MAAPARANDUSE KÄSIRAAMAT

NOMOGRAMMID JA KARTOGRAMMID

MAAPARANDUSE KÄSIRAAMAT

III

NOMOGRAMMID JA KARTOGRAMMID

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

TALLINN 1960

Nomogrammide ja kartogrammide autorid

Nomogrammid IV-A, IV-B, V-B, VIII-A, VIII-B ja XVIII-A — ins. K. Aaver (viimase nomogrammi täiendas ümmarguse ja ovoidaalse toru skaalaga ins. A. Remmel).
Nomogrammid XXXI, XXXII, XXXIII, XXXIV-A ja XXXIV-B — ins. U. Sihiveer.
Nomogrammid I, II, III, V-A, VII, IX, XX, XXI, XXII-A, XXII-B, XXIII, XXIV, XXVI, XXVII, XXIX, XXX-A ja XXX-B — ins. A. Remmel.
Nomogrammid X kuni XVI — akad. N. N. Pavlovski (täiendused: V-skaala, hüdrauliliselt soodsaima profiili joon, $\Delta\omega$-jooned, h-jooned 2,0 kuni 3,0 m jne. — ins. A. Remmel).
Nomogramm XXV — tehn. tead. kand. U. Tomberg ($\bar{q}$- ja E-skaalaga täiendanud ins. A. Remmel).
Nomogramm XXVIII — Rosgiprovodhoz (Q-skaaladega täiendanud ins. A. Remmel).
Kartogrammid I ... IV — tehn. tead. kand. K. Hommik.
Ülejäänud nomogrammid on pärit erialasest kirjandusest ning on käesoleva kogumiku jaoks kohandatud ins. A. Remmeli poolt.
Teksti kirjutas ning köite koostas ins. A. Remmel.

EESSÕNA

Käesolev kogumik sisaldab 45 nomogrammi ja kartogrammi.

Nomogrammid võimaldavad lahendada lihtsalt, graafilisel või poolgraafilisel teel keerukaid matemaatilisi avaldisi, mida veemajandusliku projekteerimise praktikas kasutatakse arvutusvalemitena. Selline lahendusviis kergendab tunduvalt projekteerija tööd, säästab palju aega ning ka arvutusvigade tekkimise võimalused on minimaalsed. Eriti tõhusat abi annavad nomogrammid selliste ülesannete lahendamisel, kus otsitavaid suurusi ei saa analüütilisel teel määrata otseselt, vaid see peab toimuma järkjärgulise lähenemise ehk nn. «proovimise» teel, nagu näiteks veejuhtmete dimensioneerimine, voolu kriitilise sügavuse määramine ja palju teisi.

Matemaatika valdkonnast on kogumikus esindatud astendamise ja juurimise nomogrammid (2 tk.) arvude jaoks 0,001 . . . 300 ning astendajate (juurijate) jaoks 0 . . . 1,5. Viis nomogrammi on ette nähtud veejuhtmete ristlõike geomeetriliste ja hüdrauliliste elementide — pindala F (resp. elavlõike ω), veealuse perimeetri χ (resp. nõlvajoone) ning hüdraulilise raadiuse R — graafiliseks määramiseks. Üks nomogramm (VI) võimaldab määrata Chézy koefitsienti (C) Pavlovski järgi; sama koefitsienti saab määrata Ganguillet-Kutteri järgi nomogrammiga VIII-B. Voolu kiiruse V määramiseks Chézy valemi põhjal on ette nähtud nomogrammid VII (Pavlovski järgi), VIII-A (Agroskini järgi) ja VIII-B (Ganguillet-Kutteri järgi).

Nomogramm IX võimaldab määrata veejuhtmete hüdrauliliselt soodsaima trapetsikujulise ristlõike (profiili) mõõtmeid praktikas sagedamini esinevate nõlvuste ($m = 0 \ldots 4$), karedusarvude ($n = 0{,}015 \ldots 0{,}040$), vooluhulga ($Q = 0{,}01 \ldots 1000$ m³/sek) ja kallete ($i = 0{,}05 \ldots 50^0/_{00}$) puhul. Nomogrammidega X . . . XVI saab lahendada praktiliselt kõiki trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilise arvutuse ülesandeid nõlvuskoefitsiendi $m = 1$; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25 ja 2,5 ning karedusarvu $n = 0{,}030$ puhul. Kasutades lisaks mainitud nomogrammidele ka nomogrammi IX, saab sama liiki ülesandeid lahendada ka teistsuguste karedusarvude puhul. Järgnevad nomogrammid võimaldavad määrata graafilisel või poolgraafilisel (graafilisanalüütilisel) teel voolu sügavust ahenenud elavlõikes hüdrotehniliste ehitiste alumises biefis (h_a), voolu kriitilist sügavust (h_k), veelöögikaevu sügavust (d) ning vooluhüppe kaassügavusi (h' ja h''). Nomogrammidega XX ja XXI saab lahendada ülesandeid ebaühtlase voolamise (pais- ja langjoone) puhul.

Järgmised 9 nomogrammi võimaldavad lahendada tehnilisi ülesandeid kuivendussüsteemide projekteerimise alal ja nimelt: savi- ja laudtorudrenaaži ning truupide dimensioneerimist, dreenide vahekauguse määramist mineraalmaal ja madalsoos nii põllu ja kultuurkarjamaa kui ka kultuurheinamaa puhul, ülesannete lahendamist reljeefiplaanil mõõdus 1 : 2000 ja 1 : 5000 ning lõpuks turba vajumist madalsoode kuivendamisel.

Kanalisatsioonitorustiku dimensioneerimiseks on ette nähtud nomogramm XXIX ja auramise määramiseks veekogult nomogramm XXX-B. Viimased viis nomogrammi võimaldavad määrata arvutuslikke äravoolumooduleid veejuhtmete ja sildade ning truupide projekteerimisel. Lõpuks on kogumikus neli kartogrammi — sademete, auramise, klimaatilise äravoolunormi ja keskmise aasta minimaalse äravoolumooduli kohta. Mainitud kartogrammid on vajalikud mitmesuguste hüdroloogiliste ja meteoroloogiliste arvutuste sooritamisel.

Loetletud nomogrammidest on võrdlemisi väike osa pärit vastavast erialasest kirjandusest, suurem osa neist on aga kas originaalsed või pooloriginaalsed. Viimaste all on mõeldud neid spetsiaalses kirjanduses leiduvaid nomogramme, mida käesoleva kogumiku jaoks on täiendatud (X . . . XVI ja XXVIII).

Enamus nomogramme (27 tk.) ja kõik kartogrammid (4 tk.) on koostatud suures formaadis, ülejäänud 14 nomogrammi on poole väiksemas formaadis, kusjuures nad on kahekaupa ühele leheküljele asetatud ja moodustavad seega täisformaadi. Iga täisformaadis joonis (leht) kannab rooma numbrit, kuna poolformaadis joonised on kahekaupa paigutatud ühe numbri alla ja on märgitud eritähtedega (A ja B).

NOMOGRAMM I

Astendamine (juurimine) murrulise astendajaga (juurijaga)

Astendatavad arvud 0,001 . . . 10 ja
juuritavad arvud 0,00004 . . . 25.
Astendajad (juurijad) 0 . . . 1,5.

Paljudes matemaatilistes avaldistes, mida kasutatakse arvutusvalemitena mitmesuguste tehniliste ülesannete lahendamisel, esineb murruline astendaja või juurija. Enamail juhtudel on astendaja (juurija) kuni 1,5.

Kuna selliste avaldiste analüütiline lahendamine on võimalik vaid tülika logaritmimise teel, osutub otstarbekaks kasutada nomogrammi, mis kergendab astendamise ja juurimise tehet, vältides ühtlasi jämedate arvutusvigade tekkimise.

Nomogrammiga I on võimalik astendada arvusid 0,001 kuni 10 astmesse 0 kuni 1,5. Sama nomogrammiga on teostatav ka vastupidine tehe — juurimine.

Nomogrammiga saavutatav täpsus on küllaldane lihtsamat liiki ja orienteerivat laadi tehniliste ülesannete lahendamisel. Tehetes suuremate arvudega kui 1,0 on tehte viga alla 1,0%, kuna väiksemate arvude puhul on see vähe suurem, kuid ei ületa enamail juhtudel 3%.

Näide 1. Lahendada avaldis $0{,}028^{0{,}8}$.

Siin on astendatav $A = 0{,}028$, astendaja $n = 0{,}8$. A-skaalal otsime üles punkti 0,028 ning liigume sealt skaalateljega risti (s. o. horisontaalselt vasakule) kuni lõikumiseni joonega $n = 0{,}8$; tulemuse loeme ära A^n-teljelt (alt), saame 0,058. Nomogrammilt äralugemise täpsus on 0,001, seega viga $\frac{0{,}001}{0{,}058} \cdot 100 = 1{,}7\%$.

Näide 2. Lahendada avaldis $\sqrt[1{,}3]{1{,}75}$.

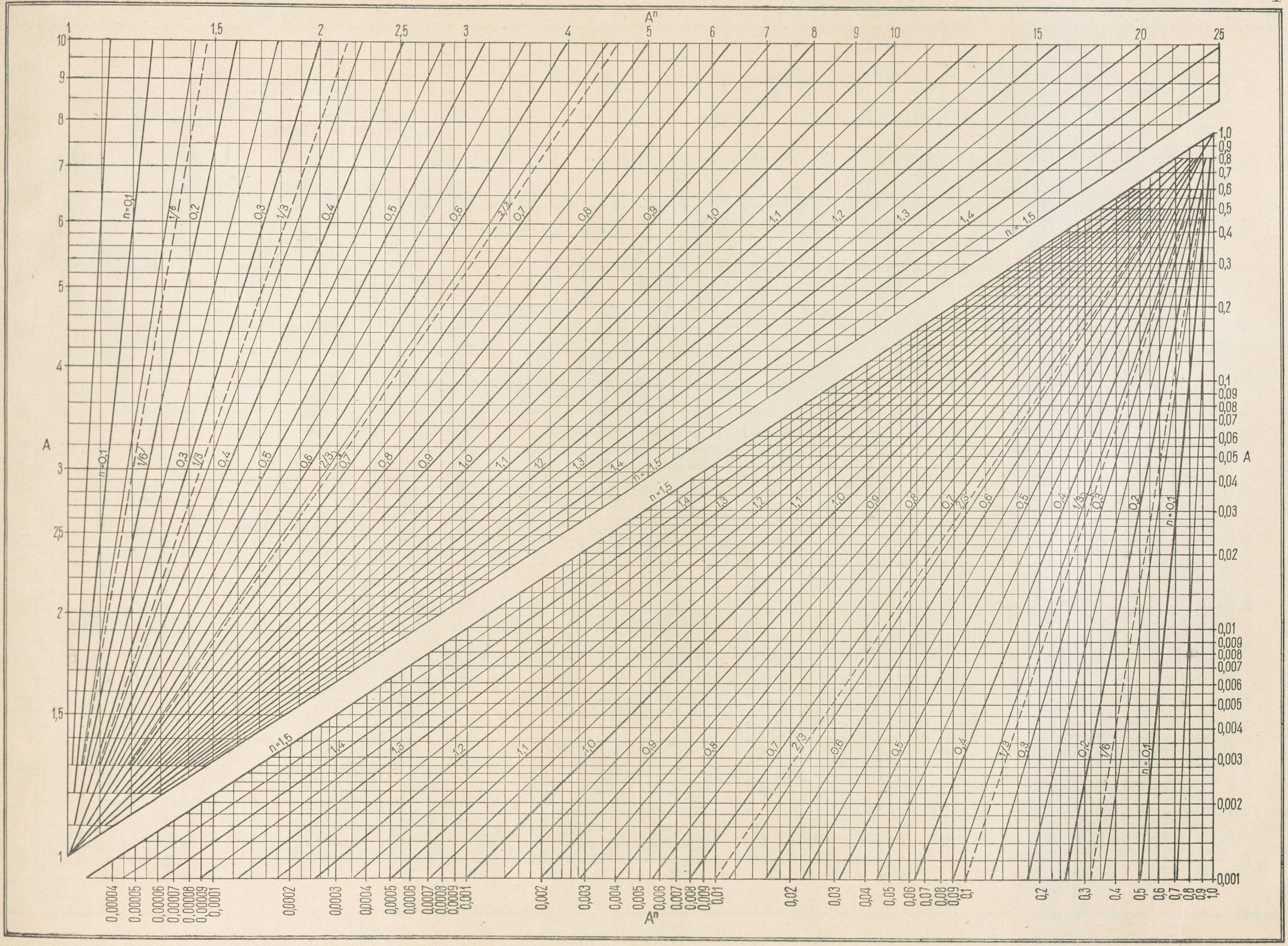
Juuritava arvu (A^n) skaalal otsime üles punkti 1,75 ja liigume sealt risti skaalateljega (s. o. vertikaalselt alla) kuni lõikumiseni joonega $n = 1{,}3$; tulemuse loeme ära A-teljelt (vasakult), saame 1,54. Skaalalt äralugemise täpsus on 0,01, seega viga on $\frac{0{,}01}{1{,}54} \cdot 100 = 0{,}65\%$.

Näide 3. Lahendada avaldis $0{,}40^{2{,}2}$.

Kuna nomogrammiga sellist avaldist otseselt lahendada ei saa, toimime järgmiselt: lahutame avaldise kaheks teguriks: $0{,}40^{2{,}2} = 0{,}40^{1{,}5} \cdot 0{,}40^{0{,}7}$. Nüüd on mõlemad tegurid üksikult lahendatavad. Tulemuseks saame $0{,}255 \cdot 0{,}53 = 0{,}135$. Analüütilisel teel saadud tulemus on 0,133, seega viga on $\frac{0{,}002}{0{,}133} \cdot 100 = 1{,}5\%$.

Analoogilisi ülesandeid saab lihtsamalt ja ka täpsemalt lahendada avaldise sellisteks teguriteks lahutamise teel, kus üheks teguriks on astendatav arv astendajaga 1,0, kuna teise teguri astendajaks jääb $n - 1$. Viimane näide on sel viisil lahendatav järgmiselt: $0{,}40^{2{,}2} = 0{,}40 \cdot 0{,}40^{1{,}2} = 0{,}40 \cdot 0{,}33 = 0{,}132$.

Vastupidise käiguga saab lahendada ka juuravaldisi.



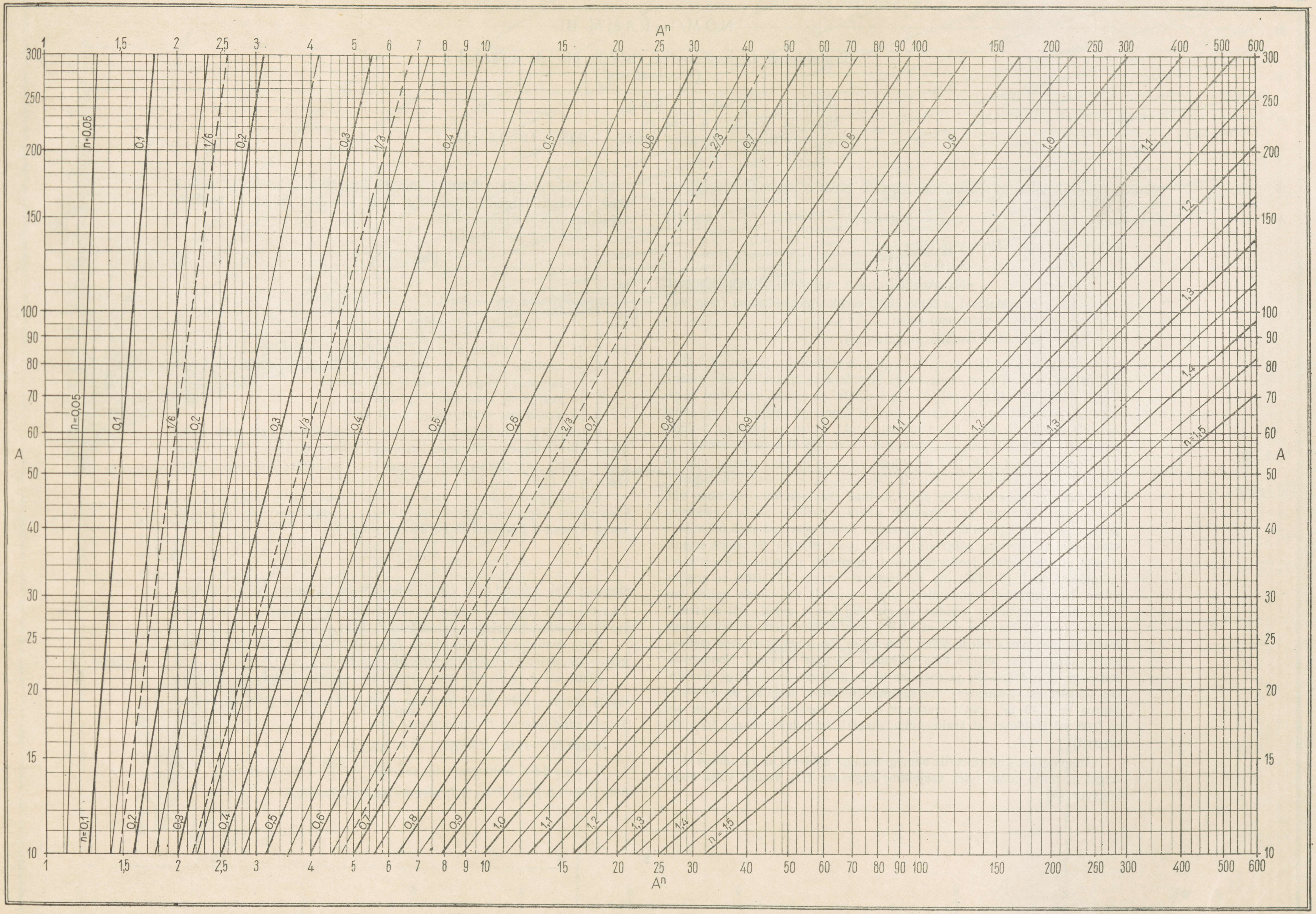
A^n
A
n = 0,1
n = 1,5

NOMOGRAMM II

Astendamine (juurimine) murrulise astendajaga (juurijaga)

Astendatavad arvud 10 . . . 300 ja
juuritavad arvud 1 . . . 600.
Astendajad (juurijad) 0 . . . 1,5.

See nomogramm on analoogiline nomogrammiga I, mispärast ei vaja lähemat selgitust.



A^n
1 1,5 2 2,5 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 25 30 40 50 60 70 80 90 100 150 200 250 300 400 500 600
A
300 250 200 150 100 90 80 70 60 50 40 30 25 20 15 10
n=0,05 0,1 1/6 0,2 0,3 1/3 0,4 0,5 0,6 2/3 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 n=1,5

NOMOGRAMM III

Veejuhtmete trapetsikujulise ristlõike pindala määramine (joonlaua abil)

põhja laiuse (b) puhul 0 ... 10,0 m;
sügavuse (H) puhul 0 ... 4,0 m;
nõlvuskoefitsiendi (m) puhul 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; 2,75 ja 3.

Veejuhtmete trapetsikujulise ristlõike pindala määramise valem on

$$F = (b + mH)H, \qquad (1)$$

milles b — veejuhtme põhja laius (m);
H — „ sügavus (m);
m — „ nõlvuskoefitsient, s. o. veejuhtme nõlva horisontaalprojektsiooni ja sama nõlva vertikaalprojektsiooni (resp. veejuhtme sügavuse) suhe;
F — veejuhtme ristlõike pindala (m^2).

Nomogrammiga toimub ristlõike pindala määramine järgmiselt. Lähtesuurusteks on b, H ja m. Joonlauaga ühendatakse omavahel kaks punkti. Üheks punktiks valitakse põhja laius b-skaalal ja teiseks veejuhtme sügavuse (H) skaalalt horisontaalselt paremale tõmmatud sirgjoone ning antud nõlvuskoefitsiendi- (m-) joone lõikumispunkt. Tulemus loetakse ristlõike pindala (F) skaalalt joonlaua serva kohalt (vt. näidet nomogrammil).

Nomogrammil on b- ja F-teljel kaks erinevas mõõdus skaalat (üks on teisest 2 korda suurem). Vastavalt sellele on ka m-jooned kahesugused; sügavuse (H) skaala on aga ühtne. Selline skaalade konstruktsioon võimaldab ühel ja samal nomogrammil määrata ristlõike pindala väiksema põhjalaiuse puhul (kuni 5,0 m) täpsemalt, samal ajal aga saab lahendada ülesandeid ka suurema põhjalaiuse puhul (kuni 10,0 m). Skaalade eraldamiseks on ühe skaala jaotusväärtused (numbrid) paigutatud ümarikesse sulgudesse, näit. (3), (20) jne. Ka vastavate m-joonte tähistus on analoogiline. Nomogrammi kasutamisel tuleb vastavalt vajadusele valida kas väiksemas (peenemas) mõõdus (suure põhjalaiuse puhul) või suuremas mõõdus (põhjalaiuse puhul kuni 5,0 m) skaalad ning neile vastav m-joon. Muidugi saab põhja laiuse puhul kuni 5,0 m ülesannet lahendada mõlema skaala järgi; vahe seisneb vaid tulemuste erinevas täpsuses. Nomogrammil ongi lahendatud üks ja seesama näide mõlema skaala järgi. Kasutades väiksemas (peenemas) mõõdus konstrueeritud skaalat, on tulemuse täpsus ca 0,15 m^2, kuna suuremas mõõdus koostatud skaalal on see ca 0,08 m^2 (eeldusel, et äralugemine skaalalt toimub täpsusega $^2/_3$ millimeetrit).

Analoogiliselt on võimalik nomogrammiga määrata ka veejuhtme elavlõiget ω, mille puhul tuleb veejuhtme sügavuse (H) asemel võtta voolu sügavus (h).

Mullatöö mahu kindlaksmääramiseks veejuhtmete kaevamisel kasutatakse tavaliselt järgmisi prismatoidi mahu valemeid (sõltuvalt mullatöö arvutamise tabeli struktuurist):

trasseeritud veejuhtmetel

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot l \qquad (2)$$

ja

trasseerimata veejuhtmetel

$$V = F_k l \qquad (3),$$

kus F_1 ja F_2 — ristlõike pindalad veejuhtme arvutuslõigu otstel (m^2);
F_k — ristlõike pindala veejuhtme arvutuslõigu keskkohal (m^2, vastab seega lõigu keskmisele sügavusele);
l — veejuhtme arvutuslõigu pikkus (m);
V — veejuhtme arvutuslõigu maht (m^3).

Valemid 2 ja 3 on ligikaudsed. Valem 2 annab tõelisest suurema, valem 3 aga sellest väiksema tulemuse, kusjuures viimane on tõele lähemal. Viga kujuneb seda suuremaks, mida suurem on veejuhtme lõigu otste sügavuste vahe (ΔH) ning mida lamedamad on nõlvad.

Kui mullatöö mahtu on vaja määrata täpselt, tuleb valemite 2 ja 3 kasutamisel täpsustada keskmist ristlõike pindala parandusliikme ΔF võrra. Valemi 2 kasutamisel on parandusliige

$$\Delta F = \frac{m(\Delta H)^2}{6} \qquad (4)$$

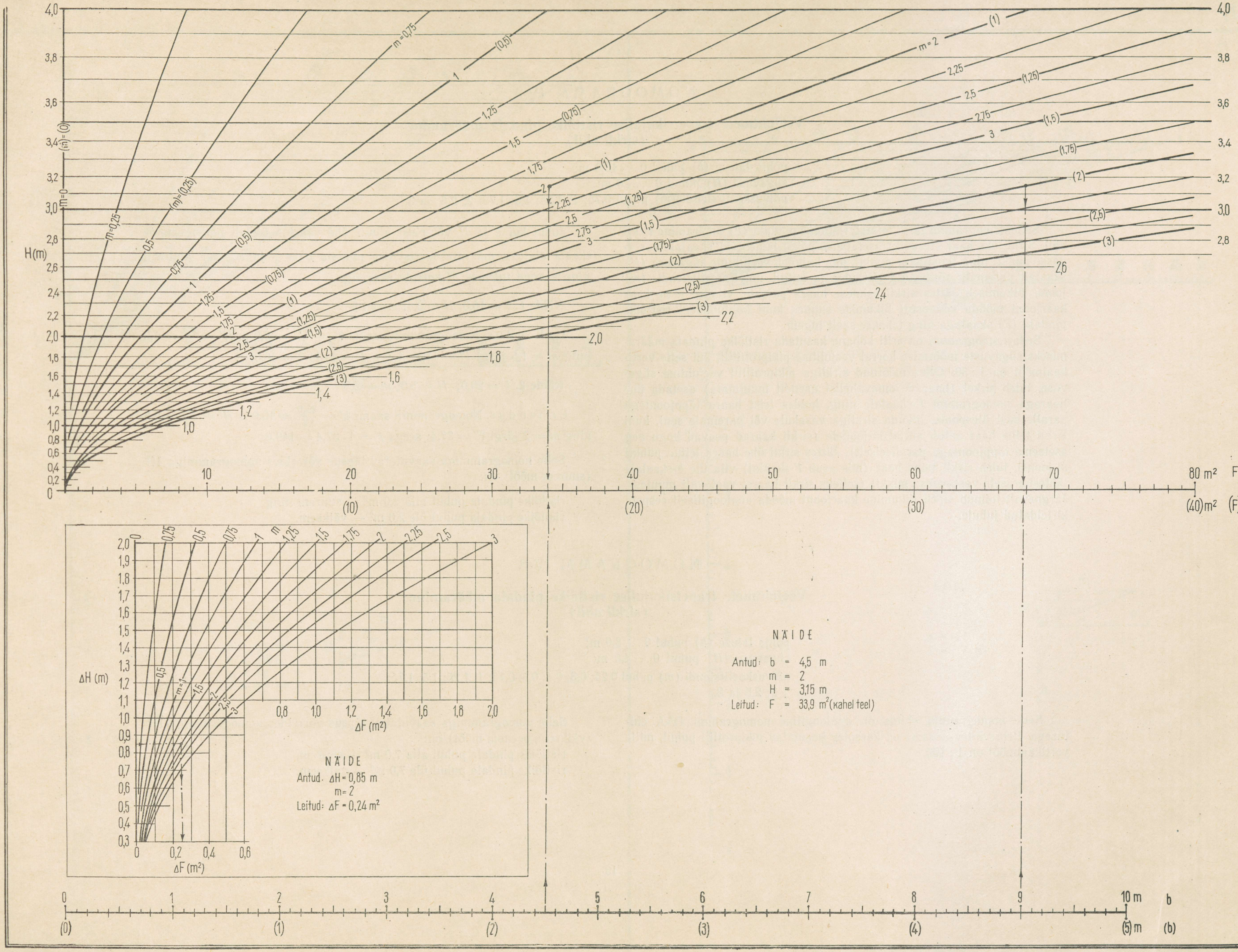
ning see tuleb l a h u t a d a ristlõike keskmisest pindalast $\frac{F_1 + F_2}{2}$. Valemi 3 kasutamisel on parandusliige absoluutväärtuselt 2 korda väiksem ning see tuleb keskmisele ristlõike pindalale F_k l i i t a.

Parandusliiget ΔF (valem 4) on võimalik määrata ka käesoleva nomogrammiga, millel toodud näide selgitab seda tehet.

Juhul kui b ja H, või neist ainult ühe väärtus ületab nomogrammi skaala ulatuse, määratakse ristlõike pindala $b' = \frac{b}{2}$ ja $H' = \frac{H}{2}$ andmeil ning saadud tulemus F' korrutatakse 4-ga.

Näide. $b = 16,0$; $H = 2,4$; $m = 1,5$.

L a h e n d u s. Nomogrammilt saame $b' = \frac{16,0}{2} = 8,0$ ja $H' = \frac{2,4}{2} = 1,2$ ning $m = 1,5$ järgi $F' = 11,7$; seega $F = 4 \cdot 11,7 = 46,8$.


H(m)
F
80 m²
(40)m² (F)
m=0
m=0,25
(m)=(0)
(m)=(0,25)
b
10 m
(5)m (b)
ΔH (m)
ΔF (m²)
NÄIDE
Antud: b = 4,5 m
m = 2
H = 3,15 m
Leitud: F = 33,9 m² (kahel teel)
NÄIDE
Antud: ΔH = 0,85 m
m = 2
Leitud: ΔF = 0,24 m²

NOMOGRAMM IV-A

Veejuhtmete trapetsikujulise ristlõike pindala määramine (sirkli abil)

põhja laiuse (b) puhul 0 . . . 12,0 m;
sügavuse (H) puhul 0 . . . 4,0 m;
nõlvuskoefitsiendi (m) puhul 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5 ja 3.

Selle nomogrammi järgi toimub ristlõike pindala (F) määramine sirkli abil. Sirkli üks haar (teravik) asetatakse põhja laiuse (b) skaalale vastavasse punkti ning teine haar punkti, mis kujuneb veejuhtme sügavuse (H) skaalalt paremale tõmmatud ristjoone ja antud nõlvuskoefitsiendi (m) joone lõikumisel. Jättes sirkli esimese haara paigale, viiakse teine haar kaarjoont mööda kellaosuti liikumise suunas kuni kohtumiseni ristlõike pindala (F) skaalaga ning tehakse sealt lugem.

Seda nomogrammi on eriti kohane kasutada ristlõike pindala määramiseks sügavuste mõõtmise korral veejuhtme pikiprofiililt, kui selle vertikaalmõõt on 1 : 50. Olles mõõtnud sirkliga pikiprofiilil veejuhtme sügavuse, tuleb sirkel (haarade omavahelist asendit muutmata) asetada ühe haaraga nomogrammi F-skaalale ning, hoides teist haara täppjoontega paralleelselt ülespoole, liikuda sirkliga vasakule või paremale seni, kuni sirkli teine haar satub antud m-joonele (sirkli haarad peavad kogu aeg asetsema täppjoontega paralleelselt). Jättes sirkli ühe haara leitud punkti m-joonel, tuleb sirkli teine haar (mis asub F-skaalal) viia üle b-skaalale lähtesuurusele vastavasse punkti (selleks sirkli haaret vastavalt muutes). Järgnevalt toimub sirkli liikumine kaarjoont mööda analoogiliselt eespool kirjeldatud juhule.

Juhul kui b ja H või neist ainult ühe väärtus ületab nomogrammi skaala ulatuse, määratakse ristlõike pindala $b' = \frac{b}{2}$ ja $H' = \frac{H}{2}$ andmeil ning saadud tulemus F' korrutatakse 4-ga.

Näide 1. $b = 16,0$; $H = 2,4$; $m = 1,5$.

Lahendus. Nomogrammilt saame $b' = \frac{16,0}{2} = 8,0$ ja $H' = \frac{2,4}{2} = 1,2$ ning $m = 1,5$ järgi $F' = 11,7$; seega $F = 4 \cdot 11,7 = 46,8$.

Näide 2. $b = 20,0$; $H = 5,0$; $m = 2$.

Lahendus. Nomogrammilt saame $b' = \frac{20,0}{2} = 10,0$ ja $H' = \frac{5,0}{2} = 2,5$ ning $m = 2$ järgi $F' = 37,4$; seega $F = 4 \cdot 37,4 = 149,6$.

Selle nomogrammiga saavutatav täpsus võrreldes nomogrammiga III (suurem mõõt) on:

ristlõike pindala puhul alla 2,0 m² — suurem ning
ristlõike pindala puhul üle 2,0 m² — väiksem.

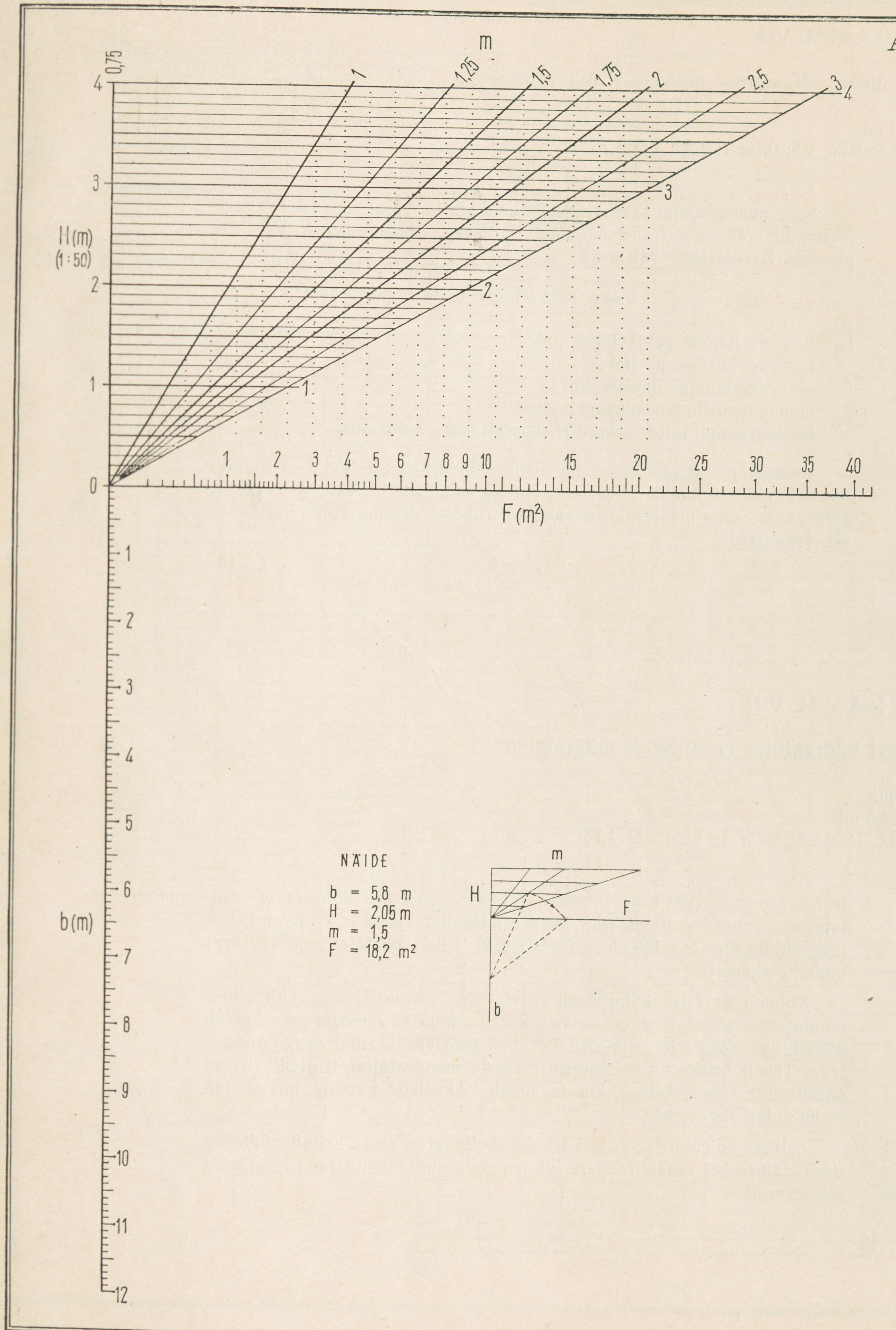
NOMOGRAMM IV-B

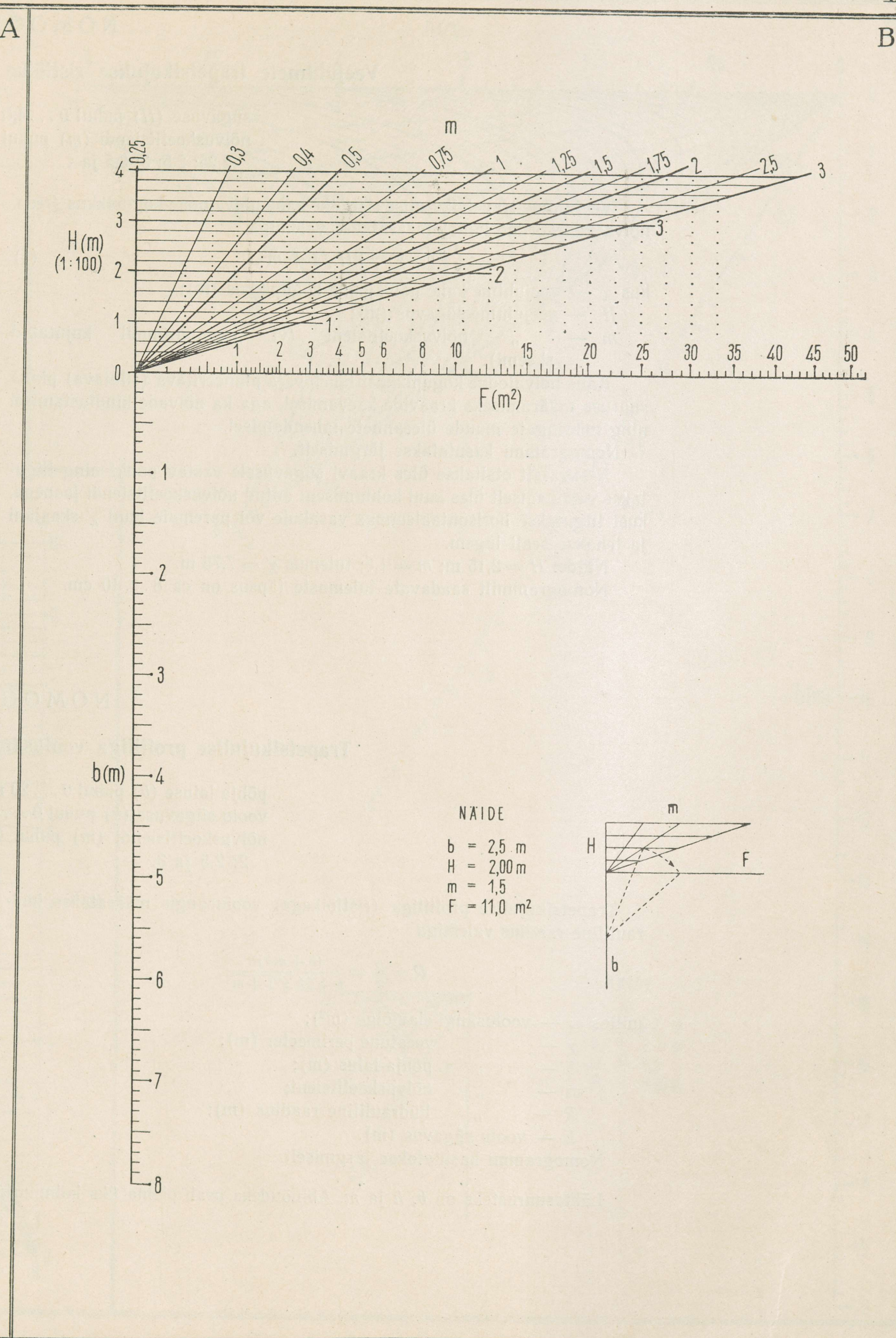
Veejuhtmete trapetsikujulise ristlõike pindala määramine (sirkli abil)

põhja laiuse (b) puhul 0 . . . 8,0 m;
sügavuse (H) puhul 0 . . . 4,0 m;
nõlvuskoefitsiendi (m) puhul 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5 ja 3.

Selle nomogrammi ehitus on analoogiline nomogrammi IV-A ehitusega. Erinevalt viimasest on käesolev kasutatav pikiprofiili puhul, mille vertikaalmõõt on 1 : 100.

Selle nomogrammiga saavutatav täpsus võrreldes nomogrammiga III (väiksem, peenem mõõt) on:
ristlõike pindala puhul alla 7,0 m² — suurem,
ristlõike pindala puhul üle 7,0 m² — väiksem.


A
m
0,75
1
1,25
1,5
1,75
2
2,5
3
4
H(m)
(1:50)
F(m²)
b(m)
NÄIDE
b = 5,8 m
H = 2,05 m
m = 1,5
F = 18,2 m²
H
m
F
b


B
m
0,25
0,3
0,4
0,5
0,75
1
1,25
1,5
1,75
2
2,5
3
H(m)
(1:100)
F(m²)
b(m)
NÄIDE
b = 2,5 m
H = 2,00 m
m = 1,5
F = 11,0 m²
H
m
F
b

NOMOGRAMM V-A

Veejuhtmete trapetsikujulise ristlõike kahe nõlvajoone pikkuse χ' määramine

sügavuse (H) puhul 0 . . . 4,0 m;
nõlvuskoefitsiendi (m) puhul 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; 3; 3,5 ja 4.

Veejuhtme trapetsikujulise ristlõike kahe nõlvajoone kogupikkus (resp. nõlva kahekordne laius) määratakse valemiga

$$\chi' = 2H\sqrt{1+m^2}, \qquad (1)$$

kus χ' — veejuhtme kahe nõlvajoone kogupikkus (m);
H — veejuhtme sügavus (m);
m — „ nõlvuskoefitsient (vt. nomogrammil kujutatud skeemi).

Kahe nõlvajoone kogupikkust läheb vaja planeeritava (silutava) pinna suuruse määramiseks kraavide kaevamisel, aga ka nõlvade kindlustamisel ning mõningate muude ülesannete lahendamisel.

Nomogrammi kasutatakse järgmiselt.

H-skaalalt otsitakse üles kraavi sügavusele vastav punkt ning liigutakse vertikaalselt üles kuni kohtumiseni antud nõlvuskoefitsiendi joonega, kust liigutakse horisontaalsuunas vasakule või paremale kuni χ'-skaalani ja tehakse sealt lugem.

Näide: $H = 2{,}15$ m; $m = 1{,}5$; tulemus $\chi' = 7{,}75$ m.

Nomogrammilt saadavate tulemuste täpsus on ca 8 . . . 10 cm.

Seda nomogrammi saab kergesti kasutada ka veealuse (märja) perimeetri määramiseks trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmetes. Veealuse perimeetri arvutamise valem on

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2}, \qquad (2)$$

kus b — veejuhtme põhja laius (m);
h — voolu sügavus (m);
χ — veealune perimeeter (m);
muude tegurite tähendus on endine.

Nomogrammil tuleb seekord H-skaalalt võtta h väärtus.

Nomogrammilt saadakse selle valemi teine liige, s. o. $2h\sqrt{1+m^2}$, millele liidetakse veejuhtme põhja laius b, ning summana saadaksegi veealune perimeeter. Seega määratakse veealune perimeeter nomogrammi kasutamisel järgmiselt:

$$\chi = \chi' + b \qquad (3)$$

NOMOGRAMM V-B

Trapetsikujulise profiiliga voolusängi hüdraulilise raadiuse R määramine

põhja laiuse (b) puhul 0 . . . 20 m;
voolu sügavuse (h) puhul 0 . . . 4,0 m;
nõlvuskoefitsiendi (m) puhul 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5 ja 3.

Trapetsikujulise profiiliga (ristlõikega) voolusängis määratakse hüdrauliline raadius valemiga

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(b+mh)h}{b+2h\sqrt{1+m^2}},$$

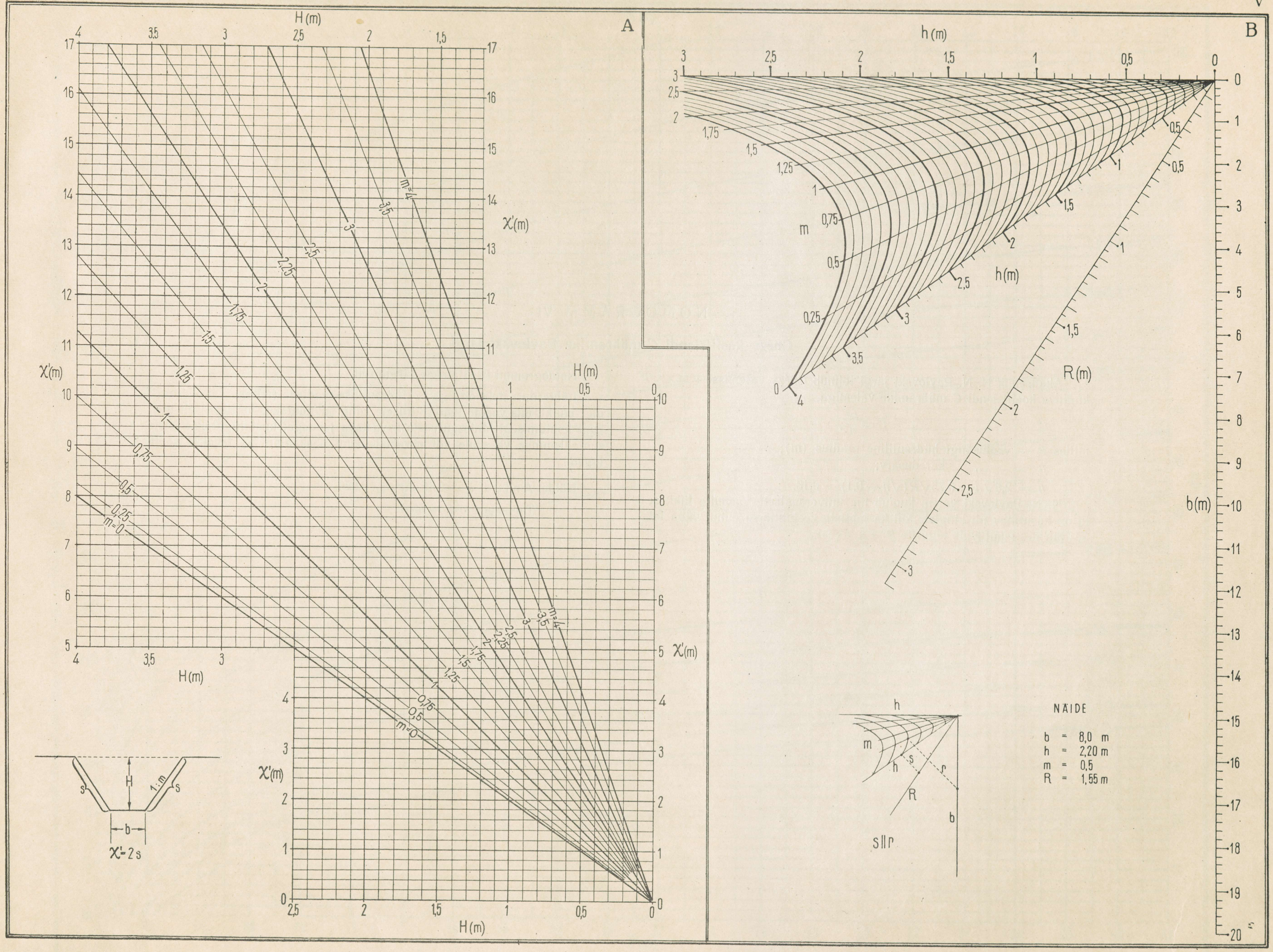
milles ω — voolusängi elavlõige (m^2);
χ — „ veealune perimeeter (m);
b — „ põhja laius (m);
m — „ nõlvuskoefitsient;
R — „ hüdrauliline raadius (m);
h — voolu sügavus (m).

Nomogrammi kasutatakse järgmiselt.

Lähtesuurusteks on b, h ja m. Abinõudeks peab olema üks kolmnurk ja üks joonlaud (või kaks kolmnurka). Kolmnurga üks külg (serv) asetatakse nomogrammile selliselt, et see läbib kaht punkti: 1) punkti, kus loogakujuline h-joon lõikub m-joonega; 2) antud põhjalaiusele vastavat punkti b-skaalal.

Kolmnurga teise külje vastu asetatakse joonlaud ning kolmnurka nihutatakse mööda joonlaua serva nii kaua, kuni kolmnurga serv kohtab punkti, kus loogakujuline h-joon lõikub R-skaalale lähemal asuva h-skaalaga. Teisiti öeldes — kolmnurga servaga moodustatud sirglõik viiakse paralleellükkega asendisse, kus ta lõikub h-skaalaga punktis, mis vastab voolu antud sügavusele.

Sellises kolmnurga asendis tehakse kolmnurga serva kohalt hüdraulilise raadiuse (R) skaalalt lugem (vt. nomogrammil lahendatud näidet ning juhisskeemi).


A
H(m)
X'(m)
m=4
m=0
X'= 2s
1:m
B
h(m)
m
R(m)
b(m)
s‖r
NÄIDE
b = 8,0 m
h = 2,20 m
m = 0,5
R = 1,55 m

NOMOGRAMM VI

Chézy koefitsiendi C määramine Pavlovski järgi

Akadeemik N. N. Pavlovski järgi toimub Chézy valemisse $V = C\sqrt{Ri}$ kuuluva koefitsiendi C määramine valemiga

$$C = \frac{R^y}{n},$$

milles R — voolusängi hüdrauliline raadius (m);

n — „ karedusarv;

$y = 2{,}5\sqrt{n} - 0{,}75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0{,}1) - 0{,}13.$

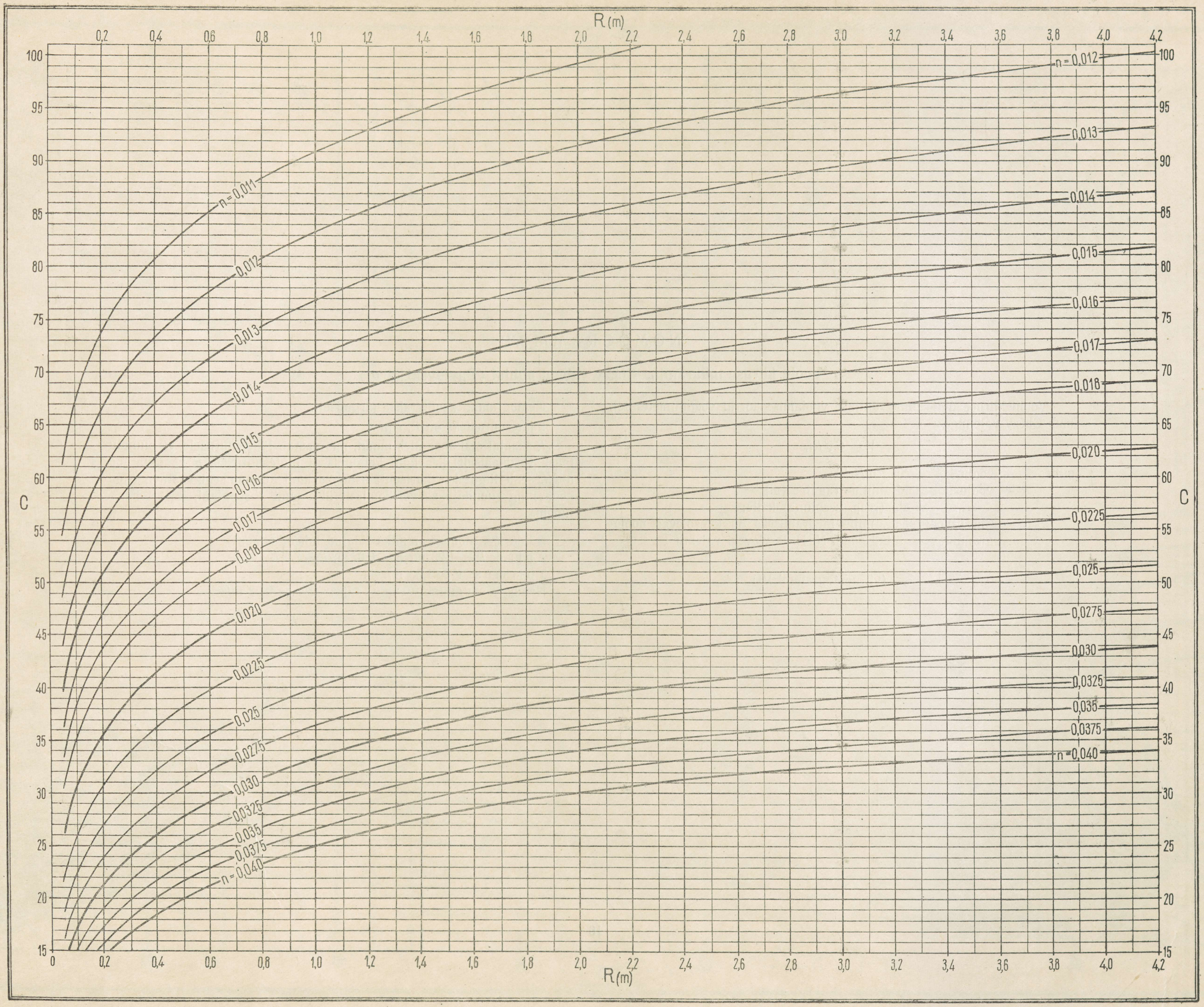
N. N. Pavlovski valem kuulub nn. universaalsete valemite liiki, sest ta on kasutatav nii kinniste kui ka lahtiste veejuhtmete puhul väga laiades piirides muutuvate tegurite R ja n korral.

Nomogrammi kasutatakse järgmiselt.

Lähtesuurusteks on R ja n. Hüdraulilise raadiuse (R) skaalal otsitakse üles punkt, mis vastab lähtesuurusele, ning suundutakse vertikaalselt üles kuni kohtumiseni lähtesuurusele n vastava joonega, kust liigutakse horisontaalsuunas vasakule või paremale kuni C-skaalani ja tehakse sealt lugem.

Näide. Antud: $R = 2{,}45$ m; $n = 0{,}020$.

Tulemus: $C = 58{,}6$.


R (m)
C
n = 0,011
0,012
0,013
0,014
0,015
0,016
0,017
0,018
0,020
0,0225
0,025
0,0275
0,030
0,0325
0,035
0,0375
n = 0,040

NOMOGRAMM VII

Voolu kiiruse määramine Chézy valemi põhjal (Pavlovski järgi)

Voolu kiiruse määramine ühtlase voolamise korral veejuhtmetes toimub Chézy valemiga

$$V = C\sqrt{Ri},$$

milles V — voolu keskkiirus (m/sek);
R — voolusängi hüdrauliline raadius (m);
i — „ põhja (resp. veepinna) kalle;
C — Chézy koefitsient, mille määramiseks on käesolevas nomogrammis kasutatud akad. N. N. Pavlovski valemit

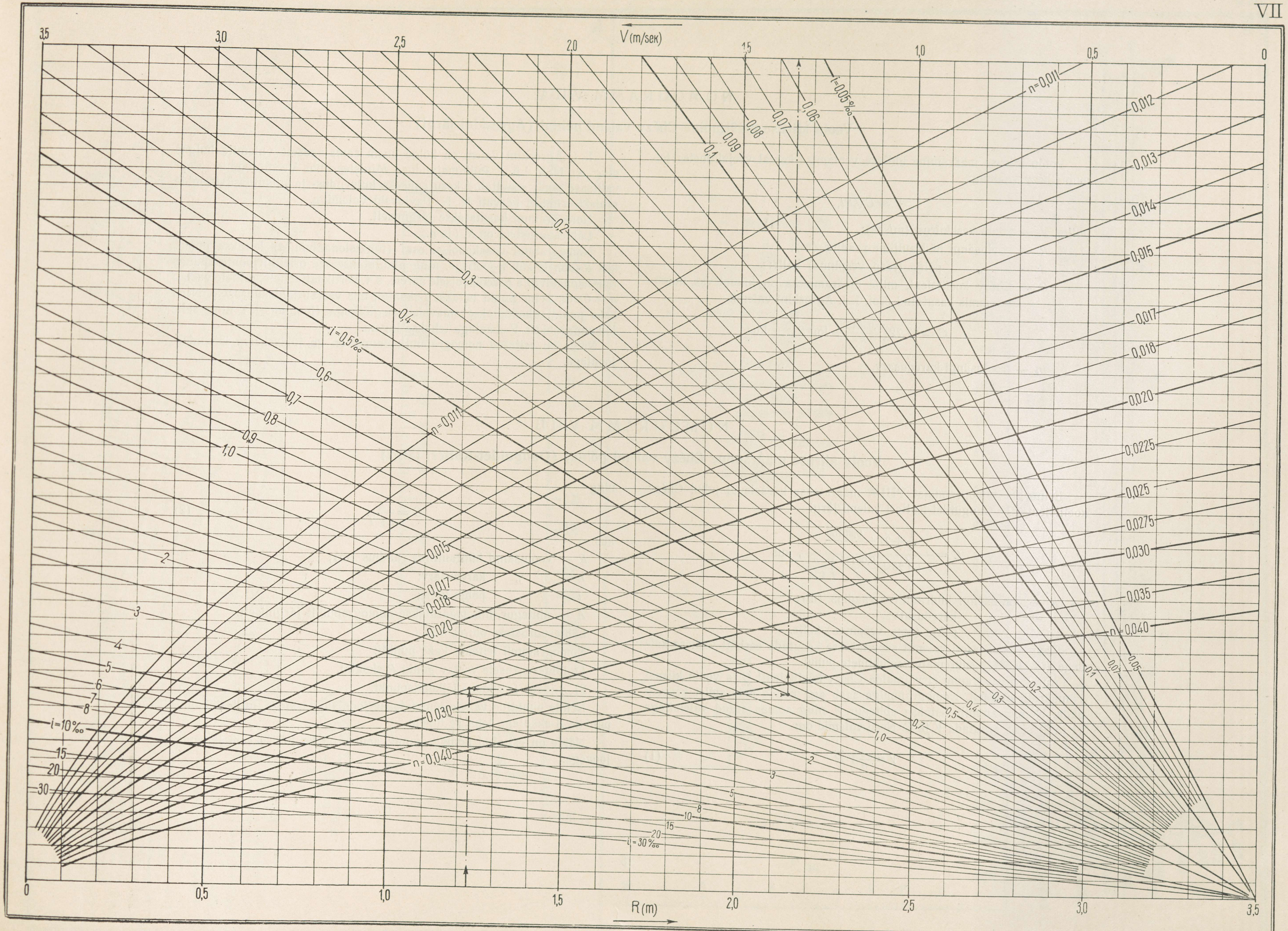
$$C = \frac{R^y}{n} \text{ (vt. nomogrammi VI).}$$

Nomogrammi kasutatakse järgmiselt.

Lähtesuurusteks on R, i ja n.

R-skaalal otsitakse üles punkt, mis vastab lähtesuurusele, ja suundutakse vertikaalselt üles kuni kohtumiseni lähtesuurusele n vastava joonega, sealt liigutakse horisontaalsuunas kuni kohtumiseni vastava i-joonega ning suundutakse vertikaalselt üles kuni V-skaalani, kust tehakse lugem.

Näide (vt. nomogrammil näidatud lahendusjoont).
Antud: $R = 1,23$ m; $n = 0,0275$; $i = 1,0‰$.
Tulemus: $V = 1,35$ m/sek.
Nomogramm annab tulemuse täpsusega ca 0,02 m/sek.


V (m/sek)
R (m)
i=0,05‰
i=0,5‰
i=10‰
i=30‰
n=0,011
n=0,040

NOMOGRAMM VIII-A

Voolu kiiruse määramine Chézy valemi põhjal (Agroskini järgi)

Voolu kiiruse määramine ühtlase voolamise korral veejuhtmetes toimub Chézy valemiga

$$V = C\sqrt{Ri},$$

milles V — voolu keskkiirus (m/sek);

R — voolusängi hüdrauliline raadius (m);

i — „ põhja (resp. veepinna) kalle;

C — Chézy koefitsient, mille määramiseks on käesolevas nomogrammis kasutatud prof. I. I. Agroskini valemit

$$C = 17{,}72\left(\frac{0{,}05643}{n} + \log R\right), \quad \text{kus}$$

n — voolusängi karedusarv.

I. I. Agroskini valem on kõige uuem samalaadsete valemite hulgas ning on NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi Veemajanduse Peavalitsuse poolt soovitatud kasutamiseks kuivendus- ja niisutussüsteemide projekteerimisel kõrvuti N. N. Pavlovski valemiga.

Nomogrammi kasutatakse järgmiselt.

Lähtesuurusteks on R, i ja n.

Nomogrammi vasakpoolsel osal (funktsionaalväljal) leitakse punkt, kus R-joon lõikub n-joonega, ning nihutatakse see orientiirjoonte suunas funktsionaalvälja parempoolsele äärele, s. t. vertikaaljoonele, millele vastab $n = 0{,}012$. Teine punkt leitakse i-skaalal, mis vastab lähtesuurusele. Need kaks punkti ühendatakse omavahel sirglõiguga (joonlauaga) ning selle lõikumispunktis V-skaalaga tehakse lugem.

Näide on esitatud nomogrammil; samas on ka juhisskeem lahendusjoontega.

NOMOGRAMM VIII-B

Voolu kiiruse määramine Chézy valemi põhjal (Ganguillet-Kutteri järgi)

Erinevalt nomogrammist VIII-A määratakse käesoleval juhul Chézy koefitsient (C) Ganguillet-Kutteri valemi järgi

$$C = \frac{\frac{1}{n} + 23 + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}, \quad \text{kus}$$

R — voolusängi hüdrauliline raadius (m);

n — „ karedusarv;

i — „ põhja (resp. veepinna) kalle.

Ganguillet-Kutteri valemit soovitatakse kasutada eeskätt väikese kaldega ($i < 0{,}5‰$) suuremate veejuhtmete puhul.

Antud nomogramm ei võimalda Chézy koefitsienti C ja voolu kiirust V määrata otseselt. Nomogrammiga saab aga nende määramist kergendada. Nomogrammilt leitakse abitegur A ning samas antud valemitega (1 ja 2) saab arvutada V ja C. Need valemid on:

$$V = \frac{A}{n}\sqrt{R} \qquad (1)$$

ning

$$C = \frac{A}{n\sqrt{i}} \qquad (2),$$

kus

R — voolusängi hüdrauliline raadius (m);

n — „ karedusarv;

i — „ põhja kalle;

A — abitegur, mis määratakse nomogrammilt järgmiselt.

Lähtesuurusteks on: R, n ja i.

Nomogrammil leitakse kaks punkti:

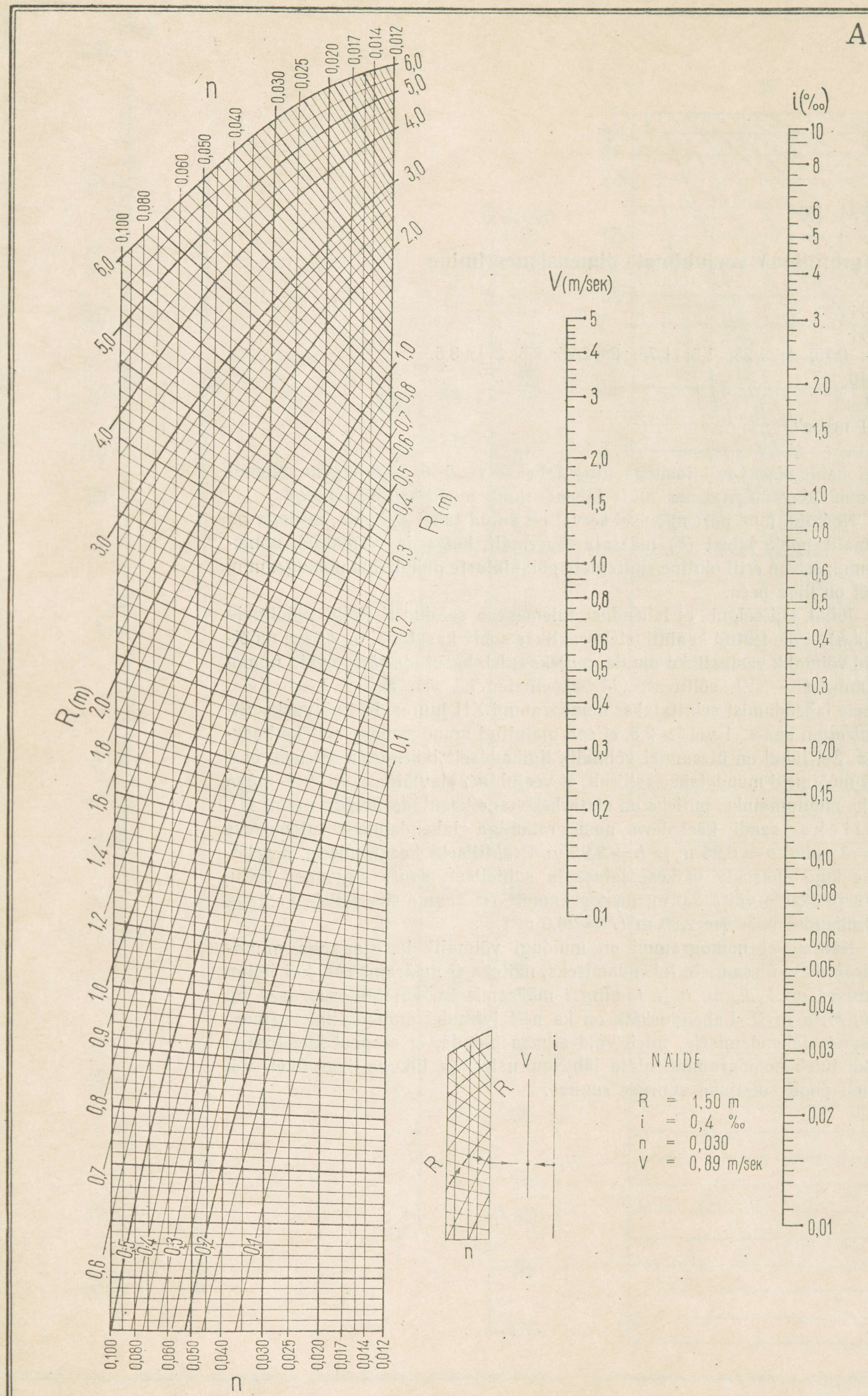
1) lähtesuurusele vastav punkt R-skaalal,

2) n-joone ja i-joone lõikumispunkt.

Nende punktide vahele tõmmatakse joonlauaga sirge, mille lõikumispunktis A-skaalaga tehakse lugem.

Näide on esitatud nomogrammil; samas on ka juhisskeem lahendusjoonega.

A



B

$$V = \frac{A}{n}\sqrt{R} \quad (1)$$

$$C = \frac{A}{n\sqrt{i}} \quad (2)$$

NÄIDE

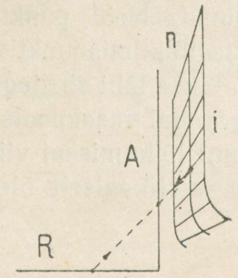
Antud: $R = 3{,}0$ m
$i = 0{,}20$ ‰
$n = 0{,}030$

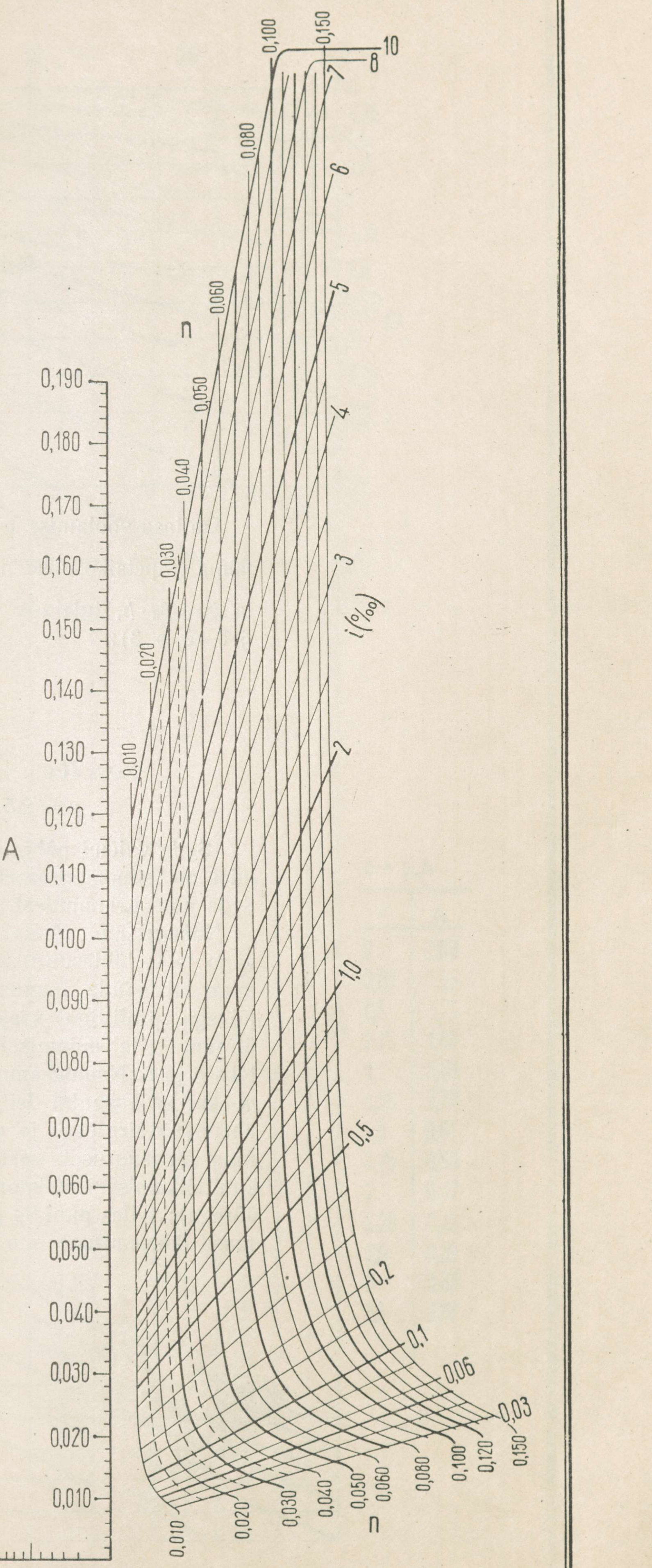
Leida V ja C

Lahendus: nomogrammilt saame
$A = 0{,}0178$
ning valemite 1 ja 2 järgi

$$V = \frac{0{,}0178}{0{,}030}\sqrt{3{,}0} = 1{,}03 \text{ m/sek}$$

$$C = \frac{0{,}0178}{0{,}030\sqrt{0{,}0002}} = 42{,}0$$





NOMOGRAMM IX

Hüdrauliliselt soodsaima trapetsikujulise ristlõikega (profiiliga) veejuhtmete dimensioneerimine

põhja laiuse (b)	puhul	0 . . . 6,0 (m);
voolu sügavuse (h)	„	0 . . . 4,0 (m);
nõlvuskoefitsiendi (m)	„	0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; 3 ja 3,5.
karedusarvu (n)	„	0,015 . . . 0,040;
veejuhtme kalde (i)	„	0,05 . . . 30‰;
vooluhulga (Q)	„	0,01 . . . 1000 m³/sek.

Ühtlase voolamise põhivalemist $Q = \omega C \sqrt{Ri}$ saab hüdrauliliselt soodsaima trapetsikujulise ristlõikega (profiiliga) veejuhtme puhul, kus $R = \frac{h}{2}$ ja $b = \beta_0 \cdot h$, tuletada valemi (vt. Maaparanduse käsiraamat (MK) I, § 5—6, p. 3):

$$h = \sqrt[2,5+y]{\frac{Qn}{\delta \sqrt{i}}}\text{, kusjuures}$$

$$\beta_0 = 2(\sqrt{1+m^2} - m); \quad \delta = 4(2\sqrt{1+m^2} - m) \quad \text{ja}$$

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1) - 0,13.$$

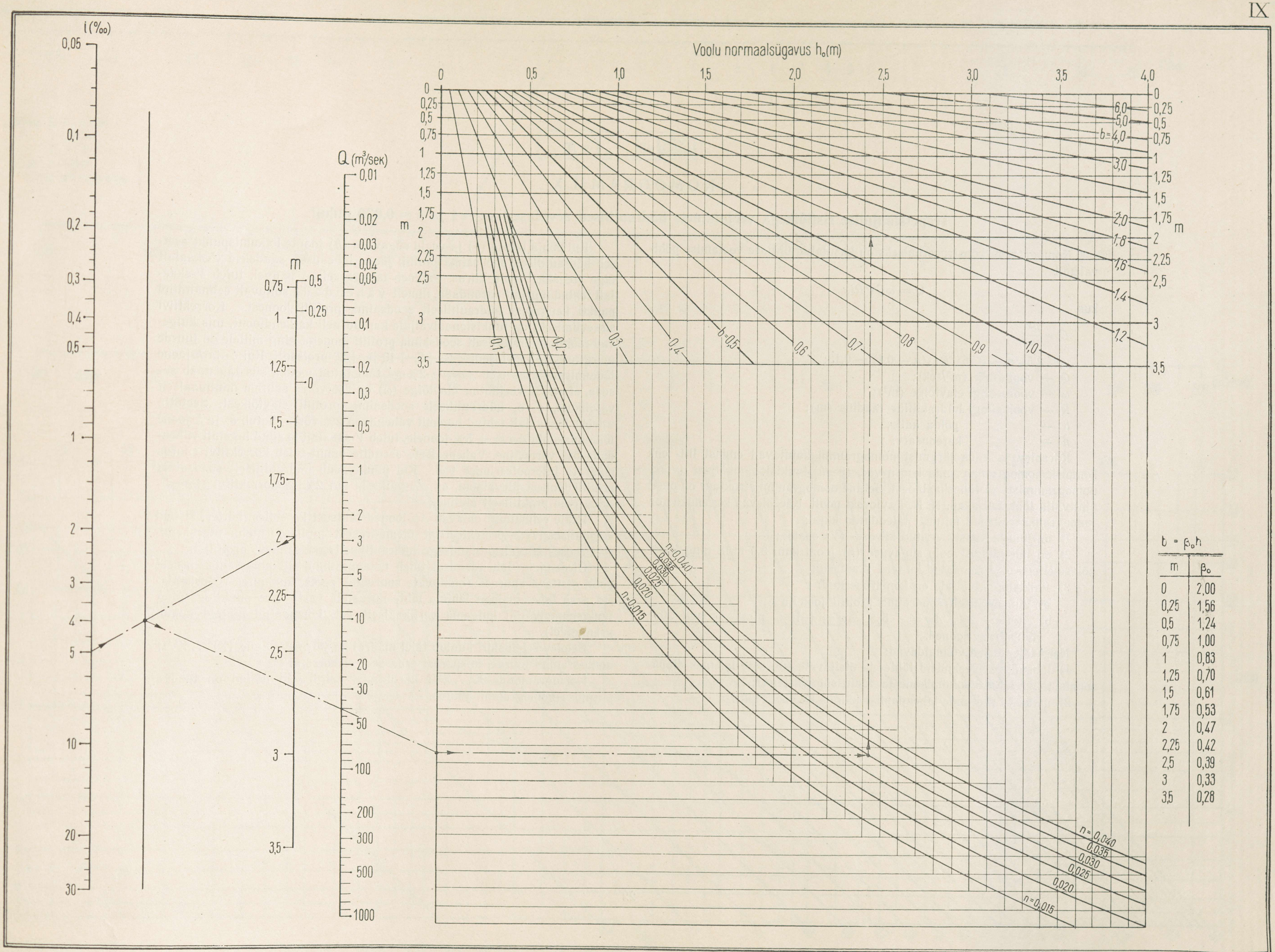
Selle valemi põhjal ongi konstrueeritud käesolev nomogramm. Tegemist on liitnomogrammiga, mis on kombineeritud võrk- ja rööpskaaladega nomogrammidest.

Nomogramm võimaldab lahendada mitut liiki hüdraulilisi ülesandeid väga laias lähtesuuruste diapasoonis. Praktiliselt tuleb selle nomogrammiga lahendada peamiselt hüdrauliliselt soodsaima trapetsikujulise ristlõikega (profiiliga) veejuhtmete dimensioneerimise ülesandeid. Sellist liiki ülesannete lahendamisel on lähtesuurusteks: Q, i, m ja n ning määratavateks b ja h. Nomogrammiga lahendatakse selline ülesanne järgmiselt. Nii m- kui ka i-skaalal leitakse lähtesuurusele vastav punkt. Neid punkte ühendava sirglõigu ja nende skaalade vahelise abitelje lõikumispunktist ning lähtesuurusele vastavast punktist Q-skaalal tõmmatakse läbi sirgjoon kuni lõikumiseni võrknomogrammi alusega (võrknomogrammi vasakpoolse äärega); selles punktis püstitatakse alusele ristsirge kuni lõikumiseni viimase lähtesuuruse, s. o. n-i joonega, kust suundutakse vertikaalselt üles kuni kohtumiseni m-i joonega ning tehakse sealt h ja b lugem. Nomogrammil on näidatud ühe näite lahenduskäik punkt-kriips-joontega.

Nomogrammi parempoolsel serval on antud tabel β_0 kohta, millega on võimalik põhja laiust (b) määrata täpsemalt, kui seda võimaldab nomogramm; see on eriti oluline suuremate põhjalaiuste puhul, kus nomogrammi mõõt on liiga peen.

Juhul, kui selgub, et lahenduse tulemusena saadud ristlõike mõõtmeid (b ja h) ei ole teatud kaalutlustel praktikas sobiv kasutada, on b ja h mõõtmeid võimalik vastastikku muuta, milleks tuleb kasutada järgnevaid nomogramme (X—XVI, sõltuvalt nõlvuskoefitsiendist m). Sellist laadi ülesannete lahendamist selgitatakse nomogrammi XII juures. Kui nõlvuskoefitsient m on kas < 1 või $> 2,5$, ei saa mainitud nomogramme selleks kasutada. Sel juhul on ülesannet võimalik ligikaudselt lahendada sel teel, et b ja h mõõtmeid muudetakse selliselt, et veejuhtme elavlõige $\omega = (b + mh)h$ jääks muutumatuks, milleks on otstarbekohane kasutada nomogrammi III. N ä i t e k s saadi käesoleva nomogrammiga lahendamisel tulemuseks $m = 3$ puhul $b = 0,96$ m ja $h = 2,95$ m. Praktiliseks kasutamiseks on ristlõike kuju ebasobiv väikese laiuse ja suhteliselt suure sügavuse tõttu. Otsustatakse b võtta 2,0 m; nomogrammilt III saame siis sellele vastava h ligikaudse väärtuse 2,80 m ($F = 29,0$ m²).

Käesolevat nomogrammi on muidugi võimalik kasutada ka muude hüdrauliliste ülesannete lahendamiseks, näiteks Q määramiseks, kui lähtesuurused on b, h, m, n ja i, ning i määramiseks, kui lähtesuurused on b, h, m, n ja Q. Lahenduskäik on ka neil juhtudel analoogiline esimese ülesande lahendamisele, tuleb vaid silmas pidada, et eespool kirjeldatud käiku tuleb nomogrammil alata lähtesuurustest ja liikuda (kas ühelt või kahelt poolt) otsitava suuruse suunas.



b = β₀h

m	β₀
0	2,00
0,25	1,56
0,5	1,24
0,75	1,00
1	0,83
1,25	0,70
1,5	0,61
1,75	0,53
2	0,47
2,25	0,42
2,5	0,39
3	0,33
3,5	0,28

NOMOGRAMM X

Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused $m = 1$ ja $n = 0{,}030$ puhul

Nomogrammi konstrueerimiseks on kasutatud ühtlase voolamise põhivalemit

$$Q = \omega C \sqrt{Ri},$$

kus

$$C = \frac{R^y}{n};$$

$$y = 2{,}5\sqrt{n} - 0{,}75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0{,}1) - 0{,}13;$$

Q — vooluhulk (m^3/sek);
ω — voolusängi elavlõige (m^2);
R — voolusängi hüdrauliline raadius (m);
i — „ põhja kalle;
n — „ karedusarv.

Käesolev ja kuus järgmist nomogrammi kujutavad endast liit- ehk kompleksnomogramme, mis koosnevad (b—h)-funktsionaalväljast (võrknomogrammist) ja rööpskaaladest. Selline nomogrammi struktuur on omal ajal välja töötatud akad. N. N. Pavlovski poolt. Käesolevas kogumikus on nomogramm esitatud mitmeti täiendatud kujul:

1) on juurde konstrueeritud kiiruse- (V) skaala;
2) on täiendatud voolu sügavuse (h) jooni kuni 3,0 m-ni ning kooskõlas sellega on pikendatud ka teisi skaalasid;
3) funktsionaalväljale on konstrueeritud:
   a) hüdrauliliselt soodsaima profiili joon ja
   b) $\Delta\omega = +2\%$, $\Delta\omega = +5\%$, $\Delta\omega = +10\%$ ning $\Delta\omega = +20\%$ tähistavad jooned.

Need täiendused võimaldavad:

1) lahendada ülesandeid lähte- ja otsitavate suuruste laiemas diapasoonis (suuremate vooluhulkade ja voolu sügavustega);
2) määrata ülesande lahendamise käigus ka voolu kiirust.

Kui põhja laiuse (b) ja voolu sügavuse (h) joonte lõikumispunkt asetseb hüdrauliliselt soodsaima profiili joone läheduses, saadakse V-skaalalt õige (tegelik) voolu kiirus. Paikneb ta aga sellest kaugel, tuleb V-skaalalt tehtud lugemit parandada, nimelt v ä h e n d a d a sõltuvalt eelmainitud punkti kaugusest hüdrauliliselt soodsaima profiili joonest. Korrektiivi sisseviimiseks on funktsionaalväljale kantud neli katkendjoont, mis kulgevad rööbiti hüdrauliliselt soodsaima profiili joonega ning millele on juurde märgitud $\Delta\omega$ väärtused: +2, +5, +10 ja +20 protsenti. Kui b- ja h-joone lõikumispunkt asetseb $\Delta\omega = +2\%$-ga tähistatud joonel, siis tähendab see seda, et sellise veejuhtme elavlõige (ω) on 2% võrra suurem minimaalselt vajalikust, s. o. hüdrauliliselt soodsaima profiili elavlõikest. Seetõttu tulebki V-skaalalt tehtud lugemit vähendada 2% võrra. Satub b- ja h-joone lõikumispunkt $\Delta\omega = +5\%$-joonele, tuleb V-skaalalt saadud lugemit vähendada 5% võrra, jne. Vahepealsete asendite puhul tuleb korrektiivi suurus määrata interpoleerimise teel. Kui punkt asub hüdrauliliselt soodsaima profiili joonest ülevalpool, on $\Delta\omega$ väiksem kui 2% ja korrektiivi sisseviimine pole praktiliselt oluline.

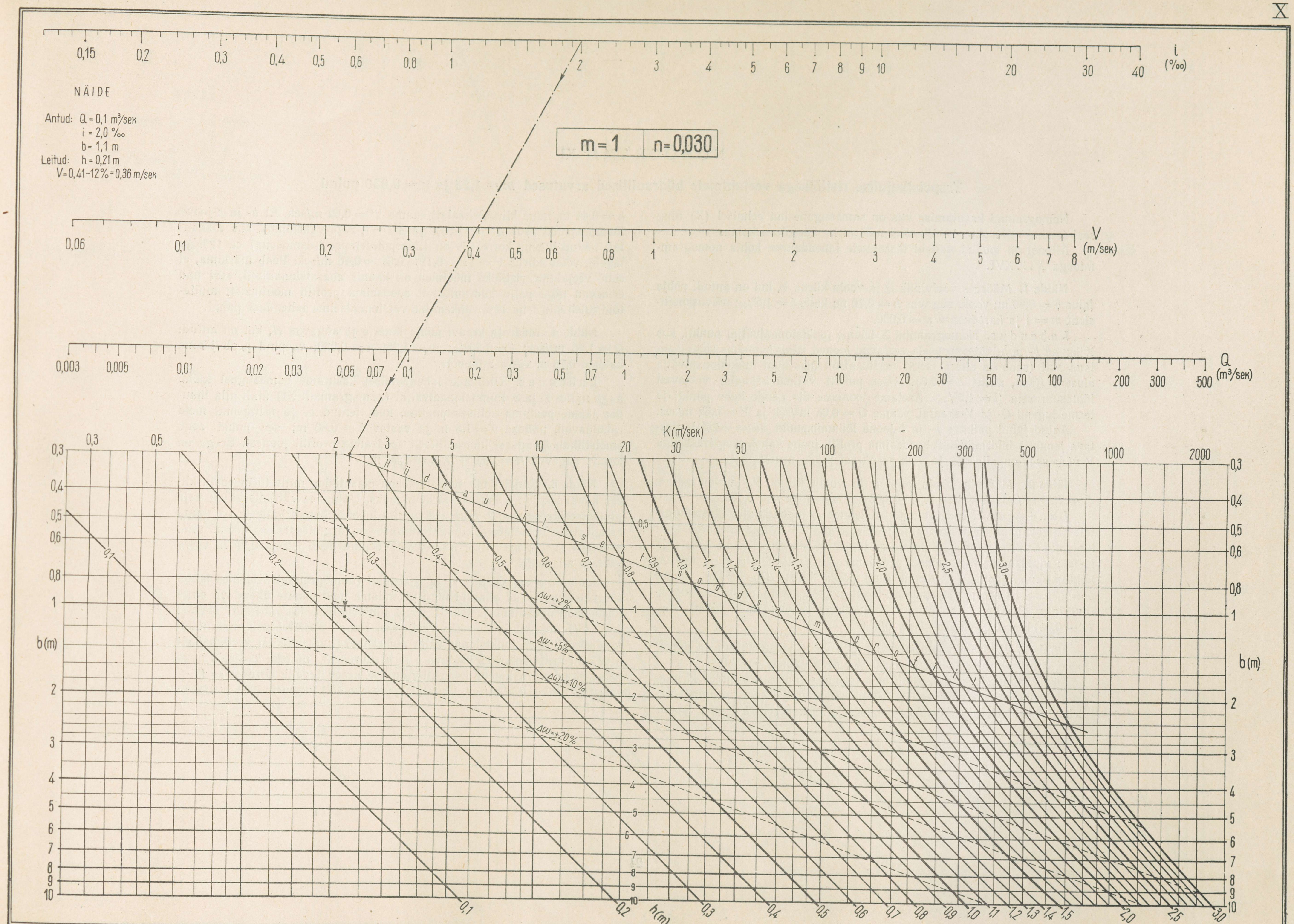
Peale eelmainitu omavad $\Delta\omega$-jooned tähtsust ka selles mõttes, et nad «signaliseerivad» projekteerijat ülemäärasest mullatöö mahu suurenemisest seoses kõrvalekaldumisega hüdrauliliselt soodsaimast profiilist.

Ülesannete lahendamisel tuleb nomogrammil liikuda lähtesuuruste poolt otsitava suuruse (otsitavate suuruste) poole, kusjuures rööpskaalasid peab lahendusjoon läbima lähtesuurustele vastavates punktides ning funktsionaalväljal kulgema vertikaalselt (vt. lahendatud näiteid nomogrammidel).

Eelolev seletuskiri kuulub täiel määral ka järgneva kuue (XI... XVI) nomogrammi juurde, mispärast seda seal ei korrata.

Nomogrammide X... XVI kasutamist selgitavad näited on toodud järgmise nomogrammi juures.

X



i (‰)
0,15 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,8 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40
NÄIDE
Antud: Q = 0,1 m³/seк
i = 2,0 ‰
b = 1,1 m
Leitud: h = 0,21 m
V = 0,41-12 % = 0,36 m/seк
m = 1
n = 0,030
V (m/seк)
0,06 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,8 1 2 3 4 5 6 7 8
Q (m³/seк)
0,003 0,005 0,01 0,02 0,03 0,05 0,07 0,1 0,2 0,3 0,5 0,7 1 2 3 5 7 10 20 30 50 70 100 200 300 500
K (m³/sek)
0,3 0,5 1 2 3 5 10 20 30 50 100 200 300 500 1000 2000
Hüdrauiliselt soodsaim profiil
Δω = +2%
Δω = +5%
Δω = +10%
Δω = +20%
b (m)
h (m)
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 2,0 2,5 3,0

NOMOGRAMM XI

Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused $m = 1,25$ ja $n = 0,030$ puhul

Nomogrammi kasutamise viis on samasugune kui eelmisel (X) ning seal toodud seletuskiri kehtib täiel määral ka käesoleva kohta.

Allpool on toodud näiteid ülesannete lahendamise kohta nomogrammidega X...XVI.

Näide 1. Määrata vooluhulk Q ja voolu kiirus V, kui on antud: põhja laius $b = 0,80$ m; voolu sügavus $h = 0,70$ m; kalle $i = 1,5^0/_{00}$; nõlvuskoefitsient $m = 1$ ja karedusarv $n = 0,030$.

L a h e n d u s. Nomogrammil X leiame funktsionaalväljal punkti, kus lõikuvad b- ja h-lähtesuurusele vastavad jooned, ning kanname selle joonlaua abil (saab ka silma järgi) vertikaalselt üles kuni funktsionaalvälja aluseni (joon, millel $b = 0,3$). Teise punkti valime i-skaalal vastavalt lähtesuurusele ($i = 1,5^0/_{00}$). Asetame joonlaua üle nende kahe punkti ja teeme lugemi Q- ja V-skaalal, saame $Q = 0,65$ m³/sek ja $V = 0,62$ m/sek.

Antud juhul paiknes b- ja h-joone lõikumispunkt $\Delta\omega = +2\%$-le vastava joone ja hüdrauliliselt soodsaima profiili joone vahel, mispärast viga V väärtuses on alla 2% ja võib seepärast jääda arvestamata.

Näide 2. Määrata põhja laius b ja voolu kiirus V, kui on antud: $Q = 2,20$ m³/sek; $h = 1,00$ m; $i = 0,63^0/_{00}$; $m = 1,25$; $n = 0,030$.

L a h e n d u s. Nomogrammil XI leiame i- ja Q-skaalal lähtesuurustele vastavad punktid; tõmbame joonlaua abil üle nende sirglõigu kuni funktsionaalvälja aluseni ning teeme lugemi V-skaalalt, saame $V' = 0,62$ m/sek; funktsionaalvälja alusel pöördume vertikaalselt alla, liigume kuni kohtumiseni h-joonega ja teeme sealt põhja laiuse (b) lugemi, saame $b = 2,30$ m. Et see punkt asub $\Delta\omega$-joonte vahel, määrame kiiruse korrektiivi interpoleerimise teel, saame 3%; seega tegelik voolu kiirus $V = (1 - 0,03) V' = 0,97 \cdot 0,62 = 0,60$ m/sek.

Näide 3. Määrata voolu sügavus h ja voolu kiirus V, kui on antud: $Q = 0,60$ m³/sek; $b = 2,4$ m; $i = 1,00\ ^0/_{00}$; $m = 1,25$; $n = 0,030$.

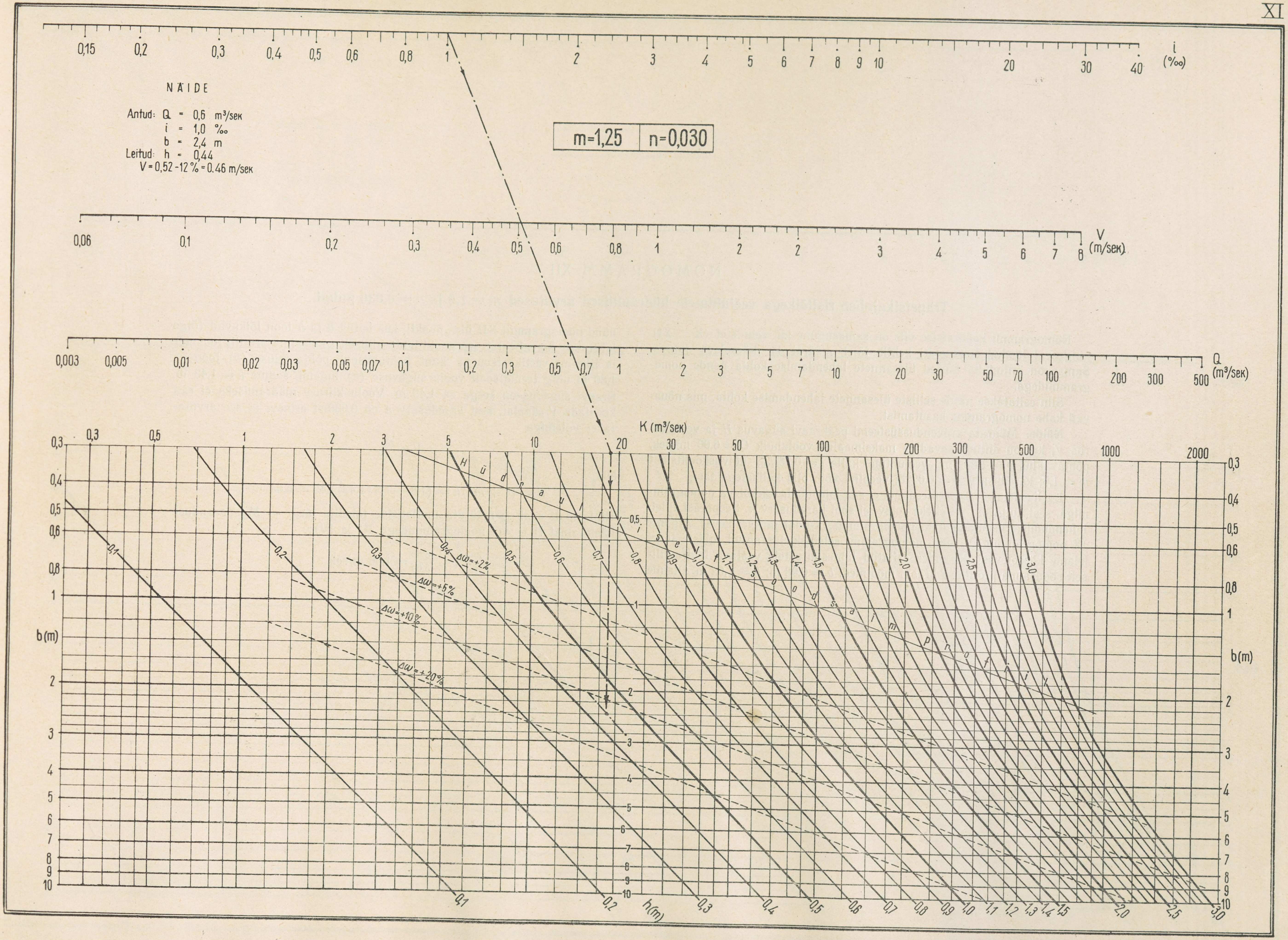
L a h e n d u s. Lahenduskäik on sarnane eelmises ülesandes kasutatule. Erinevus seisneb vaid selles, et funktsionaalväljal (nomogrammil XI) tuleb vertikaalselt alla liikuda b-jooneni ja teha lugem h kohta. Saame $h = 0,44$ m, kuna kiiruseskaalalt saame $V' = 0,52$ m/sek. Et b- ja h-joone lõikumispunkt asub $\Delta\omega = +10\%$ ja $\Delta\omega = +20\%$ vahemikus, siis V-skaalalt tehtud lugemi korrektiiv on (interpoleerimise tulemusena) ca 12% ja tegelik voolu kiirus $V = (1 - 0,12) \cdot 0,52 = 0,46$ m/sek. Peab märkima, et selle veejuhtme ristlõike mõõtmed on kaunis ebaratsionaalsed, sest nad erinevad liiga palju hüdrauliliselt soodsaima profiili mõõtmeist; mullatöid tuleb siin teha 12% rohkem kui ratsionaalseima lahenduse puhul.

Näide 4. Määrata kraavi põhja laius b ja sügavus H, kui on antud: $Q = 1,25$ m³/sek; $i = 1,20^0/_{00}$; $m = 1,25$; $n = 0,030$; veepind peab jääma kaldast 0,70 m võrra allapoole.

L a h e n d u s. Ülesande lahendamisel kasutame samasugust käiku nagu näites 2. ja 3. Funktsionaalväljal (nomogrammil XI) ülalt alla liikudes jääme peatuma sellises punktis, kust tehtud b- ja h-lugemid meid rahuldavad, näiteks $b = 1,3$ m ja vastav $h = 0,80$ m; see punkt asub «mõistlikul» kaugusel hüdrauliliselt soodsaima profiili joonest. Seega on kraavi sügavus $H = 0,80 + 0,70 = 1,50$ m.

Näide 5. Kanal läbib suure kaldega maastikku, mille tõttu voolu kiirus kanalis kujuneb lubatavast suuremaks. Uhtumise vältimiseks on vaja projekteerida astangud. Määrata suurim lubatav kanali kalle ja vajalikud kanali ristlõike mõõtmed, kui lähtesuurused on järgmised: $Q = 2,00$ m³/sek.; $V \leqslant 0,80$ m/sek; $m = 1,25$; $n = 0,030$. Veepind peab jääma 0,90 m võrra kaldast allapoole.

L a h e n d u s. Otsime V- ja Q-skaalal (nomogrammil XI) üles lähtesuurustele vastavad punktid ning pikendame neid punkte ühendava sirge ühelt poolt i-skaalani ja teiselt poolt funktsionaalvälja aluseni; saame: $i = 1,4^0/_{00}$, mis ongi esimeseks vastuseks. Kanali ristlõike mõõtmete määramiseks liigume funktsionaalvälja alusel märgitud punktist vertikaalselt alla kuni meile sobivaks osutuva b ja h suuruseni, näiteks $b = 2,00$ m ja $h = 0,83$ m. Kiiruslugemi korrektiiv on 3%, seega tegelik kiirus $V = (1 - 0,03) \cdot 0,80 = 0,77$ m/sek. Kanali sügavuseks (H) kujuneb: $0,83 + 0,90 = 1,73$ m.


NÄIDE
Antud: Q = 0,6 m³/sek
i = 1,0 ‰
b = 2,4 m
Leitud: h = 0,44
V = 0,52 -12 % = 0.46 m/sek
m=1,25
n=0,030
i (‰)
V (m/sek)
Q (m³/sek)
K (m³/sek)
b (m)
h (m)
Hüdraulisel soodsaim profiil
Δω=+2%
Δω=+5%
Δω=+10%
Δω=+20%

NOMOGRAMM XII

Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused $m = 1,5$ ja $n = 0,030$ puhul

Nomogrammi kasutamise viis on samasugune kui eelmistel (X . . . XI) ning seal toodud seletuskiri kehtib täiel määral ka käesoleva juures. Samas on antud ka näited ülesannete lahendamise kohta nende nomogrammidega.

Siin esitatakse näide selliste ülesannete lahendamise kohta, mis nõuavad kahe nomogrammi kasutamist.

Näide. Määrata kuivendussüsteemi peakraavi sügavus H ja voolukiirus V, kui on antud: kevadine maksimaalne vooluhulk $Q = 6,00$ m³/sek, põhja laius $b = 1,80$ m; veejuhtme kalle $i = 0,75‰$; nõlvuskoefitsient $m = 1,5$; karedusarv $n = 0,0225$; veepind võib olla kallastega tasa.

L a h e n d u s. Seda ülesannet ei saa lahendada käesoleva nomogrammiga, sest kuigi m on selleks sobiv, ei sobi karedusarv n. Seepärast tuleb lahendamisel kasutada kaht nomogrammi: IX-ndat ja käesolevat. Algame IX nomogrammiga. Selle nomogrammi seletuskirjas antud juhiste järgi leiame käesolevas ülesandes esitatud lähtesuurustele vastava hüdrauliliselt soodsaima profiiliga kraavi mõõtmed: $b = 0,98$ m; $h = 1,62$ m. Otsime nüüd nomogrammil XII üles punkti, kus leitud b ja h joon lõikuvad (õige lahenduse korral satub see punkt hüdrauliliselt soodsaima profiili joonele) ja liigume vertikaalsuunas kuni kohtumiseni põhja laiuse (b) joonega 1,80 m ning teeme sealt voolu sügavuse (h) lugemi, saame $h = 1,43$ m. Kraavi sügavus on seega ca 1,45 m. Voolu kiiruse määramiseks ei saa kasutada V-skaalat, sest karedusarv n on 0,030-st erinev, ja see arvutatakse valemiga

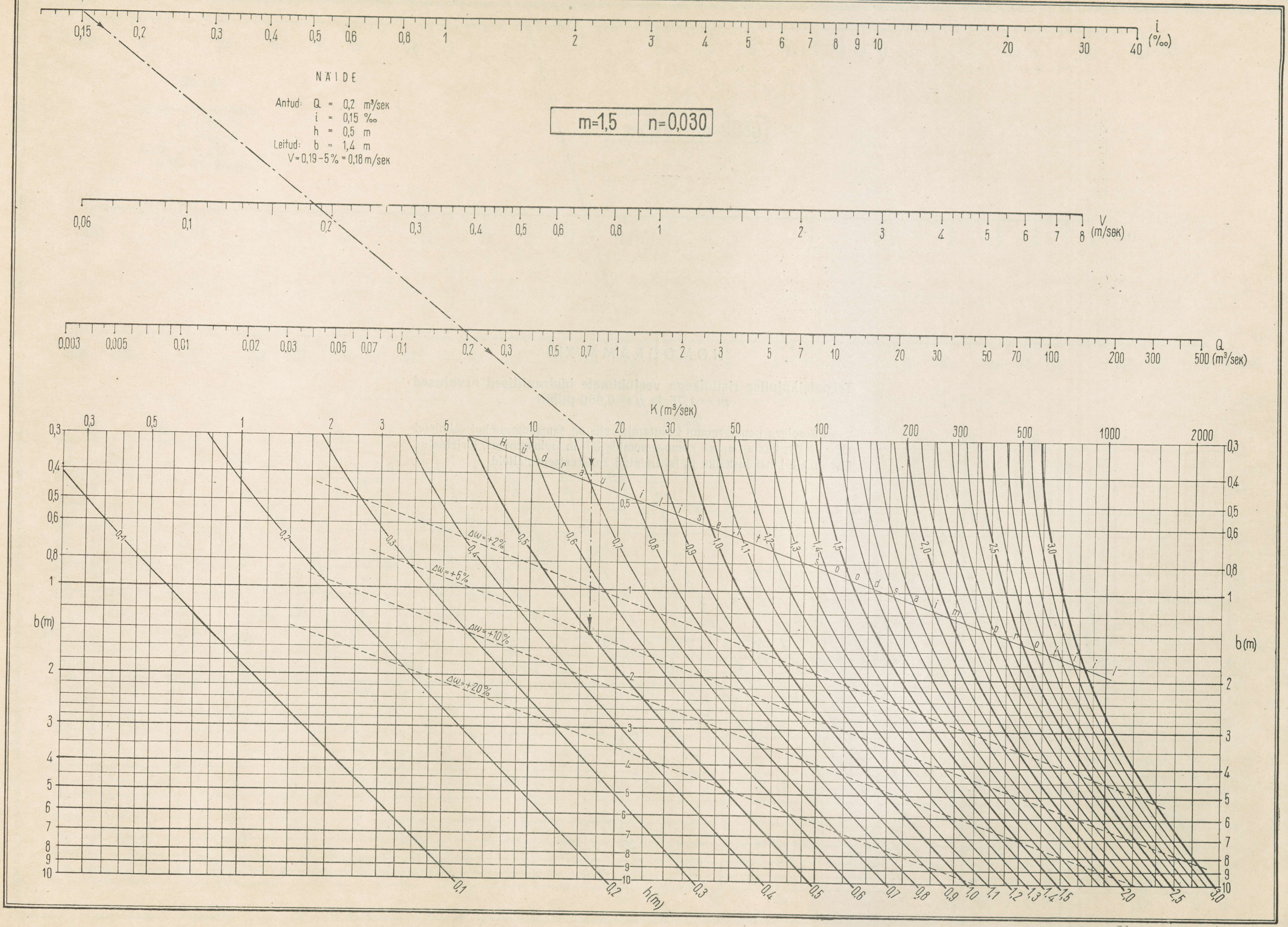
$$V = \frac{Q}{\omega},$$

kus

$$\omega = (b + mh)h = (1,8 + 1,5 \cdot 1,43)\,1,43 = 5,64 \text{ m}^2$$

(lihtsamalt saab ω määrata mullatööde tabelite järgi — Maaparanduse käsiraamat II — või nomogrammidega III ja IV);

$$V = \frac{6,00}{5,64} = 1,06 \text{ m/sek.}$$

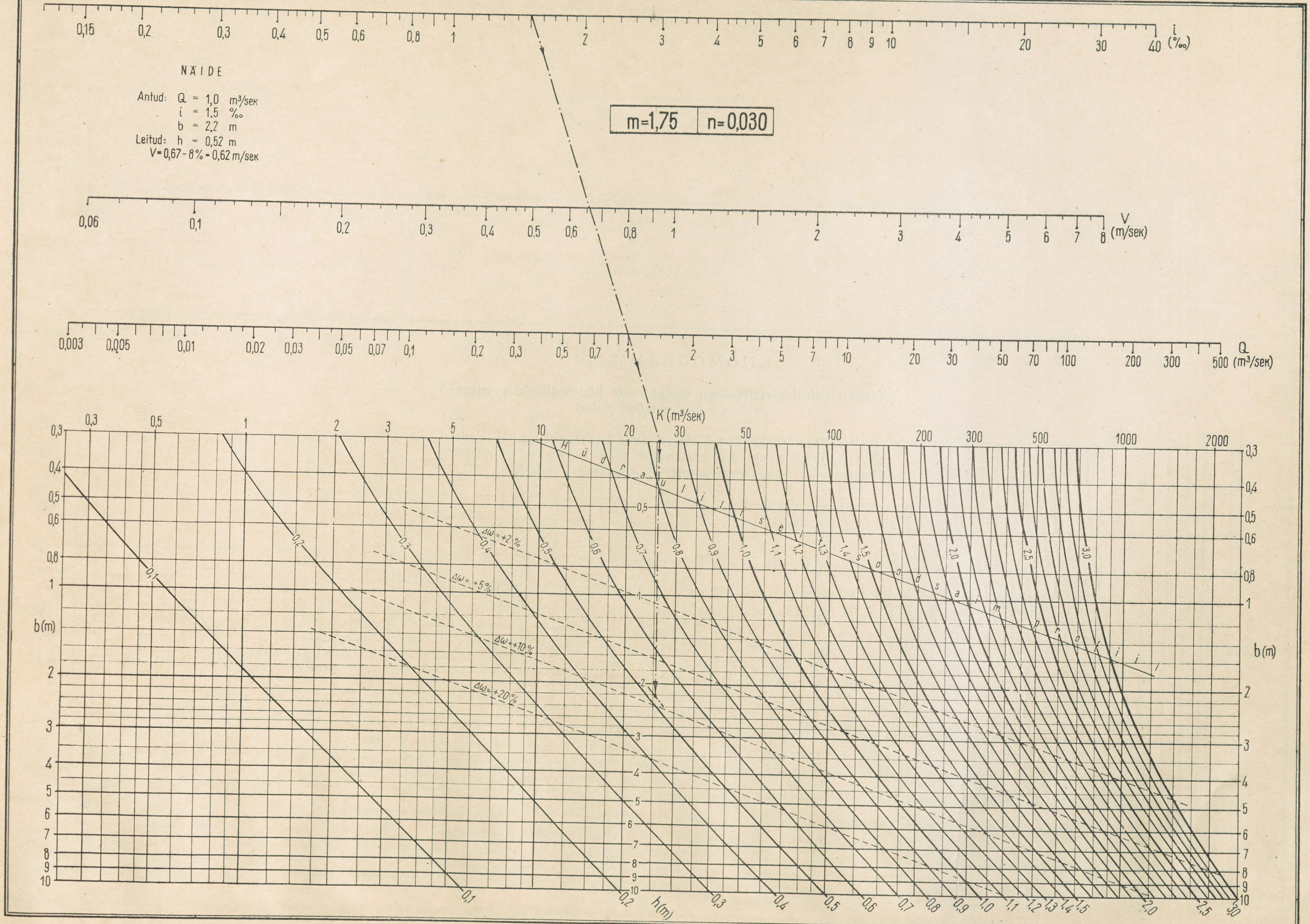


NÄIDE
Antud: Q = 0,2 m³/sek
i = 0,15 ‰
h = 0,5 m
Leitud: b = 1,4 m
V = 0,19 – 5 % = 0,18 m/sek
m=1,5
n=0,030
i (‰)
V (m/sek)
Q (m³/sek)
K (m³/sek)
b(m)
h(m)
Hüdrauliliselt soodsaim profiil
Δω = +2%
Δω = +5%
Δω = +10%
Δω = +20%

NOMOGRAMM XIII

Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused $m = 1,75$ ja $n = 0,030$ puhul

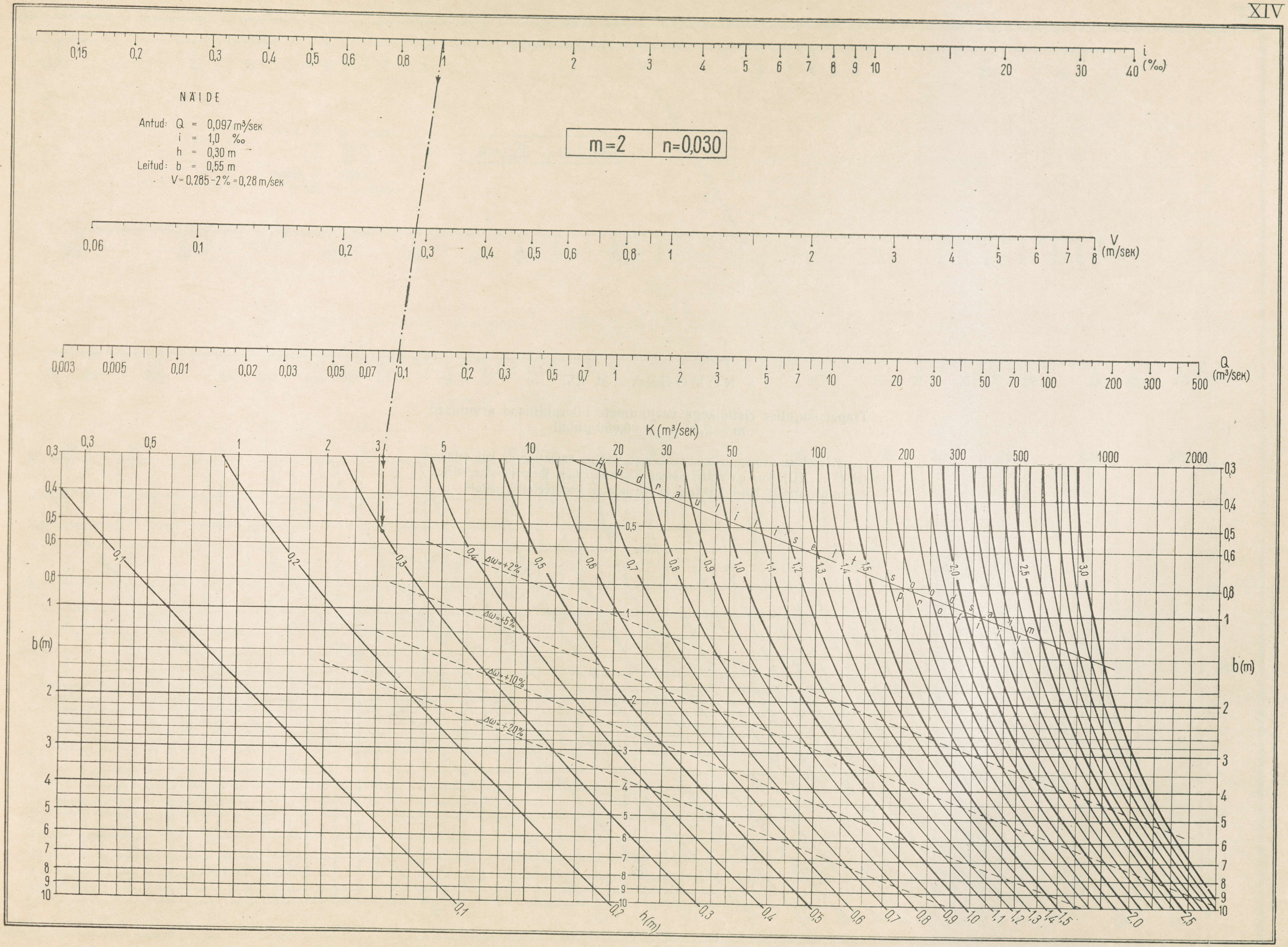
Käesoleva nomogrammi kasutamise viis on samasugune kui eelmistel (X . . . XII), kus on antud nomogrammide lähem iseloomustus, kirjeldatud ülesannete lahenduskäiku ja lahendatud konkreetseid näiteid.


NÄIDE
Antud: Q = 1,0 m³/sek
i = 1,5 ‰
b = 2,2 m
Leitud: h = 0,52 m
V = 0,67 - 8% = 0,62 m/sek
m=1,75
n=0,030
i (‰)
V (m/sek)
Q (m³/sek)
K (m³/sek)
b (m)
h (m)
Hüdrauliliselt soodsaim profiil
Δω = +2%
Δω = +5%
Δω = +10%
Δω = +20%

NOMOGRAMM XIV

Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused $m = 2$ ja $n = 0{,}030$ puhul

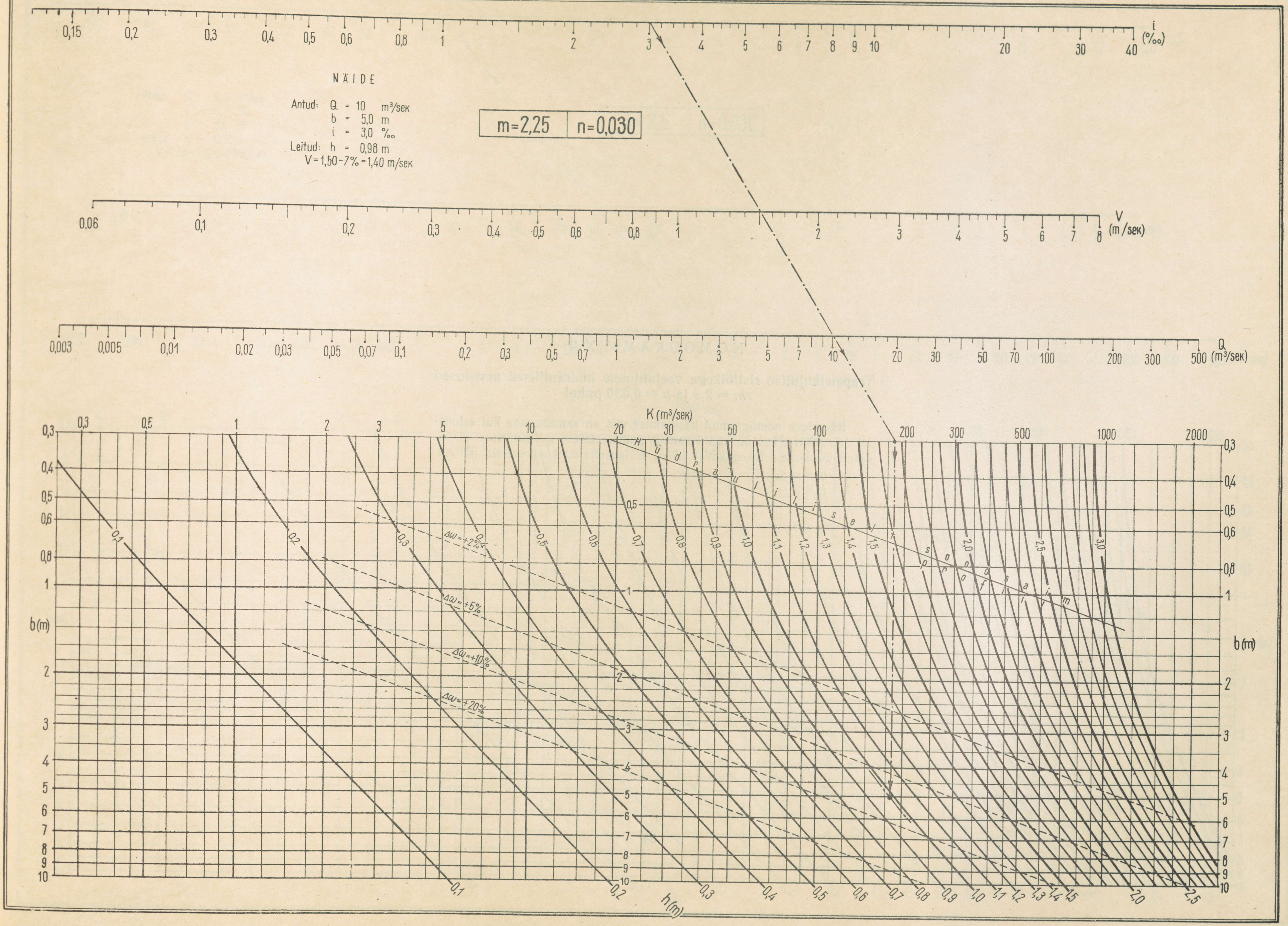
Käesoleva nomogrammi kasutamise viis on samasugune kui eelmistel (X...XII), kus on antud nomogrammide lähem iseloomustus, kirjeldatud ülesannete lahenduskäiku ja lahendatud konkreetseid näiteid.


i (‰)
NÄIDE
Antud: Q = 0,097 m³/sek
i = 1,0 ‰
h = 0,30 m
Leitud: b = 0,55 m
V = 0,285 - 2 % = 0,28 m/sek
m=2
n=0,030
V (m/sek)
Q (m³/sek)
K (m³/sek)
b (m)
h (m)
Δω=+2%
Δω=+5%
Δω=+10%
Δω=+20%
Hüdrauliliselt soodsaim profiil

NOMOGRAMM XV

Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused $m = 2{,}25$ ja $n = 0{,}030$ puhul

Käesoleva nomogrammi kasutamise viis on samasugune kui eelmistel (X...XII), kus on antud nomogrammide lähem iseloomustus, kirjeldatud ülesannete lahenduskäiku ja lahendatud konkreetseid näiteid.

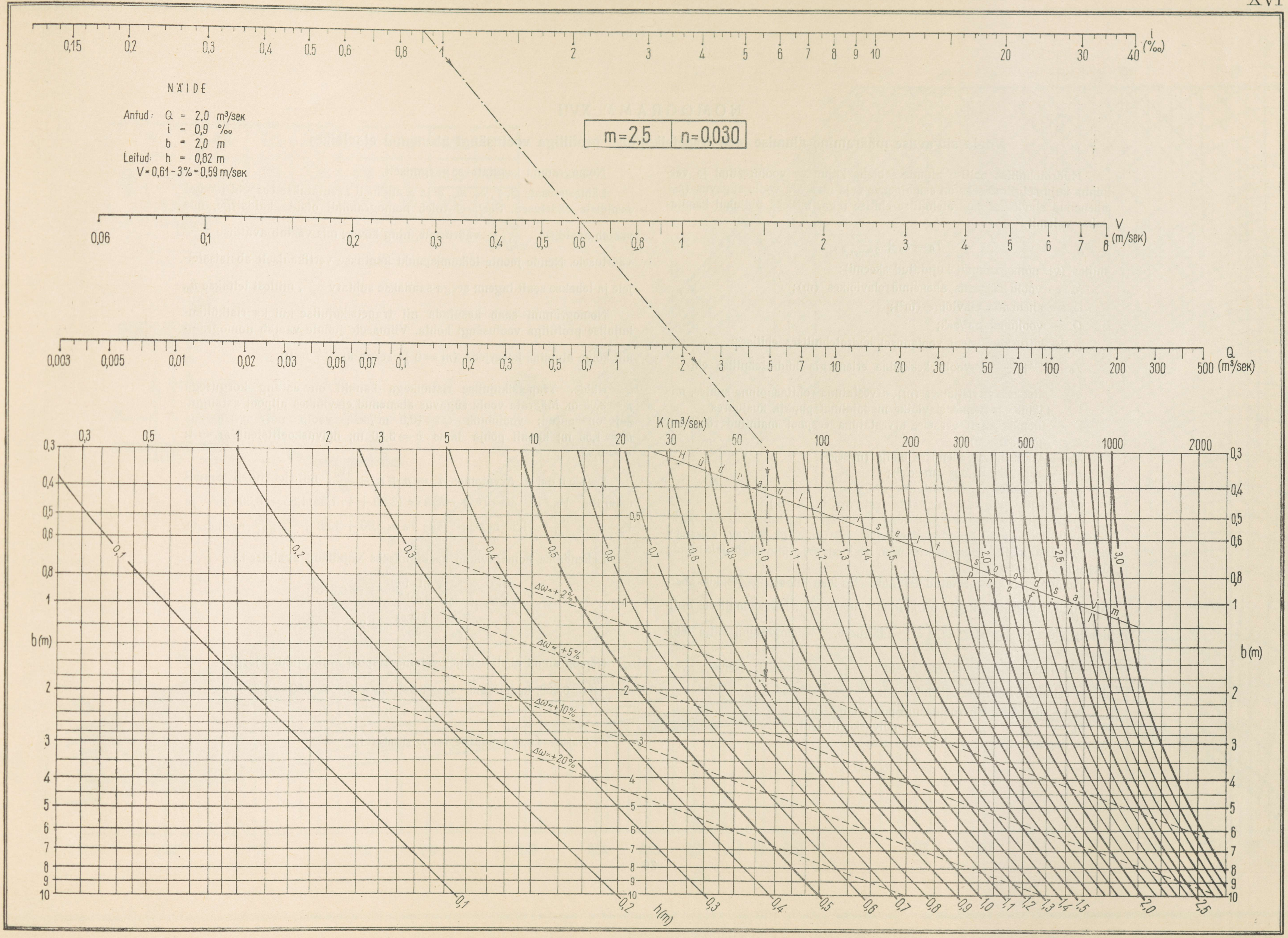


i (‰)
0,15 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,8 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40
NÄIDE
Antud: Q = 10 m³/sek
b = 5,0 m
i = 3,0 ‰
Leitud: h = 0,98 m
V = 1,50 - 7% = 1,40 m/sek
m=2,25
n=0,030
V (m/sek)
0,06 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,8 1 2 3 4 5 6 7 8
Q (m³/sek)
0,003 0,005 0,01 0,02 0,03 0,05 0,07 0,1 0,2 0,3 0,5 0,7 1 2 3 5 7 10 20 30 50 70 100 200 300 500
K (m³/sek)
0,3 0,5 1 2 3 5 10 20 30 50 100 200 300 500 1000 2000
Hüdrauliliselt soodsaim profiil
Δω=+2%
Δω=+5%
Δω=+10%
Δω=+20%
b (m)
0,3 0,4 0,5 0,6 0,8 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
h (m)
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 2,0 2,5 3,0

NOMOGRAMM XVI

Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused $m = 2{,}5$ ja $n = 0{,}030$ puhul

Käesoleva nomogrammi kasutamise viis on samasugune kui eelmistel (X...XII), kus on antud nomogrammide lähem iseloomustus, kirjeldatud ülesannete lahendamise käiku ja lahendatud konkreetseid näiteid.


NÄIDE
Antud: Q = 2,0 m³/sek
i = 0,9 ‰
b = 2,0 m
Leitud: h = 0,82 m
V = 0,61 - 3% = 0,59 m/sek
m=2,5
n=0,030
i (‰)
V (m/sek)
Q (m³/sek)
K (m³/sek)
b (m)
h (m)
Δω=+2%
Δω=+5%
Δω=+10%
Δω=+20%

NOMOGRAMM XVII

Voolu sügavuse määramine alumise biefi trapetsikujulise profiiliga voolusängi ahenenud elavlõikes

Hüdrotehnilise ehitise alumises biefis kujuneva voolurežiimi ja veepinna kuju selgitamiseks on esmajoones vaja määrata voolu sügavus (h_a) ahenenud elavlõikes hüdrotehnilise ehitise taga, milleks üldjuhul kasutatakse valemit

$$T_0 = h_a + \frac{\alpha Q^2}{2g\varphi^2\omega_a^2},$$

milles (vt. nomogrammil kujutatud skeemi):

h_a — voolu sügavus ahenenud elavlõikes (m);

ω_a — ahenenud elavlõige (m^2);

Q — vooluhulk m^3/sek;

φ — kiiruskoefitsient voolamisel hüdrotehnilises ehitises;

$T_0 = T + \frac{\alpha V_0^2}{2g}$ — voolu keskmine erienergia hüdrotehnilise ehitise eelses ristlõikes (m), arvestatuna rõhttasapinna suhtes, mis läbib ahenenud elavlõike madalaimat punkti, kusjuures

T — ülemise biefi veeseis, arvestatuna eespool mainitud rõhttasapinnast (m);

V_0 — voolu kiirus ülemises biefis (m/sek);

g — raskuskiirendus (m/sek^2);

α — Coriolise koefitsient.

(Andmeid α ja φ väärtuse kohta vaata MK I, § 5—9.)

Ülaltoodud valemist on h_a-d võimalik määrata praktiliselt ainult järkjärgulise lähenemise («proovimise») teel, mis on väga tüütav. Käesolev nomogramm, mille konstrueeris prof. Rahmanov, võimaldab lahendada ülesannet lihtsamalt.

Nomogramm on koostatud kaldnurksetes koordinaattelgedes, kus abstsissteljele (horisontaaltelg) on kantud suhtarv $\frac{h_a}{T_0}$, kaldsuunalisele ordinaatteljele aga avaldise $\frac{\sqrt{\alpha}\,Q}{\varphi T_0^{1,5} b_a}$ väärtused. Nomogrammi välja läbivad kõverad, millele vastavad avaldise $\frac{m_a T_0}{b_a}$ väärtused. Nendes avaldistes esinevate tegurite tähendus on:

b_a — alumise biefi voolusängi põhja laius (m);

m_a — „ „ „ nõlvuskoefitsient;

muude tegurite tähendus on toodud eespool.

Nomogrammi kasutatakse järgmiselt.

Lähtesuuruste Q, T, b_a, m_a, φ ja α andmeil arvutatakse eespool toodud avaldiste väärtused. Seejärel tuleb nomogrammil otsida kaldsirge, mis vastab avaldise $\frac{\sqrt{\alpha}\,Q}{\varphi T_0^{1,5} b_a}$ väärtusele, ning kõver, mis vastab avaldise $\frac{m_a T_0}{b_a}$ väärtusele. Nende joonte lõikumispunkt kantakse vertikaalselt abstsissteljele ja tehakse sealt lugem; seega saadakse suhtarv $\frac{h_a}{T_0}$, millest leitakse h_a.

Nomogrammi saab kasutada nii trapetsikujulise kui ka ristkülikukujulise profiiliga voolusängi kohta. Viimasele juhule vastab nomogrammil kõige alumine kõverjoon ($m = 0$ ja seega ka $\frac{m_a T_0}{b_a} = 0$).

Näide. Trapetsikujulise ristlõikega kanalil on astang kõrgusega $p = 3{,}00$ m. Määrata voolu sügavus ahenenud elavlõikes allpool astangut, kui on antud: vooluhulk $Q = 10{,}0$ m^3/sek; voolu normaalsügavus $h_0 = 1{,}55$ m; kanali põhja laius $b = 3{,}80$ m; nõlvuskoefitsient $m_a = 1$; $\varphi = 0{,}92$.

L a h e n d u s. Arvutame: $T_0 = p + h_0 + \frac{\alpha V_0^2}{2g}$, milleks tuleb esmalt määrata V_0. Et $\omega = (b + mh)h = (3{,}80 + 1 \cdot 1{,}55)\,1{,}55 = 8{,}30$ m^2 ja $V_0 = \frac{Q}{\omega} = \frac{10{,}0}{8{,}30} \approx 1{,}20$ m/sek, siis $T_0 = 3{,}00 + 1{,}55 + \frac{1{,}1 \cdot 1{,}20^2}{2 \cdot 9{,}81} = 4{,}63$ m.

Lahendame nomogrammi kasutamiseks vajalikud avaldised.

$$\frac{\sqrt{\alpha}\,Q}{\varphi T_0^{1,5} b_a} = \frac{\sqrt{1{,}1} \cdot 10{,}0}{0{,}92 \cdot 4{,}63^{1,5} \cdot 3{,}80} = 0{,}315^*;$$

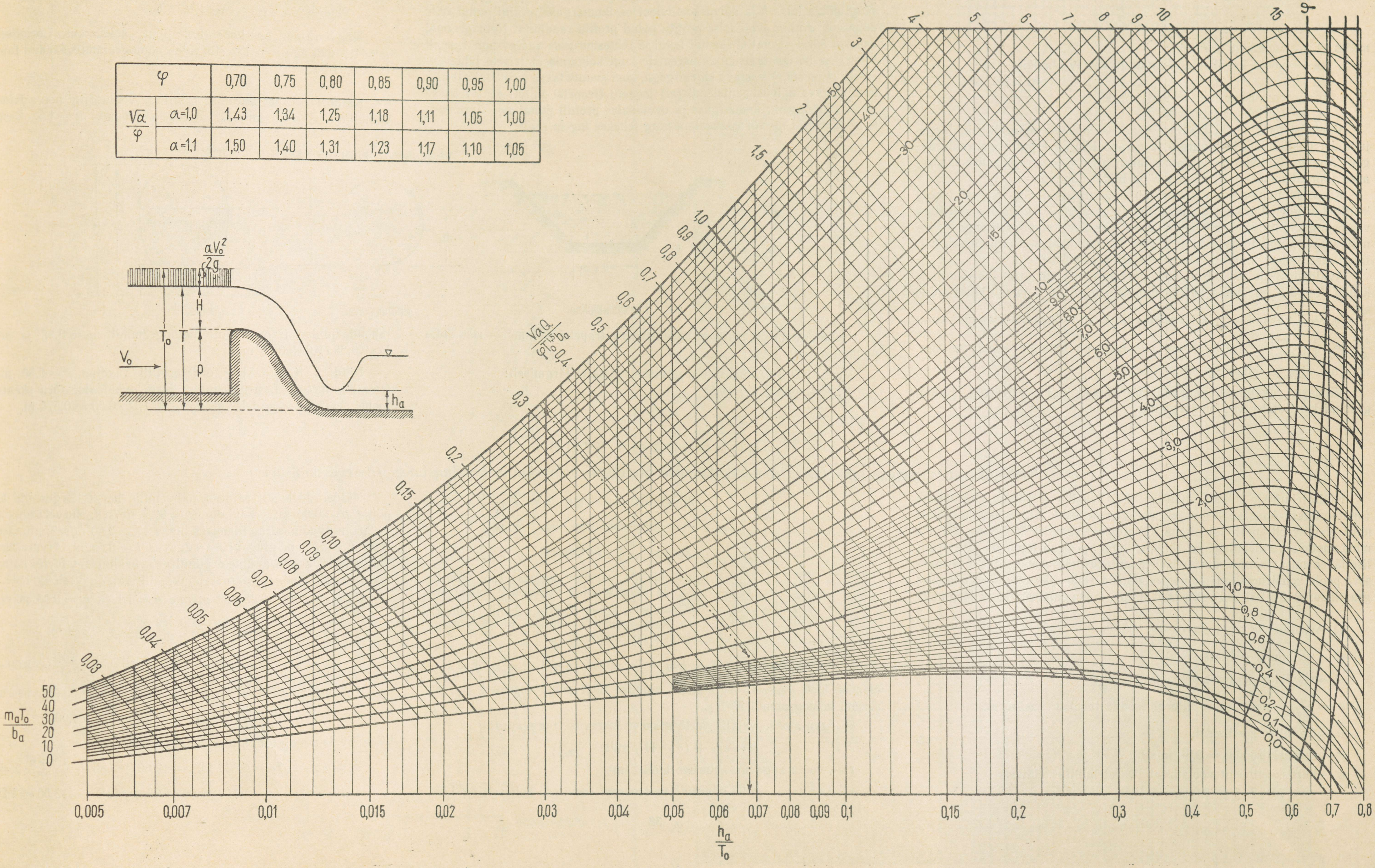
$$\frac{m_a T_0}{ba} = \frac{1 \cdot 4{,}63}{3{,}80} = 1{,}22.$$

Nomogrammi abstsissteljelt leiame eespool antud juhise järgi $\frac{h_a}{T_0} = 0{,}068$, kust saame $h_a = 0{,}068 \cdot T_0 = 0{,}068 \cdot 4{,}63 = 0{,}315$ m.

---

* Avaldise $4{,}63^{1,5}$ astendame nomogrammiga I.

φ		0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$\frac{\sqrt{\alpha}}{\varphi}$	α=1,0	1,43	1,34	1,25	1,18	1,11	1,05	1,00
	α=1,1	1,50	1,40	1,31	1,23	1,17	1,10	1,05



10

NOMOGRAMM XVIII-A

Voolu kriitilise sügavuse määramine trapetsikujulise, ümmarguse ning ovoidaalse profiiliga voolusängis

Voolu kriitilise sügavuse (h_k) määramise põhivalem on üldjuhul

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{\omega_k^3}{B_k},$$

milles Q — vooluhulk (m³/sek);
ω_k — voolu kriitilisele sügavusele vastav elavlõige (m²);
B_k „ „ „ „ voolu laius (m);
g — raskuskiirendus = 9,81 m/sek²;
α — Coriolise koefitsient.

Valemist saab voolu kriitilist sügavust otseselt määrata ainult erijuhtudel (ristküliku-, kolmnurga- ja paraboolikujulise profiiliga voolusängis). Muudel juhtudel on ülesanne lahendatav vaid järkjärgulise lähenemise («proovimise») teel, mis on väga tüütav toiming.

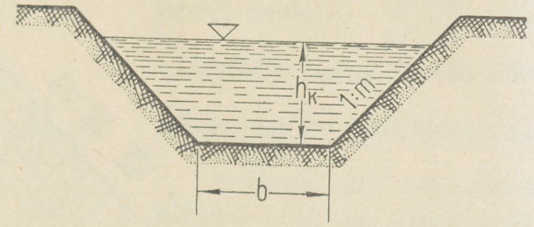
Käesolev nomogramm võimaldab aga määrata väga lihtsalt voolu kriitilist sügavust trapetsikujulise, ümmarguse ning ovoidaalse profiiliga voolusängis. Siin on sobiv mainida, et käesoleva nomogrammiga on h_k määramine kõige lihtsam kõigist seni hüdraulikaalases kirjanduses esitatud meetoditest ning see viis avaldatakse esmakordselt.

Avaldades ülaltoodud valemi parema poole tegurid lähtesuuruste kaudu, jagades nii lugeja kui ka nimetaja teguriga b ja märkides suhte $\frac{h_k}{b} = \eta$, saab valemile anda trapetsikujulise profiili puhul järgmise kuju: $\frac{\alpha Q^2}{g b^5} = \frac{\eta^3 (1 + m\eta)^3}{1 + 2m\eta}$. Analoogilised avaldised on võimalik saada ka ümmarguse ning ovoidaalse profiili jaoks.

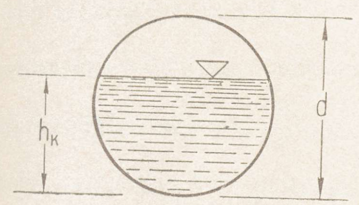
Viimased avaldised annavad end lihtsalt nomografeerida. Nomogrammi kasutamise viis on järgmine.

Lähtesuurusteks on: vooluhulk Q, trapetsikujulise profiiliga voolusängi põhja laius b ja nõlvuskoefitsient m, ümmarguse profiili puhul selle diameeter d ning ovoidaalse profiili puhul profiili raadius r. Nomogrammi vasakul äärel asuval Q-skaalal leitakse lähtesuurusele vastav punkt, sealt liigutakse horisontaalsuunas paremale kuni kohtumiseni teisele lähtesuurusele (b, d või r) vastava kaldsirgega, kust suundutakse vertikaalselt alla kuni vastava nõlvuskoefitsiendi (m) jooneni (trapetsi puhul) ning tehakse η_b-skaalalt lugem; ümmarguse ja ovoidaalse profiili puhul aga liigutakse kuni vastavalt η_d- või η_r-skaalani ning tehakse lugem sealt.

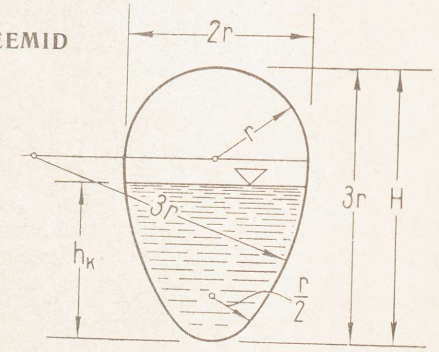
VOOLUSÄNGI PROFIILI SKEEMID



trapetsikujuline



ümmargune



ovoidaalne

Nomogramm on muidugi kasutatav ka trapetsi erijuhu — ristküliku puhul ($m = 0$).

Voolu kriitiline sügavus arvutatakse seejärel järgmiselt:
trapetsi puhul $h_k = \eta_b b$;
ümmarguse profiili puhul $h_k = \eta_d d$;
ovoidaalse „ „ $h_k = \eta_r r$.

Nomogramm on koostatud juhu jaoks, kus Coriolise koefitsient $\alpha = 1{,}1$. Kui aga $\alpha = 1{,}0$, siis tuleb nomogrammilt saadud tulemust korrutada 0,97-ga.

Näide 1. Trapetsikujulise profiiliga voolusängi põhja laius $b = 2{,}0$ m; vooluhulk $Q = 5{,}5$ m³/sek; nõlvuskoefitsient $m = 1{,}5$. Eespool toodud lahendusjuhise järgi leiame nomogrammilt $\eta_b = 0{,}38$ ja seega otsitav $h_k = 0{,}38 \cdot 2{,}0 = 0{,}76$ m.

Näide 2. Ovoidaalse toru profiili raadius $r = 0{,}50$ m; vooluhulk $Q = 0{,}65$ m³/sek. Lahendusjuhise järgi ovoidaalse toru skaalani liikudes, loeme sealt ära $\eta_r = 1{,}15$; seega $h_k = 1{,}15 \cdot 0{,}50 = 0{,}575$ m.

NOMOGRAMM XVIII-B

Veelöögikaevu sügavuse määramine ristkülikukujulise profiiliga voolusängis (vooluastme Δz arvestamisel)

Hüdrotehniliste ehitiste alumises biefis tekkiva vooluhüppe katmiseks (uputamiseks) kasutatakse sageli veelöögikaevusid. Et veelöögikaev toimiks efektiivselt, peab tal olema küllaldane sügavus. Sügavuse arvutamine vastavate valemitega on tülikas, kuna see peab toimuma järkjärgulise lähenemise («proovimise») teel. Kasutades käesolevat, prof. Tšertoussovi poolt konstrueeritud nomogrammi, on selle ülesande lahendamine graafilisanalüütilisel teel suhteliselt lihtne. Lahendamise viis on järgmine.

1) Arvutatakse tegur $\Delta z_0 = \frac{a Q^2}{\omega^2}$, milles

Q — vooluhulk (m³/sek);

ω — elavlõige alumises biefis (m²);

$a = \frac{\alpha}{2g\varphi^2}$ — määratakse allpool toodud tabelist, kusjuures

α — Coriolise koefitsient;

g — raskuskiirendus = 9,81 m/sek²;

φ — kiiruskoefitsient voolamisel hüdrotehnilises ehitises (vt. MK I, § 5—9, tabel 5—35).

φ	$a = \frac{\alpha}{2g\varphi^2}$	
	$\alpha = 1{,}0$	$\alpha = 1{,}1$
0,80	0,080	0,087
0,85	0,071	0,078
0,90	0,063	0,069
0,95	0,057	0,062
1,00	0,051	0,056

2) Arvutatakse tegur $\xi_z = \frac{z_0 - \Delta z_0}{h_k}$, milles

h_k — voolu kriitiline sügavus (m);

$z_0 = z + \frac{\alpha V_0^2}{2g}$, kusjuures

z — biefide vaheline langus, s. o. ülemise ja alumise biefi veeseisude vahe (m);

V_0 — voolu kiirus ülemises biefis (m/sek).

3) Nomogrammilt leitakse lihtsa võttega ξ_z ja φ järgi tegur ξ_0.

4) Arvutatakse tegur $d_0 = \xi_0 h_k - T_0$, milles $T_0 = T + \frac{\alpha V_0^2}{2g}$, kus T — ülemise biefi veeseis, arvestatuna alumise biefi põhja tasemelt (m; vt. skeemi nomogrammil XVII).

5) Arvutatakse vajalik veelöögikaevu sügavus (tagavaraga)

$$d = \sigma d_0 + (\sigma - 1) t, \text{ milles}$$

t — voolu sügavus alumises biefis (m);

σ — varutegur, mille väärtus Tšertoussovi soovituse kohaselt on 1,05.

Näide. Jõele on rajatud pais, mille harja kõrgus üle alumise biefi põhja $p = 9{,}00$ m; vooluhulk $Q = 82{,}7$ m³/sek; survekõrgus paisul $H = 2{,}56$ m; voolu kiirus ülemises biefis $V_0 = 0{,}60$ m/sek; alumise biefi põhja laius $b = 10{,}0$ m ning voolu sügavus $t = 3{,}50$ m. Arvutusega on tehtud kindlaks, et nende andmete puhul esineb alumises biefis katmata (uputamata) vooluhüpe, mispärast on vajalik rajada veelöögikaev.

Lahendus. Tabelist saame $\alpha = 1{,}1$ ja $\varphi = 0{,}95$ puhul $a = 0{,}062$;

$$\Delta z_0 = \frac{a Q^2}{\omega^2} = \frac{0{,}062 \cdot 82{,}7^2}{(10 \cdot 3{,}50)^2} = 0{,}329 \text{ m};$$

$$z_0 = z + \frac{\alpha V_0^2}{2g} = 9{,}00 + 2{,}56 - 3{,}50 + \frac{1{,}1 \cdot 0{,}60^2}{2 \cdot 9{,}81} = 8{,}08 \text{ m}.$$

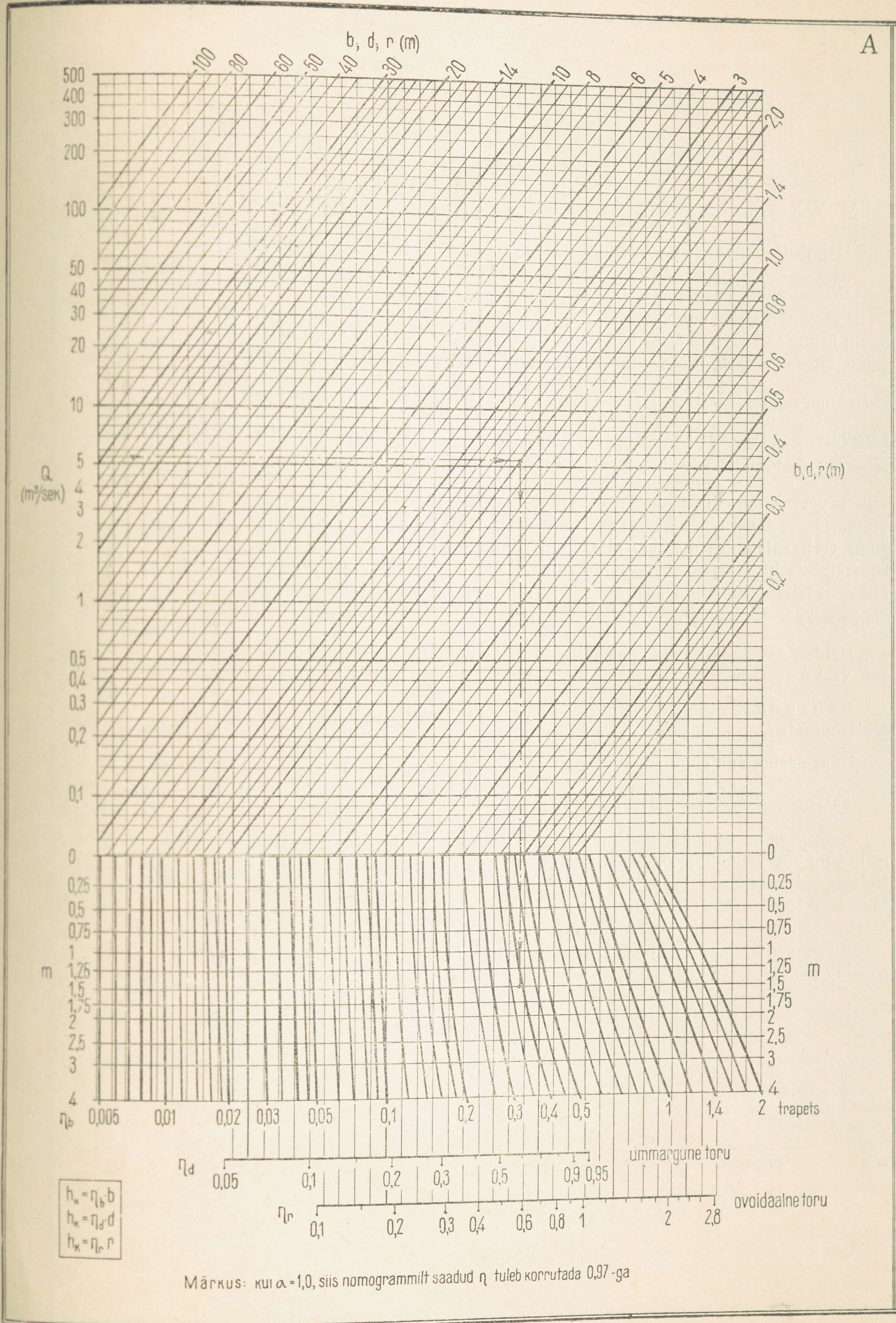
Nomogrammilt XVIII-A leiame voolu kriitilise sügavuse $h_k = 1{,}91$ m;

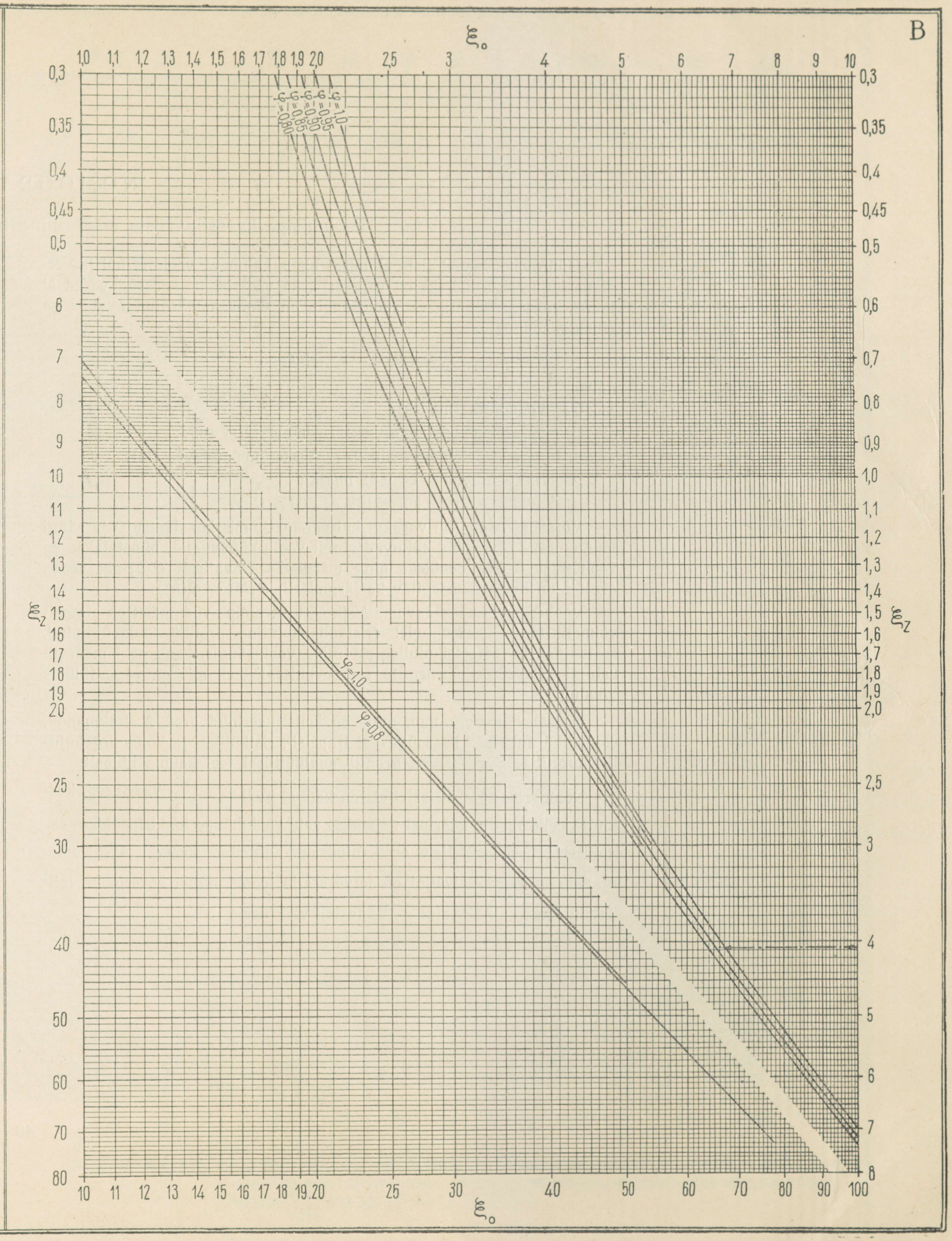
$$\xi_z = \frac{z_0 - \Delta z_0}{h_k} = \frac{8{,}08 - 0{,}329}{1{,}91} = 4{,}06;$$

käesolevalt nomogrammilt saame $\xi_0 = 6{,}60$;

$$d_0 = \xi_0 h_k - T_0 = 6{,}60 \cdot 1{,}91 - \left(9{,}00 + 2{,}56 + \frac{1{,}1 \cdot 0{,}6^2}{2 \cdot 9{,}81}\right) = 1{,}06 \text{ m};$$

$$d = \sigma d_0 + (\sigma - 1) t = 1{,}05 \cdot 1{,}06 + (1{,}05 - 1) 3{,}50 = 1{,}29 \text{ m}.$$


A
b; d; r (m)
Q (m³/sek)
b, d, r (m)
m
trapets
ümmargune toru
ovoidaalne toru
$h_k = \eta_b b$
$h_k = \eta_d d$
$h_k = \eta_r r$
Märkus: kui α = 1,0, siis nomogrammilt saadud η tuleb korrutada 0,97-ga


B
ξ_o
ξ_z
φ=1,0
φ=0,8

NOMOGRAMM XIX

Vooluhüppe kaassügavuste määramine trapetsikujulise profiiliga voolusängis

Hüdrotehniliste ehitiste alumises biefis kujuneva voolurežiimi ja veepinna kuju selgitamiseks on vaja määrata vooluhüppe kaassügavused h' ja h'', mis prismaatilises voolusängis on omavahel seotud avaldisega (funktsiooniga)

$$\frac{\alpha_0 Q^2}{g\omega_1} + y_1\omega_1 = \frac{\alpha_0 Q^2}{g\omega_2} + y_2\omega_2,$$

milles

Q — vooluhulk (m^3/sek);

ω_1 — elavlõige hüppe eel ja ω_2 — hüppe järel (m^2);

y_1 ja y_2 — elavlõigete ω_1 ja ω_2 raskuskeskme sügavus (m);

g — raskuskiirendus $=$ 9,81 m/sek²;

α_0 — voolu kiiruste korrektiiv $\approx$ 1,03 . . . 1,05.

Võrrandi pooli (nii vasakut kui paremat), mis konstantse Q ja sängi muutumatu kuju puhul sõltuvad ainult voolu sügavusest, nimetatakse ka vooluhüppe funktsioonideks ning märgitakse tavaliselt $\Theta(h)$-ga; seega avaldis on lühidalt märgitav ka järgmiselt: $\Theta(h') = \Theta(h'')$.

Vooluhüppe kaassügavuste h' ja h'' määramine võrrandist on otseselt võimalik vaid erandjuhtudel (ristkülikukujuline profiil), kuna üldjuhul, sealhulgas ka trapetsikujulise profiiliga voolusängis, saab neid määrata vaid järkjärgulise lähenemise («proovimise») teel, mis on väga tülikas toiming.

Käesolev nomogramm, mille on konstrueerinud prof. A. Rahmanov, võimaldab määrata kaassügavusi trapetsi-, ristküliku- ja kolmnurgakujulise profiiliga voolusängis graafilisanalüütilisel teel kaunis lihtsalt.

Nomogrammi abstsissteljele on kantud avaldise $\frac{\Theta}{bh_k^2}$ väärtused, kusjuures selle skaala väärtusi vajatakse vaid vooluhüppe funktsioonide määramiseks. Ordinaatteljele on kantud nn. suhteline sügavus $\frac{h}{h_k}$. Nomogrammi funktsionaalväljal on terve seeria loogakujulisi kõverjooni, millest igaüks vastab avaldise $\frac{mh_k}{b}$ teatud väärtusele.

Nomogrammi kasutatakse järgmiselt.

Lähtesuurusteks on: voolusängi põhja laius b, nõlvuskoefitsient m, voolu kriitiline sügavus h_k ja üks kaassügavusi, kas h' või h''. Olgu märgitud, et juhul kui h_k ei ole antud, siis määratakse see kas vastava valemi või nomogrammi XVIII-A järgi. Arvutame avaldise $\frac{mh_k}{b}$ ning suhtelise sügavuse $\frac{h'}{h_k}$ (või vastavalt $\frac{h''}{h_k}$). Leiame ordinaatteljel punkti, mis vastab arvutatud suhtelisele sügavusele, ning sealt paremale liikudes läheme selle kõverani, millele on juurde märgitud avaldise $\frac{mh_k}{b}$ arvuline väärtus (tarbe korral tuleb kõverate vahel ka interpoleerida). Sellest punktist liigume vertikaalsuunas üles või alla, kuni kohtame teist korda sama kõverat; siis liigume vasakule kuni ordinaatteljeni ja teeme sealt lugemi, mis ongi teiseks suhteliseks sügavuseks. Viimase järgi arvutatakse otsitav kaassügavus. Alljärgnev näide aitab selgitada selle tehte sooritamist.

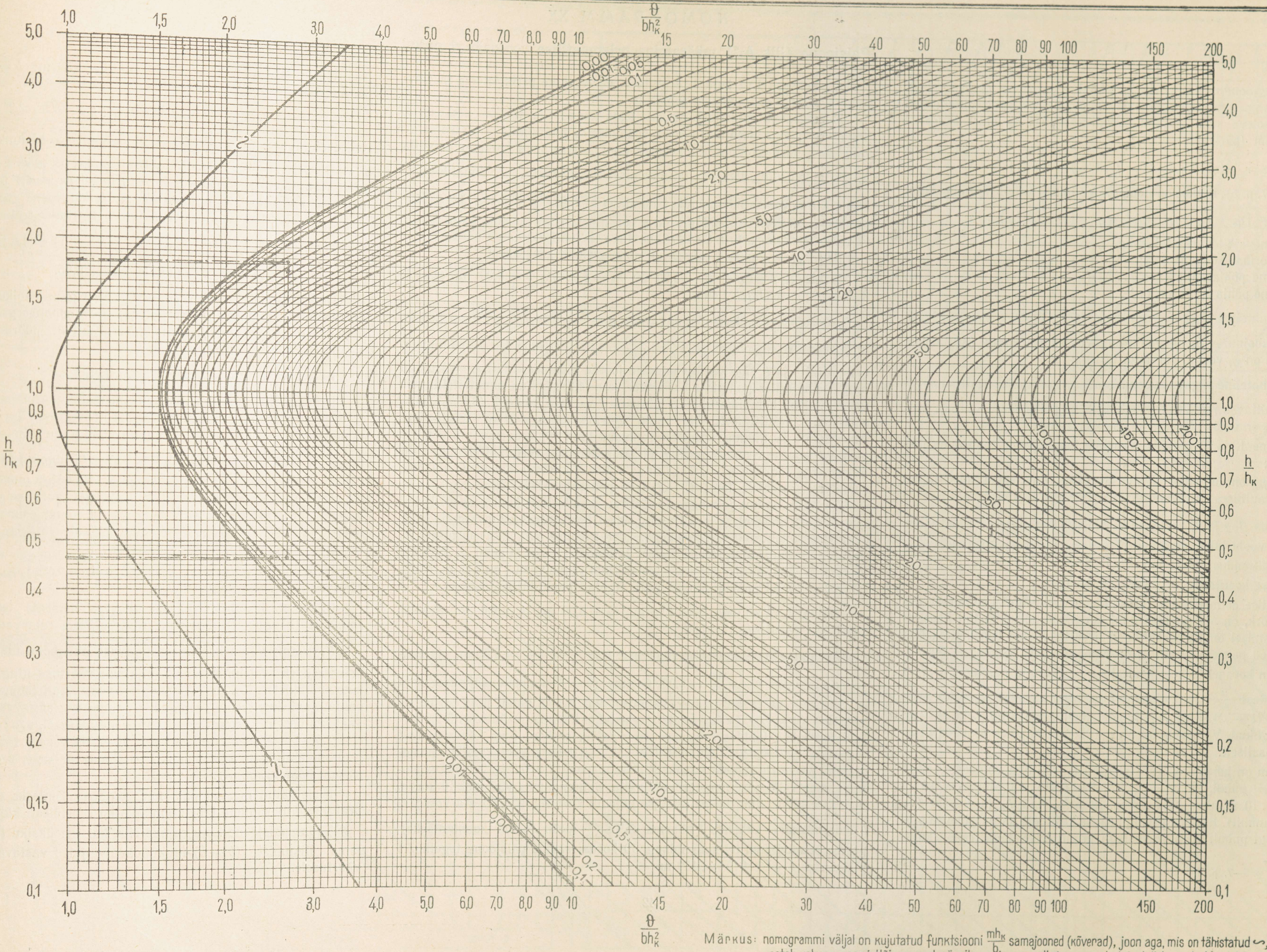
Näide. Arvutada vooluhüppe teine kaassügavus (hüppejärgne voolu sügavus) h'', kui on antud: $Q = 54{,}3$ m³/sek; $b = 7{,}0$ m; $m = 1$; $h' = 0{,}80$ m.

Lahendus. Määrame eelnevalt h_k. Nomogrammilt XVIII-A saame lähtesuuruste Q, b ja m järgi: $h_k = 1{,}72$ m.

Hüppe-eelne suhteline sügavus on $\frac{h'}{h_k} = \frac{0{,}80}{1{,}72} = 0{,}465$ ning avaldise $\frac{mh_k}{b}$ väärtus on: $\frac{1 \cdot 1{,}72}{7{,}0} = 0{,}246$.

Nomogrammi ordinaatteljel otsime üles punkti 0,465 ja liigume paremale kuni kõverate 0,2 ja 0,3 vahele punktini, mis vastab interpoleerimise teel saadud väärtusele 0,246, kust suundume vertikaalselt üles, kuni kohtame teist korda samale väärtusele vastavat punkti samade kõverate vahel; sealt pöördume vasakule ja teeme ordinaatteljelt lugemi. Saame 1,81.

Seega vooluhüppe teine kaassügavus (hüppejärgne voolu sügavus) $h'' = 1{,}81 \cdot h_k = 1{,}81 \cdot 1{,}72 = 3{,}11$ m.



Märkus: nomogrammi väljal on kujutatud funktsiooni $\frac{mh_k}{b}$ samajooned (kõverad), joon aga, mis on tähistatud ∽, vastab kolmnurkse ristlõikega voolusängile, kusjuures selle jaoks on abstsissteljele kantud vooluhüppe funktsiooni $\sqrt[3]{\frac{\vartheta}{mh_k}}$, mitte aga $\frac{\vartheta}{bh_k^2}$ väärtus.

Paisjoone (liik A_1*) määramine prismaatilise voolusängi puhul

Pais- ja langjoone määramiseks kasutatakse praegusel ajal peamiselt Pavlovski ja Bahmetjevi valemeid, mis annavad praktiliselt ühesugused tulemused. Käesoleva nomogrammi konstrueerimisel on aluseks võetud Bahmetjevi valem (pärikalde puhul):

$$l = \frac{h_0}{i} \{\eta_2 - \eta_1 - (1 - j)[Б(\eta_2) - Б(\eta_1)]\}$$

(vt. MK I, § 5—7, p. 5), millele on nomografeerimisel antud järgmine kuju:

$$\frac{li}{h_0} = [\eta_2 - (1 - j)Б(\eta_2)] - [\eta_1 - (1 - j)Б(\eta_1)].$$

Valemis esinevate tegurite tähendus:

h_0 — voolu normaalsügavus (m);

i — veejuhtme põhja kalle ($i = 0 \ldots i_k$);

i_k — veejuhtme põhja kriitiline kalle;

$\eta_1 = \frac{h_1}{h_0}$ — suhteline sügavus veejuhtme 1-ses ristlõikes (paisjoone ülaotsas), kusjuures h_1 on voolu sügavus samas kohas (m); nomogrammil on η_1 võetud võrdseks 1,01-ga;

$\eta_2 = \frac{h_2}{h_0}$ — suhteline sügavus veejuhtme 2-ses, paisjoone ulatusel suvaliselt valitavas ristlõikes (sealhulgas ka paisjoone alaotsas), kusjuures h_2 on voolu sügavus samas kohas (m);

l — veejuhtme 1. ja 2. ristlõike vaheline kaugus resp. paisjoone pikkus (m);

$Б(\eta_1)$ ja $Б(\eta_2)$ on suhtelise sügavuse teatud funktsioon, mis sõltub voolusängi hüdraulilisest astmenäitajast x (vt. MK I, § 5—7, p. 5);

$j = \frac{\alpha \bar{C}^2 \bar{B}}{g \bar{\chi}} i$, kus $\bar{B}$, $\bar{\chi}$ ja $\bar{C}$ on voolu keskmisele sügavusele ($\bar{h}$) paisjoone ulatusel vastav voolu laius, veealune perimeeter ja Chézy koefitsient;

g — raskuskiirendus = 9,81 m/sek^2;

α — Coriolise koefitsient (vt. MK I, § 5—3).

Et hüdraulilise astmenäitaja (x) sõltuvus voolusängi karedusest (n) on suhteliselt nõrk, on see nomogrammi konstrueerimisel jäetud fikseerimata; x-i määramisel on karedusarvu väärtuseks võetud 0,030. Kõik ülejäänud sõltuvused paisjoone valemis on nomogrammis fikseeritud täpselt.

Nomogramm koosneb kahest poolest — vasakust ja paremast. Parem pool kujutab endast $\frac{li}{h_0}$ — funktsionaalvälja, kuna vasakul poolel on esindatud $(b - \bar{h})$-, $(i - i_k)$- ja $(\eta - j)$-funktsionaalväljad ning n- ja $(x - j)$-transponeergraafikud. Viimasele on ülevaatlikkuse huvides j-jooned peale kantud ainult osaliselt.

Nomogramm on kasutatav trapetsikujulise profiiliga voolusängi ning paisjoone liigi A_1 puhul, kui $m = 1 \ldots 3$; $n = 0{,}015 \ldots 0{,}040$; $h_0 = 0{,}4 \ldots 4{,}0$ m; $b = 1 \ldots 10$ m ning $i \leqslant i_k$, resp. $h_0 \geqslant h_k$, $h_2 \geqslant h_k$ ja $j \leqslant 1{,}0$ (vt. skeemi nomogrammil). Et nomogrammi saaks kasutada ka paraboolse profiiliga voolusängi puhul, tuleb voolusängi profiil teisendada trapetsikujuliseks nõlvusega 1 : 1 kuni 1 : 3 selliselt, et veealune perimeeter χ ja elavlõige ω jääksid enam-vähem endisteks.

Nomogramm võimaldab otseselt leida kaugust (paisjoone pikkust) l, kuna vastupidine ülesanne — voolu sügavuse h_2 määramine — on teostatav vaid lähenemismeetodiga. Kui nomogrammi parema poole funktsionaalvälja $\left(\frac{li}{h_0}\right)$ ulatus osutub ülesande lahendamisel ebapiisavaks, on võimalik tegureid l, i ja h_0 vastastikku muuta, kuid nii, et avaldise $\frac{li}{h_0}$ väärtus jääks muutumatuks. Näiteks suurendades i-d n korda, suureneb niisama palju h_0 või väheneb niisama palju l. Sellekohane ülesanne on lahendatud näites 2.

Alljärgnevad näited selgitavad nomogrammi kasutamist.

Näide 1. Antud: $h_0 = 3{,}00$ m; $h_2 = 5{,}00$ m; $b = 3{,}00$ m; $m = 1$; $n = 0{,}025$; $i = 3{,}5‰$. Leida l.

Arvutame voolu keskmise sügavuse: $\bar{h} = \frac{h_0 + h_2}{2} = \frac{3{,}00 + 5{,}00}{2} = 4{,}00$ m, ning suhtelise sügavuse: $\eta_2 = \frac{h_2}{h_0} = \frac{5{,}00}{3{,}00} = 1{,}67$. Otsime $(b - \bar{h})$-funktsionaalväljal b ja $\bar{h}$ väärtusele vastavate joonte lõikumispunkti $m = 1$ puhul ning loeme selles punktis x-i väärtuse ($x = 4{,}3$). Leitud punktist liigume vasakule kuni kohtumiseni lähtesuurusele i vastava joonega ($3{,}5‰$), kust suundume vertikaalselt üles kuni n-transponeergraafiku telgjooneni ($n = 0{,}030$) ja liigume kaldjoonte suunas kuni lähtesuurusele $n = 0{,}025$ vastava jooneni. Saadud punktist jätkame liikumist vertikaalselt üles kuni lõikumiseni joonega $\eta = 1{,}67$. Teinud selles punktis j-lugemi ($j = 0{,}64$), suundume paremale kuni $(x - j)$-transponeergraafiku telgjooneni ($x = 5{,}0$), kust liigume j-joonega ($j = 0{,}64$) paralleelselt kuni eespool leitud x-le vastava jooneni ($x = 4{,}3$) ning edasi horisontaalselt paremale kuni kohtumiseni lähtesuuruse i joonega, kust laskume alla lähtesuurusele h_0 vastava jooneni ning teeme sealt kaldjoonte järgi lugemi l. Saame: $l = 815$ m. Analüütilise arvutuse teel saadud täpne vastus on 813 m. Näite lahenduskäik on nomogrammile peale kantud punkt-kriips-joonega.

Näide 2. Antud: $h_0 = 1{,}50$ m; $h_2 = 3{,}00$ m; $b = 6{,}0$ m; $m = 2$; $n = 0{,}030$; $i = 0{,}3‰$. Leida l.

Arvutame voolu keskmise sügavuse: $\bar{h} = \frac{1{,}50 + 3{,}00}{2} = 2{,}25$ m, ja suhtelise sügavuse: $\eta_2 = \frac{3{,}00}{1{,}50} = 2{,}00$. Otsime $(b - \bar{h})$-funktsionaalväljal b ja $\bar{h}$ väärtusele vastavate joonte lõikumispunkti $m = 2$ puhul ning loeme x-i väärtuse ($x = 4{,}0$). Leitud punktist alustame liikumist eelmises näites kirjeldatud viisil, läbides n-transponeergraafiku seekord ilma kõrvalepõiget tegemata ($n = 0{,}030$). Jõudnud läbi $(x - j)$-transponeergraafiku nomogrammi paremale poolele, näeme, et lõikumispunkt $i = 0{,}3‰$-le vastava joonega asub väljaspool nomogrammi välja. Suurendame i väärtust 10 korda, s. o. $i' = 3{,}0‰$, ning teeme esialgse lugemi: $l' = 915$ m. Võttes arvesse, et i suurendamisel väheneb l niisama palju ($\frac{li}{h_0}$ peab jääma konstantseks), peame saadud suurust suurendama 10 korda; saame paisjoone tegelikuks pikkuseks: $l = 10 \cdot 915 = 9150$ m.

Näide 3. Antud: $h_0 = 2{,}00$ m; $h_2 = 4{,}50$ m; $b = 4{,}0$ m; $m = 1{,}75$; $n = 0{,}035$; $i = 2{,}0‰$. Leida l.

Arvutame voolu keskmise sügavuse: $\bar{h} = \frac{2{,}00 + 4{,}50}{2} = 3{,}25$ m, ja suhtelise sügavuse: $\eta_2 = \frac{4{,}50}{2{,}00} = 2{,}25$. Otsime $(b - \bar{h})$-funktsionaalväljal b ja $\bar{h}$ väärtusele vastavate joonte lõikumispunkti nii $m = 1$ kui ka $m = 2$ puhul ning loeme nendes punktides x-i väärtused ($x_1 = 4{,}1$ ja $x_2 = 4{,}5$). Vasakpoolsele skaalale üle minnes saame i_k väärtused ($i_{k1} = 7{,}6‰$ ja $i_{k2} = 6{,}6‰$). Neil andmeil arvutame interpoleerimise teel $m = 1{,}75$-le vastava x-i ja i_k väärtuse: $x = 4{,}1 + \frac{4{,}5 - 4{,}1}{2 - 1} \cdot (1{,}75 - 1) = 4{,}4$ ja

$$i_k = 7{,}6 + \frac{6{,}6 - 7{,}6}{2 - 1} \cdot (1{,}75 - 1) = 6{,}85.$$

Jätkame liikumist $i_k = 6{,}85‰$ ja $i = 2‰$ joonte lõikumispunktist samas korras nagu esimeses näites, tehes n-transponeergraafikul põike $n = 0{,}035$-le ning $(x - j)$-transponeergraafikul pöörde $j = 0{,}22$ suunas. Lõpptulemuseks saame: $l = 1850$ m.

Näide 4. Antud: h_0, b, m, n, i, l. Leida h_2.

Lahendamine toimub lähenemismeetodil. «Aimame» ette h_2 väärtuse ja arvutame seejärel $\bar{h}$. Siis määrame nomogrammiga x-i ja i_k ning alustame liikumist kahelt poolt: 1) samal viisil nagu eelmistes näidetes, peatudes $(\eta - j)$-funktsionaalväljal, kus teeme j-i lugemi; 2) $\left(\frac{li}{h_0}\right)$-funktsionaalväljalt «tagurpidi» kuni lõikumiseni esimese käigu joonega, läbides seejuures $(x - j)$-transponeergraafikut j-joonega paralleelselt, ning teeme η lugemi, mille järel arvutame $h_2 = \eta h_0$, mis ongi esimese lähenemise tulemuseks. Korrates eespool kirjeldatud tehteid uue h_2-ga, saame teisel lähenemisel juba praktiliselt täpse tulemuse.

Näide 5. Konstrueerida paisjoon, kui on antud: h_0, i, b, m, n ja voolu sügavus paisjoone alaotsas (h_2).

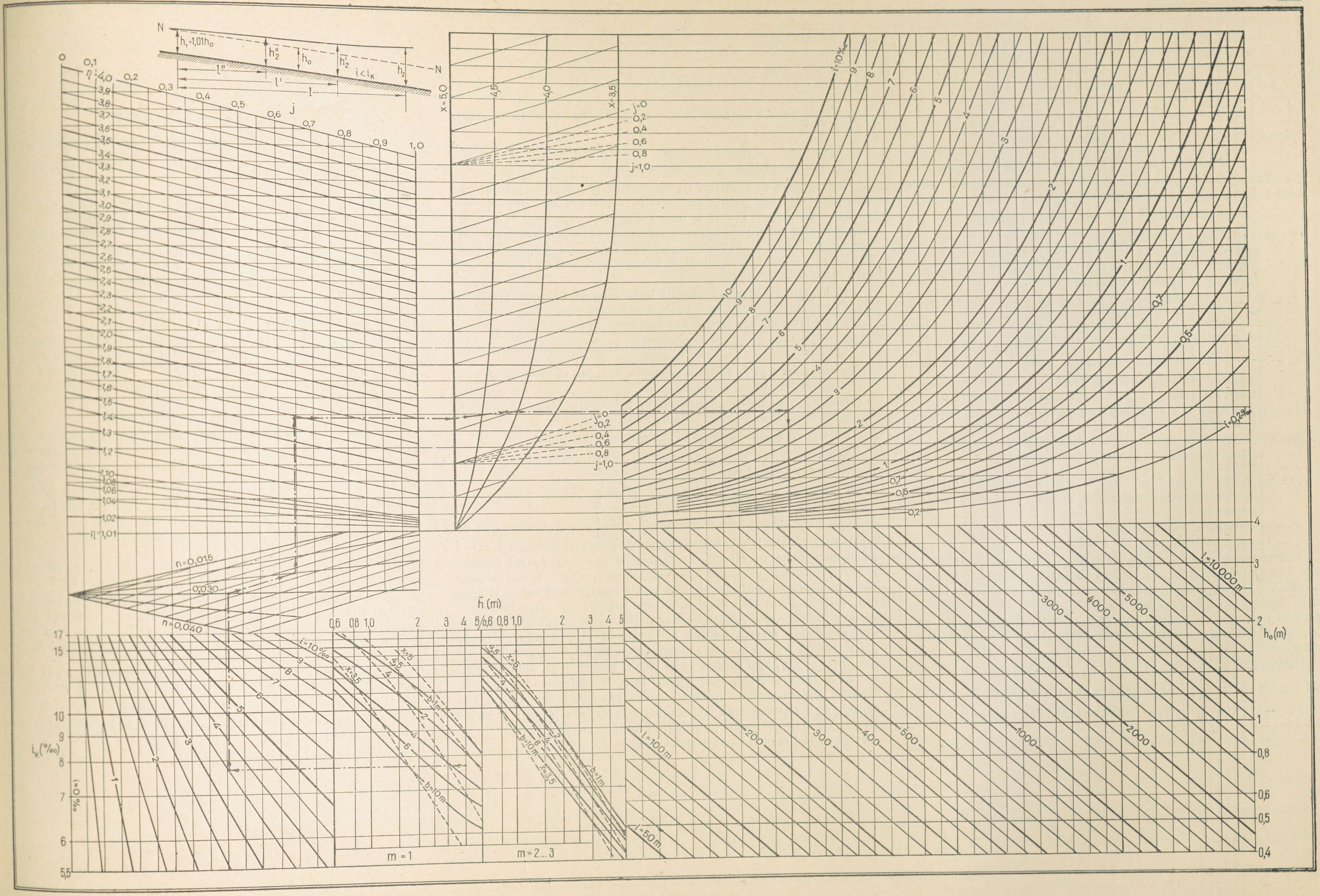
Paisjoone konstrueerimiseks on vaja määrata terve rea ristlõigete asukohti (kaugusi l) paisjoone ulatusel, kus esinevad antud sügavused.

Arvutame voolu keskmise sügavuse paisjoone ulatusel: $\bar{h} = \frac{h_0 + h_2}{2}$, määrame $(b - \bar{h})$-funktsionaalväljal x-i väärtuse ning alustame sealt liikumist näidetes 1, 2 ja 3 kirjeldatud viisil, kuni jõuame $(\eta - j)$-funktsionaalväljani, kus teeme j-i lugemi. Valime ette sügavused kindla intervalli (näiteks 0,20 m) tagant kogu paisjoone ulatusel, s. o.: h_2, $h'_2 = h_2 - 0{,}20$; $h''_2 = h_2 - 0{,}40$ jne.; arvutame suhtelised sügavused (η) ning leiame nomogrammi abil igale η-le vastava paisjoone pikkuse, s. o. l, l', l'' jne. (vt. skeemi nomogrammil).

Kirjeldatud meetod paisjoone konstrueerimiseks on ligikaudne, kuid praktiliste ülesannete lahendamiseks on see täiesti küllaldane.

Täpse paisjoone kuju saame siis, kui iga üksiku l-i määramisel alustame liikumist $(b - \bar{h})$-funktsionaalväljalt vastavalt $\bar{h}$ igakordsele väärtusele.

* Vt. MK I, § 5—7, p. 4.



$h_1 = 1{,}01 h_0$
$i < i_K$
N
j
$\bar{h}$ (m)
h_0(m)
i_K(‰)
n=0,015
0,030
n=0,040
m = 1
m = 2...3
i=10‰
i=0,2‰
l=100 m
l=50 m
l=10 000 m
x=5,0
x=3,5
j=1,0
b=1m
b=10m

NOMOGRAMM XXI

Langjoone (liik B_1*) määramine prismaatilise voolusängi puhul

Nomogramm on konstrueeritud Bahmetjevi valemi

$$l = \frac{h_0}{i}\{\eta_2 - \eta_1 - (1 - j)[\text{Б}(\eta_2) - \text{Б}(\eta_1)]\}$$

järgi pärikalde puhul (vt. MK I, § 5—7, p. 5 ning nomogrammi XX), millele on nomografeerimisel antud järgmine kuju:

$$\frac{li}{h_0} = [\eta_2 - (1 - j)\text{Б}(\eta_2)] - [\eta_1 - (1 - j)\text{Б}(\eta_1)].$$

Valemis esinevate tegurite tähendus:

h_0 — voolu normaalsügavus (m);

i — veejuhtme põhja kalle ($i = 0 \ldots i_k$);

i_k — veejuhtme põhja kriitiline kalle;

$\eta_1 = \frac{h_1}{h_0}$ — suhteline sügavus veejuhtme esimeses ristlõikes (langjoone ülaotsas), kusjuures h_1 on voolu sügavus samas kohas (m); nomogrammis on η_1 võetud võrdseks 0,99-ga;

$\eta_2 = \frac{h_2}{h_0}$ — suhteline sügavus veejuhtme teises, langjoone ulatusel suvaliselt valitavas ristlõikes (sealhulgas ka langjoone alaotsas), kusjuures h_2 on voolu sügavus samas kohas (m);

l — veejuhtme 1. ja 2. ristlõike vaheline kaugus resp. langjoone pikkus (m);

$\text{Б}(\eta_1)$ ja $\text{Б}(\eta_2)$ on suhtelise sügavuse teatud funktsioon, mis sõltub voolusängi hüdraulilisest astmenäitajast x (vt. MK I, § 5—7, p. 5);

$j = \frac{\alpha \bar{C}^2 \bar{B}}{g \bar{\chi}} i$, kus $\bar{B}$, $\bar{\chi}$ ja $\bar{C}$ on voolu keskmisele sügavusele ($\bar{h}$) langjoone ulatusel vastav voolu laius, veealune perimeeter ja Chézy koefitsient;

g — raskuskiirendus $= 9{,}81$ m/sek^2;

α — Coriolise koefitsient (vt. MK I, § 5—3).

Nomogrammis on x-i sõltuvus voolusängi karedusest selle vähese mõju tõttu jäetud fikseerimata; x-i määramisel on karedusarvu väärtuseks võetud 0,030. Nomogrammi lihtsustamise ja seega selle kasutamise hõlbustamise huvides on ligikaudu fikseeritud ka η sõltuvus x-st j-i suuremate väärtuste puhul. Sellest tingitud viga on päris väike ega oma praktiliselt mainimisväärset tähtsust. Kõik ülejäänud sõltuvused langjoone valemis on nomogrammis fikseeritud täpselt.

Nomogramm koosneb kahest poolest — vasakust ja paremast. Parem pool kujutab endast $\frac{li}{h_0}$-funktsionaalvälja, kuna vasakul poolel on esindatud $(b - \bar{h})$-, $(i - i_k)$- ja $(\eta - j)$-funktsionaalväljad ning n- ja x-transponeergraafikud. Suhtelise sügavuse minimaalsele väärtusele $\eta_{min} = \frac{h_k}{h_0}$ vastab $(\eta - j)$-funktsionaalvälja ülemine piirjoon (paraboolne kõverjoon).

Nomogramm on kasutatav trapetsikujulise profiiliga voolusängi ning langjoone liigi B_1 puhul, kui $m = 1 \ldots 3$; $n = 0{,}020 \ldots 0{,}040$; $h_0 = 0{,}4 \ldots 4{,}0$ m; $b = 1 \ldots 10$ m ning $i \leqslant i_k$, resp. $h_0 \geqslant h_k$ ja $h_2 \geqslant h_k$ (vt. skeemi nomogrammil). Et kasutada nomogrammi ka paraboolse profiiliga voolusängi puhul, tuleb voolusängi profiil teisendada trapetsikujuliseks nõlvusega 1 : 1 kuni 1 : 3 selliselt, et veealune perimeeter χ ja elavlõige ω jääksid enam-vähem endisteks.

Nomogramm võimaldab otseselt leida kaugust (langjoone pikkust) l, kuna vastupidine ülesanne — voolu sügavuse h_2 määramine — on teostatav vaid lähenemismeetodiga. Kui nomogrammi parema poole funktsionaalvälja $(\frac{li}{h_0})$ ulatus osutub ülesande lahendamisel ebapiisavaks, on võimalik tegureid l, i ja h_0 vastastikku muuta, kuid nii, et avaldise $\frac{li}{h_0}$ väärtus jääks muutumatuks. Näiteks kui suurendame n korda i-d, suureneb n korda ka h_0 või väheneb niisama palju l. Sellekohane ülesanne on lahendatud nomogrammi XX juures esitatud näites 2.

Alljärgnevad näited selgitavad nomogrammi kasutamist.

Näide 1. A n t u d: $h_0 = 1{,}80$ m; $h_2 = 1{,}60$ m; $b = 4{,}0$ m; $m = 1$; $n = 0{,}035$; $i = 3{,}0^0/_{00}$. Leida l.

Arvutame voolu keskmise sügavuse: $\bar{h} = \frac{h_0 + h_2}{2} = \frac{1{,}80 + 1{,}60}{2} = 1{,}70$ m, ning suhtelise sügavuse: $\eta_2 = \frac{h_2}{h_0} = \frac{1{,}60}{1{,}80} = 0{,}89$. Otsime $(b - \bar{h})$-funktsionaalväljal b ja $\bar{h}$ väärtusele vastavate joonte lõikumispunkti $m = 1$ puhul ning loeme x-i väärtuse selles punktis ($x = 3{,}8$). Leitud punktist alustame liikumist vasakule. Kohanud lähtesuurusele i vastavat joont ($3{,}0^0/_{00}$), suundume vertikaalselt üles kuni n-transponeergraafiku telgjooneni ($n = 0{,}030$) ja sealt edasi kaldjoonte suunas kuni lähtesuurusele n vastava jooneni (0,035), kust suundume taas vertikaalselt üles, liikudes kuni $\eta = 0{,}89$-le vastava jooneni. Lõikumispunktist η-joonega pöördume paremale ning liigume horisontaalsuunas kuni x-transponeergraafiku telgjooneni ($x = 5{,}0$), kust liigume edasi rööbiti kaldjoontega, kuni kohtame $x = 3{,}8$-le vastavat joont; sealt liigume taas horisontaalsuunas kuni lõikumiseni lähtesuurusele i vastava joonega ($3{,}0^0/_{00}$), laskume sealt alla nomogrammi alumisse ossa lähtesuurusele h_0 vastava jooneni (1,80 m) ning teeme sealt kaldjoonte järgi lugemi. Saame: $l = 245$ m. Analüütilise arvutamise teel saadud täpne vastus on 246 m.

Näite lahenduskäik on nomogrammile kantud punkt-kriipsjoonega.

Näide 2. A n t u d: $h_0 = 2{,}07$ m; $h_2 = 1{,}92$ m; $b = 6{,}0$ m; $m = 1{,}5$; $n = 0{,}030$; $i = 4{,}0^0/_{00}$. Leida l.

Arvutame voolu keskmise sügavuse: $\bar{h} = \frac{2{,}07 + 1{,}92}{2} = 2{,}00$ m, ja suhtelise sügavuse: $\eta_2 = \frac{1{,}92}{2{,}07} = 0{,}93$. Otsime $(b - \bar{h})$-funktsionaalväljal b ja $\bar{h}$ väärtusele vastavate joonte lõikumispunkti nii $m = 1$ kui ka $m = 2$ puhul ning loeme nendes punktides x-i väärtused ($x_1 = 3{,}7$ ja $x_2 = 4{,}0$) ning i_k väärtused ($i_{k1} = 8{,}2^0/_{00}$ ja $i_{k2} = 7{,}6^0/_{00}$). Neil andmeil arvutame interpoleerimise teel $m = 1{,}5$-le vastava x-i ja i_k väärtuse, saame: $x = \frac{3{,}7 + 4{,}0}{2} = 3{,}85$ ja $i_k = \frac{8{,}2 + 7{,}6}{2} = 7{,}9^0/_{00}$. Alustame liikumist $i_k = 7{,}9$-le ja $i = 4{,}0$-le vastavate joonte ristumispunktist samas korras nagu eelmises näites. Eelmisest näitest erinevalt läbime seekord n-transponeergraafiku ilma kõrvalepõiget tegemata, kuna käesoleval juhul n-i väärtus on 0, 030 ja seega vastab n-telgjoonele. Lõpptulemuseks saame: $l = 100$ m.

Näide 3. A n t u d: h_0, b, m, n, i, ja l. Leida h_2.

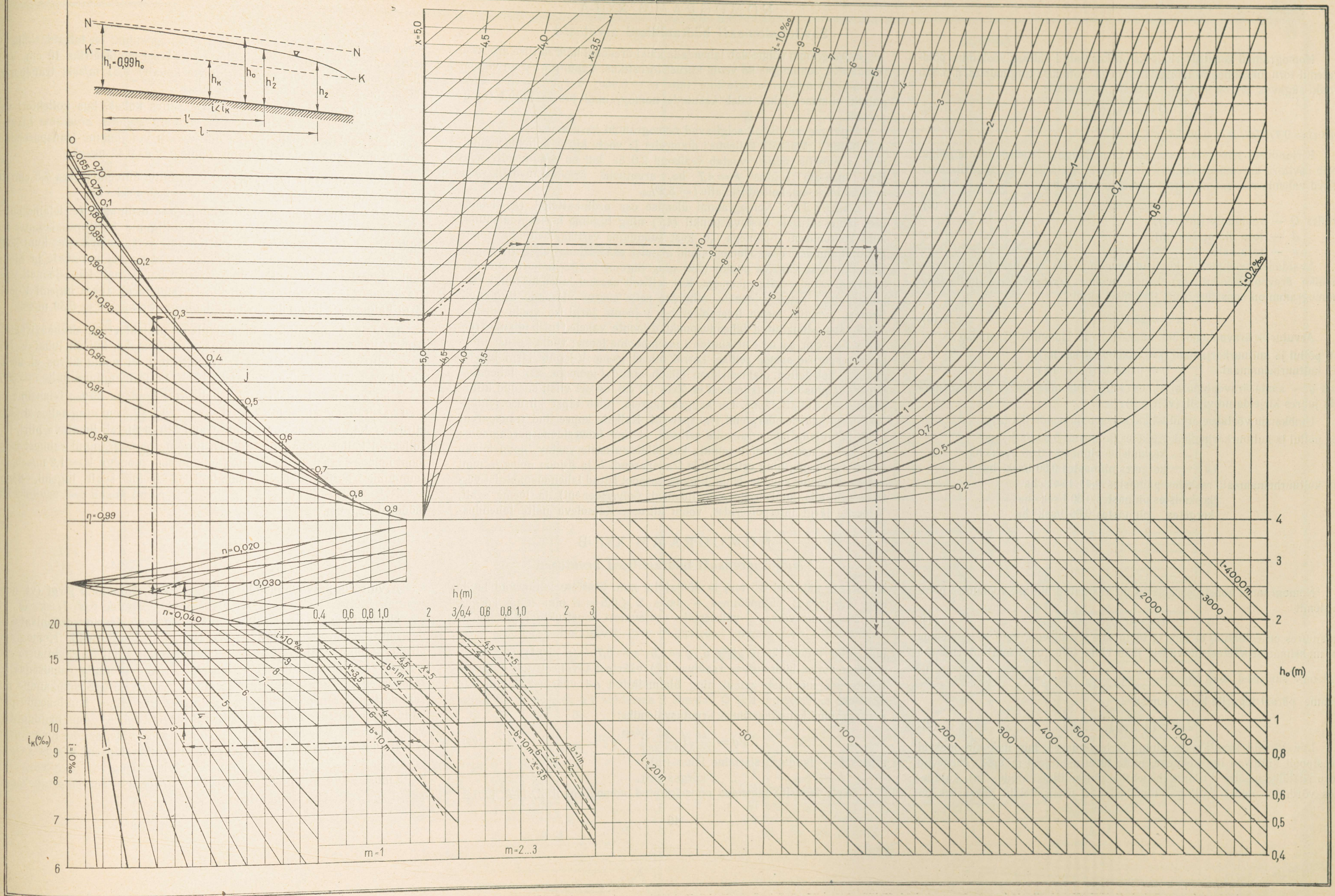
Lahendus toimub lähenemismeetodil. «Aimame» ette h_2 väärtuse, arvutame seejärel $\bar{h}$, määrame x-i ja i_k ning alustame liikumist kahelt poolt: 1) samal viisil nagu eelmistes näidetes, peatudes $(\eta - j)$-funktsionaalväljal; 2) $(\frac{li}{h_0})$-funktsionaalväljalt «tagurpidi» kuni lõikumiseni esimese käigu joonega, kus teeme η lugemi ning arvutame $h_2 = \eta h_0$, mis ongi esimese lähenemise tulemuseks. Korrates eespool kirjeldatud tehteid uue h_2-ga, saame teisel lähenemisel juba praktiliselt täpse vastuse.

Näide 4. Leida voolu sügavus (h'_2) 200 m kaugusel ülevalpool astangut, kui on antud: $h_0 = 2{,}00$ m; $i = 1{,}0^0/_{00}$; $b = 4{,}0$ m; $n = 0{,}030$ ja $m = 2{,}0$.

Leiame langjoone pikkuse (l_1), lähtudes voolu sügavusest astangu harjal (h_2), mis teatavasti on võrdne voolu kriitilise sügavusega (h_k), s. o. $h_2 = h_k$. Selleks määrame esmalt nomogrammiga XIV h_0, b, m ja i järgi Q (saame 20,5 m^3/sek) ning seejärel nomogrammiga XVIII-A h_k (saame 1,20 m). Arvutame: $\bar{h} = \frac{h_0 + h_k}{2} = \frac{2{,}00 + 1{,}20}{2} = 1{,}60$ m ning alustame nomogrammil XXI liikumist näiteis 1 ja 2 esitatud viisil. Leiame: $l_1 = 1100$ m. (Analüütilise arvutamise teel saadud täpne vastus on 1098 m.)

Voolu sügavuse h'_2 leidmiseks 200 m kaugusel astangust arvutame: $l_2 = l_1 - 200 = 1100 - 200 = 900$ m ning eelmises näites esitatud viisil leiame sellele vastava voolu sügavuse h'_2.

* Vt. MK I, § 5—7, p. 4.


N
K
N
K
$h_1 = 0,99 h_o$
h_K
h_o
h'_2
h_2
$i < i_K$
l'
l
η=0,93
η=0,99
j
n=0,020
0,030
n=0,040
x=5,0
4,5
4,0
x=3,5
i=10‰
i=0,2‰
h̄(m)
0,4 0,6 0,8 1,0 2 3/0,4 0,6 0,8 1,0 2 3
b=1m
b=10m
m=1
m=2...3
i_K(‰)
i=0‰
h_o(m)
l=20m
50
100
200
300
400
500
1000
2000
3000
l=4000m

12

NOMOGRAMM XXII-A

Savitorudrenaaži hüdraulilised arvutused

Nomogrammi konstrueerimiseks on kasutatud ühtlase voolamise põhivalemit toru maksimaalse läbilaskevõimega töötamise tingimustes, s. o. kui voolu sügavus (h) on 95% diameetrist ($h = 0{,}95d$):

$$Q = \omega C \sqrt{Ri} \qquad (1),$$

kus $\omega = 0{,}7707d^2$, $R = 0{,}2865d$ ja $C = \frac{R^{1/6}}{n}$.

Kirjanduses leiduvate soovituste ja mõningate tähelepanekute põhjal võib savitoru karedusarvuks (n) võtta 0,013. Asetades kõigi tegurite avaldised valemisse 1, saame pärast ümberkorraldamist:

$$Q = 25{,}76 d^{2/3} \sqrt{i} \qquad (2),$$

milles Q — vooluhulk (m^3/sek),
d — toru diameeter (m),
i — toru kalle.

Avaldades vooluhulga kuivendatava maa-ala suuruse (F) ja arvutusliku äravoolumooduli (q) kaudu, saame arvutusvalemi, mille järgi nomogramm on konstrueeritud, järgmisel kujul:

$$Fq = 25{,}76 d^{2\,^2/_3} \sqrt{i} \qquad (3).$$

Arvutuslik äravoolumoodul määratakse K. Hommiku järgi, s. o.:

a) põllul ja kultuurkarjamaal $q = 0{,}067\,\overline{q}$ (l/sek · ha),
b) kultuurheinamaal $q = 0{,}048\,\overline{q}$ (l/sek · ha),

kus $\overline{q}$ — aasta äravoolunorm (l/sek · km^2), mis määratakse kartogrammi III juures kirjeldatud viisil (valem 2).

Umbkaudu võetakse arvutuslikuks äravoolumooduliks (q):

a) põllul ja kultuurkarjamaal: rasketes pinnastes 0,50 l/sek · ha
keskmistes pinnastes 0,65 l/sek · ha
kergetes pinnastes 0,80 l/sek · ha
b) kultuurheinamaal: rasketes pinnastes 0,40 l/sek · ha
keskmistes pinnastes 0,50 l/sek · ha
kergetes pinnastes 0,60 l/sek · ha

Nomogramm võimaldab lahendada kõiki drenaaži hüdraulilise arvutuse ülesandeid, sealhulgas ka voolu kiirust torustikus. Voolu kiirust on võimalik määrata nii toru arvutusliku täite ($h = 0{,}95d$) kui ka osalise täite puhul; viimasel juhul tuleb kasutada nomogrammi juures antud transparenti.

Alljärgnevad näited selgitavad nomogrammi kasutamist.

Näide 1. Määrata kollektori diameeter ja voolu kiirus kollektori suudmes ja punktis, millele vastab vesikond 2,0 ha, kui on antud: kuivendatava maa-ala suurus $F = 4{,}7$ ha, arvutuslik äravoolumoodul $q = 0{,}60$ l/sek · ha, kollektori kalle $i = 5{,}2$‰.

L a h e n d u s. Nomogrammi ülemise osa ordinaatteljel (F) leiame üles lähtesuurusele vastava punkti (4,7) ning liigume horisontaalsuunas kuni kohtumiseni q-joonega 0,6, kust suundume vertikaalselt alla nomogrammi alumisse ossa. Nomogrammi alumise osa ordinaatteljelt (i) leiame lähtesuurusele vastava punkti (5,2) ning liigume horisontaalselt kuni lõikumiseni eelmise käigu joonega. Kui selliselt saadud lahenduspunkt (lõikumispunkt) satub d-joonele, rahuldab selle suurus ülesande tingimust. Samast punktist loeme interpoleerides V-joonte järgi ka voolu kiiruse. Satub aga eelmainitud lahenduspunkt d-joonte vahele, tuleb diameetriks võtta l ä h e m s u u r e m suurus (parempoolne joon); voolu kiiruse umbkaudse suuruse saame sellisel korral nii, et teeme V-joonte järgi lugemi punktis, kus leitud diameetrijoon lõikub antud i-joonega. Kui lahenduspunkti kaugus diameetrijoonest ei ületa 1,2 cm, on sel viisil saadud kiirus praktiliselt küllalt täpne. On kaugus suurem, tuleb täpse kiiruse leidmiseks kasutada nomogrammi transparenti. Kalkale kopeeritud transparent tuleb paigutada nomogrammile selliselt, et tipp (kõverjoone parempoolne ots) satuks nomogrammil punkti, kus lähtesuurusele vastav i-joon lõikub leitud d-joonega, ning orienteerida transparendi i- ja d-joon nomogrammi vastavate joonte suunda. Nüüd liigume eespool leitud lahenduspunktist vertikaalselt alla kuni transparendijooneni (kõverjooneni) ja loeme sealt, V-joonte järgi interpoleerides, voolu kiiruse. Käesoleva näite lahenduspunkt satub d-joonte 7,5 ja 10 vahele (nomogrammil on lahenduskäik näidatud punkt-kriips-joonega). Valime seepärast diameetriks 10 cm. Voolu kiiruse umbkaudne suurus on (d-joone kohalt) 0,51 m/sek; transparendi abil saame täpse vastuse: $V = 0{,}50$ m/sek.

Määrame nüüd kiiruse kollektoris selles kohas, kus kollektori vesikond on 2,0 ha. Hoides transparenti endises asendis, alustame liikumist eespool kirjeldatud viisil $F = 2{,}0$ ha kohalt; kui jõuame transparendijooneni, teeme V-joonte järgi lugemi. Saame: $V = 0{,}42$ m/sek.

Näide 2. Määrata maa-ala suurus F, mille kuivendab ära 7,5 cm läbimõõduga kollektor, kui $i = 10{,}0$‰ ja $q = 0{,}40$ l/sek · ha.

L a h e n d u s. Nomogrammi alumise osa ordinaatteljel leiame punkti, mis vastab lähtesuurusele i (10,0). Sealt liigume horisontaalsuunas kuni kohtumiseni d-joonega (7,5), siis suundume vertikaalselt üles kuni kohtumiseni q-joonega (0,4), kust pöördume vasakule või paremale ja liigume kuni F-skaalani. Viimaselt loeme: $F = 6{,}5$ ha. Samalt käigujoonelt võime ära lugeda ka voolu kiiruse kollektoris (suudmes), tehes lugemi V-joonte järgi käigujoone lõikumise kohal d-joonega. Saame: $V = 0{,}59$ m/sek.

Näide 3. Suure kaldega maastikule on projekteeritud drenaažisüsteem, mille kollektoris kipub kiirus kujunema suuremaks, kui on lubatav. Määrata, millise kaldega võib asetada kollektori, et voolu kiirus ei ületaks 1,2 m/sek, kui $F = 18{,}0$ ha, $q = 0{,}80$ l/sek · ha ja maapinna kalle $i = 30$‰.

L a h e n d u s. Projekteerides kollektori kaldega 30‰, leiaksime näites 1 kasutatud viisil, et läheks vaja savitoru ø 12,5 cm ning selles kujuneks kiirus ca 1,45 m/sek. Kuna selline voolu kiirus ületab lubatava piiri, tuleb kollektori kallet vähendada. Selleks liigume nomogrammil esimest käigujoont mööda tagasi ülespoole kuni lõikumiseni joonega $V = 1{,}2$ m/sek, kust suundume horisontaalselt i-skaalani ja teeme sealt lugemi. Saame: $i = 21$‰. Ühtlasi selgub, et ka selle kalde puhul piisab veel savitoru läbimõõdust 12,5 cm.

NOMOGRAMM XXII-B

Laudtorudrenaaži hüdraulilised arvutused

Nomogrammi konstrueerimiseks on kasutatud ühtlase voolamise põhivalemit

$$Q = \omega C \sqrt{Ri} \qquad (1),$$

kusjuures on eeldatud, et toru ei tööta täie ristlõikega, vaid et kaanelaua ja maksimaalse veetaseme vahele jääb väike pilu (ca 2 mm). Asendades valemis suurused $\omega = bh$, $R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{bh}{b+2h}$ ja $C = \frac{R^y}{n} = \left(\frac{bh}{b+2h}\right)^y \cdot \frac{1}{n}$, saame pärast tegurite korraldamist:

$$Q = \frac{bh}{n}\left(\frac{bh}{b+2h}\right)^{0{,}5+y} \sqrt{i} \qquad (2).$$

Laudtorusid kasutatakse ainult turbapinnases, kus nad aja jooksul seestpoolt kattuvad limakelmega, mille tõttu mõningal määral vähenevad toru ristlõike mõõtmed ning väheneb ka hüdrauliline karedus (n), kujunedes võrdseks umbes 0,013-ga. Limakelme ja peensettekihi paksuseks on arvestatud külgedel 0,5 mm ja põhjal 1,0 mm. Seetõttu kujunevad laudtoru «töötavad» sisemõõtmed — laius $2 \times 0{,}5 = 1$ mm ning kõrgus $1 + 2 = 3$ mm võrra — väiksemaks vastavatest konstruktiivsetest mõõtmetest, mida nomogrammi koostamisel ongi arvestatud. Astendaja y on määratud Pavlovski järgi, s. o. $y = 2{,}5\sqrt{n} - 0{,}75(\sqrt{n} - 0{,}1)\sqrt{R} - 0{,}13$. Arvesse võttes hüdraulilise raadiuse (R) väärtust tavaliselt kasutatavate laudtorude mõõtmete puhul ning ülalmainitud n-i väärtust, kujuneb y võrdseks ca 0,153-ga. Kui Q valemis 2 asendada Fq-ga, saame lõplikuks nomogrammi konstrueerimise arvutusvalemiks:

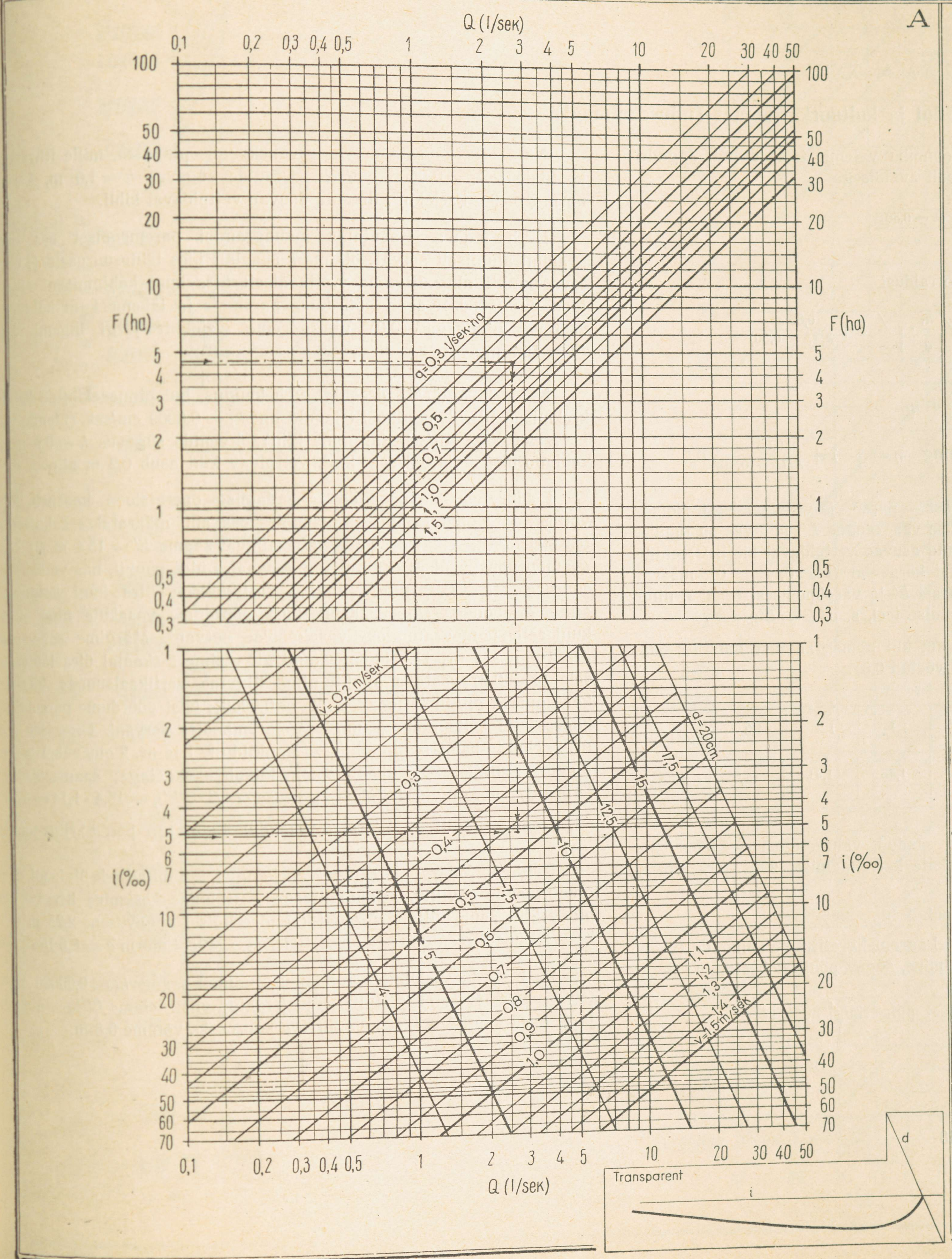
$$Fq = \frac{bh}{0{,}013}\left(\frac{bh}{b+2h}\right)^{0{,}653} \sqrt{i} \qquad (3),$$

milles b — laudtoru sisemine laius (m),
h — „ „ kõrgus (m),
teiste tegurite tähendus on selgitatud nomogrammi XXII-A juures.

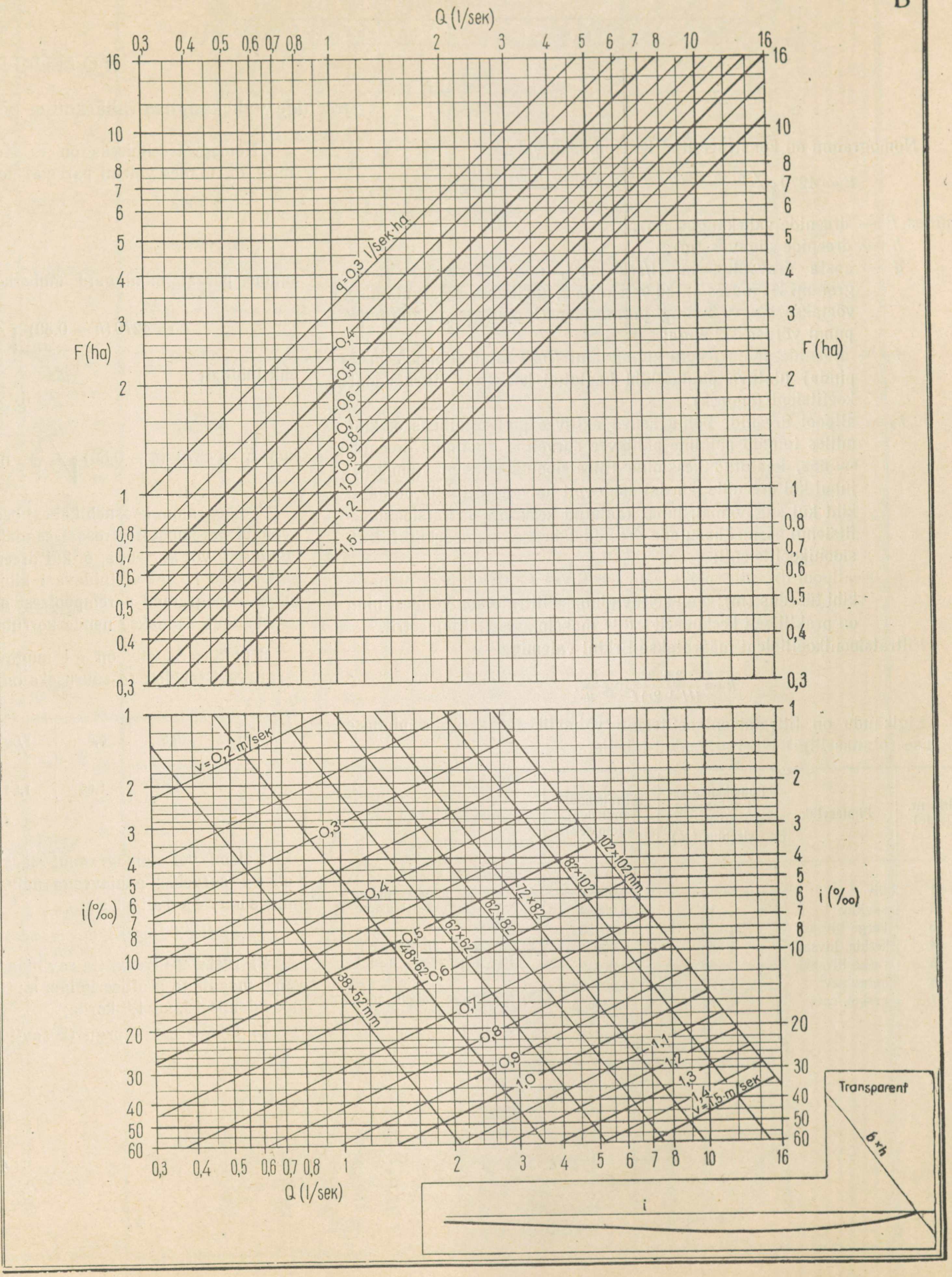
Arvutuslik äravoolumoodul määratakse K. Hommiku järgi (vt. nomogrammi XXII-A seletusest) või võetakse umbkaudne 0,60 l/sek · ha.

Nomogrammis on esitatud valik meie projekteerimisorganisatsioonides ja maaparanduspraktikas kasutatavaid laudtorusid. Nomogrammi struktuur on täiesti analoogiline nomogrammi XXII-A struktuurile ning sellega saab lahendada samasuguseid ülesandeid mida eelmisegagi; ka transparenti kasutatakse täpselt samuti. Voolu kiiruse umbkaudne määramine (ilma transparendita) on aga mõnevõrra erinev. Kui lahenduspunkt satub d-joonele, siis samast punktist V-lugemit tehes saame muidugi täpse vastuse. Satub aga lahenduspunkt d-joonest eemale, saame ilma transparendita kiirust määrata ligikaudselt, kusjuures täpsem vastus saadakse siis, kui väiksema vahekauguse puhul lahenduspunkti ja d-joone vahel ($\leqslant 5$ mm) V-lugem teha lahenduspunktis (i-joonel), suurema vahekauguse puhul aga sellest ca 2 mm allpool.

A


Q (l/sek)
F (ha)
q=0,3 l/sek·ha
0,5
0,7
1,0
1,2
1,5
v=0,2 m/sek
d=20cm
17,5
15
12,5
10
7,5
5
4
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
v=1,5 m/sek
i (‰)
Q (l/sek)
Transparent
i
d

B


Q (l/sek)
F (ha)
q=0,3 l/sek·ha
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,2
1,5
v=0,2 m/sek
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
v=1,5 m/sek
38×52 mm
48×62
62×62
62×82
72×82
82×102
102×102 mm
i (‰)
Q (l/sek)
Transparent
b×h
i

NOMOGRAMM XXIII

Dreenide vahekauguse määramine põllul ja kultuurkarjamaal (mineraalmaal)

Nomogramm on konstrueeritud K. Hommiku valemi

$$E = 4270 \sqrt{\frac{k_1 (h - 0{,}50)^2 + 0{,}86\, a k_2 (h - 0{,}50)}{\bar{q}}} \quad \text{järgi,}$$

milles E — dreenide vahekaugus (m);

h — dreenide sügavus (m);

$\bar{q}$ — aasta äravoolunorm (l/sek · km²), mis määratakse kartogrammi III juures antud valemiga 2, kusjuures $\Delta\bar{q}$ arvutamisel võetakse $q_{95\%} = 0$ ning parameeter C põhjaveega toitumise puhul võrdseks 150-ga;

k_1 — dreenide põhjast kuni künnikihini (0,20 m-ni allapoole maapinda) ulatuva pinnasekihi kaalutud keskmine filtratsioonikoefitsient (cm/sek);

k_2 — allpool dreenide põhja asuva aktiivse pinnasekihi, s. o. kihi, milles toimub põhiline põhjavee surveline liikumine dreenide suunas, kaalutud keskmine filtratsioonikoefitsient (cm/sek); juhul kui dreenide lähedal asub vett halvemini juhtiv pinnasekiht kui sügavamal, tuleb kaalutud keskmise filtratsioonikoefitsiendi asemel kasutada dreenidelähedase pinnasekihi filtratsioonikoefitsienti;

a — allpool dreenide põhja asuva aktiivse (vett juhtiva) pinnasekihi tüsedus (m); a on sõltuv pinnase filtratsioonivõimest ning on praktiliselt keskmiselt 0,8 ja maksimaalselt 1,5 meetrit.

Filtratsioonikoefitsient määratakse Erkini valemiga

$$k = \frac{3{,}5\, r^2}{(H + 2r)\, t} \log \frac{y_0}{y}.$$

Ligikaudu on filtratsioonikoefitsienti võimalik määrata ka pinnase lõimise (pinnaseliigi) järgi alltoodud tabelist.

Jrk. nr. (aste)	Pinnaseliik	Füüsikalise savi (osakesed ⌀ < 0,01 mm) sisaldus (%)	Filtratsioonikoefitsient k (cm/sek)	Märkused
1	liiv	ca 5	0,00090	1) Tolmja pinnase puhul vähendada k-d 1 astme võrra.
2	saviliiv	„ 15	0,00054	
3	kerge liivsavi	„ 25	0,00033	
4	keskm. liivsavi	„ 35	0,00020	2) Kruusase pinnase puhul suurendada k-d 1 astme võrra.
5	raske liivsavi	„ 45	0,00012	
6	kerge savi	„ 60	0,000055	
7	keskm. savi	„ 75	0,000033	3) Käesoleva tabeli andmete kasutamisel võtta $a = 0{,}8$ m.

Nomografeerimiseks on K. Hommiku valemit teisendatud. Jagades ning korrutades valemi paremat poolt avaldisega

$$\sqrt{\frac{k_1 (h - 0{,}50)^2}{\bar{q}}},$$

saame pärast mõningaid ümberkorraldusi

$$E = 4270\,(h - 0{,}50) \sqrt{\frac{k_1}{\bar{q}}} \cdot \sqrt{1 + \frac{0{,}86\, a k_2}{k_1 (h - 0{,}50)}}$$

ehk lühidalt

$$E = E'\eta,$$

kus $E' = 4270\ (h - 0{,}50) \sqrt{\dfrac{k_1}{\bar{q}}}$ ning $\eta = \sqrt{1 + \dfrac{0{,}86\, a k_2}{k_1 (h - 0{,}50)}}$.

Nomogramm koosneb kahest osast — parem- ja vasakpoolsest. Nomogrammi parempoolsest osast saadakse vahekaugus E', mis vastab juhule, kus $a = 0$ või $k_2 \approx 0$, s. o. kui dreenid asuvad vettpidaval kihil. Dreenide paiknemise korral vettpidavast kihist kõrgemal ($a \neq 0$; $k_2 \neq 0$), määratakse nomogrammi parempoolsest osast E' ja vasakpoolsest osast η ning vahekaugus saadakse nende korrutamise teel, s. o. $E = E'\eta$.

Kui $k_1 = k_2$, siis on η-t mugavam kui nomogrammist määrata alljärgnevast tabelist (a suuruseks on võetud 0,8).

h (m)	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
η	1,81	1,65	1,54	1,46	1,41	1,36	1,33

Valemi või nomogrammi järgi saadud vahekaugusi **v ä h e n d a t a k s e** survelise põhjaveega nõlvakute kuivendamisel 20 . . . 30% võrra ning **s u u r e n d a t a k s e**:

1) ajutiselt liigniiskete maade puhul 10 . . . 30% võrra;

2) rasketel liivsavi- ja savimaadel agromelioratiivsete abinõude (vesivaod, maapinna profileerimine, muttimine, sügav põhja kobestamine jne.) rakendamisel kuni 1,8 korda;

3) lahtise detailvõrgu (kraavituse) puhul kuni 30% võrra.

Näide 1. Määrata dreenide vahekaugus pinnases, mille filtratsioonikoefitsient $k_1 = 0{,}0005$ cm/sek, dreenide sügavus $h = 1{,}0$ m, äravoolunorm $\bar{q} = 9{,}0$ l/sek·km²; dreenid asuvad vettpidaval kihil.

L a h e n d u s. Kasutame nomogrammi parempoolset osa. Nomogrammi alumiselt servalt otsime h-skaalalt üles lähtesuurusele (1,0) vastava punkti ning liigume vertikaalselt üles kuni kohtumiseni antud k_1 joonega (0,0005), sealt pöördume paremale ja läheme kuni kohtumiseni vastava $\bar{q}$-joonega (9,0) ning teeme E'-joonte järgi lugemi. Saame $E' = 15{,}7$ m.

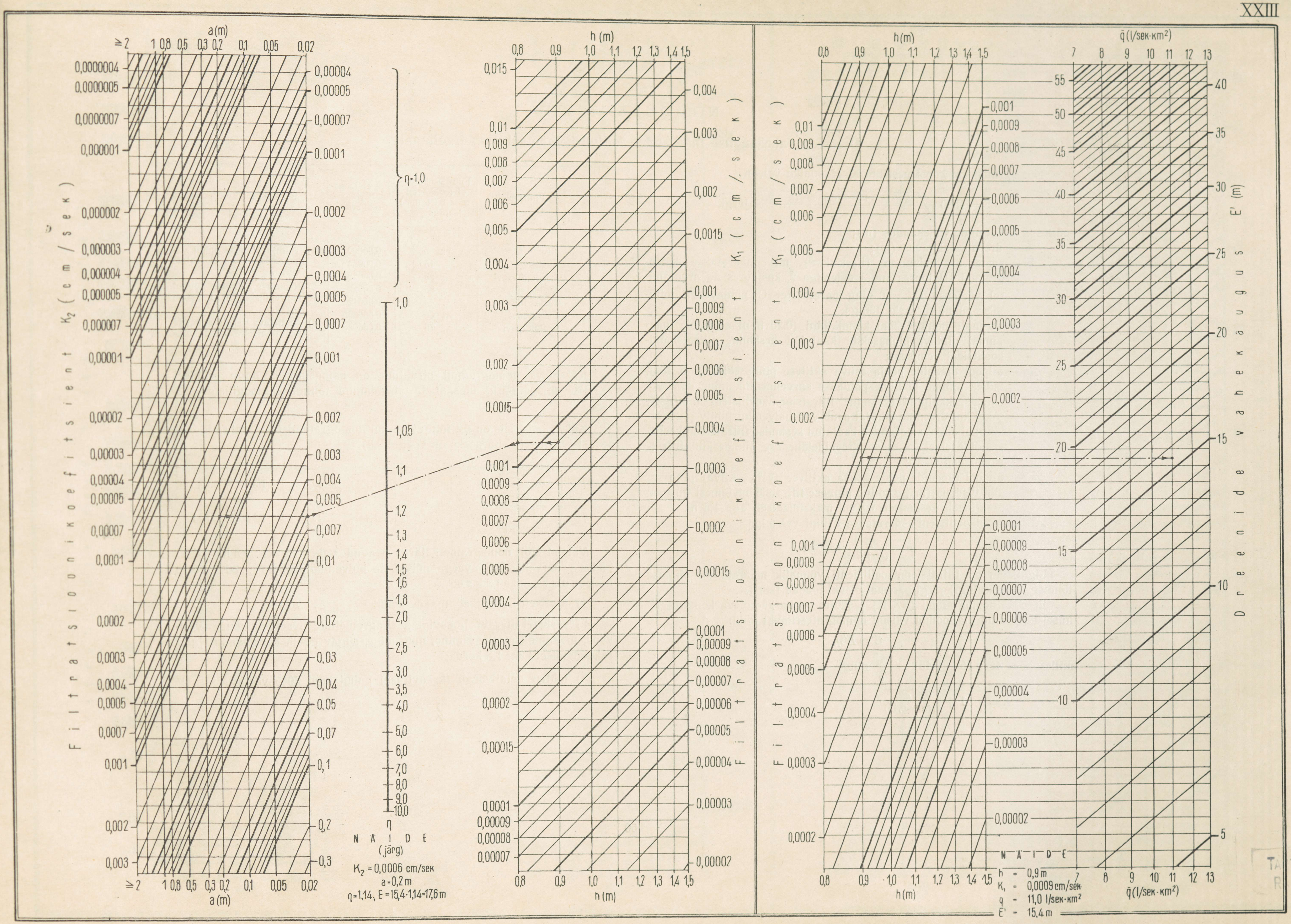
Näide 2. Määrata dreenide vahekaugus, kui pinnasekihtide kaalutud keskmised filtratsioonikoefitsiendid on: $k_1 = 0{,}0009$ cm/sek (ülemine kiht) ja $k_2 = 0{,}0006$ cm/sek (alumine kiht), dreenide sügavus $h = 0{,}9$ m, äravoolunorm $\bar{q} = 11{,}0$ l/sek · km²; vettpidav kiht asub 0,2 m allpool dreeni.

L a h e n d u s. Ülesande lahendamise operatsioon koosneb kahest võttest: 1) Nomogrammi parempoolse osa abil määratakse eelmises näites kirjeldatud viisil dreenide vahekaugus; saame $E' = 15{,}4$ m. 2) Nomogrammi vasakpoolses osas otsime h-skaalal üles punkti, mis vastab lähtesuurusele ($h = 0{,}9$) ning liigume vertikaalselt üles kuni kohtumiseni antud k_1 joonega ($k_1 = 0{,}0009$), kust pöördume vasakule ning liigume kuni selle nomogrammiosa vasakpoolse servani. Märgime selle punkti ära (olgu see nr. 1). Nomogrammi alt otsime a-skaalal üles lähtesuurusele ($a = 0{,}2$) vastava punkti ning liigume vertikaalsuunas üles kuni kohtumiseni antud k_2 joonega ($k_2 = 0{,}0006$), kust pöördume paremale, liikudes kuni selle nomogrammiosa parempoolse servani. Olgu see punkt nr. 2. Nüüd ühendame joonlauaga punktid nr. 1 ja nr. 2 omavahel ja teeme lugemi punktis, kus ühendusjoon lõikub η-skaalaga; saame $\eta = 1{,}14$. Dreenide vahekaugus leitakse arvutusega: $E = E'\eta = 15{,}4 \cdot 1{,}14 = 17{,}6$ m.

Nomogrammil on näite 2 lahendus kujutatud punkt-kriips-joonega.

Näide 3. Määrata dreenide vahekaugus, kui on antud: ülalpool dreene on kruusane saviliiv, allpool dreene — tolmjas keskmine liivsavi, vettpidav kiht asub küllalt sügaval (sondeerimisel sügavuseni 2,25 m ei ole seda leitud), dreenide sügavus $h = 1{,}1$ m, äravoolunorm $\bar{q} = 8{,}5$ l/sek · km².

L a h e n d u s. Ülaltoodud tabeli andmeil saame $k_1 = 0{,}00090$ cm/sek ja $k_2 = 0{,}00012$ cm/sek. Näites 2 kirjeldatud viisil leiame E' ja η ning seejärel arvutame $E = E'\eta$, kusjuures a suuruseks võtame 0,8 m.


a(m)
Filtratsioonikoefitsient K_2 (cm/sek)
η=1,0
η
NÄIDE
(järg)
K_2 = 0,0006 cm/sek
a = 0,2 m
η = 1,14, E = 15,4·1,14 = 17,6 m
h (m)
Filtratsioonikoefitsient K_1 (cm/sek)
$\bar{q}$ (l/sek·km²)
Dreenide vahekaugus E' (m)
NÄIDE
h - 0,9 m
K_1 - 0,0009 cm/sek
q - 11,0 l/sek·km²
E' - 15,4 m

NOMOGRAMM XXIV

Dreenide vahekauguse määramine kultuurheinamaal (mineraalmaal)

Nomogramm on konstrueeritud K. Hommiku valemi

$$E = 4580 \sqrt{\frac{k_1 (h - 0{,}45)^2 + 0{,}86\, a k_2 (h - 0{,}45)}{\overline{q}}} \text{ järgi,}$$

milles E — dreenide vahekaugus (m);

h — dreenide sügavus (m);

$\overline{q}$ — aasta äravoolunorm (l/sek · km²), mis määratakse kartogrammi III juures antud valemiga 2, kusjuures $\Delta\overline{q}$ arvutamisel võetakse $\overline{q}_{95\%} = 0$ ning parameeter C põhjaveega toitumise puhul võrdseks 150-ga;

k_1 — dreenide põhjast kuni künnikihini (0,20 m-ni allapoole maapinda) ulatuva pinnasekihi kaalutud keskmine filtratsioonikoefitsient (cm/sek);

k_2 — allpool dreenide põhja asuva aktiivse pinnasekihi, s. o. kihi, milles toimub põhiline põhjavee surveline liikumine dreenide suunas, kaalutud keskmine filtratsioonikoefitsient (cm/sek); juhul kui dreenide lähedal asub vett halvemini juhtiv pinnasekiht kui sügavamal, tuleb kaalutud keskmise filtratsioonikoefitsiendi asemel kasutada dreenidelähedase pinnasekihi filtratsioonikoefitsienti;

a — allpool dreenide põhja asuva aktiivse (vett juhtiva) pinnasekihi tüsedus (m), a sõltub pinnase filtratsioonivõimest ning on praktiliselt keskmiselt 0,8 m, maksimaalselt aga 1,5 m.

Filtratsioonikoefitsient määratakse Erkini valemiga

$$k = \frac{3{,}5\, r^2}{(H + 2r)\, t} \log \frac{y_0}{y}.$$

Ligikaudu on filtratsioonikoefitsienti võimalik määrata ka pinnase lõimise (pinnaseliigi) järgi paremal üleval toodud tabelist.

Eelmise nomogrammi (XXIII) eeskujul on ka käesoleva konstrueerimisel kasutatud ülaltoodud valemi nomografeeritavat kuju:

$$E = E'\eta,$$

milles $E' = 4580\,(h - 0{,}45) \sqrt{\frac{k_1}{\overline{q}}}$ ning

$$\eta = \sqrt{1 + \frac{0{,}86\, a k_2}{k_1 (h - 0{,}45)}}.$$

Jrk. nr. (aste)	Pinnaseliik	Füüsikalise savi (osakesed ø < 0,01 mm) sisaldus (%)	Filtratsioonikoefitsient k (cm/sek)	Märkused
1	liiv	ca 5	0,00090	1) Tolmja pinnase puhul vähendada k-d 1 astme võrra.
2	saviliiv	„ 15	0,00054	
3	kerge liivsavi	„ 25	0,00033	2) Kruusase pinnase puhul suurendada k-d 1 astme võrra.
4	keskm. liivsavi	„ 35	0,00020	
5	raske liivsavi	„ 45	0,00012	
6	kerge savi	„ 60	0,000055	3) Käesoleva tabeli andmete kasutamisel võtta $a = 0{,}8$ m.
7	keskm. savi	„ 75	0,000033	

Käesoleva nomogrammi struktuur on samasugune nagu eelmisel (XXIII), mispärast ka ülesannete lahendamine toimub analoogiliste võtetega.

Kui $k_1 = k_2$, siis on η-t mugavam kui nomogrammist määrata alljärgnevast tabelist (a suuruseks on võetud 0,8).

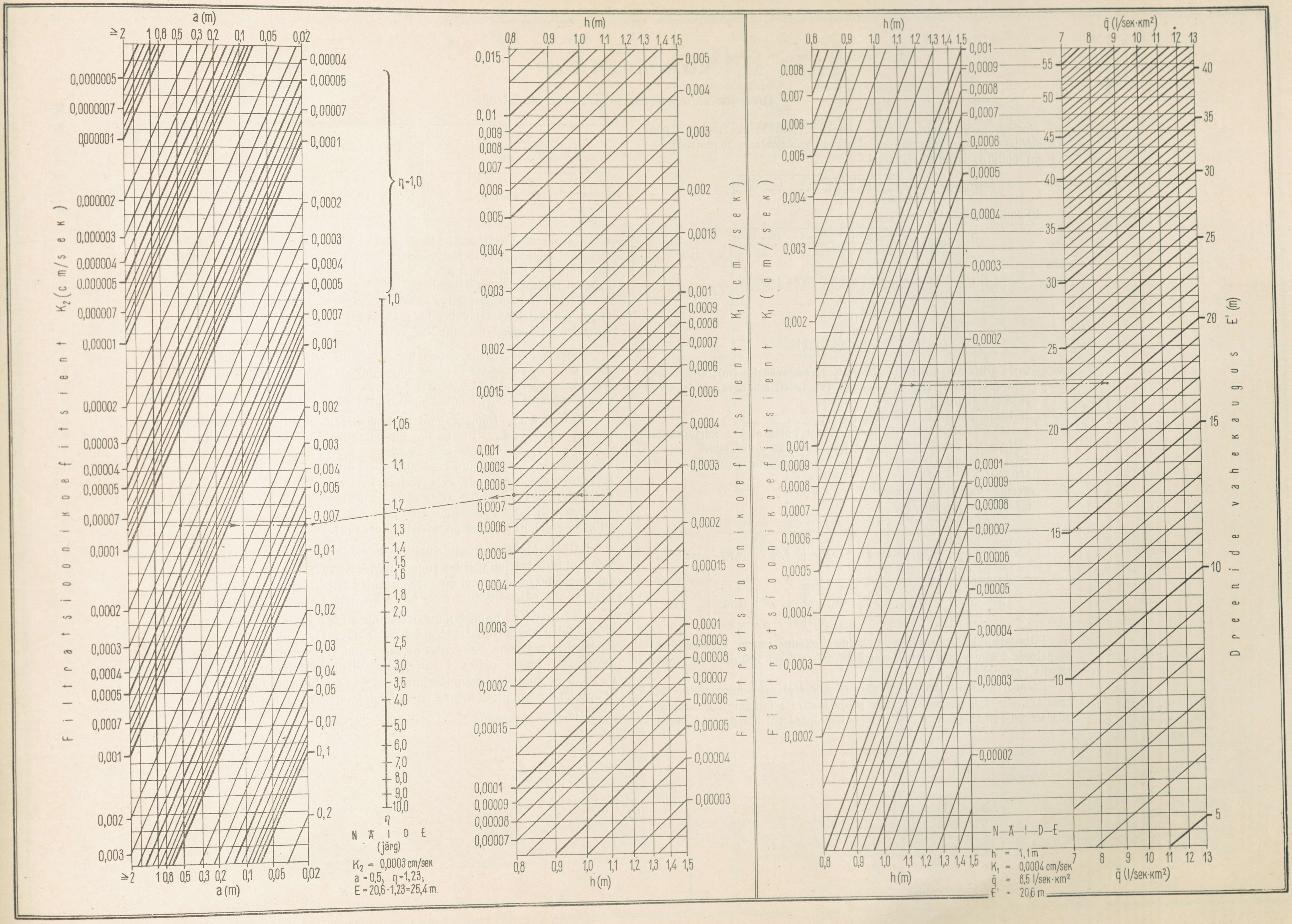
h (m)	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
η	1,72	1,59	1,50	1,44	1,39	1,35	1,31

Valemi või nomogrammi järgi saadud vahekaugusi vähendatakse survelise põhjaveega nõlvakute kuivendamisel 20...30% võrra ning suurendatakse:

1) ajutiselt liigniiskete maade puhul 10...30% võrra;

2) rasketel liivsavi- ja savimaadel agromelioratiivsete abinõude (vesivaod, maapinna profileerimine, muttimine, sügav põhja kobestamine jne.) rakendamisel kuni 1,8 korda;

3) lahtise detailvõrgu (kraavituse) puhul kuni 30% võrra.


a (m)
h (m)
q̄ (l/sek·km²)
Filtratsioonikoefitsient K_2 (cm/sek)
Filtratsioonikoefitsient K_1 (cm/sek)
Dreenide vahekaugus E' (m)
η = 1,0
η
NÄIDE
(jäng)
K_2 = 0,0003 cm/sek
a = 0,5, η = 1,23;
E = 20,6 · 1,23 = 25,4 m.
NÄIDE
h = 1,1 m
K_1 = 0,0004 cm/sek
q̄ = 8,5 l/sek·km²
E' = 20,6 m

NOMOGRAMM XXV

Dreenide vahekauguse määramine madalsoos

Nomogrammi konstrueerimise aluseks on võetud U. Tombergi poolt väljatöötatud valem dreenide vahekauguse määramiseks madalsoos:

a) põllul ja kultuurkarjamaal

$$E = 3750\varepsilon \sqrt{\frac{k_h}{\alpha \bar{q}} \left[\frac{10^{\alpha(h-0,50)} - 1}{2,3\,\alpha} - \frac{(h-0,50)}{10^{\alpha a}} \right]},$$

b) kultuurheinamaal

$$E = 4000\varepsilon \sqrt{\frac{k_h}{\alpha \bar{q}} \left[\frac{10^{\alpha(h-0,45)} - 1}{2,3\,\alpha} - \frac{(h-0,45)}{10^{\alpha a}} \right]},$$

kus

k_h — turba filtratsioonikoefitsient dreeni põhja tasemel;

$$k_h = \frac{k_t}{10^{\alpha(h-t)}};$$

$$\alpha = \frac{1}{10^{0,32+0,06t}\, k_t^{0,10}};$$

k_t — turba filtratsioonikoefitsient (cm/sek) sügavusel t (m), kus toimus selle määramine Erkini valemiga (vt. teksti nomogrammide XXIII ja XXIV juurde);

a — turbakihi paksus allpool dreeni (m);

$\bar{q}$ — aasta äravoolunorm (l/sek · km²), mis määratakse kartogrammi III juures antud valemiga 2, kusjuures $\Delta\bar{q}$ arvutamisel võetakse $q_{95\%} = 0$ ning parameeter C põhjaveega toitumise puhul võrdseks 150-ga;

E — dreenide vahekaugus (m);

ε — määratakse järgmiselt:

$h - 0,50$ või $h - 0,45$	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	$\geqslant$0,80 (m)
ε	0,77	0,84	0,90	0,95	0,98	1,00

Filtratsioonikoefitsiendi (k) tavaline keskmine suurus (Erkini järgi) madalsoos 1,0 m sügavusel pärast kuivendusjärgset vajumist on toodud tabelis paremal ülal.

Turba lagundumisaste (%)	60	50	40	30	20
k (cm/sek)	0,00015	0,0003	0,00065	0,001	0,0014

Eespool toodud valemeid ja seega ka käesolevat nomogrammi võib kasutada siis, kui allpool dreenide põhja lasuvate turbakihtide lagundumisaste on samasugune või suurem kui ülalpool või kui dreenid asuvad turba all lasuval vettpidaval kihil. Kui aga allpool dreeni põhja lasuva turbakihi lagundumisaste on väiksem kui ülevalpool või kui dreeni põhi asub turba all lasuvas vett juhtivas mineraalpinnases, tuleb dreenide vahekaugusi määrata nomogrammidega XXIII ja XXIV.

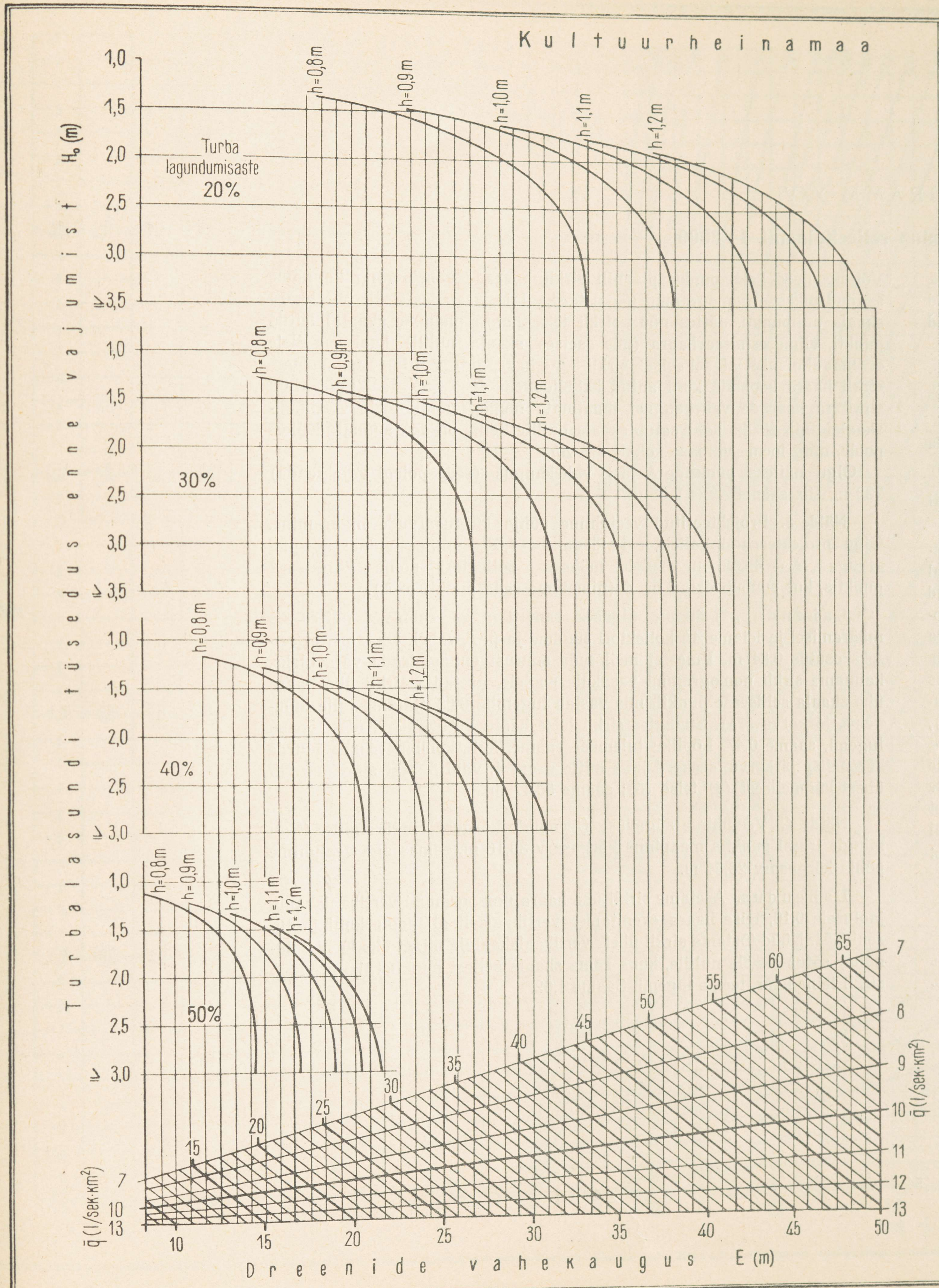
Käesoleva nomogrammiga saadud vahekaugusi tuleb survelise põhjaveega toituvatel soodel vähendada 15...25% võrra ning lahtise detailvõrgu puhul suurendada kuni 30% võrra.

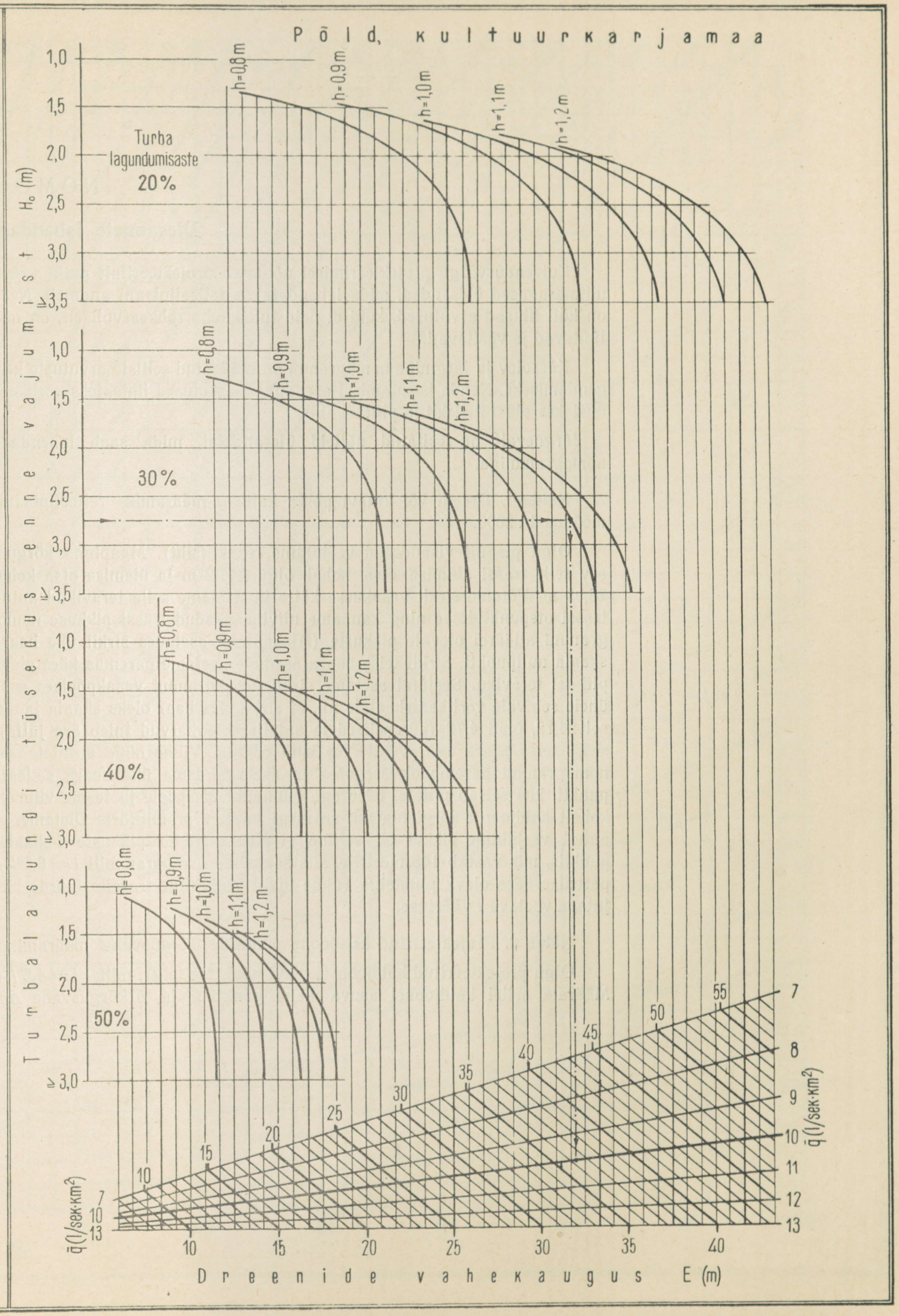
Näide 1. Määrata dreenide vahekaugus kultuurkarjamaa puhul madalsoos, mille turbalasundi tüsedus enne kuivendamist $H_0 = 2,75$ m, turba lagundumisaste 1,0 m sügavusel on 30%, dreenide ettenähtud sügavus pärast vajumist h on 1,1 m ning aasta äravoolunorm $\bar{q} = 10,0$ l/sek · km².

L a h e n d u s: Nomogrammi parempoolsest osast (põld, kultuurkarjamaa) leiame vastavalt turba lagundumisastmele (30%) vertikaalskaalal punkti, mis vastab turbalasundi tüsedusele enne vajumist ($H_0 = 2,75$ m), ning liigume paremale kuni kohtumiseni dreeni sügavusele $h = 1,1$ m vastava kõveraga, kust suundume vertikaalselt alla kuni nomogrammi allääreI oleva äravoolunormi ($\bar{q} = 10,0$) jooneni ning loeme sealt E-joonte (kaldjooned!) järgi vahekauguse. Saame: $E = 36,4$ m (näite lahenduskäik on nomogrammil esitatud punkt-kriips-joonega).

Näide 2. Määrata dreenide vahekaugus kultuurheinamaa puhul madalsoos, kui turbalasundi tüsedus enne kuivendamist $H_0 = 4,5$ m, turba lagundumisaste 1,0 m sügavusel on 35%, dreenide sügavuseks (h) pärast vajumist on ette nähtud 0,90 m ning aasta äravoolunorm $\bar{q} = 9,5$ l/sek · km².

L a h e n d u s. Kuna lagundumisastmele 35% vastavat nomogrammi ei ole, tuleb vahekaugus määrata 30% ja 40% järgi ning võtta saadud tulemustest keskmine. Kasutades nomogrammi vasakpoolset osa (kultuurheinamaa), leiame näites 1 kirjeldatud viisil turbalasundi tüsedusele $H_0 \geqslant 3,5$ m ning lagundumisastmele 30% vastava vahekauguse $E_1 = 36,6$ m; analoogiliselt saame lagundumisastme 40% puhul $E_2 = 28,0$ m. Seega lõplik vahekaugus $E = \frac{36,6 + 28,0}{2} = 32,3 \approx 32$ m.


Kultuurheinamaa
Turba lagundumisaste
20%
30%
40%
50%
h=0,8m
h=0,9m
h=1,0m
h=1,1m
h=1,2m
Turbalasundi tüsedus enne vajumist H_0 (m)
$\bar{q}$ (l/sek·km²)
Dreenide vahekaugus E (m)


Põld, kultuurkarjamaa
Turba lagundumisaste
20%
30%
40%
50%
h=0,8m
h=0,9m
h=1,0m
h=1,1m
h=1,2m
Turbalasundi tüsedus enne vajumist H_0 (m)
$\bar{q}$ (l/sek·km²)
Dreenide vahekaugus E (m)

NOMOGRAMM XXVI

Ülesannete lahendamine reljeefiplaanil 1 : 2000

Kuivendusvõrgu projekteerimisel nõuavad projekteerijalt palju vaeva mitmesugused ülesanded, mida lahendatakse reljeefiplaani andmeil. Need on küll lihtsad arvutused, kuid et neid tuleb teha rohkearvuliselt, on nad tüütavad ja väsitavad.

Käesolev ja järgmine nomogramm on määratud selliste arvutuste kergendamiseks. Nende kasutamisel asenduvad arvutused lihtsateks «sehkendusteks» plaanil sirkli ja pliiatsi abil.

Järgnevalt on esitatud näiteid ülesandeist, mida saab lahendada nomogrammiga.

Näide 1. Dreeni või kraavi põhja kalde i määramine reljeefiplaanil mõõdus 1 : 2000.

Olgu plaanil visandatud veejuhtme trass (siht). Maapinna kõrgusarv selle trassi alumise otsa kohal olgu 24,72 m ja ülemise otsa kohal 25,93 m. Võtame sirkli vasakusse kätte ja asetame selle teravikud antud trassi otspunktidesse ning kanname niiviisi saadud trassi pikkuse nomogrammi alläärel olevale pikkuste (l)-skaalale, asetades sirkli ühe haara skaala nullpunkti. Sirkli teise haara asemele asetame paremas käes oleva pliiatsi teraviku. Seejärel asetame sirkli nomogrammi vasakpoolses osas ühele sobivale vertikaalskaalale nii, et sirkli üks haar oleks skaala jaotusel 24,72, õieti 4,72 (kümnelised ja sajalised järkarvud tuleb ära jätta), sirkli teise haara aga «venitame» kuni 5,93-ni. Viime nüüd sirkli tagasi nomogrammi parempoolsesse ossa ja asetame tema ühe haara sellesse punkti, kus seisab pliiats, teise aga suuname ülespoole ja teeme viimase kohalt kaldjoonte järgi lugemi, saamegi kalde i promillides. Oletame, et antud veejuhtme pikkus oli selline, et pliiats seisab pikkuste l-skaalal punktis, mis vastab 145 meetrile, siis saaksime nomogrammilt $i = 8{,}3‰$; paremas käes oleva pliiatsiga võime nüüd veejuhtme trassile juurde kirjutada vastava i väärtuse.

Näide 2. Projekteeritud kaldjoone punktide kõrgusvahe määramine.

Olgu projekteeritud kaldjoon (kraavi põhi, tee telg), millel $i = 4{,}2‰$. Määrata sellel kaldjoonel asuva kahe punkti A ja B kõrgusvahe Δh.

Võtame need kaks punkti plaanilt sirkli haarade vahele ning kanname saadud pikkuse nomogrammi pikkuste-skaalale, asetades sirkli ühe haara skaala nullpunkti. Jättes nüüd sirkli teise haara pikkuste skaalal leitud punkti, viime esimese haara (mis asetses skaala nullil) kaares sellele ordinaadile, mille alusel seisab sirkli teine haar, ning venitame või surume sirkli haara koomale kuni antud kaldejooneni ($i = 4{,}2‰$). Viime nüüd sirkli ta haarade vahekaugust muutmata nomogrammi ühele vertikaalskaalale nii, et üks haar satub skaala nullile, teine on aga suunatud ülespoole, ning loeme viimase kohalt ära Δh.

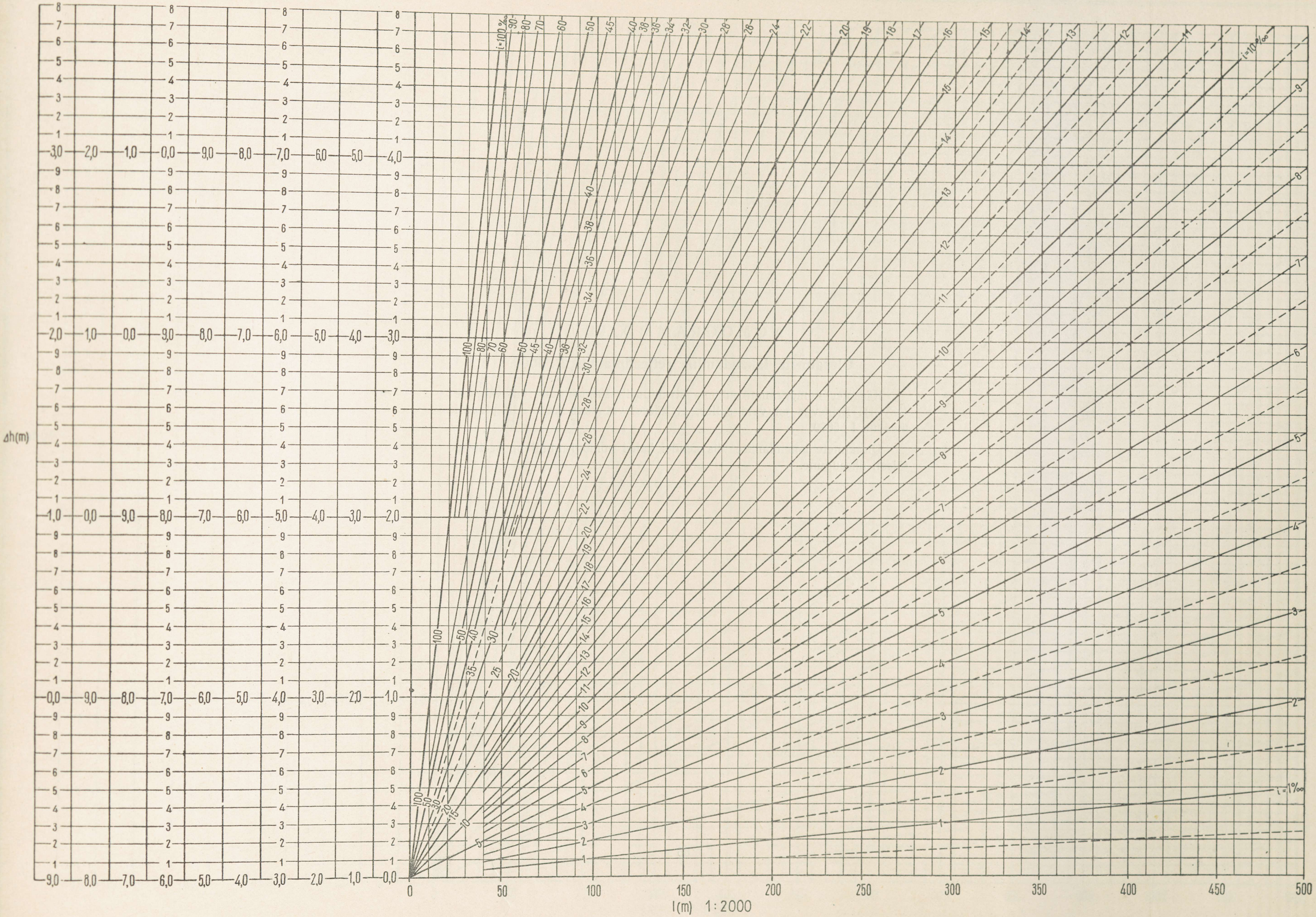
Olgu näiteks punktide A ja B vahekaugus (seda polegi vaja teada) 233 m, siis saame $\Delta h = 0{,}98$ m.

Näide 3. Projekteeritud veejuhtme põhja kõrgusarvude määramine. Olgu projekteeritud kollektor kaldega $i = 7{,}5‰$ ning suudme kõrgusarvuga $H_0 = 49{,}63$ m. Tuleb määrata kollektori põhja kõrgusarv punktis, kus suubub dreen nr. 4 (nimetame seda punkti p. A).

L a h e n d u s. Toimime alguses samuti nagu eelmises näites Δh määramisel ja leiame Δh kollektori suudme ja p. A vahel. Oletame, et selleks osutus 0,84 m. Ilma et meil seda suurust ennast teada vaja oleks, kanname sirkli nomogrammi vasakule poolele, asetades sirkli ühe haara ühe skaala sellisesse punkti, mis vastab lugemile 9,63 (jätame jälle kümnelise järkarvu ära). Suunates sirkli teise haara vertikaalselt üles, teeme lugemi, saame 0,47. Lõpliku tulemuse saame, kui «kombineerime» juurde kümnelise järkarvu, seekord juba mitte enam 4, vaid 5, sest sirkel ulatub ühest kümnelisest (4) teise (5); saame 50,47 m.

Näide 4. Veejuhtme sügavuse (teemulde kõrguse) määramine. Olgu mingis trassi punktis maapinna kõrgusarv 30,16 m, samas aga veejuhtme põhja kõrgusarv 28,54 m.

L a h e n d u s. Asetame sirkli ühe haara nomogrammi vertikaalskaala jaotusele 0,16, teise haara «venitame» vertikaalselt allapoole kuni jaotuseni 8,54. Nüüd tõstame sirkli ühele vertikaalskaalale nii, et üks haar (alumine) satub skaala nullile, kuna sama skaala sellest punktist, kuhu satub sirkli teine haar, teeme lugemi. Saame 1,62.

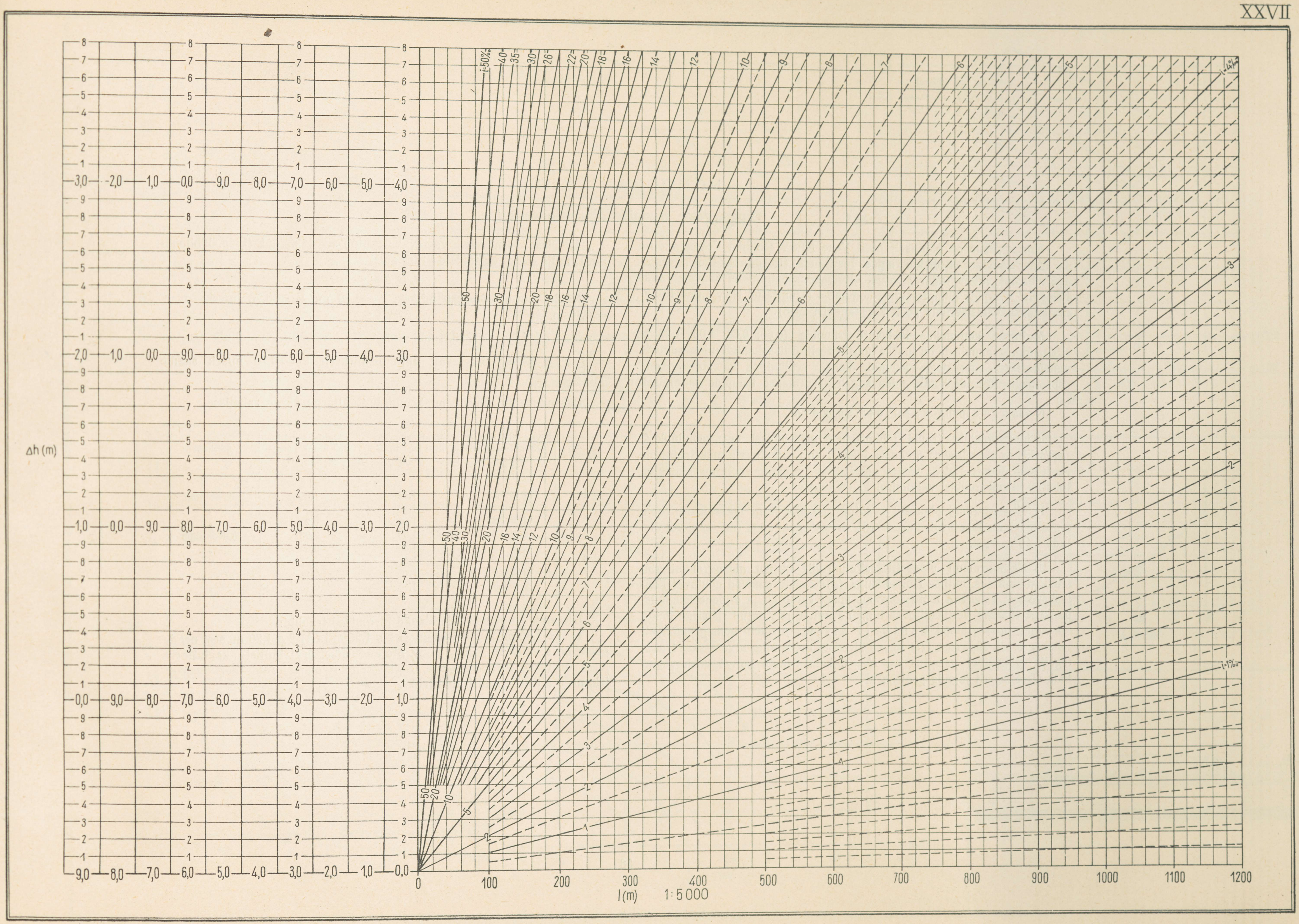

Δh(m)
l(m) 1:2000
i=100 %
i=10‰
i=1‰
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500

NOMOGRAMM XXVII

Ülesannete lahendamine reljeefiplaanil 1 : 5000

Käesolev nomogramm on oma struktuurilt samasugune kui eelmine (XXVI). Erinevus on vaid selles, et käesolevat saab kasutada plaanil mõõdus 1 : 5000.

Ülesannete lahendamise viis nendel kahel nomogrammil on seetõttu täiesti ühesugune.



Δh (m)
l (m)
1:5000
i=50‰
i=4‰
i=1‰

NOMOGRAMM XXVIII

Ümmarguste truupide dimensioneerimine

Nomogramm on põhiliselt pärit Vene NFSV Riikliku Veemajanduse ja Maaparanduse Projekteerimise Instituudi (Rosgiprovodhoz'i) poolt 1957. aastal väljaantud raamatust «Kuivendussüsteemidel asuvate raudbetoonist truupide tüüpprojektide kogumik» (kinnitatud NSV Liidu Põllumajanduse Ministeeriumi poolt 27. jaanuaril 1956).

Mainitud kogumikus leiduvate truupide (0,60; 0,80; 1,00; 1,20 ja 1,50) nomogrammidele on juurde konstrueeritud lisaskaalad mitmesuguste vahepealsete suurustega truupide kohta, sealhulgas ka standardsete asbesttsementtorude kohta, mida sageli kasutatakse truupide ehitamisel.

Nomogrammi kasutamise kord.

Lähtesuurusteks truubi läbimõõdu d määramisel on: vooluhulk Q (m^3/sek), voolu sügavus alumises biefis t (m), lubatavale maksimaalsele veeseisule ülemises biefis vastav paisutus z_n (m) ning voolu maksimaalne lubatav kiirus truubist väljumisel V_a (m/sek).

1) Nomogrammi planšetil esitatud graafiku järgi määratakse voolu maksimaalsele lubatavale kiirusele V_a vastav paisutus z_a (m); z_a ei või ületada 0,40 meetrit.

2) Nomogrammi planšetil esitatud viie üksiku nomogrammi abil tehakse kindlaks, millise läbimõõduga (d) truubid omavad nõutavat läbilaskevõimet (nõutava läbilaskevõime puhul satub Q- ja d-joone lõikumispunktist lähtuva vertikaaljoone ning t-skaalale püstitatud ristsirge lõikumispunkt nomogrammi kontuuri sisse); nendelt nomogrammidelt tehakse voolu sügavuse (H) lugem ülemises biefis ning arvutatakse truubi tegelik (faktiline) paisutus $z = H - t$; kaksiktruubi korral tuleb vooluhulk Q eelnevalt jagada pooleks.

3) Ülesande nõuetele vastavaks osutub see läbimõõt (resp. läbimõõdud), mille puhul on täidetud tingimus

$$z_a \geqslant z \leqslant z_n$$

Näide. Antud: $Q = 2,0$ m^3/sek; $t = 1,30$ m; $V_a = 0,70$ m/sek; $z_n = 0,10$ m.

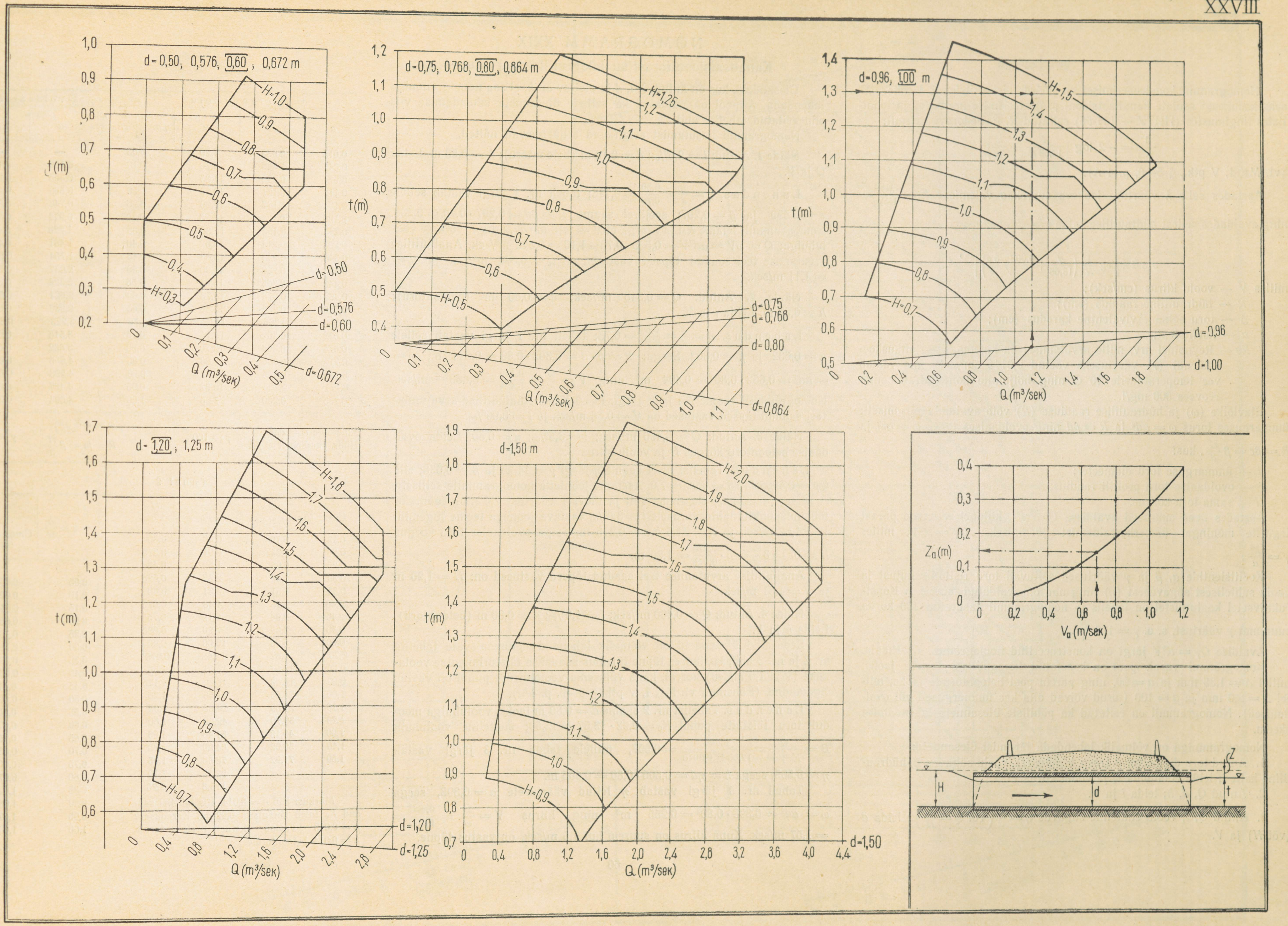
Lahendus. Kaksiktruubi puhul on arvutuslik vooluhulk $Q_{arv.} = \frac{2,0}{2} = 1,0$ m^3/sek. Vastavalt väljumiskiirusele $V_a = 0,70$ m/sek saame graafikult: $z_a = 0,15$ m.

Lahenduse tulemused on koondatud alljärgnevasse tabelisse.

Jrk. nr.	Nõutavat läbilaskevõimet omavad truubid (ø m)	Voolu sügavus ülemises biefis H (m)	Truubi tegelik (faktiline) paisutus z (m)	Märkused
1	1 ø 1,50	1,39	0,09	üksiktruup
2	1 ø 1,25	1,50	0,20	»
3	1 ø 1,20	1,53	0,23	»
4	2 ø 1,50	1,33	0,03	kaksiktruup
5	2 ø 1,25	1,36	0,06	»
6	2 ø 1,20	1,37	0,07	»
7	2 ø 1,00	1,42	0,12	»
8	2 ø 0,96	1,45	0,15	»

Ülesande tingimusi rahuldavad järgmised truubid:

1) 1 ø 1,50 m; 2) 2 ø 1,50 m; 3) 2 ø 1,25 m ja 4) 2 ø 1,20 m, sest nende puhul on z väiksem kui z_n ja z_a. Majanduslike ja tehniliste kaalutluste järgi valitakse neist sobivaim. Nomogrammil on esitatud lahendusjoon jrk. nr. 8 all märgitud truubi jaoks.


d = 0,50; 0,576; 0,60; 0,672 m
t (m)
H=1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
H=0,3
d=0,50
d=0,576
d=0,60
d=0,672
Q (m³/sek)
d=0,75; 0,768; 0,80; 0,864 m
H=1,25
1,2
1,1
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
H=0,5
d=0,75
d=0,768
d=0,80
d=0,864
d=0,96; 1,00 m
H=1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1,0
0,9
0,8
H=0,7
d=0,96
d=1,00
d= 1,20; 1,25 m
H=1,8
1,7
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1,0
0,9
0,8
H=0,7
d=1,20
d=1,25
d=1,50 m
H=2,0
1,9
1,8
1,7
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1,0
H=0,9
d=1,50
Z_a (m)
V_a (m/sek)
Z
H
d
t

NOMOGRAMM XXIX

Kanalisatsioonitorustiku hüdraulilised arvutused

Nomogrammi konstrueerimisel on hõõrdumiskoefitsiendi λ määramiseks kasutatud asulate kanalisatsiooni projekteerimise normides ja tehnilistes tingimustes (НИТУ — 141-56) esitatud N. F. Fedorovi valemit:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\Delta}{13{,}68\, R} + \frac{a}{Re} \right)$$

(vt. MK I, V ptk., § 5—6, p. 4 A).

Asetades selle λ väärtuse jooksva survekao valemisse $h_j = \frac{\lambda l V^2}{4R\, 2g}$ ning avaldades sellest hüdraulilise kalde $i = \frac{h_j}{l}$, saame:

$$i = \frac{V^2}{31392\, R \left[\log \frac{1}{R} \left(\frac{\Delta}{13{,}68} + \frac{0{,}003525\, a}{V} \right) \right]^2},$$

milles V — voolu kiirus (cm/sek);
R — hüdrauliline raadius (cm);
Δ — toru seina ekvivalentne karedus (cm);
a — koefitsient;
Re — Reynoldsi arv, mille arvutamisel on kinemaatilise sitkuskoefitsiendi (ν) väärtuseks võetud 0,0141 cm²/sek, mis vastab vee temperatuurile 10° C ning hõljumite kontsentratsioonile reovees 500 mg/l.

Elavlõike (ω) ja hüdraulilise raadiuse (R) võib avaldada järgmiselt: ümmarguses torus $\omega = \alpha d^2$ ja $R = \beta d$ ning ovoidaalses torus $\omega = \alpha r^2$ ja $R = \beta r = \beta \frac{H}{3}$, kus:

d — ümmarguse toru diameeter;
r — ovoidaalse toru profiili raadius;
H — sama toru kõrgus.

Asetades need suurused avaldisse $Q = \omega V$, kujuneb viimane pärast tegurite mõningat ümberkorraldamist järgmiseks: $Q\gamma = R^2 V$, milles $\gamma = \frac{\beta^2}{\alpha}$.

Koefitsientide α, β ja γ väärtused sõltuvad toru ristlõike kujust ja voolu suhtelisest sügavusest (η) ning nad on avaldatud tabelis 1. Konstruktiivsetel kaalutlustel on tabelis ja nomogrammil kasutatud 100 korda suuremat γ väärtust, s. o. $\gamma = 100 \frac{\beta^2}{\alpha}$.

Avaldise $Q\gamma = R^2 V$ järgi on konstrueeritud nomogrammi $Q\gamma$-skaala.

Nomogrammi vasak pool on koostatud keraamiliste torude jaoks, millel $\Delta = 1{,}35$ mm ja $a = 90$, ning parem pool betoontorude jaoks, millel $\Delta = 2{,}0$ mm ja $a = 100$ (torud võivad olla kas ümmargused või ovoidaalsed). Nomogrammil on esitatud ka põhiliste ülesannete lahendamise skeem.

Nomogrammiga on võimalik lahendada järgmisi ülesandeid:

1. Antud toru diameeter d (resp. kõrgus H), voolu sügavus h, hüdrauliline kalle i; leida vooluhulk Q ja voolu kiirus V.
2. Antud Q, d, h; leida i ja V.
3. Antud Q, i, voolu suhteline sügavus $\eta = \frac{h}{d}$ $\left(\text{või } \eta = \frac{h}{H}\right)$; leida d (või H) ja V.

Ülesandeid, kus on antud Q, i, d ja otsitav on h, ei saa nomogrammiga lahendada. Allpool on näidatud ka selliste ülesannete lahendamise viis siin esitatud tabelite abil.

Nomogrammi kasutamist selgitavad alljärgnevad näited.

Näide 1. Antud: $i = 2{,}0‰$; $d = 0{,}70$ m (betoontoru); $h = 0{,}50$ m. Leida Q ja V.

L a h e n d u s. $\eta = \frac{h}{d} = \frac{0{,}50}{0{,}70} = 0{,}713$; tabeli nr. 1 järgi vastab sellele $\alpha = 0{,}599$ ja $\beta = 0{,}297$; seejärel saame $R = \beta d = 0{,}297 \cdot 0{,}70 = 0{,}208$. Nomogrammilt leiame R-i ja i järgi, et $V = 1{,}10$ m/sek, ning arvutame vooluhulga: $Q = \omega V = \alpha d^2 V = 0{,}599 \cdot 0{,}70^2 \cdot 1{,}10 = 0{,}322$ m³/sek. Analüütilise arvutamise teel saadud täpsed vastused on $Q = 0{,}326$ m³/sek ja $V = 1{,}11$ m/sek.

Näide 2. Antud: $Q = 0{,}345$ m³/sek; $d = 0{,}80$ m (betoontoru); $h = 0{,}60$ m. Leida i ja V.

L a h e n d u s. $\eta = \frac{h}{d} = \frac{0{,}60}{0{,}80} = 0{,}75$; tabeli nr. 1 järgi vastab sellele $\alpha = 0{,}632$ ja $\beta = 0{,}302$. Seega: $R = \beta \cdot d = 0{,}302 \cdot 0{,}80 = 0{,}241$ m; $\omega = \alpha d^2 = 0{,}632 \cdot 0{,}80^2 = 0{,}404$ m² ning $V = \frac{Q}{\omega} = \frac{0{,}345}{0{,}404} = 0{,}853$ m/sek. Nomogrammilt saame R-i ja V järgi: $i = 0{,}97‰$. Analüütilise arvutamise teel saadud täpsed vastused on $V = 0{,}86$ m/sek ja $i = 0{,}99‰$.

Näide 3. Antud: $Q = 0{,}490$ m³/sek; $i = 3{,}5‰$; $\eta = 0{,}50$. Leida ovoidaalse betoontoru kõrgus H ja voolu kiirus V.

L a h e n d u s. Tabelist nr. 1 saame η järgi $\gamma = 14{,}25$ ja $\beta = 0{,}538$; siis $Q\gamma = 0{,}490 \cdot 14{,}25 = 6{,}98 \approx 7{,}0$. Asetame joonlaua nomogrammile selliselt, et ta serv läbiks $Q\gamma$-skaaladel (all ja üleval) väärtust 7,0 ning joonlaua lõikumispunktis lähtesuurusele $i = 3{,}5‰$ vastava joonega teeme lugemid: $V = 1{,}52$ m/sek ja $R = 21{,}5$ cm $= 0{,}215$ m; seega ovoidaalse toru kõrgus $H = 3r = 3\frac{R}{\beta} = 3 \cdot \frac{0{,}215}{0{,}538} = 1{,}20$ m.

Analüütilise arvutamise teel saadud täpsed vastused on: $H = 1{,}20$ m ja $V = 1{,}51$ m/sek.

Näide 4. Antud: $Q = 0{,}400$ m³/sek; $i = 4{,}0‰$; $d = 0{,}80$ m (betoontoru). Leida h ja V.

Seda liiki ülesandeid on võimalik lahendada juuresolevate tabelite nr. 2 ja nr. 3 abil, kusjuures täpne tulemus saadakse täisturbulentse voolamise ($V \geqslant 1{,}5$ m/sek) korral, kuna väiksema voolukiiruse puhul on vastus ligikaudne. (Lähemalt vt. MK I, V ptk. § 5—6, p. 4A.)

L a h e n d u s. Tabelist nr. 2 saame $d = 0{,}80$ m jaoks: vooluhulga moodul toru täistäite puhul $K_0 = 0{,}92 \cdot 13{,}57 = 12{,}50$; suhteline vooluhulk $B = \frac{Q}{K_0 \sqrt{i}} = \frac{0{,}400}{12{,}50 \sqrt{0{,}0040}} = 0{,}507$, millele tabeli nr. 3 järgi vastab $\eta \approx 0{,}505$; seega $h = \eta d = 0{,}505 \cdot 0{,}80 = 0{,}405$ m.

Tabeli nr. 1 järgi vastab η leitud väärtusele $\alpha = 0{,}398$, seega $\omega = \alpha d^2 = 0{,}398 \cdot 0{,}80^2 = 0{,}255$ m² ning kiirus $V = \frac{Q}{\omega} = \frac{0{,}400}{0{,}255} = 1{,}57$ m/sek. Kuna kiirus on suurem kui 1,5 m/sek, on vastus täpne.

Tabel 1

Ümmargune toru				Ovoidaalne toru		
α	β	γ	$\eta = \frac{h}{d}$ | $\eta = \frac{h}{H}$	α	β	γ
0,015	0,033	7,20	0,05	—	—	—
0,041	0,063	9,70	0,10	0,199	0,169	14,35
0,074	0,093	11,85	0,15	0,355	0,232	15,15
0,112	0,121	13,05	0,20	0,539	0,287	15,26
0,154	0,147	14,00	0,25	0,746	0,338	15,32
0,198	0,171	14,75	0,30	0,974	0,384	15,14
0,245	0,193	15,30	0,35	1,220	0,427	14,94
0,293	0,214	15,62	0,40	1,481	0,467	14,73
0,343	0,233	15,83	0,45	1,754	0,504	14,50
0,393	0,250	15,90	0,50	2,037	0,538	14,25
0,443	0,265	15,84	0,55	2,328	0,570	13,96
0,492	0,278	15,73	0,60	2,624	0,598	13,66
0,540	0,288	15,36	0,65	2,923	0,624	13,33
0,587	0,296	14,94	0,70	3,223	0,646	12,97
0,632	0,302	14,44	0,75	3,518	0,665	12,55
0,674	0,304	13,70	0,80	3,802	0,677	12,05
0,712	0,303	12,88	0,85	4,065	0,683	11,45
0,745	0,298	11,92	0,90	4,298	0,678	10,70
0,771	0,286	10,62	0,95	4,487	0,652	9,45
0,785	0,250	7,95	1,00	4,594	0,579	7,30
Elavlõige $\omega = \alpha d^2$ Hüdr. raadius $R = \beta d$		$\gamma = 100 \frac{\beta^2}{\alpha}$		$\omega = \alpha r^2$ $R = \beta r = \beta \frac{H}{3}$		$\gamma = 100 \frac{\beta^2}{\alpha}$

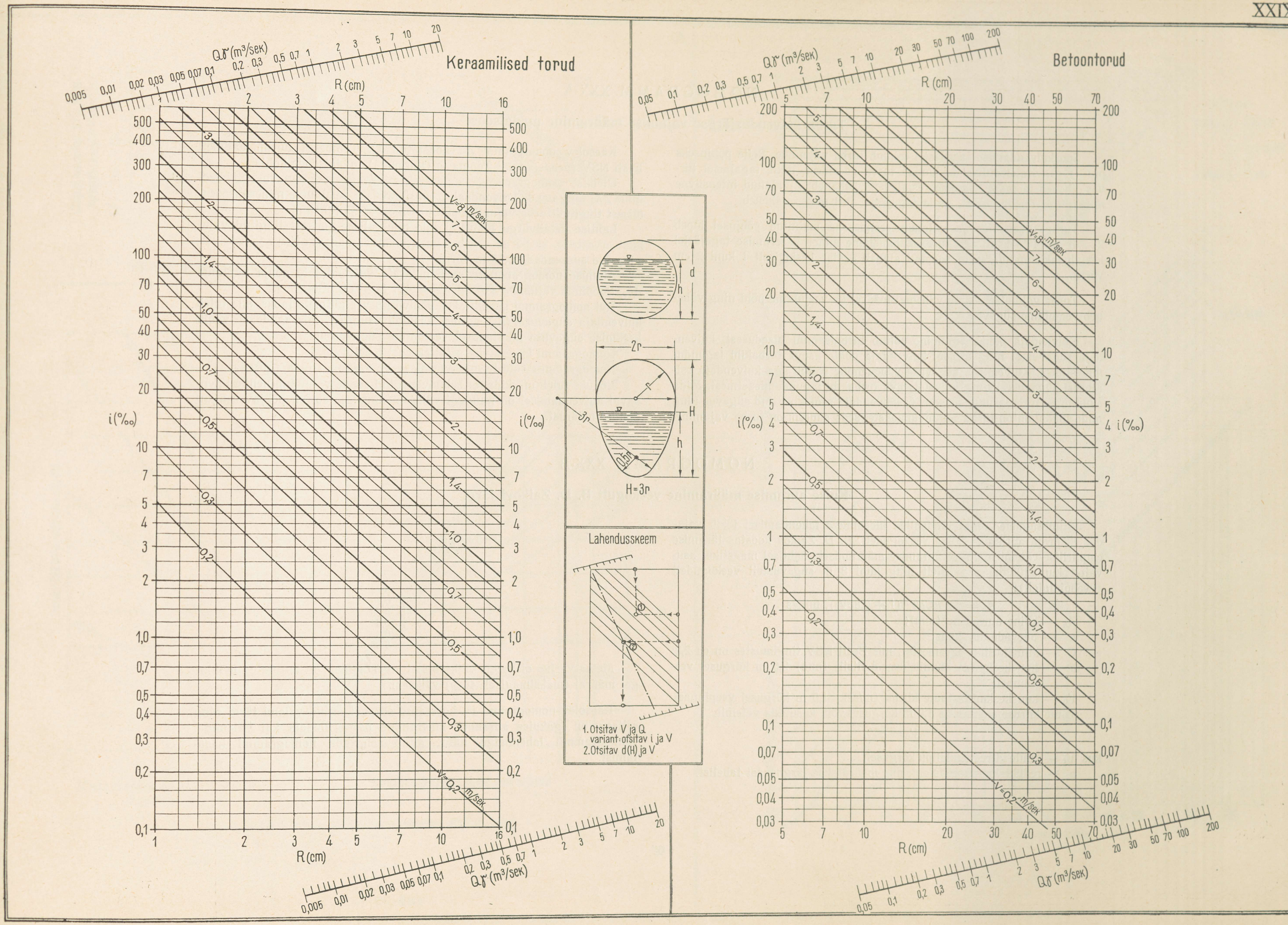
Tabel 2

d (m)	K_0 ($n = 0{,}013$) Ümmarguneтoru	K_0 ($n = 0{,}013$) Ovoidaalne toru	H (m)
0,15	0,16	0,50	0,30
0,20	0,34	0,91	0,375
0,25	0,62	1,52	0,45
0,30	1,00	2,33	0,525
0,35	1,51	3,31	0,60
0,40	2,15	4,43	0,675
0,45	2,94	6,12	0,75
0,50	3,89	7,90	0,825
0,60	6,33	10,00	0,90
0,70	9,52	12,42	0,975
0,80	13,57	15,21	1,05
0,90	18,53	18,36	1,125
1,00	24,50	21,55	1,20
1,10	31,59	29,93	1,35
1,20	39,79	42,69	1,50
1,30	49,18	51,43	1,65
1,40	59,92	64,39	1,80
1,50	71,92	78,58	1,95
		92,19	2,10
		115,8	2,25

Märkus: Kui $n = 0{,}014$, siis tabelist saadud K_0 tuleb korrutada 0,92-ga. Karedusarv $n = 0{,}013$ vastab keraamilisele torule, $n = 0{,}014$ betoontorule.

Tabel 3

$\frac{h}{d} = \eta = \frac{h}{H}$	B Ümmargune toru	B Ovoidaalne toru
0,05	0,005	0,014
0,10	0,021	0,018
0,15	0,049	0,040
0,20	0,089	0,072
0,25	0,138	0,111
0,30	0,197	0,159
0,35	0,264	0,216
0,40	0,338	0,278
0,45	0,417	0,348
0,50	0,500	0,423
0,55	0,585	0,501
0,60	0,671	0,585
0,65	0,755	0,672
0,70	0,835	0,755
0,75	0,909	0,839
0,80	0,975	0,917
0,85	1,027	0,983
0,90	1,063	1,037
0,95	1,072	1,062
1,00	1,000	1,000



Keraamilised torud
Qδ (m³/sek)
R (cm)
i (‰)
V=8 m/sek
V=0,2 m/sek
Betoontorud
Qδ (m³/sek)
R (cm)
i (‰)
V=8 m/sek
V=0,2 m/sek
d
h
2r
r
3r
H
h
0,5r
H=3r
Lahendusskeem
1. Otsitav V ja Q
variant: otsitav i ja V
2. Otsitav d(H) ja V

NOMOGRAMM XXX-A

Turba kuivendusjärgse vajumise määramine madalsoos

Soo kuivendamise tagajärjel toimub turba vajumine. Selle põhjuseks on: 1) gravitatsioonivee kadumine turba pooridest, mille tagajärjel turvas tiheneb ja maht võrreldes esialgsega kahaneb; 2) alanud intensiivne mineraliseerumisprotsess, mille tagajärjel turbamass väheneb.

Turba tihenemine ja vajumine esimesena mainitud põhjusel lõpeb 2...5 aasta jooksul, aga turba kahanemine mineraliseerumise tagajärjel kestab lakkamatult, ning soopind alaneb aastas keskmiselt 1 kuni 2 cm võrra.

Turba vajumisel vajub vähemal määral ka veejuhtme põhi ning väheneb veejuhtme sügavus.

Kuivendaja põhja vajumine sõltub turbalasundi tüsedusest, kuivendaja sügavusest ning allpool kuivendaja põhja asuva turbakihi lagundumisastmest. Kuivendaja sügavuse vähenemine sõltub aga kuivendaja esialgsest sügavusest ning kuivendatava turbakihi lagundumisastmest. Mida suurem on turbalasundi tüsedus ja kuivendaja projekteeritud sügavus ning mida madalam on turba lagundumisaste, seda suurem on turba vajumine.

Käesolev nomogramm on koostatud U. Tombergi uurimisandmeil Eesti NSV (peaasjalikult Tooma ja Oidremaa) madalsoode kohta.

Ülemise nomogrammiga määratakse kuivendajate sügavuse vähenemine Δh_0 ning nende kuivendusjärgne sügavus h, kusjuures mineraliseerumisest tingitud turba vajumise suuruseks on võetud 0,15 m.

Lahtise detailvõrgu puhul ei tule mineraliseerumisest tingitud vajumist arvestada, seepärast tuleb nomogrammilt saadavat Δh_0-i vähendada ning h-d suurendada 0,15 m võrra.

Alumise nomogrammiga saab määrata kuivendajate põhja vajumist Δh_p. Soopinna vajumine ΔH_0 saadakse Δh_p ja Δh_0 liitmise teel.

Kui nomogrammi kasutatakse põhivõrgu veejuhtmete jaoks, siis tuleb kuivendaja sügavuse (h_0) asemel kasutada suurust, mis saadakse voolu keskmise sügavuse lahutamisel veejuhtme sügavusest.

Nomogrammi kasutamist selgitab seal toodud näide.

Nomogramm ei ole kasutatav õõtssoode vajumise määramiseks.

Lõpuks tuleb märkida, et eelkuivendatud soode vajumine nende täiendaval kuivendamisel on muidugi väiksem ning see sõltub põhjavee alandamise määrast.

NOMOGRAMM XXX-B

Kuise auramise määramine veekogult B. D. Zaikovi järgi

Mitmesuguste veemajanduslike ülesannete lahendamisel tekib vajadus määrata auramise hulka veekogudelt. B. D. Zaikov koostas järgmise empiirilise valemi igakuise auramise määramiseks lahtisel maastikul asuvatelt kuni 100 ha suurustelt ning kuni 8 m sügavustelt veekogudelt (veehoidlatelt):

$$A_k = 0{,}2\, nCd^{0{,}78}\,(1 + 0{,}85V_0),\ \text{milles}$$

A_k — kuine auramine (mm);
n — päevade arv kuus;
C — klimaatiline parameeter, mis Eesti NSV tingimustes on ca 2,2;
d — kuu keskmine õhuniiskuse defitsiit (mm) 2,0 m kõrgusel veepinnast;
V_0 — kuu keskmine tuule kiirus (m/sek) 1,0 m kõrgusel veepinnast.

Tuule kiiruse saamiseks 1,0 m kõrgusel võib kasutada valemit:

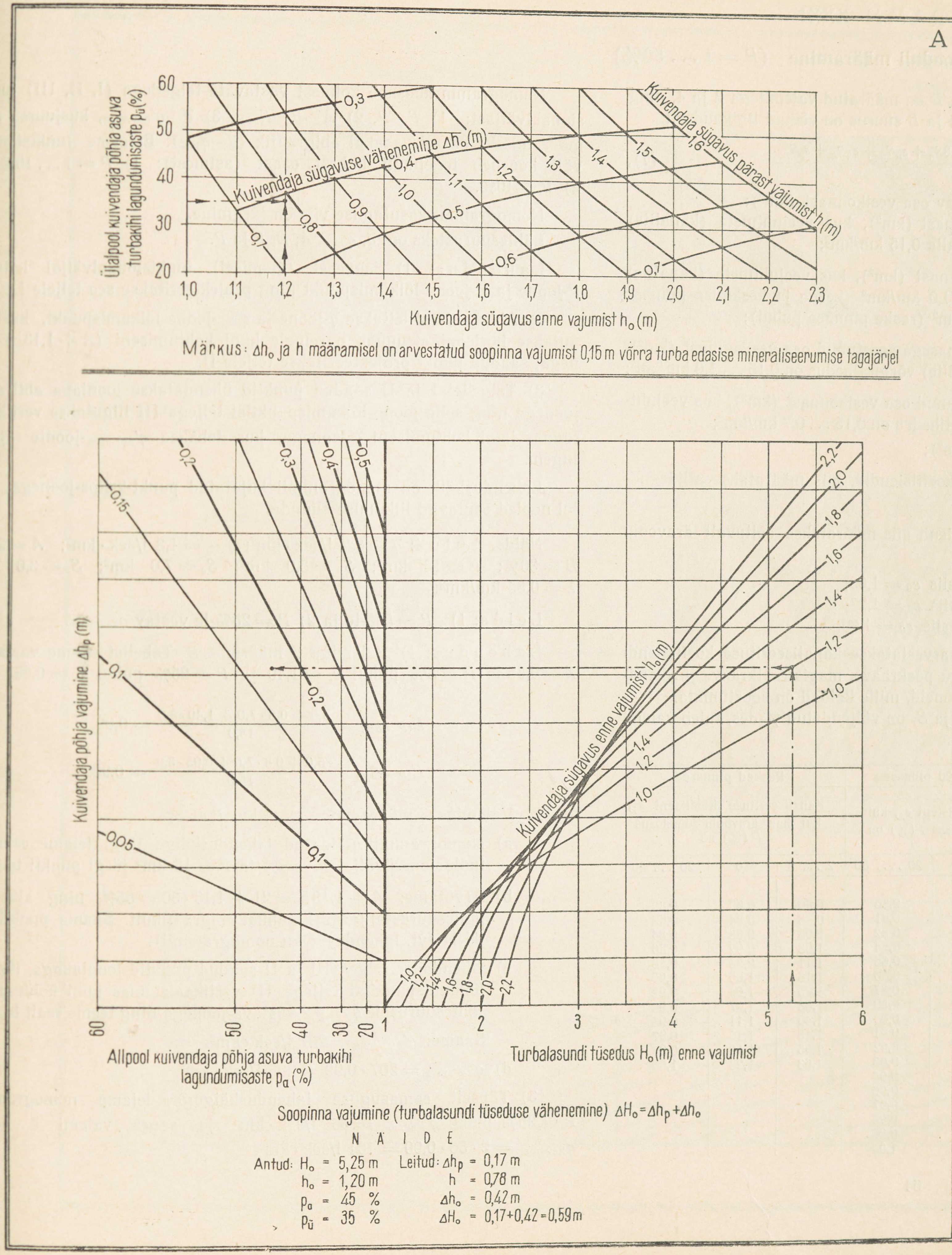
$$V_0 = aV_t,$$

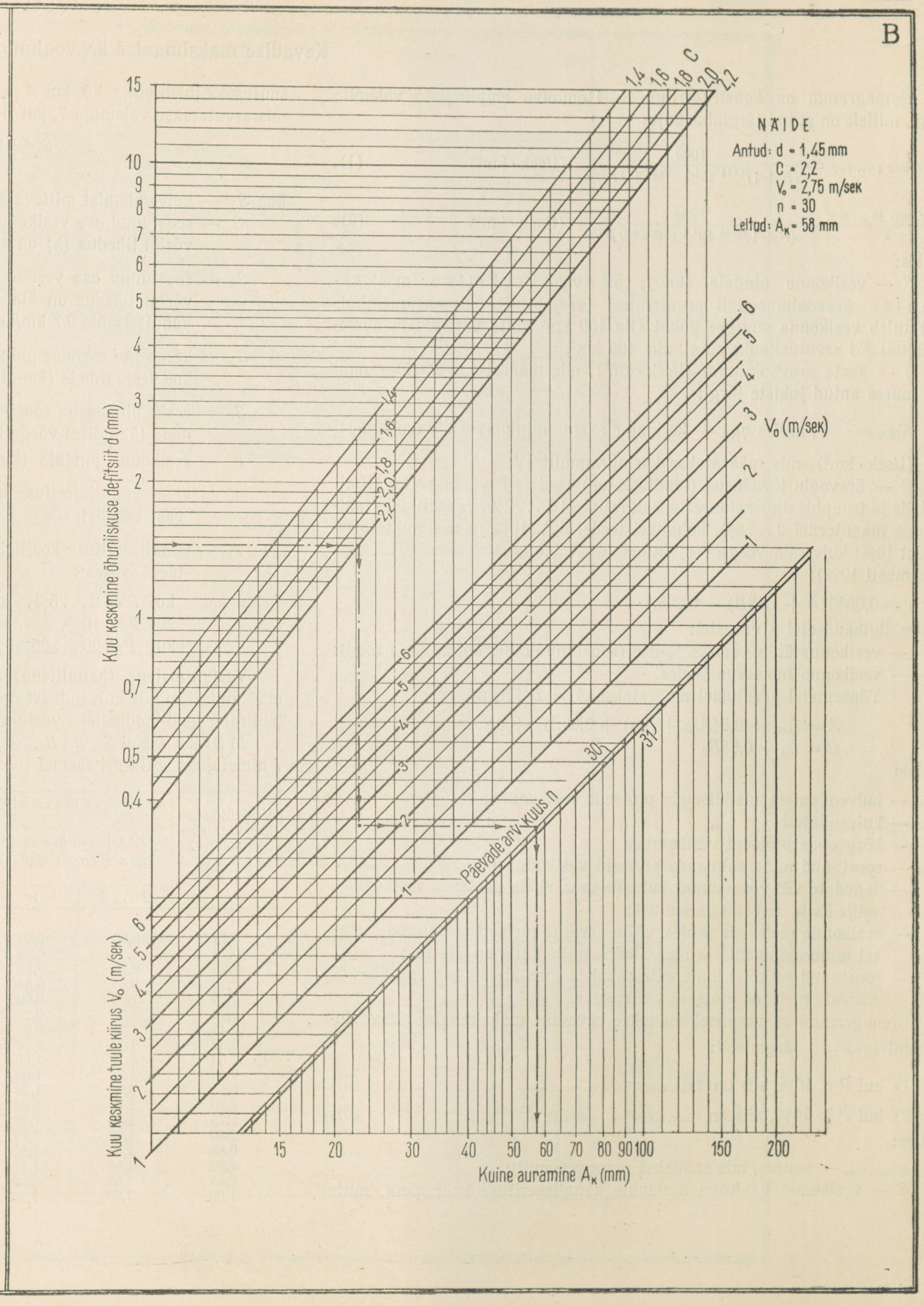
kus V_t — tuule kiirus tuulelipu kõrgusel;
a — reduktsioonikoefitsient, mis määratakse järgnevast tabelist.

Tuulelipu kõrgus H (m)	a
2	0,84
3	0,76
5	0,68
7	0,64
10	0,60
12	0,58

Metsa varjus olevatelt väiksematelt veekogudelt on aurumine mõningal määral (maksimaalselt 40%) väiksem.

Käesolev nomogramm on koostatud eespool antud valemi järgi ning sellega on igakuise auramise määramine palju lihtsam kui valemiga. Nomogrammil lahendatud näide aitab selgitada nomogrammi kasutamist.


A
Ülalpool kuivendaja põhja asuva turbakihi lagundumisaste $p_ü$ (%)
Kuivendaja sügavuse vähenemine Δh_o (m)
Kuivendaja sügavus pärast vajumist h (m)
Kuivendaja sügavus enne vajumist h_o (m)
Märkus: Δh_o ja h määramisel on arvestatud soopinna vajumist 0,15 m võrra turba edasise mineraliseerumise tagajärjel
Kuivendaja põhja vajumine Δh_p (m)
Kuivendaja sügavus enne vajumist h_o(m)
Allpool kuivendaja põhja asuva turbakihi lagundumisaste p_a (%)
Turbalasundi tüsedus H_o(m) enne vajumist
Soopinna vajumine (turbalasundi tüseduse vähenemine) $\Delta H_o = \Delta h_p + \Delta h_o$
NÄIDE
Antud: H_o = 5,25 m
h_o = 1,20 m
p_a = 45 %
$p_ü$ = 35 %
Leitud: Δh_p = 0,17 m
h = 0,78 m
Δh_o = 0,42 m
ΔH_o = 0,17+0,42 = 0,59 m


B
NÄIDE
Antud: d = 1,45 mm
C = 2,2
V_o = 2,75 m/sek
n = 30
Leitud: $A_к$ = 58 mm
Kuu keskmine õhuniiskuse defitsiit d (mm)
Kuu keskmine tuule kiirus V_o (m/sek)
V_o (m/sek)
Päevade arv kuus n
Kuine auramine $A_к$ (mm)

NOMOGRAMM XXXI

Kevadise maksimaalse äravoolumooduli määramine ($P = 1 \dots 50\%$)

Nomogramm on konstrueeritud K. Hommiku empiiriliste valemite järgi, millele on antud järgmine kuju:

$$q'_{\text{kev. max } 1 \dots 10\%} = \frac{100\overline{q}}{(F+1)^{0,144}\, 10^{1,4\,(K_{95\%}+r)}\, P^{0,22}} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (1),$$

$$\frac{q'_{\text{kev. max } 10 \dots 50\%}}{2} = \frac{100\overline{q}}{(F+1)^{0,144}\, 10^{1,4\,(K_{95\%}+r)}\, P^{0,52}} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (2),$$

milles:

F — vesikonna pindala (km^2); päeva keskmise maksimaalse äravoolumooduli arvutamisel (veejuhtmete dimensioneerimisel) tuleb vesikonna suuruse puhul alla 100 km^2 võtta valemis ja nomogrammil F-i arvutuslikuks suuruseks 100 km^2;

$\overline{q}$ — aasta äravoolunorm (l/sek · km^2), mis määratakse kartogrammi III juures antud juhiste järgi;

$K_{95\%} = \frac{q_{95\%}}{\overline{q}}$, milles $q_{95\%}$ — keskmine aasta minimaalne äravoolumoodul (l/sek · km^2), mis määratakse kartogrammilt IV;

P — äravoolu tõenäosus (kindlustatus) %-des; P võetakse tavaliselt sildade ja truupide dimensioneerimisel: raudteel 1 . . . 2%, vabariikliku tähtsusega maanteedel 2 . . . 5%, kohalikel teedel 5 . . . 10% ja majandite siseteedel 10%; kuivendusvõrgu veejuhtmete dimensioneerimisel — 10 . . . 25% (enamasti 10%);

$r = 0,0045(A + 1,13B) - 0,285$,

milles ligikaudsetel arvutustel:

A — vesikonna üldine soisus %-des (soostunud mineraalmaad ja sood);

B — vesikonna metsasus %-des.

Täpsematel arvutustel määratakse A ja B järgmiselt:

$$A = A_{ms} + 0,5(A_{mk} + A_{ks}) + 0,65A_{sm} + 0,28D \qquad (3);$$

$$B = B_1 + 0,85B_2 \qquad (4),$$

milles:

A_{ms} — kuivendamata madalsoode protsent vesikonnas;

A_{mk} — kuivendatud „ „ „ ;

A_{ks} — kõrgsoode protsent vesikonnas;

A_{sm} — soostunud mineraalmaade protsent vesikonnas;

D — lagedate või võsastunud kuivade maa-alade protsent vesikonnas, mille kalle on väiksem kui 2%;

B_1 — vesikonna metsasus %-des, välja arvatud metsad soostunud rasketel mineraalmaadel ja maa-aladel, mille kalle on üle 2%;

B_2 — soostunud rasketel mineraalmaadel ja maa-aladel kaldega üle 2% asuvate metsade protsent vesikonnas.

Nomogrammi kasutamisel saadakse kevadine maksimaalne äravoolumoodul ($q_{\text{kev. max}}$) järgmiselt:

1) kui $P \leqslant 10\%$, siis on $q_{\text{kev. max}} = q'_{\text{kev. max}} \cdot E$ (5),

2) kui $P > 10\%$, siis on $q_{\text{kev. max}} = 2q'_{\text{kev. max}} \cdot E$ (6),

milles:

$q'_{\text{kev. max}}$ — suurus, mis saadakse nomogrammilt;

E — vesikonna kaalutud keskmine kanaliseerituse koefitsient, mille suuruseks tuleb võtta 1,0, kui A ja B on määratud valemitega 3 ja 4, ning mis arvutatakse valemiga 7, kui A ja B suurus on võetud ligikaudselt.

$$E = \frac{S_0 + 0,8S_a + \varepsilon_{ü}S_{ü} + \varepsilon_k S_k + \varepsilon_r S_r}{F} \qquad (7),$$

kus S_0 — kuivendamist mittevajav osa vesikonnast (km^2);

S_a — soostunud osa vesikonnast (km^2), kus veejuhtmete (kanalite) võrgu tihedus (λ) on alla 0,15 km/km^2;

$S_{ü}$ — soostunud osa vesikonnast (km^2), kus veejuhtmete (kanalite) võrgu tihedus on üle 1,0 km/km^2 (kerge ja keskmise pinnase puhul) ja üle 0,7 km/km^2 (raske pinnase puhul);

S_k — kerge ja keskmise pinnasega soostunud osa vesikonnast (km^2), kus veejuhtmete (kanalite) võrgu tihedus on 0,15 . . . 1,0 km/km^2;

S_r — raske pinnasega soostunud osa vesikonnast (km^2), kus veejuhtmete (kanalite) võrgu tihedus on 0,15 . . . 0,7 km/km^2;

F — vesikonna pindala (km^2);

ε_k ja ε_r — kanaliseerituse koefitsiendid, mis määratakse alljärgnevast tabelist;

$\varepsilon_{ü}$ — kanaliseerituse koefitsient, mis määratakse sõltuvalt äravoolu tõenäosusest:

kui $P = 2 \dots 5\%$, siis $\varepsilon_{ü} = 1,63$;
kui $P = 10\%$, , siis $\varepsilon_{ü} = 1,23$;
kui $P = 20 \dots 50\%$, siis $\varepsilon_{ü} = 1,00$.

Veejuhtmetena (kanalitena) arvestatakse kanaliseerituse koefitsiendi määramisel ainult kuivendusvõrgu peakraave, magistraalkraave ja -kanaleid ning neid looduslikke veejuhtmeid, mille kaldad on soostumata.

Märkus. Kui S_o, S_a, $S_{ü}$, S_k ja S_r on väljendatud %-des, tuleb valemi 7 nimetajaks võtta F-i asemel 100.

Veejuhtmete (kanalite) võrgu tihedus λ $\left(\frac{\text{km}}{\text{km}^2}\right)$	Kerged ja keskmised pinnased Kanaliseerituse koefitsient ε_k, kui max äravoolu tõenäosus $P(\%)$ on			Rasked pinnased Kanaliseerituse koefitsent ε_r, kui max äravoolu tõenäosus $P(\%)$ no		
	2 . . . 5	10	20 50	2 . . . 5	10	20 . . . 50
0,15	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,20	0,85	0,83	0,81	0,88	0,84	0,82
0,25	0,90	0,85	0,82	0,96	0,88	0,84
0,30	0,95	0,88	0,84	1,03	0,92	0,86
0,35	1,00	0,90	0,85	1,11	0,96	0,88
0,40	1,05	0,93	0,86	1,18	1,00	0,90
0,45	1,10	0,95	0,87	1,25	1,04	0,92
0,50	1,14	0,98	0,89	1,33	1,07	0,93
0,55	1,19	1,00	0,90	1,40	1,11	0,95
0,60	1,24	1,03	0.91	1,48	1,15	0,97
0,65	1,29	1,05	0,92	1,55	1,19	0,99
0,70	1.34	1,08	0,93	1,63	1,23	1,00
0.75	1,39	1,10	0,94			
0,80	1,43	1,13	0,96			
0,85	1,48	1,15	0,97			
0,90	1.53	1,18	0,98			
0,95	1,58	1,20	0,99			
1,00	1,63	1,23	1,00			

Nomogramm koosneb kolmest vastavate telgedega (I, II, III) funktsionaalväljast: 1) F—P, 2) A—B—$K_{95\%}$, 3) $\overline{q}$—$q'_{\text{kev. max}}$, kusjuures $K_{59\%}$ määramiseks on all vasakul abigraafik ($\overline{q}$—$q_{95\%}$). Esimene funktsionaalväli koosneb tegelikult kahest osast (astmest): 1) $P = 1 \dots 10\%$ ja 2) $P \geqslant 10\%$.

Nomogrammi kasutamise viis on järgmine.

Lähtesuurusteks on: $\overline{q}$, $q_{95\%}$, A, B, F ja P.

Lahendus: 1) Esimesel (ülemisel) funktsionaalväljal leitakse F-joone ja P-joone lõikumispunkt ning projekteeritakse see teljele I.

2) Abigraafikul leitakse $\overline{q}$-joone ja $q_{95\%}$-joone lõikumispunkt, kust liigutakse horisontaalsuunas paremale kuni kohtumiseni $(A + 1,13B)$-joonega; saadud punkt projekteeritakse teljele II.

3) Telgedel I ja II saadud punktid ühendatakse joonlaua abil sirgjoonega ning selle joone lõikumispunktist teljega III liigutakse vertikaalsuunas kuni kohtumiseni $\overline{q}$-joonega, kus tehakse $q'_{\text{kev. max}}$-joonte järgi lugem.

Lahenduskäik on nomogrammil kujutatud punkt-kriips-joonega, millel nooled osutavad liikumise suunda.

Näide. Antud: $\overline{q} = 8,2$ l/sek · km^2; $q_{95\%} = 1,8$ l/sek · km^2; $A = 21\%$; $B = 30\%$; $F = 15$ km^2; $S_o = 5,0$ km^2; $S_a = 7,0$ km^2; $S_r = 3,0$ km^2; $\lambda = 0,55$ km/km^2.

Leida: 1) $P = 5\%$-le ja 2) $P = 25\%$-le vastav $q_{\text{kev. max}}$.

Lahendus: 1) Valemiga 7 määrame E. Tabelist saame vastavalt $\lambda = 0,55$-le $P = 5\%$ puhul $\varepsilon_r = 1,40$ ja $P = 25\%$ puhul $\varepsilon_r = 0,95$; siis:

$$E_{(P=5\%)} = \frac{5,0 + 0,8 \cdot 7,0 + 1,40 \cdot 3,0}{15,0} = 0,99 \text{ ja}$$

$$E_{(P=25\%)} = \frac{5,0 + 0.8 \cdot 7,0 + 0,95 \cdot 3,0}{15,0} = 0,90.$$

2) Valemiga 5 määrame $q_{\text{kev. max}}$, kui $P = 5\%$.

a) Nomogrammil näidatud lahenduskäigu järgi leiame esimesel funktsionaalväljal $P = 5\%$ ja $F = 15$ km^2 järgi punkti teljel I.

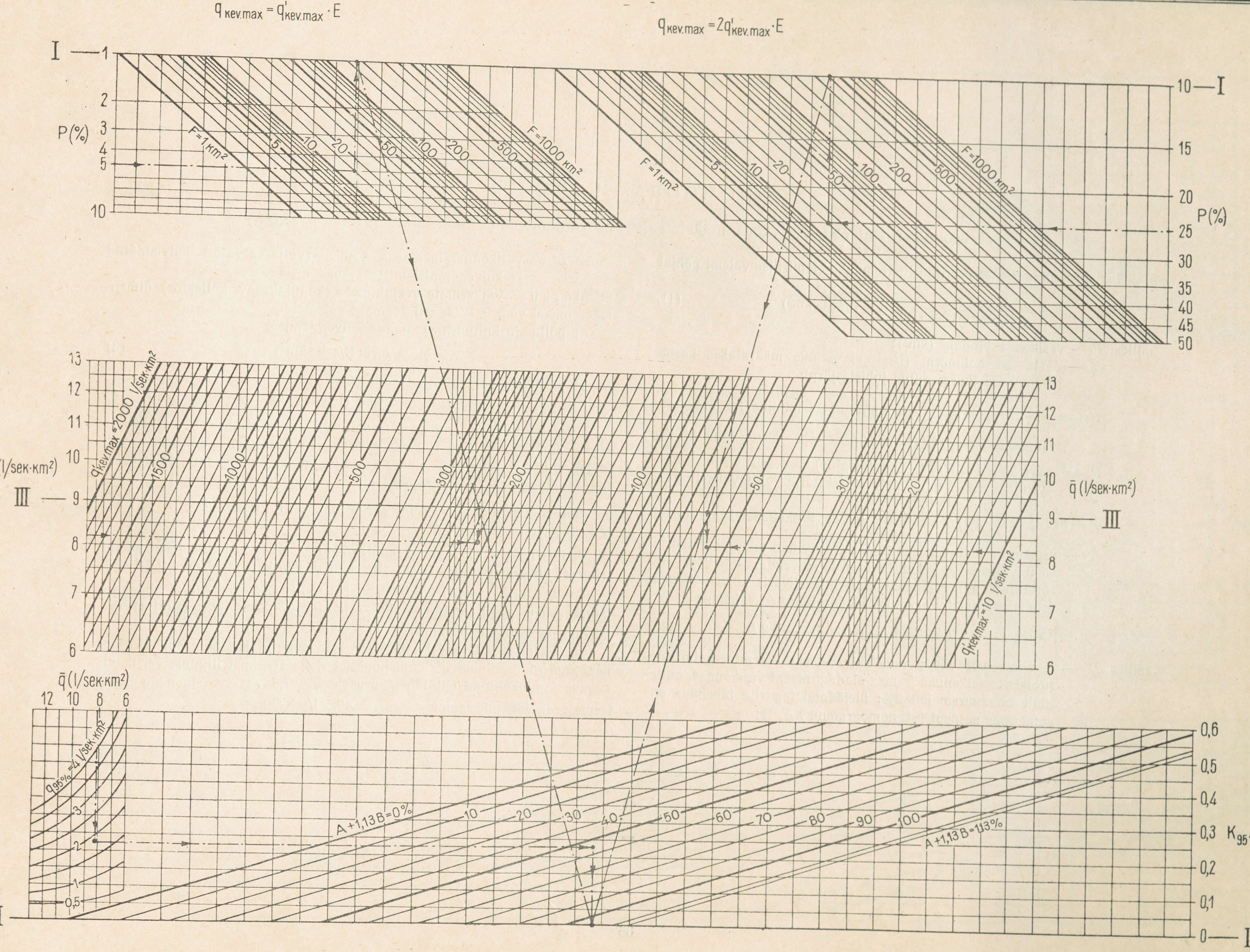
b) Arvutame: $A + 1,13B = 21 + 1,13 \cdot 30 = 55\%$ ning alustame lähtesuuruste järgi liikumist abigraafikult. Saame punkti teljel II (vt. lahenduskäiku nomogrammil).

c) Ühendades telgedel I ja II saadud punktid joonlauaga, liigume lõikumispunktist teljega III vertikaalsuunas kuni kohtumiseni lähtesuurusele $\overline{q} = 8,2$ vastava joonega ning teeme sealt lugemi.

Saame: $q'_{\text{kev. max}} = 207$ l/sek · km^2.

d) $q_{\text{kev. max}} = 207 \cdot 0,99 = 205$ l/sek · km^2.

3) Täpselt samasuguse lahenduskäiguga leiame nomogrammilt $P = 25\%$ puhul $q'_{\text{kev. max}} = 56$ l/sek · km^2 ja seega valemi 6 põhjal $q_{\text{kev. max}} = 2 \cdot 56 \cdot 0,90 = 101$ l/sek · km^2.


$q_{kev.max} = q'_{kev.max} \cdot E$
$q_{kev.max} = 2q'_{kev.max} \cdot E$
P(%)
F=1 km²
F=1000 km²
$\bar{q}$ (l/sek·km²)
$q'_{kev.max}$=2000 l/sek·km²
$q'_{kev.max}$=10 l/sek·km²
$q_{95\%}$=4 l/sek·km²
A+1,13 B=0%
A+1,13 B=113%
$K_{95\%}$
I
II
III

NOMOGRAMM XXXII

Vegetatsiooniperioodi (VI ... X kuu) maksimaalse äravoolumooduli määramine ($P = 2 \ldots 22\%$)

Nomogramm on konstrueeritud K. Hommiku empiirilise valemi põhjal

$$q_{\text{veg.max}} = \frac{24\,\bar{q}}{(F+1)^{0,11}\,10^{(K_{95\%}+r)}\,P^{0,22}} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (1),$$

milles: F — vesikonna pindala (km²);

$\bar{q}$ — aasta äravoolunorm (l/sek · km²), mis määratakse kartogrammi III juures antud juhiste järgi;

$K_{95\%} = \frac{q_{95\%}}{\bar{q}}$, milles $q_{95\%}$ — keskmine aasta minimaalne äravoolumoodul (l/sek · km²), mis määratakse kartogrammilt IV;

P — äravoolu tõenäosus (kindlustatus) %-des; P võetakse kuivendusvõrgu veejuhtmete projekteerimisel tavaliselt 5 ... 20% (enamasti 10%);

$r' = 0{,}0045(A' + 1{,}13B') - 0{,}285$, milles ligikaudsetel arvutustel

A' — vesikonna üldine soisus %-des (soostunud mineraalmaad ja sood, välja arvatud kuivendatud ja kuivendamisele võetavad soostunud mineraalmaad ning intensiivselt kuivendatavad sood); täpsematel arvutustel määratakse A' valemiga

$$A' = A_{ms} + 0{,}65(A_{ks} + A_{sm}) + 0{,}30A_{mk} - 0{,}2\,D' \qquad (2),$$

milles D' — lagedate või võsastunud kuivade raskete mineraalmaade protsent vesikonnas ja maa-alade protsent vesikonnas, mille kalle on suurem kui 2%; ülejäänud tegurite tähendus on sama mis eespool (vt. nomogrammi XXXI);

B' — vesikonna metsasus %-des (välja arvatud kuivendatud ja kuivendamist mittevajavad metsad).

M ä r k u s. Väiksemate veejuhtmete (kogujakraav, kollektor) dimensioneerimisel võib kasutada lihtsamaid valemeid:

a) põllu- ja kultuurkarjamaade kuivendamisel

$$q_{\text{veg. max}} = 6{,}7\bar{q} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (3)$$

b) kultuurheinamaade kuivendamisel

$$q_{\text{veg. max}} = 4{,}8\bar{q} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (4)$$

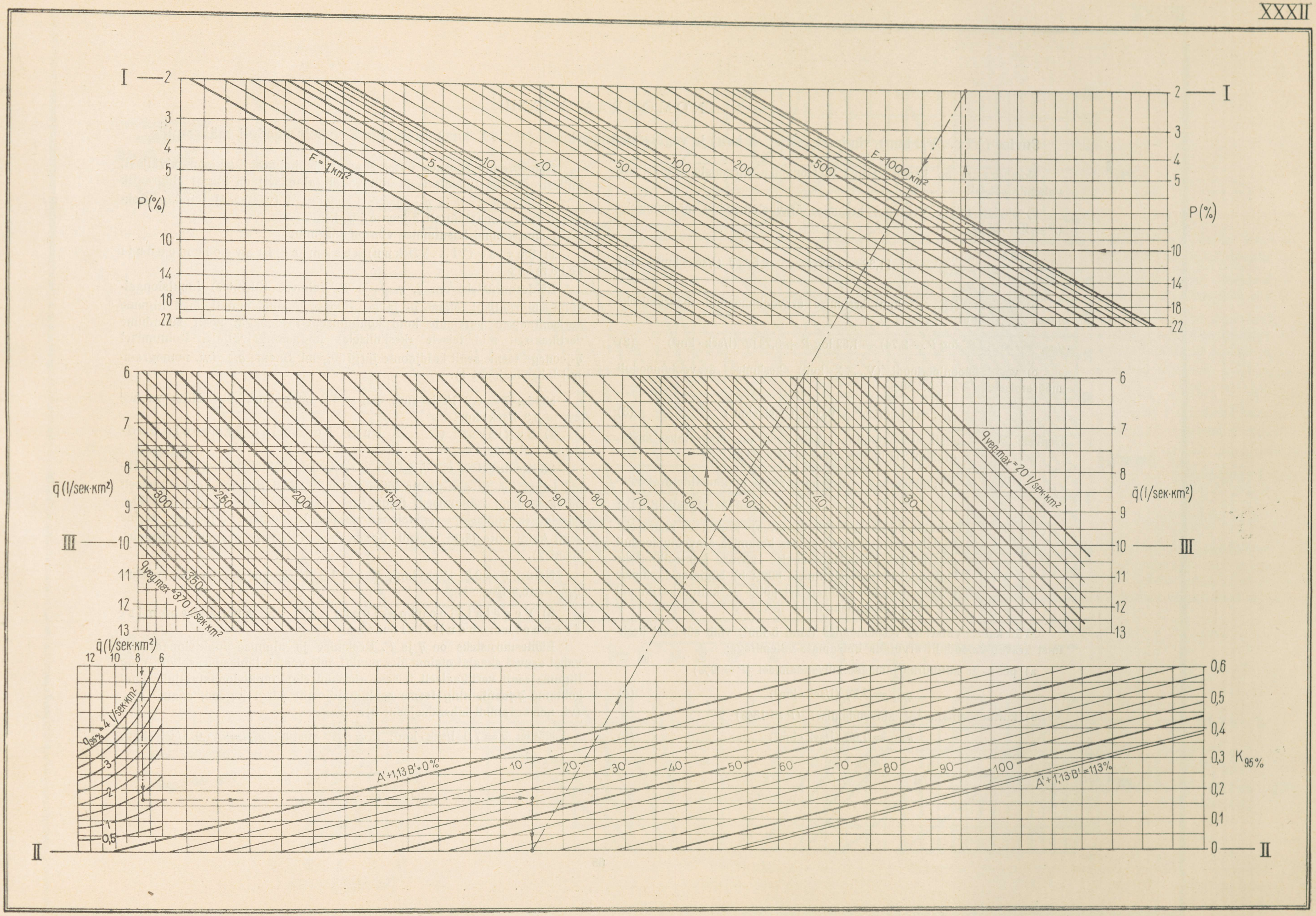
Käesolev nomogramm on oma ehituselt analoogiline eelmise (XXXI) nomogrammiga. Erinevuseks on vaid see, et siin esimene funktsionaalväli on terviklik (ei jagune kaheks). Seetõttu on ka nomogrammide kasutamine analoogiline (nomogrammil on näidatud lahendusjooned).

Näide. A n t u d: $\bar{q} = 7{,}6$ l/sek · km²; $q_{95\%} = 1{,}3$ l/sek · km²; $A' = 20\%$; $B' = 15\%$; $F = 500$ km²; $P = 10\%$.

L a h e n d u s. a) Nomogrammil näidatud lahenduskäigu järgi leiame esimesel funktsionaalväljal $P = 10\%$ ja $F = 500$ km² järgi punkti teljel I.

b) Arvutame $A' + 1{,}13B' = 20 + 1{,}13 \cdot 15 = 37\%$ ning alustades lähtesuuruste järgi liikumist abigraafikult, saame punkti teljel II (vt. lahenduskäiku nomogrammil).

c) Ühendades telgedel I ja II saadud punktid joonlaua abil sirgjoonega, märgime viimase lõikumispunkti teljega III, kust liigume vertikaalsuunas kuni kohtumiseni lähtesuurusele $\bar{q} = 7{,}6$ vastava joonega ning teeme sealt lugemi, saame $q_{\text{veg. max}} = 49{,}5$ l/sek · km².



I — 2
P(%)
F = 1 km²
5
10
20
50
100
200
500
F = 1000 km²
2 — I
q̄ (l/sek·km²)
300
250
200
150
100
90
80
70
60
50
40
30
q veg.max = 20 l/sek·km²
q veg.max = 370 l/sek·km²
350
III — 10
10 — III
q̄ (l/sek·km²)
q95% = 4 l/sek·km²
A' + 1,13 B' = 0 %
A' + 1,13 B' = 113 %
K 95%
II
0 — II

NOMOGRAMM XXXIII

Suvise (VI ... VII kuu), sügisese (IX ... X kuu) ja vegetatsiooniperioodi (V ... X kuu) keskmise äravoolumooduli määramine

Nomogramm on konstrueeritud K. Hommiku järgmiste empiiriliste valemite põhjal:

a) suvise (VI ... VII kuu) keskmise äravoolumooduli määramiseks ($P = 2 \ldots 90\%$)

$$q_{suv.} = \left[\frac{3{,}30 - 1{,}20\,K_{95\%}}{P^{0,25\,(1 - K_{95\%})}} - 1\right] \cdot [1{,}32 - 1{,}58\,(K_{95\%} - 0{,}5)^2]\,\overline{q} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (1)$$

b) sügisese (IX ... X kuu) keskmise äravoolumooduli määramiseks ($P = 2 \ldots 90\%$)

$$q_{süg.} = [K_{95\%}\,(1{,}82 \log P - 2{,}74) - 1{,}82 \log P + 3{,}74]\,\overline{q} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (2)$$

c) vegetatsiooniperioodi (V ... X kuu) keskmise äravoolumooduli määramiseks ($P = 2 \ldots 50\%$)

$$q_{veg.} = [2{,}95 P^{-0,22} - 0{,}5]\,\overline{q} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (3)$$

Nendes: $\overline{q}$ — aasta äravoolunorm (l/sek · km²), mis määratakse kartogrammi III juures antud juhiste järgi;

$K_{95\%} = \frac{q_{95\%}}{\overline{q}}$, milles $q_{95\%}$ — keskmine aasta minimaalne äravoolumoodul (l/sek · km²), mis määratakse kartogrammilt IV;

P — äravoolu tõenäosus (kindlustatus) %-des; P suuruseks võetakse tavaliselt: a) suvise keskmise äravoolumooduli määramisel voolu minimaalse kiiruse kontrollimiseks kuivendusvõrgu veejuhtmeis 50%; b) sügisese keskmise äravoolumooduli määramisel põllu- ja kultuurkarjamaal 9% ning kultuurheinamaal 13%.

Märkus. Väikestes vesikondades (kuni 5 km²) võib sügisest keskmist äravoolumoodulit arvutada lihtsamate valemitega:

a) põllu- ja kultuurkarjamaade kuivendamisel ($P = 9\%$)

$$q_{süg.} = 2{,}2\overline{q} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (4)$$

b) kultuurheinamaade kuivendamisel ($P = 13\%$)

$$q_{süg.} = 1{,}9\overline{q} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (5)$$

Nomogramm koosneb ühest skaalast ja kolmest funktsionaalväljast, millest esimesel (ülemisel) ja kolmandal (alumisel) on juures abigraafik $K_{95\%}$ määramiseks $\overline{q}$ ja $q_{95\%}$ järgi. Lahendused (vastused) leitakse keskmiselt funktsionaalväljalt $\overline{q}$-joonte järgi.

Nomogrammi kasutamise viis on järgmine.

1) Suvise (VI ... VII kuu) keskmise äravoolumooduli leidmine.

Lähtesuurusteks on: $\overline{q}$, $q_{95\%}$ ja P. Esimese (ülemise) funktsionaalvälja abigraafikul leiame $\overline{q}$- ja $q_{95\%}$-joonte lõikumispunkti, kust liigume horisontaalselt paremale kuni kohtumiseni P-joonega; sealt suundume vertikaalselt alla teisele (keskmisele) funktsionaalväljale. Kohtumisel $\overline{q}$-joonega teeme sealt kaldjoonte järgi lugemi. Saame $q_{suv.}$ (vt. nomogrammil lahendusjoont 1).

Näide: $\overline{q} = 8{,}2$ l/sek · km²; $q_{95\%} = 1{,}2$ l/sek · km²; $P = 50\%$; vastus: $q_{suv.} = 3{,}3$ l/sek · km².

2) Sügisese (IX ... X kuu) keskmise äravoolumooduli leidmine.

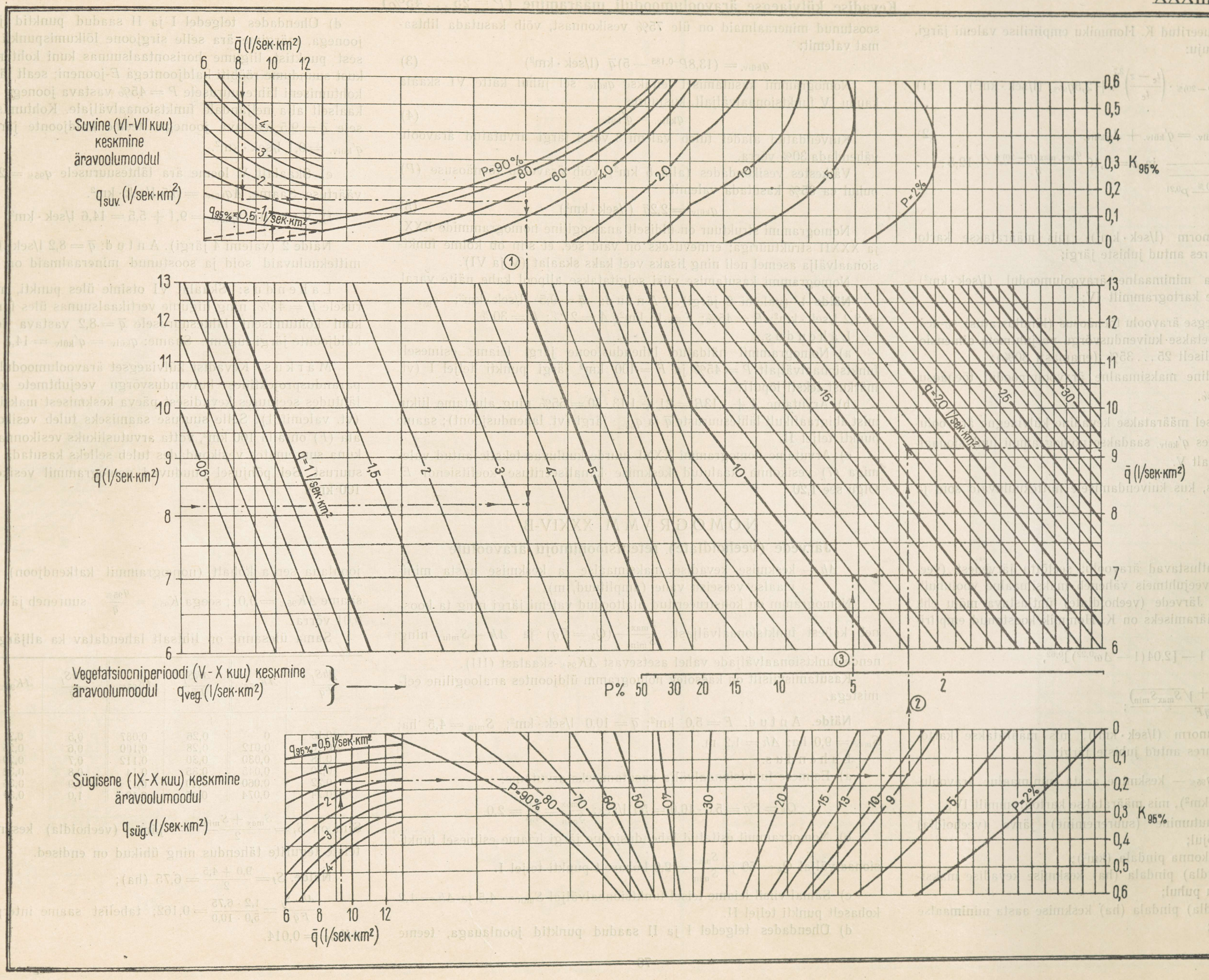
Lähtesuurusteks on: $\overline{q}$, $q_{95\%}$ ja P. Alumise funktsionaalvälja abigraafikul leiame $\overline{q}$- ja $q_{95\%}$-joonte lõikumispunkti, kust liigume horisontaalselt paremale kuni kohtumiseni P-joonega, sealt suundume vertikaalselt üles teisele (keskmisele) funktsionaalväljale. Kohtumisel $\overline{q}$-joonega teeme sealt kaldjoonte järgi lugemi. Saame $q_{süg.}$ (vt. nomogrammil lahendusjoont 2).

Näide: $\overline{q} = 9{,}2$ l/sek · km²; $q_{95\%} = 1{,}5$ l/sek · km²; $P = 9\%$; vastus: $q_{süg.} = 16{,}9$ l/sek · km².

3) Vegetatsiooniperioodi (V ... X kuu) keskmise äravoolumooduli leidmine.

Lähtesuurusteks on $\overline{q}$ ja P. Keskmise ja alumise funktsionaalvälja vahel asuval skaalal otsime üles punkti, mis vastab lähtesuurusele P, ning liigume sealt vertikaalselt teisele (keskmisele) funktsionaalväljale, kuni kohtame $\overline{q}$-joont, ning teeme sealt kaldjoonte järgi lugemi, saame $q_{veg.}$ (vt. nomogrammi lahendusjoont 3).

Näide: $\overline{q} = 7{,}0$ l/sek · km²; $P = 5\%$; vastus: $q_{veg.} = 11{,}0$ l/sek · km².


q̄ (l/sek·km²)
6 8 10 12
Suvine (VI-VII kuu)
keskmine
äravoolumoodul
$q_{suv.}$ (l/sek·km²)
$q_{95\%}$=0,5 l/sek·km²
P=90%
80
60
40
20
10
5
P=2%
$K_{95\%}$
0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0
q̄ (l/sek·km²)
13 12 11 10 9 8 7 6
q=1 l/sek·km²
q=20 l/sek·km²
0,6
1,5
2
3
4
5
10
15
25
30
Vegetatsiooniperioodi (V - X kuu) keskmine
äravoolumoodul $q_{veg.}$ (l/sek·km²)
P% 50 30 20 15 10 5 2
$q_{95\%}$=0,5 l/sek·km²
Sügisene (IX-X kuu) keskmine
äravoolumoodul
$q_{süg.}$ (l/sek·km²)
P=90%
80
70
60
50
40
30
20
15
13
10
9
5
P=2%
1
2
3
4
6 8 10 12
q̄ (l/sek·km²)

NOMOGRAMM XXXIV-A

Kevadise külviaegse äravoolumooduli määramine ($P = 25 \ldots 45\%$)

Nomogramm on konstrueeritud K. Hommiku empiirilise valemi järgi, millele on antud järgmine kuju:

$$q_{\text{külv.}\,P\,\%} = q_{\text{kev. max}\,(P-20)\,\%} \cdot \left(\frac{t_c - z}{t_c}\right)^{3,7} + 2,5 q_{95\%} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (1)$$

ehk

$$q_{\text{külv.}} = q'_{\text{külv.}} + \varDelta q_{\text{külv.}} \qquad (2),$$

kus $t_c = \dfrac{132}{\sqrt[3]{\dfrac{q_{\text{kev. max}\,(P-20)\,\%}}{\overline{q}} P^{0,21}}}$ ja $z = 0,16 \dfrac{q_{\text{kev. max}\,(P-20)\,\%}}{\overline{q}} + 12,5$;

$\overline{q}$ — aasta äravoolunorm ($\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$), mis määratakse kartogrammi III juures antud juhiste järgi;

$q_{95\%}$ — keskmine aasta minimaalne äravoolumoodul ($\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$), mis määratakse kartogrammilt IV;

P — kevadise külviaegse äravoolu tõenäosus (kindlustatus) %-des; P suuruseks võetakse kuivendusvõrgu veejuhtmete dimensioneerimisel tavaliselt 25...35% (enamasti 30%);

$q_{\text{kev. max}\,(P-20)\,\%}$ — kevadine maksimaalne äravoolumoodul tõenäosusega $(P - 20)\,\%$.

Nomogrammi kasutamisel määratakse kevadine külviaegne äravoolumoodul valemiga 2, kusjuures $q'_{\text{külv.}}$ saadakse nomogrammi funktsionaalväljalt IV ning $\varDelta q_{\text{külv.}}$ skaalalt V.

Soostunud vesikondades, kus kuivendamisele mittekuuluvaid soid ja soostunud mineraalmaid on üle 75% vesikonnast, võib kasutada lihtsamat valemit:

$$q_{\text{külv.}} = (13,8 P^{-0,185} - 5)\,\overline{q} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (3)$$

Nomogrammi kasutamisel leitakse $q_{\text{külv.}}$ sel juhul kätte VI skaala kaudu IV funktsionaalväljalt, kusjuures

$$q_{\text{külv.}} = q'_{\text{külv.}} \qquad (4)$$

Kuivendatud aladel tuleb valemi 3 või 4 järgi arvutatud äravoolu vähendada 30% võrra.

Väikestes vesikondades (alla 5 km^2) võib äravoolu tõenäosuse (P) puhul ca 35% kasutada valemit

$$q_{\text{külv.}} = 2,2\overline{q} \quad (\text{l/sek} \cdot \text{km}^2) \qquad (5)$$

Nomogrammi struktuur on üldiselt analoogiline nomogrammide XXXI ja XXXII struktuuriga; erinevuseks on vaid see, et siin on kolme funktsionaalvälja asemel neli ning lisaks veel kaks skaalat (V ja VI).

Nomogrammi kasutamise viisi selgitatakse allpool kahe näite varal.

Näide 1 (valemi 2 järgi). Antud: $\overline{q} = 9,5$ $\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$; $q_{95\%} = 2,2$ $\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$; $P = 45\%$; $F = 15$ km^2; $A = 21\%$; $B = 30\%$.

Lahendus.

a) Nomogrammil näidatud lahendusjoone järgi leiame esimeselt funktsionaalväljalt $P = 45\%$ ja $F = 100$ km^2 järgi punkti teljel I (vt. märkust teksti lõpul).

b) Arvutame $A + 1,13B = 21 + 1,13 \cdot 30 = 55\%$ ning alustame liikumist abigraafikult lähtesuuruste $\overline{q}$ ja $q_{95\%}$ järgi (vt. lahendusjoont); saame punkti teljel II.

c) Arvutame nomogrammi XXXI juurde kuuluvas tekstis antud valemiga (7) vesikonna kaalutud keskmise kanaliseerituse koefitsiendi E. Olgu see 1,20.

d) Ühendades telgedel I ja II saadud punktid joonlaua abil sirgjoonega, märgime ära selle sirgjoone lõikumispunkti teljega III; viimasest punktist liigume horisontaalsuunas kuni kohtumiseni teljega III', kust suundume rööbiti kaldjoontega E-jooneni; sealt läheme vasakule kuni kohtumiseni lähtesuurusele $P = 45\%$ vastava joonega ning laskume vertikaalselt alla neljandale funktsionaalväljale. Kohtumisel seal lähtesuurusele $\overline{q} = 9,5$ vastava joonega teeme kaldjoonte järgi lugemi. Saame: $q'_{\text{külv.}} = 9,1$ $\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$.

e) Skaalalt V loeme ära lähtesuurusele $q_{95\%} = 2,2$ vastava $\varDelta q_{\text{külv.}}$ väärtuse. Saame: $\varDelta q_{\text{külv.}} = 5,5$ $\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$.

f) Vastus: $q_{\text{külv.}} = 9,1 + 5,5 = 14,6$ $\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$.

Näide 2 (valemi 4 järgi). Antud: $\overline{q} = 8,2$ $\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$; kuivendamisele mittekuuluvaid soid ja soostunud mineraalmaid on üle 75%; $P = 45\%$.

Lahendus: Skaalal VI otsime üles punkti, mis vastab lähtesuurusele $P = 45\%$, ning liigume vertikaalsuunas üles funktsionaalväljale IV kuni kohtumiseni lähtesuurusele $\overline{q} = 8,2$ vastava joonega, kus teeme kaldjoonte järgi lugemi. Saame: $q_{\text{külv.}} = q'_{\text{külv.}} = 14,5$ $\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$.

Märkus. Kevadist külviaegset äravoolumoodulit kasutatakse maaparandusprojektides kuivendusvõrgu veejuhtmete dimensioneerimiseks, lähtudes seejuures kevadisest päeva keskmisest maksimaalsest äravoolust (vt. valemit 1). Selle suuruse saamiseks tuleb vesikondades, mille pindala (F) on alla 100 km^2, võtta arvutuslikuks vesikonna suuruseks 100 km^2, kuna suuremates vesikondades tuleb selleks kasutada vesikonna tegelikku suurust. Sel põhjusel puuduvad nomogrammil vesikonna suurused alla 100 km^2.

NOMOGRAMM XXXIV-B

Järvede (veehoidlate) retentsioonimõju äravoolule

Järved (veehoidlad) ühtlustavad äravoolu; seetõttu järvedest (veehoidlatest) allpool asuvais veejuhtmeis väheneb maksimaalne vooluhulk ning suureneb minimaalne. Järvede (veehoidlate) ühtlustava mõju ehk retentsioonimõju kindlaksmääramiseks on K. Hommik koostanud empiirilise valemi:

$$\varDelta K_{95\%} = 1 - [2,04(1 - \varDelta\omega^{0,22})]^{0,62},$$

milles

$$\varDelta\omega = \frac{\varDelta h(S_{\max} + S_{\min} + \sqrt{S_{\max} S_{\min}})}{9,45\,\overline{q}\,F};$$

$\overline{q}$ — aasta äravoolunorm ($\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$), mis määratakse kartogrammi III juures antud juhiste järgi;

$K_{95\%} = \dfrac{q_{95\%}}{\overline{q}}$, milles $q_{95\%}$ — keskmine aasta minimaalne äravoolumoodul ($\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$), mis määratakse kartogrammilt IV;

$\varDelta K_{95\%}$ on $K_{95\%}$ muutumine (suurenemine) järve (veehoidla) retentsiooni mõjul;

F — veejuhtme vesikonna pindala (km^2);

$S_{\max}$ — järve (veehoidla) pindala (ha) keskmise kevadise maksimaalse veeseisu puhul;

$S_{\min}$ — järve (veehoidla) pindala (ha) keskmise aasta minimaalse veeseisu puhul;

$\varDelta h$ — keskmise kevadise maksimaalse ja keskmise aasta minimaalse veeseisu vahe (amplituud, m).

Nomogramm on konstrueeritud ülaltoodud valemi järgi ning ta koosneb kahest funktsionaalväljast: $\dfrac{S_{\max}}{S_{\min}} - (Q_k = F\overline{q})$ ja $\varDelta h - S_{\min}$ ning nende funktsionaalväljade vahel asetsevast $\varDelta K_{95\%}$-skaalast (III).

Kasutamisviisilt on käesolev nomogramm üldjoontes analoogiline eelmistega.

Näide. Antud: $F = 5,0$ km^2; $\overline{q} = 10,0$ $\text{l/sek} \cdot \text{km}^2$; $S_{\min} = 4,5$ ha; $S_{\max} = 9,0$ ha; $\varDelta h = 1,2$ m.

Lahendus.

a) Esimese funktsionaalvälja kasutamiseks arvutame:

$$Q_k = F\overline{q} = 5,0 \cdot 10,0 = 50 \text{ l/sek}; \quad \frac{S_{\max}}{S_{\min}} = \frac{9,0}{4,5} = 2,0.$$

b) Nomogrammil esitatud lahendusjoone järgi leiame esimesel funktsionaalväljal $Q_k = 50$ ja $\dfrac{S_{\max}}{S_{\min}} = 2,0$ kohaselt punkti teljel I.

c) Samal viisil leiame teisel funktsionaalväljal $S_{\min} = 4,5$ ja $\varDelta h = 1,2$ kohaselt punkti teljel II.

d) Ühendades telgedel I ja II saadud punktid joonlauaga, teeme joonlaua serva kohalt (nomogrammil katkendjoon) teljelt III lugemi; saame $\varDelta K_{95\%} = 0,01$; seega $K_{95\%} = \dfrac{q_{95\%}}{\overline{q}}$ suureneb järve retentsiooni mõjul 0,01 võrra.

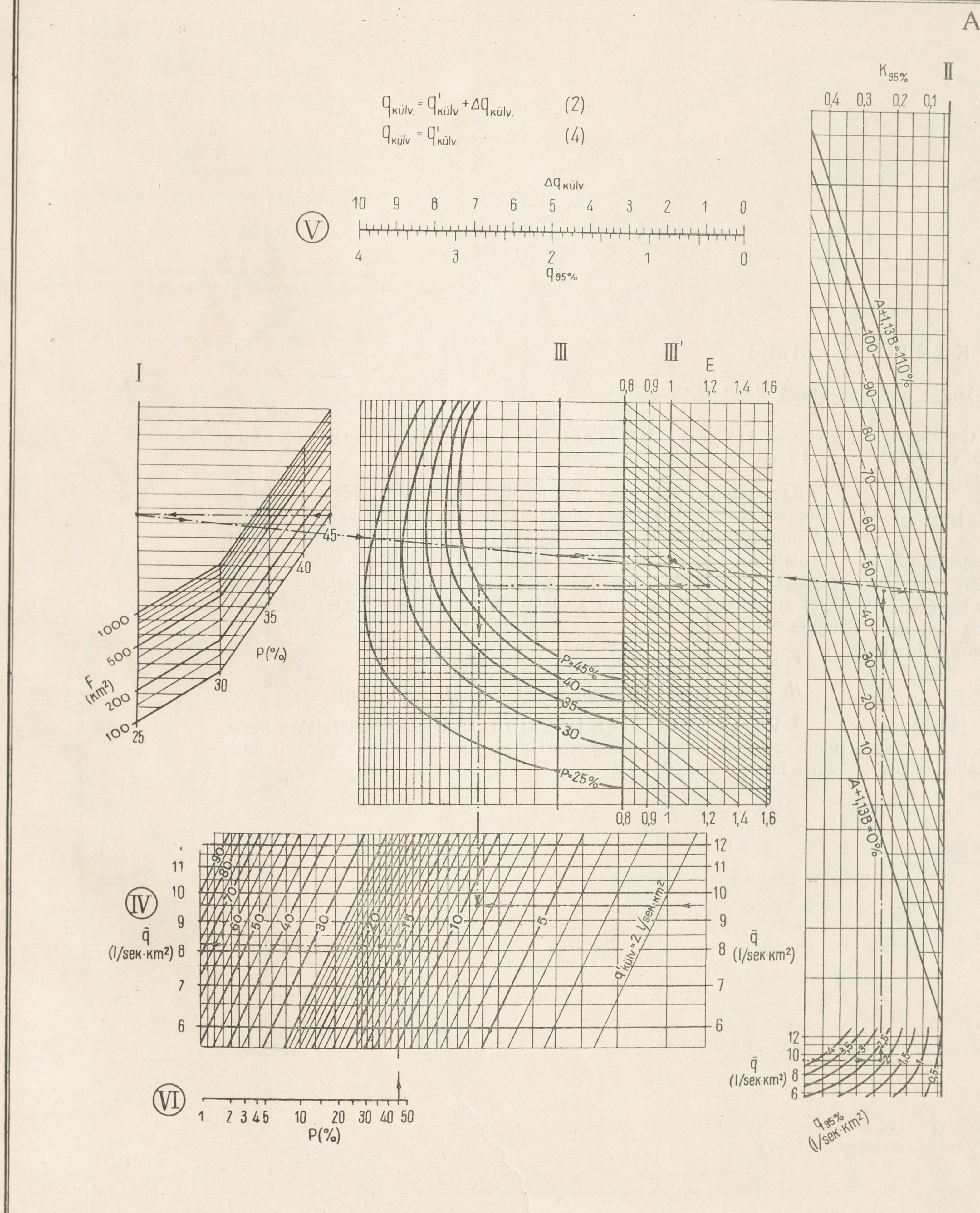
Sama ülesanne on lihtsalt lahendatav ka alljärgneva tabeli abil.

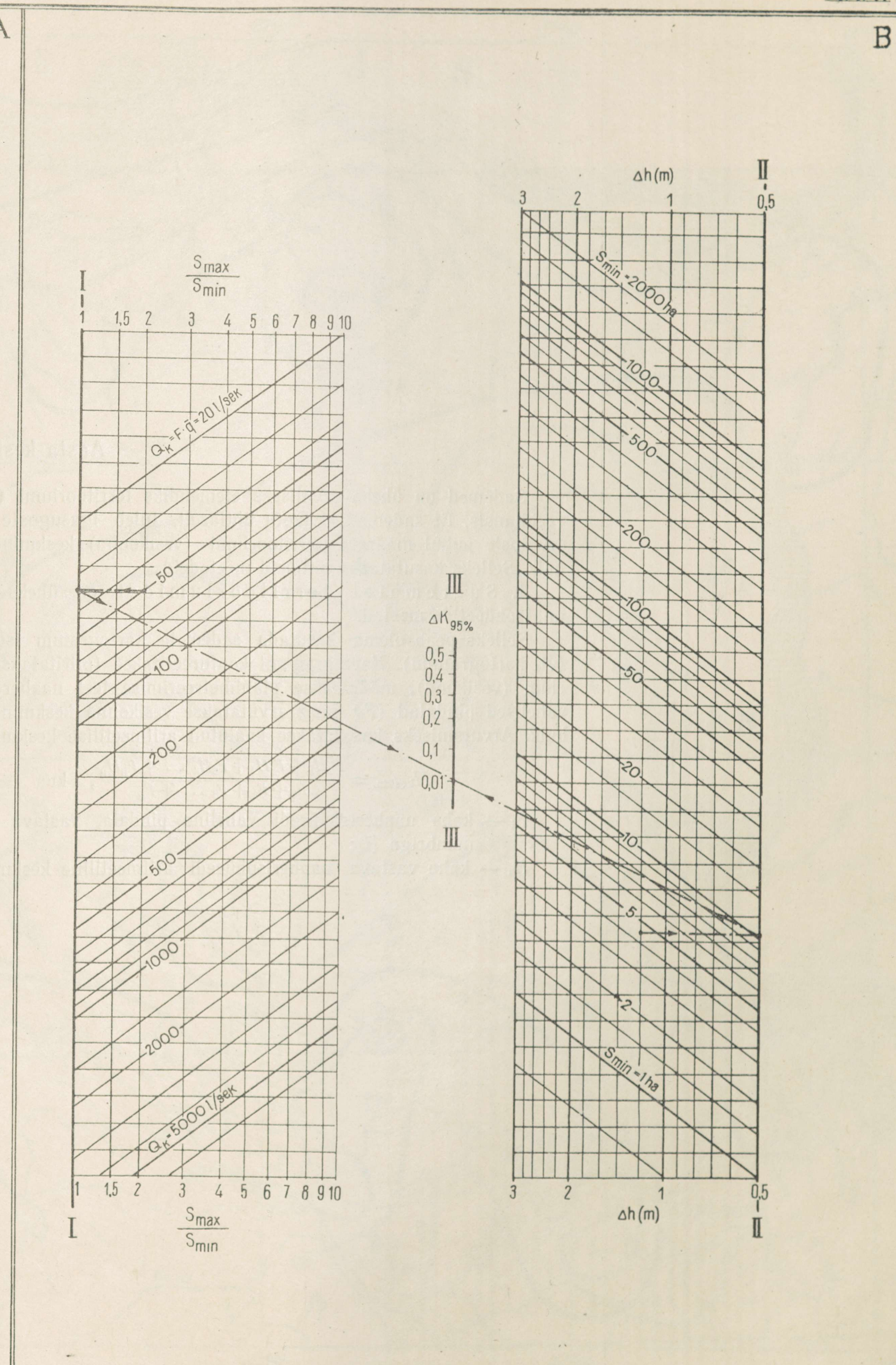
$\frac{\varDelta h S_j}{F\overline{q}}$	$\varDelta K_{95\%}$	$\frac{\varDelta h S_j}{F\overline{q}}$	$\varDelta K_{95\%}$	$\frac{\varDelta h S_j}{F\overline{q}}$	$\varDelta K_{95\%}$	$\frac{\varDelta h S_j}{F\overline{q}}$	$\varDelta K_{95\%}$
≤0,15	0	0,26	0,087	0,5	0,21	1,1	0,41
0 16	0,012	0,28	0,100	0,6	0,25	1,2	0,44
0,18	0,030	0,30	0,112	0,7	0,29	1,3	0,47
0,20	0,045	0,35	0,14	0,8	0,32	1,4	0,49
0,22	0,060	0,40	0,17	0,9	0,36	1,5	0,52
0,24	0,074	0,45	0,19	1,0	0,39	1,6	0,54

Siin on $S_j = \dfrac{S_{\max} + S_{\min}}{2}$ — järve (veehoidla) keskmine pindala (ha); teiste tegurite tähendus ning ühikud on endised.

Näide. $S_j = \dfrac{9,0 + 4,5}{2} = 6,75$ (ha);

$\dfrac{\varDelta h \cdot S_j}{F\overline{q}} = \dfrac{1,2 \cdot 6,75}{5,0 \cdot 10,0} = 0,162$; tabelist saame interpoleerimise teel, et $\varDelta K_{95\%} = 0,014$.


A
$q_{k\ddot{u}lv.} = q'_{k\ddot{u}lv.} + \Delta q_{k\ddot{u}lv.}$ (2)
$q_{k\ddot{u}lv.} = q'_{k\ddot{u}lv.}$ (4)
$\Delta q_{k\ddot{u}lv}$
V
$q_{95\%}$
I
F (km²)
P (%)
III
III'
E
P=45%
P=25%
IV
$\bar{q}$ (l/sek·km²)
$q'_{k\ddot{u}lv}$ = 2 l/sek·km²
VI
P(%)
II
$K_{95\%}$
A+1,13B=110%
A+1,13B=0%
$q_{95\%}$ (l/sek·km²)


B
I
$\frac{S_{max}}{S_{min}}$
$Q_K = F \cdot \bar{q} = 20$ l/sek
$Q_K = 5000$ l/sek
III
$\Delta K_{95\%}$
II
Δh(m)
$S_{min} = 2000$ ha
$S_{min} = 1$ ha

KARTOGRAMM I

Aasta keskmine sademete hulk Eesti NSV-s

Sademed on üheks põhiliseks elemendiks territooriumi (vesikonna) veebilansis. Et sademed ei jaotu ühtlaselt, tuleb igasuguste veebilansi arvutuste puhul määrata territooriumi (vesikonna) keskmine sademete hulk. Selleks kasutatakse mitmeid meetodeid.

1. Suurematel territooriumidel on üheks täpsemaks nn. **isohüeetide meetod.**

Selleks peab olema kasutada sademete kartogramm isohüeetidega (vt. kartogrammi). Kartogrammil kontureeritakse (piiritatakse) territoorium (vesikond), määratakse planimetreerimise teel naaber-isohüeetide vahelised pindalad (F_i) ning arvutatakse vesikonna keskmine sademete hulk. Arvutamiseks kasutatakse kaalutud aritmeetilise keskmise valemit

$$H_{\text{keskm.}} = \frac{F_1H_1 + F_2H_2 + F_3H_3 \ldots + F_nH_n}{F_1 + F_2 + F_3 \ldots + F_n}, \quad \text{kus}$$

F_i — kahe naaberisohüeedi vaheline pindala, vastava järjekorranumbriga (i);

H_i — kahe vastava naaberisohüeedi aritmeetiline keskmine (mm).

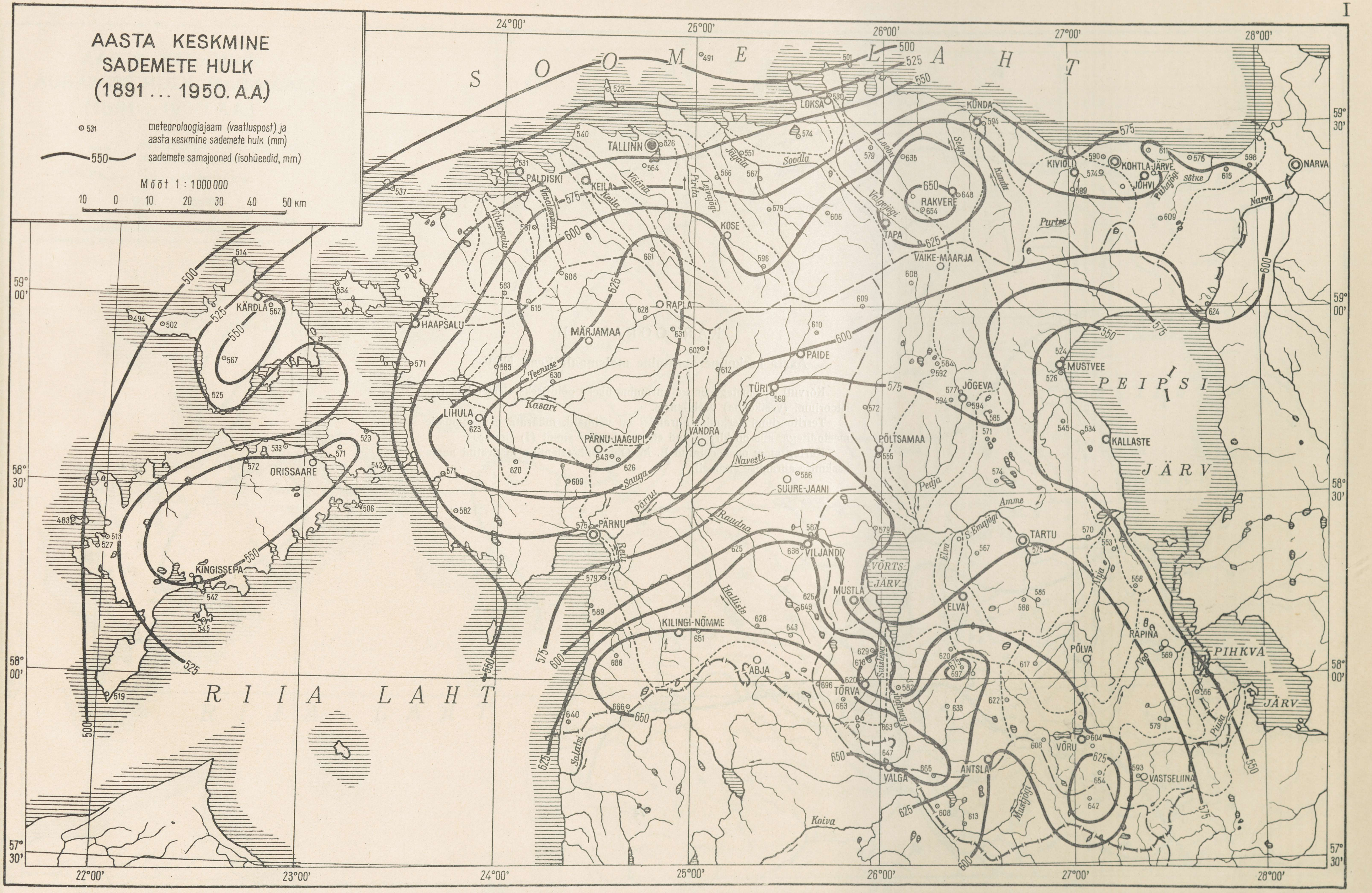
2. Väiksematel territooriumidel on sobiv kasutada nn. **kolmnurkade meetodit.**

Kartogrammil kontureeritakse territoorium ning ühendatakse meteoroloogiajaamad (metjaamad) omavahel selliselt, et nende vahele kujuneksid võimalikult lühemate külgedega kolmnurgad. Iga kolmnurga küljele püstitatakse keskristsirge, mis teatavasti igal kolmnurgal lõikuvad ühes punktis. Nii kujuneb iga metjaama ümber hulknurk. Keskmine sademete hulk arvutatakse ka seekord kaalutud aritmeetilise keskmise valemiga, milles

F_i — hulknurga pindala;

H_i — hulknurgas asuva metjaama sademete hulk (mm).

3. Päris väikestel territooriumidel määratakse keskmine sademete hulk lähemate metjaamade sademete hulga andmeil lineaarse interpoleerimise teel


AASTA KESKMINE
SADEMETE HULK
(1891 ... 1950. A.A.)
meteoroloogiajaam (vaatluspost) ja aasta keskmine sademete hulk (mm)
sademete samajooned (isohüeedid, mm)
Mõõt 1 : 1000000
10 0 10 20 30 40 50 km
S O O M E L A H T
R I I A L A H T
P E I P S I J Ä R V
VÕRTS-JÄRV
PIHKVA JÄRV
TALLINN
PALDISKI
KEILA
KOSE
LOKSA
KUNDA
RAKVERE
TAPA
VÄIKE-MAARJA
KIVIÕLI
KOHTLA-JÄRVE
JÕHVI
NARVA
KÄRDLA
HAAPSALU
MÄRJAMAA
RAPLA
PAIDE
TÜRI
JÕGEVA
MUSTVEE
KALLASTE
LIHULA
PÄRNU-JAAGUPI
VÄNDRA
PÕLTSAMAA
ORISSAARE
SUURE-JAANI
PÄRNU
VILJANDI
TARTU
KINGISSEPA
MUSTLA
ELVA
KILINGI-NÕMME
RÄPINA
PÕLVA
ABJA
TÕRVA
VALGA
ANTSLA
VÕRU
VASTSELIINA
24°00'
25°00'
26°00'
27°00'
28°00'
22°00'
23°00'
59° 30'
59° 00'
58° 30'
58° 00'
57° 30'

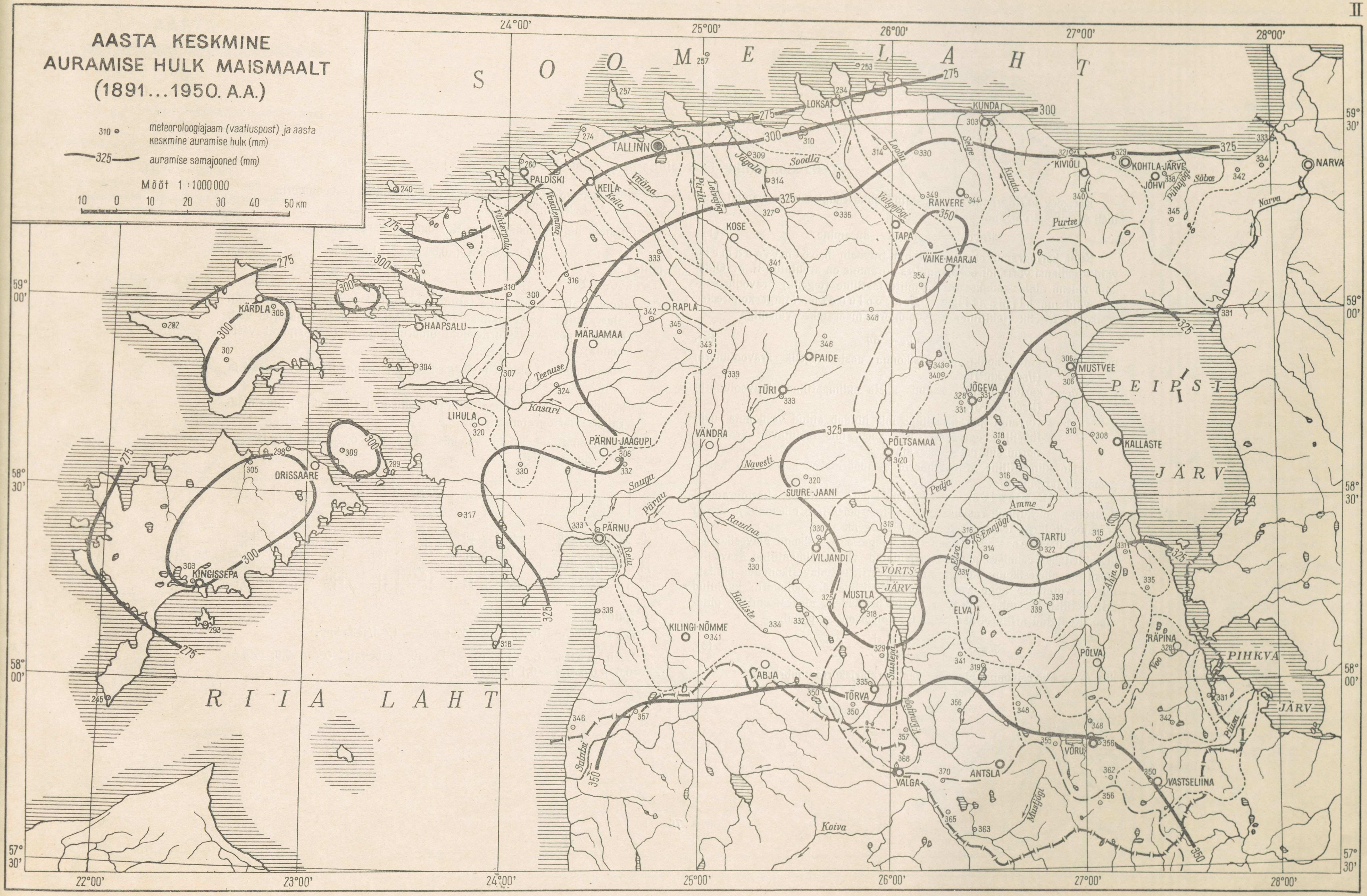
KARTOGRAMM II

Aasta keskmine auramine maismaalt Eesti NSV-s

Kõrvuti sademetega on ka auramine üheks põhiliseks elemendiks territooriumi (vesikonna) veebilansis.

Territooriumi keskmist auramist on võimalik määrata nendesamade meetoditega, mis on kirjeldatud eelmise kartogrammi (I) juures.

Kartogramm on koostatud E. M. Oldekopi valemiga määratud aasta keskmise auramise andmeil.



AASTA KESKMINE
AURAMISE HULK MAISMAALT
(1891…1950. A.A.)
310 meteoroloogiajaam (vaatluspost) ja aasta keskmine auramise hulk (mm)
325 auramise samajooned (mm)
Mõõt 1 : 1000000
10 0 10 20 30 40 50 км
SOOME LAHT
RIIA LAHT
PEIPSI JÄRV
PIHKVA JÄRV
VÕRTS-JÄRV
TALLINN
PALDISKI
KEILA
LOKSA
KUNDA
RAKVERE
TAPA
VÄIKE-MAARJA
KIVIÕLI
KOHTLA-JÄRVE
JÕHVI
NARVA
KOSE
RAPLA
MÄRJAMAA
HAAPSALU
KÄRDLA
LIHULA
PÄRNU-JAAGUPI
PAIDE
TÜRI
VÄNDRA
JÕGEVA
MUSTVEE
KALLASTE
PÕLTSAMAA
SUURE-JAANI
PÄRNU
VILJANDI
MUSTLA
TARTU
ELVA
KILINGI-NÕMME
ABJA
TÕRVA
PÕLVA
RÄPINA
VÕRU
ANTSLA
VALGA
VASTSELIINA
ORISSAARE
KINGISSEPA
24°00'
25°00'
26°00'
27°00'
28°00'
22°00'
23°00'
59° 30'
59° 00'
58° 30'
58° 00'
57° 30'

KARTOGRAMM III

Aasta klimaatiline äravoolunorm $\overline{q}_k$ Eesti NSV-s

Käesolev kartogramm on koostatud kahe eelmise kartogrammi andmeil veebilansi võrrandi põhjal:

$$\text{äravool} = \text{sademed} - \text{auramine} \qquad (1)$$

Kuna kartogramm ei ole koostatud äravoolu m õ õ t m i s a n d m e i l, vaid veebilansi võrrandi põhjal, milles auramine on arvutatud E. M. Oldekopi valemi abil, saadakse sellelt mitte faktiline (tegelik) äravoolu suurus, vaid nn. k l i m a a t i l i n e ä r a v o o l u n o r m. Mingi konkreetse vesikonna tegelik (faktiline) äravoolunorm määratakse valemiga

$$\overline{q} = \overline{q}_k + \Delta\overline{q} \qquad (2),$$

milles $\overline{q}$ — antud konkreetse vesikonna aasta tegelik äravoolunorm (l/sek · km²);

$\overline{q}_k$ — kartogrammilt loetud aasta klimaatiline äravoolunorm (l/sek · km²);

$\Delta\overline{q}$ — võrrandi parandusliige, mis hindab antud vesikonna neid füüsilis-geograafilisi iseärasusi, mis mõjutavad äravoolunormi suurust (l/sek · km²).

Aasta klimaatiline äravoolunorm $\overline{q}_k$ määratakse käesolevalt kartogrammilt järgmiselt.

1) V ä i k s e m a t e s v e s i k o n d a d e s leitakse kartogrammil vesikonna kui kujundi raskuskese ning interpoleerides lähemate äravoolu samajoonte järgi, tehakse selles punktis lugem.

2) S u u r t e s v e s i k o n d a d e s jagatakse vesikond alavesikondadeks, leitakse eelmises punktis kirjeldatud viisil klimaatiline äravoolunorm iga alavesikonna kohta; planimetreeritakse alavesikondade pindala ning arvutatakse kogu vesikonna klimaatiline äravoolunorm kaalutud aritmeetilise keskmise valemiga, võttes kaaludeks alavesikondade pindalad. Kaalutud aritmeetilise keskmise valem on sel puhul:

$$\overline{q}_k = \frac{F_1\overline{q}_1 + F_2\overline{q}_2 + F_3\overline{q}_3 + \ldots + F_n\overline{q}_n}{F_1 + F_2 + F_3 + \ldots + F_n} \qquad (3),$$

kus F_i — alavesikonna pindala vastava järjekorranumbriga;

$\overline{q}_i$ — vastava alavesikonna aasta klimaatiline äravoolunorm (l/sek · km²).

Parandusliige $\Delta\overline{q}$ määratakse K. Hommiku järgi valemiga

$$\Delta\overline{q} = 0{,}025\,C + 0{,}50\,q_{95\%} - 1{,}63 \qquad (4),$$

milles

$C = 1{,}5C_1 + C_2$;

C_1 — kuivendatud, põhjaveega toituvad maa-alad %-des vesikonna pindalast, millele kuivendamise (põhjavee alandamise) tagajärjel võib eeldada põhjavee juurdevoolu ümbruskonnast (väljastpoolt vesikonda);

C_2 — võsastunud või kidura metsaga kaetud soostunud mineraalmaad ja sood %-des vesikonna pindalast;

$q_{95\%}$ — keskmine aasta minimaalne äravoolumoodul (l/sek · km²), mis määratakse kartogrammiga IV.

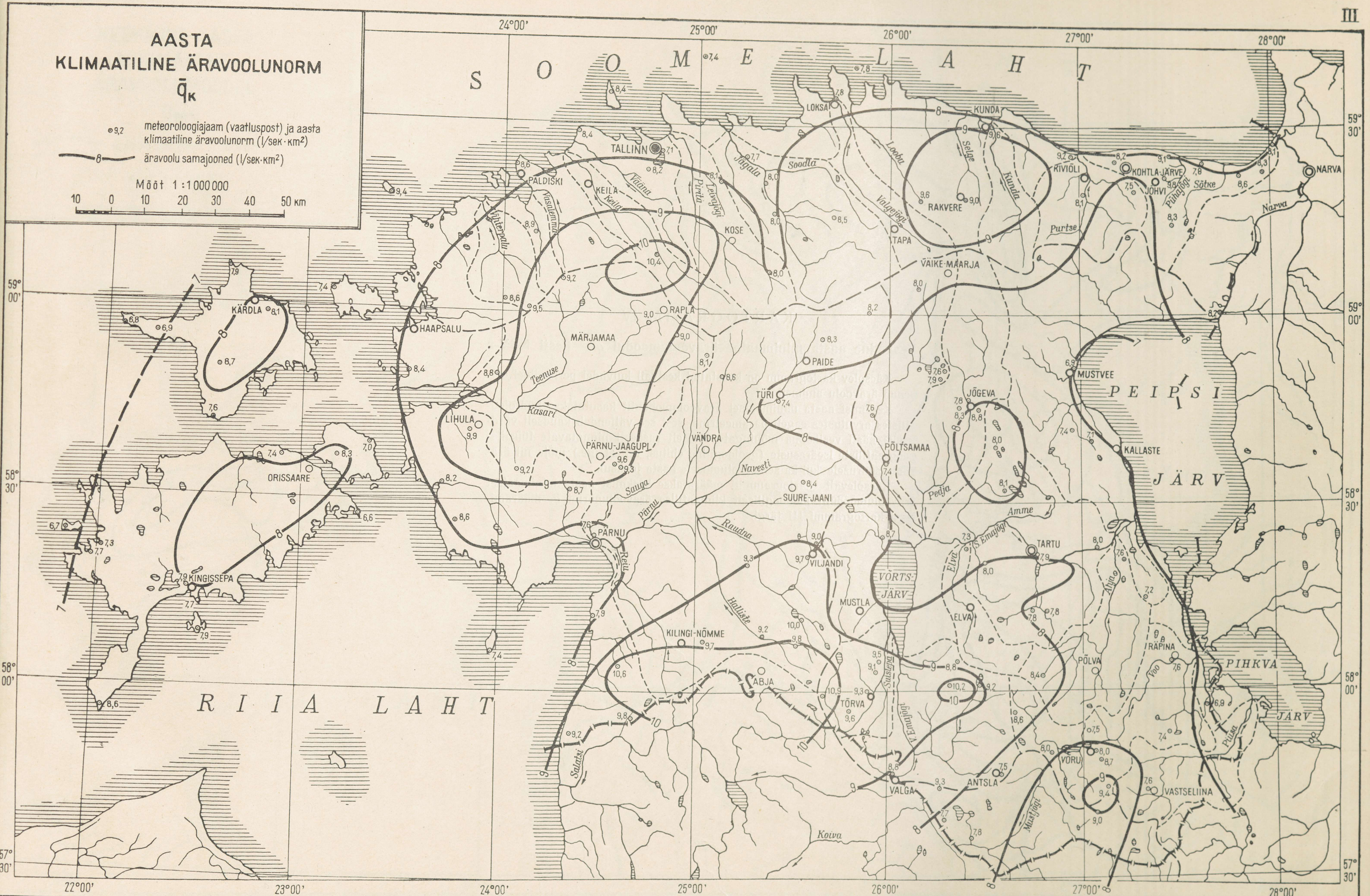
Lihtsam on $\Delta\overline{q}$ määramine valemist $\Delta\overline{q} = G + 0{,}5q_{95\%}$, milles G saadakse alltoodud tabelist.

C	G	C	G	C	G	C	G	C	G
0	−1,6	30	−0,9	60	−0,1	90	+0,6	120	+1,4
5	−1,5	35	−0,8	65	0,0	95	+0,8	125	+1,5
10	−1,4	40	−0,6	70	+0,1	100	+0,9	130	+1,6
15	−1,3	45	−0,5	75	+0,3	105	+1,0	135	+1,8
20	−1,1	50	−0,4	80	+0,4	110	+1,1	140	+1,9
25	−1,0	55	−0,3	85	+0,5	115	+1,3	150	+2,1

Näide.

A n t u d: $C_1 = 10\%$; $C_2 = 25\%$; $q_{95\%} = 1{,}4$ l/sek · km².

L a h e n d u s. $C = 1{,}5 \cdot 10 + 25 = 40$; tabelist: $G = -0{,}6$; $\Delta\overline{q} = -0{,}6 + 0{,}5 \cdot 1{,}4 = 0{,}1$ l/sek · km².


AASTA
KLIMAATILINE ÄRAVOOLUNORM
$\bar{q}_K$
meteoroloogiajaam (vaatluspost) ja aasta klimaatiline äravoolunorm (l/sek·km²)
äravoolu samajooned (l/sek·km²)
Mõõt 1 : 1 000 000
10 0 10 20 30 40 50 km
SOOME LAHT
RIIA LAHT
PEIPSI JÄRV
PIHKVA JÄRV
VÕRTSJÄRV
TALLINN
PALDISKI
KEILA
KOSE
LOKSA
KUNDA
RAKVERE
TAPA
VÄIKE-MAARJA
KIVIÕLI
KOHTLA-JÄRVE
JÕHVI
NARVA
HAAPSALU
RAPLA
MÄRJAMAA
PAIDE
TÜRI
LIHULA
VÄNDRA
PÄRNU-JAAGUPI
PÕLTSAMAA
JÕGEVA
MUSTVEE
KALLASTE
KÄRDLA
ORISSAARE
KINGISSEPA
PÄRNU
SUURE-JAANI
VILJANDI
TARTU
MUSTLA
ELVA
KILINGI-NÕMME
ABJA
TÕRVA
PÕLVA
RÄPINA
VALGA
ANTSLA
VÕRU
VASTSELIINA
22°00'
23°00'
24°00'
25°00'
26°00'
27°00'
28°00'
59° 30'
59° 00'
58° 30'
58° 00'
57° 30'

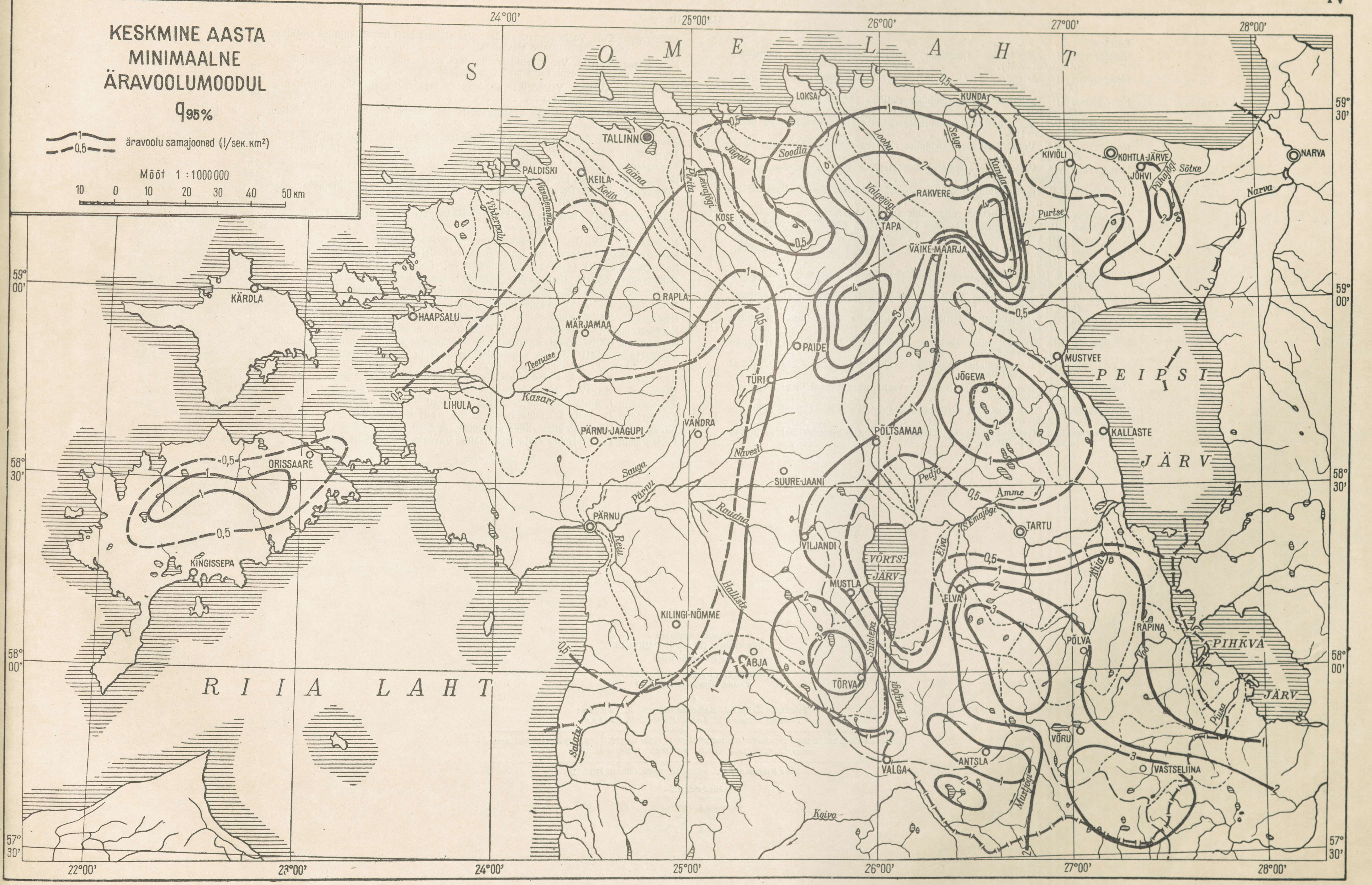
KARTOGRAMM IV

Keskmine aasta minimaalne äravoolumoodul $q_{95\%}$ Eesti NSV-s

Käesolev kartogramm on koostatud kestvail kuivadel perioodidel esinenud äravoolu andmeil.

Keskmist aasta minimaalset äravoolumoodulit kasutatakse hüdroloogilistes arvutustes sageli parameetrina, sest see väljendab kaudselt võrdlemisi hästi vesikonna mõningate otseselt raskesti hinnatavate füüsilis-geograafiliste iseärasuste (geoloogiline ehitus, reljeef jne.) mõju nii äravoolu suurusele kui ka selle jaotumusele aasta jooksul.

Käesolevalt kartogrammilt määratakse keskmist aasta minimaalset äravoolumoodulit analoogiliselt klimaatilise äravoolunormi $\overline{q}_k$ määramisega kartogrammi III järgi.


KESKMINE AASTA
MINIMAALNE
ÄRAVOOLUMOODUL
$q_{95\%}$
äravoolu samajooned (l/sek.km²)
Mõõt 1 : 1000000
10 0 10 20 30 40 50 km
SOOME LAHT
RIIA LAHT
PEIPSI JÄRV
PIHKVA JÄRV
VÕRTSJÄRV
TALLINN
PALDISKI
KEILA
LOKSA
KUNDA
KIVIÕLI
KOHTLA-JÄRVE
JÕHVI
NARVA
RAKVERE
TAPA
KOSE
VÄIKE-MAARJA
KÄRDLA
HAAPSALU
RAPLA
MÄRJAMAA
PAIDE
MUSTVEE
TÜRI
LIHULA
JÕGEVA
PÄRNU-JAAGUPI
VÄNDRA
PÕLTSAMAA
KALLASTE
ORISSAARE
SUURE-JAANI
PÄRNU
TARTU
KINGISSEPA
VILJANDI
MUSTLA
ELVA
KILINGI-NÕMME
PÕLVA
RÄPINA
ABJA
TÕRVA
VÕRU
VALGA
ANTSLA
VASTSELIINA
Vääna
Keila
Vasalemma
Vihterpalu
Pirita
Jägala
Soodla
Loobu
Selja
Kunda
Valgejõgi
Purtse
Pühajõgi
Sõtke
Narva
Teenuse
Kasari
Navesti
Sauga
Pärnu
Pedja
Amme
Raudna
Reiu
Halliste
Elva
Emajõgi
Ahja
Võo
Piusa
Sulstepa
V. Emajõgi
Mustjõgi
Koiva
Salatsi
22°00'
23°00'
24°00'
25°00'
26°00'
27°00'
28°00'
59° 30'
59° 00'
58° 30'
58° 00'
57° 30'

SISUKORD

Eessõna 3

Nomogramm I. Astendamine (juurimine) murrulise astendajaga (juurijaga) ($A = 0{,}001 \ldots 10$) 4

Nomogramm II. Astendamine (juurimine) murrulise astendajaga (juurijaga) ($A = 10 \ldots 300$) 6

Nomogramm III. Veejuhtmete trapetsikujulise ristlõike pindala määramine (joonlaua abil) 8

Nomogramm IV-A. Veejuhtmete trapetsikujulise ristlõike pindala määramine (sirkli abil, M = 1 : 50) 10

Nomogramm IV-B. Veejuhtmete trapetsikujulise ristlõike pindala määramine (sirkli abil, M = 1 : 100) 10

Nomogramm V-A. Veejuhtmete trapetsikujulise ristlõike kahe nõlvajoone pikkuse määramine 12

Nomogramm V-B. Trapetsikujulise profiiliga voolusängi hüdraulilise raadiuse määramine 12

Nomogramm VI. Chézy koefitsiendi määramine Pavlovski järgi 14

Nomogramm VII. Voolu kiiruse määramine Chézy valemi põhjal (Pavlovski järgi) 16

Nomogramm VIII-A. Voolu kiiruse määramine Chézy valemi põhjal (Agroskini järgi) 18

Nomogramm VIII-B. Voolu kiiruse määramine Chézy valemi põhjal (Ganguillet-Kutteri järgi) 18

Nomogramm IX. Hüdrauliliselt soodsaima trapetsikujulise ristlõikega (profiiliga) veejuhtmete dimensioneerimine 20

Nomogramm X. Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused ($m = 1$; $n = 0{,}030$) 22

Nomogramm XI. Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused ($m = 1{,}25$; $n = 0{,}030$) 24

Nomogramm XII. Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused ($m = 1{,}5$; $n = 0{,}030$) 26

Nomogramm XIII. Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused ($m = 1{,}75$; $n = 0{,}030$) 28

Nomogramm XIV. Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused ($m = 2$; $n = 0{,}030$) 30

Nomogramm XV. Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused ($m = 2{,}25$; $n = 0{,}030$) 32

Nomogramm XVI. Trapetsikujulise ristlõikega veejuhtmete hüdraulilised arvutused ($m = 2{,}5$; $n = 0{,}030$) 34

Nomogramm XVII. Voolu sügavuse määramine alumise biefi trapetsikujulise profiiliga voolusängi ahenenud elavlõikes 36

Nomogramm XVIII-A. Voolu kriitilise sügavuse määramine trapetsikujulise, ümmarguse ning ovoidaalse profiiliga voolusängis 38

Nomogramm XVIII-B. Veelöögikaevu sügavuse määramine ristkülikukujulise profiiliga voolusängis 38

Nomogramm XIX. Vooluhüppe kaassügavuste määramine trapetsikujulise profiiliga voolusängis 40

Nomogramm XX. Paisjoone (liik A_1) määramine prismaatilise voolusängi puhul . . 42

Nomogramm XXI. Langjoone (liik B_1) määramine prismaatilise voolusängi puhul . . 44

Nomogramm XXII-A. Savitorudrenaaži hüdraulilised arvutused 46

Nomogramm XXII-B. Laudtorudrenaaži hüdraulilised arvutused 46

Nomogramm XXIII. Dreenide vahekauguse määramine põllul ja kultuurkarjamaal (mineraalmaal) 48

Nomogramm XXIV. Dreenide vahekauguse määramine kultuurheinamaal (mineraalmaal) 50

Nomogramm XXV. Dreenide vahekauguse määramine madalsoos 52

Nomogramm XXVI. Ülesannete lahendamine reljeefiplaanil (M = 1 : 2000) 54

Nomogramm XXVII. Ülesannete lahendamine reljeefiplaanil (M = 1 : 5000) 56

Nomogramm XXVIII. Ümmarguste truupide dimensioneerimine 58

Nomogramm XXIX. Kanalisatsioonitorustiku hüdraulilised arvutused 60

Nomogramm XXX-A. Turba kuivendusjärgse vajumise määramine madalsoos 62

Nomogramm XXX-B. Kuise auramise määramine veekogult B. D. Zaikovi järgi . . . 62

Nomogramm XXXI. Kevadise maksimaalse äravoolumooduli määramine 64

Nomogramm XXXII. Vegetatsiooniperioodi maksimaalse äravoolumooduli määramine 66

Nomogramm XXXIII. Suvise, vegetatsiooniperioodi ja sügisese keskmise äravoolumooduli määramine 68

Nomogramm XXXIV-A. Kevadise külviaegse äravoolumooduli määramine 70

Nomogramm XXXIV-B. Järvede (veehoidlate) retentsioonimõju äravoolule 70

Kartogramm I. Aasta keskmine sademete hulk Eesti NSV-s 72

Kartogramm II. Aasta keskmine auramine maismaalt Eesti NSV-s 74

Kartogramm III. Aasta klimaatiline äravoolunorm Eesti NSV-s 76

Kartogramm IV. Keskmine aasta minimaalne äravoolumoodul Eesti NSV-s 78

Коллектив авторов

СПРАВОЧНИК ПО МЕЛИОРАЦИИ III

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство

Таллин, Пярнуское шоссе, 10

*

Toimetaja M. Raud. Kunstiline toimetaja R. Tungla

Tehniline toimetaja H. Kohu. Korrektor Ü. Rattur

Ladumisele antud 16. IX 1959. Trükkimisele antud 29. II 1960. Paber 60×92, ¼. Trükipoognaid 20,0. Arvutuspoognaid 16,78. Trükiarv 4000. MB-00985. Tellimise nr. 3144.

Hans Heidemanni nim. trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19. II

~~Hind rbl. 12.—~~

~~4 1~~

Hind 40 kop.

Trükivigu «Maaparanduse käsiraamatus II»

Lk.	Veerg ja rida	On trükitud	Peab olema
30	3. veerg, ülalt 3. rida	32	52
40	1. veerg, ülalt 14. rida	1,25	0,25
40	1. veerg, ülalt 20. rida	1,34	0,34
41	4. veerg, alt 19. rida	8,98	8,99
41	4. veerg, alt 9. rida	9,63	9,68
43	3. veerg, alt 24. rida	3,55	5,55
45	3. veerg, ülalt 16. rida	3,43	5,43
45	3. veerg, ülalt 22. rida	6,58	5,58
48	4. veerg, ülalt 19. rida	6,85	7,85
66	4. veerg, ülalt 17. rida	7,98	6,98
66	4. veerg, ülalt 18. rida	7,08	8,08
68	1. veerg, alt 21. rida	1,67	2,67
77	2. veerg, ülalt 8. rida	4,61	5,61
79	1. veerg, ülalt 7. rida	25	26
79	3. veerg, ülalt 18. rida	7,71	8,71
103	3. veerg, alt 24. rida	9,15	9,16
117	3. veerg, ülalt 31. rida	6,20	7,20
164	alt 1. rida	$(11{,}31+7{,}57)\times 120 = 2265{,}6\ m^2$	$\frac{1}{2}(11{,}31+7{,}57)\times 120 = 1132{,}8\ m^2$
165	alt 1. rida	$11{,}53\times 200 = 2306\ m^2$	$\frac{11{,}53}{2}\times 200 = 1153\ m^2$
170	tekstis, alt 15. rida	$K=\omega c\sqrt{R}$	$K=\omega C\sqrt{R}$
171	tekstis, ülalt 16. rida	tabelist I	tabelist 1
173	4. veerg, ülalt 6. rida	48	47
178	tekstis, alt 18. rida	interpoolimine	interpoleerimine
208	tekstis, ülalt 7. rida	„	„
198	9. veerg, alt 11. rida	38,73	38,75
217	tekstis, alt 1. rida	01047), lugeda ...	01047, lugeda ...

Trükivigu «Maaparanduse käsiraamatus III»

46	1. veerg, ülalt 9. rida	$Q = 25{,}76\, d^{2/3}\sqrt{i}$	$Q = 25{,}76\, d^{2^{2/3}}\sqrt{i}$
76	1 veerg, alt 6. rida	... planimetreeritakse alavesikondade pindala	... planimetreeritakse iga alavesikonna pindala ...

Tell. 3144