

EESTI PÕLLUMAJANDUSE AKADEEMIA

H. HALDRE A. MAASTIK

POLDERKUIVENDUS

TARTU 1963



EESTI PÕLLUMAJANDUSE AKADEEMIA
MAAPARANDUSE KATEEDER

H. HALDRE A. MAASTIK

POLDERKUIIVENDUS

TARTU 1963

Эстонская сельскохозяйственная академия
г. Тарту, пл. Ленина 1

Х. Халдре, А. Маастик

ПОЛЬДЕРНОЕ ОСУШЕНИЕ

На эстонском языке

2

Tartu Riikliku Ülikooli

Raamatukogu

58992

S a a t e k s

Suurenev huvi poldrite rajamise vastu meie vabariigis, vastava kirjanduse puudumine eesti keeles ja nappus ka muudes keeltes olid käesoleva brošüüri koostamise ajendiks. Töö on mõeldud EPA maaparanduse eriala üliõpilastele ja asjast huvitatutele; selles on püütud anda juhendeid polderkuivenduse projekteerimiseks. Et kohalikud kogemused puuduvad, on põhiliselt tuginetud kättesaadavale kirjandusele, eeskätt väljaandele "Материалы к техническим условиям и нормам проектирования осушительных систем в сельском хозяйстве, вып. 12. Осушение земель машинным водоподъемом".

Brošüüri käsikirja vaatas hoolikalt läbi ja andis head nõu ins. E. Tomingas, mille eest avaldame tänu. Ka kõik edaspidised märkused on teretulnud.

A u t o r i d

I. SISSEJUHATUS

1 - 1. Üldandmed

Põllumajanduslike maade intensiivne kasutamine on meie kliimavöötmes seotud ulatuslike maaparandustöödega ja eeskätt kuivendusega. Olenevalt kuivendatava ala reljeefist ja eesvoolu seisundist võib liigvee ärajuhtimine toimuda ise- voolu või pumpamise teel. Viimast kuivendusviisi nimetatakse p o l d e r k u i v e n d u s e k s ja kuivendatavat maa- ala p o l d r i k s. Polderkuivendus on väga laialdaselt le- vinud Lääne-Euroopas, Põhjamere rannikualadel - Hollandis, Saksamaal, Belgias, Kagu-Inglismaal ja Põhja-Prantsus- maal, meil Kalingradi oblastis ja vähemal määral Leedu ja Läti NSV-s.

Sõltuvalt asukohast ja veeseisu kõikumise iseloomust eesvoolus eristatakse kolme poldritüüpi: jõe-, madaliku- ja merepoldreid.

J õ e p o l d r e i d rajatakse jõeluhtadele suurvee- aegsete üleujutuste vältimiseks. Suurveeperioodidel eemal- datakse poldriala äravool pumpamise teel, madalvee ajal ise- voolu teel läbi veelasu. Kui uputusperioodid on lühikesed ja akumulieriv maht küllalt suur, võib läbi saada ilma pumba- jaamata: suurvee-aegne äravool poldrilt kogutakse basseini ja veelasud avatakse pärast vee alanemist eesvoolus. Rohu- maadele võib poldri kevadine üleujutamine setete väetavate omaduste tõttu kasulik olla. Sedalaadi poldreid on Neemeni, Pregeli, Moskva jt. jõgede ääres.

M a d a l i k u p o l d r e i d ehitatakse jõgede suudme- ja delta-aladele, merelahtede, järvede ja veehoidla- te äärde. Kuivõrd veeseisu kõikumise amplituud eesvoolus on neil juhtumel väiksem kui jõgedes, on kaitsetammide vaja-

lik kõrgus ka väiksem. Et selliste maa-alade kõrgus üle ees-
voolu veeseisu on tavaliselt väike ja veeseisu kõikumine ees-
voolus ebaregulaarne, aga sage (sõltub tuulest), tuleb poldri-
vesi ära juhtida põhiliselt pumpamise teel ja veelaske hari-
likult ei ehitata. Üleujutused pole lubatud. Selliseid pold-
reid on Läänemere kallastel rohkesti: Visla ja Neemeni delta-
aladel ja Läti NSV-s.

M e r e p o l d r i t e puhul on eesvoolu veeseis sõl-
tuv loodetest: ööpäeva jooksul on kaks kõrg- ja kaks madal-
seisu. Tormide ajal võib kõrge veeseis kesta ka pikemat aega
ja ületada tõusuaegse. Sellistele poldritele on iseloomulikud
kõrged ja massiivsed tammid kaitseks tormilainete vastu. Ole-
nevalt suhtest poldriala kõrguse ja veeseisu vahel meres
ning akumuleerivast mahust võib vee ärajuhtimine toimuda lä-
bi veelasu, veelasu ja pumbajaama või ainult pumbajaama kau-
du. Üldtuntud merepoldrite maa on Holland, kus esimene mere-
tamm ehitati juba 8. sajandil (Gilsenbach, 1961). Käesoleval
ajal on tammide kogupikkus 3000 km ja nendega kaitstud ter-
ritoorium moodustab 2/5 riigi maa-alast, kusjuures suurem
osa sellest on kuni 2 meetrit, Amsterdami ja Rotterdami ümb-
rus kohati kuni 6 m allpool merepinda (Lippmaa, 1961).

Saksa DV-s peetakse otstarbekaks rajada poldreid ka siis,
kui iseoolu teel kuivendamine nõuab eesvoolude tunduvalt sü-
vendamist (Фиалковский, Кебурис, 1963).

Polderkuivenduse suur eelis, võrreldes teiste kuivendus-
viisidega, on see, et poldri veerežiimi on võimalik igakül-
selt reguleerida ja muuta vähem sõltuvaks meteoroloogilistest
tingimustest.

Eesti NSV-s on rohkesti potentsiaalselt viljakaid maid,
mille kuivendamine iseoolu teel pole võimalik või on ees-
voolu reguleerimise kulukuse tõttu ebaratsionaalne. Eriti
laialdased võimalused poldrite rajamiseks on Peipsi järve
läänekaldal ja Peipsi mõju all olevate jõgede luhtades, kus
suured alad pole üleujutuste tõttu põllumajanduslikult kasu-
tatavad. O. K e n t s i (1962) andmeil ulatub Peipsi uputus-
ala pindala normaalsel aastal 40 000 hektarini, suurvee-aas-
tail aga 70 000 ha-ni. Uputusalasid on Vasknarva ümbruses
umbes 5000 ha, 1-1,5 km laiune ranna-ala Lohusoost Omeduni

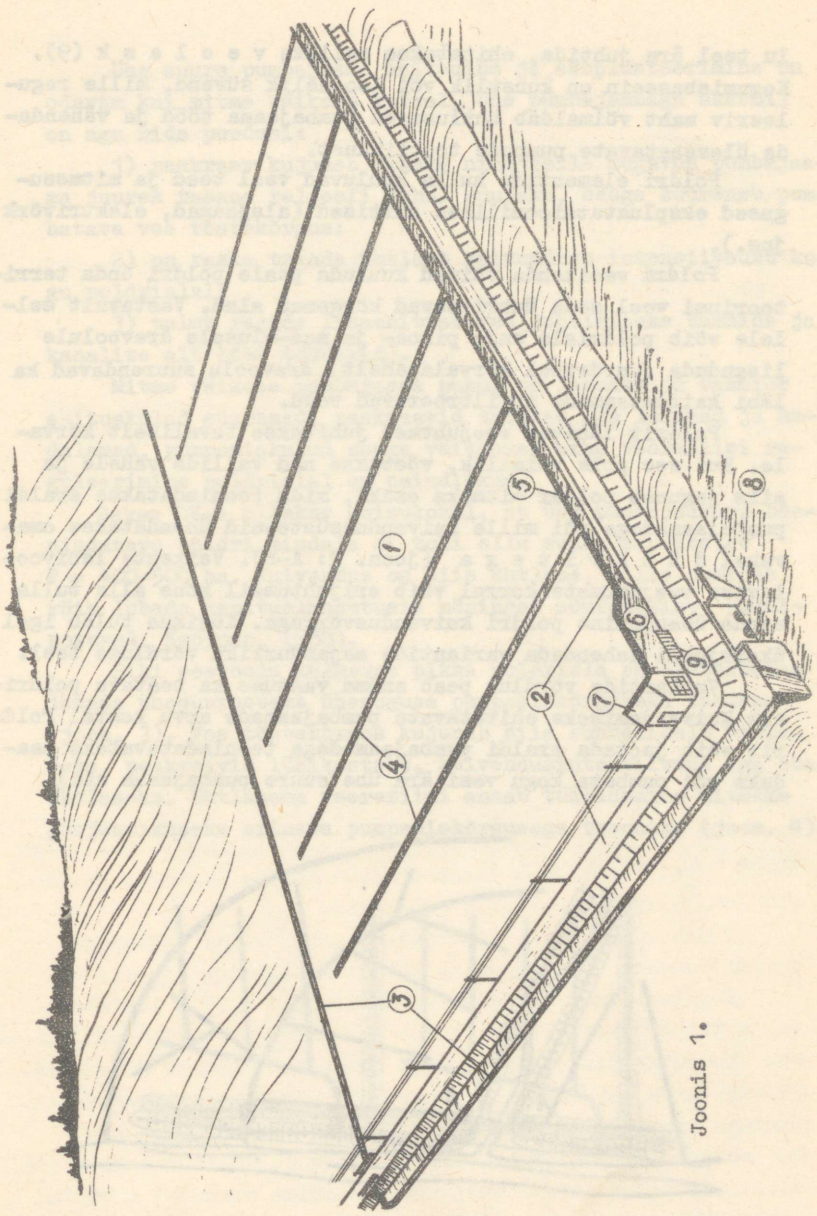
on kasutamata; vee all kannatab 20 000 ha Emajõe suudmemaid, Peipsi peisutav mõju ulatub mööda Emajõge üles kuni Palupõh-
jani; polderkuivendust vajavad Aardla järve madalik Tartu
külje all, Elva jõe alamjooks, Võhandu ja Mäda jõe orulamm
ning Räpina ja Mehikoorma ümbruse Lämmijärve-äärsed alad.
Perspektiivseid polderkuivenduse-alasid on veel Võrtsjärve
jt. järvede (Tamula, Ülemiste) ääres, vabariigi läänerranni-
kul (Pärnu lahe rand Audru jõe suudmealal jm.) ja saartel
ning paljude jõgede (Navesti, Halliste, Ura, Kasari, Keila
jt.) luhtades. Polderkuivenduse laialdasemaks rakendamiseks
loob eelduse meie vabariigi tugev energeetikabaas (Narva Hüd-
roelektrijaam, Balti Soojuselektrijaam).

Esimene polder ehitati meil Pärnu lähedale praeguse
Audru sovhoosi maa-alale ajavahemikus 1932-1936 omaaegse Põl-
lutöoministeriumi Maaparanduse Ametis tehtud projekti järgi.
Pärast sõda polder rekonstrueeriti. See haarab 320 ha suuru-
se rannaala Pärnu lahe ja Audru jõe vahel, mis on ajutuulte-
aegsete üleujutuste vältimiseks kaitstud 6 km pikkuse muld-
tammiga, mille kõrgus on 1,85 m, pealtlaius 1 m ning nõlvu-
sed 1:2 ja 1:3 (mere poolt). Pumbajaam on varustatud ühe
propellerpumbaga $Q = 260 \text{ l/s}$ (Lippmaa, 1961). Ehitamisel on
polder Pirita jõe äärde A. Sommerlingi nimelise sovhoosi Vai-
da osakonnas ja Viljandi rajooni põllumajandusliku artelli
"Koit" polder Võrtsjärve läänekaldal; rea objektide kohta
on tehtud uurimis- ja projekteerimistöid (Lippmaa, 1963;
sama töö käsitleb ka polderkuivenduse tasuvust ENSV-s käes-
oleval ajal).

1 - 2. Poldri struktuur

Poldri põhimõtteline skeem on järgmine (joon. 1).

Kuivendatavat ala (1) kaitsevad üleujutamise eest t a m-
m i d (2). Naaberaladelt pealevalguv vesi juhatakse poldrist
mööda p i i r d e k r a a v i d e (3) kaudu. K u i v e n-
d u s v õ r g u s t (4) tuleb vesi mööda p e a k r a a v i
(pumbajaama juurdevoolukanalit) (5) k o g u m i s b a s s e i-
n i (6), kust suunatakse läbi p u m b a j a a m a (7) ees-
voolu (8). Kui esineb perioode, mil on võimalik vett ise-
voo-



Joonis 1.

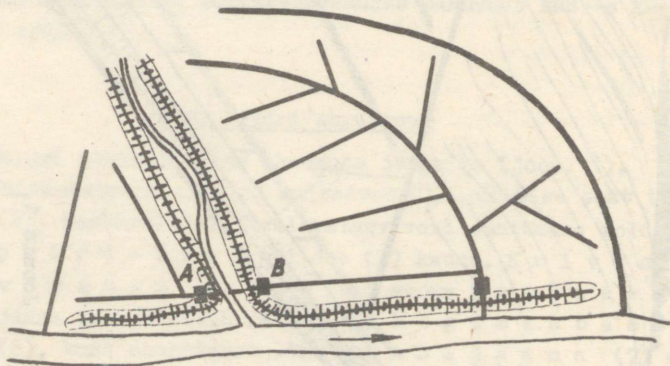
lu teel ära juhtida, ehitatakse selleks v e e l a s k (9). Kogumisbassein on kunstlik või looduslik süvend, mille reguleeriv maht võimaldab ühtlustada pumbajaama tööd ja vähendada ülesseatavate pumpade tootlikkust.

Poldri elementide hulka kuuluvad veel teed ja mitmesugused ekspluatatsioonilised ehitised (alajaamad, elektrivõrk jne.).

Poldri vesikonda võivad kuuluda peale poldri enda territooriumi veel seda ümbritsevad kõrgemad alad. Vastavalt sellele võib poldriala enda pinna- ja maa-alusele äravoolule lisanduda juurdevool kõrvalaladelt. Äravoolu suurendavad ka läbi kaitsetemmete infiltreeruvad veed.

Poldrit läbivad veejuhtmed juhitakse tavaliselt kõrvalle. Kui see pole võimalik, võetakse nad vallide vahele ja siis jaguneb polder mitmeks osaks, mida teenindatakse eraldi pumbajaamadega või mille kuivendussüsteemid ühendatakse omavahel d ü ü k r i t e g a (joon. 2: A-B). Väikeste läbivoolavate veejuhtmete korral võib erijuhtumel kõne alla tulla nende ühendamine poldri kuivendusvõrguga. Küsimus tuleb igal üksikjuhul lahendada variantide majandusliku võrdluse teel.

Variantide võrdlus peab andma vastuse ka teatava poldriala kuivendamiseks ehitatavate pumbajaamade arvu kohta. Poldrit võib jaotada eraldi pumbajaamadega teenindatavateks osadeks või pumbata kogu vesi ära ühe suure pumbajaama abil.



Joonis 2.

Ühe suure pumbajaama ehitamine ja ekspuuteerimine on odavam kui mitme väikese korral. Ühe pumbajaamaga skeemil on aga rida puudusi:

1) peakraav kujuneb pikaks ning selle sügavus pumbajaama juures tasase reljeefi puhul suureks, seega suureneb pumbatava vee tõstekõrgus;

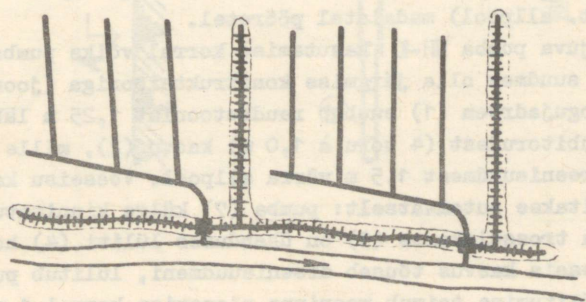
2) on raske tagada ühtlast kuivenduse intensiivsust kogu poldrialal;

3) tuleb rajada lisaehitisi vee juhtimiseks tammide ja kanalite alt läbi (düükrid).

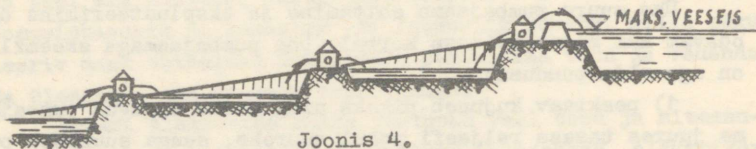
Mitme väikese pumbajaama puhul on jaamade ja tammide ehituskulud suuremad, peakraavid tulevad aga lühemad ja madalamad, pumpamiskulud seega väiksemad ning veerežiimi reguleerimine poldrialal on paindlikum.

Saksa DV-s ollakse seisukohal, et ühe pumbajaamaga teenindatava poldri pindala ei tohi olla suur, soovitatav $F = 400-500$ ha. Kuivendus on siis ühtlane, mille huvides võib lubada kapitaal mahutuste mõningat suurenemist (Фялковский, Кебурис, 1963).

Piki eesvoolu kulgevat pikka poldriala on otstarbekas jagada ühesuurusteks ühesuguse pumpamiskõrgusega osadeks (joon. 3). Vee tõstekõrgus kujuneb siis suhteliselt väikeks, peakraavid lühikesteks, kuivendusintensiivsus aga ebaühtlaseks. Ühtlasema veerežiimi annab tükeldamine mitmeks järjestikuseks erineva pumpamiskõrgusega tsooniks (joon. 4).



Joonis 3.



Joonis 4.

Seda moodust on sobivam kasutada suuremate kõrgusevahedega aladel, et sel moel vältida sügavate peakraavide rajamist.

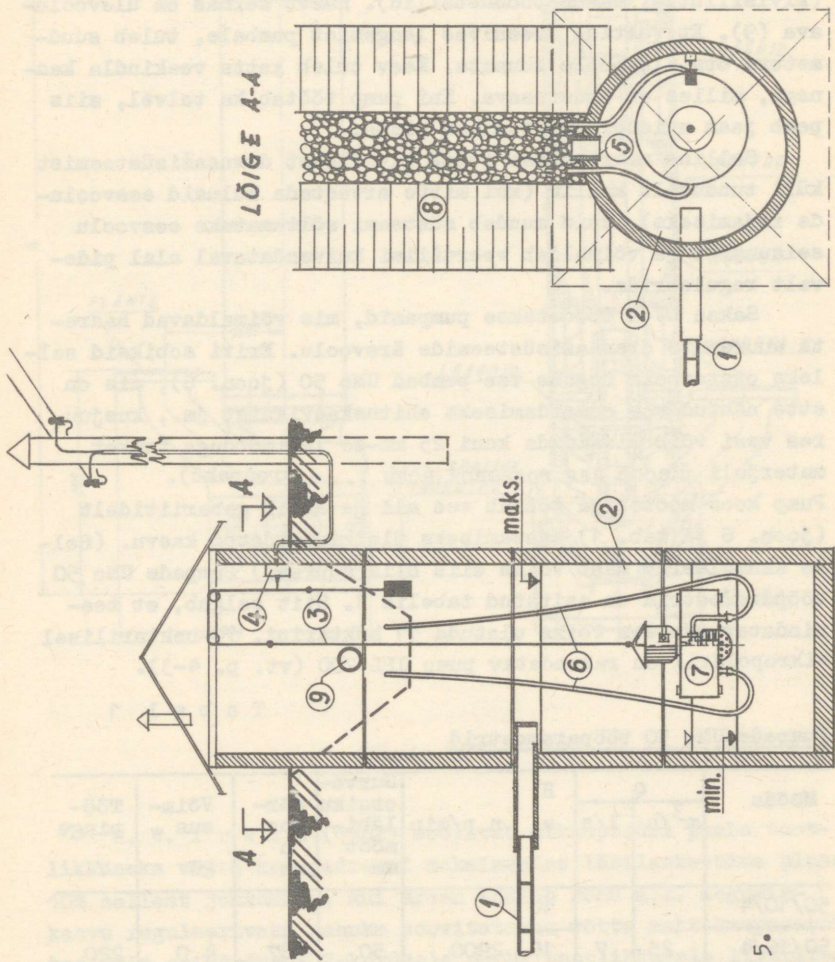
1 - 3. Mikropoldrid

Polderkuivendusena võib käsitleda ka lahendust, kus vesi pumbatakse ära otse dreenisüsteemide suudmeist (mikropoldrid). Seda on mõningail juhtumeil (näit. USA-s) tehtud, kui eesvoolu kõrge veeseis muidu dreenaži rajamist ei võimalda (Ayres, Scoates, 1954).

Selleks otstarbeks hästi sobivaid pumпасid meil praegu ei toodeta. Väiksemate dreenažisüsteemide puhul võiks kasutada ujuvat pumbaseadet ПН-Ю (Водоподъемные установки ..., 1961), mille tootlikkus 5 m tõstekõrguse juures on umbes 3 l/s ja vajalik võimsus 1 kW (tootja Ростокинский моторо-ремонтный завод, Москва, hind 80 rubl. ümber). Kui arvestada vegetatsiooniperioodi maksimaalseks äravoolumooduliks orienteeruvalt 1 l/s ha, siis võiks teenindatava süsteemi suurus olla 3 ha. Sobivamaid väikese tootlikkusega propellerpumpasid nomenklatuuris praegu pole. Oleks mõeldav kasutada pompa 06-29,5 või teisi sama tööratte läbimõõduga 0-seeria pumpasid (vt. allpool) madalatel põõretel.

Ujuva pumba ПН-Ю kasutamise korral võiks pumbajaam dreeni suudmes olla järgmise konstruktsiooniga (joonis 5).

Kogujadreen (1) suubub raudbetoonist 1,25 m läbimõõduga truubitorudest (4 toru à 1,0 m) kaevu (2), mille põhi asetseb dreenisuudmest 1,5 m võrra allpool. Veeseisu kaevus reguleeritakse automaatselt: pumba (7) külge kinnitatud vastukaaluga trossülekanne (3) on ühenduses lüliti (4) hoovaga. Kui veeseis kaevus tõuseb dreenisuudmeni, lülitub pump sisse, väljalülitumine toimub veepinna alanemise korral 1 m võrra. Pumba kaht surveotsikut ühendavad väljavoolutorudega (5)



Joonis 5.

20 mm läbimõõduga kummeeritud lödvikud (6). Väljavoolutorude otste kohal tuleb äravoolukraavi (8) sängi kindlustada (kivisillutis, raudbetoondetailid). Kaevu seinas on ülevooluava (9). Et vältida dreeneerimise langemist pumbale, tuleb suudmatoru ots allapoole suunata. Kaev tuleb katta veekindla kaanega, milles on õhustusava. Kui pump töötab ka talvel, siis peab jaam muidugi kapitaalsem olema.

Selline mikropolder tuleb tavalisest dreenažisüsteemist küll tunduvalt kallim (kui mitte arvestada kulusid eesvoolude rajamiseks), kuid muudab süsteemi sõltumatuks eesvoolu seisundist ja võimaldab veerežiimi kuivendataval alal pidevalt reguleerida.

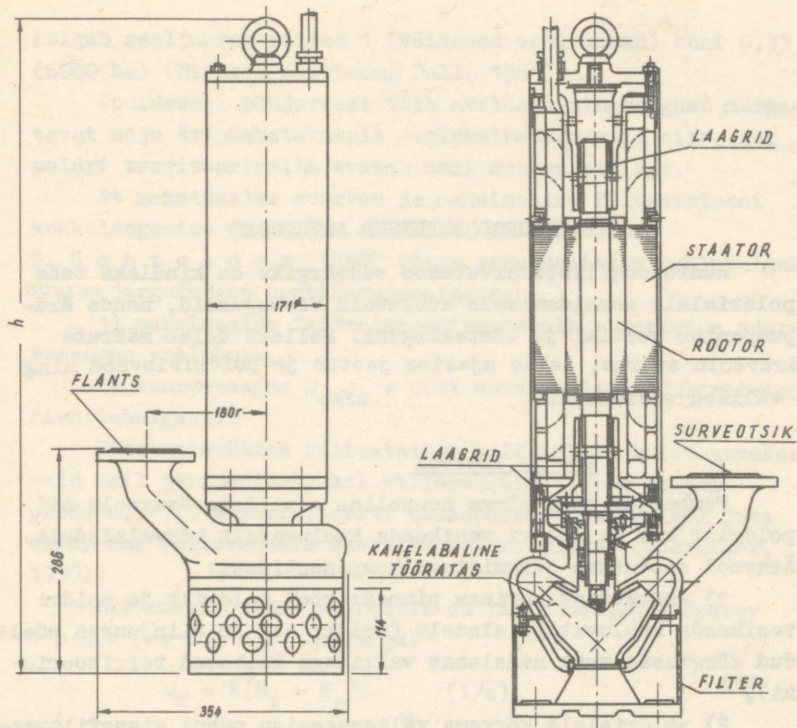
Saksa DV-s toodetakse pumпасid, mis võimaldavad haarata suuremate dreenažisüsteemide äravoolu. Eriti sobiks selleks otstarbeks sogase vee pumbad UMo 50 (joon. 6), mis on ette nähtud vee eemaldamiseks ehituskaevikuist jm., kusjuures vesi võib sisaldada kuni 25 mm-se läbimõõduga tahket materjali (Насос для грязевой воды ... - prospect).

Pump koos mootoriga töötab vee all ja sobib gabariitidelt (joon. 6 ja tab. 1) asetamiseks ülalkirjeldatud kaevu. (Sellele akumulatsioonile võib olla suurem.) Pumpade UMo 50 tööparameetrid on esitatud tabelis 1. Siit selgub, et teennidatav süsteem võiks ulatuda 11 hektarini. 70-hektarilisel mikropolderil on rakendatav pump UPL 200 (vt. p. 4-3).

T a b e l 1

Pumpade UMo 50 tööparameetrid

Mõõde	Q		H m	n p/min	Surve- otsiku läbi- mõõt mm	Kõr- gus h mm	Võim- sus kW	Töö- pinge V
	m ³ /h	l/s						
50/10/4	25	7	10	2900	50	987	4,0	220
50/16/4			16					
50/25/8			25					
50/25/8	40	11						



Joonis 6.

R. W. I r w i n (1962) soovib mikropoldri pumba tootlikkuseks võtta kogujadreeni maksimaalse läbilaskevõime pluss 10% sellest juhtumiks, kui dreen töötab rõhu all. Kogumiskaevu reguleerivaks mahuks soovitatakse võtta maht kuupmeetrites, mis on võrdne 0,2-kordsele pumba tootlikkusele liitrites sekundis.

II. HÜDROLOOGILISED ARVUTUSED

Hüdroloogiliste arvutuste eesmärgiks on kindlaks teha poldrialalt eemaldamisele kuuluvaid veekoguseid, nende äravoolu suurus, selle ajaline jaotus ja poldrisisesed ning välised veeseisud.

2 - 1. Äravool

Pumbajaam peab olema suuteline eemaldama äravoolu nii poldrilt kui ka poldri vesikonda kuuluvatelt kõrvalaladelt. Äravool moodustub järgmistest komponentidest:

- 1) sademetest pärinev pinnaäravool poldrilt ja poldri vesikonda kuuluvatelt aladelt (poldri all on siinjuures mõeldud kõrgveeseisust madalamat vallidega kaitstud territooriumi),
- 2) poldrialale kõrgema välisveeseisuga puhul sissefiltreeruv vesi (imbvesi),
- 3) juurdevool väljastpoolt pärinevast põhjaveest (sial kuuluvad ka allikad).

Väljaandes (Материалы, 1959) soovitatakse arvutusteslike vooluhulkade määramisel võtta aluseks vaid pinnaäravool pumbajaamaga teenindatavalt maapealselt vesikonnalt, kuivõrd teised loetletud komponendid on suhteliselt väikesed ega lange intensiivse pinnaäravooluga ajaliselt kokku. Selle soovitusel mehhaanilisest rakendamisest tuleb hoiduda: igal konkreetset juhul pidada silmas kohalike tingimusi. Väärilist märkimist, et USA-s võetakse maa-alune juurde- või äravool arvesse, kusjuures pumbajaama arvutuslik äravoolumoodul = pmpamiskoeffitsient \times (tavaliste kuivendus-süsteemide projekteerimisel kasutatav äravoolumoodul + juurde- või äravool põhjaveest). Pumpamiskoeffitsiendi väärtus

kõigub sealjuures piires 1 (väikesed vesikonnad) kuni 0,33 (6000 ha) (Richey, Jacobson, Hall, 1961).

Juuredevool põhjaveest võib avaldada mingisugust märgatavat mõju ärापumbatavatele vooluhulkadele vaid siis, kui poldri territooriumile avaneb mõni suurem allikas.

Et maksimaalse suurvee ja maksimaalse filtratsiooni kokkulangemise tõenäosus on väike, siis soovitab G. S c h r o e d e r (1950) võtta arvutuslikuks vooluhulgaks suurem järgmistest kombinatsioonidest:

1) maksimaalne filtratsioonivooluhulk + keskmine suurveeaegne vooluhulk,

2) suurveeaegne $Q_{\text{maks.}}$ + pool maksimaalsest filtratsioonivooluhulgast.

Nimetamisväärne filtratsioon poldrialale tuleb arvesse vaid neil perioodidel, mil välisveeseis ületab poldri pinda 0,5-1,0 m võrra, eriti ebasoodsatel juhtumitel juba siis, kui välisveeseis saavutab poldri taseme (Schroeder, 1950).

Filtratsioonivee vooluhulk on ligikaudselt määratav S c h r o e d e r i valemiga:

$$Q_f = K(H_1 - H_0)L \quad (1/s), \quad (1)$$

kus

H_0 on välis- ja siseveeseisude vahe m, mille puhul algab filtratsioon (sõltub pinnasest),

H_1 - välis- ja siseveeseisude faktiline vahe,

K - filtratsioonivooluhulk 1/s tammi jooksva meetri kohta $H_1 - H_0 = 1$ m puhul,

L - tammide pikkus kilomeetrites.

K sõltub pinnasest, põhiliselt tammi aluspinnasest, ja tuleks katseliselt määrata. Kuigi ühe poldri andmed ei ole üldiselt teisele ülekantavad pinnasetingimuste suure mitmekesisuse tõttu (eriti tuleb silmas pidada üksikute hästi dreneerivate kihtide olemasolu võimalust tammi aluspinnases), võib ligikaudselt rakendada järgmisi K väärtusi (Материалы..., 1959):

halvasti vett läbilaskvad pinnased $K = 10-15$ 1/s km

keskmiselt " " " $K \cong 30$ 1/s km

hästi " " " $K \gg 50$ 1/s km

Kui poldriala kasutatakse põlluna, s. t. kevadised ülejutused pole lubatud, dimensioneeritakse selle elemendid maksimaalsele kevadisele, kui heina- või karjamaana - maksimaalsele vegetatsiooniaegsele vooluhulgale.

Arvutuslike äravoolumoodulite rakendamise põhitõingimused veejuhtmete projekteerimisel (Материалы..., 1959 järgi) on toodud tabelis 2, muus osas tuleb juhinduda meil kehtivaist veejuhtmete hüdraulilise arvutamise tingimustest (Maaparanduse käsiraamat I, tabel 7-1).

Poldrite rajamisel tehakse meie vabariigis alles esimesi samme, seepärast puuduvad ka vaatlusandmed äravoolurežiimi kohta poldrialadelt. Äravool Eesti NSV territooriumilt on suhteliselt hästi uuritud ja vaatlusandmed tehniliste teaduste kandidaadi K. H o m m i k u poolt üldistatud. Ei ole aga andmeid selle kohta, kui hästi K. H o m m i k u valemid sobivad äravoolu iseloomulike näitajate määramiseks suhteliselt väikestelt täiesti kuivendatud vesikondadelt, nagu seda on tavaliselt poldrid.

Täpsemate andmete saamiseni tuleb meil arvutuslikke äravoolumooduleid määrata kas K. H o m m i k u valemite järgi või naabervabariikide (Läti NSV, Kaliningradi oblast) kogemuste alusel (Материалы ..., 1959):

1) analoogilistes looduslikes tingimustes olevate poldrite äravoolumoodulite järgi või

2) ärापumpamiskoeffitsientide kaudu, s. o. seosest äravoolu, sademete ja auramise vahel vaadeldavas ajavahemikus.

Äravoolumoodulite määramiseks a n a l o o g i a põhjal võib kasutada tabelis 2 toodud näitajaid Kaliningradi oblasti poldritele (sademetenorm 685 mm aastas) 1000-hektarise poldripindala, keskmise reljeefi ja metsata poldri vesikonda kuuluvate kõrvalalade puhul. Muude tingimuste korral tuleb kasutada paranduskoeffitsiente reljeefi iseärasuste ja metsasuse arvestamiseks. Künkliku liigestatud reljeefi korral $K_r = 1,15$, tasase puhul $K_r = 0,85$. Metsaga kaetud aladele tuleb võtta $K_m = 0,7 \div 0,5$.

Toodud äravoolumooduleid loetakse eriti sobivaks Läänemere rannikualadele. Teistsuguse sademetenormi korral soovitatakse neid korrutada sademetenormide suhtega.

Äravoolumoodulid 1/s ha 1000 ha-sele poldrile Kaliningradi oblastis

Põhiline maakasutusviis	Arvutuslik äravoolumoodul	P i n n a s e d						Arvutuslik töönaosus %	Maksimaalne vooluhulga läbilaskmise tingimused		
		poldrialal		poldri keskonda kuuluvatel kõrvalaladel (metsata, keskmine reljeef)							
		savid	liiv-savid	savi-liiv-lüüvad, kungastega)	sa-vid	liiv-sa-vid	sa-vid			liiv-lüüvad	
Põld	Kevadine maks.	1,75	1,50	1,25	0,90	1,40	1,20	1,00	0,70	5	Veepind peab jääma 0,3+0,4m allapoole kaldaid
	Suvine maks.	1,45	1,20	0,90	0,50	1,15	0,95	0,70	0,40	5	Veepind peab jääma 0,4+0,5m allapoole kaldaid
	Suvine keskm.	0,22	0,18	0,13	-	0,17	0,14	0,10	0,06	-	-
Heina- ja karjamaa	Kevadine maks.	1,15	0,95	0,75	0,55	0,90	0,75	0,60	0,45	15	Üleujutus on lubatud
	Suvine maks.	1,05	0,90	0,70	0,40	0,80	0,70	0,55	0,30	10	Veepind peab jääma 0,2+0,3m allapoole kaldaid
	Suvine keskm.	0,16	0,13	0,10	-	-	0,10	0,08	0,05	-	-
Aiamaa	Kevadine maks.	2,10	1,80	1,50	1,10	1,70	1,45	1,20	0,90	3	Veepind peab jääma 0,3+0,4m allapoole kaldaid
	Suvine maks.	1,75	1,45	1,10	0,60	1,40	1,15	0,90	0,50	3	Veepind peab jääma 0,4+0,5m allapoole kaldaid
	Suvine keskm.	0,26	0,22	0,16	-	0,21	0,17	0,13	0,07	-	-

Tuleb nõustuda K. H o m m i k u arvamusega (suusõnali-
ne), et äravoolumooduleid on vaja korrigeerida mitte sademete-
normide, vaid äravoolunormide suhtega, millega võetakse pare-
mini arvesse kõiki kliimatingimuste erinevusi. Sellist arvu-
tust raskendab asjaolu, et Kaliningradi oblasti poldrialade
kohta pole detailseid äravoolumooduleid teada, pealegi on
kartogrammidelt leitavad kliimaatilised äravoolumoodulid saa-
dud suuremate vesikondade vaatlusandmeist. Igal juhul tuleb
võrrelda sama autori (s. t. sama meetodikaga saadud) äravoo-
lunorme mõlema vesikonna kohta. Seda on võimalik teha
B. Z a i k o v i (Андреев, 1957) kartogrammi abil, kui
q̄-samajooni pikendada Kaliningradi oblasti territooriumile
(q̄ = 6 - 7 l/s km²).

Talvel töötavad poldripumbajaamad väiksema intensiivsuse-
ga või ei tööta üldse ja põhjaveeseis tõuseb. Lisaks pinna-
äravoolule tuleb põhjavette akumulatsioonid vesi kevadel enne
külviaega lühikese ajaga (15-30 päeva jooksul) ära pumbata.
Saksamaal määratakse see täiendav äravool Z S c h r o e d e r i
valemist:

$$Z = (N - V - R) \frac{12}{t} \quad (l/s \text{ km}^2), \quad (2)$$

kus N - talvised sademed (XI-III) mm,

V - auramine (XI - III) mm,

R - pinnasesse akumulatsioonid veekiht mm, mis vastab
ü l d i s e l e talvisele põhjaveeseisu tõu-
sule vaadeldavas piirkonnas. Kes- ja Põhja-
Saksa DV-s madalikele võetakse R > 50 mm,

t - ööpäevade arv (15-30), mille jooksul tuleb
poldrile kogunenud liigvesi eemaldada.

Vastavas allikas, kus nimetatud andmed on avaldatud
(Материалы..., 1959) ei ole valemi (2) liikmete kohta midagi
täpsemat öeldud. Võib arvata, et N all tuleb mõista arvutus-
liku tõenäosusega (5%) talviste sademete summat.

Andmed aasta auramisnormi kohta maapinnalt leiduvad
"Maaparanduse käsiraamatu" III osas (kartogramm II). Jaotus
kuudele on Eesti NSV-s A. V e l n e r i (1957) järgi keskmis-
elt järgmine:

T a b e l 3

Kuu	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Auramine %-des aasta- sest	1	1	3	6	13	19	23	16	10	5	2	1	100

Pumbajaama aastaringse töö puhul (kaasa arvatud talvi-
sed sulad) on akumulatsioon poldrialale väiksem ja selle võib
jätta arvestamata. Talvist pumpamist, kus see võimalikuks osu-
tub, loeb G. S c h r o e d e r (1950) väga soovitatavaks, et
poldriala pinnas saaks hästi läbi külmuda.

Eeltoodud skeemi järgi leitavad moodulid kehtivad vesi-
konnale suurusega 1000 ha. Teatavasti on äravoolumoodul pöörd-
võrdelises sõltuvuses vesikonna pindalast. Selle arvestamiseks
soovitatakse ülalkirjeldatud viisil saadud moduleid üle 1000
ha suuruste poldrite korral vähendada 5-10% iga 1000 ha koh-
ta, 500 ha puhul aga suurendada 5%.

Arvutuslike äravoolumoodulite määramisel ä r a p u m-
p a m i s k o e f i t s i e n t i d e kaudu võib juhinduda
järgmistest andmetest (Материалы..., 1959). Prof. B e r t-
r a m i 6-aastased vaatlusandmed 30 pumbajaama kohta 300-900
hektaristel poldritel Visla deltas (sademete aastasumma 550
mm, aastakeskmine õhutemperatuur +7,5°, aluspinnas 0,5÷1,5 m
paksuse mudakihi kaetud liiv) andsid järgmised sesoonsed
ärापumpamiskoeffitsiendid:

Sügis	Talv	Kevad	Suvi	Aasta
X-XI	XII-III	IV-V	VI-IX	
0,65	1,12	0,42	0,18	0,30 ÷ 0,42

Talvine ärापumpamiskoeffitsient kõikus 0,56÷1,68 piires
ja ületas 1 sügiseste vihmade ajal pinnasesse akumulatsioon
vee arvel.

Dots. T. K a d r e v i t š i (Кадревич, 1963) andmed
sesoonsete ärापumpamiskoeffitsientide (s. o. ärापumbatava vee
ja sademetemahu suhte) kohta Riia lahe äärsel Eimuri, Riia-lä-
hedasel Babite ja Läänemere ääres (Liibavi rajoonis) asetse-
val Tossele poldril on esitatud tabelis 4.

Meie tingimustele lähedasema Eimuri poldri pindala on
11 km², pumbajaama poolt teenindatava vesikonna F = 23 km²,

sademete aastasumma on 559 mm, aastakeskmise õhutemperatuur +5,4^o, aluspinnaseks on kuni 1,5 m paksuse turbakihiga kaetud liiv.

T a b e l 4

Kuud	Ärapumpamiskoeffitsiendid				
	X-XI	XII-III	IV-V	VI-IX	Aasta
Eimuri	0,33	0,53	0,90	0,16	0,36
Babite	0,54	0,86	1,23	0,15	0,52
Tossele	0,46	0,66	0,50	0,08	0,38

Selgub, et Riia lahe piirkonnas on ärapumpamise maksimum kevadel, Läänemere ääres sügisel ja talvel ega ületa 100 l/s km². Keskmiselt pumbatakse ära 30-40% aastasademetest, s. o. sõltuvalt aasta sademeterikkusest 150-300 mm ehk 150 000-300 000 m³/km². Babite poldri ärapumpamiskoeffitsiente suurendab filtratsioon läbi tammide.

Maksimaalset kevadist äravoolumoodulit poldrialalt soovitatakse (Материалы ..., 1959) määrata valemi järgi:

$$q_{\text{kev. max}} = \frac{k \cdot \Sigma N \cdot 10^4}{T} \quad \text{l/s ha,} \quad (3)$$

kus k on arvutusperioodi ärapumpamiskoeffitsient, kohalike andmete puudumisel võtta 1+1,1;

ΣN - talviste sademete summa mm (tõenäoliselt on siin mõeldud arvutusliku tõenäosusega - 5% talvist sademetesummat);

T - pumpamise kestus sekundites, mis sõltub kasvatatavatele kultuuridele lubatavast kevadisest üleujutusajast.

Normide järgi (Технические условия ..., 1957) on lubatavad üleujutusajad järgmised (tabel 5):

T a b e l 5

Maa kasustusviis	Lubatav üleujutus-aeg ööpäevades
Rohumaad, kultuurrohumaad	20-25
Karjamaad, põllukülvikorrad, juurviljapõllud	10-15
Talivilja-külvikorrad	3-5

Tabelis toodud lubatavad uputusajad on ilmselt liiga suured, sest poldri rajamine eeldab maa intensiivset kasutamist.

Meie vabariigis kehtivad eeskirjad (Maaparanduse käsiraamat I, 1962, tab. 7-1) nõuavad, et kevadine maksimaalne veetase jääks taliviljade puhul ja metsaparkides vähemalt 20 cm allapoole kaldaid. Sellisel juhul viib valem (3) absurdsete tulemusteni. Olukord paraneb, kui võtta arvesse ka poldri kuivendussüsteemide akumulereivat mahtu. Iseküsimus on, kuivõrd tasuv on taliviljade poolt esitatavate nõuete rahuldamine poldrialadel üldse.

Maksimaalse äravoolu moodul poldri vesikonda kuuluvatelt kõrvalaladelt määratakse nagu tavaliselt kuivendussüsteemide projekteerimisel või võetakse 30-80% poldriala maksimaalsest äravoolumoodulist (Материалы ..., 1959). Meie tingimustes tuleks nähtavasti rakendada K. H o m m i k u valemid.

Maksimaalne suvine äravool määratakse arvestusest (Материалы..., 1959), et suviste ööpäevaste sademete maksimaalsest (tuleb arvata, et arvutusliku tõenäosusega -5%) hulgast $N_{\text{ööp}}$ on vaja ära pumbata 20% ($K_s = 0,20$, vt. tab. 4):

$$q_{\text{suv. max}} = \frac{K_s \cdot N_{\text{ööp}}}{8,64} \quad (1/s \text{ ha}). \quad (4)$$

G. S c h r o e d e r (1950) seab nõudeks, et suvised suurveed tuleb põldudel ja karjamaadel eemaldada 1-2 päeva, heinamaadel 3, maksimaalselt 5 päeva jooksul, kusjuures vesi võib erandjuhtumel kraavikallastest väljuda vaid heinamaadel; selle nõude täitmise majanduslikkust tuleb aga kaaluda väikese tõenäosusega suurvete korral.

Akad. A. K o s t j a k o v i järgi tuleb suvised suurveed eemaldada rohumaadel 1-2 ööpäeva, põldudel mõne tunni jooksul (Костяков, 1960).

Pumbajaama võimsuse määramisel võetakse arvutuslikuks suurim saadud äravoolumoodulitest.

Rajoonides, kus maksimaalne äravool langeb sügiskuudele, tuleb arvutuslik äravoolumoodul määrata tingimusest, et vajaliku tõenäosusega sügisesed sademed pumbatakse ära kiiruse-

ga, mis väldiks üleujutusi. Nii näiteks valis Ленгипрорводхоз suviste poldrite projekteerimisel Leedu NSV-sse arvutuslikuks sügise 10% tõenäosvõega äravoolumooduli (Материалы..., 1959).

Eeltoodu täienduseks tuleks meil rõhuda, et pumpamisintensiivsus oleks piisav sügisesteks koristustöödeks vajaliku kuivendusnormi saavutamiseks.

Keskmine suvine äravoolumoodul (mille rakendamise tingimused on analoogilised meil kasutatavate moodulitega $q_{k\ddot{u}lv}$ ja $q_{s\ddot{u}g}$ keskm. - vt. MK I*) määratakse kogu pumpajaama poolt teenindatavale vesikonnale avaldisest:

$$q_{suv. \text{ keskm.}} = \frac{\sum \frac{X}{V} N_k \cdot 10^4}{T} \quad (l/s \text{ ha}). \quad (5)$$

kus $\sum \frac{X}{V} N_k$ on kuusademete ja vastavate ärापumpamiskoeffitsientide korrutiste summa ajavahemikus maist oktoobrini,

T - sekundite arv samas ajavahemikus.

N ä i d e

Alljärgnevalt on määratud arvutuslikud äravoolumoodulid (kevadised ja suvised maksimumid) Pirita jõe äärde Sommerlingi-nim. sovhoosi Vaida osakonda projekteeritud poldrile kõigi ülalkirjeldatud meetoditega.

Lähteandmed: poldriala pindala 158 ha on tervikuna kuivendatud madalsoo.

K . H o m m i k u järgi (MK III) saab neile tingimustele kevadise ööpäeva keskmise 5% maksimaalse äravoolumooduli:

$$q_{kev. \text{ max}} \ 5\% = 4,80 \text{ l/s ha}$$

$$(\bar{q} = \bar{q}_k + \Delta \bar{q} = 8,9 + 2,6 = 11,0 \text{ l/s km}^2)$$

ja vegetatsiooniperioodi maksimaalse äravoolumooduli:

$$q_{veg. \text{ max}} \ 5\% = 2,36 \text{ l/s ha.}$$

Analooia alusel Kaliningradi oblasti poldritega:

tabelist 2 saab saviliivale ja turbale äravoolumoodulid

$$q_{kev. \text{ max}} \ 5\% = 1,25 \text{ l/s ha} \quad \text{ja}$$

$$q_{suv. \text{ max}} \ 5\% = 0,90 \text{ l/s ha.}$$

Parandustegur $q_{kev. \text{ max}}$ juurde

$$Z = (N - V - R) \frac{12}{T}$$

* MK - Maaparanduse käsiraamat.

XI-III kuu sademete 5% tõenäosusega andmed Tallinna ilma-
jaama kohta on saadud kliimaatlasest (Климатический атлас
СССР, Т. I, 1960):

Kuu	XI	XII	I	II	III	Summa XI-III
Sademed mm	80	60	52	48	46	286

"Maaparanduse käsiraamatu" III osa kartogrammilt II
saab auramisnormi poldri piirkonnas - 325 mm, sellest lan-
geb XI-III kuule 8% (tabel 3), s. o. 26 mm.

Võttes $R = 50$ mm ja $t = 15$  p eva saab

$$Z = (286 - 26 - 50) \frac{12}{15} = 168 \text{ l/s km}^2.$$

Seega $q'_{\text{kev. max } 5\%} = 1,25 + 1,68 = 2,93 \text{ l/s ha.}$

Pärast parandamist rajatava poldri rajooni ja Kalinin-
gradi oblasti poldrialade keskmise äravoolunormide suhtega
(Zaikovi kartogrammi järgi) $\frac{9}{7} \cong 1,3$ saab

$$q''_{\text{kev. max } 5\%} = 2,93 \cdot 1,3 = 3,81 \text{ l/s ha}$$

ja $q''_{\text{suv. max } 5\%} = 0,90 \cdot 1,3 = 1,18 \text{ l/s ha.}$

Võttes arvesse veel vesikonnapindalade erinevuse saab

$$q'''_{\text{kev. max } 5\%} = 1,05 \cdot 3,81 = 4,00 \text{ l/s ha}$$

ja $q'''_{\text{suv. max } 5\%} = 1,05 \cdot 1,18 = 1,24 \text{ l/s ha.}$

Kui korrigeerida äravoolumooduleid projekteerimisjuhendi
(Материалы..., 1959) soovitusel kohaselt aasta sademetenormi-
de suhtega, siis saab hoopis teised tulemused, sest sademe-
tenorm Eestis on märksa väiksem Kaliningradi oblasti omast:

$$q'_{\text{kev. max}} = 2,93 \frac{585}{685} = 2,50 \text{ l/s ha}$$

(Kaliningradi oblasti keskm. sademetenorm on 685 mm, projek-
teeritava poldri piirkonnas 585 mm (MK III, kartogramm I),

$$q''_{\text{suv. max } 5\%} = 0,90 \cdot \frac{585}{685} = 0,77 \text{ l/s ha,}$$

$$q'''_{\text{kev. max } 5\%} = 2,50 \cdot 1,05 = 2,62 \text{ l/s ha,}$$

$$q'''_{\text{suv. max } 5\%} = 0,77 \cdot 1,05 = 0,81 \text{ l/s ha.}$$

Saadud tulemusi tuleb lugeda ilmselt allahinnatuks.

Koefitsientide meetod

Eespool saadi (ΣN) $_{5\%} = 286$ mm, Läti andmete järgi
 $k = 1,1$. Olgu $T = 10$  p. (tabel 5), siis valemist (3):

$$q_{\text{kev. max } 5\%} = \frac{1,1 \cdot 286 \cdot 10^4}{10 \cdot 24 \cdot 3600} = 3,63 \text{ l/s ha}$$

ja valemist (4):

$$Q_{\text{suv. max}} 5\% = \frac{0,2 \cdot 60}{8,64} = 1,39 \text{ l/s ha.}$$

Suvine 5% tõenäosusega ööpäevasademete hulk on arvatud siinjuures valemist (MK I, § 4-3):

$$H = \frac{A(1 + 0,85 \log N) t}{(t + 1) 0,67} \cong 60 \text{ mm.}$$

Kokkuvõttes võib öelda, et K. H o m m i k u valemid annavad väikestele kuivendatud vesikondadele nähtavasti mõnevõrra ülepakutud äravoolumoodulid, eriti vegetatsiooniperioodi maksimaalse äravoolu jaoks. See on ka mõistetav, kuivõivalemid on koostatud teistsuguse iseloomuga vesikondade äravooluandmete alusel. Poldrite projekteerimisel peaks kohalike andmete saamiseni seega suvise maksimaalse äravoolu määramiseks kasutama kaht viimast meetodit ja arvutuslikeks võtma saadud äravoolumoodulitest suuremad. Kaliningradi oblasti andmed tuleb meile üle kanda aasta äravoolunormide suhtega.

2 - 2. Arvutuslikud vooluhulgad

Pumbajaama arvutuslike vooluhulkade määramise aluseks on maksimaalsed vooluhulgad juurdevoolukanalis ja kuivendus-süsteemi reguleeriv maht:

$$Q_a = Q_{jv} - 0,28 \frac{W}{t} \quad (\text{m}^3/\text{s}), \quad (6)$$

kus Q_{jv} on juurdevoolukanali maksimaalne vooluhulk arvutusperioodil m^3/s ,

W - reguleeriv maht tuhandetes m^3 -tes,

t - arvutusliku perioodi pikkus tundides.

Reguleeriva mahu arvel on pumbajaama arvutuslikku vooluhulka võimalik märkimisväärselt vähendada ainult siis, kui see moodustab vähemalt $15\,000 \div 20\,000 \text{ m}^3$ poldriala 1 km^2 kohta. Vastasel korral $Q_a = Q_{jv}$.

Pumbajaama arvutusliku vooluhulga (seega ka valitavate pumpade tootlikkuse) vähendamise ja reguleeriva mahu kunstliku suurendamise (kogumisbasseini rajamise või kuivendusvõrgu kraavide dimensioonide suurendamise teel) otstarbekust tuleb selgitada variantide ökonoomilise analüüsiga. Mõnikord võib osutada odavamaks leppida väikese reguleeriva mahuga ja suurendada pumbajaama tootlikkust või lubada üksikuis kohta-

des lühiajalisi üleujutusi ning kasvatada seal üleujutust kannatavaid kultuure.

Andmete olemasolu korral on otstarbekas koostada maksimaalse äravoolu perioodidele äravoolu hüdrograafid, nende järgi äravoolu integraalkõverad ja lähtudes reguleerivast mahust arvutusperioodil määrata pumbajaama vajalik tootlikkus.

Kevadise suurvee hüdrograafi iseloomustavaid suurusi on võimalik arvutada K. H o m m i k u valemite abil (MK I, § 4). Neist valemest saab arvutada kevadise ööpäeva keskmise maksimaalse vooluhulga, päevade arvu kevadise suurvee tipust külviajani, kevadise külviaegse vooluhulga ja kevadise suurvee kestuse päevades. Hüdrograafi kuju määramiseks tuleb aluseks võtta rajatava poldri piirkonnas oleva võimalikult väikese vesikonnaga vaatlusposti arvutuslikule lähedase tõe-näosusega suurvee mõõdetud hüdrograaf ja selle koordinaate parandada ülalloeletatud arvutatud suuruste põhjal.

Pumbajaama tootlikkuse ja reguleeriva mahu vahekorra variante on hõlpus võrrelda graafiliselt. Kui kanda graafikule (joonis 8) kaks paralleelset juurdevooluintegraalkõverat vertikaalse vahekaugusega, mis võrdub reguleeriva mahu- W , siis sirge suurvee alguspäeva ja päeva vahel, mil poldri kuivendussüsteem peab olema veest vabastatud, määrab pumbajaama vajaliku tootlikkuse Q_a . Üldiselt nõutakse (КОЗЛОВ, 1940), et 14 päeva jooksul enne külvi peab olema tagatud kuivendusnorm 40÷50 cm. Kuivõrd majanduslik on selle nõude rahuldamine pumpade valikul 5% kevadise maksimaalse äravoolu puhul, on küsitav. Tõenäoliselt peaks olema lubatav kord 20 aasta jooksul külvi hilinemine paari päeva võrra. Integraalkõvera abil saab määrata Q_a sõltuvalt reguleerivast mahust W või siis ebapiisava W puhul kindlaks teha teadaoleva pumbajaama tootlikkuse korral uputusaega (kui uputust võib lubada). Üleujutuse alguse ja lõpu määravad pumpamise integraalkõvera lõikepunktid alumise juurdevoolu-integraalkõvera-ga (vee maht poldrialal ületab nende punktide vahelisel perioodil reguleeriva mahu). Kui reguleeriv maht on väike, siis see pumpamise käigule mõju ei avalda ja graafikule tuleb kanda vaid üks juurdevoolu-integraalkõver.

Integraalkövera konstrueerimiseks ja selle abil mitmesuguste variantide uurimiseks on sobiv see koostada nn. po-laarskaala abil. Selleks kantakse abstsisssteljele ordinaat-teljest vasakule ära pooluse kaugus p , mis arvutatakse ole-nevalt valitud vooluhulkade, mahu- (ordinaatteljel) ja aja-möötkavast (abstsisssteljel):

$$p = \frac{m_w}{m_Q \cdot m_t} \quad (7)$$

Poolusest 0 (joon. 8) lähtuvad sirged, mis on paralleel-sed integraalkövera puutujate või lõikajatega, määravad voo-luhulgaskaalal vooluhulga vastaval hetkel või ajavahemikus.

Alljärgnevalt on määratud pumbajaama vajalik tootlikkus Sommerlingi-nim. sovhoosi Vaida osakonna poldrile suurusega 158 ha.

Kevadist suurveevalli iseloomustavaist suurustest on eespool määratud (K. H o m m i k u järgi):

$$q_{\text{kev. max } 5\%} = 4,80 \text{ l/s ha.}$$

K. H o m m i k u valemeist (MK I, § 4-4) on määratud ka kevadise suurvee arvutuslik kestus

$$t_c = 33 \text{ päeva,}$$

päevade arv kevadise suurvee tipust külviajani

$$z = 20 \text{ päeva ja}$$

kevadine külviaegne äravoolumoodul

$$q_{\text{külv}} (p + 20\%) = q_{\text{külv } 25\%} = 15,3 \text{ l/s km}^2.$$

Suurveevalli kuju määramiseks on aluseks võetud Pirita jõe haru Vao oja ($F = 5,22 \text{ km}^2$) 1951. a. kevadise suurvee vaatlusandmed (Гидрологический ежегодник, 1951).

Leiva jõe Pajuba profiili pika vaatlusrea järgi on 1951. a. kevadise suurvee tõenäosus 10%. Päeva keskmine maksimaalne vooluhulk oli Vao ojas 1270 l/s (11. IV), arvutuslikul külviajal (20 päeva hiljem - 1. V) 44 l/s (tabel 6).

Vastavad arvutuslikud suurused poldrialal:

$$q_{\text{kev. max } 5\%} = q_{\text{kev. max } 5\%} \cdot F = 480 \cdot 1,58 = 758 \text{ l/s,}$$

$$q_{\text{külv. } 25\%} = q_{\text{külv. } 25\%} \cdot F = 15,3 \cdot 1,58 = 24,2 \text{ l/s.}$$

Poldri ja Vao oja vastavate vooluhulkade suhted:

$$k_1 = \frac{Q_{\text{kev. max 5\%}}}{Q_{\text{kev. max 1951}}} = \frac{758}{1270} = 0,597,$$

$$k_2 = \frac{Q_{\text{külv. 25\%}}}{Q_{\text{külv. 1951}}} = \frac{24,2}{44} = 0,550.$$

Seega sobib valitud hüdrograafi kuju äravoolu kulu ise-loomustamiseks arvutusliku suurvee ajal. Joonisel 7 on esitatud Väo oja 1951. a. kevadise suurvee hüdrograaf; selle ja poldri äravoolu-hüdrograafi arvatatud koordinaadid ning äravoolu-integraalkõvera koordinaatide arvutus on esitatud tabelis 6.

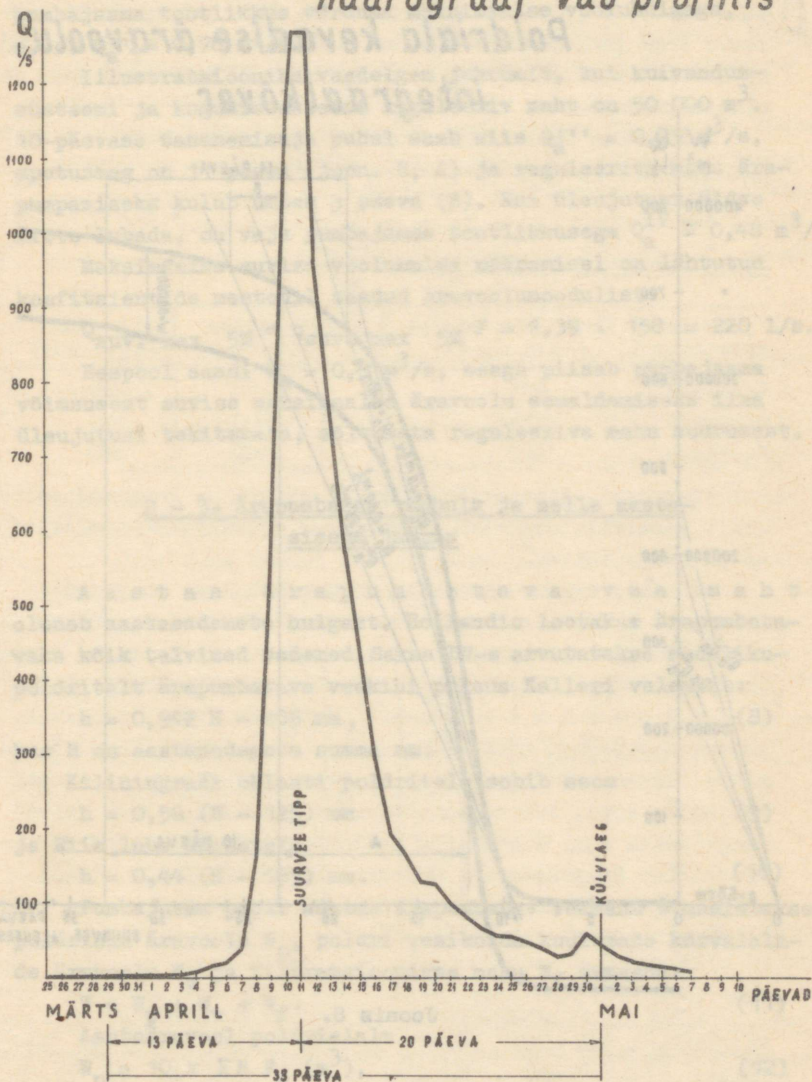
Integraalkõveralt (joon. 8) selgub, et reguleeriva mahu puudumise või väiksuse korral kujuneb pumbajaama vajalikuks tootlikkuseks $Q_a = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$. Siinjuures on lähtutud nõudest, et kuivendussüsteem vabaneks 5% aastal veest 10 päeva enne külvi. Kui nõuda 14-päevast taženemisaega, saaks $Q'_a = 0,40 \text{ m}^3/\text{s}$ (joon. 8).

T a b e l 6

Kuu-päev	Suurveepäev (arvutuslik)	Väo oja Q_v 1951 l/s	Polder $Q_p = k_1 Q_v$ l/s	Maht m^3	Summa m^3	Märkused
1	2	3	4	5	6	7
23. III		0,8				
24.		0,8				
25.		0,8				
26.		1,0				
27.		1,3				
28.		1,4				
29.		1,7				
30.	1	1,8	1,1	95	95	Arvutusliku
31.	2	1,8	1,1	95	190	suurvee al-
1. IV	3	2,2	1,3	112	302	gus
2.	4	2,4	1,4	121	423	

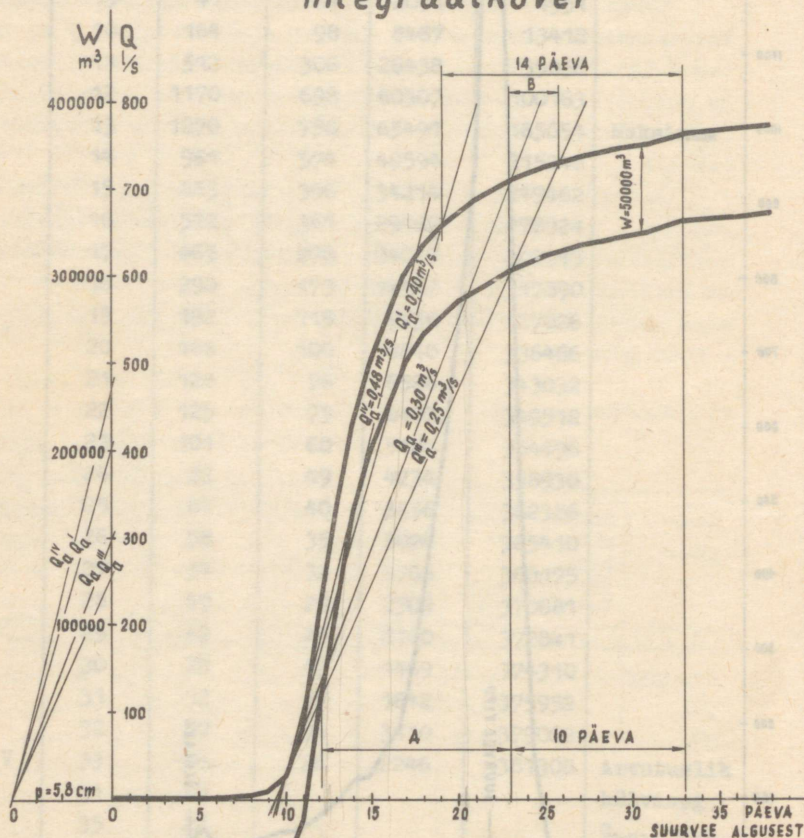
1	2	3	4	5	6	7
3.	5	3,2	1,9	164	587	
4.	6	9,2	5,5	475	1062	
5.	7	15	9,0	778	1840	
6.	8	20	12	1037	2877	
7.	9	41	24	2074	4951	
8.	10	164	98	8467	13418	
9.	11	512	306	26438	39856	
10.	12	1170	698	60307	100163	
11.	13	1270	758	65491	165654	Maksimum
12.	14	961	574	49594	215248	
13.	15	663	396	34214	249462	
14.	16	572	341	29462	278924	
15.	17	465	278	24019	302943	
16.	18	290	173	14947	317890	
17.	19	192	115	9936	327826	
18.	20	168	100	8640	336466	
19.	21	128	76	6566	343032	
20.	22	125	75	6480	349512	
21.	23	101	60	5184	354696	
22.	24	82	49	4234	358930	
23.	25	67	40	3456	362386	
24.	26	58	35	3024	365410	
25.	27	54	32	2765	368175	
26.	28	49	29	2506	370681	
27.	29	42	25	2160	372841	
28.	30	28	17	1469	374310	
29.	31	32	19	1642	375952	
30.	32	60	36	3110	379062	
1. V	33	44	26	2246	381308	Arvutuslik
2.	34	28				külviaeg
3.	35	22				Q_k külv. 25% =
4.	36	18				= 24,2 l/s
5.	37	15				
6.	38	12				

Vão oja 1951.a. kevadise suurvee hüdrograaf Vão profiilis



Joonis 7.

Poldriala kevadise äravoolu integraalkõver



Joonis 8.

Poldriala kevadise üleujutuse kestus on esimesel juhul umbes 14, teisel 10 päeva. Kui üleujutust mitte lubada, peab pumbajaama tootlikkus võrduma maksimaalse vooluhulgaga, s. o. $Q_a^I = 0,76 \text{ m}^3/\text{s}$.

Illustratsiooniks vaadeldgem juhtumit, kui kuivendus-süsteemi ja kogumisbasseini reguleeriv maht on $50\,000 \text{ m}^3$. 10-päevase taatenemisaja puhul saab siis $Q_a^{III} = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, uputusaeg on 11 päeva (joon. 8, A) ja reguleeriva mahu ärापumpamiseks kulub umbes 3 päeva (B). Kui üleujutust üldse mitte lubada, on vaja pumbajaama tootlikkusega $Q_a^{IV} \approx 0,48 \text{ m}^3/\text{s}$

Maksimaalse suvise vooluhulga määramisel on lähtutud koefitsientide meetodil saadud äravoolumoodulist:

$$Q_{\text{suv. max } 5\%} = q_{\text{suv. max } 5\%} \cdot F = 1,39 \cdot 158 = 220 \text{ l/s.}$$

Eespool saadi $Q_a = 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$, seega piisab pumbajaama võimsusest suvise maksimaalse äravoolu eemaldamiseks ilma üleujutusi tekitamata, sõltumata reguleeriva mahu suurusest.

2 - 3. Ärapumbatav veehulk ja selle aasta- sisene jaotus

A a s t a s ä r a p u m b a t a v a v e e m a h t oleneb aastasademete hulgast. Hollandis loetakse ärापumbatavaks kõik talvised sademed. Saksa DV-s arvutatakse madaliku-poldritelt ärापumbatava veekihi paksus Kelleri valemitist:

$$h = 0,942 H - 405 \text{ mm}, \quad (8)$$

kus H on aastasademete summa mm.

Kaliningradi oblasti poldritele sobib seos

$$h = 0,56 (H - 125) \text{ mm} \quad (9)$$

ja Riia lahe äärsetele

$$h = 0,44 (H - 155) \text{ mm}. \quad (10)$$

Pumbajaama poolt aastas ärापumbatav veemaht W määratakse poldriala äravoolu W_p , poldri vesikonda kuuluvate kõrvalalade äravoolu W_v ja filtratsioonivee mahu W_f summana:

$$W = W_p + W_v + W_f. \quad (11)$$

Aastaäravool poldrialalt

$$W_p = 10 k \sum N F_p \text{ (m}^3\text{)}, \quad (12)$$

kus k - ärापumpamise aastakoefitsient,

$\sum N$ - aastasademete summa mm,

F_p - poldri pindala ha.

Aastaäravooluks poldri vesikonda kuuluvatelt kõrvalaladelt võetakse (30+80%) W_p (vt. ka lk. 21), kui aga k on määratud kogu pumbajaama vesikonna kohta, siis on W_p ja W_v summa arvutatav valemist (12), kus F_p asemel figureerib kogu vesikonnapindala.

Sõltuvalt aasta sademeterohkusest annab ärapumbatavatest veekogustest ettekujutuse tabel 7 (Материалн..., 1959).

T a b e l 7

Ärapumbatavad veekogused (mm, $\frac{10^3 m^3}{km^2}$)

Aasta veerohkus	Kura lahe rannik (1914-1923)	Visla delta (1913-1923)	Riia rand (1953-1957)
Veerohke	415	270	260 *
Keskmine	315	200	180
Veevaene	240	100	140

Suuremad näitajad Kura lahe rannikul on tingitud poldrialale sissefiltreeruvast veest, kuna mereäärsetel poldritel on see väga väike.

Ä r a p u m b a t a v a v e e m a h u a a s t a s i s e n e j a o t u s on väga ebaühtlane ja sõltub sademete hulgast ja kulust nii jooksva kui ka eelmisel aastal, õhutemperatuuri kõikumisest ja veeseisust eesvoolus. Dots. T. K a d r e v i t š i andmeil (Кадревич, 1961) töötavad poldripumbajaamad Läti NSV-s aasta läbi. Töörežiim on järgmine: intensiivne pumpamine suurveeperioodil ja sügiseste ajutuulde ajal, lühikesed töötaktid talviste sulade ja valingvihmade ajal suvel ning kuivendusvõrku kogunenud vee perioodiline ärapumpamine. Tuuakse andmed (Кадревич, 1963) ärapumpamise dünaamika kohta Eimuri, Babite ja Tossele poldritelt (tabel 8, vt. ka lk.20).

T a b e l 8

Kuud	Ärapumpamine protsentides aastamahust											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Eimuri	8	7	10	18	12	4	3	5	6	9	9	9
Babite	8	8	11	15	10	3	2	3	6	11	10	13
Tossele	18	13	12	11	4	1	1	2	5	9	9	16

Filtratsioonivee aastamaht määratakse ülaltoodud valemi (1) järgi sõltuvalt veeseisude kõikumisest poldrialal ja eesvoolus.

T. K a d r e v i t š i (Кадревич, 1963) andmeil suurendab filtratsioon ärapumbatavat veehulka kuni 50% sademete aastamahust.

Pumpamise mahtu ja kulgu saab määrata ka otseste hüdroloogiliste vaatlusmaterjalide alusel, kui neid on rajatava poldri piirkonnas analoogilistes tingimustes olemas. Pumba-jaama töö iseloomustamiseks tuleb siis arvutada 50% tõenäosusega aastaäravool ja jagada see keskmise hüdrograafi alusel kuudele.

N ä i d e

Es pool käsitletud Sommerlingi-nim. sovhoosi poldrile saaksime

$$W_p = 10 \text{ k} \sum N F_p = 10 \cdot 0,40 \cdot 585 \cdot 158 = 370 \text{ 000 m}^3.$$

Ärapumpamise aastakoefitsiendiks on võetud Läti NSV keskmine $k = 0,40$ (tabel 4), aastakeskmise sademetesumma $N = 585 \text{ mm}$ (MK III, kartogramm I), $F_p = 158 \text{ ha}$.

Jaotatuna Eimuri poldri järgi (tabel 8) kuudele saab järgmised kuumahud 50% tõenäosusega aastal:

T a b e l 9

Kuu	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
$W (10^3 \text{ m}^3)$	29,6	25,9	37,0	66,6	44,4	14,8	11,1	18,5
<hr/>								
IX	X	XI	XII	Aasta				
22,2	33,3	33,3	33,3	370				

O t s e s t e v a a t l u s a n d m e t e 34-aastane rida on olemas Pirita jõe vesikonda kuuluva Leivajõe Pajuba profiilis ($F = 84,3 \text{ km}^2$). Vaatlusrea 50% tõenäosusega aastaks on 1942. aasta, mille aastakeskmise äravoolumoodul on $8,1 \text{ l/s km}^2$. Poldri vesikonnale ($F = 1,58 \text{ km}^2$) annab see aastaäravoolu $W = 8,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,58 \cdot 86 \cdot 400 \cdot 365 = 404 \text{ 000 m}^3$.

Aastasisene äravoolujaotus on määratud Väo oja 11-aasta-

Väo oja keskmise hüdrograafi määramine (vooluhulgad l/s)

Kuu Aasta	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
1945	5,2	3,7	55	158	12	0,2	-	-	0,1	16	26	1,6	23
1946	1,6	0,9	3,4	282	16	7,1	-	-	0,5	5,9	26	16	30
1949	5,4	33	36	70	1,6	4,9	0,1	0,1	-	-	0,9	55	21
1950	4,4	2,9	73	66	4,0	0,2	-	-	1,3	90	76	62	32
1951	7,0	1,8	0,8	191	5,4	-	-	-	-	-	-	10	18
1952	26	4,1	0,9	73	19	3,5	-	-	3,7	81	66	42	26
1953	24	1,6	86	47	3,0	0,1	-	5,5	55	45	53	31	29
1954	0,1	-	21	34	10	0,5	0,4	98	66	76	113	116	45
1955	13	64	2,4	136	81	1,0	-	-	-	0,4	17	40	30
1956	43	1,6	2,1	176	29	0,2	4,3	19	23	43	39	90	39
1957	14	56	9,8	169	116	14	0,2	0,3	131	110	57	61	62
Keskmine	18	15	26	128	27	2,9	0,5	11	25	42	43	48	32
% aasta- äravoo- lust	4,7	3,6	6,9	32,7	7,1	0,8	0,1	2,9	6,4	11,1	11,0	12,7	

se vaatlusrea keskmise hüdrograafi järgi [kuni 1953. a. $F = 5,22 \text{ km}^2$, 1953. a. alates $4,07 \text{ km}^2$, vesikonna iseloom on lähedane poldri tingimustele: 35% põldu ja karjamaad ning 65% hõredat põõsastikku (Хоммик, 1958)]. Selle hüdrograafi saamiseks on võetud iga kuu keskmistest vooluhulkadest keskmine. Väga tunduvald äravoolufaaside nihkeid äravoolureas pole, seepärast pole neid keskmise hüdrograafi määramisel arvestatud. Töötlus (kus 1945.-1952. a. vooluhulgad on taandatud vesikonnapindalale $4,07 \text{ km}^2$) on esitatud tabelis 10. Saadud keskmise aasta äravoolumoodul $7,9 \text{ l/s km}^2$ on väga lähedane Leiva jõe ülalleitud keskmisele moodulile $8,1 \text{ l/s km}^2$.

Aastaäravoolu $W = 404 \text{ 000 m}^3$ jaotus kuudele kujuneb järgmiseks:

T a b e l 1 1

Kuu	I	II	III	IV	V	VI	VII
W (10^3 m^3)	19,0	14,6	27,9	132	28,7	3,2	0,4
VIII	IX	X	XI	XII	Aastas		
11,7	25,8	44,9	44,5	51,4	404		

Nagu näha, on mõlemal teel arvutatud äravoolu aastamahud küllalt lähedased, aastasisesed jaotused aga erinevad tunduvalt. Õigem on nähtavasti orienteeruda tegelikule äravoolule, seega võtta arvutuslikeks tabelis 10 esitatud mahud.

2 - 4. Arvutuslikud veeseisud

Pumpade geodeetilise tõstekõrguse ja läbi tammide filtreeruva veehulga kindlakstegemiseks on vaja määrata välise ja sisemise biefi maksimaalsed ja minimaalsed veeseisud.

M a k s i m a a l s e k s v ä l i s v e e s e i s u k s võetakse arvutusliku tõenäosusega maksimaalne veetase eesvoolus (meres, lahes, järves, jões). Selle järgi määratakse kaitsetammide harjade kõrgusmärgid ja pumpade maksimaalne tõstekõrgus.

M i n i m a a l n e v ä l i s v e e s e i s vastab madalaimale täheldatud veetasemele eesvoolus ja on aluseks

pumpade ja survetorude asetuskõrguse määramisel (torud peavad avanema vee alla). Madalveeseise ja nende dünaamikat on vaja teada ka selleks, et selgitada, kuivõrd on võimalik poldrivee ärajuhtimine isevoolu teel.

Peale selle on vaja teada eesvoolu veeseisu dünaamikat filtratsioonivooluhulkade ja pumpade tõstekõrguse ajalise kulu määramiseks (selleks on vaja ööpäevakeskmisi veeseise suurveeperioodil ja kuukeskmisi veeseise maist oktoobrini; talvekuudel olulist tähtsust ei ole, kuivõrd pumpamine on sel ajal, kui seda üldse on, episoodiline).

Arvutuslike veeseisude määramine toimub tavaliste insee-nerihüdroloogia võtetega: mere-, järve- või jõe-veemõõdupos- tite vaatlusandmete töötlus, arvutatud jõeveeseisude ülekan- dmine arvutusprofiili sidekõverate abil või vabapinna kuju arvutamise teel, vooluhulgakõverate koostamine arvutusprofii- lis jne. Jõeluhtade vallitamise puhul tuleb silmas pidada jõesängi kitsenemist luhtade voolusängist väljalülitamise tõttu ja sellega seotud suurveeseisude kõrgenemist.

M a k s i m a a l n e s i s e v e e s e i s sõltub maksimaalse arvutusliku vooluhulga läbilaskmistingimustest. Kui poldril mingisuguseid üleujutusi ei lubata, siis määra- vad maksimaalse siseveeseisu kuivenduse nõuded (tabel 2 ja MK I, tab. 7-1), mis peavad olema rahuldatud ka pärast turba- pinnase vajumist. Kui veetase pumbajaama juurdevoolukanalis või kogumisbasseinis tõuseb selle nn. **m a k s i m a a l s e e k s p l u a t a t s i o o n i l i s e v e e s e i s u n i**, lülitatakse pumbad tööle.

M i n i m a a l n e (e k s p l u a t a t s i o o n i - l i n e) s i s e v e e s e i s määrab pumpade asetuskõrgu- se (maksimaalse lubatava imemiskõrguse järgi) ja imitorude suudmete paigutuse. Minimaalne veeseis pumbajaama juures peab garanteerima vajaliku kuivendusnormi poldri kõige kaugemas punktis. Languta poldritel on maksimaalse ja minimaalse vee- seisu vahe ligikaudu võrdne peakraavi langu ja pikkuse korru- tisega.

Veeseisu poldri kuivendussüsteemides tuleb pumpade abil hoida kirjeldatud piirides. Põhjaveeseis peab talvekuudel püsima 40-50 cm sügavusel, suvel aga vastama kasvatatavatele

kultuuridele nõutavale kuivendusnormile. Määravaks on see-
juures kõige nõudlikum kultuur.

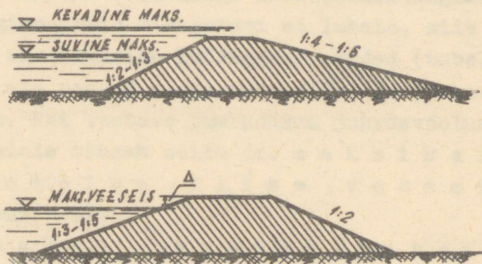
Energiatarviduse arvutamiseks tuleb määrata kesk-
mine eksploatatsiooniline veeseis, mis on maksimaalse ja minimaalse siseveeseisu arit-
meetiline keskmine.

III. POLDRI KUIVENDUSSÜSTEEMI PÕHIELEMENID

3 - 1. Kaitsetammid ja piirdekraavid

Et vähendada vesikonna suurust ja seega ärapumpamisele kuuluvaid veekoguseid, ümbritsetakse polder kaitsetammide ja piirdekraavidega. Nende maksumuse peab kompenseerima pumba-jaama juures saavutatav kokkuhoid. Esivoolu kõrge veeseisu korral kaitsevad tammid poldrit üleujutuste eest.

Sõltuvalt poldriala kasutamise viisist ehitatakse k a i t s e t a m m i d ajutiselt üleujutatavatena või mitte-üleujutatavatena (joon. 9). Esimesi kasutatakse siis, kui poldril kasvatatavad kultuurid lubavad kevadist üleujutamist.



Joonis 9.

Mullatööde vähendamiseks tuleb tamm trasseerida võimalikult mööda reljefi kõrgemaid kohti, kaldadüüne, teetamme jne. ja püüda vältida sügava turba ja teiste vähestabiilsete alustega (muda, sapropeel) alasid.

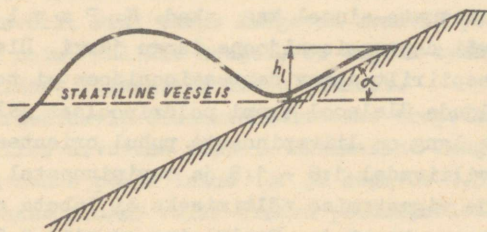
Tammi harja kõrgusmärk peab ületama maksimaalse veeseisu esivoolu tagavara võrra, mis sõltub ehitise klassist.

Kuivendussüsteemid pindalaga alla 25 000 ha (vallitatud alad alla 75 000 ha) kuuluvad IV kategooriasse, nende ehitised aga IV kapitaalsuse klassi (Технические условия..., 1957). Muldtammidele nõutakse sel juhul kõrgusetagavara kas $\Delta = 0,7$ m üle maksimaalse staatilise veeseisu või 0,4 m üle ülesveereva laine harja (suurem neist) (Справочник по гидротехнике, 1955, tabel 17-8).

Laine ülesveeremise kõrgus h_1 (joonis 10) on arvutatav D ž u n k o v s k i valemist:

$$h_1 = 3,2 k H \tan \alpha, \quad (13)$$

kus H on laine kõrgus m, $14^\circ < \alpha < 45^\circ$ - nõlva kaldenurk (on näidatud valemi kehtivuse piirid) ja k on koefitsient, mis arvestab nõlva karedust: sileda nõlva korral (betoon, sillutis, muld) $k = 1$, kivipuiste korral $k = 0,77$.



Joonis 10.

Laine kõrguse H võib leida A n d r e j a n o v i valemist:

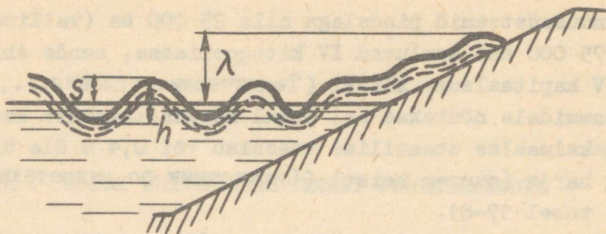
$$H = 0,0208 w^{5/4} L^{1/3} \quad (\text{m}), \quad (14)$$

kus w on arvutuslik tuulekiirus m/s (leitav meteoroloogilistest andmetest) ja L on aju pikkus km (kaugus tuule suunas veekogu vastaskaldani).

Laevatatavate jõgede ääres tuleb poldritammide kõrguse määramisel ja nõlvade kindlustamisel arvestada laevade poolt tekitatavaid laineid. Kirjanduses märgitakse selle probleemi vähest uuritust (Угличус, 1953). Soovitatakse valemit (tähistused vt. joon. 11)

$$h = 0,03 \frac{v^2}{2g}, \quad (15)$$

kus v on laeva liikumise kiirus m/s (kuni 15 km/h) ja g - raskuskiirendus.



Joonis 11.

Laine ülesveeremise kõrgus

$$\lambda = (2,3 \div 2,7) s, \quad (16)$$

$$\text{kus } s = 0,45 h. \quad (17)$$

Tammi ristlõige on trapetsikujuline ja määratakse filt-ratsiooniarvutuste alusel kas akad. N. P a v l o v s k i meetodiga või depressioonijoonelangu järgi. Ülemiselt nõlvast kõrgveepiirilt algav depressioonijoon ei tohi tammi nõlvast väljuda ülalpool tammi poldripoolset jalamit. Depressioonijoonelangu on liivapinnaste puhul orienteeruvalt 1:8 - 1:10, saviliivadel 1:6 - 1:8 ja savipinnastel 1:5 - 1:6.

Tammide vigastamise vältimiseks ei lubata neid tavali-selt sõiduteena kasutada. Pealtlaius on siis 2,0-4,0 m. Nõlvus sõltub kõrgusest - mida kõrgem tamm, seda lamedam nõlv. Olenevalt pinnasest võetakse nõlvus 1:2 - 1:6 (joonis 9). Saksa hüdrotehnikud loevad otstarbekaks rajada tamminõlvad hästi lamedatena (1:5), et neid saaks masinatega niita (Флаковский, Кебурис, 1963). Kaliningradi oblasti kogemused näitavad, et järskude nõlvade puhul on selle tööga küllalt suuri raskusi.

Tammid ehitatakse kohalikust pinnasest. Selleks sobib kõige paremini liivsavi liivasisaldusega kuni 45%. Liivtam-midele tuleb ehitada savituum. Vajumise arvel ehitatakse tammid arvutuslikust 20-25% kõrgematena. Sakslaste ja lätlaste kogemuste kohaselt võib tamme ehitada ka turbast. Näiteks ehitati Saksa DV-s 1,6 m arvutusliku kõrgusega turbast poldri-tamm üle 6 m sügavuse turbaga soo - tammipinnas puistati otse soopinnale ilma alust ette valmistamata. Vajumistagava-

raks võeti 1 m (Фялковскйй, Кебурыс, 1963). Lätis on lubani veehoidla tammide ehitamisel turbaalusele kasutatud turba ja savi segu (Сегаль, 1963).

Tammide hari ja nõlvad planeeritakse ja kindlustatakse olenevalt tingimustest mätastuse, sillutise, betoonplaatidega jm. Eriti hoolikalt tuleb kindlustada uputatavate tammide harju. Välisnõlvade kaitseks kasutatakse ka bioloogilisi kindlustisi [põõsad, veetaimestik (Ingenieurbiologische Bauweisen, 1959, 1960, 1961, 1962)].

P i i r d e k r a a v i d rajatakse piki poldrist eraldatavate vesikonnaosade alumist serva. Piirdekraavepidi juhitakse poldrist mööda ka sinna suunduvad väiksemad veejuhtmed.

Tõkkesammidest poldrialale läbifiltreeruva vee püüdmiseks ehitatakse spetsiaalsed kraavid vaid siis, kui oodatakse tugevat filtratsioonit. Tavaliselt täidab seda funktsiooni kuivendusvõrk. Piki tamme kulgevad kraavid peavad igal juhul asetsema neist küllalt kaugel, et tagada tammide stabiilsust ja küllaldast filtratsioonitee pikkust.

Piirdekraavid dimensioneeritakse trapetsikujulistena hüdraulilise arvutuse alusel. Minimaalne lang on 0,3%. Enamasti on nende põhja laius 1 m ja sügavus 1,5 m. Kaevamisel paigutatakse pinnas valli kraavi poldripoolsele kaldale.

Piirdekraavide rajamine on majanduslik, kui nende rajamise ja ekspluateerimise kulud on väiksemad kui nendega eraldatava vesikonna äravoolu ülepumpamise puhul. Variant valitakse ökonoomilise analüüsi alusel.

Rea Läti NSV poldripumbajaamade poolt teenindatavad vesikonnad on poldrist tunduvalt suuremad, näit. Eimuri poldril on vastavad arvud 2300 ja 1100 ha, Tossele poldril 2020 ja 1107 jne. (Панков, 1962).

3 - 2. Kuivendusvõrk

Poldri kuivendusvõrgule on iseloomulikud väikese langu ja suure ristlõikepinnaga pea- ja kogujakraavid ning väga ebahüdrauliline režiim. Langu suurendamisega suureneb pumpade tõstekõrgus (juurdevoolukanal muutub pumbajaama juures sügavamaks), seega ka energiakulu; kuivendussüsteemi ehituskulud aga vähenevad (kraavide ristlõikepind väheneb).

Pumpade töö ajal voolukiirused kraavides järjest suurenevad vastavalt veepinnalangu suurenemisele, pumpamise vaheajadel vesi kuivendussüsteemis seisab. Selline režiim põhjustab kraavide müdastumist ja rohtumist, nende läbilaskevõime väheneb ja vee äravool aeglustub.

Kevaditi lõhub kraavide kaldaid vee ärापumpamise tõttu allavajuv jää, mis tekkis talviste kõrgemate veeseisude ajal.

Poldri eksploatatsiooniprojektis tuleb neid asjaolusid arvestada.

Kus võimalik, on otstarbekas kogu kuivendussüsteem viia maa alla suure läbimõõduga torudesse.

Peakraavid trasseeritakse piki reljeefi madalamaid kohti, kasutades ära vanade veejuhtmete sänge. Peakraavide pikkus sõltub poldri kujust ja valitud kuivendusskeemist. Saksamaal loetakse peakraavide maksimaalseks soovitatavaks pikkuseks 5 km, on aga ka näiteid 10-15 km pikkuste kohta. Läti NSV poldritel on see 5-7 km, kuid ka sellise pikkuse puhul on vegetatsiooniperioodil kraavide intensiivse rohtumise tõttu raskusi kaugemate alade kuivendamisega: veeseisu alanemine pumbajaama juures levib väga aeglaselt süsteemi kaugemate punktideni. Seega on kuivendussüsteemide efektiivne töö täielikus sõltuvuses nende õigeaegselt puhastamisest mudast ja taimestikust, s. t. korralikust eksploatatsioonist.

Seni ei ole efektiivseid ja odavaid meetodeid veetaimesliku vastu võitlemiseks. Sakslaste katsed näitavad, et kui veepealse taimestikuga saab herbitsiidide abil võrdlemisi kergesti hakkama, siis veealusega on tõsiseid raskusi, peale selle on keemiline tõrje küllaltki kulukas (ФИАЛКОВСКИЙ, Кебурис, 1963, vt. ka Sepp, 1963).

Poldri kuivendussüsteemide vertikaalne ja plaaniline lahendus toimub üldistel alustel. Reljeefist sõltuvate langude valikul tuleb silmas pidada, et nende suurendamine suurendab ka pumpade tõstekõrgust. Seepärast antakse kraavidele tavaliselt lang $i_0 = 0,1 \pm 0,5\%$. Lameda reljeefi puhul kaevatakse kraavid (põhiliselt kogujad ja peakraavid) ilma languta või antakse neile kunstlik lang. Majanduslikuma lahenduse leidmiseks võrreldakse variante kuivendussüsteemi erinevate langude ja neile vastavate tõstekõrguste puhul.

Poldrikraavide hüdrauliline arvutus toimub tavaliselt ühtlase voolamise skeemi kohaselt. Pumbajaama otsese mõju- piirkonna määramiseks maksimaalse ja minimaalse eksploatatsio- onilise veeseisu puhul pumbajaama juures tuleb arvutada pais- ja langjoon. Horisontaalse põhjaga kanaleis on vool alati ebaühtlane ja tuleb sellisena arvutada.

Veeseisud peakraavi suubumiskohal kogumisbasseini või pumbajaama avankaamerasse seotakse kuivendussüsteemi eksplua- tatsiooniliste veeseisudega nii, et minimaalse veeseisu puhul peakraav laseks läbi ühe pumba vooluhulga ja et maksimaalse veeseisu juures tekkiv paisjoon ei rikuks kuivenduse nõudeid.

3 - 3. Kogumisbasseinid

Poldri pumbajaama ülesseatavate pumpade tootlikkus ja töörežiim sõltuvad tunduvalt kuivendussüsteemi a k u m u - l e e r i v a s t m a h u s t (vt. ka p. 2 - 2). Akumulee- riva mahu moodustavad selleks spetsiaalselt kaevatud kogumis- basseinid või pumbajaama juurdevoolukanali laiendid (avankaa- merad), looduslikud süvendid ja veekogud poldrialal ja ka kuivenduskraavide maht äärmiste eksploatatsiooniliste vee- seisude vahel. Sellesse mahtu koguneb vesi pumpade töö vahe- aegadel, perioodidel, mil heiteveelasud on suletud, mil juur- devool kuivendussüsteemist ületab pumbajaama tootlikkuse, ja pumbajaama juhuslike seiskute (avariiremont, voolukatkemine) ajal.

Akumuleeriva mahu olemasolu võimaldab pumpasid tööle rakendada neil kellaaegadel, mil elektrivõrk on alakoormatud, ja vältida seega energiatarbimist tipp-perioodidel.

Mida suurem on akumuleeriv maht, seda väiksem võib olla ülesseatavate pumpade arv, ja vastupidi. Mitme pumbaga on juurdevoolu kulgu kergem jälgida ja vajalik maht väike; ühe pumba puhul, mis on valitud maksimaalse äravoolu järgi, on aga vaja vähemalt nii suurt akumuleerivat mahtu, mis võimal- daks pidevat pumpamist paari tunni jooksul ja sellega väldi- da liiga sagedasi lülitamisi.

Madalikupoldritel, kus kuivendusvõrgu langud on väga väikesed, peab kogumisbassein kindlustama pumpade pideva töö selle aja jooksul (vähemalt 0,5 tundi), mis kulub langjoone

ja seega stabiilse juurdevoolu kujunemiseks kuivendusvõrgus.

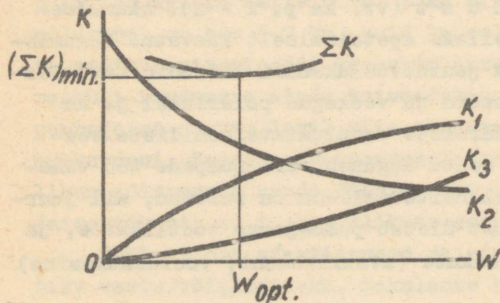
Merepoldrite kogumisbasseinid peavad mahutama tõusuaegse äravoolu, mis tuleb mõõna ajal kas isevoolu või pumpamise teel ära juhtida.

C. L a r s o n (Irwin, 1962) soovitab reguleerivat mahtu kuupmeetrites, mis võrdub 12,5-kordsele pumba tootlikkusele liitrites sekundis. Praktiliselt tähendab see seda, et pumba käivitatakse 2 korda päevas ja ta töötab järjest 3 tundi.

Kogumisbasseini projekteerimisel tuleb määrata:

- 1) basseini akumulereiv maht äärmiste ekspluatatsiooniliste veeseisude vahel,
- 2) täitumisaeg keskmise juurdevoolu puhul ja
- 3) tühjenemisaeg pumpamisel ja heiteveelaskude käudu.

Optimaalne on selline kogumisbasseini maht, mille puhul aastakulutuste summa pumbajaamale ja basseini on minimaalne (joonis 12):



Joonis 12.

Kogumisbasseini optimaalse mahu graafiline määramine.

$$\frac{\partial(\Sigma K)}{\partial W} = 0. \quad (18)$$

$$\text{Siin } \Sigma K = K_1 + K_2 + K_3, \quad (19)$$

kus

$$K_1 = \frac{1}{n_b} K_b + E_b \quad (20)$$

$$\text{ja } K_2 = \frac{1}{n_p} K_p + E_p. \quad (21)$$

Valemeis tähistavad K_b ja K_p kapitalimahutusi kogumisbasseinile ja pumbajaamale, E_b ja E_p - vastavaid aastasi ekspluatatsiooniga ja K_3 - puhastulu, mida võiks aastast

saada kogumisbasseini alla minevalt maa-alalt.

Kuivendussüsteemist tulevate uhtainete kogumiseks lastakse kogumisbasseini põhi juurdevoolukanali põhjast 0,5-1,0 m allapoole.

3 - 4. Veelasud

Poldrivee ärajuhtimiseks isevoolu teel, kui see madalveeperioodil on võimalik, või välisvee sisselaskmiseks poldri niisutamiseks kuivadel perioodidel ehitatakse v e e l a s u d. Üleujutatavate poldrite puhul võimaldavad veelasud reguleerida üleujutusaega.

Jõepoldritel (välja arvatud veehoidlate mõju all olevatel) on veelasud isevoolukuivenduse võimaldamiseks kindlasti vajalikud. Mereäärsete poldrite heiteveelasu vajaduse määrab äravoolutingimuste analüüs; sageli piirduakse äravoolu suunamisega läbi pumbakambri (Kaliningradi oblast) või läbi toru pumbajaama alt (Läti NSV).

Poldrite niisutamise vajadus sõltub kliimatingimustest. Saksa DV-s tehakse seda laialdaselt, Nõukogude Liidus vaid Moskvoetski süsteemil Moskva oblastis (Материалы..., 1959). Tavaliselt toimub niisutamine põhjaveeseisu tõstmisega äravoolu tõkestamise teel.

Heiteveelasud läbivad kaitsetamme poldri madalamates kohtades, niisutusvee sisselaskmiseks ettenähtud veelasud aga kõrgemates.

Veelaskude konstruktsioon võib olla mitmesugune:

- 1) puit-, betoon- või malmtorud vee survele automaatselt avanevate ja sulguvate klappidega (väikeste läbimõõtude puhul) või varjadega (või šandooridega) suletavate avadega (suured läbimõõdud),
- 2) varjade või šandooridega suletavad lüüsregulaatorid,
- 3) kahepoolsed vesiväravad, mis välise veeseisu tõusmisel ise sulguvad.

Avade mõõtmed määratakse hüdraulilise arvutuse teel vastavalt läbilastavale vooluhulgale ja nõutavale läbilaskmis-kiirusele. Viimane sõltub omakorda juurdevoolu intensiivsusest, välisveeseisude režiimist, poldri kasutamiskiisist, lubatavast uputusajast, akumuleeriva mahu suurusest ja pumba-

jaama töörežiimist.

3 - 5. Muud ehitised

Lisaks käsitletutele ja pumbajaamale, mida vaadeldakse eraldi peatükis, tuleb poldrile tavaliselt rajada veel mitmesuguseid ehitisi:

- a) teedevõrk koos sildade ja truupidega;
- b) düükrid üksikute poldriosade ühendamiseks;
- c) lüüsregulaatorid veeseisu reguleerimiseks kuivendusvõrgu osades vastavalt kasvatatavate kultuuride nõudele, samuti veeseisu reguleerimiseks pumbajaama huvides (tagasilöögiklappide kaitsmine külmumise eest, voolukiiruse vähendamine äravoolukanalis veeseisu langemise puhul eesvoolus jne.);
- d) kraavisängide kindlustised;
- e) vaatluskaevud ja drenisuudmed.

Loetletud ehitiste konstruktsioon ja arvutusmetoodika on sama, mis tavaliste kuivendussüsteemide puhul.

4 - 1. Pumpade valiku lähteandmed

Pumpade valiku aluseks on arvutuslikud vooluhulgad (p. 2 - 2) ja tõstekõrgused.

Pumba geodeetiline tõstekõrgus on välis- ja siseveeseisu vahe. Maksimaalset geodeetilist tõstekõrgust - vahet maksimaalse välisveeseisu ja minimaalse siseveeseisu vahel - ei soovitata võtta arvutuslikuks (Материалы..., 1959), sest nende veeseisude ajaline kokkulangemine on vähe tõenäoline: poldrite eksploatatsioonandmed näitavad, et välis- ja siseveeseisude kulg on põhiliselt paralleelne. Mitme pumbaga sisustatud jaama puhul võetakse suurte pumpade geodeetiliseks tõstekõrguseks maksimaalsete välis- ja siseveeseisude vahe, väikeste puhul vahe maksimaalse välis- ja keskmise eksploatatsioonilise siseveeseisu vahel.

Nendes soovitustesse tuleb suhtuda ettevaatlikult ja arvutuslik tõstekõrgus valida kohalike tingimuste hoolika analüüsi alusel. Näiteks võib Peipsi-äärsetel poldritel kujuneda arvutuslikuks just maksimaalse välis- ja minimaalse siseveeseisu vahe, sest järve veeseis saavutab maksimumi alles pärast väikeste vesikondade kevadist suurvett [Т. Е и р е (1961) andmeil keskmiselt 12. mail] - siis, kui polder peab olema juba veest vabastatud.

Energiakulu arvutamisel võetakse arvutuslikuks geodeetiliseks tõstekõrguseks vahe arvutusperioodide (kuu, sesoon, aasta) keskmiste välisveeseisude ja keskmise eksploatatsioonilise siseveeseisu vahel.

Üldiselt on Nõukogude Liidus ehitatud poldrite keskmised geodeetilised tõstekõrgused väikesed: jõepoldritel kuni 1,5 m ja mereäärsetel umbes 1,0 m, kõiguvad aga aasta jooksul suur-

tes piirides [Lätis $-0,3 \div +3,0$ m (Кадревич, 1963)].

P u m b a t ä i s r õ h k peab geodeetilist tõstekõrgust ületama rõhukadude võrra imi- ja survetorus:

$$H = h + h_w. \quad (22)$$

4 - 2. Pumbaagregaatide arvu valik

Poldrialalt ära pumbata tulev vooluhulk kõigub aasta jooksul suurtes piirides, seepärast on majanduslik pumbajama üles seada mitmesuguse tootlikkusega pumpasid.

Pumbaagregaatide arv, tootlikkus ja tüüp sõltuvad juurdevoolu dünaamikast, reguleeriva mahu suuruselt ja heiteveelaskude tööst. Mida suurem on akumul eeriv maht, seda väiksem ja odavam on pumbajaam, aga seda suuremad on kulutused selle mahu rajamiseks. Väikese reguleeriva mahu korral tuleb liiga sagedaste lülitamiste vältimiseks suurendada pumpade arvu ja pumbajama maksumus suureneb.

Lõplik lahendus leitakse erineva pumpade arvu ja akumul eeriva mahuga variantide ökonoomilise analüüsi teel (vt. p. 3 - 3).

Kokkuvõtte mitmesugustest seisukohtadest poldripumbajamade pumpade arvu valiku kohta on järgmine (Волков, 1963).

Ameerika spetsialist J. S u t t o n (Sutton, 1959, refereeritud Волков, 1963 järgi) on arvamusel, et kuivendussüsteemidel tuleb eelistada suuri pumpasid, mis on võimalised ka veega kaasaliikuvat prahti läbi laskma. Peale selle on aga vaja vähemalt üht väikest pumpa suurte pumpade sagedaste lülitamiste vältimiseks madalveeperioodidel. Prof. M. F l o r i n s k i (Флоринский, 1959) andmeil soovitatakse Ameerikas vooluhulkade puhul kuni $4 \text{ m}^3/\text{s}$ üles seada 2 pumpa tootlikkuste suhtega 1:2, üle $4 \text{ m}^3/\text{s}$ korral 3 ja rohkem ühesugust pumpa.

Prof. B e r t r a m i andmetel (Флоринский, 1959) kasutatakse Lääne-Euroopa poldritel kaht pumpa tootlikkusega Q ja 2Q.

Materjalides kuivendussüsteemide projekteerimise normide ja tehniliste tingimuste juurde (Материалы..., 1959) soovitatakse küllaldase reguleeriva mahu ja vesikonnapiindala puhul kuni $10-15 \text{ km}^2$ piirduda ühe pumbaga; kui on kasutada

ainult kuivendussüsteemi reguleeriv maht ja $F > 15-20 \text{ km}^2$, siis üles seada kaks pumba tootlikkuste suhtega 1:2, 1:3, 1:4, 2:3 või 3:4, $F > 25 \div 30 \text{ km}^2$ ($Q > 3 \div 4 \text{ m}^3/\text{s}$) puhul aga 3-4 ühesugust pumba pluss üks väike pump tootlikkusega $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Гипроводхоз'i niisutussüsteemide projekteerimise 1959. a. normid ja tehnilised tingimused soovivad kuivenduspumba-jaamades üles seada 3-8 ühesuguse tootlikkusega pumba (Волков, 1963).

Läti NSV-s seatakse üle 20 km^2 -se vesikonnaga poldrite pumbajaamadesse üles kolm pumba tootlikkuse vahekordadega 1:1:1 või 1:2:2 (Материалы... , 1959).

Läti NSV poldrite pumbajaamadesse on üles seatud ka reservpumbad, kusjuures pumpade ülesseatava ja arvutusliku äravoolu ärापumpamiseks vajaliku tootlikkuse suhe on Tossele poldril 1,50 ja Eimuri poldril 1,45. Insener P. P a n k o v i (Панков, 1962) analüüs näitab, et reservvõimsuse ülesseadmine end majanduslikult ei õigusta. Kui jaamas on tagavaraosad või isegi varupump olemas, siis ükski pumbaagregaadi remont ei kesta üle 10 tunni. Kevadise suurvee ajal 10-tunniline üleujutus mingisugust kahju ei tee, kevadisest 30% väiksem sügisene tipp aga ühe pumba 10-tunnilise seisaku jooksul uputusi ei tekita.

Kaliningradi oblasti ja Leedu NSV, samuti ka Saksa DV, Inglismaa ja USA poldripumbajaamadesse reservvõimsust tavaliselt üles ei seata.

Uurinud rea Nõukogude Liidu poldripumbajaamade tööd, jõudis insener R. V o l k o v (Волков, 1963) järgmiste järeldusteni.

Mitme agregaadiga pumbajaamad võimaldavad hästi jälgida äravoolu kõikumisi, nende ehituskulud on aga suured, seepärast on soovitatav üle minna väheste agregaatidega pumbajaamade projekteerimisele, kuhu seada üles 2-3 erineva tootlikkusega pumba. Väikese võimsusega automatiseeritud poldripumbajaamadesse (kuni $1 \text{ m}^3/\text{s}$) ette näha kaks 0-tüüpi propellerpumba tootlikkusega Q ja $2Q$ (minimaalse ja maksimaalse tootlikkuse vahekord on siis 1:3), keskmise võimsuse ($1-10 \text{ m}^3/\text{s}$) korral kaks kuni kolm. Kahe agregaadi puhul on soovitatav

tootlikkuste vahakord Q ja $(2-3)Q$ (pumbad "O" või "On"), kolme puhul Q , $2Q$ ja $2Q$ või Q , $(2-3)Q$ (väiksem pump "O", suuremad pööratavate labadega "On"). Suure võimsusega agregaatide kasuks räägib ka väiksem metalli erikulu, seega ka erimaksumus. Need näitajad on näiteks pumpadele O5-47 ($Q = 0,8 \text{ m}^3/\text{s}$) ja On 6-145 ($8,5 \text{ m}^3/\text{s}$) vastavalt 2,1 ja $1,6 \text{ t/m}^3/\text{s}$ ning 4000 ja 1800 rubla m^3/s kohta. Soovitavate kombinatsioonide eelis on selles, et suuremad On -tüüpi pumbad on pööratavate labadega ja võivad seega töötada kõrgemate kasutegurite piirkonnas erinevate rõhkude puhul.

4 - 3. Pumbad

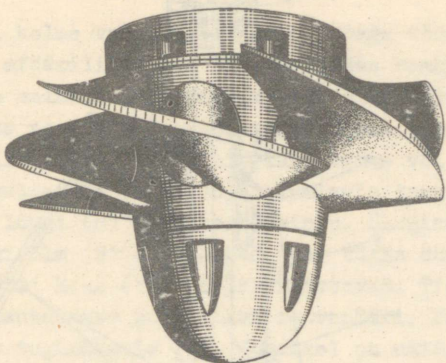
Poldripumbajaamad peavad pumpama suuri vooluhulki suhteliselt väikesele kõrgusele. Vesi on sageli sogane ja prahti täis. Sellistes tingimustes töötamiseks sobivad kõige paremini *propellerpumbad*. ГОСТ 9366-60 näeb ette Nõukogude Liidu labapumpade nomenklatuuris olnud npB- ja Bn-seeria propellerpumpade asendamise uute O- ja On-seeria pumpadega, seepärast on käesolevas töös käsitletud ainult viimaseid. npB- ja Bn-pumbad ei olnud madala kasuteguri (30-40%) tõttu väikeste tõstekõrguste puhul poldritel kasutamiseks sobivad. O- ja On-seeria juurutatakse tootmisse 1960.-1963. a. (Осевые насосы, 1961).

O- ja On-seeria propellerpumbad

Üldandmed. O- ja On-seeria propellerpumbad on ette nähtud tehniliselt puhta vee pumpamiseks temperatuuril kuni $50-60^\circ \text{C}$. Neid võib kasutada soojuselektrijaamade tsirkulatsioonipumpadena, vee tõstmiseks niisutus- ja kuivendus-süsteemides, suurte linnade ja tööstuste veevärgi-pumbajaa-mades jm.

Kaks kuni kuus laba on vaadeldavat tüüpi pumpade vertikaalse völliiga töörrattale (joon. 13) kinnitatud kas jäigalt (tüüp O - осевой насос) või pööratavatena (tüüp On - осевой поворотнолопастной насос).

Pumpade konstruktsioon on standardiseeritud. Üks ja sama pumbakorpus on varustatav erinevat tüüpi töörrattaste ja



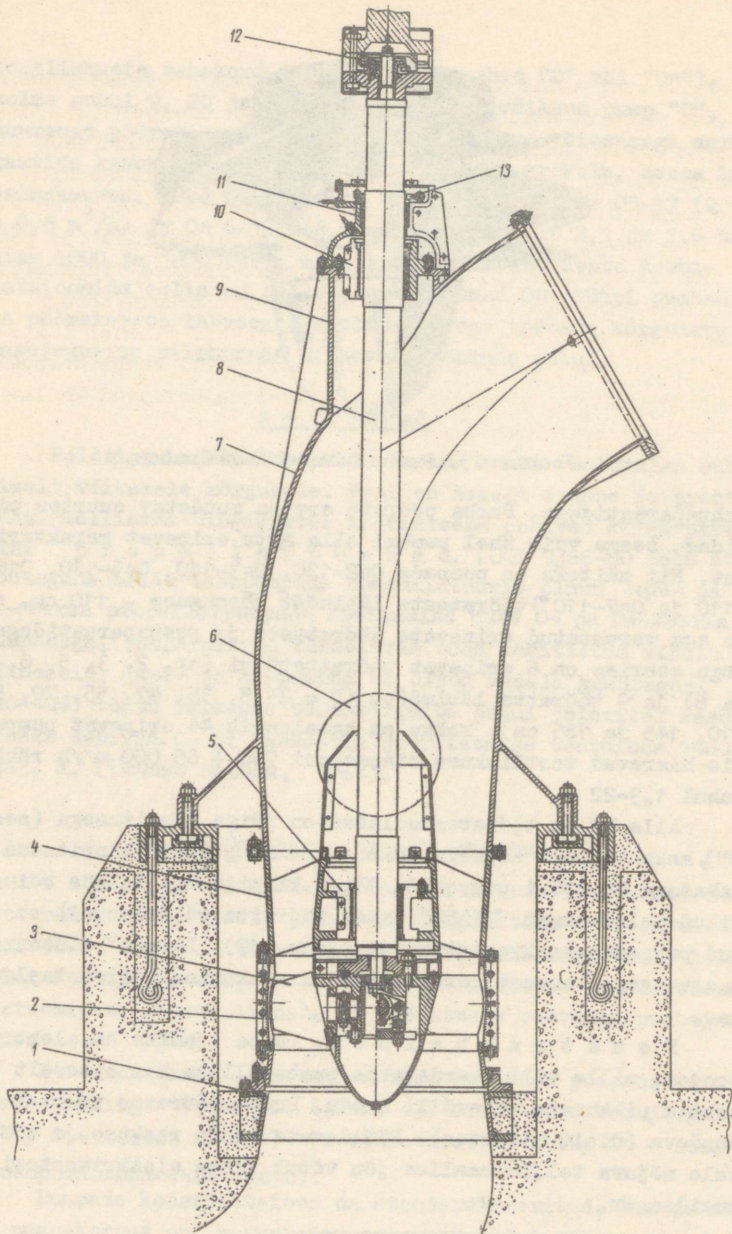
Joonis 13. Pumba On3-110 tööratas.

juhtaparaatidega. Pumba pöörete arv on muudetav suurtes piirides, seega võib ühel pumbal olla mitu erinevat karakteristikut. Nii näiteks on pumpade On2-110, On3-110, On5-110, On6-110 ja On7-110^{*)} töörataste läbimõõt ühesugune - 110 cm, nad on aga varustatud erinevate töörataste ja juhtaparaatidega. Kogu seerias on 6 erinevat tööratatüüpi (nr. 2, 3, 5, 6, 7 ja 8) ja 9 tööratata läbimõõtu ($D = 29,5, 35, 47, 55, 70, 87, 110, 145$ ja 185 cm); kokku on kataloogis 44 erinevat pumpa, mis haaravad tootlikkuse diapasooni $750 \div 65\ 000$ m³/h rõhkude puhul 1,3-22 m.

Alla 87 cm töörataste labad on jäiga kinnitusega (seeria "O"), kokkuleppel tehasega võib saada ka jälgalt kinnitatud labadega On-tüüpi pumпасid. Jäiga kinnitusega labade võimalikud kaldenurgad α (mõõdetakse tööratata välisserval) on toodud pumpade karakteristikutel (joon. 19). Labade kaldenurga muutumisega kaasneb karakteristiku nihkumine horisontaalsuunas.

K o n s t r u k t s i o o n. Pumba ajamiseks on elektrimootor, mille võll ühendatakse pumbavõlliga kas otseselt või sobiva pikkusega vahevõlli kaudu. Pumba tööratas pöörleb vastupäeva (ülalt vaadates). Pöörlevate osade raskuse ja tööratatale mõjuva teljesuunalise jõu võtab vastu elektrimootori tugilaager.

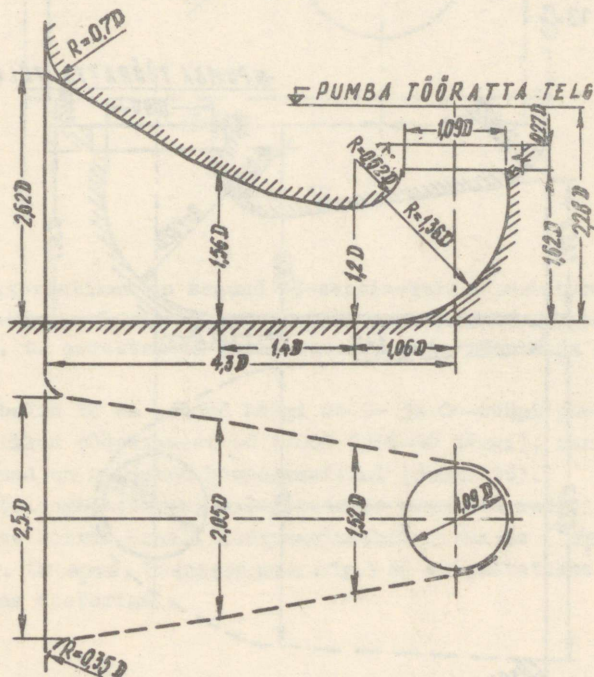
* Pumba margi tähistuses näitab esimene arv tööratata numbrit ja teine tööratata läbimõõtu cm.



Joonis 14. Or-tüüpi pump.

Kahe kuni kolme valatud terasest labaga tööratas (joon. 14-3) pöörleb sfäärilises või silindrilises kambris (2). Tööratta kohal on malmist juhtaparaat (4), mida läbinud vesi suundub 120° -se poogna (7) kaudu survetorru. Tööratas kinnitub terasvõllile (8), mis läbib kaht kumm- või lignofool-liudadega liugelaagrit (5 ja 10). Alumisele laagrile (5) pääseb ligi läbi luugi (6) survetoru seinas. Ülemise liugelaagri ja tihendi tugisõlm (9) on valatud ühes tükis survetoruga. Laager ja tihendi kaas (13) on lahtivõetavad. Tihendi täitematerjaliks kasutatakse puuvillast rasvanööri. Pumba korpus toetub malmist tugirõngale (1). Joonisel on näidatud ka labade pööramise mehhanism (12).

Laagrite määrimine toimub pumbatava veega. Pumba käivitamise eel tuleb ülemisse laagrisse (10) juhtida vesi kas veevärgist või selleks ettenähtud väikesest pumbast. Et

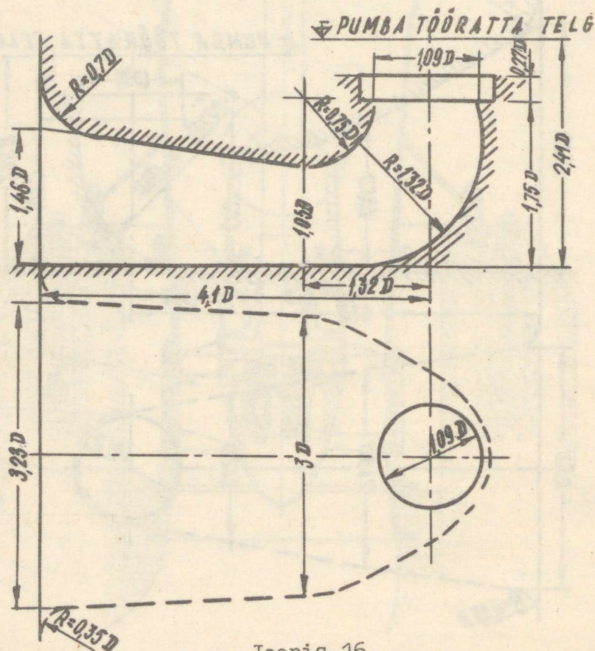


Joonis 15.

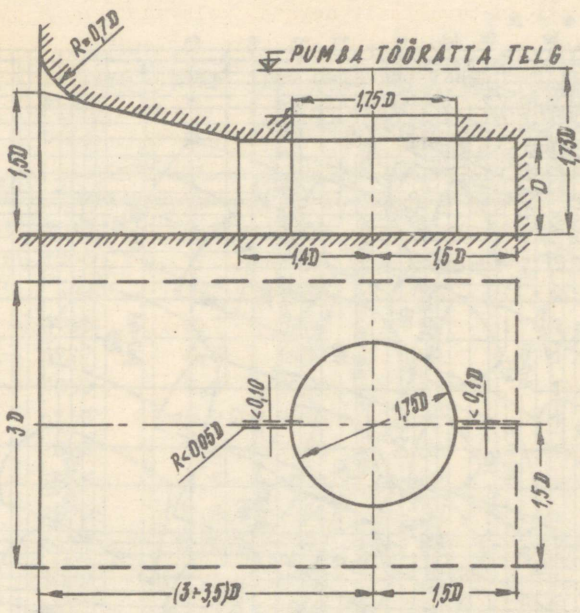
poldrivesi on tavaliselt sogane, kuluvad laagrid kiiresti, seepärast on Kaliningradi oblastis ja Leedu NSV-s poldripum-pade laagrid ümber ehitatud õlimäärdele. Kui tehased õli-määrdega pumpasid tootma ei hakka, tuleb laagrite ümberte-gemise kulusid pumbajaama projektis arvestada.

Pumba juurdevoolu kujundus sõltub pumba tööratata läbi-mõõdust. Suurte pumpade puhul kasutatakse kõverat imitoru (joon. 15 ja 16), $D < 1$ m puhul kambertüüpi juurdevoolu (joon. 17). Joonistel 15, 16 ja 17 toodud mõõtmed on antud pumba tööratata läbimõõdu suhtena.

Tööparameetrid. Pumpade põhilised tööpara-meetrid (tootlikkus, rõhk, võimsus völlil, kasutegur jt. antud pöörlemiskiiruse juures) on kataloogis (Осевне насосы, 1961) esitatud tabelite ja töökarakteristikute näol. Näitena olgu toodud pumba On6-87 töökarakteristik (joon. 19 ja tabel 13.)



Joonis 16.

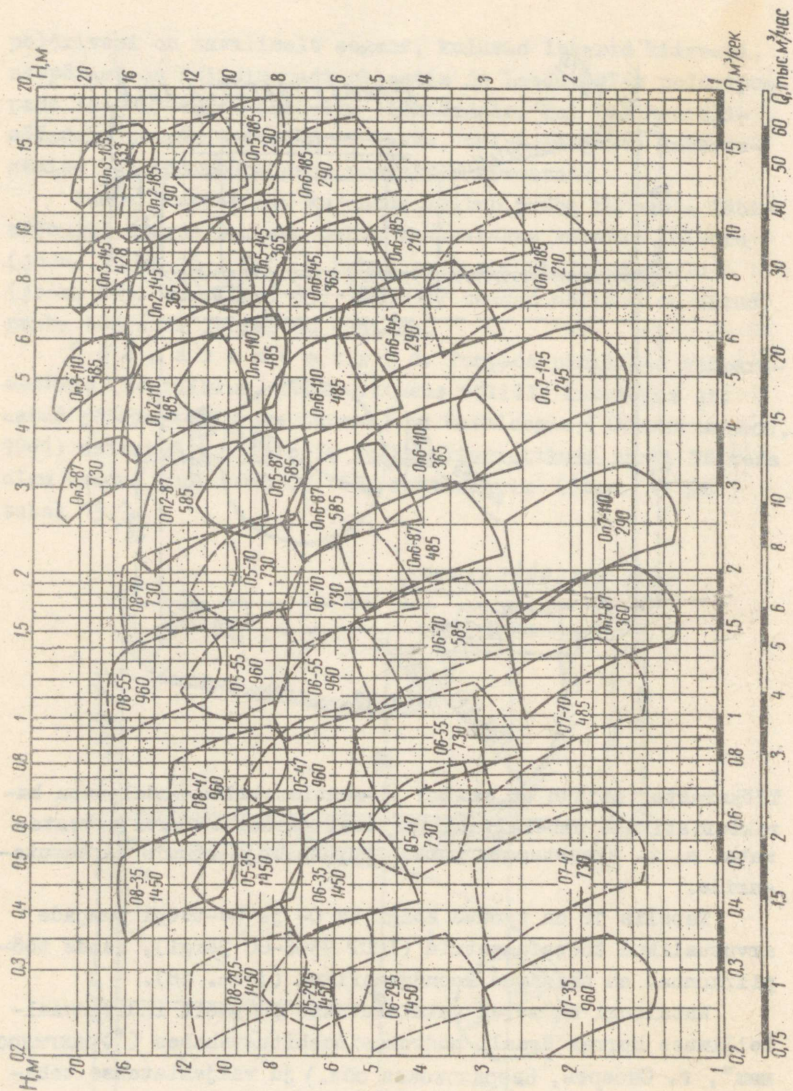


Joonis 17.

Töökarakteristikud on saadud 35-sentimeetrise mudelpumba karakteristikute ümberarvutamise teel mastaabiefekti arvestamata, s. t. arvestamata pumba suuruse mõju rõhule ja kasutegurile.

Tabelis 12 on toodud kõigi 44 O- ja On-tüüpi pumpade arvutuslikud tööparameetrid (ГОСТ 9366-60 järgi), nende tööpiirkonnad on näidatud koondgraafikul (joon. 18).

Kataloogi andmetel valmistatakse pumпасid individuaaltellimuse korras Uraali hüdromasinaehitustehases ("Уралгидромаш", г. Сызерт, Свердловская обл.) ja väljastatakse tehastest koos mootoriga.



Joonis 18. On- ja On-pumpade koondgraafik.

———— 1960. a. tootmisele võetud pumpade tööpiirkonnad.

----- 1961.-1963. a. tootmisele võetavate pumpade tööpiirkonnad.

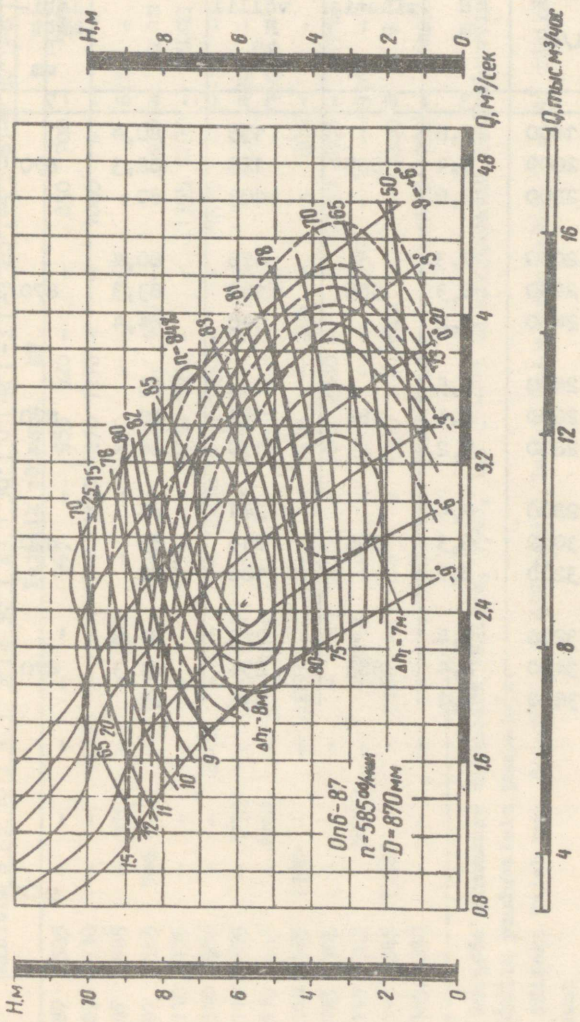
T a b e l 12

Pumba mark	Tootlik- kus Q m ³ /h	Rõhk H m	Pöörete arv minutis n	Kasutegur η % (mitte vähem)	Minim. peale- voolu süga- vus m	Maksim. võimsus pumba võllil N, kW
1	2	3	4	5	6	7
06-29,5	1038	4,7	1450	82	1	18
05-29,5	1100	7	1450	83	1	29
08-29,5	990	11,2	1450	84	1	43
07-35	1015	2,1	960	80	1	11
06-35	1727	6,6	1450	82	1	45
05-35	1850	9,9	1450	83	1	67
08-35	1656	15,7	1450	85	1	98
07-47	1870	2,2	730	80	1	21
05-47	2265	4,5	730	82	1	36
05-47	1970	7,8	960	82	1	81
08-47	2655	12,4	960	84	1	125
06-55	3380	4,1	730	82	1	65
06-55	4450	7,1	960	82	1	120
05-55	4750	10,7	960	83	1	190
08-55	4250	17	960	85	1	284
07-70	4100	2,2	485	80	1	44
06-70	5580	4,3	585	82	1	107
06-70	6950	6,7	730	82	1	108
05-70	7450	10	730	83	1	288
08-70	6660	15,9	730	85	1	410
0n7-87	5910	1,9	360	81	1	56
0n6-87	8830	4,5	485	82	1	176
0n6-87	10670	6,6	585	82	1	270
0n5-87	11430	9,9	585	83	1	500
0n2-87	10800	13,8	585	84	1	550
0n3-87	11800	20,2	730	84	2	900
0n7-110	9570	1,9	290	82	1	88
0n6-110	13500	4,1	365	83	1	250
0n6-110	18000	7,3	485	83	2	450
0n5-110	19250	11	485	84	2	700
0n2-110	18180	15,2	485	85	2	1000

1	2	3	4	5	6	7
On 3-110	19300	20,9	585	85	2	1400
On 7-145	18400	2,4	245	82	11	200
On 6-145	24650	4,5	290	84	1	500
On 6-145	31000	7,2	365	84	2	750
On 5-145	33200	10,8	365	85	2	1200
On 2-145	31200	14,9	365	86	2	1600
On 3-145	33200	19,2	428	86	2	2000
On 7-185	32800	2,8	210	82	1	400
On 6-185	37100	3,8	210	84	1	640
On 6-185	51200	7,4	290	84	2	1260
On 5-185	54700	11	290	85	2	2100
On 2-185	51700	15,3	290	86	2	2600
On 3-185	52200	19,2	333	86	2	3000

Märkused tabeli 12 juurde:

1. Näidatud minimaalsed pealevoolusügavused (s. o. pumba tööratata sügavus veevõtukoha veepinnast) on antud vee temperatuuri jaoks kuni 25^o C normaalse õhurõhu puhul.
2. Maksimaalne võimsus pumba võllil vastab labade maksimaalsele kaldenurgale ja pumba tööpiirkonna maksimaalsele rõhule.
3. Tabelis näidatud pööretearvu muutmise puhul tuleb pumba parameetrid ümber arvutada pumpade sarnasuse valemite abil (Haldre, 1961, lk. 27-29).



Joonis 19.

T a b e l 13

Tootlikkus Q		Täis- rõhk H m	Pöörete arv minutis n	Pumba võimsus võllil N kW	Kasu- tegur η %	Töö- ratta läbi- mõõt D mm	Töö- ratta labade kalde- nurk β°
m ³ /h	l/s						
1	2	3	4	5	6	7	8
6480	1800	6,6		155	80,4		
7200	2000	5,4	585	129	82,3	870	-9
7920	2200	3,9		103	80		
7200	2000	7,3		178	80,4		
7920	2200	6,3	585	163	83,3	870	-6
8640	2400	5,2		148	84,4		
8640	2400	7,5		213	83		
9360	2600	6,4	585	192	85	870	-3
10080	2800	5,2		170	84		
10080	2800	7,4		241	84		
10800	3000	6,3	585	218	85	870	0
11520	3200	5,2		186	82		
11520	3200	7,4		276	84,6		
12240	3400	6,4	585	254	84,3	870	3
12960	3600	5,3		236	81		

Pumba märk	Pööre- te arv minutis	Töörattalabade kaldenurk ϑ° (tinglik)						Vajalik võimsus kW										
		6	5°10'	4	3	2°30'	2	1°30'	0	-2	-3	-3°20'	-4	-6	-6°30'	-8	-9	-10
On2-87	585	-	-	-	-	965	-	955	920	-	-	850	700	-	550	-	-	465
On3-87	730	-	-	1470	-	-	1330	1270	1170	-	-	1080	-	-	-	-	-	-
On5-87	585	950	-	-	870	-	-	800	-	-	710	-	-	620	-	-	-	-
On6-87	585	746	-	-	680	-	-	610	-	530	-	-	430	-	-	330	-	-
On2-110	485	-	-	-	-	1775	-	1770	1695	-	-	1555	1290	-	1000	-	-	860
On3-110	585	-	-	2480	-	-	2200	2100	1950	-	-	1810	-	-	-	-	-	-
On5-110	365	750	-	-	690	-	-	630	-	-	560	-	-	490	-	-	-	-
On5-110	485	1760	-	-	1615	-	-	1480	-	-	1320	-	-	1150	-	-	-	-
On6-110	485	1390	-	-	1265	-	-	1130	-	985	-	-	800	-	-	615	-	-
On2-145	365	-	-	-	-	3010	-	3000	2900	-	-	2640	2200	-	1710	-	-	1470
On5-145	365	3000	-	-	2760	-	-	2530	-	-	2250	-	-	1970	-	-	-	-
On6-145	365	2360	-	-	2160	-	-	1930	-	1680	-	-	1260	-	-	1050	-	-
On2-185	290	-	-	-	-	5100	-	5080	4850	-	-	4450	3700	-	2880	-	-	2460

* Pumpade sarnasuse valemist (Haldre, 1961, lk. 27-29) on arvutatavad tühikäigu võimsused ka tabelis puuduvatele pumpadele.

Näiteks vajab pump On3-145 ($n = 428$ p/min) labade kaldenurga puhul $\vartheta = -4^\circ$ tühikäigu võimsust

$$N_1 = N_2 \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^5 \cdot \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 = 1810 \cdot \left(\frac{145}{110} \right)^5 \cdot \left(\frac{428}{585} \right)^3 = 2830 \text{ kW.}$$

Pumpade valik logaritmiliste karakteristikutega abil (meetodi autor H. Haldre).

Kataloogis (Осевые насосы, 1961) on esitatud karakteristikud vaid 13 juba tootmisse võetud pumba kohta. Karakteristikute arvutamiseks ülejäänud pumbamarkide jaoks on kataloogis ära toodud dimensioonita karakteristikud kõigi kuue töörrattatüübi jaoks, mille abil on võimalik vastava ümberarvutuse teel kujundada karakteristikuid mis tahes O- või O_n-seeria pumbale.

Pumba töökarakteristikute töömahukat punktikaupa ümberarvutamist sarnasuse valemite abil on võimalik taandada lihtsatele manipulatsioonidele logaritmiliste karakteristikutega analoogiliselt prof. Š t š a p o v i meetodiga hüdroturbiinide valiku jaoks (Шапов, 1955).

Selleks on koostatud logaritmiline aluskaala (joon. 26) ja logaritmilised karakteristikud kõigile kuuele O- ja O_n-tüüpi pumpade töörrattatüübile (joon. 20-25). Pumpade valik ja variantide võrdlus toimub läbipaistvale paberile kantud pumbatüübi karakteristiku asendi muutmise teel logaritmilisel alusvõrgul. Karakteristiku orienteerimine alusvõrgul toimub karakteristikule kantud n-joone ja D-joone ühtesobitamise teel soovitatavate pöörete arvu ja töörratta läbimõõdu joontega alusvõrgul. Alusvõrgule on kantud kõik 9 võimalikku töörratta läbimõõtu (D-jooned) ja 14 sünkroon- ja 14 asünkroonmootori pöörete arvud (n-jooned). Ülekande muutmise teel on muidugi võimalik saada ka teisi pöörlemiskiirusi. Väiksemate võimsuste puhul on soovitatav kasutada asünkroon-, suuremate puhul sünkroonmootoreid.

Alusvõrgule on kantud ka pumba kasuliku võimsuse N-jooned. Kasuliku võimsuse jagamisel pumba kasuteguriga saab võimsuse pumba võllil (Haldre, 1961, lk. 9).

Esitatud logaritmilised graafikud on koostatud pumpade sarnasuse teooria alusel. Sama pumba pöörete arvu muutumisel muutuvad rõhk ja tootlikkus järgmiste seoste järgi (Haldre, 1961):

$$H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad \text{ja} \quad Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1}.$$

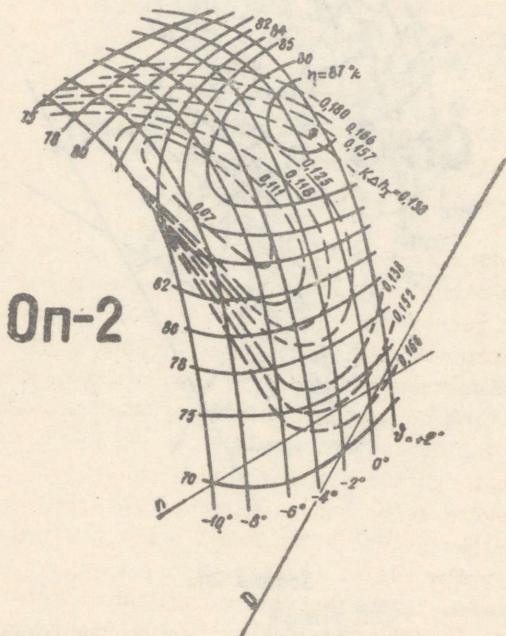
Siit saab H ja Q vahel seose:

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2, \quad (22)$$

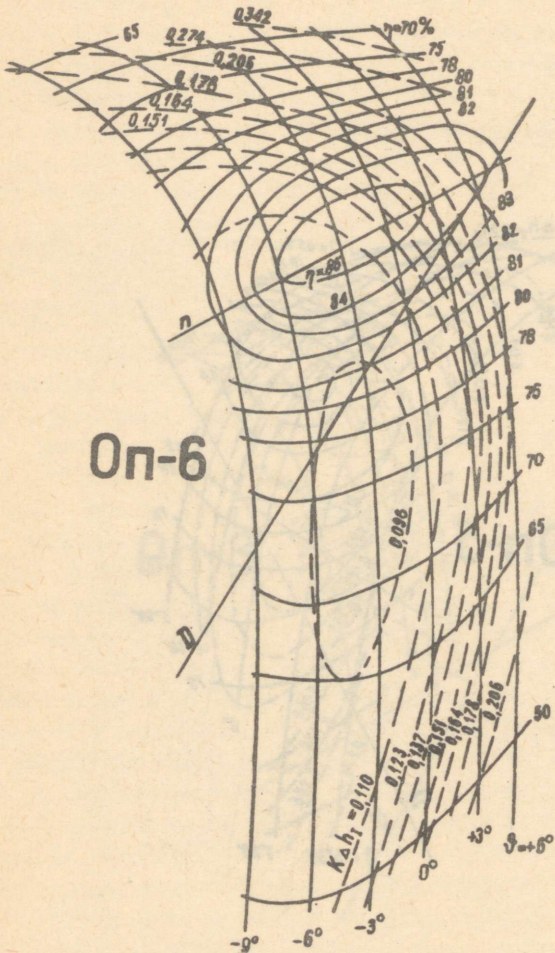
mille logaritmimine annab

$$\lg H_2 = 2 \lg Q_2 + \lg \frac{H_1}{Q_1^2}. \quad (23)$$

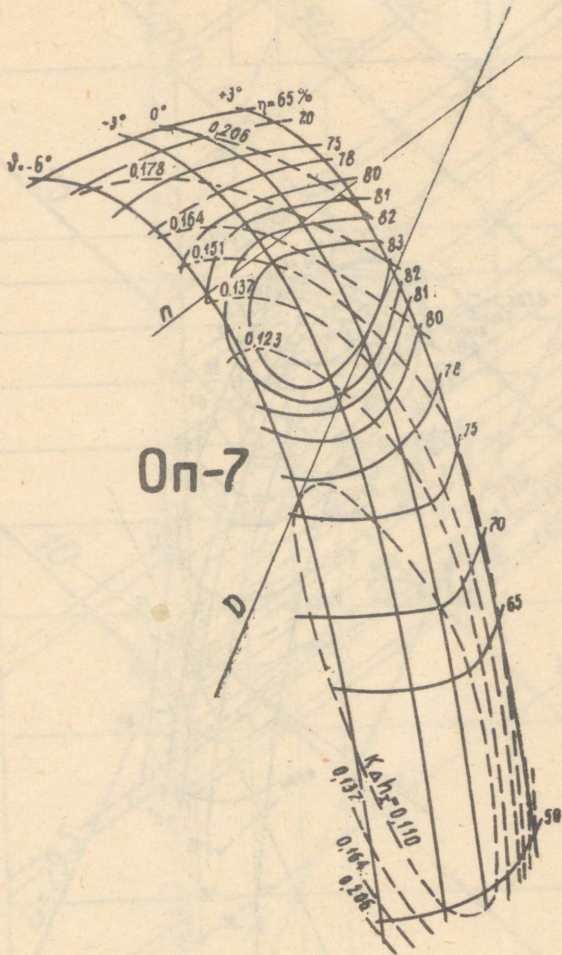
See on sirge võrrand tõusunurga tangensiga 2. Seega kaasneb pöörete arvu muutmisega pumba karakteristikute nihkumine mööda logaritmilise alusvõrgu sirget, mille tõusunurga tangens on 2 (D-jooned).



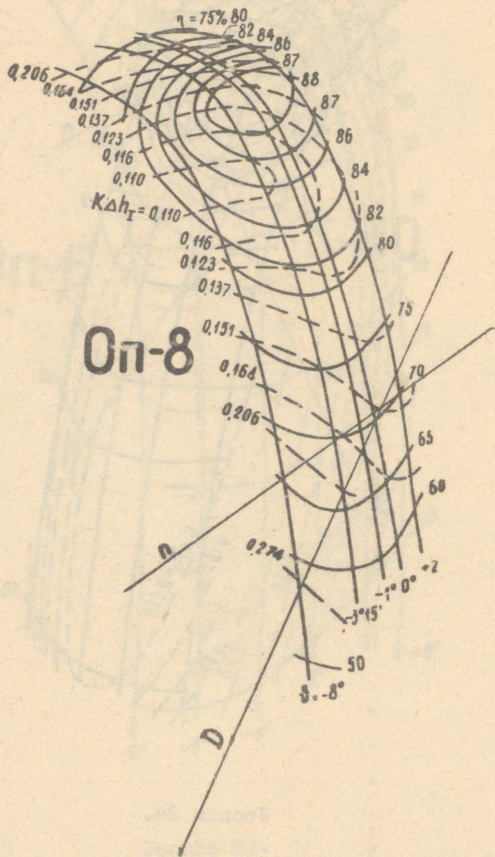
Joonis 20.



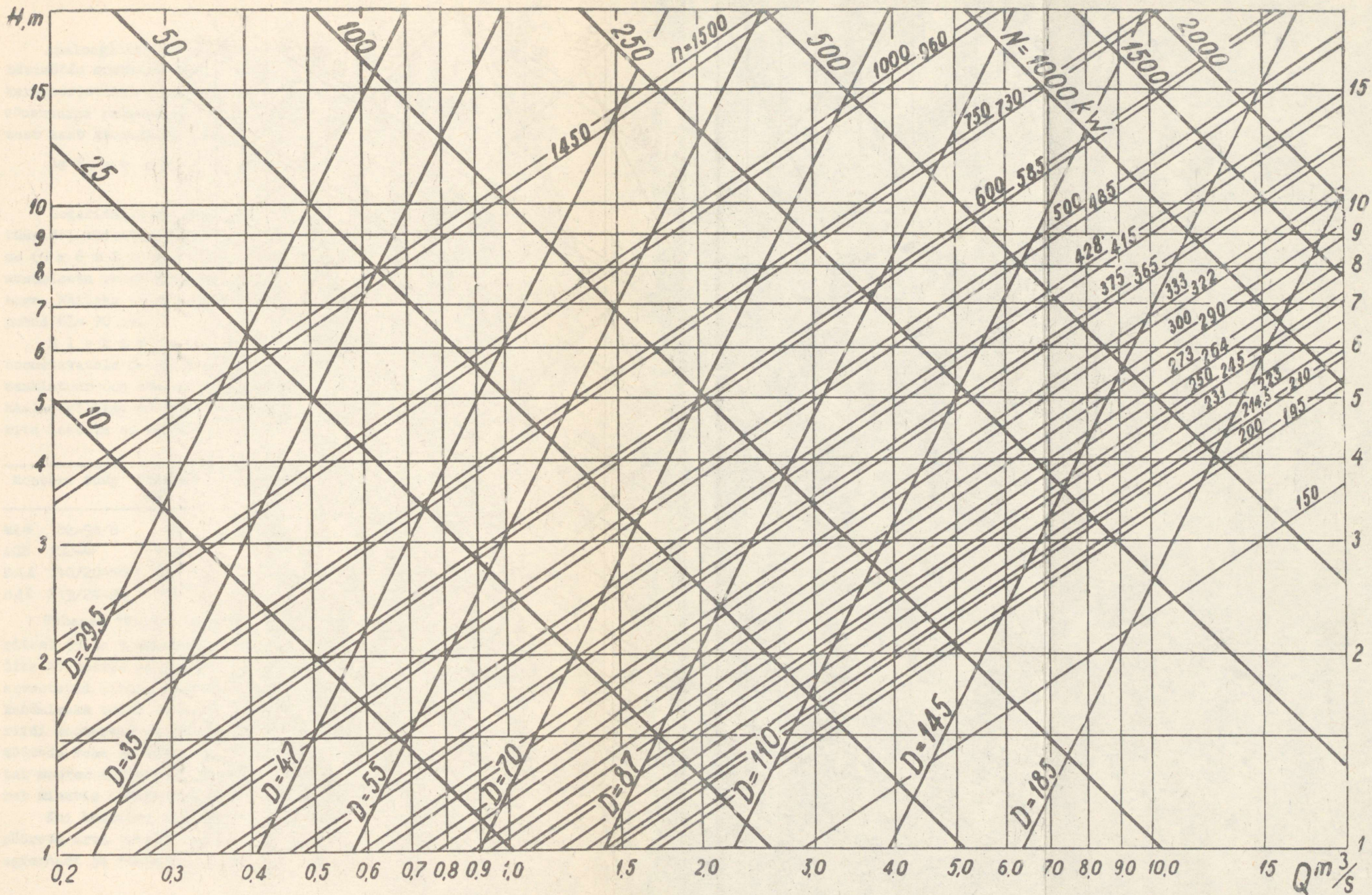
Joonis 23.



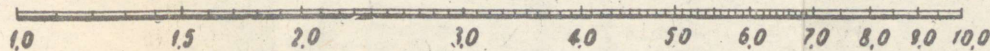
On-7



Joonis 25.



Joonis 26.



Analoogilise mõttekäigu tulemusena selgub, et tööratata läbimõõdu muutmine sama pöörete arvu juures paigutab pumba karakteristikut logaritmilisel alusvõrgul ümber mööda sirget tõusunurga tangensiga $2/3$ (n-jooned), sest sarnasuse valemitest saab käesoleval juhtumil:

$$\lg H_2 = \frac{2}{3} \lg Q_2 + \lg \frac{H_1}{\sqrt[3]{Q_1}} \quad (24)$$

Logaritmilised graafikud võimaldavad väga palju pumbatüüpide, tööratata läbimõõtude ja pöörete arvude kombinatsioonide ($9 \times 6 \times 2 \times 14 = 1512$). Pumpade valikul ilma ülekande muutmiseta tuleb muidugi piirduda tabelis 12 esitatud 44 pumpabaga. Näiteks ei soovitata tööratast 08 kasutada läbimõõdu puhul üle 70 cm.

E l e k t r i a j a m i d. Pumpade valikut piirab ka toodetavatele 0- ja 0n-pumpadele sobivate elektriagamite nomenklatuur (on nõutav spetsiaalse konstruktsiooniga vertikaalse võlliga mootor). Sobivate keskmise võimsusega mootorite loetelu on esitatud tabelis 15.

T a b e l 1 5

Mootori tüüp	Võimsus kW	Tööpinge V	Pöörete arv minutis
MAΦ 82-92/6	75	220/380	985
AOB 102-4	160	380	150
BAA 140/20-10	300	6000	590
BAC 213/24-20	740	6000	300

Tehases "Volta" toodetavatest väikese võimsusega mootoritest (5. ja 7. gabariit) sobivad vertikaalse võlliga montaažiks AO-seeria mootorid ($N_{\max} = 28$ kW). Mootori laagrid on arvestatud ainult mootori rootori kaalule. Pumba tööratata kandmiseks tuleb ette näha spetsiaalne laager. Rida 5. gabariidi mootoreid on ümberlülitatavate poolustega ning võivad töötada kahe ja isegi kolme pöörete arvuga. Nii näiteks töötab mootor A052-6/4/2 pöörete arvudega 970, 1470 ja 2900 pöoret minutis (võimsused on vastavalt 2,8, 3,5 ja 4 kW).

Kui kasutada mingisugust ülekannet, on võimalik pumba pöörete arvu vabalt valida; see esitab aga erinõudeid pumbagregaaadi ja pumbamaja konstruktsioonile. Väikestel poldritel

on pumba võimsus väike (vt. logaritmiline graafik joon. 26) ja pöörete arvu muutmiseks peaksid olema kasutatavad auto või traktori käigukastid (η kuni 0,97).

M o n t a a ž i s k e e m. O- ja On-pumpade näitlik montaažiskeem on esitatud joonisel 27. Joonisel näidatud mõõtmised sõltuvad pumba margist ja on toodud tabelis 16. Tabelisse 17 on koondatud andmed pumpade gabariitide ja kaalu kohta ning survetoru flantsi mõõtmised.

Üks olulisemaid suurusi pumba montaažiskeemis on **a s e t u s k ö r g u s**. O- ja On-pumpadel on see ühelt poolt määratud tabelis 12 toodud minimaalsete pealevoolusügavustega, teiselt poolt määrab selle pumba lubatav imemiskõrgus (vt. ka Haldre, 1961, § 23 ja 25).

Pumba lubatava imemiskõrguse määramiseks on pumpade katsetamisel määratud nn. **k a v i t a t s i o o n i v a r u** Δh_I väärtused. Pumpade karakteristikutele (joon. 19) on kantud Δh_I -samajooned, kuuele logaritmilisele karakteristikuale aga (joon. 20-25) koefitsiendi $K_{\Delta h_I}$ samajooned, kus

$$K_{\Delta h_I} = \frac{\Delta h_I}{n^2 D^2} \quad (n - \text{pöörete arv sekundis, } D - \text{tööratta läbimõõt meetrites}).$$

Pumba **d ü n a a m i l l i n e** imemiskõrgus

$$H_1 = \frac{P_a}{\gamma} - \Delta h_I - \frac{P_{aur}}{\gamma} \quad (m), \quad (25)$$

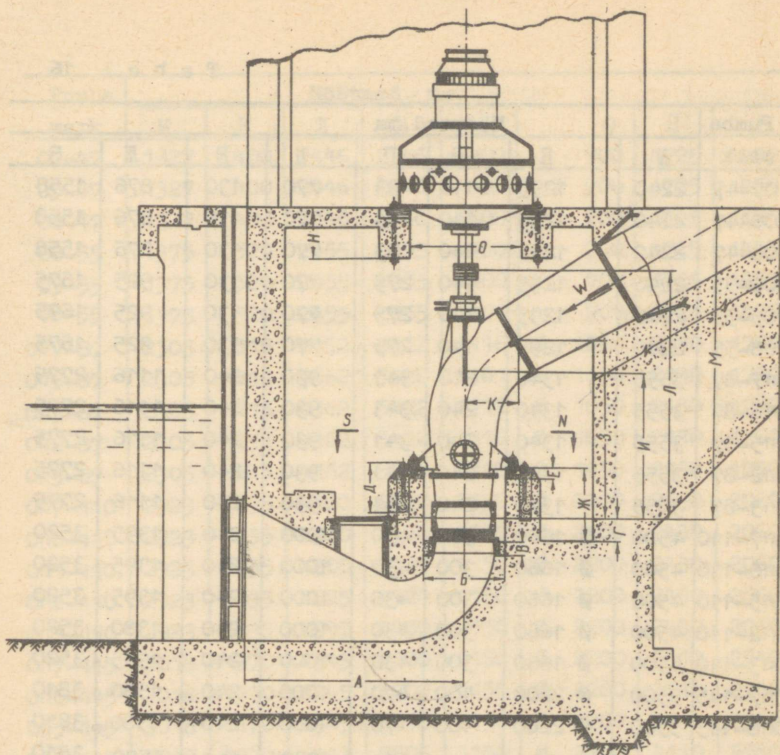
kus $\frac{P_a}{\gamma}$ on atmosfäärne rõhk ja

$$\frac{P_{aur}}{\gamma} - \text{aururõhk meetrites (vt. Haldre, 1961, § 23)}.$$

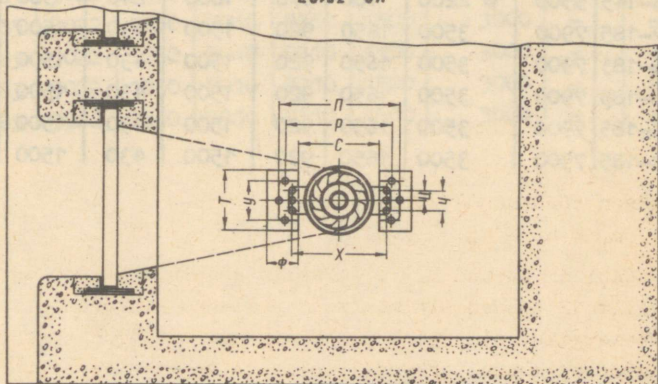
S t a a t i l i n e imemiskõrgus h_1 on dünaamilisest väiksem rõhukadude võrra pumba imitorus:

$$h_1 = H_1 - h_{w_1} \quad (m). \quad (26)$$

Kui arvutatud $h_1 < 0$ ja selle absoluutväärtus on suurem tabelis 12 toodud minimaalsest pealevoolusügavusest antud pumbamargile, siis peab pumba asetama h_1 võrra veepinnast allapoole, muudel juhtudel tuleb täita tabelis esitatud nõudeid.



LÕIGE - SM



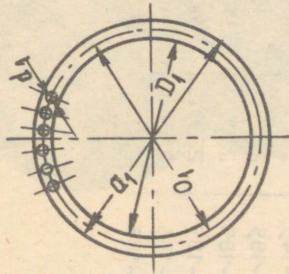
Joonis 27.

Pumba mark	Måttmed, mm							
	A	B	B	Г	Д	Е	Ж	З
07-47	2240	1295	140	93	770	130	876	1558
05-47	2240	1295	140	93	770	130	876	1558
08-47	2240	1295	140	93	770	130	876	1558
06-55	2240	1295	140	275	770	130	925	1675
05-55	2240	1295	140	275	770	130	925	1675
08-55	2240	1295	140	275	770	130	925	1675
0п7-87	3555	1340	240	341	930	240	1116	2775
0п6-87	3555	1340	240	341	930	240	1116	2775
0п5-87	3555	1340	240	341	930	240	1116	2775
0п2-87	3555	1340	240	341	930	240	1116	2775
0п3-87	3555	1340	240	341	930	240	1116	2775
0п7-110	4500	∅ 1660	300	430	1000	240	1395	3520
0п6-110	4500	∅ 1660	300	430	1000	240	1395	3520
0п5-110	4500	∅ 1660	300	430	1000	240	1395	3520
0п2-110	4500	∅ 1660	300	430	1000	240	1380	3520
0п3-110	4500	∅ 1660	300	430	1000	240	1395	3520
0п7-145	5500	∅ 2200	400	470	1000	240	1580	3810
0п6-145	5500	∅ 2200	400	470	1000	240	1580	3810
0п5-145	5500	∅ 2200	400	470	1000	240	1580	3810
0п2-145	5500	∅ 2200	400	570	1000	240	1580	3860
0п3-145	5500	∅ 2200	400	570	1000	240	1580	3860
0п7-185	7900	3500	1650	920	1500	430	1500	6090
0п6-185	7900	3500	1650	920	1500	430	1500	6090
0п5-185	7900	3500	1650	920	1500	430	1500	6090
0п2-185	7900	3500	1650	920	1500	430	1500	6090
0п3-185	7900	3500	1650	920	1500	430	1500	6090

Pumba mark	Möötmed, mm							
	И	К	Л	М	Н	О	П	Р
07-47	1327	400	2446	2946	400	700	1725	1455
05-47	1327	400	2446	2946	400	700	1725	1455
08-47	1327	400	2446	2946	400	700	1725	1455
06-55	1375	520	2455	2955	400	700	1725	1455
05-55	1375	520	2455	2955	400	700	1725	1455
08-55	1375	520	2455	2955	400	700	1725	1455
0п7-87	2305	815	4162	5422	1116	∅ 1650	2130	1760
0п6-87	2305	815	4162	5422	1161	∅ 1650	2130	1760
0п5-87	2305	815	4162	5422	1116	∅ 1650	2130	1760
0п2-87	2305	815	4162	5422	1116	∅ 1650	2130	1760
0п3-87	2305	815	4162	5422	1116	∅ 1650	2130	1760
0п7-110	2923	1035	4900	2320	1150	∅ 2200	2430	2060
0п6-110	2923	1035	4900	2320	1150	∅ 2200	2430	2060
0п5-110	2923	1035	4900	2320	1150	∅ 2200	2430	2060
0п2-110	2923	1035	4825	2320	1150	∅ 2200	2430	2060
0п3-110	2923	1035	4990	6250	1150	∅ 2200	2430	2060
0п7-145	3018	1370	6345	7600	1150	∅ 2200	3110	2740
0п6-145	3018	1370	6345	7600	1150	∅ 2200	3110	2740
0п5-145	3018	1370	6345	7600	1150	∅ 2200	3110	2740
0п2-145	3018	1370	6343	7605	1150	∅ 2200	3110	2740
0п3-145	3018	1370	6343	7605	1150	∅ 2200	3110	2740
0п7-185	5022	1850	7910	9310	1500	3000	-	-
0п6-185	5022	1850	7910	9310	1500	3000	-	-
0п5-185	5022	1850	7910	9310	1500	3000	-	-
0п2-185	5022	1850	7910	9310	1500	3000	-	-
0п3-185	5022	1850	7910	9310	1500	3000	-	-

Pumba mark	Möötmed, mm						
	C	T	Y	Φ	X	Π	Ψ
07-47	1295	865	610	410	1340	160	320
05-47	1295	865	610	410	1340	160	320
08-47	1295	865	610	410	1340	160	320
06-55	1295	865	610	410	1340	160	320
05-55	1295	865	610	410	1340	160	320
08-55	1295	865	610	410	1340	160	320
0п7-87	1360	1200	800	650	1670	250	500
0п6-87	1360	1200	800	650	1670	250	500
0п5-87	1360	1200	800	650	1670	250	500
0п2-87	1360	1200	800	650	1670	250	500
0п3-87	1360	1200	800	650	1670	250	500
0п7-110	1660	1200	800	650	1970	250	500
0п6-110	1660	1200	800	650	1970	250	500
0п5-110	1660	1200	800	650	1970	250	500
0п2-110	1660	1200	800	650	1970	250	500
0п3-110	1660	1200	800	650	1970	250	500
0п7-145	2200	1300	900	750	2650	300	600
0п6-145	2200	1300	900	750	2650	300	600
0п5-145	2200	1300	900	750	2650	300	600
0п2-145	2200	1300	900	750	2650	300	600
0п3-145	2200	1300	900	750	2650	300	600
0п7-185	-	-	-	-	-	-	-
0п6-185	-	-	-	-	-	-	-
0п5-185	-	-	-	-	-	-	-
0п2-185	-	-	-	-	-	-	-
0п3-185	-	-	-	-	-	-	-

Vaade flantsile noole "ψ" suunas



Pumpade gabariidid ja kaal ning survetoru
flantsi mõõtmised

T a b e l 17

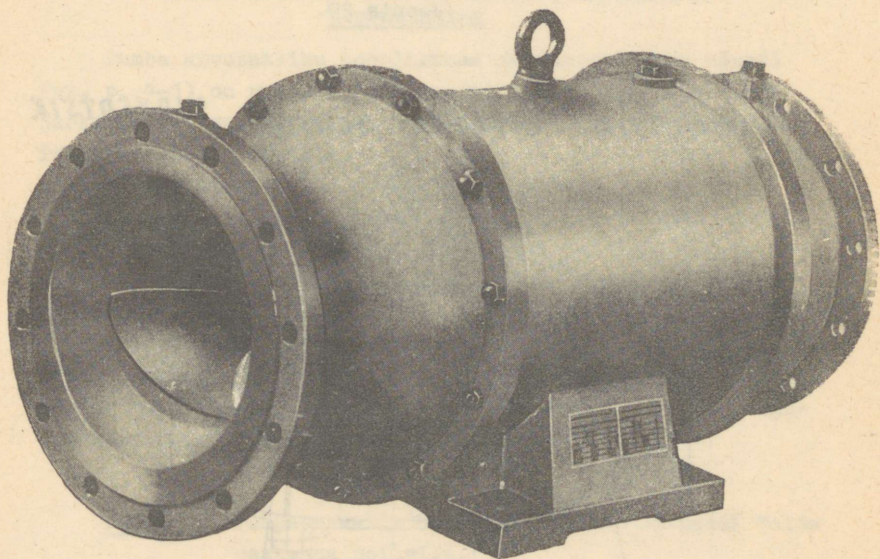
Pumba mark	Survetoru flants				Mõõtmised, mm			Kaal kg	
	D_1	O_1	a_1	d_1	Avade arv	Mõõtmised, mm			
						Pikkus	Laius		Kõrgus
1	2	4	3	5	6	7	8	9	10
07-47	555	640	690	24	16	1760	730	2964	1692
05-47	555	640	690	24	16	1760	730	2964	1692
08-47	555	640	690	24	16	1760	730	2964	1692
06-55	615	715	750	24	16	1760	865	2930	2320
05-55	615	715	750	24	16	1760	865	2930	2320
08-55	615	715	750	24	16	1760	865	2930	2320
0n7-87	900	1120	1190	27	28	2000	1200	4535	5600
0n6-87	900	1120	1190	27	28	2000	1200	4535	5600
0n5-87	900	1120	1190	27	28	2000	1200	4535	5000
0n2-87	900	1120	1190	27	28	2000	1200	4535	5000

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0п3-87	900	1190	1120	27	28	2000	1200	4535	5600
0п7-110	1250	1390	1350	27	32	2660	2070	5780	8200
0п6-110	1250	1390	1350	27	32	2660	2070	5780	8200
0п5-110	1250	1390	1350	27	32	2660	2070	5780	8200
0п2-110	1250	1450	1390	27	32	2660	2070	5780	8200
0п3-110	1250	1390	1350	27	32	2660	2070	5780	8200
0п7-145	1675	1875	1815	27	40	3220	1880	7320	14000
0п6-145	1675	1875	1815	27	40	3220	1880	7320	14000
0п5-145	1675	1875	1815	27	40	3220	1880	7320	14000
0п2-145	1675	1875	1815	27	40	3220	1880	7320	14000
0п3-145	1675	1875	1815	27	40	3220	1880	7320	14000
0п7-185	2200	2400	2340	27	52	4130	2400	10320	27720
0п6-185	2200	2400	2340	27	52	4130	2400	10320	27720
0п5-185	2200	2400	2340	27	52	4130	2400	10320	27720
0п2-185	2200	2400	2340	27	52	4130	2400	10320	27720
0п3-185	2200	2400	2340	27	52	4130	2400	10320	27720

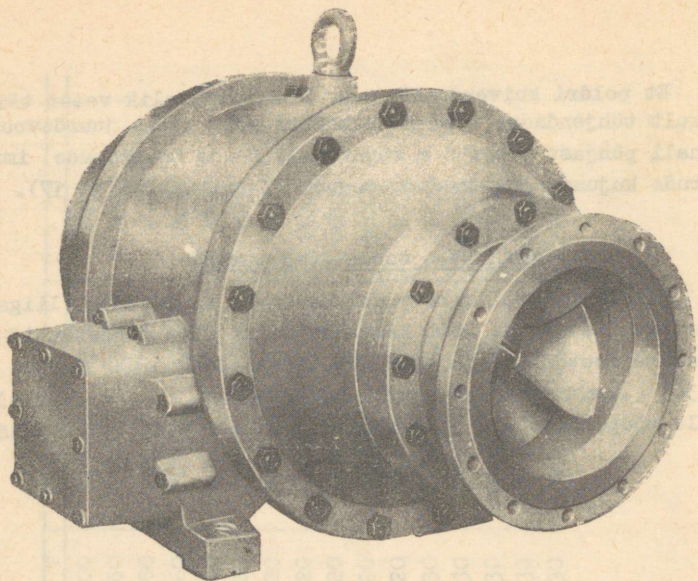
Et poldri kuivendussüsteemi oleks võimalik veest täielikult tühjendada, peab pumbakambri põhi olema juurdevoolukanali põhjast umbes 1 m sügavamal. O- ja On-pumpade imitorude kujundus on toodud eespool (joon. 15, 16 ja 17).

Saksa DV-s toodetavad pumbad

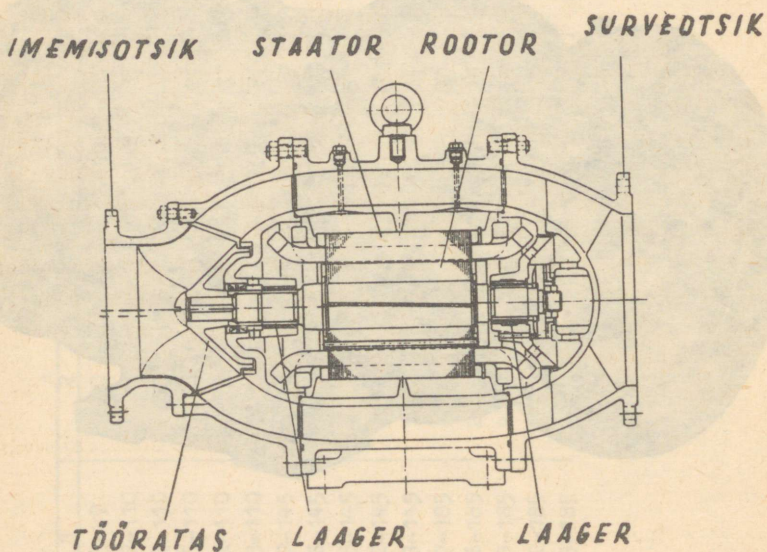
Väiksemate poldrite puhul osutuvad ka O-pumbad liiga suurteks. Sel puhul võib kasutada Saksa DV-s toodetavaid veealuse mootoriga pumpasid UPL (joon. 28) ja UMy (joon. 29 ja 30) (Насосы большой производительности... - проспект), mille tööparameetrid ja gabariidid on esitatud tabelis 18.



Joonis 28.



Joonis 29.



Joonis 30.

Pumba mark	Q		H m	n p/min	Sisse- ja välja- vooluava läbimõõt mm	Võim- sus kW	Gabariidid(mm)		
	m ³ /h	l/s					Pik- kus	Laius	Kõrgus
UPL 200	250	70	4	1450	200	5	758	465	460
UFL 250	400	110	4	1450	250	7	850	458	470
UMy 300	630	175	8	1450	250/300	20	910	620	700

Pumbad on väga kompaktse konstruktsiooniga, ei vaja spetsiaalset vundamenti, vaid monteeritakse lihtsalt imi- ja survetoru vahele. Nad on alati vee all, ei karda sogast vett, mingisugust määrimist ei vaja ja on hästi jahutatud, sest pumbatav vesi ümbritseb pidevalt mootorit.

Detailsemad andmed kirjeldatud pumpade kohta autoreil praegu puuduvad.

4 - 4. Pumba valik ja selle tööparameetrite täpsustamine

Pumba arvutusliku tootlikkuse ja tõstekõrguse alusel (vt. p. 4-1) on pumpade koondgraafikult (O- ja On-pumpade jaoks on see esitatud joonisel 18) leitav sobiv pumbamark. Tööparameetrite täpsustamiseks tuleb selgitada võrgu poolt pumbale esitatavad nõuded, s. o. koostada võrgu karakteristik (Haldre, 1961, § 16) ja seda võrreldes valitud pumbamargi karakteristikuga (näiteks joonis 19) määrata kindlaks labade kaldenurk (jäiga kinnituse korral), mille puhul pumba kasutegur on maksimaalne.

Poldripumbajaamades on torustikud tavaliselt lühikesed, seega rõhukaod neis väikesed ning pumba dünaamiline rõhk võrdub praktiliselt staatilise tõstekõrgusega, s. t. võrgu-karakteristik võib kujuneda horisontaalseks sirgeks.

Näited

Näide 1. Pumpade valik Sommerlingi-nim. sovhoosi Vaida osakonna poldrile.

Hüdroloogiliste arvutuste tulemusena saadi (p. 2-2) pumbajaama arvutuslikuks tootlikkuseks juhul, kui üleujutusi

ei lubata ja reguleerivat mahtu ei ole

$$Q'_a = 0,76 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Kui lubada 14-päevast üleujutust (s. t. nõuda, et kui-
vendussüsteem vabaneks 5% suurvee korral veest 10 päeva en-
ne külvi), siis

$$Q''_a = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Arvutuslikud rõhud (tabel 19) on saadud survebasseini
veeseisu ja poldriala keskmise ekspluatatsioonilise veeseisu
vahena, kusjuures nimetatud andmed (joon. 31) on võetud RPI
"Eesti Põllumajandusprojekti" tehnilisest projektist (A. Som-
merlingi nim. sovhoosi Vaida osakonna köögiviljamaa maaparand-
duse projektülesanne, projekti autor E. Soovik). VII-IX kuul
on äravool vaba. Maksimaalne tõstekõrgus $H_{\max} = 3,4 \text{ m}$.

T a b e l 19

Kuu	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
$H_{\text{keskm. m}}$	1,75	0,80	0,40	-	-	-	0,90

Allpool on logaritmiliste karakteristikute abil valitud
O-seeria pump mõlema ekspluateerimisvariandi ($Q'_a = 0,76 \text{ m}^3/\text{s}$
ja $Q''_a = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$) jaoks maksimaalse tõstekõrguse $H_{\max} =$
 $= 3,4 \text{ m}$ puhul.

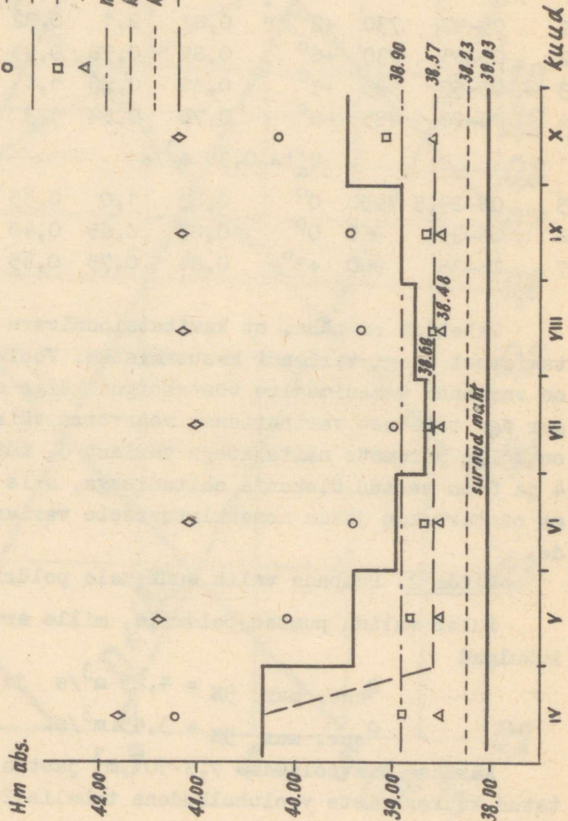
Pumpade koondgraafiku järgi sobib variandile Q'_a pump
05-47 ($n = 730 \text{ p/min}$) või 06-55 ($n = 730 \text{ p/min}$), variandile
 Q''_a - 06-29,5 ($n = 1450 \text{ p/min}$).

Nende pumpade tööparameetrite täpsustamine logaritmi-
liste karakteristikute abil (alusvõrgule joon. 32 on kantud
vastavad punktid Q' ja Q'') näitab, et variandile Q' osutub
küllalt sobivaks 06-55 ($n = 730 \text{ p/min}$) (vt. tabel 20), 05-47
puhul on aga minimaalne tõstekõrgus liiga suur (2,1 m) ega
rahulda tabelis 19 esitatud nõudeid. Samal põhjusel ei saa
pumpa 06-29,5 ($n = 1450 \text{ p/min}$) ($H_{\min} = 1,0 \text{ m}$) lugeda hästi
sobivaks variandile Q'' . Parema lahenduse leidmiseks on ana-
lüüsitud teisi võimalikke töörataste 06 ja 07 [need haaravad
madalamate tõstekõrguste piirkonda (joon. 18)] nomenklatuu-
ris esinevate pöörlemiskiiruste variante. Kui ka vastav elekt-
rimootor puudub (vt. tabel 12), on nõutavat pöörete arvu

Pumbajaama nr. 2 avankamera ja survebasseini veeseisud

Märkide seletus:

- ◇ kuude maks. 5% tagat. vs. survebasseinis
- " " 50% " " " " "
- kesk. 50% " " " " "
- △ min. 50% " " " " "
- maks. dreene mittepaisutatav vs. kraavis M-2
- - - kesk. vs. pumbajaama avankameras
- kraavi M-2 surnud mahu vs. pöhi



Joonis 31.

võimalik saavutada mingisuguse ülekande abil.

Alusvõrgule asetatud töörottatüübi logaritmilisel karakteristikul määrab pumba tööpunkt (Q' või Q'') sobiva laba kaldenurga ϑ , kasuteguri η ja suuruse $K_{\Delta h_I}$. ϑ -sajamajoonel alumine ots aga pumba minimaalse tõstekõrguse H_{\min} ja sellele vastava vooluhulga Q_{\max} . Analüüsitud variandid on esitatud tabelis 20.

T a b e l 20

Variandi nr.	Pumba mark	n p/min	ϑ	η	H_{\min} m	Q_{\max} m ³ /s	$K_{\Delta h_I}$	$n^2 D^2$	Δh_I m
$Q'_a = 0,76 \text{ m}^3/\text{s}$									
1	05-47	730	+2°30'	0,82	2,1	0,82	0,132	32,6	4,3
2	06-55	730	+6°	0,85	0,78	0,93	0,100	44,8	4,5
3	06-55	585	+3°	0,81	0,70	1,1	0,206	28,6	5,9
4	06-70	485	-6°	0,78	0,54	1,3	0,164	31,8	5,2
$Q''_a = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$									
5	06-29,5	1450	0°	0,82	1,0	0,35	0,110	50,5	5,5
6	06-35	960	0°	0,83	0,65	0,40	0,164	31,3	5,1
7	06-35	960	+3°	0,84	0,75	0,45	0,178	31,3	5,6

Tabelist on näha, et kavitatsioonivaru poolest pole takistusi ühegi variandi kasutamiseks. Vooluhulga Q'_a puhul on variandi 4 minimaalne tõstekõrgus kõige soodsam, kasutegur aga teistest variantidest mõnevõrra väiksem, Q''_a jaoks on kõige paremate näitajatega variant 6. Kuivõrd variandid 4 ja 6 on seotud ülekande ehitamisega, siis on ilmselt kõige otstarbekam jääda nomenklatuursete variantide 2 ja 5 juurde.

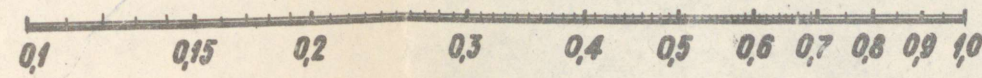
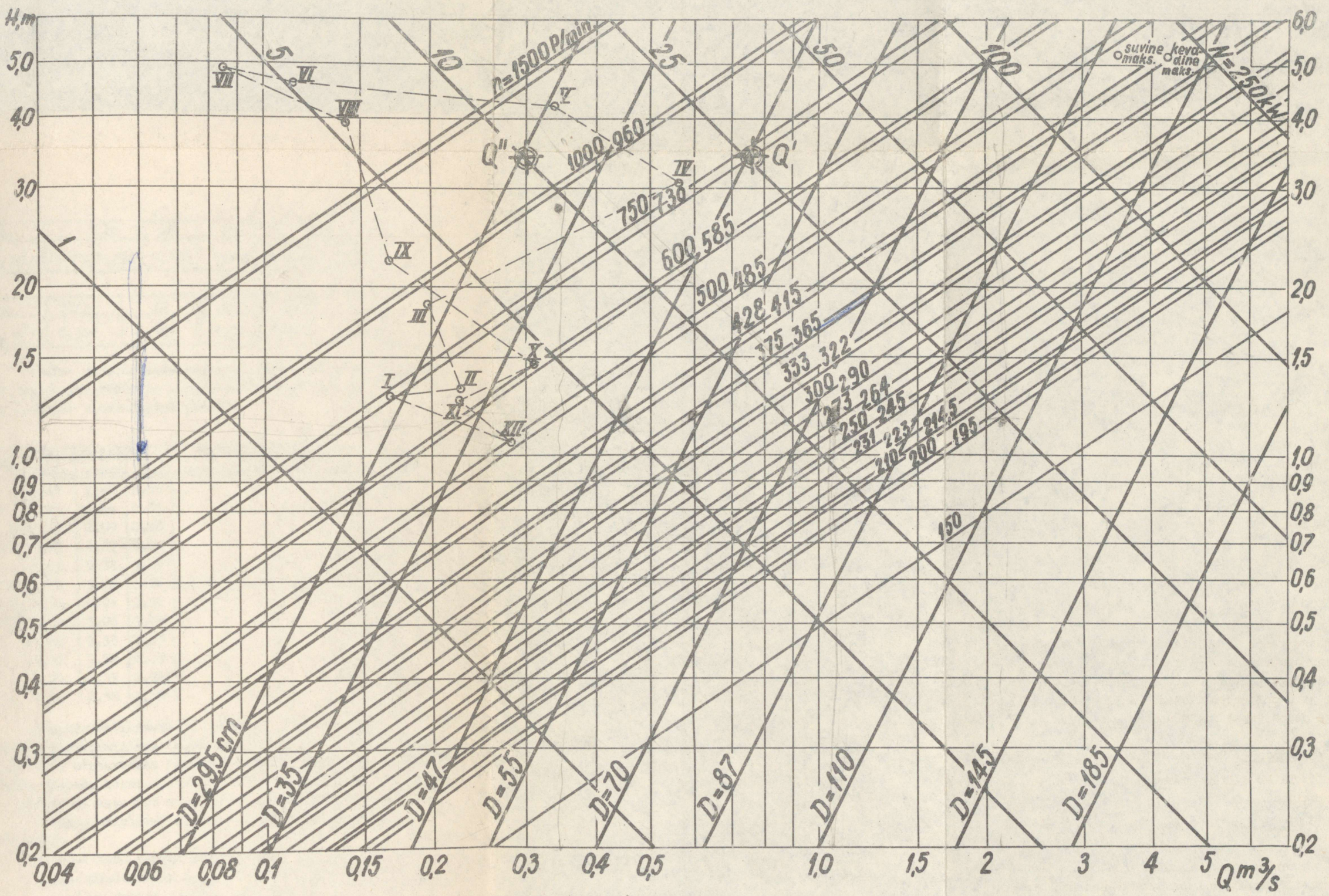
Näide 2. Pumpade valik suuremale poldrile.

Tuleb valida pumbad poldrile, mille arvutuslikud vooluhulgad

$$Q_{\text{kev. max. 5\%}} = 4,29 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ja}$$

$$Q_{\text{suv. max 5\%}} = 3,45 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Aastase äravoolumahu $7,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ jaotus kuudele on esitatud kuukeskmiste vooluhulkadena tabelis 21.



Joonis 32.

T a b e l 21

Kuu	I	II	III	IV	V	VI	VII
$Q_0 \text{ m}^3/\text{s}$	0,169	0,226	0,198	0,565	0,338	0,113	0,085

Kuu	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_0 \text{ m}^3/\text{s}$	0,141	0,169	0,31	0,226	0,282

Välis- ja siseveeseisud ning rõhud on kantud tabelisse 22, kusjuures rõhud on arvatatud vastava kuu välisveeseisu ja keskmise siseveeseisu vahena.

T a b e l 22

Kuu	Välisveeseisud			Siseveeseisud			Rõhud		
	maks.	keskm.	min.	maks.	keskm.	min.	maks.	keskm.	min.
I	2,45	2,40	2,10				1,33	1,28	-
II	2,54	2,44	2,05				1,42	1,32	-
III	3,34	2,99	2,00				2,22	1,87	-
IV	5,20	4,20	3,00				4,08	3,08	1,88
V	6,43	5,33	3,23				5,31	4,21	2,11
VI	6,56	5,76	3,76	2,25	1,12	0,00	5,44	4,64	2,64
VII	6,16	6,01	3,16				5,04	4,89	2,04
VIII	6,06	5,06	3,06				4,94	3,94	1,94
IX	4,45	3,35	2,35				3,33	2,23	1,23
X	3,13	2,58	2,30				2,01	1,46	1,11
XI	2,84	2,39	2,34				1,72	1,27	1,22
XII	2,33	2,18	2,10				1,21	1,06	-

Pumpade valimiseks on kuukeskmised vooluhulgad ja rõhud kantud logaritmilisele alusvõrgule (joon. 32). (Nii saadud punkte on otstarbekas omavahel ühendada - sellega tuuakse esile pumpade kasutuspiirkond.) Samale graafikule on kantud ka suvine ja kevadine maksimaalne vooluhulk.

Pumpade esialgsel valikul on lähtutud järgmistest põhimõtetest:

- 1) valitavad pumbad peaksid olema võimalikult suure haardeulatusega $H_{\max} - H_{\min}$ (0- ja 0n-seeriast on selles suhtes paremad töörrattatüübid 6, 7 ja 8);

2) üle 150 kW kasuliku võimsuse korral tuleb püüda valida sellise pöörete arvuga pumbad, mille jaoks on olemas vertikaalse võlliga mootor (vt. tab. 12), väiksema võimsuse puhul võib aga pumba tööpiirkonna nihutamiseks panna pumba ja mootori vahele sobiva kolmekäigulise käigukasti ülekannete ligikaudse suhtega 1,0:1,7:3,1 (näiteks auto käigukasti).

Käesolevas lahenduses on võrreldud viit varianti:

Variant I: 3 pumba O7-70; $\psi = 0^\circ$. Käigukasti vahendusel on kasutatavad pöörete arvud $n = 730, 415$ ja 231 p/min.

Variant II: 2 pumba o7-47; $\psi = -3^\circ$; pöörete arvud 960, 500 ja 290 p/min ja 1 pump On6-110; $n = 365$ p/min.

Variant III: 1 pump On6-110; $n = 365$ p/min.

Variant IV: 1 pump O8-47; $\psi = 0^\circ$; $n = 200, 380, 680$ p/min ja 1 pump On6-110; $n = 365$ p/min.

Variant V: 2 pumba O7-35; $\psi = 0^\circ$; $n = 1450, 855$ ja 460 p/min ja 1 pump On6-110; $n = 365$ p/min.

Variantide võrdlemiseks on kuukeskmiste näitajate järgi arvutatud aastane energiakulu, kontrollitud pumpade tööd maksimaalsetel ja minimaalsetel rõhkudel ning kevadiste ja suviste maksimaalsete vooluhulkade ärapumpamisel.

Aastase energiakulu arvutamisel on arvestatud ainult pumba kasutegurit (mootori ja ülekande kasutegureid mitte):

$$E = \frac{\gamma}{102} \sum_I^{XII} \frac{Q_p H T}{\eta} \quad (\text{kWh}), \quad (27)$$

kus γ on vee mahukaal (1000 kg/m^3), Q_p - pumpade summaarne tootlikkus antud rõhu juures m^3/s ja T - pumpade keskmine töötundide arv vaadeldaval kuul:

$$T = 24N \frac{Q_0}{Q_p} \quad (28)$$

(N on päevade arv ja Q_0 - keskmine vooluhulk antud kuul).

Samasugune pumbajaama aastase energiakulu arvutus on tehtud ka minimaalsete ja maksimaalsete rõhkude jaoks:

$$H_{\text{max}} = \nabla_{\text{väline max}} - \nabla_{\text{keskm. ekspl.}}$$

$$H_{\min} = \nabla \text{väline min} - \nabla \text{keskm. ekspl.}$$

Et pumba (või pumpade) tootlikkus on alati suurem poldri arvutuslikust äravoolust, siis tuleb pumbad aeg-ajalt vee kogumiseks seisma jätta. Pumpade pidev tööaeg oleneb poldri akumuldeeriva mahu suurusest W ja on arvutatav seosest:

$$t = \frac{W}{3600(Q_p - Q_0)} \quad (29)$$

(käesoleval juhul olgu reguleeriv maht 16700 m^3). Pideva töö minimaalseks soovitatavaks kestuseks on võetud 5 tundi.

Pumpade imemiskõrgused on määratud seosest:

$$H_1 = 10 - \Delta h_1, \quad (30)$$

sest aururõhk on madalatel temperatuuridel praktiliselt võrdne nulliga. Kavitatsioonivaru on arvutatud valemist:

$$\Delta h_1 = K_{\Delta h_1} \cdot n^2 D^2, \quad (31)$$

kus n on pumba pöörete arv sekundis, D - töörotta läbimõõt meetrites ja $K_{\Delta h_1}$ - pumba karakteristikult saadav suurus. Pumba valikut võib lugeda õnnestunuks, kui $\Delta h_1 \leq 12 \text{ m}$. Kavitatsioonivarud on määratud maksimaalse eksploatatsioonilise ($H_{\max} = 5,44 \text{ m}$) ja minimaalse esineda võiva rõhu jaoks ($H_{\min} = 0,15 \text{ m}$).

Kõik arvutused on koondatud tabelisse 23.

Tabelist selgub, et keskmiste rõhkude puhul on variandid I, II ja V ligikaudu võrdsete näitajatega, III ja IV variandi puhul on aastane energiakulu umbes 3% suurem. Ka maksimaalsete ja minimaalsete rõhkude korral kõiguvad variantide aastased energiakulud vaid 6% piires.

Pumpade tootlikkuste sobivust saab hinnata pideva tööaja kaudu. Selle poolest võib lugeda paremaks variante II, IV ja V ($t > 5$ tundi).

III variant osutub sobimatuks ka väikeste rõhkude juures, sest pump On6-110 ($n = 365 \text{ p/min}$) minimaalse esineda võiva rõhu ($H_{\min} = 0,15 \text{ m}$) puhul ei tööta. I ja V variant nõuavad $H_{\max} = 5,44 \text{ m}$ puhul suuri pealevoolusügavusi (07-70 tuleb üles seada 2,9 m ja 07-35 2,8 m juurdevoolukanali mini-

T a b e l 23

Variandid, nāitajad	K u u d											Summa	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI		XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$Q_0, m^3/s$	0,169	0,226	0,198	0,565	0,338	0,113	0,085	0,141	0,169	0,31	0,226	0,282	
H_{keskm}, m	1,28	1,32	1,87	3,08	4,21	4,64	4,89	3,94	2,23	1,46	1,27	1,06	
$I \begin{matrix} \eta \\ E, kWh \end{matrix}$	0,82 1860	0,83 2540	0,81 3220	0,77 16000	0,83 12100	0,83 4460	0,83 3530	0,82 4780	0,71 3740	0,83 3850	0,82 2460	0,79 2670	61210
II $\begin{matrix} \eta \\ E \end{matrix}$	0,78 1960	0,77 2740	0,72 3630	0,83 14800	0,82 12300	0,80 4620	0,78 3760	0,83 4720	0,75 3540	0,68 4700	0,78 2590	0,83 2540	61900
III $\begin{matrix} \eta \\ E \end{matrix}$	0,61 2500	0,65 3240	0,73 3580	0,83 14800	0,85 11800	0,84 4400	0,83 3530	0,85 4610	0,76 3500	0,67 4770	0,64 3160	0,60 3520	63410
IV $\begin{matrix} \eta \\ E \end{matrix}$	0,78 1960	0,82 2570	0,88 2970	0,72 17100	0,82 12300	0,84 4400	0,85 3440	0,80 4900	0,60 4420	0,84 3800	0,81 2500	0,76 2780	63140
V $\begin{matrix} \eta \\ E \end{matrix}$	0,80 1910	0,81 2610	0,82 3190	0,77 16000	0,83 12100	0,83 4460	0,83 3530	0,82 4780	0,76 3500	0,83 3850	0,80 2540	0,77 2750	61220
H_{max} m	1,33	1,42	2,22	4,08	5,31	5,44	5,04	4,94	3,33	2,01	1,72	1,21	
I $\begin{matrix} \eta \\ E \end{matrix}$	0,83 1910	0,83 2740	0,70 4440	0,82 19700	0,82 15500	0,82 5290	0,83 3650	0,83 5940	0,80 4960	0,78 5640	0,82 3340	0,81 2970	76080

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
II η E	0,77 2060	0,72 3150	0,75 4150	0,83 19400	0,72 17700	0,70 6200	0,76 3980	0,78 6300	0,83 4790	0,73 6020	0,70 3920	0,81 2970	80640
III η E	0,66 2400	0,68 3340	0,77 4040	0,85 19000	0,82 15500	0,81 5350	0,83 3650	0,83 5940	0,84 4730	0,75 5860	0,72 3800	0,62 3880	77490
IV η E	0,82 1940	0,84 2700	0,60 5170	0,80 20200	0,86 14800	0,87 4980	0,85 3560	0,84 5860	0,74 5370	0,88 4990	0,87 3150	0,79 3050	75770
V η E	0,81 1960	0,83 2740	0,78 3980	0,83 19400	0,82 15500	0,81 5350	0,83 3650	0,83 5940	0,79 5040	0,81 5450	0,83 3310	0,80 3020	75340
H _{min} m	-	-	-	1,88	2,11	2,64	2,04	1,94	1,23	1,11	1,22	-	
I η E				0,80 9400	0,75 6720	0,74 2850	0,77 1590	0,80 2420	0,81 1810	0,80 3040	0,81 2400		30230
II η E				0,72 10400	0,74 6800	0,79 2670	0,73 1680	0,72 2680	0,80 1840	0,82 2970	0,80 2430		31470
III η E				0,73 10300	0,77 6540	0,81 2600	0,75 1630	0,74 2610	0,64 2390	0,60 4050	0,63 3090		33210
IV η E				0,88 8520	0,84 6000	0,67 3140	0,87 1410	0,88 2200	0,80 1830	0,76 3200	0,79 2470		28770
V η E				0,82 9160	0,79 6400	0,74 2850	0,80 1530	0,81 2390	0,80 1840	0,78 3120	0,80 2430		29720

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I Q_p , m^3/s t, tundi	1,03	1,01	0,86	1,96	1,79	1,72	1,69	1,82	2,1	0,98	1,03	1,08	
	5,4	5,9	7,0	3,3	3,2	2,9	2,9	2,8	2,4	6,9	5,8	5,8	54,3
II Q_p t	0,274	0,264	0,75	0,67	0,58	0,55	0,52	0,60	0,72	0,46	0,278	0,308	
	44,2	122	8,4	44	19,2	10,6	10,7	10,1	8,4	31	89	178	575
III Q_p t	3,5	3,5	3,6	3,2	3,7	4,0	4,0	3,3	3,3	3,5	3,5	3,5	
	1,4	1,4	1,36	1,76	1,38	1,2	1,18	1,47	1,48	1,43	1,42	1,44	17,0
IV Q_p t	0,34	0,34	0,29	0,67	0,63	0,61	0,59	0,64	0,57	0,33	0,34	0,36	
	27,1	41	50	44	16	9,3	9,2	9,3	9,3	232	41	60	548
V Q_p t	0,274	0,272	0,24	0,485	0,445	0,428	0,42	0,455	0,212	0,264	0,277	0,29	
	44,2	101	110	11,4	43	14,7	13,8	14,8	108	21,3	91	594	1167

Kavitatsiooniavaru

$H_{\max} = 5,44 \text{ m};$ $n = 730 \text{ p/min,}$ $K_{\Delta h_I} = 0,178,$ $n^2 D^2 = 72,5,$ $\Delta h_I = 12,9 \text{ m.}$
 $H_{\min} = 0,15 \text{ m};$ $n = 231 \text{ p/min,}$ $K_{\Delta h_I} = 0,11,$ $n^2 D^2 = 7,3,$ $\Delta h_I = 0,8 \text{ m.}$

$H_{\max} = 5,44 \text{ m};$ $\text{On6-110: } n = 365 \text{ p/min, } n^2 D^2 = 45, K_{\Delta h_I} = 0,25,$ $\Delta h_I = 11,28 \text{ m.}$
 $\text{O7-47: } n = 960 \text{ p/min, } n^2 D^2 = 56,8, K_{\Delta h_I} = 0,206,$ $\Delta h_I = 11,7 \text{ m.}$

$H_{\min} = 0,15 \text{ m}$ $\text{On6-110: } n = 365 \text{ p/min, } n^2 D^2 = 45,$ $H_{\min} = 0,7 \text{ m.}$
 $\text{O7-47: } n = 290 \text{ p/min, } n^2 D^2 = 5,17, K_{\Delta h_I} = 0,11 \text{ m, } \Delta h_I = 0,57 \text{ m.}$

$H_{\max} = 5,44 \text{ m};$ $\Delta h_I = 11,28 \text{ m.}$
 $H_{\min} = 0,15 \text{ m} -$ pump ei tööta, $H_{\min.} \text{ lubat.} = 0,7 \text{ m.}$

$H_{\max} = 5,44 \text{ m}$ $\text{On6-110: } \Delta h_I = 11,28 \text{ m.}$
 $\text{O8-47: } n = 680 \text{ p/min, } n^2 D^2 = 28,5, K_{\Delta h_I} = 0,11,$ $\Delta h_I = 3,14 \text{ m.}$

$H_{\min} = 0,15 \text{ m}$ $\text{On6-110: ei tööta.}$
 $\text{O8-47: } n = 200 \text{ p/min, } n^2 D^2 = 2,45, K_{\Delta h_I} = 0,274,$ $\Delta h_I = 0,67 \text{ m.}$

$H_{\max} = 5,44 \text{ m}$ $\text{On6-110: } \Delta h_I = 11,28 \text{ m}$
 $\text{O7-35: } n = 1450 \text{ p/min, } n^2 D^2 = 72, K_{\Delta h_I} = 0,178,$ $\Delta h_I = 12,8 \text{ m.}$

$H_{\min} = 0,15 \text{ m}$ $\text{On6-110: ei tööta.}$
 $\text{O7-35: } n = 460 \text{ p/min, } n^2 D^2 = 7,2, K_{\Delta h_I} = 0,11,$ $\Delta h_I = 0,79 \text{ m.}$

maalsest veeseisust allapoole.

Suurte vooluhulkade ja väikeste rõhkude ajalise ühtelangemise korral osutub töökõlblikuks ainult I variant (kõigis teistes variantides ei tööta pump On6-110 rõhu juures alla 0,7 m), seega on pumbajaama automatiseerimise korral kõige vastuvõetavam I variant.

Juhindudes esitatud kaalutlustest ja konkreetsetest tingimustest tuleks valida analüüsitud variantidest sobivaim.

4 - 5. Pumbajaam

Pumbajaama konstruktsioon sõltub pumpade arvust, valitud pumbamargist, saadaolevatest ehitusmaterjalidest, aluspinnase iseloomust ja pumbajaama asendist poldrialal. Neid küsimusi on erialases kirjanduses piisavalt käsitletud (Флюринский, 1960, Турк, 1961 jt.) (vt. ka lk.70).

4 - 6. Energiakulu

Pumbaagregaadi poolt tarvitatav võimsus arvutatakse valemist

$$N = 9,81 \frac{QH}{\eta} \text{ (kW)}, \quad (32)$$

kus Q on arvutuslik vooluhulk m^3/s ,

H - pumba arvutuslik täisrõhk m ja

η - agregaaadi kasutegur:

$$\eta = \eta_{\text{pump}} \cdot \eta_{\text{mootor}} \cdot \eta_{\text{ülekanne}}$$

Pumba kasutegur η_{pump} on leitav karakteristikult, elektrimootori kasutegur $\eta_{\text{mootor}} = 0,80 \div 0,85$, otseülekanne puhul $\eta_{\text{ülekanne}} = 1$.

Elektrienergia kulu vaadeldaval perioodil on arvutatav seosest

$$E = 2,73 \frac{HW}{\eta} \text{ (kWh)}, \quad (33)$$

kus H on pumba keskmine täisrõhk arvutusperioodil m , W on arvutusperioodi jooksul ärapumbatav veemaht tuhandetes m^3 ja η on pumbajaama kasutegur (vt. ka lk. 84).

Pumbajaama aasta-energiakulu määratakse kas aastakeskmise võimsuse korrutamise teel aasta töötundide arvuga või kuu-energiatarbimiste summana.

Riia ranna poldritel kõigub energia erikulu olenevalt

aasta veerohkusest piires 17-43 kWh/ha. 20-ruutkilomeetrise poldri pumpade tööaeg on 1200-1800 tundi ehk 50-75 ööpäeva aastas; selle aja aastasisene jaotus vastab äravoolu aastakulule (vt. p. 2-3) (Кадревич, 1963). Energia erikulu kõigub piires 1700-4300 kWh/km².

K i r j a n d u s

1. A. Sommerlingi nim. sovhoosi Vaida osakonna kõogiviljamaa maaparanduse projektülesanne. RPJ "Eesti Põllumajandusprojekt", 1960.
2. A y r e s, Q., S c o a t e s, D., 1954. Engineering for agricultural drainage.
3. E i p r e, T., 1961. Peipsi-Pihkva järve veeseisud. Peipsi-Pihkva basseini majanduse arenguperspektiivide uurimisele pühendatud geograafia-alase nõupidamise teesid. Mustvee.
4. G i l s e n b a c h, R., 1961. Die Erde dürrtet. Leipzig-Jena-Berlin.
5. H a l d r e, H., 1961. Veetõsteseadmed I. Labapumbad. EPA rotaprint, Tartu.
6. I n g e n i e u r b i o l o g i s c h e B a u w e i s e n. Anleitung Nr. 1, 1959. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, H. 7
Anleitung Nr. 2, 1960. WWT, H. 7.
Anleitung Nr. 3, 1961. WWT, H. 5.
Anleitung Nr. 4, 1961. WWT, H. 9.
Anleitung Nr. 5, 1962. WWT, H. 4.
7. I r w i n, R. W., 1962. Pump drainage outlets. Canadian Agricultural Engineering, Vol. 4, Nr. 1.
8. K e n t s, O., 1962. Peipsi basseini melioratsiooni probleemidest. Ettekanne EPA IX teaduslikul konverentsil, Tartu.
9. L i p p m a a, A., 1961. Eesti NSV esimesi poldrialasid. ENSV Põllu- ja Metsamajanduse TTÜ RPI "Eesti Põllumajandusprojekti" algorganisatsioon. Informatsiooniline teatmik nr. 2. Tallinn.
10. L i p p m a a, A., 1963. Polderkuivendusest Eesti NSV-s. Kogumik "Maaparandus".
11. M a a p a r a n d u s e k ä s i r a a m a t I, 1962. Maaparanduse alused. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn.
12. M a a p a r a n d u s e k ä s i r a a m a t III, 1960. Nomogrammide ja kartogrammide. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn.

13. R i c h e y, C. B., J a c o b s o n, P., H a l l, C.W., 1961. Agricultural engineers' handbook. Mc-Graw-Hill, New York, Toronto, London.
14. S c h r o e d e r, G., 1950. Landwirtschaftlicher Wasserbau. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
15. S e r p, M., 1963. Kuivendussüsteemide ekspluatatsioon. EPA rotaprint, Tartu.
16. S u t t o n, J. G., 1959. Design and operation of drainage pumping plants.
17. V e l n e r, A., 1957. Äravool Eesti NSV vesikonnist 1929-1938. TPI Toimetised, seeria A, nr. 26, Tallinn.
18. А н д р е я н о в, В. Г., 1957. Гидрологические расчеты при проектировании малых и средних гидроэлектростанций. Гидрометеоиздат, Ленинград.
19. В о д о п о д ъ е м н ы е у с т а н о в к и для местного водоснабжения (Справочное пособие), 1961. Москва.
20. В о л к о в, Р. И., 1963. Режим работы осушительных насосных станций и способы его улучшения. Гидротехника и мелиорация, 1.
21. Г и д р о л о г и ч е с к и й е ж е г о д н и к, 1951.
22. К а д р е в и ч, Т. А., 1957. Осушение с механическим водоподъемом заболоченных земель в приморской зоне Латвийской ССР. Гидротехника и мелиорация, 3.
23. К а д р е в и ч, Т. А., 1961. Принципы регулирования водного режима на польдерах. Труды Латвийской сельскохозяйственной академии, вып. X, Рига.
24. К а д р е в и ч, Т. А., 1963. Режим работы насосных станций зимних польдеров Латвийской ССР. Научно-техническая конференция по вопросам осушения и освоения сельскохозяйственных земель. Тезисы докладов.
25. К л и м а т и ч е с к и й а т л а с С С С Р, том 1, 1960.
26. К о в л о в, В. С., 1940. Расчет дренажных сооружений. Стройиздат, М.-Л.
27. К о с т я к о в, А. Н., 1960. Основы мелиораций. Госиздат сельхозхоз. лит., Москва.

28. М а т е р и а л ы к т е х н и ч е с к и м у с л о в и я м и н о р м а м п р о е к т и р о в а н и я о с у ш и т е л ь н ы х с и с т е м в с е л ь с к о м х о з я й с т в е .
Вып. 12, 1959. Осушение земель машинным водоподъемом.
Росгипроводхов, Москва.
29. Н а с о с ы , 1960. Каталог-справочник. Машгиз, М.-Л.
30. Н а с о с ы б о л ь ш о й п р о и з в о д и т е л ь н о с т и с п о г р у ж н ы м и д в и г а т е л я м и . Д о к о в н е о т л и в н ы е н а с о с ы и п р о п е л л е р н ы е н а с о с ы . VEB Pumpenfabrik Oschersleben. Prospekt.
31. Н а с о с ы д л я г р я з е в о й в о д ы т и п а УМо 50 с п о г р у ж н ы м д в и г а т е л е м . VEB Pumpenfabrik Oschersleben. Prospekt.
32. О с е в н е н а с о с ы , 1961. Каталог-справочник.
Москва.
33. П а н к о в , П . И . , 1962. Затраты на механический водо-
подъем при осушении земель. Осушение и первичное
освоение болот и заболоченных земель нечерноземной
зоны. Научные труды ВНИИГим, том XXXVII, Москва.
34. С е г а л ь , Г . , 1963. Проектирование и строительство
дамб из торфо-глинистых смесей. Научно-техническая
конференция по вопросам осушения и освоения сельско-
хозяйственных земель. Тезисы докладов.
35. С п р а в о ч н и к п о г и д р о т е х н и к е , 1955,
Москва.
36. Т е х н и ч е с к и е у с л о в и я и н о р м ы п р о е к т и р о в а н и я о с у ш и т е л ь н ы х с и с т е м , 1957. Москва.
37. Т у р к , В . И . , 1961. Насосы и насосные станции. Госстрой-
издат, Москва.
38. У г и н ч у с , А . А . 1953. Каналы и сооружения на них.
Москва.
39. Ф и а л к о в с к и й , П . Г . , К е б у р и с , А . И . , 1963.
Мелиоративные работы в Германской Демократической
Республике, Москва.
40. Ф л о р и н с к и й , М . М . , 1959. Насосы и насосные стан-
ции. Госиздат сельскохоз. лит., Москва.
41. Х о м м и к , К . Т . , 1958. Влияние осушения на режим
стока в условиях Эстонской ССР. Таллин.
42. Щ а п о в , Н . М . , 1955. Турбинное оборудование гидро-
станции. Госэнергиздат, М.-Л.

S i s u k o r d

I.	Sissejuhatus	4
	Üldandmed	4
	Poldri struktuur	6
	Mikropoldrid	10
II.	Hüdroloogilised arvutused	14
	Äravool	14
	Arvutuslikud vooluhulgad	24
	Ärapumbatav veehulk ja selle aastasisene jaotus	31
	Arvutuslikud veeseisud	35
III.	Poldri kuivendussüsteemi põhielemendid	38
	Kaitsetammid ja piirdekraavid	38
	Kuivendusvõrk	41
	Kogumisbasseinid	43
	Veelasud	45
	Muud ehitised	46
IV.	Pumbajaam	47
	Pumpade valiku lähteandmed	47
	Pumbaagregaatide arvu valik	48
	Pumbad	50
	Pumba valik ja selle tööparameetrite täpsustamine	79
	Pumbajaam	90
	Energiakulu	90
	Kirjandus	92

Toimetaja: K. Alekand

Korrektor: V. Kajara

EPA rotaprint 1963. Trükipoognaid 6+2 kleebist.

Tiraaž 500 eks. MB 10158. Tellimise nr. 131.

Hind 18 kop.

Hind 18 kop.

A-25636

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00428666 4