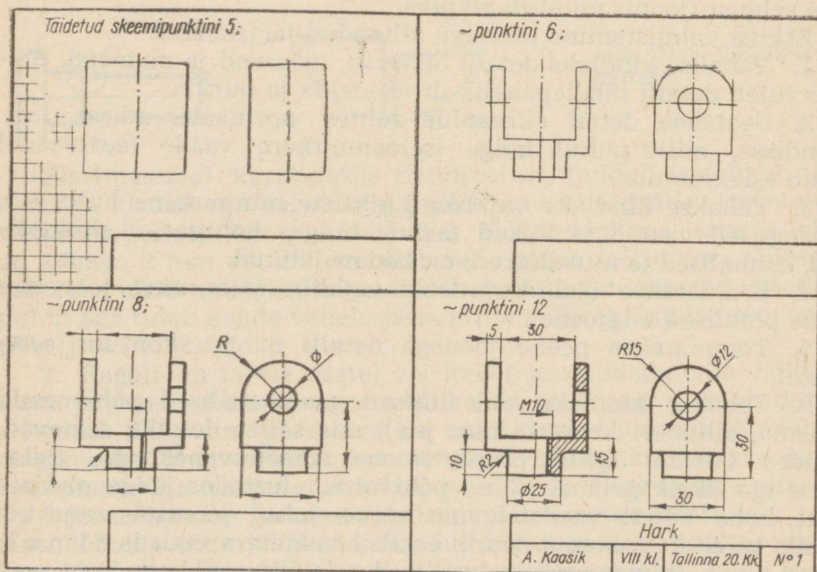
10. Lõikepinnad viirutatakse vabal käel.

11. Kirjutatakse vajalikud pealiskirjad, selgitavad märkused ning täidetakse kirjanurk.

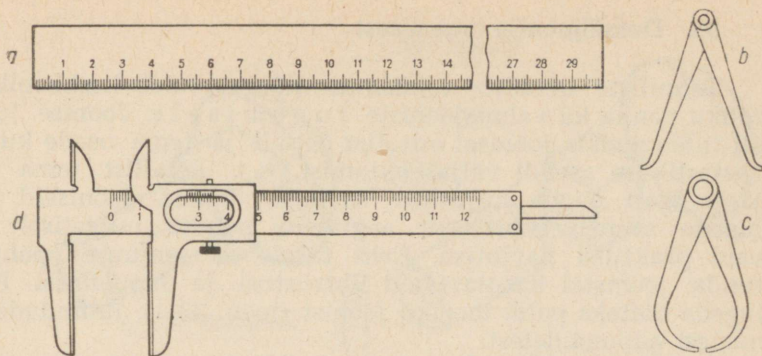
12. Kontrollitakse kogu valminud eskiis veelkordselt hoolega üle ning kõrvaldatakse kõik ilmnenud puudused.

Toodud skeemi järgi eskiisimise mõningaid etappe näeme joo- nisel 32-1, kus kujutamiseobjektiks on lihtne hark. Iga etapi juurde on märgitud, milliste skeempunktide täitmise järel on eskiis seesuguseks arenenud.

Eskiisimisel ei tohi detaili konstruktsiooni liialt lihtsustada; ei või jätta esitamata detaili suhteliselt väikseid kuid olulisi ele-



Joon. 32-1. Hargi eskiisi valmistamise etappe.



Joon. 32-2. Mõõteriistu: a — metalljoonlaud; b — sisetaster; c — välistaster; d — nihkkaliiber.

mente, nagu faasid, ümardused, sooned, kõrgendused jm. Nii on näiteks ümardused seesmiste servade juures olulised detailid tugevuse seisukohalt, sest teravad nurgad seinte sisepindade vahel soodustavad seal võimalikke murdumisi; detaili pealispinna kohaline kõrgendus aga võimaldab seda kohta töödelda (näiteks viilida), ilma et see vähendaks detaili seina paksust.

Teiselt poolt aga ei tohi detailide juures vajalikeks pidada nende valmistamisel tekkinud ebatäpsusi, nagu valuaukud, seinte ebahütlane paksus, kõrvalekaldumised aukude ilmselt sümmeetrilises paigutuses jm.

2. Lihtsamate detailide mõõtmisel kasutame järgmisi mõõteriistu (joon. 32-2): metalljoonlaud, tastrid (sise- ja välistaster), nihkkaliiber ja mikromeeter. Taster koosneb kahest omavahel liigendiga ühendatud harust. Mõõtmisel võetakse mõõdetav pikus riista harude vahele ning paigutatakse siis mõõtejoonlauale; viimaselt loetakse mõõt arv täismillimeetri täpsusega. Välistastri mõõdetakse seinte paksusi ja silindriliste detailide läbimõõte, sisetastri aga peamiselt avade läbimõõte. Kui mõõtu seatud tastrit ei saa avada kitsama kaela tõttu avast välja võtta, tõmmatakse tastrit harule teise haru järgi joon, mis võimaldab välja võtmisel kaotsi minevat seadet (mõõtu) hiljem taastada.

Kui detaili on vaja mõõta kohtadest, kuhu mõõteriistaga ligi ei pääse, võetakse neist kohtadest paberilehele jäljend. Jäljendi võtmisel surutakse paber vastu detaili pinda ning muljutakse servade kohalt «jooned» paberisse. Paberijäljendi abil on hõlbus uurida ka ebamäärase kujuga kõverjoonelisi servi, näiteks määrata nendes esinevate kaarte tsentreid jm.

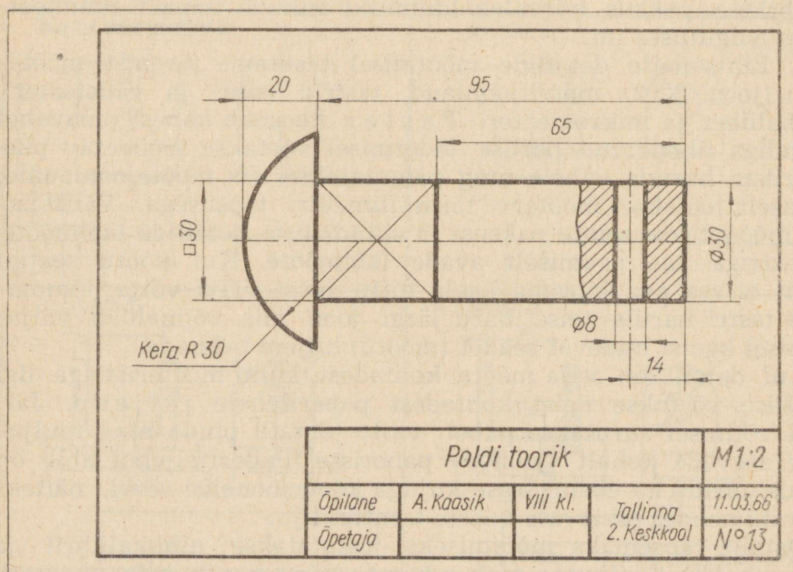
Detaili täpsemaks mõõtmiseks kasutatakse nihkkaliibrit ja mikromeetrit. Seejuures peab oskama mõõtvaru lugeda nooniusel abil, mida me aga siin ei käsitle.

33. Detailijoonise lugemisest

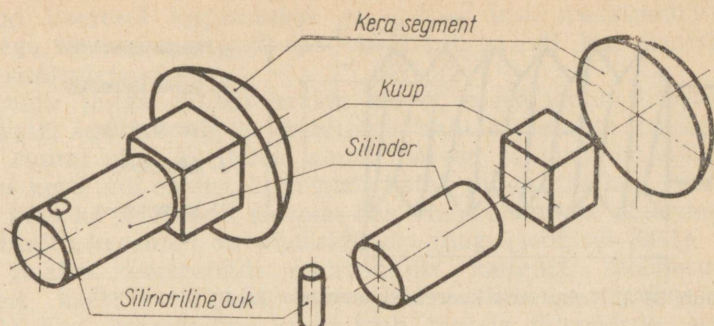
Tehniliste detailide eskiisimise kõrval tuleb keskkoolis suurt rõhku panna ka valmisjooniste lugemisele. Joonise lugemise all tuleb mõista joonisel esitatud detaili ja tema osade kuju ning vastastikuse asendi väljaselgitamist, s.t. detailist tema joonise järgi igati õige kujutluse saamist. Oskus jooniseid õigesti lugeda areneb suhteliselt aeglaselt, nõudes hulgaliselt vastavaid praktilisi harjutusi. Eriti tähtis on seejuures põhjalikult tunda joonistel kasutatavaid lihtsustusi ja leppelisusi. Püüame lugeda näiteks poldi tooriku joonist (joon. 33-1), juhindudes järgmistest näpunäidetest.

Joonise lugemine algab kirjanurgast, kus leiame detaili nime-tuse, materjali ja mõõdusuhte. Järgneb kõigi vaadete ja lõigete võrdlev vaatlemine ning juurdlev uurimine. Samal ajal pöörame tähelepanu ka mõõtmetele, et saada kujutlust detaili ja tema elementide tõelisest suurusest. Lõpuks selgitame välja keermed, kalded, koonilisused, faasid ja muud seesugused peensused.

Raskuspunktiks jooniste lugemisel on eseme kui keha tajumine (nägemine) ruumis tema kujutise, s. o. tasapinnalise «varjupildi» järgi. Kujutlusingutusi soodustab kehade liigendamine lihtsamateks koostisosadeks, eriti geomeetrilisteks kehadeks, nagu risttahukas, prisma, silinder, koonus, kera jm. (joon. 33-2).



Joon. 33-1. Poldi tooriku joonis.



Joon. 33-2. Poldi tooriku geomeetriselised osad.

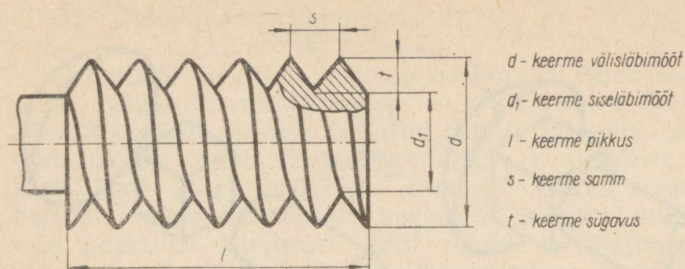
Harilikult on geomeetriselised kehad detailiks põimunud nii, et ühest ja teisest kuulub ainult osake sellele detailile. Sääraste sageli üsna nappide osakeste järgi tuleb kõigepealt kujutleda vastavaid geomeetrisi tervikvorme, alles siis saab selgeks ka viimaste omavaheline põiming (liitumine, lõikumine) ning seejuures tekkinud liite- ja lõikejooned nii kujutisel kui ka objektil. Seejuures tuleb tühemikke ja avasidki käsitada geomeetriseliste kehadena. Detaili geomeetriseliste vormide väljaselgitamisel teeme iga paari kohta kindlaks ka nende telgede vastastikuse asendi: kas teljed on ühtivad või paralleelsed, lõikuvad või kiivsed, risti või kaldu ja millise nurga all kaldu.

34. Keermetest ja nende kujutamist

Tehnilised detailid on sageli keermetatud. Keermestuse eesmärgiks on harilikult detailide omavaheline ühendamine. Neil puhkudel on tegemist nn. *kinnituskeermetega*. Sageli aga kasutatakse keermeid ka liikumise või jõu edasiandmise eesmärgil.

Kui keere on lõigatud varda, võlli või poldi pealispinnasse, siis on tegemist *väliskeermega*. Väliskeermega varustatud detaili nimetatakse üldiselt *kruviks*. Kui aga keere on lõigatud ava seinasse, siis on tegemist *siskeermega*. Vastavat detaili ennast nimetatakse üldiselt *mutriks*.

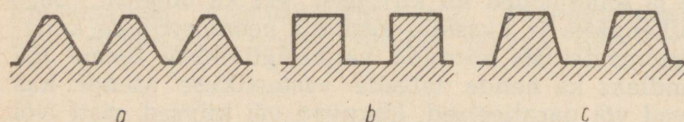
Nagu traati või nööri võib pulga ümber kerida kas päripäeva (paremale) või vastupäeva (vasakule), nii võivad ka keermed olla ehituselt kahesugused — paremkeermed ja vasakkeermed. Keere (nii kruvil kui mutril) osutub *paremkeermeks*, kui polt läheb paigalpäevasse mutrisse (või mutter paigalpäevale poldile) päripäeva pööramisel; vastasel korral on tegemist *vasakkeermega*, mille puhul kinnikeeramise toimub pööramisega vastupäeva. Vasakkeermeid kasutatakse tehnikas harva ja ainult eriotstarbeks.



Joon. 34-1. Kolmnurk-keeret iseloomustavad mõõtandmed.

Tähelepanuväärne on, et kruvi ja mutter ei sobi teineteisega kokku, kui ühel neist on parem-, teisel vasakkeere, kuigi keermed on muidu mõõtmeilt võrdsed.

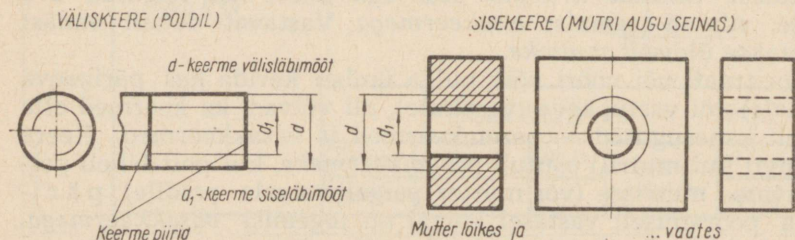
Keeret iseloomustavad mõõtmed (üldkujul) on esitatud joonisel 34-1. Samas näeme kohtlõikes ka antud keermes *profiili*, s. o. lõiget läbi telje. Keermeprofiilid võivad olla väga mitmesugused (joon. 34-2). Kinnituskäärmes on aga alati kolmnurkse profiiliga.



Joon. 34-2. Keermes profiile: a — kolmnurk-, b — ruut- ja c — trapetskeermes profiil.

Sõltumata keermes kasutamise otstarbest ja kohast ning keermesprofiilist, kujutatakse joonistel kõiki keermesid lihtsustatult ühel ja samal viisil, mis tundubalt hõlbustab keermes kujutamist. Lihtsustatud kujutamisel arvestame järgmisi reegleid (joon. 34-3):

1) väliskeermes (kruvil) näidatakse peene pideva joonega keermes siseläbimõõtu, sisekeermes (mutril) aga välisläbimõõtu;



Joon. 34-3. Keermes leppeline kujutamine.

2) varjatud keermel kujutatakse nii välis- kui siseläbimõõtu kriipsjoonega; 3) keermestatud osa piirid (nii kruvil kui mutril) esitatakse kontuurjoonega.

Nööri võib pulga ümber kerida nii, et keerd läheb tihedalt keeru kõrvale, aga ka nii, et keerdude vahele jäetakse esialgu parasjagu ruumi ning keritakse sinna pärast samasugust nööri vahele (üks kord või enam), kuni nöör katab pulga tihedalt. Analoogiliselt võib ka kermeid ehitada kas ühe või mitme keermeniidiga. Kinnituskermed on *üheniidilised* (nagu joonisel 34-1).

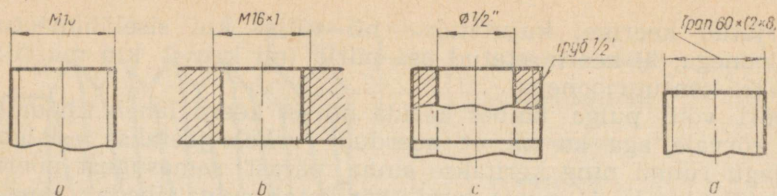
Kahe naaber-keermeniidi omavahelist kaugust, mõõdetud paralleelselt keermete teljega, nimetatakse keermete *sammuks* (joon. 34-1). Kui üheniidiline kruvi teeb mutris täispöörde, siis liigub ta telje sihis edasi täpselt ühe sammu võrra; mitmeniidiline kruvi aga liigub samal ajal vastavas mutris edasi nii mitu sammu, kui mitu niiti on keermes. Seepärast kasutatakse mitmeniidilisi kermeid seal, kus kruvi peab vähese pööramisega palju edasi liikuma (näiteks spindlite juures).

35. Keermete märgid ja keermete määramine

1. Tehnikas kasutatavad kermed on valdavas enamikus kolmnurkkeermed, s. t. nende profiil koosneb kolmnurkadest. Meetermõõdustikku kasutatavates maades antakse keermete välisläbimõõt millimeetrites ja võetakse keermete profiilkolmnurk võrdkülgne; keermete harjade ja põhjade juures olevad nurgad on siis kõik täpselt 60° . Seesuguseid kermeid nimetatakse *meeterkeermeteks*.

Erinevalt meeterkeermest antakse nn. *tollkeermetele* välisläbimõõt tollides ($1'' \approx 25 \text{ mm}$), kusjuures sammude arv ühes tollis on tavaliselt täisarv. Tollkermeid kasutatakse riikides, kus pole veel meetermõõdustikule üle mindud, näiteks Inglismaal, USA-s ja mujal. Vanemates seadmetes kohtame meilgi tollkermeid veel üsna sageli.

Meeterkeermete märgiks joonistel on täht M, mis asendab läbimõõdu märki mõõtme ees. Selle järele kirjutatakse arv, mis võrdub keermete välisläbimõõduga millimeetrites (joon. 35-1, a). Meeterkeermete välisläbimõõdud ja neile vastavad muud mõõtmed on standardiseeritud. Standardandmeid leiame tabelist 5 lk. 74; ühtlasi näeme siit, et meeterkermed jagunevad veel harilikeks ja peeneiks. Peenmeeterkeeret kasutatakse näiteks õhukese seinaga detailide puhul siis, kui läbimõõdule vastav harilik keere oma suure soonesügavuse tõttu lõikaks seina peaaegu läbi. Peenmeeterkeermel on samm ja vastavalt ka soonesügavus tunduvalt väiksemad. Peenmeeterkeermete mõõde joonisel erineb hariliku meeterkeermest omast sellega, et välisläbimõõtu näitavale arvule lisatakse veel kaldrist (loetakse «korda») ning selle järele kirjutatakse keermete samm (joon. 35-1, b).



Joon. 35-1. Keermemärkide kasutamine joonistel: a — harilik mee-terkeere; b — peenmeeterkeere; c — torukeere; d — trapetskeere.

Ka tollkeermes jagunevad harilikeks ja peeneiks, kusjuures peentollkeeret nimetatakse *torukeermeks*. Torukeerme puhul kasutatakse joonisel venekeelset sõnalühendit *Труб* ning lisatakse sellele toru siseläbimõõt tollides. Et torukeerme märkimisel on mõõtaval hoopis teine tähendus kui harilikult (ta ei tähenda keermes välisläbimõõtu, vaid toru siseläbimõõtu), siis ei või teda ka kirjutada välisläbimõõdu mõõtjoonele; selle asemel kasutatakse siin riulit, millelt viitejoon viib toru keermestatud seinapinnale (joon. 35-1, c).

Keermemärgid tollides sisaldavad sageli murdarve $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ ja $\frac{3}{4}$, mis torukeerme märkimisel kirjutatakse nimelt kaldkriipsuga; kümnendmurdudega neid siin asendada ei tohi.

Tabel 5

Kolmnurkprofiiliga keermesid läbimõõduga 5–50 mm

Harilik- ja peenmeeterkeermes								Torukeermes			
Keermes välisläbimõõt (mm)	Keermes samm (mm)							Keermes märk	Keermes välisläbimõõt (mm)	Keermes samm (mm)	
	Harilik	Peen									
5	0,8	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	
6	1	—	—	—	—	—	0,75	0,5	—	—	
8	1,25	—	—	—	—	1	0,75	0,5	—	—	
10	1,5	—	—	—	1,25	1	0,75	0,5	—	—	
12	1,75	—	—	1,5	1,25	1	0,75	0,5	Труб $\frac{1}{4}$ "	13,2	1,34
16	2	—	—	1,5	—	1	0,75	0,5	Труб $\frac{3}{8}$ "	16,7	1,34
20	2,5	—	2	1,5	—	1	0,75	0,5	Труб $\frac{1}{2}$ "	21,0	1,81
24	3	—	2	1,5	—	1	0,75	—	—	26,4	1,81
30	3,5	—	2	1,5	—	1	0,75	—	Труб $\frac{3}{4}$ "	33,3	2,31
36	4	3	2	1,5	—	1	—	—	Труб 1"	—	—
42	4,5	3	2	1,5	—	1	—	—	Труб $1\frac{1}{4}$ "	41,9	2,31
48	5	3	2	1,5	—	1	—	—	Труб $1\frac{1}{2}$ "	47,8	2,31

Märkus. Keermesid läbimõõtudega 14, 18, 27, 33 ja 39 pole esitatud.

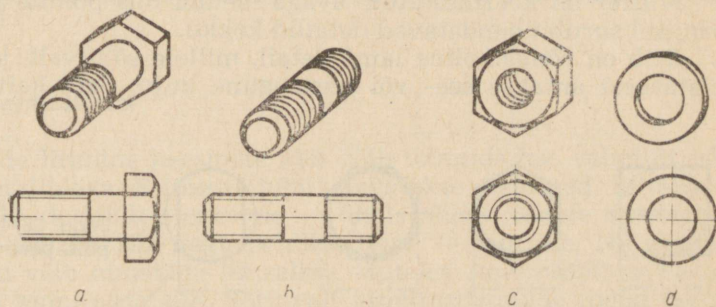
Trapetsprofiiliga keermes märkimisel kasutatakse välisläbimõõdu ees venekeelset sõnalühendit *Тпан* (joon. 35-1, *d*). Mitme- niidiliste keermete korral antakse välisläbimõõdu järel sulgudes esimesel kohal niitude arv, teisel kohal samm; arvude vahel kasu- tatakse kaldristi, mida loetakse sõnaga «korda» (joon. 35-1, *d*). Kui erandlikult on tegemist vasakkeermega, siis lisatakse tema mõõt- mele joonisel kas eestikeelne sõna «vasak» või venekeelne lühend «лев».

2. Keermes määramise alsi tuleb mõista antud konkreet- sel juhul keeret iseloomustavate andmete kindlakstegemist. Kõige- pealt tehakse vaatlusega kindlaks keermes profiil. Kolmnurkse profiiliga keere on kas harilik-, peenmeeter- või torukeere.¹ Edasi mõõdetakse kas keermes välis- või siseläbimõõt ja samm. Sammu kui suhteliselt väikese suuruse saame täpsemalt, kui mõõdame mitte ühe- vaid 10 või 5 sammu ning jagame tulemuse võetud sammude arvuga. Keermes läbimõõtu ja sammu teades võrdleme neid tabelis toodud andmetega (vt. tabel 5). Tabelist vastavaid andmeid mitte leides on tegemist mingi keermesga, mida me käes- olevas õpikus ei käsitle.

Seesugusel keermes määramisel tuleb teada, et keermes samm peab täpselt sobima tabelis antud sammuga, välisläbimõõt aga ei tarvitse täpselt klappida, sest varras, millele keere peale lõigati, võis olla standardsest pisut peenem või jämedam.

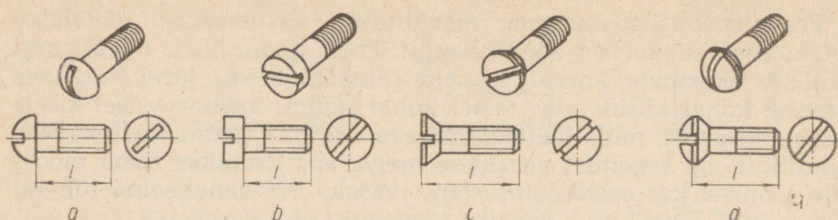
36. Keermesstatud kinnitusedetailid

Detaile, mida kasutatakse muude detailide ühendamiseks, nimetatakse *kinnitusedetailideks*. Masinaehituses on sagedamini esinevateks kinnitusedetailideks polt, tikkpolt, mutter, seib ja kruvid (joon. 36-1 ja 36-2). Tänu keermesle tagavad need kindla ühenduse, mida on hõlbus kokku ja lahti monteerida.



Joon. 36-1. Kinnitusedetailid: *a* — kruvipolt; *b* — tikkpolt; *c* — mutter; *d* — seib.

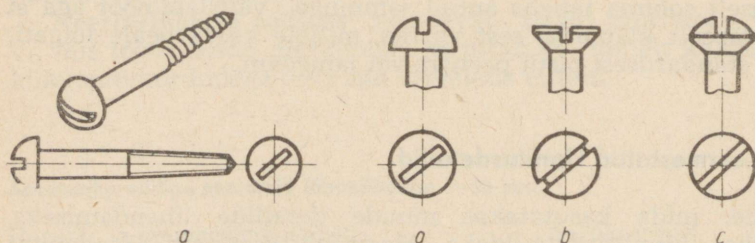
¹ Vanemates seadmetes võib esineda ka tollkeermesid.



Joon. 36-2. Mitmesuguse peaga metallikruvisid: a — ümarpeaga; b — silindripesaga; c — peitpeaga; d — poolpeitpeaga.

*Polt*¹ on silindriline varras, mille üks ots on keermestatud, teine ots aga lõpeb suurema mitmekandilise peaga, enamasti kuue- või neljakandilise, mida saab mutrivõtmega keerata. Polti kasutatakse alati koos mutriga.

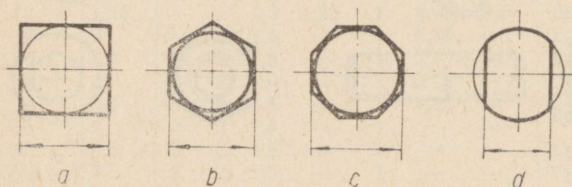
Tikkpolt on mõlemast otsast keermestatud silindriline varras; ta keeratakse ühe otsaga kuni keerme lõpuni tugevasti detailisse, tema teise otsa aga keeratakse mutter.



Joon. 36-3. Puidukruvid: a — ümarpeaga; b — peitpeaga; c — poolpeitpeaga.

Mutter on keermestatud avaga detail, mis poldile peale keeramisel surub ühendatavad detailid kokku.

Seib on rõngataoline lame detail, millele sõltuvalt kasutamise otstarbest antakse see- või teistsugune kuju. Seib kaitseb mutri



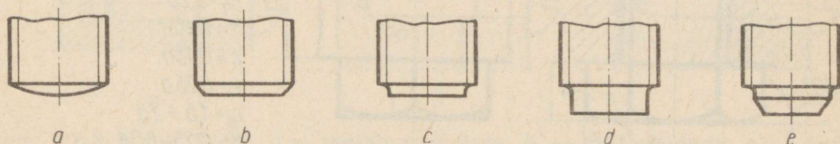
Joon. 36-4. Mutrite ja poldipeade kujusid.

¹ Keermestatud poldi mõnevõrra täpsemaks nimetuseks on kruvipolt.

alla jäävat pinda vigastuste eest mutri pingulekeramisel, ühtlustab ja vähendab pinget mutri all olevale pinnale ning takistab mutri lahtikeerumist tõugete ja pörutuste mõjul.

Kruvid jagunevad *metalli-* ja *puidukruvideks*; esimesed on silindrilised ja järsult lõigatud otsaga, teised pisut koonilised ja terava otsaga. Kruvil on suhteliselt väikese suurusega pea ja selles soon (sisselõige), mis võimaldab kruvi keeramist kruvitsaga.

Kruvid erinevad poldist selle poolest, et neid ei kasutata koos mutriga. Kui kruvi telg on joonisepinnaga risti, siis kruvipea kujutisel antakse soon leppeliselt 45° alla pööratult (vt. joon. 36-2 ja 36-3).



Joon. 36-5. Kruvipoltide ja kruvide otsakujusid.

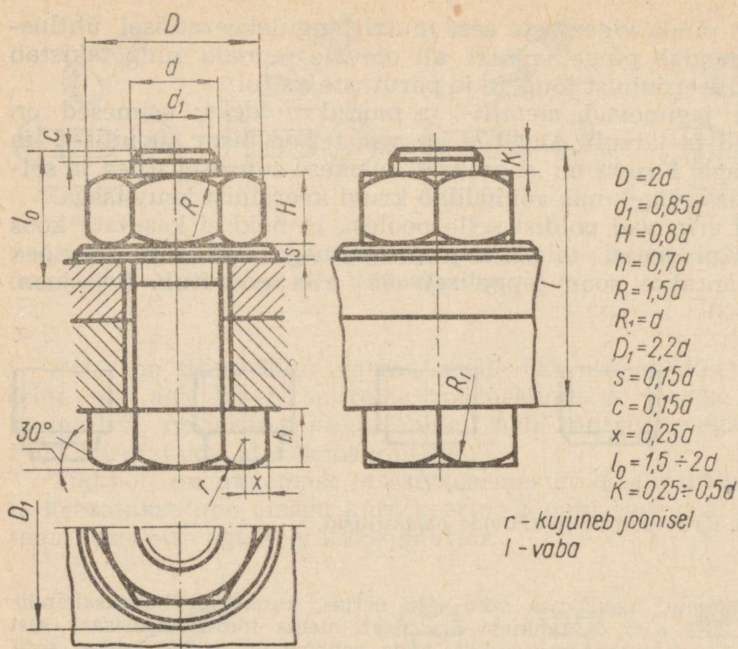
Mutter, samuti poldi pea võib olla nelja-, kuue- või kaheksakandiline (joon. 36-4, a, b, c); tahkude arv peab olema nimelt paarisarv, sest muidu ei saaks kasutada mutrivõtit. Mida rohkem on mutril tahke, seda vähem ruumi vajatakse mutri keeramiseks võtme abil, teiselt poolt aga on mutri valmistamine siis tülikam ning mutri nurkade mahakeeramise oht suurem. Puitkonstruktsioonides, kus monteerimisruum on avaram, kasutatakse harilikult neljakandilisi, metallkonstruktsioonides aga kuuekandilisi mutreid ja poldipäid. Kasutatakse ka silindrilisi päid, millele kahe ärälõikega on tehtud paralleelsed põsed võtmega haaramiseks (joon. 36-4, d). Mutri (samuti poldipea) võtmemõõtmeks loetakse kaugus paralleelsete külgtahkude vahel (joon. 36-4).

Polt, tikkpolt ja kruvi võivad keermestatud otsast lõppeda mitmel erineval viisil. Kuuekandilise peaga poldidel on ots harilikult koonuseline või sfääriline (joon. 36-5, a, b). Kruvipoldi seesugune ots hoiab ära esimeste keerdude vigastamise poldi väljalöömisel tema pesast. Eriotstarbel tehakse kruvid otsast pikemalt või lühemalt silindrilised või koonuselised (joon. 36-5, c, d, e).

37. Keermesliited

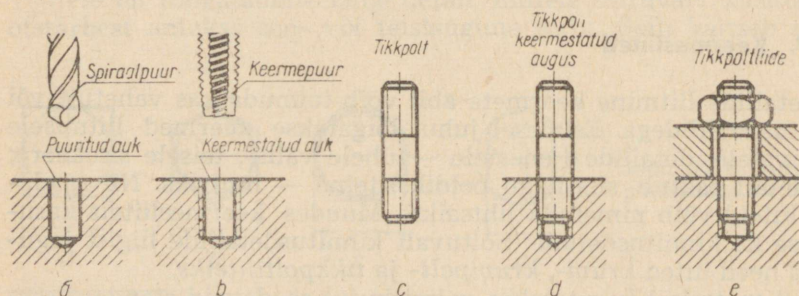
Detailide liitmine keermete abil võib toimuda kas vahetult või kinnitusdetailidega. Esimesel juhul lõigatakse keermesliitmisele kuuluvatele detailidele enestele — ühele välis-, teisele sisekeere; üks detail osutub siis nagu poldiks, teine — mutriks. Nii saada- vaid liiteid võib nimetada lihtsaiks. Muudes keermesliiteis kasu- tatakse ka kinnitusdetaili. Sõltuvalt kinnitusdetailide liigist jagu- nevad need liited *kruvi-*, *kruvipolt-* ja *tikkpoltliiteiks*.

Kui tootmisel kasutatakse valmiskujul saadavaid standardisee- ritud kinnitusdetaili, siis tööjooniseid neist harilikult enam ei



Joon. 37-1. Kruvipoltliide; tema kinnitusdetailide leppelised mõõduvahekorrad.

tehta. Küll aga tuleb neid sageli näidata koostamisjoonistel. Nende väljajoonestamiseks vajalikud mõõtmed võetakse siis leppeliselt, lähtudes keermepoldi (poldi) välisläbimõõdust. Joonisel 37-1 näemegi leppeliselt väljajoonestatud kruvipoltliidet. Konkreetsel juhul esitatakse ainult kõige olulisemad mõõtmed: 1) poldi pikkus (s. o. poldiosa pikkus ilma peata); 2) keermestatud osa pikkus; 3) keermepõõde.



Joon. 37-2. Tikkpoltliide saamine.

detailide nimetused, hulk, materjal ja muud vajalikud andmed. Spetsifikatsioonis leiduvate andmete järgi tehakse eseme tootmise eel kõik vajalikud kalkulatsioonid, pärast aga kasutatakse tabeli andmeid detailide komplekteerimisel.

Detailide nimetused antakse spetsifikatsioonis võimalikult üldkasutatava terminoloogia kohaselt, nagu kolb, polt, kaas jne. Spetsiaalse nimetuse puudumise korral aga antakse nimetus, arvestades detaili geomeetrilist kuju, näiteks koonus, silinder, plaat jm. Eelistada tuleb lühikesi, võimalikult ühesõnalisi nimetusi, kasutades neid ainsuse nimetavas käändes.

Materjalide näitamisel kasutatakse spetsifikatsioonis standardsortimendi märkide leppelisi tähiseid ja numbreid. Nii näiteks on terase tähistuseks Ст (venekeelsest sõnast сталь — teras), malmi tähisteks СЧ (серый чугун), КЧ (ковкий чугун) jm. Tähtedele järgnevad numbrid näitavad materjali tugevust. Pronksi tähiseks on Бр (бронза), millele järgnevad tähed ja numbrid näitavad sulamis kasutatud põhilisi keemilisi elemente ning nende kogust protsentides.

Et hõlbustada spetsifikatsioonis nimetatud detaili leidmist joonisel ja ümberpöörduvalt, märgitakse iga detail tema kujutisel ja spetsifikatsioonis sama järjekorranumbriga, nn. *positsiooninumbriga*. Positsiooninumbrid rivistatakse joonisel kas ringikestesse või nn. *riiulitele*, mis on osutjoonte kaudu seotud vastavate detailidega kujutisel. Numbrit, mida detail kannab koostamisjoonisel, kannab ta ka oma tööjoonisel.

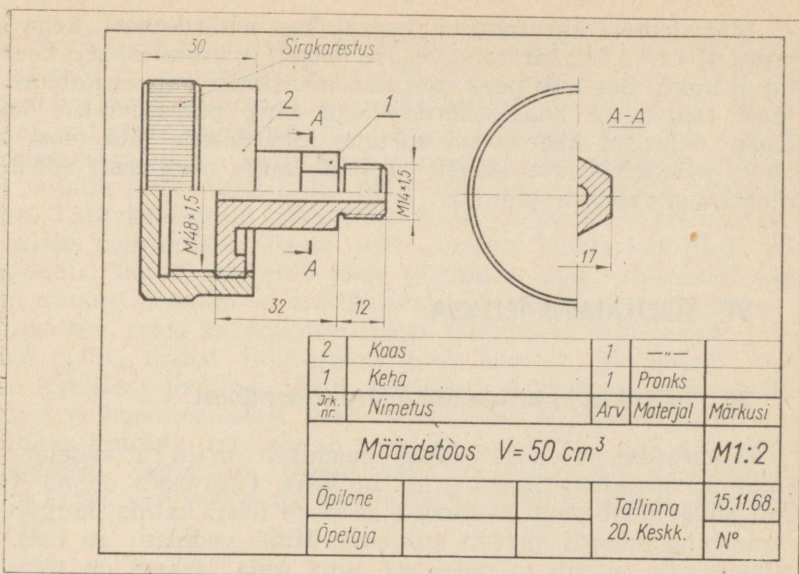
39. Koostamisjoonise lugemisest

Koostamisjoonise lugemise all tuleb mõista joonisel kujutatud seadme või sõlme ehituse ja töötamisviisi lahtimõtestamist. Töötamisviisist arusaamise hõlbustamiseks lisatakse seadme koostamisjoonisele sageli ka vastav kirjalik selgitus.

Koostamisjooniste lugemise oskust läheb vaja igal inimesel, kes tahab põhjalikumalt tutvuda mistahes uue seadmega. Erilist tähtsust aga omab koostamisjooniste lugemine tehastes, kus toimub toodetud detailide kokkumonteerimine või siis valmistoodangu lahtimonteerimine (näiteks remondiks).

Koostamisjoonise lugemisoskuse arendamiseks on kasulik neil joonistel seotult esinevaist detailidest teha üksikuid tööjooniseid. Arusaadavalt peab seejuures taipama valitud detaili otsarvet ühendis ning tema seost naaberdetailidega.

Koostamisjoonise lugemine algab kirjanurgast ja spetsifikatsioonist — sealt leiame detailide nimetused. Et detailidele nimetusi andes sageli lähtutakse just nende geomeetrisest kujust, siis võib juba üksnes nimetust nähes luua endale detailist kujutluse, mis aitab teda joonisel leida. Detaili otsime koostamisjoonisel



Joon. 39-1. Määrdeotsi koostamisjoonis.

kõigepealt üles sellelt kujutiselt, kus ta on varustatud positsiooni- numbriga. Teistelt kujutistelt leiame ta siis kätte, jälgides projektsioonilist seost (s. t. mõeldavaid sidejooni) ning viirutusi lõikeil.

Näide. Joonisel 39-1 on kujutatud lihtne sõlm, mida kasutatakse tahke määrdeainega (tavotiga) määrimisel. Kirjanurgast loeme sõlme nimetuse «määrdeots» ning toosi mahu 50 cm^3 . Mõõdusuhe $M 1:2$ näitab, et määrdeots on joonestatud vähendatult. Spetsifikatsioonist nähtub, et toos koosneb kahest detailist: kehast (positsiooni nr. 1) ja kaanest (positsiooni nr. 2). Joonisel on määrdeots kujutatud kaksvaates, nimelt eestvaates ja vasakultvaates, kusjuures mõlemad vaated on lõigetega.

Eestvaatel on kasutatud lõiget sümmeetriasapinnaga, seepärast pole seal lõiget tähistatud. Lõikest näeme, et kaas on kehale peale keeratud meeterkeermega $M 48 \times 1,5$. Joonisel on kõik varjatud kontuurid (kriipsjooned) kui tarbetud jäetud kujutamata, mida tuleb detaili kuju lahtimõtestamisel arvestada.

Vasakultvaatel esinev lõige $A-A$ ei ühti keha sümmeetriasapinnaga; seepärast on lõikamise koht näidatud ja tähistatud ka eestvaatel. See lõige näitab, et keha on sel kohal mutri- (korrapärase kuusnurkse prisma) kujuline.

Eestvaatel, kus mõlemad detailid on näha lõikes, on erinevad detailid viirutatud erinevates suundades; seevastu sama detail (keha) on viirutatud ühesuguselt mõlemas vaates.

Määrde toosi kasutamisel keeratakse määrde toosi keha keermega M 14×1,5 määramist vajava detaili (näiteks laagri) keermestatud auku. See auk peab ulatuma määrimist vajava kohani. Seejärel täidetakse kaas määrdeainega ning paigaldatakse kohale. Kaane edasisel keeramisel surume määrdeaine läbi toosi kehas oleva silindrilise ava laagris olevasse auku ning sealt edasi juba määrimist vajavale pinnale.

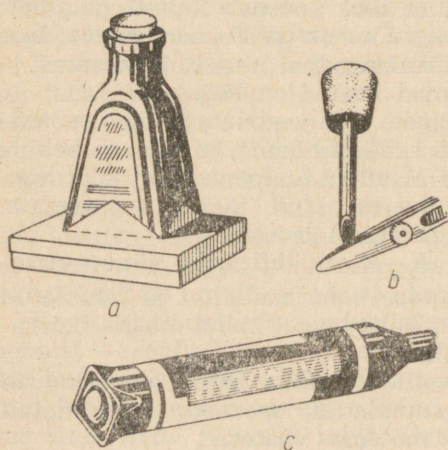
VI. TÖÖTAMINE TUŠIGA

40. Tuššidest ja tušiga töötamise vahenditest

Joonestamisel kasutatakse peamiselt musta vedelat tušši, mida turustatakse pudeleis ja tuubides. Tušš peab olema värvuselt sügavmust ning veekindel; ta peab hästi katma, kergelt voolama ning paberil kiiresti kuivama. Mida vedelam on tušš, seda sügavamalt tungib ta paberisse ning seda raskem on tõmmatud jooni kustutada (välja kaapida). Tušš rikneb, kui teda hoitakse ruumis, mille temperatuur on alla 0°.

Värvilistest tuššidest mainime sinist, punast ja rohelist. Puhtgeomeetrilistel joonistel võib kasutada ühte neist mitmesuguste abijoonte tõmbamiseks (sidejooned, konstruktsioonijooned jm.). Värviliste tuššidega saab aga puhtalt töötada ainult kõige parematel joonestuspaberitel.

Kork võetakse tuššipudelilt ära ainult tuši võtmise momentidel. Korgi küljes on toruke, mille otsaga viiakse redis- või joonsulesse



Joon. 40-1. a — tuššipudel pappkarbis; b — tušši viimine joonsulesse; c — tuššituub.

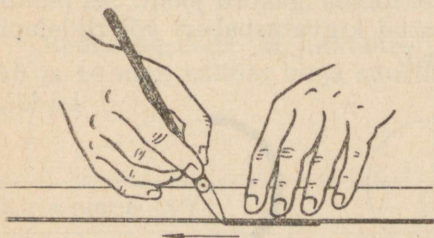
paras annus tušši (joon. 40-1, b). Pudeli ümbermineku vältimiseks võib asetada ta pappkarbi kaande lõigatud avasse (joon. 40-1, a).

Pudelist praktilisemaks anumaks osutub tuššituub (joon. 40-1, c), mille pea on varustatud nõelpeene avaga, põhi aga elastse kummimembraaniga. Vajutades sõrmega membraanile, valgub avast vajalik hulk tušši välja ning seda saab juhtida vahetult sulesse. Tühjaks saanud tuubi võib uuesti täita, kõrvaldades täitmise ajaks membraani. Tuubi võib asetada lauale kas püst- või rõhtasendis. Tuubi ava võib jätta töötamise ajal sulgemata, sest see on niivõrd peenike, et sealtkaudu pole tuši kuivamist karta.

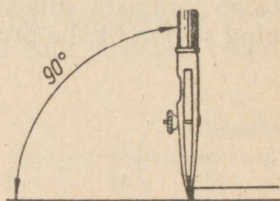
Sulgedest, mida kasutatakse tuššiga töötamisel, kõnelesime juba eespool (§ 5). Erilist tähelepanu tuleb pöörata joonsulele, sest joonte kvaliteet joonisel sõltub peamiselt joonsulest, tema hooldamisest ja korrastamisest, eriti teritamisest. Joonsule teritamine on tülikas toiming, mis nõuab aega ja kannatust, aga ka oskusi ja teadmisi. Sageli on õigem see töö usaldada asjatundliku meistri kätte, sest oskamatu teritamisega võib joonsule hoopiski rikkuda.

41. Tuššiga töötamise tehnika, joonise tuššiga katmise järjekord ning tuššijoonisel paranduste tegemine

1. Joonsulega ei tõmmata jooni mitte vabal käel, vaid alati T-joonlaua või kolmnurga abil. Joone tõmbamisel toetub parem käsi pisut kõverdatud väikese sõrme küljele (joon. 41-1), sulge aga hoitakse kolme sõrme abil nagu sulepead kirjutamisel. Tõmbamise ajal kallutatakse sulge tõmbe suunas, kuid sule ülemine ots ei tohi kalduda ei joonestaja poole ega temast eemale (joon. 41-2). Vasaku käega hoitakse T-joonlauda (kolmnurka, lekaali).

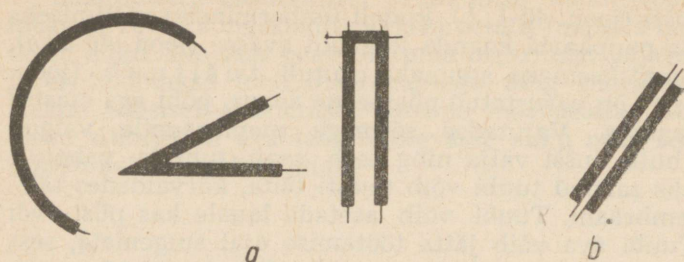


Joon. 41-1. Joone tõmbamine joonsulega.



Joon. 41-2. Joonsulge ei tohi kallutada enda poole ega väljapoole.

Tuššiga töötamisel esineb oht, et tušš satub joonlaua ääre alla. Selle vältimiseks on soovitatav kolmnurkade ja T-joonlaua ääreksandid liivapaberiga pisut faasida. Pliiatsijoonte ületõmbamisel tuššijoonetega tuleb need tõmmata nii, et pliiatsijoon jääks tuši-



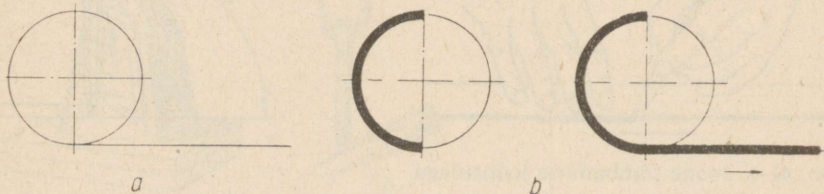
Joon. 41-3. Pliiatsijoonte katmine tušiga.

joone teljeks (joon. 41-3, a). Sellest reeglist võib kõrvale kalduda ainult siis, kui tekib jämedate tušijoonte liitumise oht (joon. 41-3, b).

Tušši pannakse joonsulesse parajasti niipalju, et sellest jätkuks vähemalt ühe tervikliku joone tõmbamiseks. Keskmiselt peaks tušipiisk ulatuma 5—7 mm kõrguseni joonsule otsast. Liigselt tušiga täidetud sulg on ohtlik ning kahjustab ka joone puhust.

Ringjoonte tõmbamisel tušiga kallutatakse sirkli pisut tõmbe suunas. Tõmme peab olema kerge ja ühtlane. Suuremate ringjoonte puhul käänatakse enne sirkli nõel ja joonsulg šarniirist nurga alla nii, et sirkliharude otsad oleksid tööasendis paberipinnaga enam-vähem risti (samuti nagu joonistel 5-6, a, b grafiidiga vahetusotsa kasutamisel).

Iga uue täitmise eel ning pärast töö lõppu tuleb joonsulge puhastada pehme lapiga, mis hästi imendab vedelikku. Kuivanud tušš tuleb sulest eemaldada, sulg puhastada ning alles pärast seda võib sule uuesti tušiga täita. Kui tušiga täidetud joonsulg on töö käigus veidi aega seisnud, siis ta ei tõmba igakord joont. Sel puhul tuleb tõmmata sulega üle niisutatud kuivatuspaberi või riidelapi ning seejärel kohe proovida paberil.



Joon. 41-4. Seostatud joonte tušiga katmise järjekord: a — eeltöö pliiaatsis; b — tušiga kaetakse enne kaar, siis sirge.

Seostatavate joonte puhul tõmmatakse enne kaar ja siis seda jätkav sirge, kusjuures sirge tõmbamist alustatakse liitepunktist (joon. 41-4).

2. Pliiatsis lõpetatud joonise tušiga katmise järjekord oleneb seejuures esineda võivatest vääratustest. Kõigepealt tuleb tõmmata need jooned, mille juures vääratamise võimalused on suuremad, sest vääratusi on hõlpsam parandada siis, kui naabruses ei leidu veel teisi tušijooni. Soovitavaks võiks lugeda järgmist järjekorda: 1) ringikesed nullsirkliga, 2) lekaalkõverad, 3) ringjooned ja kaared (alustatakse suurematest), 4) jämedamad sirgjooned, 5) mõõt-, piirik-, telg- ja abijooned, 6) nooled, mõõt-arvud ja kirjad joonise pinnal, 7) pindade katmine (viirutamine), 8) kirjanurga, spetsifikatsiooni, märkuste jne. kirjutamine.

Enne pinna katmist viirutuse, täpitude või akvarelliga tuleb joonis pliiatsijoonetest puhastada.

3. Pärast tušiga katmist tuleb kontrollida, et kõik joonte ristumiskohad oleksid puhtad, et ei esineks nurkades ületõmmatud jooneotsi, karedusi, paisumisi jne. Leitud defektide kõrvaldamisel kasutatakse kaapimist, löikamist ja täiendamist peensule abil.

Suuremate vigade korral tuleb vigane koht puhtaks kaapida kas kumerdatud žiletiteraga või terava taskunooga. Kvaliteetse paberi pind jääb pärast hoolikat kaapimist siledaks ja tarvitamis-kõlblikuks.

Halvemal paberil kasutatakse tušijoonete defektide kõrvaldamiseks löikamist. Nimelt löigatakse vea kõrvale terava taskunooga madal arm ja teiselt poolt sellele vastu nõnda, et paberi pinnast eemaldub väike laastuke koos vastava defektiga. Lõpuks võib parandatud kohta siluda, kattes selle enne puhta paberiga, et joonis hõõrumisel ei määrduks.

42. Standardkirja kirjutamine redissulgedega

Redissulgedega kirjutatakse standardkirjad kõrgustega 5, 7, 10 ja 14 mm, valides kirja suurusele vastava sule järgmise tabeli põhjal.

Tabel 6

Kirja suurus (N°)	5	7	10	14
Redissulg (mm)	$\frac{3}{4}$ või $\frac{1}{2}$	1 või $\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$ või 1	2 või $1\frac{1}{2}$

Tušikirjale tõmmatakse samasugune joonestik nagu pliiatsikirjalegi (vt. joon. 9-2). Ühtlase kirja saavutamiseks püütakse tähed paigutada üksteise kõrvale nii, et tähtede vahele jäävad pinnad oleksid suuruselt umbkaudu võrdsed. Seejuures nõuavad

erilist tähelepanu pealt või alt ahenevad tähed, nagu *A, V, L, J* jt., mis peavad paiknema oma naabertähtedele lähemal kui muud tähed (joon. 42-1). Tähejooni on mugavam ja kindlam tõmmata suunaga ülalt alla ja vasakult paremale. Eriti tuleb silmas pidada ümarate tähtede vormi — need tähed on oma keskosas piiratud paralleelsete sirgetega. Kui neid tähti kirjutada keskelt laienevalt, nagu see algajal kirjutajal sageli juhtub, siis kaotab kiri oma ühtluse ja ilu.

STANDARDKIRI N° 7

Standardkiri N° 7

STANDARDKIRI N° 5 Standardkiri

STANDARDKIRI N° 3,5 Standardkiri

Joon. 42-1. Standardkirja kirjutamise näiteid.

Tušikirjade harjutamiseks võib oma varemalt pliiatsis tehtud korralikke kirju hiljem tušiga üle tõmmata. Lõppeesmärgiks on tekstide kirjutamine ridu piiravate joonte vahele täiesti vabalt, silmamõõdu järgi.

Rooma numbrid koostatakse ladina tähtedest *I, V, X, L, C* ja *M* (vt. joon. 9-1). Tähtede *ä, ö* ja *ü* tipud peavad olema punktikuju- lised, mitte komakujulised; tähe *õ* pealis olgu sirge.

VII. PUNKT, SIRGJOON JA TASAPIND MONGE'I MEETODIL

43. Punkti kaksvaade ja kolmvaade

1. Paragrahvis 26 juba käsitlesime eseme kaks- ja kolmvaate tuletamist. Samu põhimõtteid kasutame siingi, esemeks aga võtame esialgu ainult üheainsa punkti. Tuletame näiteks punkti *A* kaks- vaate (joon. 43-1). Joonise vasakpoolsel osal (*a*) on näitlikult kujutatud olukorda projekteerimisel, parempoolsel osal (*b*) aga

vastavat kaksvaadet, s. o. tulemust, mis saadakse põhiekraani pööramisel esiekraani tasapinnale. Ekraanide kui pinnatükkide piirjooned jätame kaksvaatel edaspidi joonestamata. Punkti A kaksvaadet märgime kirjas lühidalt (A'' , A'), kus A'' on punkti A eestvaade ja A' pealtvaade. Punkti A kaksvaade määrab täielikult punkti A asukoha ruumis nii ühe kui teise ekraani suhtes.

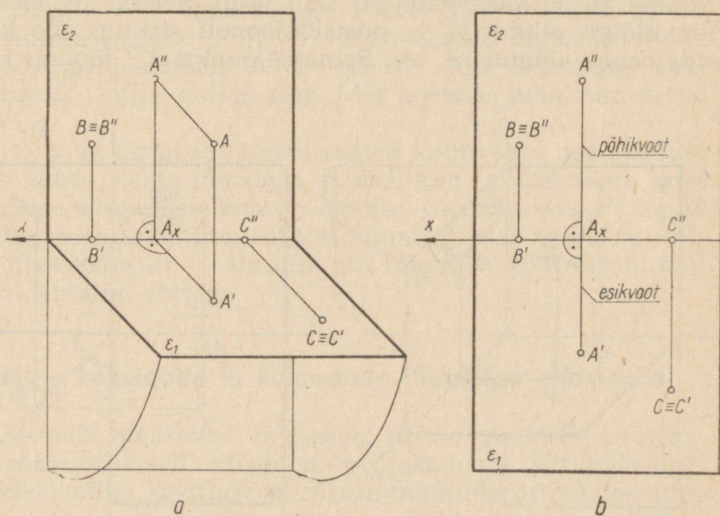
Projektsioone A'' ja A' ühendav sirge (sidejoon) on alati risti kaksvaate teljega ehk ekraanide lõikesirgega, mille tähistame tähega x .

Punkti A kaugust põhiekraanist ehk *põhikvooti* mõõdab eestvaate A'' kaugus kaksvaate teljest, s. t. $A''A_x = AA'$; kaugust esiekraanist ehk *esikvooti* aga mõõdab pealtvaate A' kaugus teljest, s. t. $A'A_x = AA''$.

Kui punkt on esiekraanil (nagu B joonisel 43-1), siis tema pealtvaade A' on x -teljel; kui aga punkt on põhiekraanil (nagu C joonisel 43-1), siis tema eestvaade on x -teljel.

2. Põhi- ja esiekraanile lisaks võib rakendada veel kolmandat ekraani, nn. külgekraani ε_3 , mis võetakse risti x teljega. Seega on ta risti nii põhi- kui ka esiekraaniga. Ruumpunkti A ristprojektsiooni külgekraanil nimetatakse *vasakultvaateks* ning tähistatakse A''' (loe: A tertsi; joon. 43-2, a). Punkti A kaugust külgekraanist (s. o. lõiku AA''') nimetatakse punkti A *külgekvoodiks*.

Külgekraan lõikab põhi- ja esiekraani mööda telgsirgeid y ja z . Pöörates ekraanid ε_1 ja ε_3 esiekraani ε_2 tasapinnale, saadakse



Joon. 43-1. Punkti kaksvaate saamine näitlikult (a) ja vastav kaksvaade (b).

projektsioonikolmik, mida nimetatakse punkti A kolmvaateks (joon. 43-2, b). Telg y on nüüd sattunud joonisepinnale kahel korral — nimelt kohale y_1 põhiekraani pöörämisel ning kohale y_3 külgekraani pöörämisel (joon. 43-2, b). Joonise 43-2 osi (a) ja (b) võrreldes pole raske kolmvaatelt (b) leida punkti A kvoote ehk kaugusi ekraanidest: põhikvoot $A''A_x$ ja esikvoot $A'A_x$ on juba tuttavad eestpoolt, külkvoodi aga leiame kolmvaatelt lõigu $A''A_z$ näol, mis arusaadavalt võrdub kvootlõiguga AA''' ruumis.

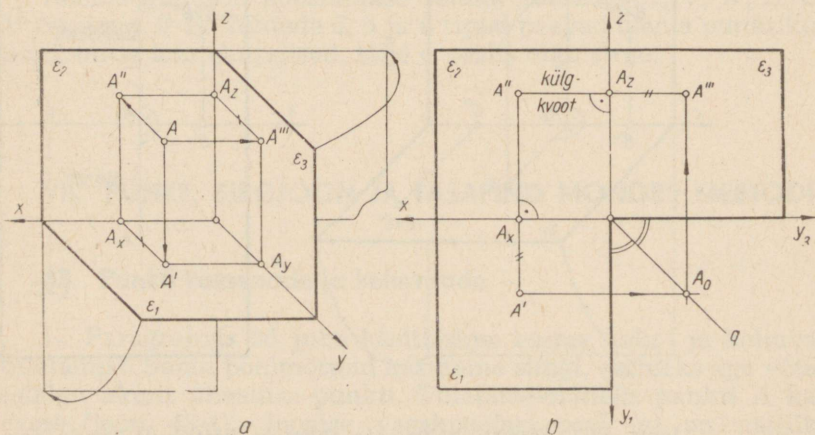
Joonise 43-2 osi (a) ja (b) võrreldes märkame veel, et punkti A esikvooti AA'' mõõdab kolmvaatelt (b) nihästi lõik $A'A_x$ kui ka lõik $A'''A_z$ (risttahuka paralleelsed küljed). Seda asjaolu nimetatakse ka kolmvaate peamomaduseks. Punkti A puhul väljendab seda järgmine võrdus:

$$A'''A_z = A'A_x, \text{ s. t.}$$

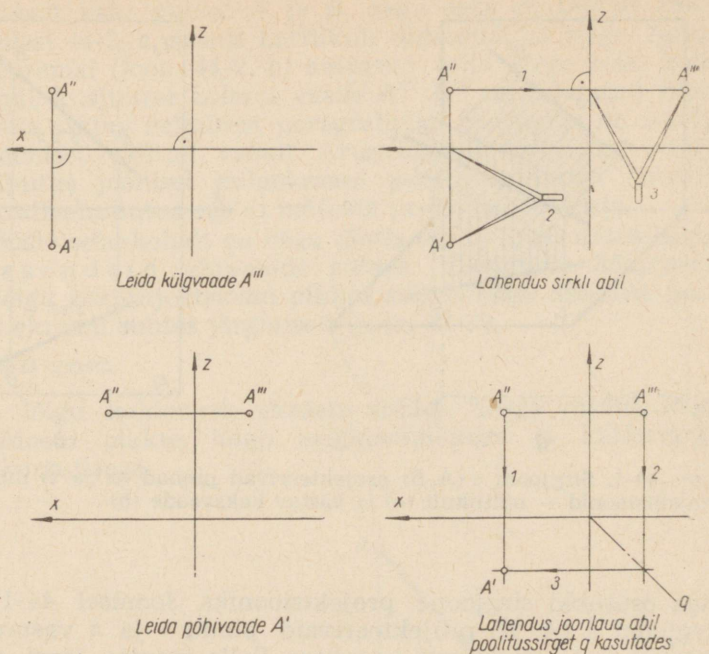
punkti vasakultvaate kaugus z-teljest võrdub pealtvaate kaugusega x-teljest.

Tõepoolest, mõlemad kaugused mõõdavad esikvooti. See omadus võimaldab punkti kahe antud vaate järgi tuletada kolmandat vaadet. Tavaliselt on teada eestvaade ja pealtvaade ning nõutakse vasakultvaadet; mõnikord aga on teada eestvaade ja vasakultvaade ning nõutakse pealtvaadet. Vastavad liitsad konstruktsioonid üheainsa punkti puhul on aluseks ka keerukatest detailidest uute vaadete tuletamisel, sest seda saab teha punkthaaval, kasutades eset määravaid punkte.

Jooniselt 43-2, b selgub ka punkti kolmanda vaate A''' tuletamine antud kaksvaate (A'' , A') järgi. Selleks on vaid vaja esikvootlõigu pikkus $A'A_x$ püstsideoonelt sirkliga üle kanda rõhtsidejoonele lõiguna $A'''A_z$. Samasse punkti A''' jõuame ka rõhtsirge



Joon. 43-2. Punkti kolmvaate saamine näitlikult (a) ja vastav kolmvaade (b).



Joon. 43-3. Punkti kolmanda vaate tuletamise näiteid.

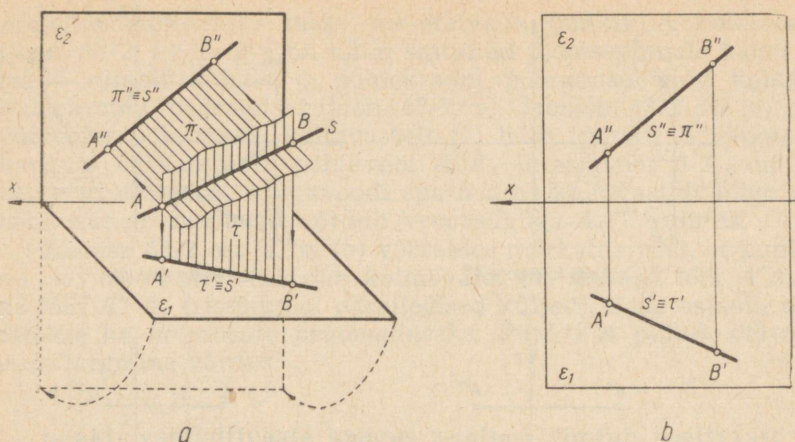
$A'A_0$ ja püstsirge A_0A''' tõmbamisega. Punkt A_0 asub sirgel q , mis poolitab täisnurga telgede y_1 ja y_3 vahel. Punkti õige kolmvaate puhul on kolm projektsiooni A' , A'' ja A''' ikka niisuguse ristküliku tippudeks, mille neljas tipp (A_0) asetseb juba nimetatud poolitussirgel q .

Joonisel 43-3 on esitatud mõned näited kolmvaate peamomaduse rakendamise kohta, teiste sõnadega, punkti kahe antud vaate järgi kolmanda vaate tuletamise kohta. Joonise ülemisel osal näidatud võtte tulemust soovitame kontrollida alumisel osal näidatud võttega ning ümberpöörduvalt — alumise osa tulemust kontrollida ülemisel osal rakendatud võttega.

44. Sirglõigu kaksvaade ja kolmvaade. Sirglõigu eriasendid

1. Kaks punkti määravad sirgjoone, nende punktide projektsioonid aga määravad selle sirgjoone projektsiooni. Nii võib sirgjoone projektsioonilist käsitlust arendada punktide projektsioonide kaudu.

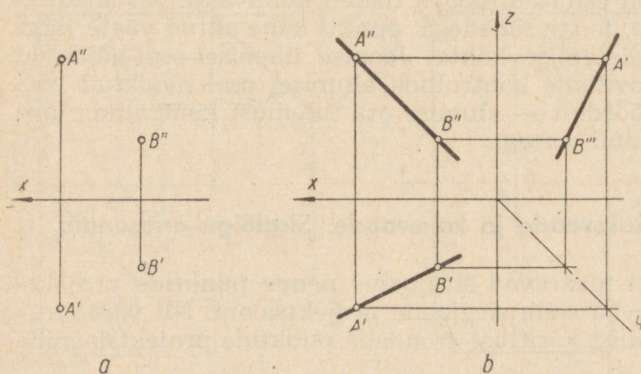
Sirgjoone kõiki punkte projekteerivad kiired moodustavad seda sirgjoont projekteeriva tasapinna; viimase lõikesirge ekraa-



Joon. 44-1. Sirgjoont $s(A, B)$ projekteerivad pinnad (π ja τ) ning sirgjoone projektsioonid — näitlikult (a) ja vastav kaksvaade (b).

niga osutubki sirgjoone projektsiooniks. Joonisel 44-1, a näeme sirgjoont $s(A, B)$ projekteerivaid pindu τ ja π vastavalt põhiekraani ϵ_1 ja esiekraani ϵ_2 suhtes. Selle joonise järgi veendume, et pealtvaates näeme pinda τ serviti, s. t. τ' ühtib sirgjoone s pealtvaatega s' (lühidalt märgime seda nii: $\tau' \equiv s'$). Analoogiliselt — eestvaates näeme serviti teist projekteerivat pinda π , s. t. π'' ühtib sirgjoone s esivaatega: $\pi'' \equiv s''$.

Kui sirgjoon pole ühegi ekraaniga paralleelne, siis nimetatakse teda üldasendiliseks sirgeks. Üldasendilise sirge kolmvaatel on kõik kolm projektsiooni telgsirgete suhtes kaldu.



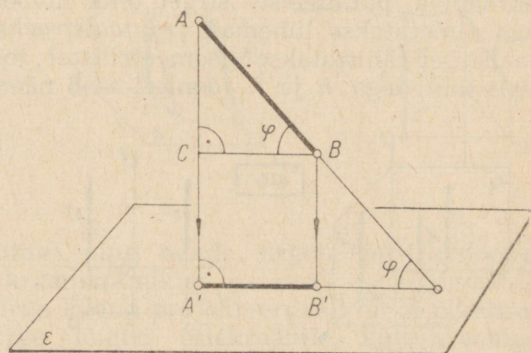
Joon. 44-2. Kaks punkti kaksvaatel (a) ja nende punktidega määratud sirge kolmvaade (b).

Valinud vabalt kaks punkti A ja B , nagu seda on tehtud kaks-vaatel joonisel 44-2, a , saame harilikult üldasendilise sirge. Antud juhul on paremal (joon. 44-2, b) näidatud selle sirge kõik kolm projektsiooni, kusjuures kolmas vaade $A''' B'''$ on tuletatud viisil, mis on meile tuttav eelmisest paragrahvist. Seejuures on z -telje asukoht joonisel valitud vabalt. Arusaadavalt tähendab z -telje paralleelnihutus joonisel külgekraani paralleelnihutust ruumis; ekraani paralleelnihutus aga ei mõjуста projektsiooni kuju.

Rakenduste seisukohalt on väga tähtis tunda lõigu mitmesuguseid eriasendeid ekraani suhtes. Veendume kõigepealt selles, et lõigu ristprojektsiooni pikkus sõltub lõigu asendist (kaldenurgast) ekraani suhtes järgmiselt (joon. 44-3):

$$A'B' = AB \cdot \cos\varphi,$$

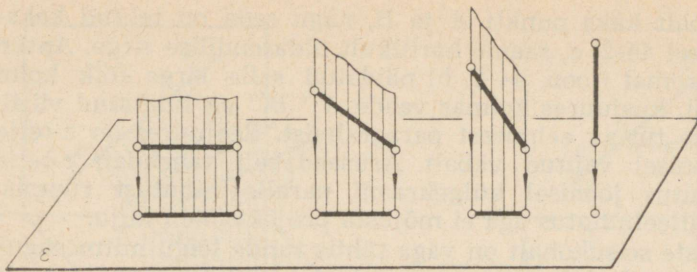
kus φ on lõigu kaldenurk ekraani suhtes. Seega võrdub lõigu ristprojektsiooni pikkus lõigu originaalpikkuse ja kaldenurga koosinuse korrutisega.



Joon. 44-3. Sirglõigu ristprojektsiooni pikkus:
 $A'B' = CB = AB \cdot \cos\varphi$.

Jälgides joonist 44-4 võime väita, et lõigu pööramisel paralleelasendist ristasendisse (ekraani suhtes) kahaneb tema ristprojektsioon lõigu originaalpikkusest kuni nullini. Eriti tähtis on aga meeles pidada, et lõigu ristprojektsioon pole kunagi lõigust enesest pikem.

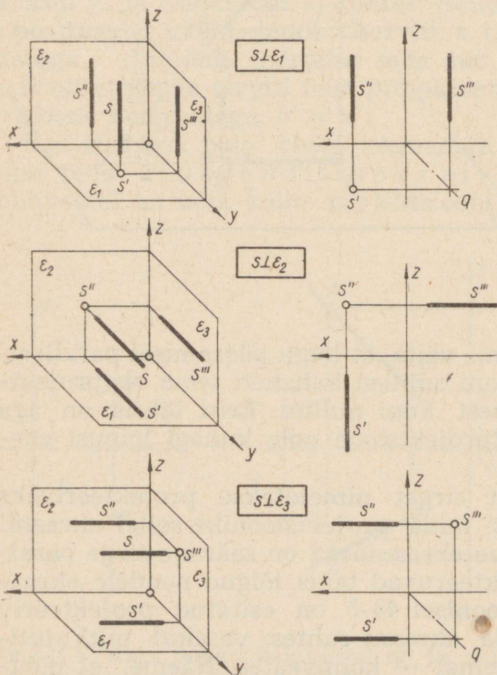
2. Ekraaniga risti olevat sirget nimetatakse projekteerivaks sirgeks selle ekraani suhtes; tema projektsiooniks sellel ekraanil tuleb üksainus punkt. Muude ekraanidega on säärane sirge paralleelne ning seepärast projekteeruvad tema lõigud nendele ekraanidele originaalpikkuses. Joonisel 44-5 on esitatud projekteeriv sirge ühe, teise ja kolmanda ekraani suhtes: vasakul piltkujutisena ekraanikolmikis, paremal — kolmvaates. Näeme, et põhi-



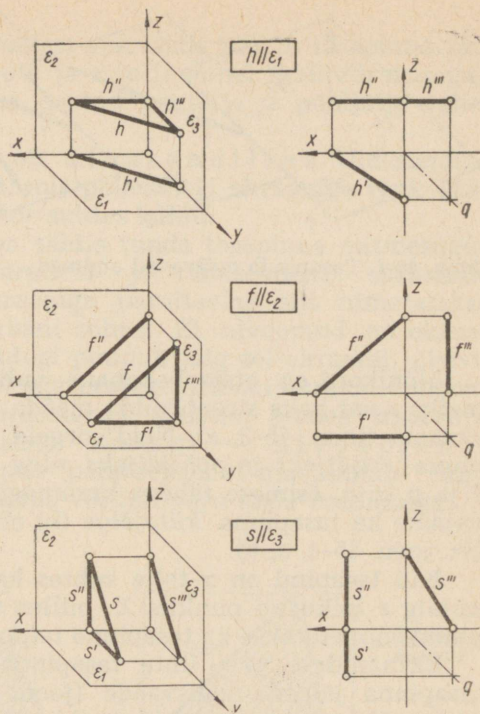
Joon. 44-4. Lõigu ristprojektsiooni lühenemine kaldenurga suurenemisel.

ekraani ristsirge pealtvaade on punkt, esiekraani ristsirge eestvaade on punkt ning külgekraani ristsirge vasakultvaade on punkt.

3. Ekraaniga paralleelset sirget nimetatakse nivoosirgeks selle ekraani suhtes. Põhiekraaniga paralleelset sirget (ehk nivoosirget põhiekraani suhtes) nimetatakse lühemalt *horizontaalsirgeks*; esiekraaniga paralleelset sirget (ehk nivoosirget esiekraani suhtes) aga nimetatakse lühemalt *frontaalsirgeks*. Horisontaal- ja frontaalsirget tähistatakse geomeetrilistel joonistel harilikult vastavalt tähtedega h ja f . Joonisel 44-6 näeme nivoosirget ühe, teise



Joon. 44-5. Projekteerivad sirged ja nende projektsioonid — vasakul piltkujutisena ja paremal kolmvaates.



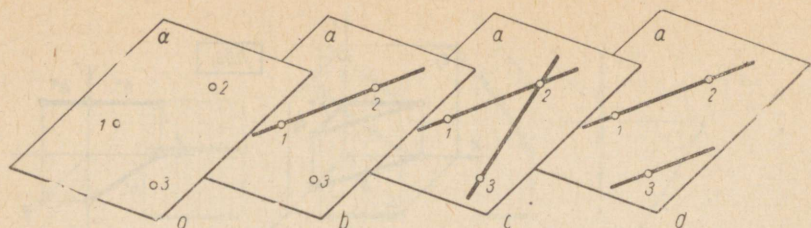
Joon. 44-6. Nivoosirged ja nende projektsioonid — vasakul piltkujutisena ja paremal kolmvaates.

ja kolmanda ekraani suhtes ning nende sirgete projektsioone: vasakul piltkujutisena ekraanikolmikus, paremal — kolmvaates. On selge, et horisontaalsirge lõigud projekteeruvad õiges pikkuses põhiekraanile, frontaalsirge lõigud esiekraanile, külgekraaniga paralleelse sirge lõigud aga projekteeruvad õiges pikkuses külgekraanile.

45. Tasapinna kujutamine. Tasapinna eriasendid

1. Tasapinna määravad: 1) kolm mitte ühel sirgel asetsevat punkti; 2) sirge ja punkt, mis pole sellel sirgel; 3) kaks lõikuvat sirget; 4) kaks paralleelset sirget. Kõik need neli võimalust tasapinna (α) määramiseks on näidatud joonisel 45-1 ($a-d$).

Tasapinda määravaid punkte ja sirgeid saab joonisel esitada projektsioonide kaudu. Kui näiteks on antud kolme punkti pealt- ja eestvaated, siis võime nende vaadete järgi leida punktid ruumist ning kujutleda ka seda tasapinda, mis neid punkte läbib. Harilikult esitatakse joonisel ka punkte ühendavad lõigud ning saadakse nii kolmnurkne tasapinnatükk (joon. 45-2).

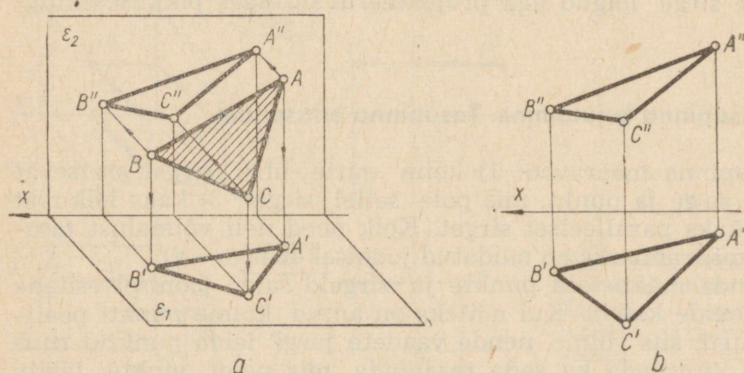


Joon. 45-1. Tasapinda määravad andmed.

Mõnikord on otstarbekohane valida tasapinna määramisandmeiks need kaks sirget, mida mööda tasapind lõikab esi- ja põhiekraani (joon. 45-3, a). Neid sirgeid nimetatakse vastavalt tasapinna *esijäljeks* ja *põhijäljeks* ning tähistatakse väiketähtedega e ja p (s. o. esimese tähega kummagi jälje nimetusest). Mõnikord vajame ka tasapinna *küljälge* (k) ehk lõikesirget külgekraaniga (vt. joon. 45-4, a, b).

Kui tasapind on x -telje suhtes kaldu, siis tema põhijalg p ja esijalg e lõikuvad punktis X , milles tasapind lõikab x -telge; seda punkti nimetatakse ka tasapinna *telgpunktiks*.

Ekraanide ε_1 ja ε_2 ühte tasapinda pööramisel saadakse antud tasapinna jälgede kaksvaade (joon. 45-3, b). Jälgede kaksvaade näitab õiges suuruses neid nurki, mis jäljed ruumis moodustasid x -teljega, jälgede omavahelist nurka aga näitab kaksvaade suurematuna vastavast nurgast ruumis. Joonisel 45-3 on tasapind a viirutatud frontaalsete sirgetega; kaksvaatel on need viirud esitatud mõlemas vaates. Püüame selle joonise põhjal luua pildi tasapinna

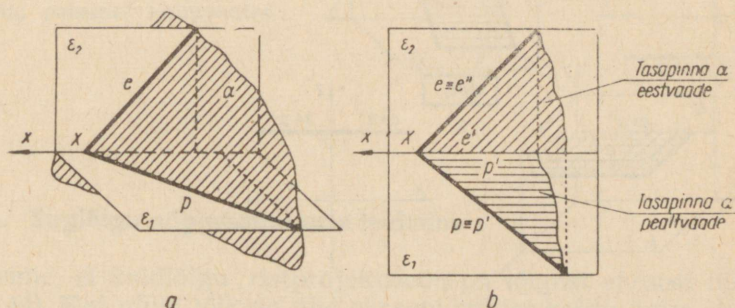


Joon. 45-2 Tasapinna (kolmnurga) ABC kaksvaate saamine — näitlikult (a) ja vastav kaksvaade (b).

nähtavusest ühes ja teises vaates: eestvaade näitab tasapinna jälgede vahelist sektorit esijälje e ja x -telje vahel (kaldviirutusega), pealtvaade aga näitab sama sektorit x -telje ja põhijälje vahel (rõhtviirutusega).

Tasapind α joonisel 45-3 oli üldasendiline. Üldasendiliseks nimetame iga tasapinda, mis pole ühegi ekraaniga risti; säärase tasapinna jäljed on telgede suhtes kaldu.

2. Praktika seisukohalt on tähtis tunda tasapinna mitmesuguseid erilisi asendeid (paralleel- ja ristasendeid) ekraanide suhtes. Kui tasapind on ekraaniga paralleelne, siis nimetatakse teda nivoo-pinnaks selle ekraani suhtes. Et nivoo-pind on ekraaniga paralleelne, siis tal muidugi puudub jälg sel ekraanil; nivoo-pinnale joonestatud kujundid aga projekteeruvad ekraanile moondevabalt (s. o. enestega võrdsetena). Näiteks hoides traatvõru maapinnaga paralleelselt, teiste sõnadega — nivoo-pinnal maapinna suhtes, tekib temast päikesepaistel maapinnale ringjoonekujuline vari, mille raadius võrdub võru enda raadiusega.

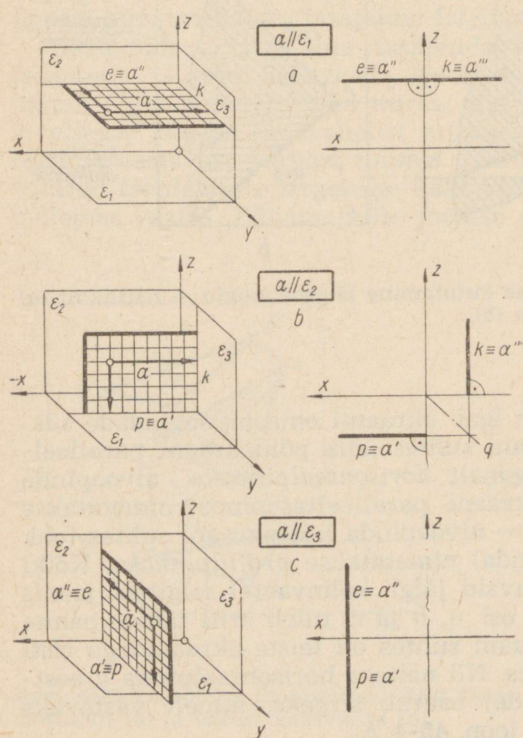


Joon. 45-3. Tasapinna kujutamine jälgede kaudu — näitlikult (a) ja vastav kaksvaade (b).

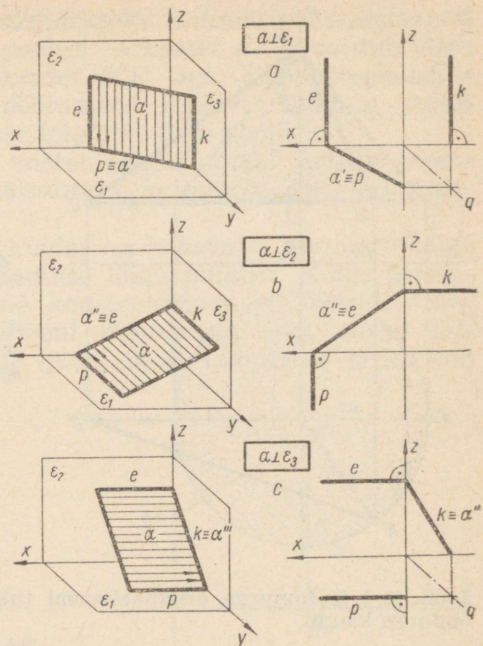
Kolme ekraani puhul on igal ekraanil oma nivoo-pindade süsteem. Nivoo-pinda põhiekraani suhtes (ehk põhiekraani paralleeltasapinda) nimetatakse lühemalt *horisontaalpinnaks*; nivoo-pinda esiekraani suhtes (ehk esiekraani paralleeltasapinda) nimetatakse *frontaalpinnaks*; ja lõpuks — nivoo-pinda külgekraani suhtes (ehk külgekraani paralleeltasapinda) nimetatakse *profülpinnaks*. Kõiki neid nivoo-pindu ning vastavaid jälgi kolmvaatel selgitab joonis 45-4. Uurides selle joonise osi a , b ja c , tuleb eriti tähele panna seda, et nivoo-pind ühe ekraani suhtes on teiste ekraanidega risti ja projekteerub neile sirgeks. Nii näiteks horisontaalpinda a eestvaade (samuti vasakultvaade) osutub sirgeks, nimelt vastavaks jälgisirgeks ($a'' \equiv e$; $a''' \equiv k$; joon. 45-4, a).

Olgu tähendatud, et tehnilistel joonistel tehakse löikeid hari-likult just siin käsitletud nivoopindadega; löikepindade leppeline märkimisviis on aga tehnilistel joonistel erinev siinsest (puhtgeomeetrilisest) märkimisviisist.

Tasapinna teiseks oluliseks eriasendiks antud ekraani suhtes on tema ristseis selle ekraani suhtes, kusjuures ta teiste ekraanide suhtes võib olla kaldu; niisugust tasapinda nimetatakse *projekteerivaks* pinnaks antud ekraani suhtes. On selge, et kolme ekraani puhul tuleb projekteerivaid pindu vaadelda eraldi iga üksiku ekraani suhtes. Selleks jälgime joonist 45-5 (*a*, *b*, *c*), mis näitab projekteerivaid pindu põhi-, esi- ja külgekraani suhtes — vasakul piltkujutisena, paremal kolmvaates jälgede kaudu. Juhime tähelepanu sellele, et iga projekteeriv pind on täiesti määratud juba ainuüksi oma sirgjoonekujulise kujutisega (sirgkujutisega), mis ühtib vastava jäljega. Näiteks kirjutisest $\alpha'' \equiv e$ tasapinna esijälgsirge juures joonisel 45-5, *b* juba selgub, et tegemist on esi-ekraani risttasapinnaga, järelikult $p \perp x$; $k \perp z$.



Joon. 45-4. Nivoopinnad, nende jäljed ja projektsioonid — vasakul piltkujutisena, paremal kolmvaates.

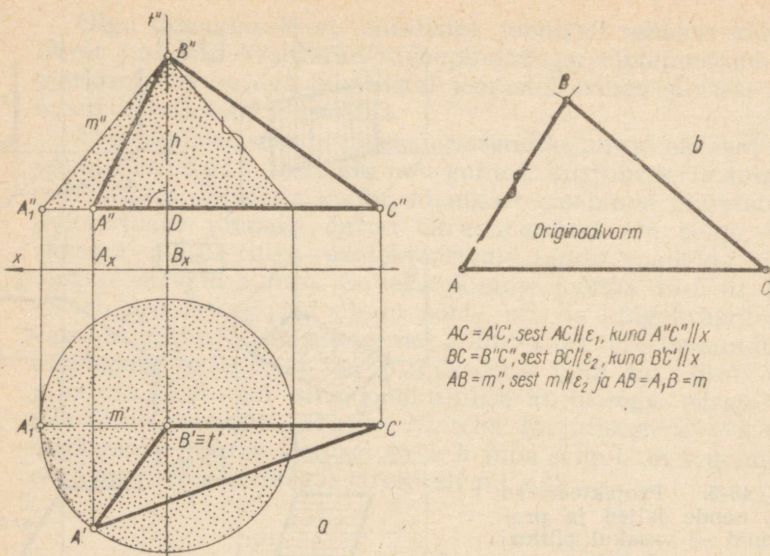


Joon. 45-5. Projekteerivad pinnad, nende jäljed ja projektsioonid — vasakul piltkujutisena, paremal kolmvaates.

46. Sirglõigu originaalpikkuse leidmine

Teame, et kaldlõigu ristprojektsioon on lõigust enesest lühem (vt. § 44). Kui nüüd lõik on ühe ekraani suhtes kaldu, teise ekraaniga aga paralleelne, siis leiame lõigu originaalpikkuse muidugi teisele ekraanile tehtud projektsioonilt. Nii näiteks kolmnurga ABC kaksvaateel joonisel 46-1 näeme, et külg AC on horisontaalne (sest $A''C'' \parallel x$), järelikult $A'C' = AC$. Samuti näeme, et külg BC on frontaalne (sest $B'C' \parallel x$), järelikult $B''C'' = BC$. Kolmas külg AB aga on üldasendiline, sest tema mõlemad projektsioonid on telje suhtes kaldu; järelikult need projektsioonid on küljest enesest lühemad ($A'B' < AB$; $A''B'' < AB$).

Olgu vaja joonestada see kolmnurk ABC oma originaalvormis. Seda oleks hõlbus teha, kui kõik kolm küljepikkust oleksid teada. Meil aga pole veel külje AB pikkust. Kuidas leida see pikkus külje AB kaksvaate järgi? Võib rakendada näiteks järgmist mõttekäiku. Paneme lõigu AB pöörlema ümber telje t , mis läbib punkti B ning on põhiekraaniga risti (siis $B' \equiv t'$). Tekib koonus (joonisel täpitatud), mille põhja raadiuseks on $A'B'$, kõrguseks aga punktide A ja B põhikvootide vahe ($h = B''B_x - A''A_x$). Külje AB originaalpikkust esindab nüüd koonuse iga moodustaja, sealhulgas ka



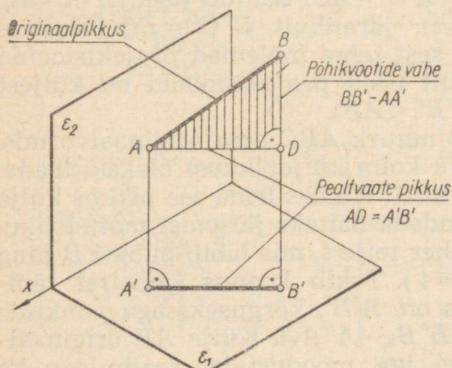
Joon. 46-1. Kolmnurga originaalvormi tuletamine küljepikkuste leidmise kaudu.

frontaalne moodustaja m (BA_1), mille esivaade võrdubki külje AB otsitava pikkusega ($m'' = AB$).

Nüüd on kõik kolm küljepikkust teada ning kolmnurga originaalvormi joonestamine ei tee enam raskusi (joon. 46-1).

Külje AB kui üldasendilise lõigu originaalpikkuse leidmise käigust saame lugeda välja järgmise üldise reegli.

Üldasendilise lõigu originaalpikkus võrdub hüpotenuusiga täisnurkses kolmnurgas, mille üheks kaatetik on lõigu pealtvaate pikkus ning teiseks kaatetik lõigu otspunktide põhikvootide vahe.

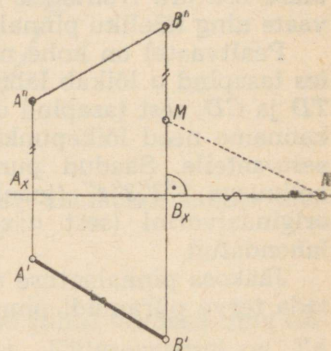


Joon. 46-2. Üldasendilise lõigu originaalpikkus täisnurkse kolmnurga hüpotenuusina.

Joonisel 46-1 on selleks täisnurkseks kolmnurgaks eestvaatel leiduv kolmnurk $A_1''B''D$; tõepoolest — kaatet $A_1''D$ võrdub lõigu pealtvaate pikkusega $A'B'$, kaatet $B''D$ aga lõigu otspunktide põhikvootide vahega. Lõigu pööramisel tekkiva koonuse puhul tähendab see kolmnurk koonuse telglõike ühte poolt.

Eespool sõnastatud reegli mõtet selgitab veel näitlik joonis 46-2, kus reeglis nimetatud täisnurkne kolmnurk ABD on viirutatud.

Jääb lahendada küsimus, kuidas on kaksvaate andmell kõige hõlpsam konstrueerida üldasendilise lõigu pikkust. Kõige praktilisemaks on osutunud järgmine konstruktsioon (nn. «sirklivõtte»), mis annab tulemuse ilma abijooni tõmbamata. Olgu antud üldasendilise lõigu AB kaksvaade (joon. 46-3). Lahutame sirkli abil



Joon. 46-3. Üldasendilise lõigu AB originaalpikkuse (MN) leidmine sirklivõttega.

madalama punkti A põhikvoodi $A''A_x$ kõrgema punkti B põhikvoodist $B''B_x$ (ülalt alla); saame punkti M nii, et MB_x võrdub lõigu otspunktide põhikvootide vahega. Kandes nüüd pealtvaate pikkuse $A'B'$ üle x -teljele lõiguks B_xN , tekibki vajalik täisnurkne kolmnurk MB_xN , mille hüpotenuus MN võrdub lõigu AB originaalpikkusega. Joonisel oleme lõigu MN esitanud punktiirjoonega, et tema pikkus tuleks konkreetselt nähtavale, tegeliku töö juures aga võib jätta joone tõmbamata, sest lõigu AB pikkuse sirklisse võtmiseks piisab ainult punktidest M ja N .

Üldasendilise lõigu originaalpikkuse leidmise konstruktsioon tuleb korduvalt rakendamisele kehade pinnalaotuste tuletamisel.

47. Keha lõikamine tasapinnaga ja pinnalaotuste tuletamine

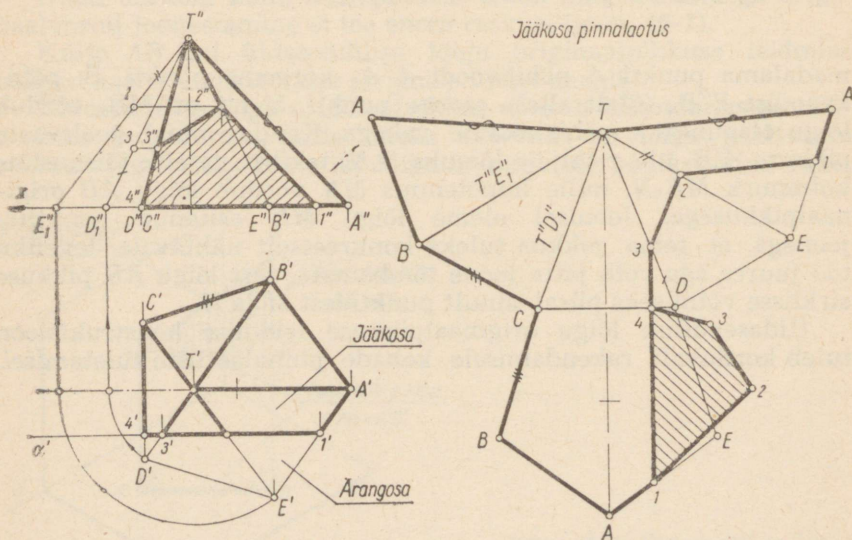
1. Tahkkehä (ehk tahukad) on piiratud tasapinnaliste hulknurkadega (tahkudega). Tahuka pinnalaotuse saamiseks on vaja tema tahud õigel kujul ja õiges vastastikus paigutuses üksteise külge välja joonestada. Kui saadud pinnalaotus paberist (papist, plekist) välja lõigata ning tükeldusjooni mööda kokku murda, saadakse taas see keha, mille pinnalaotus enne tuletati.

Õige pinnalaotuse tuletamine on võimalik, lähtudes keha määravast joonisest. Harilikult on niisuguseks jooniseks keha kaksvaade. Töötame läbi mõned praktilised näited.

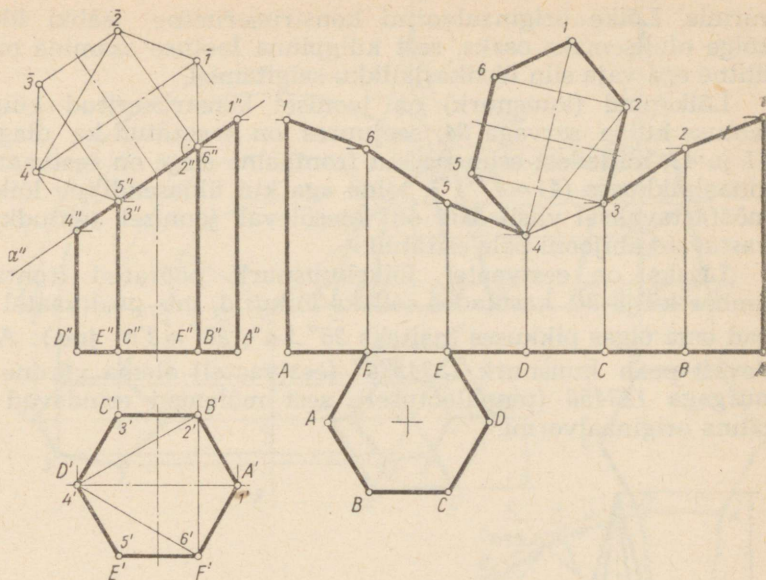
Näide 1. Olgu tegemist püramiidiga (joon. 47-1), mille põhi $ABCDE$ kui korrapärane viisnurk on põhiekraanil; tipu T ristprojektsioon ärgu langegu põhja keskpunkti. Püramiidist lõigatakse osa ära frontaalse tasapinnaga α . Tuletame jääkosa kaksvaate ning täieliku pinnalaotuse.

Pealtvaatel on kohe näha kõik need punktid 1, 2, 3 ja 4, milles tasapind α lõikab läbi vastavad püramiidi servad AE , TE ning TD ja CD , sest tasapind α paistab pealtvaates serviti. Pealtvaatelt kanname need lõikepunktid sidejoontega üles vastavate servade eestvaatele. Saadud punktide järjestikusel ühendamisel saame nelinurga $1''2''3''4''$ (joonisel viirutatud), mis ühtlasi esitab lõike originaalvormi (sest $\alpha \parallel e_2$). Sellega on ülesande esimene pool lahendatud.

Jääkosa pinnalaotuse tuletamisel on otstarbekohane enne tuletada terve püramiidi pinnalaotus ning siis sellest eraldada ärang-



Joon. 47-1. Püramiidi lõikamine frontaaltasapinnaga ning pinnalaotus.



Joon. 47-2. Kaldu lõigatud korrapärase kuusnurkse prisma kaks-
vaade ja pinnalaotus.

osa laotus. Püramiidi põhiservad on antud juhul võrdsed ning esi-
nevad põhivaatel oma originaalpikkuses. Külgservadest on TA
frontaalne, seega tema esivaade $T''A''$ võrdub serva enesega
($TA = T''A''$). Ülejäänud külgservad on paariiti võrdsed ($TB = TE$
ja $TC = TD$), kuid kõik üldasendilised. Seega tuleb neid mõõta
eelmises paragrahvis kirjeldatud viisil (näiteks «sirkli võttega»,
vt. joon. 46-3). Nii on joonisel leitud näiteks serva TE pikkus koos
temal asetseva punktiga 2 selle serva pööramisega frontaalseks
(võrdle ka joonisega 46-1). Saadud pikkus $T''E_1''$ osutubki serva
 TE originaalpikkuseks, mida kasutame pinnalaotuse konstrueeri-
misel, arvestades ka punkti 2 õiget asukohta sellel serval (lõik
 T_2 pinnalaotuselt võrdub lõiguga $T''2$ esivaatelt). Analoogiliselt
on joonisel talitatud servaga TD ning sellel asetseva punktiga 3.
Neid märkusi arvestades pole enam raske joonisel jälgida kogu
pinnalaotuse konstrueerimist punkthaaval. Soovitav oleks luge-
jal oma sirkli abil raamatujoonise kõiki punkte kontrollida.

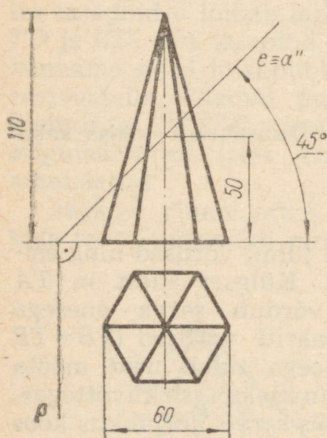
Näide 2. Olgu tegemist korrapärase kuusnurkse prismaga
(joon. 47-2), mille põhi $ABCDEF$ asub põhiekraanil. Prismast lõi-
gatakse ülalt osa ära tasapinnaga α , mis on risti esiekraaniga, kuid
põhiekraani suhtes kaldu. Tuletame jääkosa täieliku pinnalaotuse.

See ülesanne on huvitav selle poolest, et kaksvaatel on lõige
123456 juba mõlemal vaatel olemas, kuigi mitte oma originaal-

vormis. Lõike originaalvormi konstrueerimine jääbki ülesande kõige olulisemaks osaks, sest külgpinna laotuse saamine on väga lihtne ega vaja siin üksikasjalikku selgitamist.

Lõikepind (kuusnurk) on joonisel konstrueeritud külgpinna laotuse külge servaga 34; seejuures on kasutatud ka diagonaale 41 ja 42, milledest esimene kui frontaalne sirge on eestvaatel originaalpikkuses ($41 = 4'' 1''$), teine aga kui üldasendiline lõik tuleb mõõta tavalisel viisil. Nii on käesoleval joonisel tehtudki, kuid vastavaid abijooni pole esitatud.

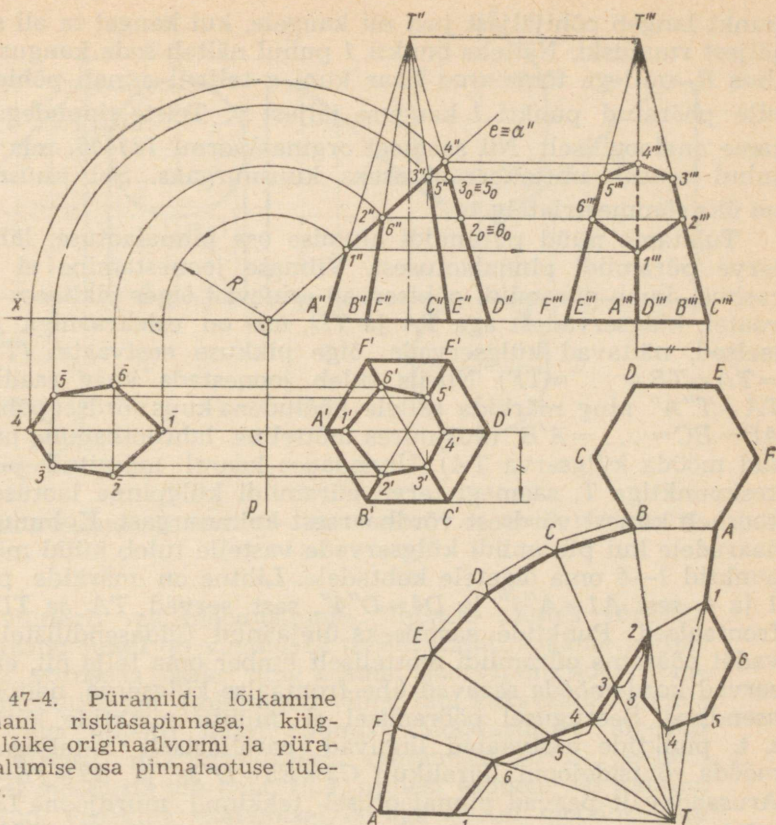
Lisaks on eestvaatel lõikekuusnurk pööratud frontaalseks ümber külje 56, kasutades selleks lõikusid, mis pealtvaatel esinevad oma õiges pikkuses (näiteks $26'' \perp \alpha''$; $26'' = 2'6''$ jne.). Arusaadavalt peab kuusnurk $123456''$ (eestvaatel) olema võrdne kuusnurgaga 123456 (pinnalaotusel), sest mõlemad esindavad lõikepinda originaalvormi.



Joon. 47-3.

Näide 3. Olgu antud korrapärane kuusnurkne püramiid ja teda lõikav tasapind α (jälgedega e ja p), mis on risti esiekraaniga (joon. 47-3). On vaja tuletada püramiidi alumise osa pinnalaotus ning ehitada sellest vastav mudel. Joonist täiendada ka vasakultvaatega. Et saada paraja suurusega mudelit, on andmed kaksvaatel varustatud ka mõõtmega.

Ülesande põhimõttelist lahenduskäiku jälgime jooniselt 47-4 (kus mõõtmed on võetud suvaliselt). Et lõikav tasapind α on risti esiekraaniga, siis projekteerub ta sinna sirgeks ning seetõttu on eestvaatel kohe käes need punktid, milles tasapind lõikab püramiidi külgservi; need punktid on tähistatud numbritega 1—6 (eestvaatel vastavalt $1''—6''$). Püramiidi asendi tõttu on tema tagumised külgservad TE ja TF eestvaates täpselt eesmistest kül-



Joon. 47-4. Püramiidi lõikamine esiekraani risttasapinnaga; külgservade, lõike originaalvormi ja püramiidi alumise osa pinnalaotuse tuletamine.

servade TC ja TB varjus, mistõttu punktid 3 ja 5 ning samuti punktid 2 ja 6 eestvaatel kattuvad.¹ Püstsideoonte abil saame nüüd kohe lõikepunktide pealtvaated $1'—6'$ (joonisel on esitatud nendest sidejoontest ainult algused ja lõpud) ning rõhtsideoonte abil vasakultvaated $1'''—6'''$, kõik vastavalt külgservade projektsioonidel (jälgida tähiseid!). Leitud punktide järjestikusel ühendamisel igal vaatel saame tekkinud lõike projektsioonid, kuid kõik need projektsioonid esitavad lõiget moondega, mitte originaalvormis.

Lõike originaalvormi tuletamise aluseks on järgmine mõttekäik. Pöörame lõikava tasapinna koos tekkinud lõikekujundiga põhiekraanile, kusjuures pöördeteljeks jääb tasapinna põhijalg p . Lõikekujundi tipud liiguvad siis mööda ringjooni, mis on esiekraaniga paralleelsed; järelikult paistavad need ringjooned eestvaates oma õigel kujul, pealtvaates aga x -telje paralleelidena. Iga

¹ Kokkuleppel kirjutame kattuvate punktide puhul nähtava punkti tähise alati ette- või ülespoole.

punkt langeb põhijäljest just nii kaugele, kui kaugel ta oli sellest jäljest ruumiski. Näiteks punkti 1 puhul näitab seda kaugust raadius R , millega tõmmatud kaar kuni x -teljeni annab põhiekraanile pööratud punkti 1 kauguse jäljest p . Teiste tippudega talitame analoogiliselt. Nii saamegi orginaalvormi 123456, mis antud juhul osutub mittekorrapäraseks kuusnurgaks. Sel kuusnurgal on üks sümmeetriatelg 14.

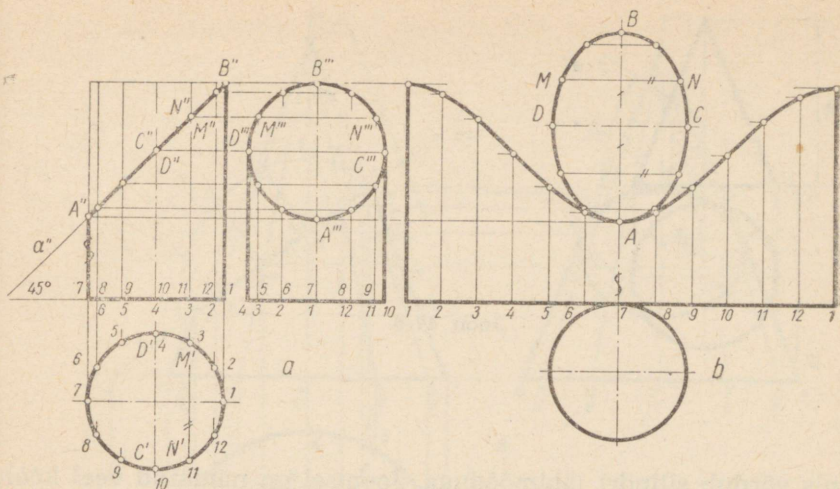
Tuletame nüüd püramiidi alumise osa pinnalaotuse, lähtudes terve püramiidi pinnalaotusest. Viimase joonestamine ei tekita raskusi, kuna püramiidi põhiservad esinevad õiges pikkuses pealtvaatel, külgservadest aga TA ja TD , mis on esiekraaniga paralleelsed, näitavad külgservade õige pikkuse eestvaatel ($T''A'' = TA = TB = \dots = TF$). Niisiis tuleb joonestada kaar raadiusega $TA = T''A''$ ning märkida sellele kõõludena kuus võrdset põhiserva $AB = BC = \dots = A'B'$ (kusjuures mõtteline lahtilõikamine on tehtud mööda külgserva TA). Ühendades kaarel märgitud punktid keskpunktiga T , saamegi terve püramiidi külgsinna laotuse, mis koosneb kuuest võrdsest võrdhaarsest kolmnurgast. Kolmnurkade haardade kui püramiidi külgservade vasteile tuleb nüüd märkida punktid 1—6 oma õigetele kohtadele. Lihtne on märkida punkte 1 ja 4, sest $A1 = A''1''$ ja $D4 = D''4''$, sest servad TA ja TD olid frontaalsed. Punktide saamiseks ülejäänud (üldasendilistel) servadel pöörame püramiidi mõtteliselt ümber oma telje nii, et need servad kordamööda satuvad ühe frontaalse külgserva, näiteks TD asendisse. Seesugusel pööramisel ei muutu punktide kõrgused, s. t. punktide eestvaated liiguvad paralleelselt x -teljega ehk mööda rõhtsidejooni. Järelikult $C3 = E5 = D''3_0$ ja $B2 = F6 = D''2_0$. Arusaadavalt peavad pinnalaotusel tekkinud murdjoone 1234561 lülid võrduma lõike orginaalvormi vastavate külgedega: $12 = \bar{1}2$, $23 = \bar{2}3$ jne.

Lisades külgsinna laotusele püramiidi põhja ja lõike orginaalvormi, muutub laotus täielikuks ning kõlbab mudeli valmistamiseks. Laotuse väljalõikamisel tuleb jätta selle külge kleepimiseks vajalikud ribakesed, mis on näidatud ka joonisel.

2. Ka mõnede kehade kõverat pealispinda saab tasapinnale laotada nii, et ei teki venitusi ega rebenemisi. Sääraste kehade hulka kuuluvad kõik silindrid ja koonused.

Näide 4. Olgu tegemist silindriga, millel ülemisest otsast on tükk ära lõigatud tasapinnaga α , mis on esiekraaniga risti, kuid põhiekraani suhtes 45° kaldu (joon. 47-5). Tuletame antud kaksvaate järgi jääkosa vasakultvaate ning täieliku pinnalaotuse.

Ülesande lahendamisel kasutame näidisülesandest 2 tuttavaid mõttekäike. Lõige on seekordki mõlemal antud vaatel kohe olemas, kuid pole kummaski vaates nähtav oma orginaalvormis. Lõike orginaalvormi (seekord ellipsi) konstrueerimine ongi käesoleva ülesande olulisemaks osaks.



Joon. 47-5. Kaldu lõigatud silinder: a — kolmvaade; b — täielik pinnalaotus.

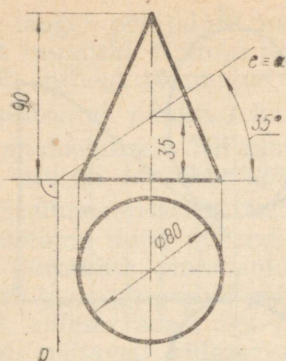
Võtame silindril rea moodustajaid, lihtsuse mõttes võrdsete vahedega. Antud juhul on võetud 12 moodustajat. Jagame põhjaringjoone 12 võrdseks osaks ning saadud jaotuspunktidest tõmbame üles moodustajad (toimingud viime läbi kaksvaatel, kirjeldame neid aga objekti najal ruumis). Moodustajad lõpevad lõikejoonel (ellipsil), mis paistab eest vaatamisel serviti; seejuures on keskel moodustajate paar $10/4$, millest esimene on nähtav, teine varjatud. Vasakult vaatamisel on aga keskel moodustajate paar $7/1$, millest 7 on nähtav ja 1 varjatud.

Moodustajate ülemised otspunktid võib T -joonlaua abil eestvaatelt otsekohe üle kanda vasakultvaatele ja pinnalaotusele, muidugi vastava numbriga moodustajale.

Lõikeellipsi vasakultvaateks saame antud juhul lõikava tasapinna 45-kraadise kalde tõttu täpselt ringjoone ning selle võib joonestada lihtsalt sirkliga.

Pinnalaotuse pikkuseks on muidugi πd , kus $\pi=3,14$ ja d on silindri läbimõõt. Et põhiringjoone kaheteistkümnendikud vähe erinevad vastavatest kõõludest, võib kõõlupikkuse võtta moodustajate vahemaaks pinnalaotusel (seejuures tehtav viga on praktiliselt tühine).

Laotusel saadavad moodustajate otspunktid ühendame sujuva kõveraga (antud juhul on tegemist siinuskõveraga). Lõikeellipsi originaalvormi joonestame pinnalaotuse külge, kasutades ühelt poolt pikema telje AB originaalpikkust ($A''B''=AB$, sest $AB \parallel \varepsilon_2$, kuna $A'B' \parallel x$), teiselt poolt aga lühema telje CD originaalpikkust,



Joon. 47-6.

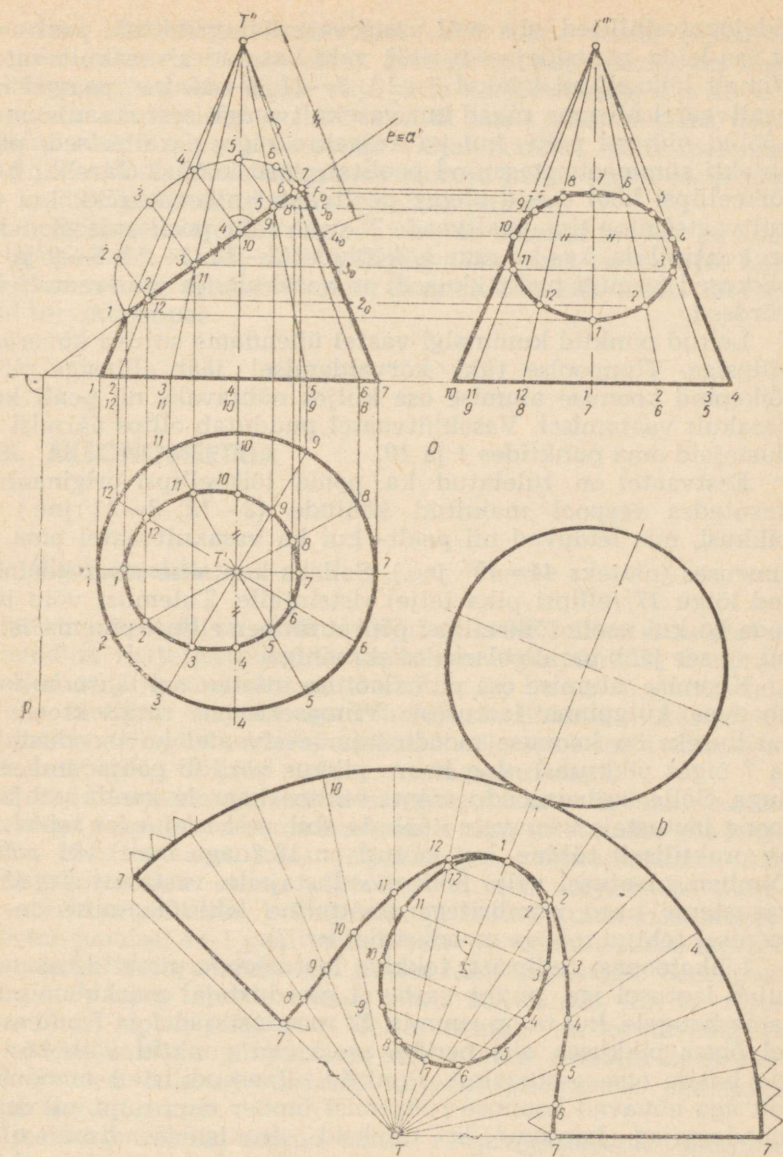
mis võrdub silindri läbimõõduga. Joonisel on näidatud veel kõõlu MN kasutamist ellipsi vahepealsete punktide saamiseks.

Näide 5. Olgu antud koonus kaksvaates koos teda lõikava tasapinnaga α (e, p), mis on risti esiekraaniga ning lõikab kõiki koonuse moodustajaid (joon. 47-6). Tuletame koonuse alumise osa vasakultvaate ja täieliku pinnalaotuse. Andmed joonisel 47-6 on varustatud mõõtmetega, et pinnalaotusest saadav mudel tuleks paraja suurusega.

Ülesande lahendamist jälgime jooniselt 47-7, kus mõõtmed on võetud suvaliselt. Koonuse tasapinnaline lõige osutub antud juhul ellipsiks. Eest vaatamisel paistab see ellips sirglõiguna, pealt ja vasakult vaatamisel aga jällegi ellipsina, kuid kumbki neist ellipseist ei näita lõikeellipsit tema originaalvormis, sest lõikav tasapind on kaldu nii põhi- kui ka külgekraani suhtes. Seega tuleb leida ka lõikeellipsi originaalvorm.

Jagame koonuse põhiringjoone 12-ks võrdseks osaks ning tõmbame jaotuspunktidest üles 12 moodustajat. Joonisel orienteerumise hõlbustamiseks numereerime jaotuspunktid (ühtlasi neist algavad moodustajad) igas vaates, jättes numbrite juurest lihtsuse mõttes ära projektsioonimärgid (primid, sekundid ja tertsid). Eest vaatamisel varjab moodustaja 2 moodustajat 12, moodustaja 3 moodustajat 11 jne., vasakult vaatamisel aga moodustaja 11 varjab moodustajat 9, moodustaja 12 moodustajat 8 jne. Eestvaatele annavad piirjoone moodustajad 1 ja 7, vasakultvaatele aga moodustajad 10 ja 4.

Punktid, milledes tasapind lõikab moodustajaid, on eestvaatel kohe käes, sest tasapind paistab seal serviti (projekteerub sirgeks). Lihtsuse mõttes märgime lõikepunkte moodustajail igal vaatel samade numbritega, millega märkisime moodustajaid endid. Rõhsidejoonte abil saame kohe lõikepunktide vasakultvaated ja püstsidejoonte abil pealtvaated. Et moodustajat 10 ja 4 on pealtvaatel



Joon. 47-7. Kaldu lõigatud koonus: a — kolmvaade; b — pinnalao-
tus mudeli valmistamiseks.

sidejoontesihhilised, siis neil asetsevate lõikepunktide pealtvaateid ei saa leida püstsidejoonte abil, vaid kasutades vasakultvaate abi. Nimelt lõikeellipsi kõõlud 2—12, 3—11, 4—10 jne. peavad olema pealtvaatel niisama pikad kui vasakultvaatel, sest ruumis on need kõõlud niihästi põhi- kui ka külgekraaniga paralleelsed; pealegi objekti sümmeetriatasapind poolitab need kõõlud. Järelikult peab lõikeellipsi kõõl 4—10 olema pealtvaatel niisama pikk kui vasakultvaatel ning tipu pealtvaate T' peab selle poolitama. Soovitav on kontrollida, kas ka muude kõõlude (2—12, 3—11, 5—9 ja 6—8) pikkused (samuti poolpikkused) on vasakult- ja pealtvaatel tulnud võrdsed.

Leitud punktid kummalgi vaatel ühendame sujuva kõveraga — ellipsiga. Tipupoolse tüki kõrvaldamisel jääb ellipsiga piiratud lõikepind koonuse alumise osa küljes nähtavaks nii pealt kui ka vasakult vaatamisel. Vasakultvaatel puudutab ellips äärmisi moodustajaid oma punktides 4 ja 10.

Eestvaatel on tuletatud ka poole lõikeellipsi originaalvorm, kasutades eespool mainitud kõõlude (2—12, 3—11 jne.) poolpikkusi, mis leiduvad nii pealt- kui ka vasakultvaatel oma õiges suuruses (näiteks $44 = 4T'$ jne.). Selleks kantakse need poolpikkused lõigu 17 (ellipsi pika telje) ristsirgeile. Tulemust võib tõlgitada ka kui poole lõikeellipsi pööret ümber ellipsi pikema telje 17 nii, et see jääb paralleelseks esiekraaniga.

Koonuse alumise osa pinnalaotuse tuletamisel lähtume tervikoonuse külgpinna laotusest. Viimaseks on ringisektor, mille raadiuseks on koonuse moodustaja (eestvaatel on moodustajad 1 ja 7 õiges pikkuses) ning kaare pikkus võrdub põhja ümbermõõduga. Selle ümbermõõdu võime sektori kaarele kanda põhjaringjoone jaotustele vastavate kõõlude abil, sest seejuures tehtav viga on praktiliselt tühine, kui jaotusi on 12 (nagu meil) või rohkem. Tõmbame laotusel välja kõik moodustajaile vastavad sirged ning varustame need numbritega (mõtteline lahtilõikamine on meie joonisel tehtud mööda moodustajat nr. 7).

Lõikejoonest (ellipsist) tekkiva laotusjoone punktide saamiseks tuleb laotusel iga punkt vastaval moodustajal märkida tipust T sama kaugele, kui ta on ruumis. Et moodustajad 1 ja 7 on eestvaatel õiges pikkuses, siis nendel asetsevad punktid võib laotusele üle kanda otse eestvaatelt. Punktid üldasendilistel moodustajalt aga nõuavad koonuse pööramist ümber oma telje, nii et need moodustajad kordamööda tuleksid frontaalasendisse, näiteks moodustaja 7 kohale. Seesugusel pööramisel punktide kõrgused ei muutu, s. t. punktide eestvaated liiguvad paralleelselt x -teljega. Nii saame eestvaatel punktid 2_0 , 3_0 jne., mille kaugused punktist T'' ongi vastavalt võrdsed punktide 2, 3 jne. tegelike kaugustega koonuse tipust T . Järelikult need kaugused tulebki kanda pinnalaotusele. Saadud punktid ühendame sujuva kõveraga.

Laotusel joonestame lõikeellipsi välja tema poole eeskujul, mille juba tuletasime eestvaatel. Mudeli valmistamiseks on koonuse külgpinna laotuse äärde vaja jätta kleepimisriba, mis kõvera piirjoone osas tuleb lõigata sakiliseks. Et saada kleepimisriba jaoks vajalikku ruumi ning hõlbustada väljalõikamist, võib mõlemad põhjad joonestada mitte külgpinna laotuse külge (nagu meie joonisel), vaid sellest kuhugi eemale, vabale pinnale.

Analoogiliste mõttekäikude põhjal võib ehitada mudeli ka koonuse tipupoolsest tükist, mille põhjaks jääb sama lõikeellips. Lõigatud koonuse osi sobivalt kokku pannes võib siis saada lähteks võetud tervikkoonuse.

VIII. AKSONOMEETRIA

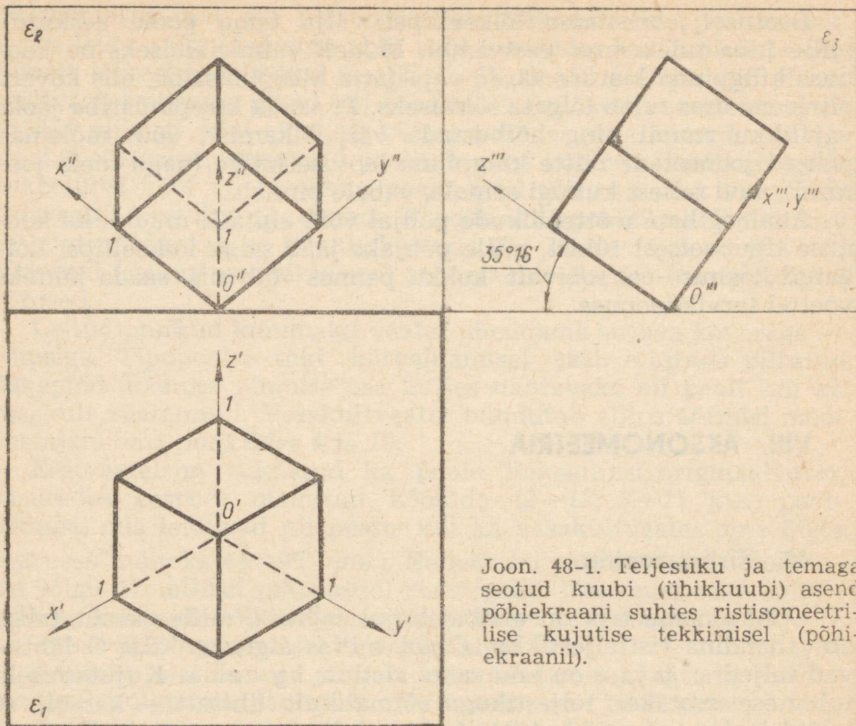
48. Ristisomeetria

1. Aksonomeetria on eriline kujutamisiis, milles kasutatakse abivahendina ristteljestikku *Oxyz*, milles alguspunktist *O* lähtuvad teljed *x*, *y* ja *z* on omavahel risti: $x \perp y \perp z \perp x$. Kujutamisele tulev ese seotakse teljestikuga võimalikult lihtsalt — kas nii, et teljed jooksevad mööda (risttahukakujulise) eseme servi või nii, et telgede tasapinnad ühtivad sümmeetriatasapindadega.

Kui nüüd teljestikuga seotud ese paigutatakse ekraani suhtes nii, et kõigil telgedel on sama kaldenurk ning tuletatakse siis kogu objektist (s. o. esemest koos teljestikuga) ristprojektsioon, siis viimast nimetatakse eseme ristisomeetriliseks kujutiseks (lühemalt — ristisomeetriaks¹). Teljestikuga seotud kuubi ristisomeetriat näeme joonisel 48-1 pealtvaatel; eest- ja vasakultvaade aitavad seal objekti asendit põhiekraani suhtes lahti mõtestada. Seesuguse asendi võtab kuup endale rõhtsa pinna suhtes siis, kui ta riputatakse ühest tipust niidi otsa. Selles asendis on kuubi kõik 12 serva võrdse kaldega põhiekraani suhtes ning seetõttu kõigi servade kujutised tulevad võrdsed; kujutise piirjooneks aga tuleb korrapärane kuusnurk.

Teljestikuga niiviisi seotud kuubi ristprojektsioonil tekkinud võrdsed servapikkused selgitavad ka sõna ristisomeetria tähendust: täiendsõna rist- viitab kiirte ja ekraani ristseisule, kreekakeelne sõna isomeetria aga tähendab samamõõdulisust. Seega on ristisomeetrilisel kujutisel kõigil telgedel

¹ Sama nimetust võib kasutada ka kogu kirjeldatud projekteerimise toimingu puhul.



Joon. 48-1. Teljestiku ja temaga seotud kuubi (ühikkuubi) asend põhiekraani suhtes ristsisomeetrilise kujutise tekkimisel (põhiekraanil).

sama mõõtühik, sest telgede kaldenurgad ekraani suhtes on võrdsed.¹

Ristsisomeetrias on nurgad telgede kujutiste vahel võrdsed ning järelikult suurusega 120° , sest kokku peavad need nurgad andma täispöörde ehk 360° . Telgede kujutised võib joonestada kas T-joonlaua ja joonestuskolmnurga abil (mille teravnurk on 30°) või ringjoone jagamise teel kolmeks võrdseks osaks (joon. 48-2, a ja b).

2. Eespool selgitatud kvoodi mõistet kui punkti kaugust ekraanist on nüüd otstarbekohane täiendada punkti koordinaatide mõistega analüütilisest geomeetriast (joon. 48-3):

- punkti x -koordinaat on selle punkti kaugus² yz -tasapinnast;
- punkti y -koordinaat on selle punkti kaugus xz -tasapinnast;
- punkti z -koordinaat on selle punkti kaugus xy -tasapinnast.

¹ Kui ühiku pikkus ruumis on a , siis ristsisomeetrilisel kujutisel on telgedel ühikuks $a \cdot \cos \varphi$, kus φ on kõigi telgede ühine kaldenurk suurusega $35^\circ 16'$.

² Täpsemalt tähendab koordinaat vastava kauguslõigu pikkuse mõõtarvu, mis on saadud mõõtmisel kindla mõõtühikuga; kujutamise praktikas aga kasutatakse koordinaate esmajoonel lõikudena, tundmata huvi nende pikkuse mõõtarvu vastu.

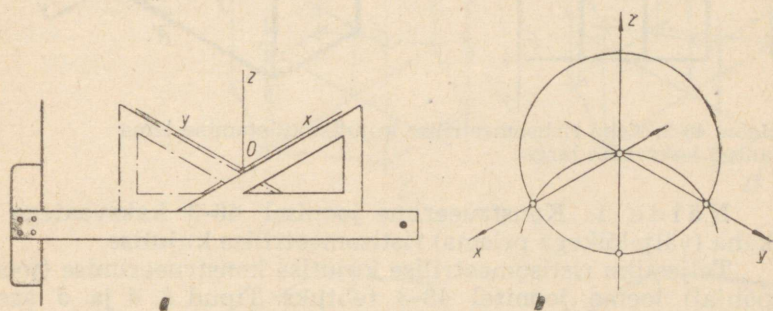
Pole raske ära tunda siin antud koordinaadisüsteemi vahekorda endise kvoodisüsteemiga, mis on juba tuttav paragrahvist 43:

x -koordinaat vastab külkvoodile, sest yz -tasapind on vaadel-dav külgekraanina; samuti vastab y -koordinaat esikvoodile ning lõpuks z -koordinaat — põhikvoodile.

Telgede tasapindu nimetame aksonomeetrias nagu analüütilises geomeetriaski koordinaatpindadeks, telgiendid aga koordinaat-telgedeks. Lõppkokkuvõtteks võime öelda, et

punkti koordinaat mingi koordinaattelje järgi on selle punkti kaugus antud teljega risti olevast koordinaatpinnast.

Siit järeldame, et koordinaatlõigud on vastavate koordinaat-telgedega paralleelsed; siis aga esinevad koordinaatlõigud (§ 23 lause 3 põhjal) aksonomeetrilisel kujutisel samuti telje paralleelidena. See soodustab suurel määral aksonomeetrilise kujutise konstrueerimist.



Joon. 48-2. Ristisomeetrilise teljestikukujutise konstrueerimise viise.

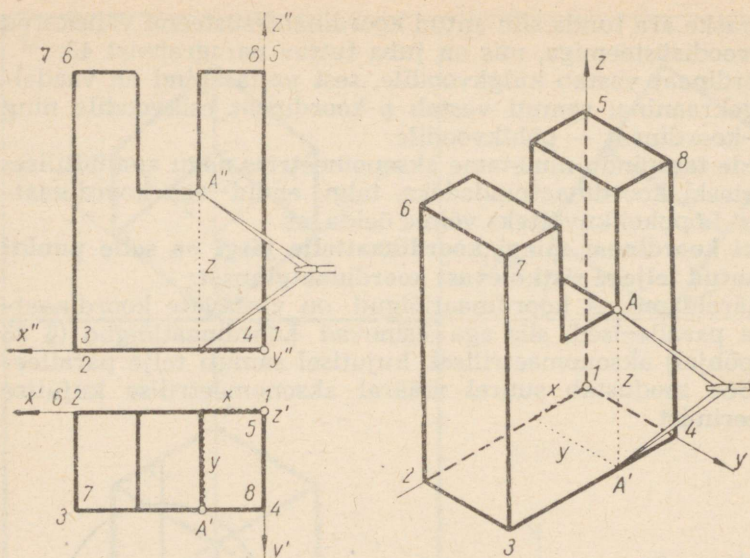
Objekti sidumine teljestikuga tehakse alati antud kaksvaatel. Reeglina peame meeles, et teljestik tuleb ka kaksvaatel korral-likult välja joonestada ning tähistada, et hiljem mitte eksida punktide kvootide (koordinaatide) väljalugemisega kaksvaatelt.

Teljed ja eseme punktid tähistatakse aksonomeetrilisel kuju-tisel vajaduse korral samade sümbolitega, mis vastavail elementidel on ruumis.

Kui esemel on palju telgedesihilisi servi (nagu harilikult), pole tarvis kõiki tippe leida koordinaatide järgi (mis on küllaltki eba-mugav ja aeganõudev), vaid mõne tipu paikapanemise järel on võimalik kujutist edasi arendada lihtsalt esemel esinevaid paral-leelsusi ja mõõduvahekordi aksonomeetrias jäljendades.

Lõpuks olgu tähendatud, et keha varjatud kontuurid (kriips-jooned) jäetakse aksonomeetrilisel kujutisel harilikult esitamata, sest need segaksid mõnevõrra saadava ilmeka kujutise vaatlemist.

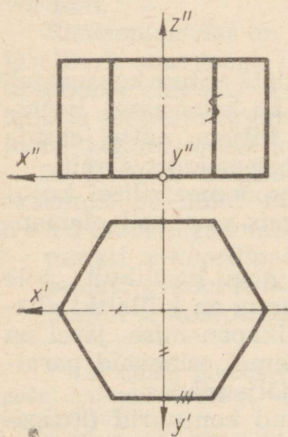
Töötame nüüd läbi mõned näited.



Joon. 48-3. Keha ristsomeetrilise kujutise tuletamine tema antud kaksvaate järgi.

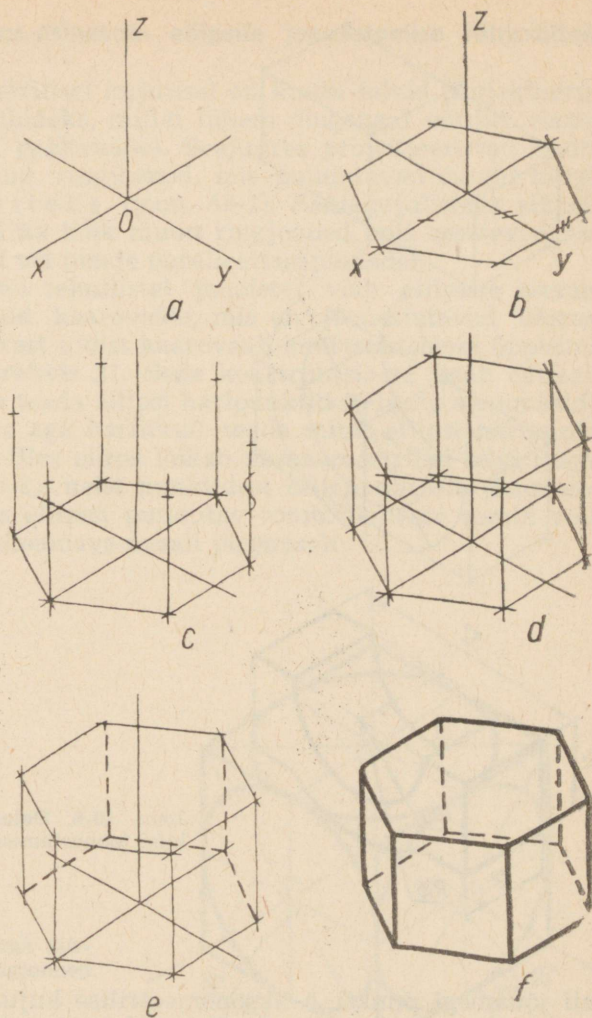
Näide 1. Konstrueerime joonisel 48-3 kaksvaatega antud keha (väljalõikega prisma) ristsomeetrilise kujutise.

Teljestiku ristsomeetrilise kujutise konstrueerimise (joon. 48-2 põhjal) loeme joonisel 48-3 tehtuks. Tipud 2, 4 ja 5 asetsevad koordinaattelgedel ning nende kaugused alguspunktist 1 saab otsekohe sirkliga kaksvaatelt üle kanda aksonomeetriatelgedele.¹



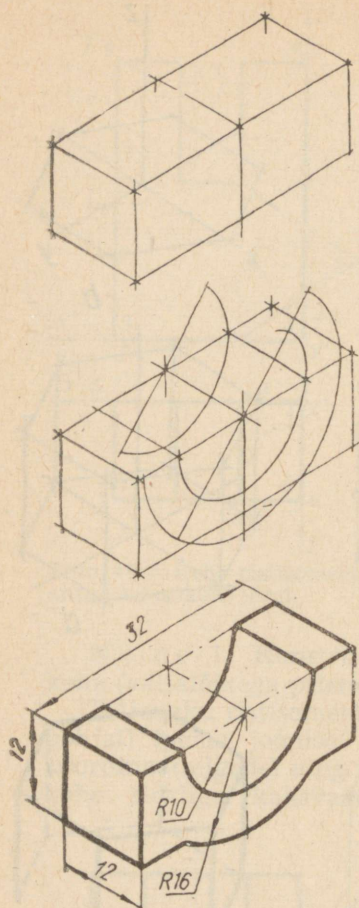
Joon. 48-4. Korrapärase kuusnurkse prisma ja teljestiku kaksvaade.

¹ Et ristsomeetrias koordinaate telgede võrdse kaldenurga koosinusega ei korrutata (vt. viidet 1, lk. 110), siis saadakse suurendatud kujutis (suurendusteguriga $k=1 : \cos 35^{\circ}16' = 1 : 0,816 = 1,22$).



Joon. 48-5. Korrapärase kuusnurkse prisma ristisomeetrilise kujutise konstrueerimise kõik etappide (a–f) kaupa, joon. 48-4 alusel.

Risttahuka ülejäänud tippude kujutised saadakse teljeparalleelide tõmbamise teel. Keha tipu A koordinaatlõigud x , y ja z on kaksvaatel ja aksonomeetrias silmatorkavaks tehtud punktiiriga. Aksonomeetrisel kujutisel liigume kõigepealt x -telge mööda (x -koordinaadi võrra), siis y -teljega paralleelselt (y -koordinaadi võrra) ning lõpuks z -teljega paralleelselt (z -koordinaadi võrra);



Joon. 48-6. Detaili ristsomeetrilise eskiisi joonestamise käik.

nii jõuamegi punkti A aksonomeetrilise kujutise juurde. Samuti on ka iga muu punkti koordinaadid kaksvaatelt otseselt sirklisse võetavad ning aksonomeetrilisele kujutisele ülekantavad.

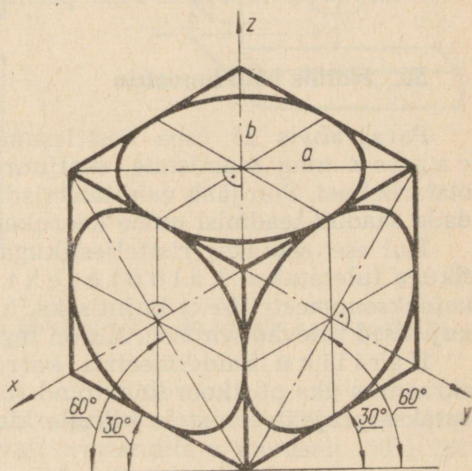
Näide 2. Siin selgitame korrapärase kuusnurkse prisma kaksvaate järgi jooniselt 48-4 vastava ristsomeetrilise kujutise eskiisi valmistamise käiku (joon. 48-5, a—f). On soovitatav see käik (ühel ja samal joonisel) oma käega läbi teha.

Näide 3. Joonisel 48-6 näeme lihtsa detaili ristsomeetrilise kujutise konstrueerimise käiku ning mõõtmete märkimist valmis-kujutisele. Samast objektist tehnilise tööjoonise eskiisi valmistamine oleks soovitatavaks ülesandeks lugejale.

49. Ristisomeetrias esinevate ellipsite joonestamise lähisvõtteid

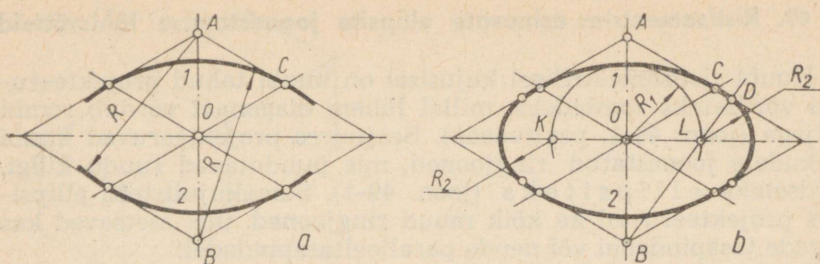
Kuubi ristisomeetrilisel kujutisel on kuubi tahud projekteerunud võrdseteks rombideks, millel lühem diagonaal võrdub rombi küljega (joon. 48-1, pealtvaade). Seejuures projekteeruvad kuubi tahkudele joonestatud ringjooned, mis puudutavad ruudu külgi, võrdseteks ellipsiteks (joon. 49-1). Samakujulisteks ellipsiteks projekteeruvad ka kõik muud ringjooned, mis asetsevad kas telgede tasapindadel või nende paralleeltasapindadel.

Aksonomeetrilistel tehnilistel joonistel võib ellipsite asemel kasutada lähendavaid kaarovaale, mis on joonestatavad üksnes sirkli abil. Ühte säärast üldist kaarovaali konstruktsiooni õppisime juba tundma paragrahvis 21. Seda konstruktsiooni saab edukalt kasutada siis, kui on teada ellipsi haripunktid (telgede otspunktid). Aksonomeetrias pole aga harilikult teada mitte ellipsi haripunktid, vaid punktid, milles ellips lõikab aksonomeetrilisi telgi (nagu punkt C joonisel 49-2); neist punktidest teljeparalleele tõmmates tekib ristisomeetrias ellipsit puudutav romb. Sellesse rombi võib joonestada ellipsit lähendava ovaali järgmiselt.



Joon. 49-1. Kuup ja tema tahkudel asetsevad ringjooned ristisomeetrias.

Rombi nürinurkade tippude A ja B ümber tõmbame kaared, mis puudutavad rombi külgi nende keskpunktides (joon. 49-2, a). Vastav raadius R võrdub rombi nürinurga tipu kaugusega vastaskülje keskpunktist ($R=BC$). Lõigaku need kaared rombi lähemat diagonaali punktides 1 ja 2 . Seejärel tõmbame rombi keskpunkti O ümber kaare raadiusega R_1 , mis võrdub lõiguga $O1$; lõigaku see kaar rombi pikemat diagonaali punktides K ja L (joon. 49-2, b). Viimaste ümber tõmbame kaared raadiusega $R_2=R-BL$.



Joon. 49-2. Kaarovaali joonestamine ristsomeetrias esineva ellipsi asemel.

Nii toimides liitub viimati tõmmatud kaar sujuvalt esmalt tõmmatud kaarega, mille raadius oli R . Liitepunkt D , asetsees tsentrite joonel BL , tuleb pisut eemale rombi külje keskpunktist C .

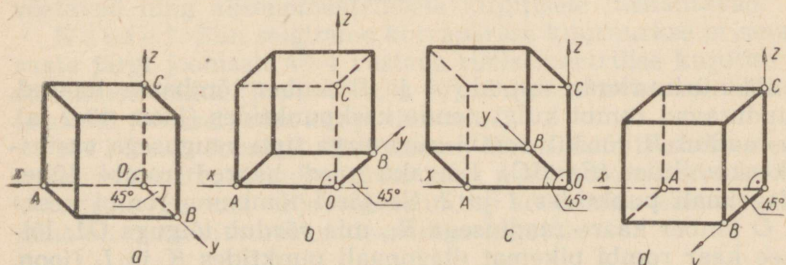
Kirjeldatud konstruktsiooniga saadava ovaali haripunktid ei lange täpselt kokku õige ellipsi haripunktidega, kuid tema erinevust ellipsisist pole silmaga peaaegu märgata.

50. Harilik kalddimeetria

Paragrahvis 25 juba käsitlesime nn. harilikku kaldvaadet ning mainisime sealjuures ka teljestiku kasutamise otstarbekust. Siin jääb vaid täiendada sealseid arutlusi ning rakedada saadud teadmisi mõne keerukama eseme kujutamisel.

Kui ese seotakse ristteljestikuga ning temast siis koos teljestikuga tuletatakse kaldprojektsioon, nimetatakse viimast *kaldaksonomeetriliseks* kujutiseks. Kui seejuures kahe telje ühiku kujutised tulevad võrdsed, siis on tegemist *kalddimeetriaga*.

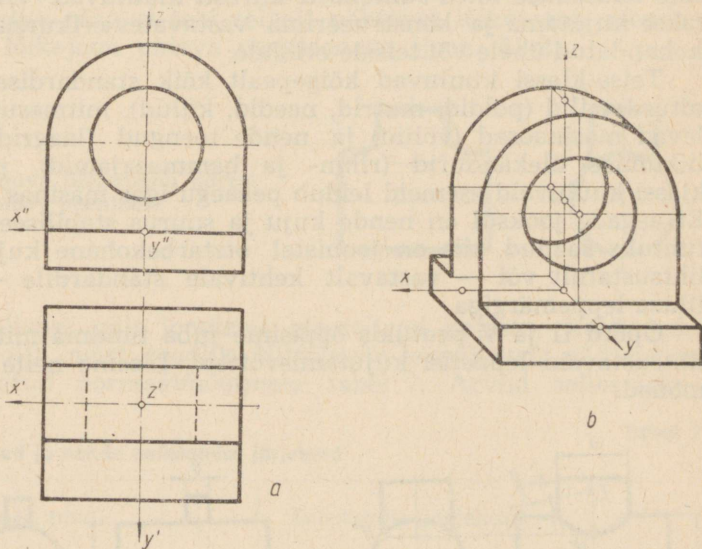
Hariliku kalddimeetria korral võetakse kaldprojektsiooni ekraaniks üks püstkoordinaatpind (tavaliselt xz -pind) ning rakedatakse projekteerivatele kiirtele kitsendavaid lisatingimusi pöör-



Joon. 50-1. Teljestiku ja tema ühikkuubi harilikke kaldvaateid.

denurga ω ja moondeteguri q etteandmisega (vt. § 25). Kui $\omega = 45^\circ$ ja $q = 1/2$, siis on tegemist *hariliku kaldvaatega* ehk nn. *kabinetprojektsiooniga*.

Teljestiku ja tema ühikkuubi võimalikke harilikke kaldvaateid näeme joonisel 50-1, $a-d$, kus ekraaniks on xz -tasapind. Sõltuvalt y -telje kujutise suunamisest x -telje suhtes kaldu 45° jääb kujutisel nähtavaks kas kuubi alumine või pealmine tahk, vasakpoolne või parempoolne tahk. Variandid b ja c leiavad praktikas harva kasutamist.



Joon. 50-2. Detaili kaksvaade (a) ja harilik kaldvaade (b).

Joonisel 50-2 näeme lihtsat tehnilist detaili kaksvaates ning harilikus kaldvaates — vastavalt variandile a jooniselt 50-1. Et detaili silindriliste elementide põhjad on ekraaniga (s. o. xz -pinnaga) paralleelsed, siis projekteeruvad need moondeta ning on joonestatavad sirkli abil oma õigete radiustega. Augu kui silindri kõrgus, olles paralleelne y -teljega, lüheneb kaldvaatel poole peale.

IX. TÄIENDAVAD KUSIMUSI TEHNILISE JOONESTAMISE ALALT

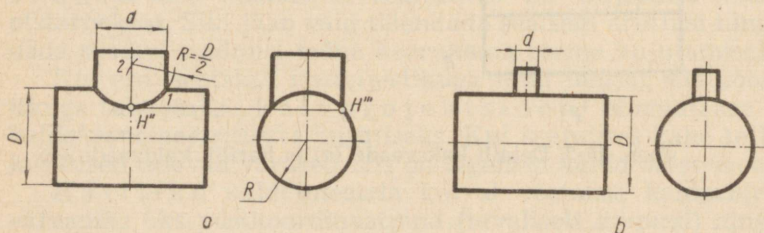
51. Mõningaid lihtsustusi ja leppelisusi. Normaalkjoonmõõtmed

Tehnilised kujutamiseobjektid (detailid, sõlmed) võib jagada erilisteks ja harilikeks.

Esimesse, märksa arvukamasse klassi kuuluvad kõik spetsiaalsed (iselaadsed) detailid ja sõlmed, mis esinevad seadmeis ainukordselt ning mis tööstuse arengus uute masinate ja töötamisviiside leiutamise tõttu suhteliselt kiiresti muutuvad. Viimaseid õpitakse kujutama ja konstrueerima vastavates erikursustes, mis on kohandatud ühele või teisele erialale.

Teise klassi kuuluvad kõigepealt kõik standardiseeritud kinnitusdetailid (poldid, mutrid, needid, kiilud), mitmesugused pöörlevad masinaosad (võllid) ja nende toengud (laagrid), pöörleva liikumise ülekandurid (rihm- ja hammasajamid) jm. Sellesse klassi kuuluvaid esemeid leidub peaaegu igas masinas ja seadmes. Et aegade jooksul on nende kuju ja suurus stabiliseerunud, üldtuntuks saanud, siis on joonistel otstarbekohane kujutada neid lihtsustatult või — vastavalt kehtivale standardile — asendada lihtsa leppemärgiga.

Õpiku II ja V peatükis õppisime juba tundma mitmesuguseid lihtsustavaid leppelisi kujutamismõtteid. Lisame neile nüüd veel mõned.



Joon. 51-1. Ristuvate telgedega silindrite lõikejoone kujutamine lihtsustatult.

Olgu näiteks tegemist kahe silindriga, mille teljed on teineteisega risti (joon. 51-1, a), läbimõõdud aga erinevad ($D > d$). Silindrite lõikejooneks on sel juhtumil keerulise kujuga ruumikõver, mis projekteerub telgede tasapinnale (esiekraanile) hüperbooli¹ kaareks. Tehnilistel joonistel asendatakse see hüperbooli kaar ringjoone kaarega, mille raadiuseks on jämedama silindri

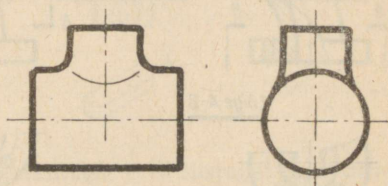
¹ Hüperbool on teist järku joon, mille võrrand on $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$.

raadius $R = \frac{D}{2}$. Arusaadavalt tuleb sama raadiusega R enne leida vastav tsepter 2 peenema silindri teljel; seejuures kasutatakse tseentrit 1, milles lõikuvad silindrite kontuurid ($12 = R = \frac{D}{2}$). Väärrib märkimist, et see konstruktsioon annab kaare haripunkti H (joonisel H''' ja H'') just õigel kõrgusel.

Kui diameeter d on suhteliselt väike võrreldes diameetriga D (nagu joonisel 51-1, b), võib kaare (lõikejoone) jätta joonestamata. Sel juhul asendab kaart lihtsalt jämedama silindri kontuur.

Juhul aga, kui ühelt (näiteks silindriliselt) kehalt teisele üleminek on sujuv ning ei teki selgelt nähtavat lõikejoont, asendatakse jäme lõikejoon pideva peenjoonega (joon. 51-2).

Joon. 51-2. Sujuva ülemineku korral on lõikejoon pidev peenjoon.



On leppelisusi, mis joonistel otseselt ei kajastu, kuid seda enam tuleb olla neist teadlik. Niisuguste leppelisuste näitena on allpool esitatud normaalmõõtmete tabel 7. Arvud selles tabe-

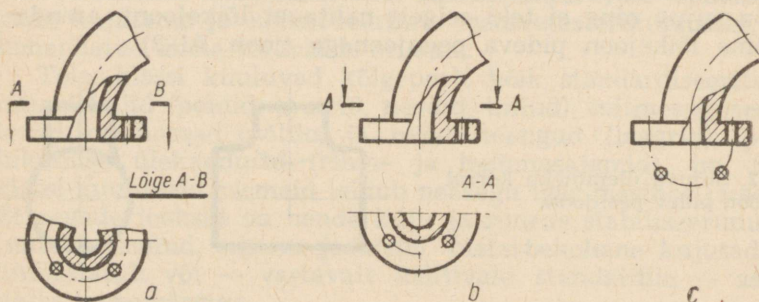
Tabel 7

Normaalmõõtmed ja nende eelistamise järjekord

Normaalmõõtmed (mm)				Eelistamise järjekord
1,0	10	100	1000	I. Kui võimalik, siis kasutada mõõtmeid, mis on trükitud jämekirjas.
1,1	11	110	1120	
1,2	12	125	1250	
1,4	14	140	1400	
1,6	16	160	1600	II. Kui jämekirjas trükitud mõõde ei sobi, kasutada mõõdet, mis on trükitud harilikus kirjas.
1,8	18	180	1800	
2,0	20	200	2000	III. Kui ka harilikus kirjas trükitud mõõde ei sobi, siis kasutada mõõdet, mis on trükitud kurssiivkirjas. Märkus. Tabelist on välja jäetud mõõtmed, mis on standardi järgi lubatud alles neljandas järjekorras. Õpilaste jaoks piisab tabelist siin esitatud ulatuses.
2,2	22	220	2240	
2,5	25	250	2500	
2,8	28	280	2800	
3,0	32	320	3150	
3,5	36	360	3550	
4,0	40	400	4000	
4,5	45	450	4500	
5,0	50	500	5000	
5,5	55	560	5600	
6,0	60	630	6300	
7,0	70	710	7100	
8,0	80	800	8000	
9,0	90	900	9000	

lis tähendavad eelismõõtarve millimeetrites. Seadmete, detailide ja nende elementide projekteerimisel pole soovitatav kasutada pikkusi, läbimõõte ega kõrgusi, mida selles tabelis ei leidu. See-sugune mõõtarmude valiku piiramine soodustab detailide ükstei-sega asendamist ning vähendab lõikeriistade (puuride, freeside jne.), samuti mõõteriistade (kaliibrite) nomenklatuuri.

Normaalmõõtmete tabelit kasutatakse ka valmistoote mõõtmi-sel saadavate tulemuste täpsustamisel, kui valamiskonarused ja muud ebamäärasused segavad mõõtmist.



Joon. 51-3. Aukudega ümmarguse toruääriku leppelise kujutamise lihtsustumine aegade jooksul.

Joonestusalased lihtsustused ja leppelisused aegade jooksul muutuvad ja laienevad. Praktilise väärtusega uus lihtsustus või leppelisus levib alguses kitsamas ringis, näiteks üksikus käitisel, projekteerimisasutuses või mingis tootmisharus. End praktikas pikemat aega õigustanud võtte kehtestatakse lõpuks riikliku stan-dardina. Ilmekaks näiteks kujutamisevõtete lihtsustumisest aegade jooksul on joonis 51-2, mis selgitab aukudega ümmarguse ääriku kujutamiseviisi muutumise käiku minevikust (a) olevikku (b) ja lähemasse tulevikku (c). Olgu tähendatud, et arvatav tulevikuvorm (c) on käitiste praktikas juba praegu laialdaselt levinud.

52. Kiil-, keevis- ja neetliited

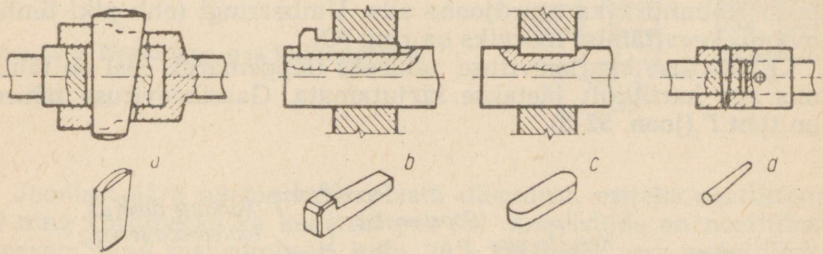
Liited jagunevad lahtivõetavaiks ja mittelahtivõetavaiks. Ees-pool käsitletud keermesliited osutuvad muidugi lahtivõetavateks. Lahtivõetavaid liiteid võimaldavad veel tuntud kinnitusdetailid: kiil, liist ja tihtvt.

Kiilud jagunevad rist- ja pikikiiludeks. Ristkiilu kasutatakse tõkkena seal, kus jõud mõjub detailidele telje suunas (joon. 52-1,

a), pikikiilil aga peab takistama telje ümber pöörlemist (joon. 52-1, b).

Liist (joon. 52-1, c) on vaadeldav kaldeta pikikiiluna, mis viimasega sarnaselt asetatakse liidetavate detailide kohastikku seatud nuutidesse.

Liistliide võib jätta detaili piki võlli liikuvaks. Sel puhul on liist kinnitatud kruvidega võlli külge ning teda nimetatakse siis juhtliistuks.

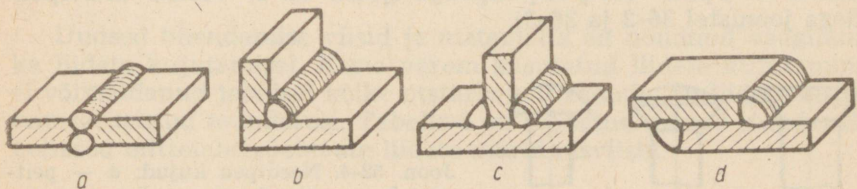


Joon. 52-1. Liide: a — ristkiiluga; b — pikikiiluga; c — liistuga; d — tihvtiga.

Tihvt (joon. 52-1, d) on vaadeldav ristkiiluna, mille ristlõikeks on ring. Tihvtid võivad olla koonuse- või silindrikujulised. Tihvt tagab kahe sageli lahtivõetava detaili õige kokkumonteerimise. Neid kasutatakse aga ka detailide liitmiseks, eriti seal, kus pole tegemist jõu ülekandmisega, näiteks aparaadiehituses.

Mittelahtivõetavaid liiteid saame keevitamisega, neetimisega, jootmisega, liimimisega ja õmblemisega. Neid liiteid saab lahutada ainult siis, kui vastav õmblus purustada.

Elektrilise, kaarkeevituse puhul kaetakse liidetavate detailide servad leegis sulanud metalliga, mis hangumisel moodustab nn. keevisõmbluse. Sõltuvalt liidetavate detailide vastastikusest asendist jagunevad liited pöck-, nurk-, T- ja ülestickliideiks. Vastavad keevisliited on esitatud joonisel 52-2.

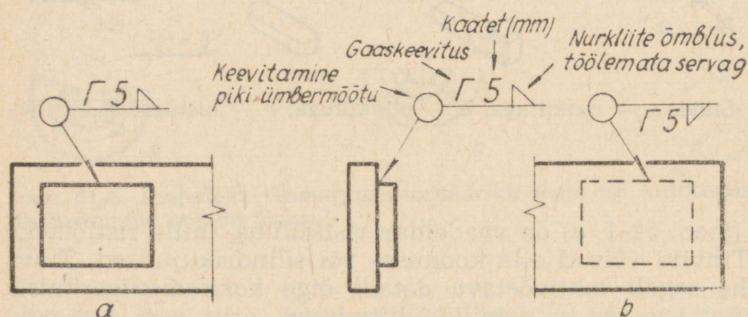


Joon. 52-2. Keevisliiteid: a — pöckliide; b — nurkliide; c — T-liide; d — ülestickliide.

Keevisõmblyuse koht näidatakse joonisel murdjoonega, mis koosneb rõht- ja kaldosast; viimane lõpeb keevituskohas ühepoolse noolega. Õmblyusele iseloomulikud leppemärgid ja mõõtmed kirjutatakse murdjoone rõhtsa osa kohale: nähtava õmblyuse korral joone peale, varjatud õmblyuse korral joone alla.

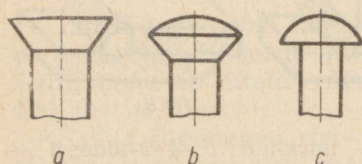
Keevisõmblyusi kasutatakse praktikas rohkesti kahetahulise nurga serva juures (joon. 52-2, b, c, d). Säärase õmblyuse märgiks on võrdhaarne täisnurkne kolmnurk koos arvuga (k), mis näitab õmblyuse ristlõike kaateti pikkust millimeetrites. Kui liide antud kohas nõuab kaksikõmblyust (keevitamist kahelt poolt), märgitakse kolmnurk ka murdjoone alla. Ümberringi (ehk piki ümberrõõtu) keevitamise märgiks on ring (O).

Elektrilise kaarkeevituse tähiseks (leppemärgi ees) on täht Θ , mis aga harilikult jäetakse kirjutamata. Gaasikeevituse tähiseks on täht Γ (joon. 52-3).



Joon. 52-3. Keevisõmblyuse märkimine: a — nähtav õmblyus; b — varjatud õmblyus.

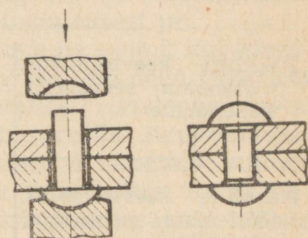
Teine mittelatihvõetav liide — neetliide on keevisliite levimisega masinaehituses oma tähtsusest palju kaotanud, kuid kohati on ta jäänud ikkagi asendamatuks. Neetliites kasutatakse erilisi kinnitusdetalle — neete. Needi osadeks on silindriline varb ja selle ühes otsas olev pea (algpea). Pea kuju poolest võib neet olla kas ümar-, peit- või poolpeitpeaga (joon. 52-4, võrdle kruvipeadega joonistel 36-2 ja 36-3).



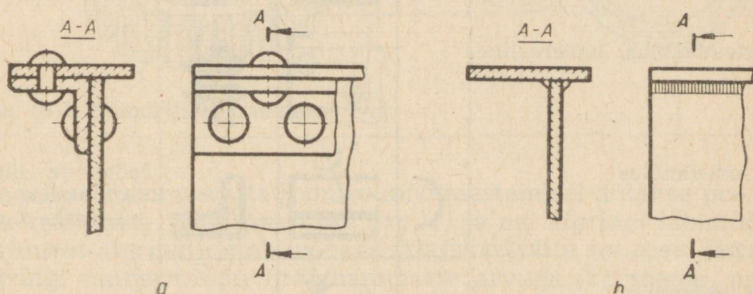
Joon. 52-4. Needipea kujud: a — peitpea; b — poolpeitpea; c — ümarpea.

Neetimisel pistetakse neet liidetavate osade kohakuti olevasse auku ning löökidega või surve abil töödeldakse needi teine ots lõpp-peaks (joon. 52-5). Seejuures tuleb jämedamaid neete eelnevalt kuumendada, mis soodustab lõpp-pea vormimist.

Joon. 52-5. Needi lõpp-pea kujundamine.



Joonisel 52-6 näeme kahe plaadi ühendust, esiteks neetliitena (a) ning võrdluseks ka keevisliitena (b). Keevisliide on neetliitest tugevam ning maksumuselt kuni 20% odavam, sest metallikulu on väiksem ja töö hõlpsam. Seepärast tuleb võimaluse korral ikka kasutada keevisliidet. Keevisliite puuduseks on liite kvaliteedi tülikas kontrollimine.



Joon. 52-6. Näiteid mittelähtivõetavaist liitest: a — neetliide; b — keevisliide.

Uudsed ühendamise viisid ja materjalid on nõudnud vaagimist ka liidete kujutamisel. Kuna varem kasutatud liidete kujutamine ei võimaldanud joonisel kõike otstarbekalt esitada, on liidete kujutamisel tehtud muudatusi. Tabelis 8 on näidatud mõned standardkohased mittelähtivõetavate liidete märkimisviisid.

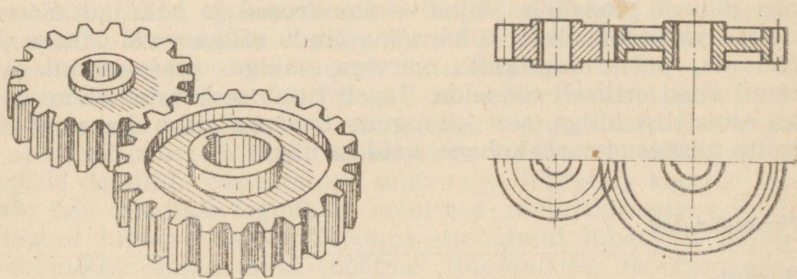
Mittelahtivõetavad liited, nende kujutamine ja tähistamine.

Õmbluse liik	Liigi märk	Õmblus kujutisel		Märkusi
		nähtav	lõikes	
Pötkliite keevisõmblus, töötlemata servadega, kahepoolne				Nähtav keevisõmblus kujutatakse pideva jäämejoonega, varjatud õmblus aga kriipsjoonega
Nurkliite keevisõmblus, töötlemata servadega, ühepoolne	△			
T-liite keevisõmblus, ühe töödeldud servaga, ühepoolne	∨			
Ülestikliite keevisõmblus, töötlemata servadega, kahepoolne	▷			
Neetõmblus, kaherealine				
Jooteõmblus	⊂			Joote- ja liimõmblust kujutatakse joone jämedusega 2 s
Liimõmblus	K			
Õmblusliide				Õmblust kujutatakse joone jämedusega s/3. Kriipsu pikkus valitakse 10–30 mm, kaldkriipsul aga 2–3 mm.

53. Hammasrattad

Seadmeis on sageli vaja ühe võlli pöörlemist üle kanda teisele võllile. Sõlme, mis seesugust ülekannet võimaldab, nimetatakse *ajamiks*. Tuntumad ajamid on *rihmajam*, *kettajam* ja *hammasajam*. Ajami tüübi valik sõltub võllide kaugusest ja vastastikusel asendist, pöörlemiskiirusest, ülekantava jõu suurusest jm.

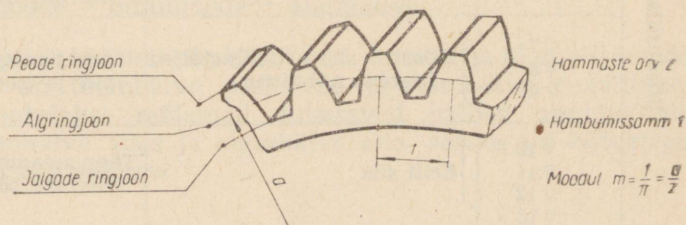
Paralleelsete võllide korral saame lihtsaima ajami, kui kinnitame võllide külge silindrilised rattad ning surume need tugevasti teineteise vastu. Niisugust ajamit nimetatakse *friktsioonajamiks*. Praktikas esineb friktsioonajam näiteks pesurullis. Arusaadavalt pole friktsioonajamis välditud rataste libisemine teineteise suhtes. Libisemise vältimiseks on otstarbekohane teha rattad *hambuliseks*; nii jõuamegi *hammasratta*, ühtlasi hammasajami mõiste juurde. Kõige tavalisemad on *silindrilised hammasrattad* (joon 53-1).



Joon. 53-1. Silindrilised hammasrattad.

Silindrilise hammasratta joonise mõõtmestamisel antakse peale tavaliste mõõtmete veel *hammaste arv* (z) ja nn. *algringi läbimõõt* (d), kusjuures algring näitab vastava friktsioonratta suurust. Jagades algringi ümbermõõdu (πd) hammaste arvuga (z), saame nn. *hambumissammu* (t):

$$t = \frac{\pi d}{z}$$



Joon. 53-2. Silindrilise hammasratta mõõtandmeid.

Jagades saadud võrduse mõlemad pooled arvuga π , saame võrde $\frac{t}{\pi} = \frac{d}{z}$. Suurust, mida väljendab selle võrde kumbki pool, nime-tatakse silindrilise hammasratta *mooduliks* (m). Niisiis võib moo-dulit defineerida kahel viisil: 1) hambumissammu ja arvu π suh-tena, 2) algringi läbimõõdu ja hammaste arvu suhtena (joon. 53-2):

$$m = \frac{t}{\pi} = \frac{d}{z}$$

Et hammaste freesimisel on tarvis teada ka moodulit, märgi-takse moodul hammasratta joonisele.

54. Pinnasiledused

Tootmisprotsessis tuleb detailide pindu töödelda; töötlemisel aga jäävad pindadele jäljed — konarused ja kriimud. Sõltuvalt detaili kasutamiseviisist tuleb tema pindu rohkem või vähem siluda (lihvida, poleerida), katta värviga, lakiga, plastmasskilega või muul viisil eriliselt töödelda. Sageli tuleb seejuures silmas pidada ka esteetilist külge, sest igasugune toodang peab kaasajal olema mitte üksnes otstarbekohane, vaid ka nägus.

Tabel 9

Pinnasiledused

Siledus-märk	Pinnasileduse määrang	Kasutamise piirkond	
∇	Väga jämedalt töödeldud	Valukonarustest puhasta-tud vabad pealispinnad	
Siledusklassid	∇1 ∇2 ∇3	} Töödeldud, kuid jäljed on silmaga hästi näha	Puuritud augud; kaante ja äärikute kokkupuutuvad pinnad
	∇4 ∇5 ∇6	} Poolsile, töötlusjäljed vae-valt nähtavad	Rihmarataste tööpinnad; laagrite puksid; pöörle-vate ja libisevate osade hõõrdepinnad
	∇7 ∇8 ∇9	} Täiesti sile, töötlusjäljed luubiga nähtavad	Jõumasinate silindrid, kla-pid ja nende pesad
	∇10 ∇11 ∇12 ∇13 ∇14	} Eriti sile	Täppis-seadmete ja -mööte-riistade tööpinnad

Arusaadavalt peavad kindla tööülesandega pindade konarused jääma teatud piirresse. Joonistel märgitakse pinnasiledusi vastavate leppemärkidega. Nii näiteks on sileda, töötlemist mitte vajava pinna märgiks «kapsaraud» (∞), üsna jämedalt töödeldud (valukonarustest puhastatud) pinna märgiks aga «nurk» (∇) (vt. tabel nr. 9). Neile järgnevad töödeldud pindade 14 nn. siledusklassi, kõigil märgiks «kolmnurk» koos vastava arvuga: mida suurem arv, seda siledam peab olema töödeldud pind. Tabelis on antud klassirühmadele umbkaudu vastavad pinnasileduse määrangud ning kasutamise näidispiirkonnad.

55. Tolerantsid ja istud

1. Joonistel antavad mõõtmed (täisarv millimeetrites) kajastavad eseme tegelikke mõõtmeid ainult nimeliselt ning seepärast nimetataksegi neid täpsemalt *nimimõõtmeiks*. Eseme projekteerimisel määrab konstruktor nimimõõtmed kas oma kogemuste põhjal või saab need arvutustulemuste ümardamisel.

Joonisel näidatud nimimõõtmeid on eseme valmistamisel võimalik arvestada ainult teatud piires, sest töötulemused mõõtmete osas sõltuvad suurel määral materjalist ja tootmistehnoloogiast. Et tagada detailide vastastikune sobivus ja häreteta koostöö sõlmes, ei tohi detailide tegelikud mõõtmed nimimõõtmeist erineda üle teatud lubatava määra. Mõõtme ettenähtud lubatavat kõikumisvahemikku nimetatakse mõõtme *tolerantsiks* (kõikumiseks). *Ülempiirmõõde* on tegeliku mõõtme suurim ja *alampiirmõõde* tema vähim lubatav väärtus. Ülem- ja alampiiirmõõtmest nimimõõdet lahutades saadakse mõõtme lubatavad hälbed: *ülemhälve* ja *alamhälve*:

ülempiirmõõde — nimimõõde = ülemhälve;
alampiirmõõde — nimimõõde = alamhälve.

Praktikas kasutatakse neid aritmeetilisi eeskirju harilikult järgmisel, teisendatud kujul:

ülempiirmõõde = nimimõõde + ülemhälve;
alampiirmõõde = nimimõõde + alamhälve.

Kui ülempiirmõõde on nimimõõtmest suurem ja alampiiirmõõde väiksem, siis on ülemhälve positiivne ja alamhälve negatiivne. Joonisel kirjutatakse mõlemad lubatavad hälbed nimimõõtme kõrvale, ülemhälve üles ja alamhälve alla, saades nii *hälvetega* (ehk *tolereeritud*) mõõtme:

+0,05
50
—0,03

Kui ülem- ja alamhälve on absoluutväärtuselt võrdsed, siis hälvetega mõõtme kirjutis antakse lihtsamalt, näiteks $50 \pm 0,05$. Kui üks hälve on null, jäetakse see kirjutamata, teine hälve aga antakse omal kohal, s. t. kas üles- või allapoole kirjutatult. Näiteks kirjutisest $50_{-0,03}$ näeme, et ülemhälve on null, alamhälve aga $-0,03$.

Hälvetega mõõtme seesugune kirjutusviis võimaldab hõlpsasti leida mõõtme lubatavad piirid ja tolerantsi. Selleks tuleb vaid sooritada kirjutises esinevad tehted, näiteks:

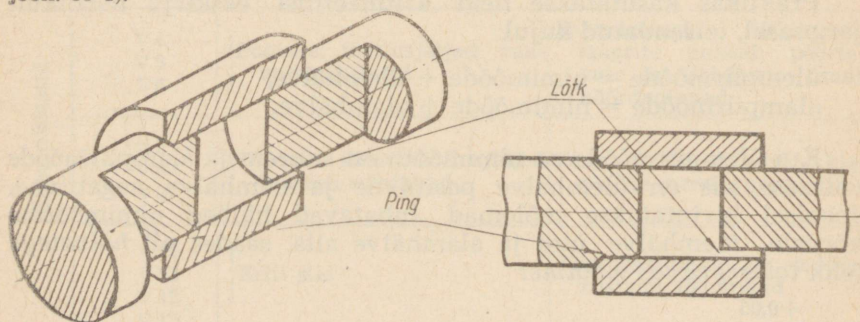
$$\begin{aligned} & 50 + 0,05 = 50,05 \text{ (ülempiirmõõde)} \\ - & \underline{50 - 0,03 = 49,97 \text{ (alampiirmõõde)}} \\ & 0,08 = 0,08 \text{ (tolerants).} \end{aligned}$$

Eseme tootmisel tuleb hoolitseda selle eest, et tema tegelikud mõõtmed oleksid tolereeritud mõõtme piires. Meie näite puhul sobib vastavaks tegelikuks mõõtmeks iga väärtus vahemikust $49,97 \rightarrow 50,05$. Üldiselt peab tegelik mõõde jääma oma tolerantsi piiresse (s. o. lubatavasse kõikumisvahemikku), mis küünib alampiirist kuni ülempiirini:

$$\text{alampiirmõõde} \leq \text{tegelik mõõde} \leq \text{ülempiirmõõde}$$

Et kindlustada seadme häireteta tööd ning võimaldada kulu- nud detailide asendamist uutega, peavad detailid olema tehtud küllalt täpselt. Täpne töö on aga kallis. Seepärast peab konstruktor hoolitsema selle eest, et tolerantsid vastaksid täpselt detailide töötingimustele.

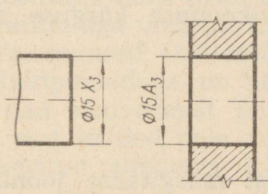
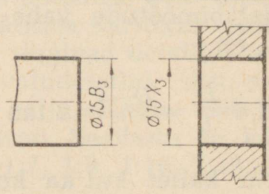
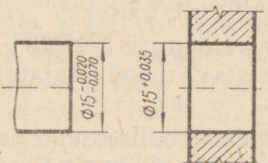
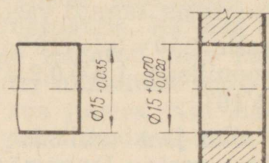
2. Detaili mõõde võib olla kas vaba või seotud. Viimasel juhul peab mõõde sobima naaberdetaili mingi mõõtmega. Näiteks silindrilise ava ja selles paikneva tapi läbimõõdud on üksteisega seotud, kui ava ja tapp peavad moodustama liite. Vastavad läbimõõdud antakse siis joonisel võrdse nimimõõtmega, sõltumata sellest, kas liide on *lõtkuga* (s. t. tapp võib avas vabalt liikuda) või *pinguga* (tapp on hõõrdumise tõttu avas liikumatu, joon. 55-1).



Joon. 55-1. Lõtk ja ping.

Seotud mõõtmega detailide tegelikest mõõtmeist sõltub detailide vastastikune sobivus ehk ist. Ping ja lõtk on oskussõnad, mis koos vastavate leppemärkidega täpsemalt määratlevad istu; nii võib ist olla suurema või väiksema pinguga, samuti suurema või väiksema lõtkuga.

Rangelt mitteliikuvaid, nn. *pinguga iste* tähistatakse joonistel mõõtarvu järel tähistega Гр, Пр ja Пл, mis tulenevad venekeelsetest sõnadest горячая посадка — kuumist, прессовая посадка — pressist ja легкопрессовая посадка — kerge pressist. Vahepealsed istud (tähistega Г, Т, Н, П) ei võimalda kindlat liidet ilma kiilu või liistu abita. Lõtkuga istude tähisteks on С, Д, X, Л, Ш ja ТХ, mis jällegi tulenevad vastavatest venekeelsetest sõnadest.

		Avasüsteem	Võllisüsteem
Mõõtmel märgitud	istuga		
	hälvetega		

Joon. 55-2. Mõõtmete märkimine ava- ja võllisüsteemis istuga ja hälvetega.

Seotud mõõtmete puhul ei esitata tolerantse tavalisel viisil (s. t. lubatud hälvetena nimimõõtmeist), vaid neid iseloomustatakse vastava indeksiga, nn. *täpsusklassiga* istu tähise juures. Täpsusklassid mõõtmetele 1—500 mm (täpsuse kahanevas järjekorras) on: 1; 2; 2a; 3; 3a; 4; 5; 7; 8 ja 9. Esimest täpsusklassi kasutatakse näiteks täppismõõteriistade ja veerlaagrite juures. Teine täpsusklass on masinaehituses kõige tavalisem; kolmas, neljas ja viies aga esinevad mittevastutusrikaste liidete juures. Ülejäänud täpsusklasside kasutatakse vabade mõõtmete puhul.

Kui üks detail läheb teise sisse, siis haaravaid pindu samastatakse mõõdete seisukohast avadega ja haaratavaid pindu võllidega, sõltumata liidetavate detailide tegelikust geomeetrisest kujust.

Avasüsteemis kirjutatakse täht A ava antud mõõtarvu järele koos täpsusklassiga, võlli mõõtarv aga antakse koos istuga; seevastu võllisüsteemis kirjutatakse võlli antud mõõtarvu järele täht B koos täpsusklassiga, ava mõõtarv aga antakse koos istuga (joon. 55-2, ülemine pool). Soovi korral võidakse joonisel nii ava- kui võllisüsteemi puhul istude asemel kasutada hälvetega mõõtmeid (joon. 55-2, alumine pool).

56. Kalle, koonilisus ja faas

Täisnurkse kolmnurga hüpoteenuusi kaldeks (i) pikema kaateti suhtes nimetatakse lühema ja pikema kaateti suhet (joon. 56-1, a):

$$i = \frac{h}{l} = \tan \alpha,$$

kus α on nurk pikema kaateti ja hüpoteenuusi vahel. Analoogiliselt kohandatakse kalde ja kaldenurga mõistet ka kaldpindadele.

Koonilisuseks (K) nimetatakse koonuse põhja läbimõõdu ja koonuse kõrguse suhet; tüvikoonuse puhul avaldub see suhe põhjaläbimõõtude vahe ja tüvikoonuse kõrguse suhtena (joon. 56-1, b):

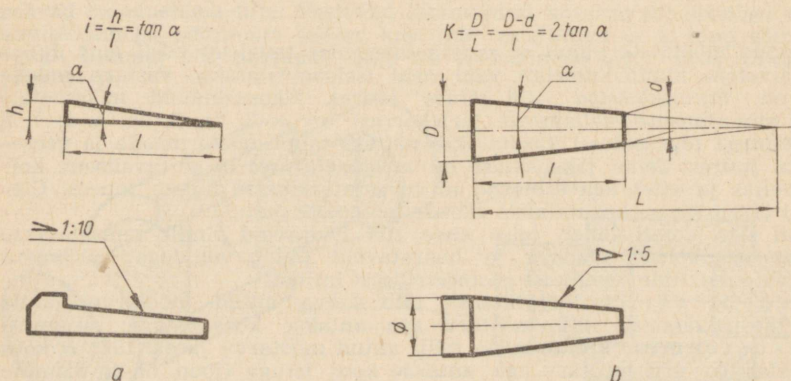
$$K = \frac{D}{L} = \frac{D-d}{l} = 2 \tan \alpha.$$

Nii kallet kui ka koonilisust märgitakse joonistel harilikult suhtega, kuid seda suhet võib väljendada ka kümnendmurrus või protsentides, samuti vastava nurga abil, näiteks:

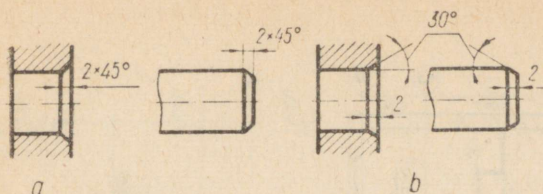
kalle $1:10 = 0,1 = 10\%$; vastav kaldenurk $5^{\circ}42'38''$;

koonilisus $1:5 = 0,2 = 20\%$; vastav moodustajatevaheline nurk $11^{\circ}25'16''$.

Kallet ja koonilisust määravate arvuliste andmete ette paigutatakse vastav leppemärk: kalde puhul nurk \angle ja koonilisuse puhul võrdhaarne kolmnurk \triangle tipuga kitsenemise suunas (joon. 56-1).



Joon. 56-1. Kalde ja koonilisuse mõisted ning nende märkimine joonisel: a — kalle; b — koonilisus.



Joon. 56-2. Faasi märkimine: a — nurk on 45° ; b — nurk pole 45° .

Möödistamist koonilisuse kaudu rakendatakse eriti siis, kui kahe detaili koonilised pinnad peavad teineteisega täpselt sobima, näiteks, kui kooniline kork peab sulgema koonilise ava. Üksikule koonilisele detailile aga võib mõõtmed märkida harilikul viisil.

Metalli mõnesugused töötlemisviisid tingivad detailidele kaldega pindu. Kaldpindadega on näiteks valudetailid, sest sellistena tulevad nad valuvormist paremini välja. Kalde võib alati valida vabalt, sest kalded pole normeeritud. Seevastu on koonilised normeeritud suhetega 1:3, 1:5, 1:7, 1:8, 1:10, 1:12, 1:15, 1:20 jne.

Faasid kujutavad endast harilikult väikese kõrgusega tüvikoonuseid, mille otstarve võib olla mitmesugune. Näiteks keermetatud poldi otsale, samuti ava äärele lõigatud faas kaitseb keeret vigastuste eest ning kergendab mutri suunamist poldi otsa. Samalaadne ülesanne on faasil võlli ja ava juures. Kui näiteks tapp tuleb jõuga pressida pesasse, siis pole see mõeldav ilma faasita tapi otsas ja pesa äärel.

Faase lõigatakse ka selleks, et nürida detaili teravaid servi, mis muidu osutuksid ohtlikeks detaili käsitlemisel.

Koostamisjoonistel lubatakse faase jätta kujutamata, kuid detailijoonistel tuleb neid tingimata näidata. Tavaliselt lõigatakse faasid kaldega 45° ning sel puhul esitatakse faasi mõõtmed lihtsustatult (joon. 56-2, a); arv nurgakraadide ees näitab siis kahe kontuurjoone vahet (tüvikoonuse kõrgust). Kui faasinurk pole 45° , siis antakse faasi mõõtmed tavalisel viisil (joon. 56-2, b).

57. Ehitusalased joonised; nende erinevusi, võrreldes masinaehitusalaste joonistega

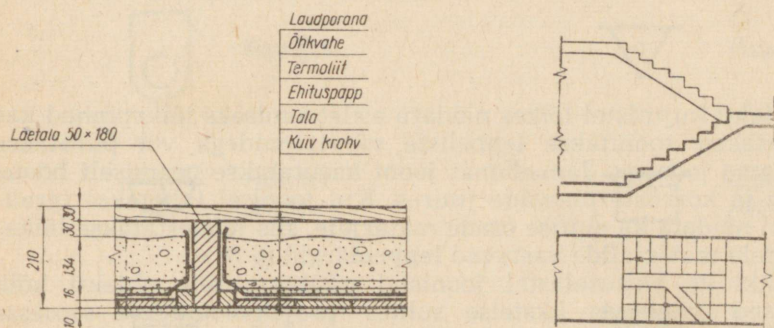
Ehitusalasel joonestamisel on mõndagi ühist masinaehitusalase joonestamisega — ta rajaneb samuti projektsioonilisel joonestamisel ning kasutab geomeetrilise joonestamise elemente. Pealegi kehtivad siin paljude masinaehitusjoonestamisalaste standardite nõuded (näiteks formaatide, mõõdusuhete, materjalide leppemärkide ja keermete kohta).

Erinevalt masinaehitusest on ehitusalased objektid mõõtmeilt märksa suuremad ja mitmekesisemad (hooned, sillad, mastid, tammid, teed, kanalid jne.). Ehitiste otstarbest, konstruktsioonist ja valmistamisviisist tingitult esineb ehitusalases joonestamises palju eriilmelisi jooniseid ning neil kasutatakse väga mitmesuguseid leppelisusi. Kõige tüüpilisemateks ning sagedamini esinevateks ehitusobjektideks on mitmesugused hooned. Seepärast tutvumegi allpool peaasjalikult hoonejooniste iseärasustega.

Olulisemaks kujutiseks ehitusalastel joonistel on plaan, mis laiemas mõttes tähendab objekti pealtvaadet, näiteks «asendiplaan», «silla plaan». Hoonejoonistel aga mõistetakse plaani all esmajoones horisontaalse tasapinnaga lõigatud hoone jääkosa pealtvaadet, mis määrab ruumijaotuse, uste ja akende asetuse, seadmete paigutuse jne. Niisuguseid plaane tehakse hoone igast erinevast korrusest ja neid nimetatakse siis *korruste plaanideks*. Plaanidele kantakse tavaliselt ka hoone tähtsamate kandeelementide (kandeseinte, postide) asukohti määravad teljed, nn. *märkteljed*. Piki ja risti hoonet kulgevad märkteljed lõpetatakse väljaspool kujutist ringikestega. Ringikesed pikitelgedel varustatakse harilikult tähtedega, teistel telgedel numbritega (joon. 57-1).

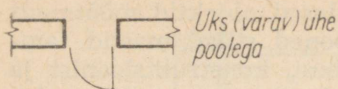
Ülevaate ruumide kõrgusest, samuti uste ja aknaavade kõrgusest, seinte, vahelagede ja katuste ehitusest, trepikodade vertikaalsest lahendusest jms. annab hoone vertikaalne lõige. Selguse mõttes esitatakse siin samuti (nagu masinaehituslikel joonistelgi) kõik lõikava tasapinna taha jäävad detailid vaateina. Lõikeid märgitakse ja tähistatakse neil kujutistel täpselt samuti nagu masinaehitusosalastel joonistel (joon. 57-2).

Ehitiste välisilmet iseloomustatakse vaadete abil. Hoonest tehakse tavaliselt neli vaadet ja neid nimetatakse kas äärmiste märktelgedega, ilmakaarte või muude orientiiride järgi (joon. 57-3).

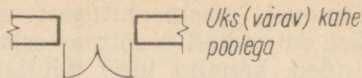


Joon. 57-4. Keldri ja korruste vaheline lagi.

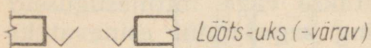
Joon. 57-5. Trepplõikes ja plaanis.



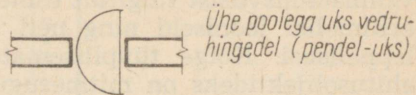
Uks (värav) ühe poolega



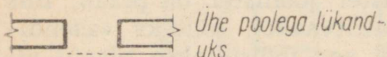
Uks (värav) kahe poolega



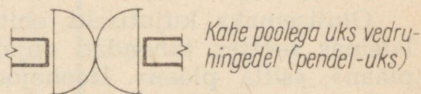
Lööts-uks (-värav)



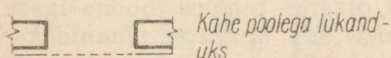
Ühe poolega uks vedruhingedel (pendel-uks)



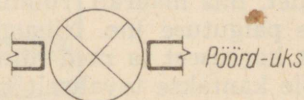
Ühe poolega lukand-uks



Kahe poolega uks vedruhingedel (pendel-uks)



Kahe poolega lukand-uks



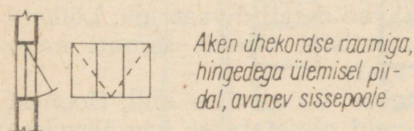
Pöörd-uks



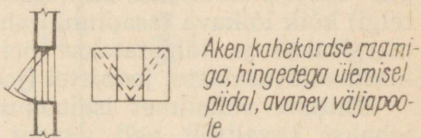
Aken ühekordse raamiga, mitteavatav



Aken kahekordse raamiga, mitteavatav



Aken ühekordse raamiga, hingedega ülemisel piidal, avanev sissepoole



Aken kahekordse raamiga, hingedega ülemisel piidal, avanev väljapoole

Joon. 57-6. Hoone elementide leppemärke.

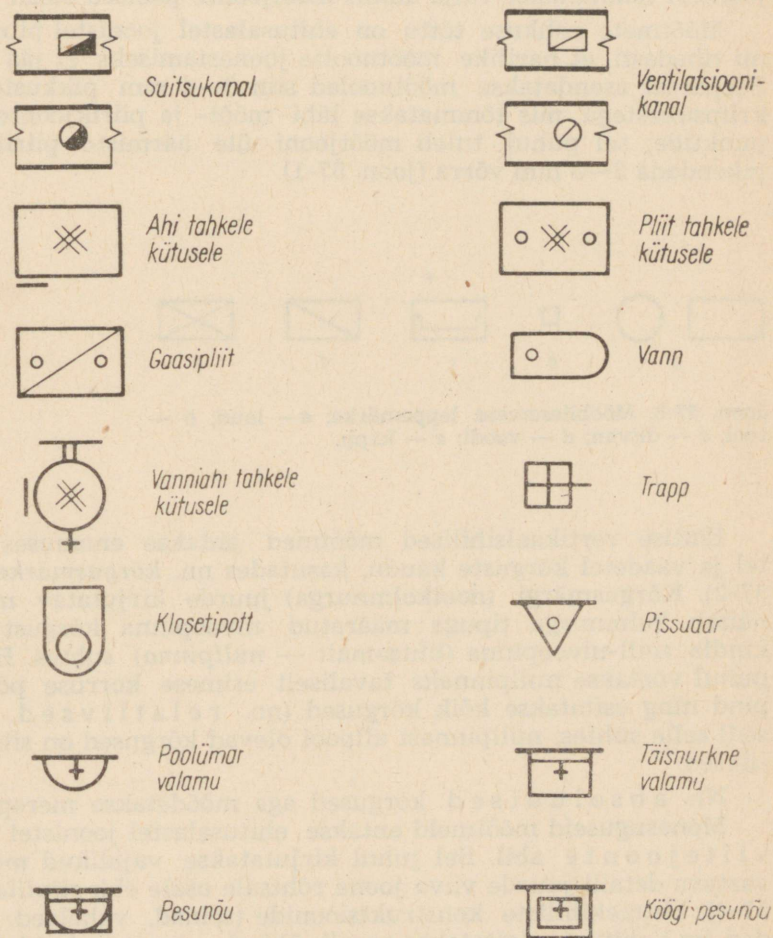
Objekti kujutistel lõikes näidatu esiletoomiseks lõikepinnad kas viirutatakse, toonitakse leppeliste värvitoonidega või piiratakse jämedama joonega. Jämedamat joont kasutatakse peamiselt hoone lõigete ja korruste/plaanide juures. Kui joonisel tahetakse (graafiliselt) näidata ka ehitise osade materjale, siis joonestatakse lõikepindadele materjalide vastavad leppemärgid (§ 31).

Ehkki ka ehitusalastel joonistel püütakse ühe objekti kõik kujutised paigutada üksteise suhtes projektsioonilisse seosesse (vt. § 29), pole see tihti praktiliselt võimalik kujutiste rohkuse ja nende suurte mõõtmete tõttu. Näiteks hoone plaanid, lõiked ja vaated ei mahu peaaegu kunagi kõik ühele lehele; niisugusel juhul varustatakse iga eraldi antud kujutis selgitava pealkirjaga. Ühe

jooniselehe ulatuses on aga projektsiooniline seos kujutiste vahel ikkagi üldiseks nõudeks.

Olenevalt kujutamiseobjekti suurusest ja kujust kasutatakse ehitusalastel joonistel harilikult järgmisi mõõdusuhteid: asendiplaanid 1:500 ja 1:1000; hoone vaated ja korruste plaanid 1:100, 1:200 ja 1:400; hoone lõiked 1:50, 1:100 ja 1:200; konstruktsiooni sõlmed 1:20 ja 1:50; olulisemad detailid 1:5 ja 1:10.

Masinaehitusalaste joonistega võrreldes vormistatakse ehitusalased joonised tunduvalt peenema kontuurjoonega. Erandi moo-

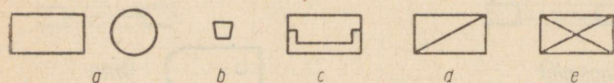


Joon. 57-7. Kütte- ja ventilatsioonikanalite, küttekollete ning sanitaartechniliste seadmete leppemärke plaanil.

dustab nn. lõikekontuur, mida kasutatakse hoone plaanidel ja lõigetel ning mis oma jämeduselt peaaegu vastab nähtavale kontuurile masinaehitusalaistel joonistel.

Möötmete paigutamise üldised printsiibid kehtivad ka ehitusalastel joonistel, kuid mõnesuguste eripärasustega. Vastandina masinaehitusalaatele joonistele kasutatakse siin paralleelseid kinniseid möötmeahelaid, milles mingi kogupikkus tuleb korduvalt esitamisele oma see- ja teistsuguste osade kaudu (joon. 57-1). Joonise selguse huvides kantakse need möötmeahelad kujutise piirjoonest eemale vähemalt 15—25 mm ning piirikjoontest tõmmatakse välja ainult möötjoonte-poolsed otsad.

Möötmete rohkuse tõttu on ehitusalastel joonistel piirikjooni nii tihedasti, et harilike möötnoolte joonestamiseks ei jää ruumi. Seepärast asendatakse möötnooled siin 3—4 mm pikkuste kaldkriipsukestega, mis tõmmatakse läbi mööt- ja piirikjoonte lõikepunktide; sel puhul tuleb möötjooni üle äärmiste piirikjoonte pikendada 2—3 mm võrra (joon. 57-1).



Joon. 57-8. Mööbliesemete leppemärke: a — laud; b — tool; c — diivan; d — voodi; e — kapp.

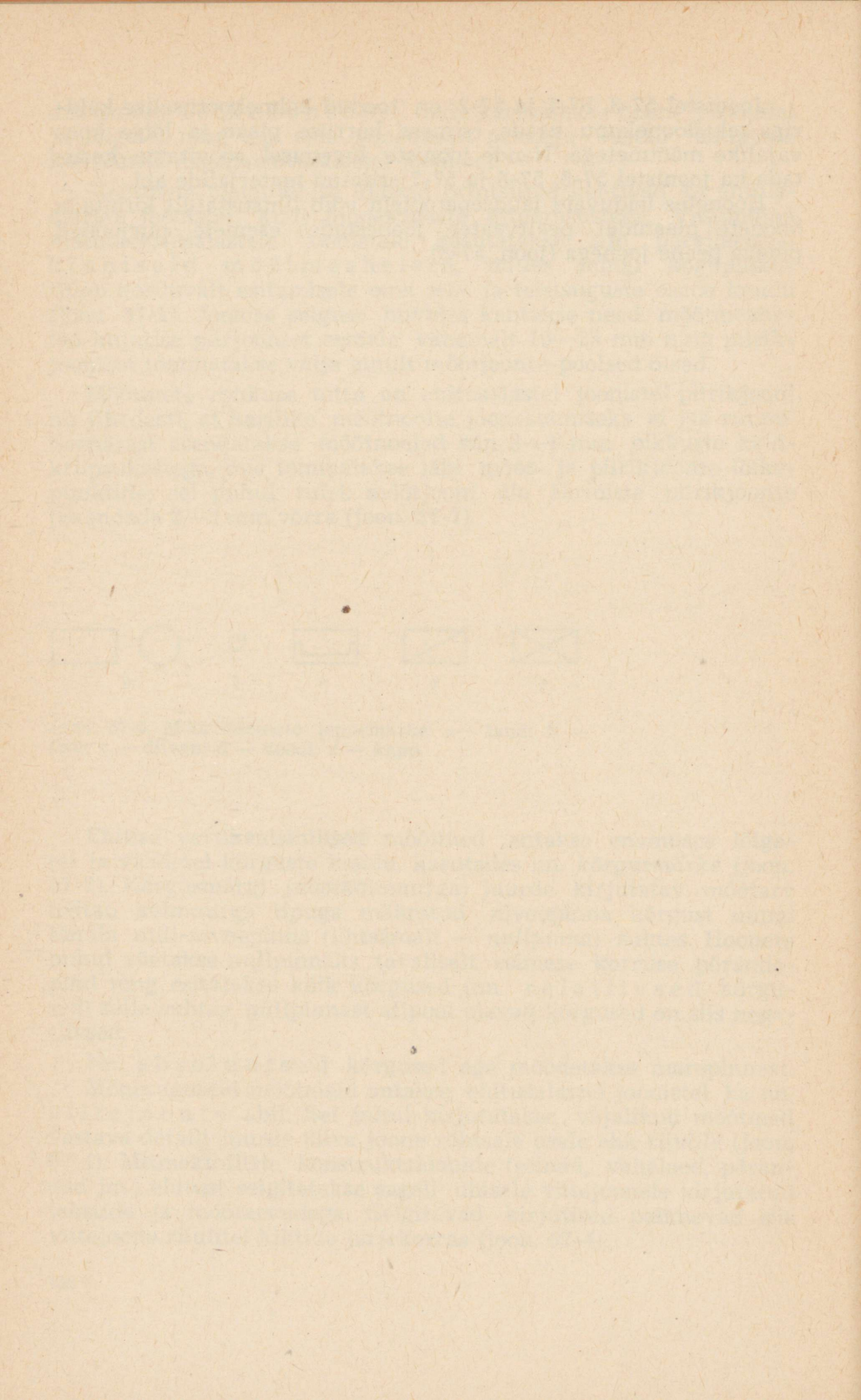
Ehitise vertikaalsihilised möötmed antakse enamuses lõigetel ja vaadatel kõrguste kaudu, kasutades nn. kõrgusmärke (joon. 57-2). Kõrgusmärgi (noolkolmnurga) juurde kirjutatav möötary näitab kolmnurga tipuga määratud nivoopinna kõrgust mingi kindla null-nivoopinna (lihtsamalt — nullpinna) suhtes. Hoonete puhul võetakse nullpinnaks tavaliselt esimese korruse põrandapind ning esitatakse kõik kõrgused (nn. relatiivsed kõrgused) selle suhtes; nullpinnast allpool olevad kõrgused on siis negatiivsed.

Nn. absoluutsed kõrgused aga möödetakse merepinnast.

Mõnesuguseid möötmeid antakse ehitusalastel joonistel ka nn. viitejoonte abil. Sel juhul kirjutatakse vajalikud möötmed vastava detaili juurde viiva joone rõhtsale osale ehk riiulile (joon. 57-4). Mitmekihiliste konstruktsioonide (seinad, vahelaed, põrandad jm.) ehitust selgitatakse sageli ühisele viitejoonele kirjutatud tekstide ja möötaryudega. Selgitavad kirjutised paiknevad siis viitejoone riiulitel kihtide järjekorras (joon. 57-4).

Joonistel 57-3, 57-1 ja 57-2 on toodud kolmekorruselise keldriga seksioonelamu vaade, esimese korruse plaan ja lõige koos vajalike mõõtmetega. Nende jooniste lugemisel soovitame kasutada ka joonistel 57-5, 57-6 ja 57-7 esitatud materjalide abi.

Hoonetes leiduvaid laudsepatooteid võib lihtsustatult kujutada hoonete plaanidel pealtvaates, joonestades esemete piirjooned pideva peene joonega (joon. 57-8).



SISUKORD

I. Sissejuhatus. Põhilised võtted ja vahendid

1. Joonistest ja joonestamisest	3
2. Joonestamise ajaloost	4
3. Joonestusalaseist standardeist	4
4. Jooniste lugemise ja valmistamise oskuse praktilisest tähtsusest ..	5
5. Joonestusriistadest	6
6. Pliiatsitest ja joonestuspaberist	10
7. Rööplükke-võtteid paralleel- ja ristsirgete tõmbamisel	12
8. Viirutamine	14
9. Standardkiri	16

II. Jooniste valmistamise ja vormistamise küsimusi

10. Töökoha organiseerimisest	18
11. Joonestustöö täpsuse küsimusi	19
12. Pliiatsijoonise valmistamise järjekord	20
13. Jooniste formaadid	21
14. Joonte liike ja kasutusalasid	22
15. Raamjoon ja kirjanurk	23
16. Mõõtkava	24
17. Joonise mõõtmestamine	26

III. Geomeetriline joonestamine

18. Geomeetrilisi põhikonstruktsioone	29
19. Ringjoone jagamine ja korrapärased kõõlhulknurgad	31
20. Joonte sujuvühendid	33
21. Ovaali ja ovoidi ehitamine ringikaartest	39

IV. Projektsioonidest. Risttahuka ja silindri kujutamise viise

22. Projektsioonidest	40
23. Paralleelprojektsioonide omadusi	42
24. Monge'i meetod. Kolmvaade ja kaksvaade. Punkt tahkkeha pinnal	44
25. Harilik kaldvaade. Teljestiku kasutamine kujutamisel	47
26. Silindri kujutamine kaks- ja kolmvaates ning harilikus kaldvaates	50

V. Tehnilise joonestamise elemente

27. Toode, toote sõlmed ja detailid ning detailide elemendid	52
28. Jooniste tähtsamaid liike	53
29. Vaated. Poolvaade, kohtvaade ja katkestus	53
30. Lõiked ja ristlõiked	58
31. Materjali leppemärgid lõikepindadel. Väljakantud element	65
32. Detaili eskiisi valmistamine. Detaili mõõtmine	67
33. Detailijoonise lugemisest	70
34. Keermetest ja nende kujutamisest	71
35. Keerme märgid ja keerme määramine	73
36. Keermestatud kinnitusdetailid	75
37. Keermesliited	77
38. Spetsifikatsioon ja positsiooninumbrid	79
39. Koostamisjoonise lugemisest	80

VI. Töötamine tušiga

40. Tušsidest ja tušiga töötamise vahenditest	82
41. Tušiga töötamise tehnika, joonise tušiga katmise järjekord ning tušijoonisel paranduste tegemine	83
42. Standardkirja kirjutamine redissulgedega	85

VII. Punkt, sirgjoon ja tasapind Monge'i meetodil

43. Punkti kaksvaade ja kolmvaade	86
44. Sirglõigu kaksvaade ja kolmvaade. Sirglõigu eriasendid	89
45. Tasapinna kujutamine. Tasapinna eriasendid	93
46. Sirglõigu originaalpikkuse leidmine	97
47. Keha lõikamine tasapinnaga ja pinnalaotuse tuletamine	100

VIII. Aksonomeetria

48. Ristisomeetria	109
49. Ristisomeetrias esinevate ellipsite joonestamise lähisvõtteid	115
50. Harilik kaldimeetria	116

IX. Täiendavaid küsimusi tehnilise joonestamise alalt

51. Mõningaid lihtsustusi ja leppelisusi. Normaalkoonmõõtmed	118
52. Kiil-, keevis- ja neetliited	120
53. Hammasrattad	125
54. Pinnasiledused	126
55. Tolerantsid ja istud	127
56. Kalle, koonilisus ja faas	130
57. Ehitusalased joonised; nende erinevusi, võrreldes masinaehituslaste joonistega	131

Отт Рюнк, Валентин Таппер. ЧЕРЧЕНИЕ ДЛЯ ОБЩЕ-
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ. Издание 3-е. На эстонском
языке. Художественное оформление Т. Луттера. Изда-
тельство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetaja E. Randma. Kunstiline toimetaja H. Keigo. Tehni-
line toimetaja T. Linkvist. Korrektorid E. Kask ja U. Kare-
laid.

Laduda antud 8. I 1970. Trükkida antud 6. II 1970. Kohile
Paberivabriku trükipaber nr. 2, 60×90/16. Trükipoognaid 9,0.
Arvestuspoognaid 8,45. Trükiarv 16 000. Tellimuse nr. 218.
Trükikoda «Ühiselu», Tallinn, Pikk t. 40/42. Hind 16 kop.

16 kop.

A-30507

76 332

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00494724 0