

MAATALOUSHALLITUKSEN INSINÖÖRIOSASTO
MAA- JA VESITEKNILLINEN TUTKIMUSTOIMISTO
TIEDOTUS 5/1970

A. Remmel ja G. Karus

MAANPARANNUS (yleinen osa, kuivatus)

Tämän eestiläisen maanparannuksen oppikirjan, jonka kustannusliike "Valgus" on julkaissut Tallinnassa 1967, suomennokseen on saatu lupa Eestin SNT:n maanparannuskomitean johtajalta Oskar Valingilta.

Käännöstyön ovat suorittaneet J.Linnanvuori ja J.Luoma.
Salaojitusta koskevan osan on tarkistanut E.A.Pälikkö.

HELSINKI 1970

Oppikirja on tarkoitettu maatalouden vesirakentajille ja on laadittu valtion maanparannusohjelman perusteella. Kirjassa käsitellään kaikkia merkittäviä maanparannustoimenpiteitä ja menetelmiä. Oppikirja käsittää yleisen osan lisäksi paikallisia valtaojitusta, pengerkuivatusta, metsämaiden kuivatusta, viljelytekniillisiä töitä, laitumien perusparannuksia, eroosioita, luiskien vakavuutta, happamien maiden kalkitsemista sekä kastelua käsittelevät luvut. Kirjaa voivat käyttää käsikirjana teknillisten koulujen oppilaat samoinkuin käytännön vesirakentajat ja agronomit.

Esipuhe

Suuri osa Eestin maatalous- ja metsämaasta tarvitsee tuottavuuden kohottamiseksi kuivatusta. Suurilla luonnoniittyillä ja viljelykelpoisilla soilla on suoritettava kuivatuksia sekä lukuisia viljelyteknillisiä parannustoita; poistaa sieltä vesakot, kivet, kannot sekä puhdistaa maa yleensä. Ajankohtaiseksi on tullut myöskin maiden kastelu, joka tekee mahdolliseksi varmistaa viljelmien suuret tuotokset myös vähäsäteisinä vuosina sekä välttää kuivuuden aiheuttamat vahingot. Tärkeätä on myös maan kalkitseminen sekä eroosion torjunta.

Toiminta vaatii yhä useampia koulutettuja maanparannusasiantuntijoita. Valtaenemmistön näistä tulee olla maanparannusteknikkoja. Tämä kirja on tarkoitettu näiden teknikkojen kouluttamiseksi ja vakinaisesti toimivan ammattimieskunnan tietojen täydentämiseksi. Kirjaa koottaessa on ollut ohjeena nykyisin voimassa oleva teknillisten koulujen maanparannusohjelma. Huomioon on otettu myös agronomien ja puutarha-asiantuntijoiden koulutuksen tarpeet. Kirjoittajat toivovat, että oppikirja voisi olla avuksi myös korkeakouluopetuksessa sekä eri aloilla toimiville käytännön henkilöille, joiden tulee perehtyä maanparannuskysymyksiin.

Ei ole mahdollista oppia maanparannusta eikä toteuttaa maanparannusprojekteja, jos ei tunneta parannettavaa kohdetta - maata. Sen vuoksi on kirjassa käsitelty melko yksityiskohtaisesti niitä perustavaa laatua olevia maaperän ominaisuuksia, jotka ovat suoranaisesti yhteydessä maan viljavuuden ja maan kosteustilan kanssa. Näille kysymyksille on omistettu enemmän tilaa kuin tähän astisissa maanparannusalan oppikirjoissa. Samoin on kirjassa painotettu maanparannuksen läheistä yhteyttä maanviljelysoppiin.

Kirjan kirjoittamisessa on paljolti käytetty hyväksi venäjän ja osaksi myös muilla kielillä julkaistuja oppikirjoja, tieteellisissä sarjoissa julkaistuja artikkeleita sekä kirjoittajien henkilökohtaisia kokemuksia.

Maanparannusinsinööri G. Karus on kirjoittanut oppikirjan II osan pääkappaleet 4 ja 8 sekä VII osan, maanparannusinsinööri A. Remmel I osan pääkappaleet 1 ja 2, II osan pääkappaleet 3, 5-7 ja 9, III osan pääkappaleet 10-17 sekä osat IV, V ja VI.

Suurta apua saivat kirjoittajat maanparannusalan tiedemiehiltä ja spesialisteilta. Erikoisen suuri oli tekniikan kandidaatti K. Hommikun, agronomi R. Pandin ja maanparannusinsinööri E. Veinpanos. Kaikille näille ilmaisevat kirjoittajat parhaimmat kiitöksensä. Kirjoittajat ovat samoin kiitollisia Eestin maatalousakatemian maanparannuksen opettajille asiallisista huomautuksista.

Kokoonpanija

I Yleinen osa	11
Johdanto	11
1. Maanparannuksen käsite	11
2. Maanparannuksen historiallinen yleiskatsaus	14
3. Maanparannuksen kehitysperspektiivejä ja tehtäviä	17
Yleistietoja maanparannuksista	18
1. Maaperä	18
2. Maannostumisprosessit	19
Podsoloituminen	19
Ruskomaan muodostuminen	20
Soistuminen	21
3. Maassa oleva vesi	24
Maavesien luokitus	24
Maan kosteus ja vesivaranto	29
Maan hydrofysikaalisia ominaisuuksia	33
Kasvien käytettävissä oleva vesi	40
4. Veden tehtävä ja kasvien veden tarve	42
5. Veden liikkuminen maassa	43
6. Maan vesi- ja ilmatila	45
Maan vesi- ja ilmatilaan vaikuttavat tekijät	47
Maan vesitilan kehitys kasvukaudella	51
Maan vesi- ja ilmatilan keskinäinen suhde kasvien kannalta	52
7. Maan liikamärkyys, sen aiheuttajat ja sen vahingolli- nen vaikutus	53
Liikamärkyyn aiheuttajat	53
Liikamärkyyn haitallinen vaikutus	54
8. Liian märät maat	56
Maan liikamärkyyn tunnusmerkit	56
Liian märkien maiden jaoitus	58
Soiden muodostuminen ja kehitys	59
Suokasvillisuus	63
Soiden luokitus	65
9. Turpe	67
Turpeen luokitus	68
Turpeen maatumisaste	69
Turpeen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä viljelysarvo	71
Soiden maataloudellisesta käytöstä	74

10. Toimenpiteet maan vesitilan säätelemiseksi ja niiden tarve Neuvostoliiton piirikunnissa	76
Agromelioratiiviset toimenpiteet	78
Metsämelioratiiviset toimenpiteet	79
Hydromelioratiiviset toimenpiteet	80
II Kuivatus	82
Perustietoja kuivatuksesta	82
1. Kuivatusverkko ja sen rakenne	82
2. Maatalouden asettamat vaatimukset kuivatusverkolle ..	88
3. Maiden kuivatustarve Eestissä	90
4. Kuivatusmenetelmät ja kuivatustavat	95
5. Kuivatuksen vaikutus	105
Kuivatussysteemin detalji- ja piiriverkko	108
1. Detaljiverkon toimintatapa	108
2. Detaljiverkon valuma	110
3. Kuivatusnormi	112
4. Ojitus	117
5. Salaojitus	125
Tiiliputkisalaojitus	126
Puuputkisalaojitus	134
Muista materiaaleista tehdyt salaojaputket	141
Muoviputket	141
Betoniputket	145
Risu-, riuku-, kivi- tms. salaojitus	146
Holvisalaojitus	147
Keinoja veden pääsyn lisäämiseksi salaojiin	148
Puutarhojen ja puistoalueiden salaojitus	152
Salaojitus kaivantoa tekemättä	154
Salaojien erikoisrakenteet	154
Laskuaukko	154
Lietekaivot	160
Tarkastuskaivot	160
Syöksykaivot	165
Pintavesisilmäkkeet ja -kaivot	165
Teiden ja avo-ojien alitukset	171
Salaojien sijoitus	172
Imuojien ja kokoojien kaltevuus	176
Imuojien pituus	186
Ojien syvyys ja etäisyys	188

	Sivu
Kokoojaojien hydrauliset laskelmat	200
Laskelmien suoritus	204
6. Salaojituksen suorittaminen	206
Salaojien paalutus maastoon	208
Salaojien kaivu	210
Putkien asennus	213
Salaojien täyttö	218
Holvisalaojan tekeminen	219
7. Pihojen, rakennuspaikkojen ja urheilukenttien kuivattaminen	219
8. Maan muokkaus- ja parantamistoimenpiteet	225
Kapealohkokyntö	227
Maanpinnan muotoilu	228
Vakojen tekeminen	231
Myyräojitus	232
Maanpinnan tasoittaminen	234
Syväkyntö ja kynnöksen alapuolisen kerroksen murentaminen	234
Yhteenveto agromelioratiivisista toimenpiteistä	237
9. Piiri- eli reunaojitus	238
Avonaiset piitiojat	239
Piirisalaojat	240
Kuivatussysteemin perusverkko	241
1. Perusverkon rakenne ja tehtävä	241
2. Perusverkon sijoitus maastoon, vesiuomien keskinäinen yhdistäminen suunnitelmassa	242
3. Perusverkon vesiuomien mitoitus	250
Vesiuomien mitoitus ottamalla huomioon kuivatusverkon toiminta	250
Vesiuomien mitoitus hydraulisin laskelmin	251
Hydrologiset laskelmat	251
Kylvö- ja korjuuajan keskimääräinen valuma	263
Järvien vaikutus virtaamaan	266
Hydrauliset laskelmat	268
Vesiuomien yhdistäminen vertikaalitasossa	281
4. Kaivumassojen ja materiaalitarpeen laskeminen	289
5. Suunniteltujen vesiuomien paaluttaminen maastoon	294

6. Vesiuomien kaivaminen, kaivutavat ja niiden eri-	
koispiirteet	298
Linja-alueen raivaus	299
Kaivutyöt	299
7. Uomissa tapahtuvat muutokset ja uomien vahvistaminen	300
Nurmetus	302
Turvesuojaus	305
Kiviverhous	306
Tukiseinien ja risukimppujen käyttäminen	306
Teräsbetoni- ja silikaattibetonielementtien käyttä-	
minen	309
8. Ojiin liittyvät rakenteet	310
9. Kuivatettavien maiden tieverkko	320
10. Suojapuustot kuivatettavilla mailla	326
Metsäkaistaleiden sijoitus maastoon	327
Puuston laatu metsäkaistaleilla	328
Purkuvesistön järjestely	329
1. Purkuvesistöille asetettavat vaatimukset	329
2. Syitä, jotka aiheuttavat purkuvesistön toiminnassa	
häiriöitä	330
3. Jokijärjestelyt	331
Uoman perkaus ja syventäminen	333
Uoman kaventaminen	334
Uoman oikaisu	338
Vesiuoman linjan, poikki- ja pituusleikkauksen suunnittelu jokijärjestelyissä	339
Muut järjestelytoimenpiteet	345
4. Vesialtaiden järjestely	346
Erikoiskuivatustavat	348
1. Vertikaalikuivatus	348
2. Pengerryskuivatus	352
Käytön edellytykset	352
Pengerryskuivatuksen suunnittelu	354
Hydrologiset laskelmat	355
Arvioidut virtaamat	355
Pumpattava vesimäärä ja sen jakautuminen vuodenaikojen mukaan	360
Suojapenkereet ja eristysojat	362

Polderin sisäinen kuivatusverkko	365
Imuallas	365
Penkereeseen rakennettavat aukot ja muut rakenteet..	367
Pumppujen ja pumppuyksiköiden lukumäärän valinta ...	367
Pumppuasema	370
3. Jokiluhtien tulvasuojelu.....	372
Luhtien luonteenomaiset piirteet ja niiden maatalou-	
dellinen merkitys	372
Vesiolosuhteiden järjestelytoimenpiteet jokiluhdilla	374
Virtaaman säätely vesistöalueen yläosaan kohdistuvil-	
la toimenpiteillä	376
Luhtien pengertäminen	377
Luhtien kuivattaminen	380
Taistelu tulvia ja vettymisvahonkoja vastaan padotus-	
alueilla	381
4. Luhtamatalikkojen kolmaatio	382
5. Soiden kuivattaminen turvetuotantoa ajatellen	385
6. Muita erikoiskuivatustapoja	388
Metsämaiden kuivattaminen	389
1. Peruskäsitteitä	389
2. Kasvupaikan vaikutus metsän tuottavuuteen	389
3. Metsäkuivatuksille asetettavat vaatimukset ja niillä	
saavutetut tulokset	392
4. Metsämaiden kuivatustavat	394
5. Metsäteiden tekeminen	396
Maanparannussuunnitelmien laatimista varten tarvittavat	
tutkimuksen ja suunnitelmien laatiminen. Maanparannuk-	
sen tehokkuus	398
1. Maanparannussuunnitelmien laatimista varten tarvitta-	
vat tutkimukset	398
Tutkimusten laajuus	398
Esivalmistelut	399
Esitutkimukset	400
Topografiset tutkimukset	401
Hydroteknilliset tutkimukset	402
Vesiuomien tutkimuslinjan tekeminen	402
Vesiuomien poikkileikkausten määrittäminen	404
Tutkimusaikainen vedenpinta	406
Poikkileikkaukset	406

Vesiuomissa olevien rakenteiden tutkiminen	407
Järvien tutkimukset	408
Meteorologiset ja hydrologiset tutkimukset	409
Geologiset ja hydrologiset tutkimukset	411
Maaperätutkimukset	415
Viljelytekniilliset tutkimukset	416
Agroekonomiset tutkimukset	419
2. Maanparannussuunnitelman laatimisjärjestys	420
Yhtenä vaiheena tehdyn maanparannussuunnitelman sisäl- tö	423
Kahdessa vaiheessa tehdyn maanparannussuunnitelman eri- koispiirteitä	427
3. Maanparannuksen tehokkuus	429

JOHDANTO

1. Maanparannuksen käsite

Maanparannuksella tarkoitetaan toimenpiteitä, joita tehdään paikallisten luonnonolojen muuttamiseksi, jotta maan tuottokyky (viljavuus) lisääntyisi. Samalla luodaan edellytykset maanviljelyn voimaperäistämiseksi.

Kasvi voi normaalisti kasvaa ja kehittyä vain mikäli sillä on jatkuvasti mahdollisuus saada tarvitsemansa määrä valoa, lämpöä, ravintoaineita, vettä ja hengittämiseen happea. Valo ja lämpö ovat kosmista alkuperää, minkä vuoksi niiden määrä ei ole ihmisen säädeltävissä. Ravintoaineet ja veden kasvi saa maasta. Sen vuoksi niiden määrää on mahdollista säädellä. Kasvin tuotokset riippuvatkin sen vuoksi siitä, missä määrin maa kykenee tyydyttämään kasvien tarpeet ravintoaineiden ja veden osalta sekä antamaan kasvien juurten hengittämistä varten happea. Sellaista maan kykyä nimitetään tuotavuudeksi.

Jotta saataisiin suuri sato, pitää maassa olla paitsi kasviravinteita myös vettä ja ilmaa, lisäksi niiden keskinäisen määrän maassa pitää olla kasvin kasvulle sopiva. Usein luonnontilassa ei maan vesi- eikä ilmapitoisuus kuitenkaan vastaa sellaisia vaatimuksia. On piirikuntia, joissa sademäärä ei ole riittävä, toisaalla taas ollaan päin vastoin tekemisissä maan liikakosteuden kanssa. Kasvien kasvuolosuhteiden parantamiseksi tarvitaan edellisessä tapauksessa maan keinotekoista kastelua, jälkimmäisessä tapauksessa pitää maan vesivarastoa vähentää so. kuivattaa maata.

Maan vesipitoisuuden ja siitä johtuvan ilmapitoisuuden eli maan vesi- ja ilmatilan säätely kasvien vaatimusten mukaisesti onkin eräs tärkeimmistä maanparannuksen tehtävistä.

Maan tuottavuutta vähentävät lisäksi maan epäsuotuisat fysikaalis-kemialliset ominaisuudet, huono mururakenne, liikahappamuus, suolaisuus jne. Maan intensiivistä viljelemistä ehkäisevät ja maanmuokkaus- sekä sadonkorjuutöiden tehokkuutta vähentävät peltoilla esiintyvät kivet, kannot, mättäät, vesakot, lentohiekka, ala-arvoinen (kasvusto) nurmiturve jne. Tällaisten epäsuotuisien luonnonolosuhteiden muuttaminen kuuluu sen vuoksi myös maanparannuksen tehtäviin.

Maanparannustoimenpiteet ryhmitetään seuraavasti:

1. Hydromelioratiiviset eli hydroteknilliset toimenpiteet, joilla perusteellisesti järjestetään maan vesi- ja ilmatilat

- a) kuivatus ja
- b) kastelu.

2. Agromelioratiiviset toimenpiteet, joita käytetään enimmäkseen täydennykseksi hydromelioratiivisiin toimenpiteisiin maan vesi- ja ilmatilan parantamiseksi

- a) kynnöksen syventäminen
- b) kynnöksen alaisen kerroksen möyhentäminen
- c) myyräojitus
- d) vakojen tekeminen

e) kyntämisen rajoittaminen ja kyntösuunnan määrittäminen

f) maanpinnan profiloiminen

3. Maan fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien parantaminen

a) mineraali- ja turvemaiden hiekoittaminen ja saveaminen, mineraalimaiden parantaminen turpeella tai mudalla ja

b) happamien maiden kalkitseminen

4. Viljelytekniilliset toimenpiteet, joilla maa valmistetaan

intenssiivistä maanviljelystä varten

a) vesakkojen, metsän ja kantojen poistaminen

b) kivien raivaaminen

c) maanpinnan tasoittaminen

d) ala-arvoisen nurmiturpeen hävittäminen (uudismaakynnön yhteydessä kynnösviilun möyhentäminen)

5. Metäsmelioratiiviset toimenpiteet so. metsänistutusten avulla,

meteorologisten ja hydrologisten tekijäin (etupäässä sademäärän, haihtumisen, tuulen ja veden poisvirtaamisen) muuttaminen

a) tuulensuojaistutusten tekeminen

b) maan metsittäminen maaeroosion estämiseksi ja

c) lentohiekan sitominen metsittämällä.

2. Maanparannuksen historiallinen yleiskatsaus

Jo yli 4000 vuotta sitten tehtiin Egyptissä vesirakennustöitä Niilin veden käyttämiseksi peltujen kasteluun. Samanlaisia rakennustöitä on tehty myös Tigris- ja Eufratjokien laaksoissa (Mesopotamiassa on säilynyt jättiläismäisen Naraunin kastelukanavan jäännökset). Kanavan pituus oli noin 400 km, leveys 120 m ja syvyys 9-15 m.

Neuvostoliiton alueella aloitettiin maanparannustyöt kaikkein ensimmäiseksi Keski-Aasiassa ja Taka-Kaukaasiassa jo 9. vuosisadalla ennen ajanlaskumme alkua.

Itämaisilta kansoilta omaksuivat veden olotilojen järjestelemisen niiden kanssa kosketukseen joutuneet Euroopan kansat, ensin kreikkalaiset ja sitten roomalaiset (5. - 4. vuosisadoilla ennen ajanlaskumme alkua). Noin v. 300 ennen ajanlaskumme alkua kuivattivat roomalaiset pontisia soita, käyttäen tällöin jopa poltettuja saviputkia. Keskiajalla jäi maanparannus Euroopassa lähes täydellisesti unohduksiin. Vasta 18. vuosisadalla aloitettiin maanparannustyöt uudelleen erikoisesti Hollannissa, Englannissa ja Saksassa.

Venäjällä aloitettiin maankuivatus ennenkaikkea kaupunkien rakentamisen yhteydessä (11. vuosisadalla Novgorodissa, sitten Moskovassa, Pietarissa ja muualla). Ensimmäisiä tietoja maataloudellisesta maankuivattamisesta (etupäässä valtiontiloilta, Baltian maissa myös eräiltä yksityistiloilta) on olemassa 17. vuosisadalta.

Salaojituskuivatus alkoi levitä viime vuosisadan keskivaiheilla, kun Englannissa keksittiin tiiliputkien valmistuspuristin. V. 1853 tehtiin tiiliputkisalaojituksia ensimmäisen kerran myös Eestissä (Vaidan, Tohisoon ym. tiloilla). Eestin kulttuurin merkkimiehistä puhuivat maanparannuksen puolesta Fr. R. Kreutzwald ja C.R. Jakobson. Ensimmäinen innosti kalenteripakinoissaan talollisia kehittämään omaa talouttaan maanparannuksen avulla. C.R. Jakobson kirjoitti omassa teoksessaan "Teadus ja seadus põllul", joka ilmestyi v. 1869, salaojitusten edullisuudesta avo-ojiin verrattuna sekä suositteli erityisesti käyttämään tiiliputkisalaojia. Hän antoi sen lisäksi ohjeita salaojien syvyydestä ja välimatkoista. Ensimmäiset Eestissä toimineet maanparannusasiantuntijat (melioraattorit) olivat kotoisin Tanskasta. Heidän joukossaan oli erikoisen huomattava maanparannuksen harrastaja ins. Peder Rosestand-Wöldike, joka työskenteli täällä vuosisadan vaihteessa yli 20 vuotta. P.R. Wöldiken nimeen liittyy poikkisalaojien käyttöönotto. Siihen asti oli käytetty yksinomaan pitkittäis-salaojia. Poikkisalaoja levisi siitä alkaen koko Eurooppaan.

V. 1917 oli Venäjällä kasteltuja maita yli 4,1 milj. ha ja kuivatettuja maita n. 1,2 milj. ha.

Sotien välillä teki Eestin maanparannustöitä Maatalousministeriön maanparannusvirasto, Asutusvirasto ja Metsätoimisto. Maanparannustoimistot ja maanviljelyslaitos antoivat kullekin tilallislle erikseen teknillistä apua maanparannuksen alalla. Yksityisen maanomistuksen vallitessa tarvittiin monia lakeja. Niiden nojalla järjestettiin useampia tiloja koskevia valtaojituskohteita. Kunnossapitovelvollisuus määrättiin ojitusyhtiöille. Itsenäisyyden ajan lopussa oli toiminnassa lähes 800 ojitusyhtiötä, joiden toimesta oli kaivettu n. 5800 km valtaojaa, hyötyalueen

ollessa 240 000 ha. Maanparannustöitä tehtiin mainittuna aikana Eestissä pääasiassa lapiotyönä.

Neuvostojärjestys loi maan kansallistamisen kautta suotuisat olosuhteet maanparannuksen kehittämiseksi. Kehittyvä raskasteollisuus alkoi toisesta viisivuotissuunnitelmasta alkaen (1933) tuottaa kentälle suuria määriä maanparannusteknillisiä koneita, kuten kaivukoneita ja puskutraktoreita.

V. 1941 oli Neuvostoliitossa parannettuja maita yli 12 milj. ha, joista kasteltuja oli 6,2 milj. ha ja kuivatettuja 5,8 milj. ha.

Toisen maailmansodan vuosina tuhoutui suuri määrä kuivatus- ja kastelusysteemejä, mistä syystä sodan jälkeen tuli ensimmäiseksi tehtäväksi niiden jälleenrakentaminen.

Neuvostojärjestys loi myös Eestissä suotuisat olosuhteet maanparannukselle. Alusta alkaen alettiin kolhooseille korvata maanparannustöiden suorittaminen. Samoin alettiin valtion varoilla kaivaa ja kunnossapitää useampia kolhooseja käsittäviä valtaojia.

Vuodesta 1965 alkaen on kuitenkin kaikki muut maanparannustyöt (mukaan luettuna viljelytekniilliset työt, turvepehkun ja lannoitusturpeen tuottaminen sekä maan kalkitseminen) tehty valtion kustannuksella.

Maanparannuksen suunnitleminen ja johtaminen annettiin Maatalousministeriölle. Vuonna 1966 nämä tehtävät siirtyivät kuitenkin Eestin neuvostotasavallan ministerineuvoston valtiolliselle maanparannus- ja vesitalouskomitealle. Alueellisesti on muodostettu 9 territoriaalista maanparannushallitusta. Tutkimus- ja suunnittelutöitä suorittavat projekti-instituutit "Eestin maanparannusprojektit" (entiset "Eestin maatalousprojektit" sekä

maanparannushallitusten yhteydessä olevat projektiryhmät). Maanparannustöiden suorittaminen on annettu neuvostotasavallan järjestölle "Eestin maataloustekniikalle". Tieteellistä tutkimustyötä maanparannuksen alalla suorittaa periaatteessa Eestin maanviljelyksen ja maanparannuksen tieteellisen tutkimuksen instituutti (Sakuš), jonka alaisina on useita koeasemia.

Vuoden 1965 lopussa oli Eestin kolhooseissa ja sovhooseissa kuivatettuja maita noin 535 000 ha, niistä salaojitettuja maita lähes 145 000 ha. Salaojituskoneita käyttämällä tulee salaojitetun maan osuus vuodesta vuoteen yhä suuremmaksi. V. 1956 rakennetusta kuivatusverkosta oli salaojitusten osuus noin 25 %, ja v. 1965 jo 84 %.

3. Maanparannuksen kehitysperspektiivejä ja tehtäviä

Laajoista maanparannustöistä, joita on nykyään Neuvostoliitossa käynnissä tai joita on lähiaikojen suunnitelmissa, on mainittava maiden kastelu, vesiensuojelu ja tuuliesteiden tekeminen aroilla ja metsäaroppiirikunnissa, erikoisesti Etelä-Ukrainassa, Pohjois-Krimillä, Pohjois-Kaukaasiassa ja Volgan takaisilla mailla. Samoin on mainittava suurten maa-alueiden kastelu Amu-Darjan ja Syr-Darjan jokien piirikunnissa. Kuivatuksella otetaan suuret maa-alat käyttöön ensisijassa Polesjoen ja Mestseeran alangoilla sekä edelleen Baraaban arolla, Kauko-Idässä, Valkovenäjällä ja Balttian neuvostotasavalloissa.

Neuvostoliiton kommunistipuolueen keskuskomitea teki v. 1966 toukokuun täysistunnossa päätöksen suurisuuntaisesta suunnitelmasta "Maanparannuksen laajasta kehittämisestä leipäviljan sekä muiden viljelyskasvien suurten ja stabiilien satojen saamiseksi".

Suunnitelman mukaan lisätään Neuvostoliitossa lähimpien kymmenen vuoden (1966-1975) kuluessa kasteltavia maita 7-8 milj. ha ja kuivatettavia maita 15-16 milj. ha, mikä nostaa parannettujen maiden pinta-alan 37-39 milj. ha:iin. Eestissä tulee suunnitelman mukaan käsillä olevalla viisivuotisjaksolla (1966-1970) kuivattaa 240 000 ha liian märkiä maita. Edellä mainitusta määrästä tulee salaojittaa 210 000 ha.

Eestissä oli v. 1963 kaikkiaan kuivatusta vaativia maatalousmaita 1,1 milj. ha, joista n. 60 %:lla ei ole vielä kuivatusverkkoa. Olemassa olevasta kuivatusverkosta vaatii 2/3 rekonstruoinnista, etupäässä salaojittamista.

Mitä intensiivisemmäksi Eestin maatalousmaiden hyväksikäyttö muuttuu, sitä enemmän tulee ajankohtaiseksi myös pengerryskuivatus ja kastelutarve. Näitä töitä onkin jo aloitettu.

Teoreettisista kysymyksistä vaatii tulevaisuudessa runsaasti työtä kuivatusverkon suunnitteluperusteiden täydentäminen ja niissä erikoisesti vesiuomien määrittäminen sekä detaljiverkon syvyyden ja välimatkojen määrittäminen. Samoin raskaiden savi- maiden kuivattamiskysymysten selvittäminen vaatii paljon työtä.

YLEISTIETOJA MAANPARANNUKSESTA

1. Maaperä

Maan pintakerrosta nimitetään sekä mullaksi että myös maaperäksi. Rakennusteknilliseltä kannalta katsottuna nimitetään sitä maaperäksi ja sillä tarkoitetaan koko kivennäismaakerrosta,

jolla on merkitystä ihmisen rakennustoiminnassa. Se voi ulottua satojen metrien syvyyteen. Maaperän rakennusteknilliset ominaisuudet riippuvat pääasiassa maan rapautumisasteesta ja mekaanisesta koostumuksesta, siitä miten se kelpaa rakennusperustaksi tai rakennusmateriaaliksi. Orgaanisten aineiden määrä, joka mullan kannalta on erittäin tärkeä, on tavallisesti epäsuotuisa.

Multa tai oikeammin ruokamulta on maanviljelyksen käsite, jolla arvioidaan viljavuutta eli kykyä antaa satoja. Kivennäiset muodostuvat mullaksi pitkällisen ja mutkikkaan rapautumis- ja maannostumisprosessin kautta.

Multakerroksen vahvuuden määrää kasvien juurtumissyvyys. Ahtaammasa mielessä käsitetään mullalla vain sitä kerrosta, johon kasvien juuret leviävät. Viljelmillä se ulottuu enimmäkseen 0,75 metriin.

Maanparannuksessa joudutaan tekemisiin molempien käsitteiden kanssa: parannettavien maiden kenttätutkimuksilla ja niiden vaatimien maanparannustoimenpiteiden suunnittelussa; maanparannusrakennustöiden suunnittelussa ja rakennustöiden suorittamisessa.

2. Maannostumisprosessit

Eestissä vallitseviissa olosuhteissa esiintyy pääasiassa kolme maannostumisprosessia - maiden podsoloituminen, ruskomaan muodostuminen ja soistuminen.

Podsoloituminen

Alueilla, joissa sademäärä ylittää haihtumisen (Neuvostoliiton pohjoiset piirikunnat, niiden joukossa myös Baltian neuvosto-

tasavallat) liikkuu vesi maassa enimmäkseen ylhäältä alaspäin. Erikoisen selvä on veden alaspäin suuntaunut liike metsämailla, jossa metsämaan kuohkeudesta johtuen käytännöllisesti katsoen koko sadevesi imeytyy maahan ja haihtuminen maanpinnasta on erittäin vähäistä. Metsämulta, jossa on runsaasti kuoriaineksiä ja niukasti tuhkaa, tulee happamaksi ja multasienten hajottavan toiminnan kohteeksi. Metsämullan hajotessa syntyy runsaasti liikkuvia humushappoja (etupäässä fulvohappoja), jotka kykenevät reagoimaan mullassa esiintyvien yhdisteiden kanssa. Hapöt muodostavat veteen liukenevia suoloja. Alaspäin vajoava vesi kuljettää nämä suolta mullan alla oleviin kerroksiin. Osa suoloista kulkeutuu pohjaveden mukana jokiin ja häviää sen vuoksi täydellisesti maasta. Tällaista huuhtoutumisprosessia maan ylemmästä kerroksesta alempaan nimitetään podsoloitumiseksi.

Tämän prosessin tuloksena muodostuvat podsolimaat. Maakerrosta, josta irtaavat ainekset huuhtoutuvat ja joka sen vuoksi on vaaleaa väriltään, nimitetään eluviaalikerrokseksi. Sitä kerrosta, mihin ylemmistä kerroksista huuhtoutuneet ainekset kulkeutuvat ja missä ne saostuvat, nimitetään illuviaalikerrokseksi.

Ruskomaan muodostuminen

Ruskomaan muodostumista tapahtuu niityillä, missä kasvien pääasiallinen juurimassa leviää maan pintakerrokseen. Niityillä kuollut orgaaninen aines ei keräänny yksinomaan pintaan, kuten metsämailla, vaan maan sisään, mikä johtuu siitä, että kasvien elintoimintojen loppuessa kuolevat myös niiden juuristot.

Orgaaniset jäänteet hajoavat, riippuen maan ilmamäärästä, joko aerobisten (happea käyttävien) tai anaerobisten (happea käyttä-

mättömien) bakteerien toiminnan kautta. Enimmäkseen toimivat nämä bakteeriryhmät yhdessä, jolloin ilmamäärästä riippuu, kumpi ryhmä on vallitsevana. Orgaanisten aineiden hajoamisen yhteydessä muodostuu mikrobiologisten prosessien tuloksena myös kompleksista tuotetta - humusta, jonka aineksina ovat humushapot sekä humiiniaineet (humiini ja ulmiini).

Prosessia, jonka tuloksena humuksesta muodostuu multaa, nimitetään ruskomaan muodostumiseksi ja syntynyttä multaa vastaavasti ruskomaaksi. Multakerrosta eli horisonttia, joka muodostuu humuksesta, nimitetään humushorisontiksi.

Ruskomaan muodostuminen on podsoloitumisprosessille vastakkainen. Podsoloitumisessa kasviravinteet vähenevät pintakerroksessa, kun taas ruskomaan muodostumisessa niiden määrä vastaavassa kerroksessa lisääntyy.

Ruskomaan luonteenomaisena tunnuksena on tumman värinen humushorisontti, jonka alla on miñeraalimäakerros. Suuren humuspi-toisuutensa vuoksi ovat ruskomaat erittäin viljavia maita.

Luonnossa nämä kaksi maannostumisprosessia - podsoloituminen ja ruskomaan muodostuminen - tapahtuvat usein vuorotellen joko pa samanaikaisestikin. Sellaisia maita, missä samanaikaisesti esiintyy sekä podsolihorisontti että humushorisontti, nimitetään ruskomaapodsoleiksi.

Soistuminen

Soistumiseksi nimitetään maannostumisprosessia, joka tapahtuu liian suuren kosteuden vallitessa. Liikakosteus aiheuttaa maan

ilmamäärässä vähenemistä ja estää ilman vaihtoa maan ja ilmakehän välillä.

Hapen puutteen takia on maassa käynnissä anaerobinen biokemiallinen prosessi, jossa orgaanista ainetta hajoittavat anaerobiset bakteerit ottavat elintoimintojensa vaatiman hapen erilaisia ympäristössä olevia happea sisältäviä yhdisteitä pelkistämällä. Mullassa esiintyvä rauta III oksidi pelkistyy tällöin rauta II oksidiksi, minkä vuoksi mullan väri muuttuu punaisen ruskeasta tai keltaisesta harmaaksi, siniseksi tai vihreäksi.

Edellä olevaa prosessia nimitetään glein¹⁾ muodostumiseksi. Glein muodostuminen edeltää soistumista. Tilanteen huonontuessa ilmenee ajoittain liikamärkyttä.

Maannostumisolosuhteiden eroavaisuuksista, erikoisesti liikamärkyyssasteesta riippuen ilmenee glein muodostuminen eri tavalla. Toisinaan on mullassa havaittavissa vain yksityisiä sinisiä tai ruosteenvärisiä täpliä ja laikkuja, toisinaan taas gleikerros esiintyy varsin selvänä. Selvästi ilmenee glein muodostumisprosessi korkean pohjaveden aiheuttaman liikakosteuden vallitessa.

Sellaista maata, missä on havaittavissa vain heikkoja glein muodostumisen tunnusmerkkejä nimitetään glein muodostumiskerrokseksi. Jos glein muodostuminen ilmenee erittäin voimakkaana sanotaan vastaavaa maakerrosta gleikerrokseksi (gleihorisontiksi). Glein muodostumisessa maan huokoisuus vähenee (maa tihenee) ja

1) Kovan ja tiiviin iskostuman muodostuminen

maa alkaa läpäistä huonommin vettä. Tällä tavoin glein muodostuminen suurentaa omalta osaltaan maan liikakosteutta. Liiallisen kosteuden aiheuttama ilman hapen puuttuminen aiheuttaa orgaanisen aineen hajoamisprosessin hidastumisen, mistä edelleen seuraa kuolleen orgaanisen aineen kasautumista.

Alussa täyttävät kasvinjäänteet maaosasten väliset tilat. Myöhemmin alkaa orgaaninen aine kasaantua jo maanpinnalle. Kuolleen orgaanisen aineen (turpeen) kasautumista liikamärkyyden vallitessa nimitetään turpeen muodostumiseksi. Tämä prosessi merkitsee soistumisen toista astetta.

Usein esiintyy soistumista podsoloitumisen ja ruskomaan muodostumisen yhteydessä. Podsoloitumisen ja soistumisen tuloksena syntynyttä maata nimitetään soistuneeksi podsoliksi. Podsoloitumisen ja soistumisen yhteydessä voi useasti huomata myös melko voimakasta ruskomaan muodostumista. Ruskomaan muodostumisen ja soistumisen yhteisvaikutuksesta syntyneitä maita nimitetään soistuneiksi ruskomaiksi. Niiden yhteydessä voi esiintyä myös podsoloitumisen tunnusmerkkejä.

Turpeen muodostumisen kehittyessä syntyy maanpinnalle turvekerros. Kun turvekerros ylittää 30 cm:n vahvuuden, nimitetään maa-alueita suoksi (geologisessa ja maataloudellisessa mielessä).

Maannostumisprosessissa syntyneitä, ulkomuodoltaan (väriltään), kovuudeltaan ja fysikaalisilta sekä kemiallisilta ominaisuuksiltaan erilaisia kerroksia nimitetään maan geneettisiksi (sanasta genesiskehitys) horisonteiksi. Maan geneettisten horisonttien yhdistelmää (kompleksia) nimitetään maaprofiiliksi.

3. Maassa (maaperässä) oleva vesi.

Luonnontilassa maa sisältää aina jossain määrin vettä. Vesi voi maahuokosissa esiintyä kaikissa kolmessa olomuodossa: kiinteässä (jää), juoksevassa ja kaasumaisena (höyry).

Maavesien luokitus

Osa maassa olevasta vedestä on maaosasten kanssa kemiallisesti tai fysikaalisesti sitoutunutta, osa ei. Fysikaalisesti sidottu vesi luokitellaan sidoksen lujuuden mukaan hygroskooppiseksi vedeksi ja kalvovedeksi. Juoksevaa vettä, joka ei ole maaosasten kanssa kemiallisesti eikä fysikaalisesti sidottua nimitetään vapaaksi vedeksi. Se jaoitellaan liikkumisluonteen mukaan kapillaarivedeksi ja gravitatiovedeksi (vajovesi).

Kemiallisesti sidottu vesi. Kemiallisesti sidottu vesi kuuluu maaosasten kokoomukseen eikä ole maasta erotettavissa muuten kuin kemiallisen hajoamisen kautta. Tällainen vesi ei ole kasvien käytettävissä.

Vesihöyry. Vesihöyryä esiintyy ilmassa luonnossa kaikkialla, niin myös maassa olevassa ilmassa. Märässä maassa on ilma tavallisesti vesihöyryn kyllästämää.

Vesihöyry liikkuu joko passiivisesti ilman mukana tai aktiivisesti suuremman paineen alueelta matalamman paineen alueelle.

Jos tällöin sattuu kylmä alue eteen, alkaa vesihöyry tiivistyä vedeksi. Vesihöyryn kyllästämässä ilmassa on vesihöyryn paine sitä matalampi, mitä matalampi on lämpötila, mistä johtuen maassa oleva vesihöyry siirtyy lämpimämmältä alueelta kylmem-

mälle alueelle. Tällä tavoin tapahtuu maassa alinomaan veden siirtymistä vesihöyryn muodossa lämpimämmältä alueelta kylmemmälle alueelle - kesällä maan ylemmistä kerroksista alempiin, talvella päinvastoin.

Hygroskooppinen vesi. Maa adsorboi huokostensa pinnalla vesihöyryä ja sitoo sen lujasti. Tämä ominaisuutta nimitetään hygroskooppisuudeksi ja maaosasten pinnalle kokoontunutta vettä hygroskooppiseksi vedeksi. Hygroskooppisen veden määrä maassa on riippuvainen maan ominaisuuksista ja ilman kosteudesta. Mitä hienorakeisempaa maa on ja mitä kosteampaa ilma huokosissa, sitä enemmän on hygroskooppista vettä. Eniten voi maa sisältää hygroskooppisuusvettä silloin, kun huokosissa oleva ilma on vesihöyryn kyllästämää. Tätä tilaa vastaavaa maan vesipitoisuustetta (kosteutta) nimitetään maksimaaliseksi hygroskooppiseksi kosteudeksi. Hygroskooppisen veden kerros on tällöin monen (n. 10) vesimolekyylin paksuinen. Yleensä on maksimaalinen hygroskooppinen vesimäärä (prosentteina absoluuttisen kuivasta maa-aineksesta) mineraalimaissa n. 1-10 %, turpeessa n. 80-100 %. Hygroskooppinen vesi on maaosasten kanssa sitoutunut suunnatto-
man suurilla molekulaarivoimilla, joiden suuruus nousee useisiin kymmeniin tuhansiin ilmakehiin, minkä vuoksi hygroskooppisen veden irrottaminen maasta on mahdollista vain kuumentamalla.

Hygroskooppinen vesi ei ole liikkuvaa eikä siten ole kasvien käytettävissä.

Kalvovesi. Kun hygroskooppisella vedellä kyllästetyt maaosaset joutuvat kosketuksiin juoksevan veden kanssa peittyvät ne vesikerroksella, joka on samaten sitoutunut maaosasten kanssa mole-

molekulaarivoimilla, kuitenkin sitä heikommin, mitä kauempana vesimolekyylit sijaitsevat maaosasesta. Näin muodostuu toinen vesikerros eli kalvo maaosasten ympärille. Tällaista vettä nimitetään kalvovedeksi.

Koska toistensa kanssa kosketuksissa olevilla maahiukkasilla on kalvoveden paksuus erilainen, liikkuu kalvovesi hitaasti paksummalta kalvolta ohuemmalle, kunnes kalvot muuttuvat yhtä paksuiksi (kuva 1). Kalvovesi on kasvien vaikeasti ja sen vuoksi vain osaksi käytettävissä.

Vesimäärää, minkä molekulaarivoimat einintään saattavat sitoa maahiukkasten pinnalle, s.o. hygroskoopista vettä ja kalvovettä, nimitetään yhteisesti maksimaaliseksi molekulaarikosteudeksi.

Kapillaarivesi. Vesi, joka jää maahiukkasten molekulaarivoimien vaikutuspiiriin ulkopuolelta ei ole enää maahiukkasiin liittynyt, vaan kuuluu vapaan veden joukkoon. Vapaata vettä, joka täyttää maahiukkasten välisiä kapillaarihuokosia ja voi siellä kapillaarivoimien vaikutuksesta liikkua, nimitetään kapillaarivedeksi.

Niin kauan kun vapaata vettä maassa on vähän, se liikkuu maahiukkasten kosketuskohdissa hiukkasten välissä ja sen liikkumismahdollisuus on rajoitettu. Tällaista huokosten väliin kokoontunutta, vähän liikkuvaa kapillaarivettä nimitetään pendulaarivedeksi. Vesimäärän kasvaessa joutuvat pendulaarivesitipat keskinäiseen yhteyteen, jolloin huokosten keskiosat jäävät vedestä tyhjäksi. Tällaisessa olomuodossa nimitetään kapillaarivettä funikulaarivedeksi (kuva 2). Vesimäärän kasvaessa edelleen

täyttyvät huokoset kokonaan vedellä, jolloin kapillaarivesi saa suuremman liikkuvuuden.

Kapillaarivesi liikkuu kapillaarivoimien vaikutuksesta kosteammalta alueelta kuivemmalle. Veden liikkumissuunta voi olla monen monenlainen. Kapillaarivesi saa lisäystä joko alapuolisesta gravitaatiovedestä (pohjavedestä), maan pinnalta pintavedestä tai myös maassa olevasta vedestä (ojasta, kasteluvaosta jne). Ylöspäin liikkuva, pohjavedestä alkunsa saava, kapillaarivesi nousee huokosia myöten sellaiseen korkeuteen, jossa kapillaarivoimat saavuttavat tasapainon kapillaarivesipatsaan painon kanssa. Pohjavedenpinnan yläpuolella olevia maakerroksia, joihin kapillaarivesi voi nousta nimitetään kapillaarikerroksiksi.

Kapillaariveden nousukorkeus ja nopeus on eri maalajeilla erilainen. Yleensä, mitä hienorakeisempaa maa on, sitä suurempi on kapillaariveden nousukorkeus ja vastaavasti nopeus on pienempi. Nousukorkeus on hienorakeisissa maissa 2-3 metriä, jopa vieläkin suurempi, kun taas karkearakeisissa maissa se on vain muutama kymmenen cm:ä. Kun huokostilavuus on erittäin pieni (raskas savi), täyttävät hygroskooppinen vesi ja kalvovesi huokoset kokonaan. Tällöin ei enää tapahdu kapillaariveden liikkumista.

Maissa, joissa yksittäiset rakeet ovat liittyneet kokkareiksi, ovat kokkareiden väliset tyhjät tilat suuria, minkä vuoksi kapillaariveden nousukorkeus tuntuvasti pienenee.

Kapillaarivettä, mikä on noussut pohjavedestä ja on sen vuoksi ikäänkuin "tuettuna", nimitetään "tuetuksi" kapillaarivedeksi. Sellaista kapillaarivettä, joka ei ole yhteydessä alapuoliseen

pohjaveteen eikä ole siitä muodostunut, vaan "riippuu" maan kapillaarihuokosissa, nimitetään "riippuvaksi" kapillaarivedeksi.

"Riippuva" kapillaarivesi laskeutuu erittäin hitaasti alaspäin, koska sen liikkeeseen vaikuttavat paitsi kapillaarivoimat myös painovoima. Liikkeen voi kokonaan pysäyttää "tukipinta", jollaisena voi olla esim. suurihuokoinen karkearakeinen maakerros.

Kasvit voivat käyttää kapillaarivettä ja se onkin pääasiallisena lähteenä kasvien vedenhankinnassa. Kasveilla käytettävissä oleva kapillaariveden määrä riippuu kuitenkin oleellisesti nopeudesta, jolla kapillaarivesi voi liikkua juurten imevien osien, juurikarvojen luokse.

Gravitaatiovesi. Kun maata, jonka kapillaarihuokoset ovat kokonaan veden täyttämät, edelleen kastellaan alkavat myös suuremmat huokoset täyttyä vedellä. Vesi ei näissä huokosissa (aukoissa) ole kapillaarivoimien, vaan painovoiman alaisena. Tällaista vettä nimitetään gravitaatiovedeksi.

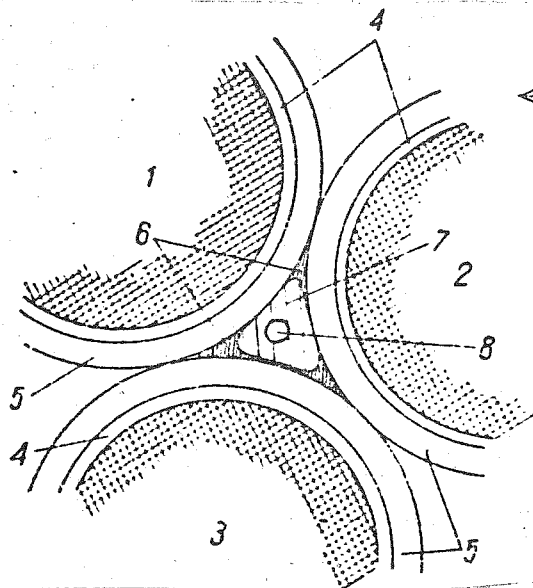
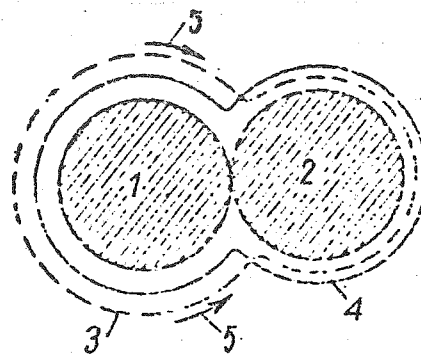
Gravitaatioveden liikkeen aiheuttaa painovoiman lisäksi myös hydrostaattinen paine.

Kun gravitaatiovesi ei kapillaarisissa huokosissa liikkeessaan kohtaa vettä läpäisemättömiä kerroksia, jää se niiden päälle täyttäen kaikki maahuokoset. Tällaista vettä nimitetään pohjavedeksi (kuva 3).

Pohjavesi ei muodosta maassa näkyvää vesipintaa, vaan se on läheisessä yhteydessä yläpuolella olevan kapillaariveden kanssa. Pohjaveden pinnaksi nimitetään sellaista pintaa, jolla veden hydrostaattinen paine on yksi ilmakehä. Pohjaveden pinta voi-

Kuva 1. Kaavio kalvovedestä:

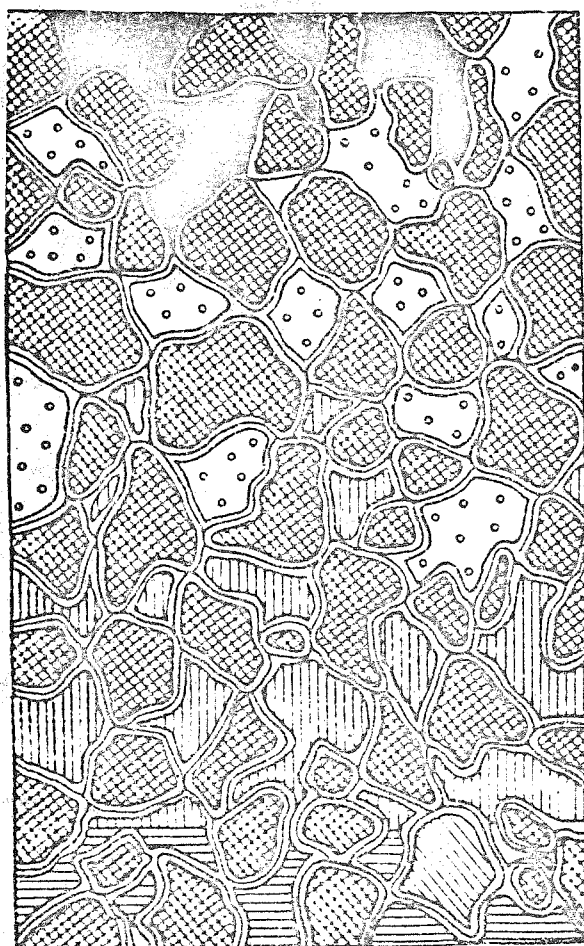
- 1, 2-maahiukkaset
3-alkuperäinen kalvovesikerros
4-lopullinen kalvovesikerros
5-kalvoveden liikesuunta



← Kuva 2. Kaavio huokosvedestä:

- 1, 2, 3-maahiukkaset
4-hygroskooppinen vesi
5-kalvovesi
6-pendulaarivesi
7-funikulaarivesi
8-ilma

Kuva 3. Kaavio maavesistä:



- 1 - maahiukkaset
2 - vajovesi
3 - vesihöyry
4 - kapillaarivesi
5 - pohjavesi
6 - hygroskooppinen vesi
7 - kalvovesi
8 - kapillaarivyöhyke
9 - pohjaveden pinta

daan saada näkyviin kaivamalla maahan kuoppa, joka ulottuu pohjaveden pinnan alapuolelle.

Pohjavesi on levossa, kun sen pinta on horisontaalinen ja liikkeessä, jos pinta on kalteva.

Pohjaveden liikkumista käsitellään yksityiskohtaisesti myöhemmin (pääkappale 5).

Gravitaatiovettä, jota on kerääntynyt rajoitetulle, riittävän vettäläpäisemättömälle tai suhteellisen heikosti vettäläpäisevälle pinnalle, nimitetään orsivedeksi. Orsivesi eroaa pohjavedestä lyhytaikaisen ja periodisen esiintymisensä vuoksi. Sitä muodostuu esimerkiksi podsolimaassa rikastumiskerroksen päälle tai raskaassa savimaassa kynnöksen alapuoliseen kerrokseen.

Maan kosteus ja vesivaranto

Luonnonolosuhteissa esiintyy maahuokosissa aina vettä. Maan suhteellista vesipitoisuutta nimitetään maan kosteudeksi. Maanparrannusalan kirjallisuudessa ilmaistaan maan kosteus kahdella tavalla: paino- ja tilavuusprosentteina.

Maan kosteudella painoprocentteina (N^1) ymmärretään maahuokosissa olevan veden painon ja absoluuttisen kuivan maan suhdetta prosentteissa eli

$$N^1 = \frac{G_v}{G_k} \cdot 100 \quad (1)$$

jossa G_v = maahuokosissa olevan veden paino (eli maanäytteen painoero kosteana ja absoluuttisen kuivana) ja G_k = maan paino absoluuttisen kuivana.

Maan kosteuden tilavuusprosentilla (N) tarkoitetaan maahuokosis-
sa olevan veden tilavuuden ja maahuukosten tilavuuden suhdetta
prosentteissa eli

$$N = \frac{V_v}{V_n} \cdot 100 \quad (2)$$

jossa V_v = maahuukosissa olevan veden tilavuus ja V_n = maahuo-
kosten tilavuus. Kosteusarvojen riippuvuudelle voidaan johtaa
yhteys seuraavasti:

Koska $G_v = V_v \gamma_v$, $G_k = V \gamma_s$ sekä

$$V_n = \frac{nV}{100}, \text{ on } N^1 = \frac{V_v \gamma_v}{V \gamma_s} \cdot 100 \text{ sekä}$$

$$N = \frac{100 V_v}{nV} \cdot 100 \text{ jossa}$$

γ_v = veden tilavuuspaino

V = maan kokonaistilavuus

n = maan huokoisuus (huokostilavuuden suhde maan kokonaistila-
vuuteen prosentteissa)

γ_s = maan kuivatilavuuspaino (absoluuttisen kuivan maan tila-
vuuspaino luonnollisen struktuurin vallitessa)

N^1 ja N voidaan ilmaista $V_v:n$ avulla, jolloin saadaan lopuksi

$$\frac{100 N^1 \gamma_s}{\gamma_v} = Nn$$

Käytettäessä tilavuuspainon yksikkönä t/m^3 tai g/cm^3 saadaan

$\gamma_v = 1,0$, jolloin lausekkeen yksinkertaistamiseksi voidaan γ_v
jättää pois. Kosteuksien välinen riippuvuus tulee siis seuraa-
vaksi:

$$100 \cdot N^1 \gamma_s = Nn \quad (3)$$

Maan huokoisuus lasketaan kaavalla

$$n = (1 - \frac{\gamma_s}{\gamma_o}) 100 \quad (4)$$

jossa γ_o = maan ominaispaino (mineraalimaalla on $\gamma_o = 2,6 - 2,8$ t/m³, turpeella 1,4 - 1,6 t/m³). Taulukkoon 1 on merkitty perusmaalajien huokoisuudet ja tilavuuspainot kuivana.

Taulukko 1.

Maan huokoisuus n (prosentteina) ja tilavuuspaino kuivana γ_s (t/m³)

Maalaji	Huokoisuus	Tilavuusp. kuivana
1. Hiekka	32 - 40	1,77 - 1,60
2. Savipit. hiekka	35 - 42	1,72 - 1,55
3. Savihiekka	40 - 45	1,60 - 1,47
4. Kevyt hiekkasavi	42 - 48	1,55 - 1,40
5. Keskinert. "	45 - 52	1,47 - 1,30
6. Raskas "	45 - 55	1,47 - 1,22
7. Savi	48 - 60	1,40 - 1,10
8. Turve (luonn.tilassa)	80 - 90	0,30 - 0,15

Maan kosteuden määrittämiseksi painoprosenteissa punnitaan maanäyte luonnontilassa (kosteana) ja absoluuttisen kuivana (maa kuivataan lämpökaapissa +105° lämpötilassa).

Kosteuden määrittämiseksi käytetään myös monia muita metodeja. Osa näistä kuten esim. elektrometrinen, tensiometrinen, gammaskooppi ja monet muut menetelmät mahdollistavat määrityksen välittömästi maastossa ottamatta maanäytettä.

Kosteuden perusteella on mahdollista määrätä vesimäärää vas-

taava paksuus maakerroksessa, s.o. maan vesivaranto. Vesivaranto ilmaistään tavallisesti m^3/ha tai mm:ssä.

Kun perusteeksi otetaan maan kosteus tilavuusprosentteissa (N) niin vesivarannon laskemiseksi saadaan kaava

$$W = 10000 H \cdot \frac{n}{100} \cdot \frac{n}{100} \quad (5)$$

eli $W = HnN$, jossa 10000 = m^2 :n lukumäärä hehtaarilla

H = maakerroksen paksuus (m)

n = maan huokoisuus (%) ja

N = maan kosteus tilavuusprosentteissa

Tulo 10000 H on maakerroksen tilavuus. Kun se kerrotaan $\frac{n}{100}$:lla, saadaan maakerroksen huokostilavuus ja edelleen, kun saatu luku kerrotaan vielä $\frac{N}{100}$:lla, saadaan maahuokosissa olevan veden määrä (m^3/ha).

Jotta saadaan vesivarannon kaava, jossa N:n asemasta on N^1 , käytetään kaavaa (3), josta ratkaistaan N ja sijoitetaan se kaavaan (5). Tulokseksi saadaan $W = Hn \cdot 100 \frac{N^1 \gamma_s}{n}$ eli

$$W = 100 H \gamma_s N^1 \quad (6)$$

jossa γ_s = maan tilavuuspaino kuivana (t/m^3)

N^1 = maan kosteus painoprosentteina

W = maan vesivaranto (t/ha eli m^3/ha)

Jotta saataisiin vesivaranto mm:inä, tulee kaavoista (5) ja (6) saadut arvot jakaa 10:llä, jolloin 1 mm vesivaranto = $10 m^3/ha$.

Esimerkki 1. Laske maan kosteus tilavuusprosentteina (N), kun tiedetään kosteus painoprosentteina $N^1 = 18,5 \%$ ja kuivatilavuuspaino $\gamma_s = 1,53 t/m^2$.

Lasketaan kaavasta (3).

$$N = \frac{100 N^1 \gamma_s}{n}$$

Koska huokoisuus ei ole tunnettu, määrätään se kaavasta (4).

Olettamalla maan ominaispainoksi $\gamma_o = 2,7 \text{ t/m}^3$ saadaan

$$n = \left(1 - \frac{s}{\gamma_o}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{1,53}{2,7}\right) \cdot 100 = 43,3 \% \text{ ja}$$

$$N = \frac{100 \cdot 18,5 \cdot 1,53}{43,3} = 65,4 \%$$

Esimerkki 2: Laske edellisessä esimerkissä annetuilla arvoilla vesivaranto 0,75 m paksussa maakerroksessa.

Lasketaan kaavasta (5), jolloin saadaan

$$W = 0,75 \times 43,3 \times 65,4 = 2124 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ eli } 212,4 \text{ mm}$$

sekä kaavasta (6)

$$W = 100 \times 0,75 \times 1,53 \times 18,5 = 2123 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ eli } 212,3 \text{ mm}.$$

Maan hydrofysikaalisia ominaisuuksia

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, on riittävä vesimäärä kasveille eräs maan tuottavuuden peruselementeistä. Maan ominaisuuksia, joista mainittu vesimäärä riippuu eli toisin sanoen tekijöitä, joista maan vesivarannon muodostuminen ja veden liikkuminen maassa on riippuvainen, nimitetään maan hydrofysikaalisiksi ominaisuuksiksi. Näiden joukkoon kuuluu mm. veden läpäisevyys eli veden johtavuus, veden pidätuskyky eli vesikapasiteetti, veden luovutuskyky jne.

Maan vesikapasiteetti

Maan kosteus vaihtelee eri aikoina riippuen vesipitoisuudessa tapahtuvista muutoksista. Veden kulutuksen (haihtumisen, pois-

virtauksen) johdosta maan kosteus vähenee. Lisävedet aiheuttavat taas kosteuden suurentumista. Maan kosteus ei kuitenkaan voi kasvaa rajattomasti. Maa ei voi ottaa vastaan enempää vettä kuin mitä huokosiin mahtuu. Vesipitoisuusastetta eli kosteutta, jolloin maahuukokset ovat täynnä vettä, nimitetään maan maksimaaliseksi eli täyskapasiteetiksi.

Vesikapasiteetti ilmaistaan samalla tavalla kuin maan kosteuskin, s.o. paino- ja tilavuusprosentteissa. Merkinnot ovat myös samat (N N^1).

Suurin osa maalajeista ei pidätä niin suurta vesimäärää, joka täyttäisi huukokset kokonaan ja joka vastaisi siten täyttä vesikapasiteettia, vaan osa vedestä valuu maasta pois niin pian kuin se on mahdollista. Tällöin maahan pidättyy luonteenomainen kiinteä vesimäärä. Maksimaalista vesimäärää, minkä maa luonnollisissa olosuhteissa kykenee pidättämään kapillaarivyöhykkeen yläpuolella, nimitetään maan ulkoiseksi vesikapasiteetiksi eli yksinkertaisesti vesikapasiteetiksi. Ulkoinen vesikapasiteetti ei riipu yksinomaan maan huokoisuudesta, kuten täysvesikapasiteetti vaan myös maan koostumuksesta, kolloidihiuksipitoisuudesta, struktuurista jne. Se on sitä suurempi, mitä hienorakeisempaa, kolloidihiuksipitoisempaa sekä struktuuriltaan edullisempaa maa on.

Ulkoista vesikapasiteettia vastaavan kosteuden vallitessa on maassa fysikaalisesti sidotun veden (hygroskooppisen ja kalvo-veden lisäksi vielä vapaata vettä "riippuvan" kapillaariveden muodossa. Raskaissa maissa, joissa ylimääräinen vesi täyttää kaikki maahiukkaset on ulkoinen vesikapasiteetti käytännöllisi-

sesti katsoen samansuuruinen täysvesikapasiteetin kanssa. Keskin-
kertaisissa ja kevyissä sekä kaikissa suotuisan struktuurin omaa-
vissa maissa muodostaa ulkoinen vesikapasiteetti vain tietyn
osan täysvesikapasiteetista.

Käytännössä mielenkiintoisin on sen maakerroksen ulkoinen vesi-
kapasiteetti, johon pääasiallinen juurimassa ulottuu. Tämän ns.
aktiivisen maakerroksen ulkoisen vesikapasiteetin ja vesivaran-
non likimääräiset suuruudet esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. 50 cm paksun aktiivisen maakerroksen ulkoinen
vesikapasiteetti ja vesivaranto.

Maan laatu	Ulkoinen vesikapasi- teetti tilavuuspro- senteissa eli %:ssa täysvesikapasiteetis- ta (A.A.Tšerkassovin mukaan)	Ulkoista vesikapasiteettia vastaava	
		yleinen	tuotannollinen
		vesivara m^3/ha	
Hiekka	25 ... 35	500	450
Savipit. hiekka	35 ... 40	700	600
Savihiekkä	40 ... 50	1000	650
Kevyt hiekkäsavi	50 ... 60	1300	800
Keskinkert. "	55 ... 65	1500	900
Raskas "	65 ... 75	1800	1000
Savi	75 ... 85	2100	1100

Turvemaiden ulkoinen vesikapasiteetti on, verrattuna mineraali-
maiden vastaavaan arvoon, tuntuvasti suurempi. Sen voidaan ar-
vioida turpeessa olevan suunnilleen 70 ... 80 % täydestä vesi-
kapasiteetista (mitä maatuneempi turve sitä suurempi). Vastaa-
va vesivara 0,5 metrisessä maakerroksessa on noin 3000...3500
 m^3/ha , josta noin 60 % on liikkuvaa so. kasvien käytettävissä
olevaa.

Ulkoinen vesikapasiteetti on eräs tärkeimmistä maan hydrofysi-
kaalisista ominaisuuksista. Se on tunnettava maanparannuksessa
salaojavirtaamia ja kastelunormia määrättäessä sekä monia mui-
ta tehtäviä ratkaistaessa.

Maat, joissa ulkoinen vesikapasiteetti on suuri, kykenevät pa-
remmin varaamaan vettä kasveja varten ja niissä on tavallises-
ti myös enemmän kasvien käytettävissä olevaa vettä. Tällaiset
maat kestävät sen vuoksi paremmin kuivuutta kuin pienemmän ve-
sikapasiteetin omaavat maat. Toisaalta suuremman ulkoisen ve-
sikapasiteetin vuoksi jää maahan vähemmän tilaa ilmalle, mis-
tä voi johtua juurten puutteellinen hapen saanti.

Maan vedenluovutus. Se osa vedestä, mikä ylittää maan ulkoisen
vesikapasiteetin, valuu painovoiman vaikutuksesta pois maasta,
toisin sanoen maa luovuttaa liian veden. Maan vedenluovuttamis-
ta luonnehtii ns. vedenluovutuskerroin, jolla tarkoitetaan lu-
kua, joka ilmaisee montako prosenttia maan tilavuudesta muo-
dostaa poisvalunut vesi silloin, kun maa on vedellä kylläs-
tettyä täysvesikapasiteettiin asti.

Taulukossa 3 on esitetty eräiden maalajien vedenluovutuskertoimet.

Taulukko 3. Vedenluovutuskertoimien likimääräiset arvot (prof.
A.A. Tšerkassovin mukaan).

Maalaji	Veden luovutuskerroin (prosentteina maan koko- naistilavuudesta)
Hiekka	15 ... 25
Savihiekka	10 ... 15
Hiekkasavi	7 ... 10
Savi	4 ... 7
Mutasuoturve	3 ... 10 (20)
Rahkasuoturve	3 ... 8

Maan vedenläpäisevyys eli vedenjohtavuus. Vedenläpäisevyydeksi eli vedenjohtavuudeksi nimitetään maan ominaisuutta läpäistä vettä painovoiman tai hydrostaattisen paineen vaikutuksesta. Vedenläpäisevyys riippuu periaatteessa maan (maaperän) koostumuksesta ja tiheydestä s.o. huokosten suuruudesta. Karkeara-keinen hiekka läpäisee vettä helposti, sitävastoin hienorakeisissa maalajeissa on veden liike hidasta. Savi- ja humuspitoisuus maassa aiheuttaa vedenläpäisevyyden voimakkaan vähenemisen. Maan rakenne vaikuttaa huomattavasti vedenjohtavuuteen. Suotuisan struktuurin omaava maa johtaa paljon paremmin vettä kuin samanlaisen koostumuksen omaava kokkareeton maa.

Veden imeytyessä kuivaan maahan on vedenjohtavuus alussa suuri, mutta ajan mittaan se nopeasti vähenee, erikoisesti savipitoisissa maissa. Veden johtavuuden vähenemisen imeytymisen kestaessa aiheuttaa maan kolloidihiuksien turpoaminen veden vaikutuksesta, struktuurikokkareiden osittainen hajoaminen jne.

Vedenjohtavuutta luonnehtii numeerisesti ns. filtraatiokerroin (k) , jolla on nopeuden dimensio, tavallisesti cm/s tai m/vrk.

Filtraatiokerroin on erittäin tärkeä maan tunnusluku. Sitä käytetään paljon laskukaavoissa, nimittäin pohjaveden liikkumisnopeuden, kuivatusojien sekä salaojien etäisyyksien ja kaivon vedenantoisuuden määrittämisessä sekä monien muiden tehtävien ratkaisemisessa.

Filtraatiokerroin määrätään monella tavoin: empiirisillä kaavoilla, laboratoriossa tai kokeellisesti.

Maanparannuskenttätutkimuksilla määrätään filtraatiokerroin tavallisesti pohjavedenpinnan palautumisnopeuden perusteella po-

ranreikä tehdään läpimitaltaan 15...20 cm ja sen syvyyden tulee vastata sen maakerroksen vahvuutta, jonka filtraatiokerroin määrätään. Ennen kokeen alkamista pitää poranreiässä pohjavedenpinnan olla palautunut alkuperäiselle tasolle, jonka vuoksi reikä tulee tehdä (monia tunteja tai vuorokauden) ennen koetta. Kokeen alussa mitataan vesikerroksen paksuus (H) poranreiässä. Sen jälkeen poranreikästä poistetaan vesi sekä mitataan toistuvasti (8...10 kertaa) poranreiän reunalle merkityltä kiinteältä pisteeltä veden syvyys (Z) poranreiässä ja samanaikaisesti otetaan kellosta myös aikalukemia. Toisiaan seuraavien mittausten väliajat voivat olla niin pitkiä, että veden pinta niiden kestäessä nousee useita (3...10) cm. Kun mittaukset on suoritettu voidaan ryhtyä laskemaan filtraatiokerrointa, jolloin käytetään G.D. Erkinin kaavaa

$$K = \frac{3,5}{H+2r} r^2 \cdot \frac{\log \frac{y_0}{y_1}}{t} \quad (7)$$

jossa K = filtraatiokerroin (cm/s)

t = pohjaveden nousuaika (s)

2r = poranreiän läpimitta (cm)

Muiden tekijöiden dimensioid on ilmaistu cm:ssä ja niiden merkitys ilmenee kuvasta 4.

Määrätään ensin $Z_0, Z_1 \dots Z_n$ ja h :n avulla suureet $y_0, y_1 \dots y_n$.

Suure y_0 jaetaan vuorotellen y_1 :llä ja otetaan näistä osamääristä

logaritmit. Logaritmit jaetaan vastaavilla t :n arvoilla, jotka

kuluivat y_0 ja y_1 , y_1 ja y_2 jne. mittausten välillä. Näin saadaan

suhteet $\frac{\log y_0}{t}$. Mittausten epätarkkuudesta johtuen ovat yksityisten mittaustulosten perusteella lasketut suhteet toisistaan eroa-

via. Keskimääräinen suuruus on käytännöllisintä määrätä graafisesti. Tulokset merkitään koordinaatistoon, jonka ordinaattana

on $\log \frac{y_0}{y_i}$ ja abskissana aika t . Saatujen pisteiden kautta piirretään havaintotuloksiin parhaiten sopiva suora. Saadun suoran ja t -akselin muodostaman kulman tangentti on suhteen $\frac{\log \frac{y_0}{y_i}}{t}$ keskiarvo. (kuva 4). Laskelmat on tarkoituksenmukaista koota taulukon muotoon (taulukko 4). Likimääräinen filtraatiokerroin on mahdollista määrätä myös maalajin perusteella (taulukko 5).

Taulukko 4. Filtraatiokertoimen laskeminen.

Havainnon N:o	Z (cm)	Aikalukema		Aika t luettuna alusta (s)	y=z-h (cm)	$\frac{y_0}{y_i}$	$\log \frac{y_0}{y_i}$	Huomautukset
		tunnit	minuutit					
0	65	10	12	0	46	1,00	0	
1	63	10	14	120	44	1,04	0,017	r = 7,5 cm
2	61	10	17	300	42	1,09	0,037	h = 19 cm
3	59	10	20	480	40	1,15	0,061	H = 57 cm
4	56,5	10	25	780	37,5	1,23	0,090	
5	54	10	32	1200	35	1,31	0,117	
6	50	10	44	1920	31	1,48	0,170	
7	46	10	57	2700	27	1,70	0,230	
8	42	11	09	3420	23	2,00	0,301	
9	39	11	24	4320	20	2,30	0,362	

Kaavan (7) nojalla saadaan

$$K = \frac{3,5 \cdot 7,5^2}{57 + 15} \cdot 0,0000806 = 0,00022 \text{ cm/s}$$

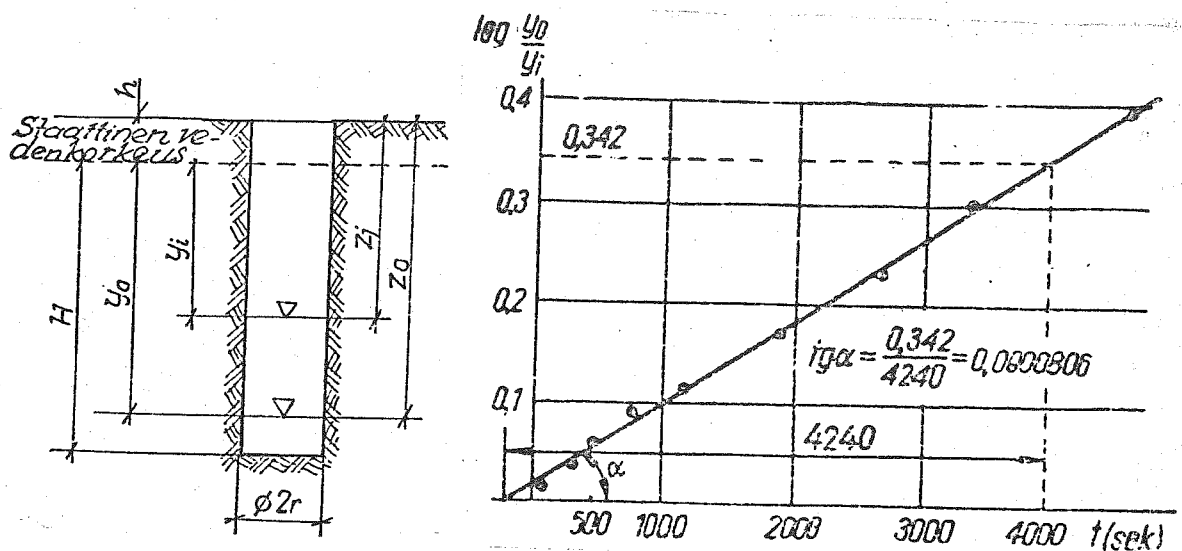
Taulukko 5. Filtraatiokertoimien keskimääräiset suuntaa-antavat suuruudet.

Maalaji	K(cm/s)	Maalaji	K(cm/s)
Sora	0,150	Raskas hiekkasavi	0,00015
Karkea hiekka	0,050	Kevyt savi	0,000042
Keskinkert.hiekka	0,012	Keskinkert.savi	0,000012
Hieno hiekka	0,0025	Vähän maatunut	
Savihiekkasavi	0,00069	turve (30%) ($=H_{5-6}$)	0,0015
Kevyt hiekkasavi	0,00041	Keskinkert.maatunut	
		turve (40%) ($=H_{7-8}$)	0,0007
		Hyvin maatunut	
		turve (60%) ($=H_{9-0}$)	0,0002

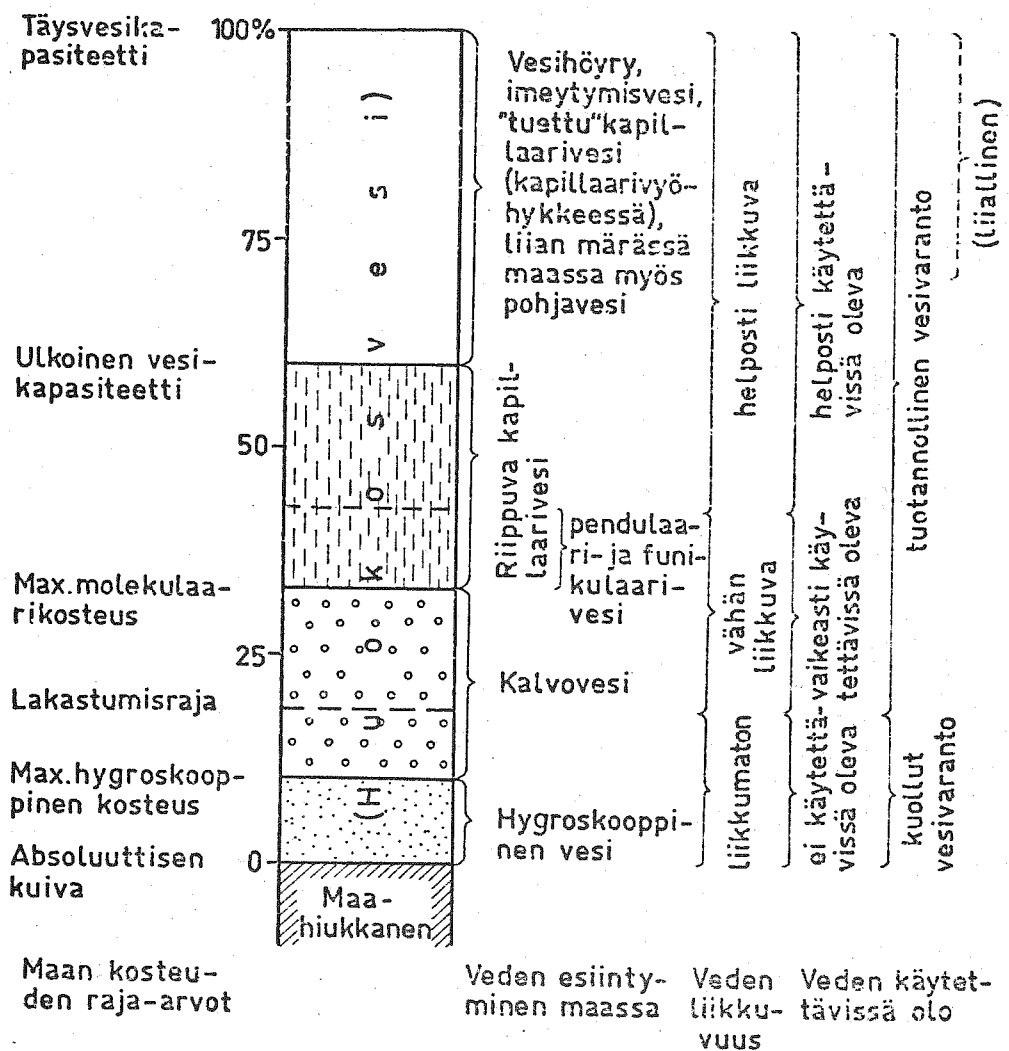
Kasvien käytettävissä oleva vesi

Veden ja ravintoaineiden saamiseksi maasta kehittää kasvi laajan juuriston, jossa hiusjuuristossa olevat juurikarvat ovat maahiukkasten kanssa läheisimmässä kosketuksissa. Mitä kehittyneempi juuristo on, sitä paremmin se johtaa ympäristöstä vettä, myös vähän liikkuvia kalvo- ja pendulaariveden pisaroita.

Kaikki maassa esiintyvä vesi ei ole kasvin juuriston saatavilla. Kuten edellä mainittiin on tavoittamattomissa kemiallisesti sidottu vesi, hygroskooppinen vesi ja se osa kalvovedestä, mikä on lähinnä maahiukkasia ja on sen vuoksi kaikkein lujimmin niihin liittynyt. Myös maahiukkasista kauempana olevat kalvoveden kerrokset ovat kasvinjuuriston vaikeasti käytettävissä. Kalvovettä voivat helpommin käyttää ne kasvit, joiden juuristo on hyvin kehittynyt ja runsaasti haaroittunut, samoin myös ne kasvit, joiden juuriston imukyky on hyvä. Vapaata vettä voivat kasvit käyttää suhteellisen hyvin, joskin vapaan veden melko



Kuva 4. Lämpösykertoimen määrittäminen kairausreiässä tapahtuvan veden nousunopeuden perusteella.



Kuva 5. Kasvifysiologiaan perustuva maaveden jaottelu (HtS-maa).

hidas liike vaikeuttaa sen hyväksikäyttöä. Kun kapillaarivesi täyttää huokoset kokonaan, on se helposti liikkuvaa ja käytettävissä olevaa, kun sensijaan kasvit ovat käyttäneet suurimman osan kapillaarivedestä tai se on haihtunut maasta ja jäljelle on jäänyt vain funikulaari- ja pendulaarivesi, loppuu kapillaariveden liike, minkä vuoksi sen käytettävissä olo kasveille selvästi huononee. Gravitaatiovesi, joka on pidättynyt maahan, on kasvien vapaasti käytettävissä.

Kasvien tavoittamattomissa olevaa vettä maassa nimitetään kuvannollisesti kuolleeksi vesivarannoksi ja käytettävissä olevaa produktiiviseksi eli tuottavaksi vesivarannoksi.

Vesipitoisuutta, joka erottaa käytettävissä olevan vesivarannon tavoittamattomissa olevasta vesivarannosta, nimitetään lakastumisrajaksi eli lakastumiskosteudeksi. Se vastaa likimäärin 1,5 - 2-kertaista maksimaalista hygroskooppisuuskosteutta.

Veden liikkuvuutta ja käytettävissä oloa kasveille havainnollistetaan kuvassa 5.

On ymmärrettävää, että maan kosteus ei saa laskea kasvin elinajana lakastumisrajalle asti, vaan sen pitää pysyä sitä korkeampana. Kokeet ovat osoittaneet, että kasveilla alkaa fotosynteesi- eli assimilaatioprosessin intensiteetti laskea sekä kasvu hidastua jo silloin kun maasta on käytetty loppuun helposti liikkuva vesi. Lakastumisraja saavutetaan lähes kaikissa maalajeissa silloin kun maan kosteus on vähentynyt. n. 60 - 80 %:iin ulkoisesti vesikapasiteetista. Maan kosteuden astetta (60 ... 80 % ulkoisesta vesikapasiteetista) pidetään sallittuna maan kosteuden alarajana.

Mitä paremmin kehittynyt ja suuremman imukyvyn omaava juuristo kasvilla on, sitä alempi voi olla alaraja ja päin vastoin mitä

heikompi juuristo kasvilla on, sitä korkeampi täytyy alarajan olla.

Jotta kasvi voisi normaalisti kehittyä, ei maan kosteus saa olla myöskään liian suuri. Kosteuden suurentuessa vähenee maan ilmapitoisuus ja ilmavuus, jonka vuoksi juuret ja aeroobiset mikro-organismit alkavat pian kärsiä hapen puutetta. Maatalouden kannalta minimaalinen ilmapitoisuus maassa on J. Kopeckyn mukaan 10 ... 15 % maan kokonaistilavuudesta eli noin 20 ... 30 % huokostilavuudesta.

4. Veden tehtävä ja kasvien vedentarve

Veden tehtävä kasvin kasvussa on monenlainen. Vesi liuottaa maassa olevia kasviravinteita ja kuljettaa niitä kasviorganismiin, pitää yllä kasvissa jännitystä ja jähdyttää kasvin kudoksia sekä aikaansaa kasvissa normaalin lämpötilan.

Erittäin pieni osa (noin 0,2 %) siitä vedestä, mitä kasvi kuluttaa elinaikanaan, kuluu kasvin rakennusaineena. Muu osa (so. 99,8%) kuluu ravinteiden kuljettamiseen eli transpiraatioon. Tämä ns. transpiraatiovesi kulkeutuu kasviorganismien läpi ja täytettyään tehtävänsä kasvin ravitsemisessa se haihtuu lehtien kautta ympäröivään ilmaan.

Kasvien vedenkulutusta luonnehditaan tavallisesti ns. transpiraatiokertoimen avulla, jolla tarkoitetaan lukua, joka osoittaa miten monta päinoyksikköä vettä kasvi kuluttaa yhtä painoyksikköä kohti muodostamaansa kuiva-ainetta. Transpiraatiokerroin on hyvin vaihteleva. Se on eri kasvilajeilla erilainen ja samallakin kasvilajilla melkoisen laajoissa rajoissa vaihteleva. Transpiraatiokerroin vaihtelee A.A. Tšerkossovin mukaan ruohokasveilla 200-1000, havupuilla 90-200 ja lehtipuilla 600-1100.

Havainnot osoittavat, että transpiraatiokerroin riippuu suuresti kasvutekijöistä. Yleensä mitä suotuisammat kasvuolosuhteet ovat (lämpötila, maan ilma- ja vesitila, kasviravinnepitoisuus maassa jne.) sitä säästeliäämmin kasvi käyttää vettä ja näin ollen transpiraatiokerroin pienenee.

Transpiraation intensiteetti kasvuajana muuttuu jatkuvasti. Se suurenee kasvin lehtien pinta-alan ja vihermassan kasvaessa sekä vähenee kasvutempon vähetessä. Intensiivisen transpiraatioperiodin aikana sattuva kuivakausi haittaa sen vuoksi kasvua eniten.

Kastelutoiminnassa määrätään kasvien vedentarve kasvilajin savon suuruuden ja ilmasto-olosuhteiden perusteella.

5. Veden liikkuminen maassa

Maavesi, hygroskoopista vettä lukuunottamatta, on enemmän tai vähemmän liikkuvaa. Veden liikkeellä on hyvin suuri merkitys, sillä siitä riippuu kasvien juurten vedensaanti. Vieläpä sellainenkin äärimmäisen hidas liike kuin kalvoveden siirtyminen juurten imemiskyvyn vaikutuksesta maahiukkasesta toiseen vaikuttaa merkittävästi juuriston vedensaantiin. Suurempi merkitys on kuitenkin kapillaariveden liikkumisella, sillä kapillaarivedestä kasvit saavat pääsiallisen vesimääränsä.

Veden liikkumistavoista on puhuttu edellä. On syytä vielä tarkastella gravitaatioveden liikettä, josta hyvin suuressa määrin riippuu maan vesitilanne.

Gravitaatioveden liikkuminen maassa tapahtuu painovoiman ja hydrostaattisen paineen vaikutuksesta. Painovoiman vaikutuksesta liik-

kuu vesi ylhäältä alaspäin, kun taas hydrostaattisen paineen vaikutuksesta voi vesi liikkua myös alhaalta ylöspäin (ns. paineellinen pohjavesi).

Gravitaatioveden liike maassa voi olla kahdenlaista - infiltraatiota eli imeytymistä ja filtraatiota. Sadevedet tulevat maahan imeytymällä maanpinnasta. Infiltraatiovesi ei täytä maan kaikkia huokosia, vaan liikkuu niissä ylhäältä alaspäin erillisinä pisaroina tai suihkuina. Kyllästettyään maan ylimmät kerrokset valuu vesi alaspäin ja ylijäämä valuu pohjaveteen. Pohjavesi täyttää kaikki maahuokokset ja liikkuu sieltä, missä pohjavedenpinta on korkeammalla sinne, missä pohjavedenpinta on matalammalla eli toisin sanoen vesi liikkuu pohjavedenpinnan kaltevuuden suunnassa. Tällaista gravitaatioveden liikettä nimitetään filtraatioksi.

Gravitaatioveden liike eroaa vesijohdoissa tapahtuvasta veden liikkeestä siinä, että veden liike maahuoiosissa on tavallisesti laminaarista so. hidasta, pyörteetöntä muistuttaen veden liikettä samansuuntaisissa pienissä putkissa. Laminaarisessa virtauksessa on voimassa Darcyn laki $v = ki$. Virtaaman laskemisessa käytetään kaavaa (kuva 6) $Q = wv = wki$,
jossa Q = virtaama (m^3/s tai m^3/vrk)

w = pohjavesivirtauksen poikkileikkauksen pinta-ala

(sisältää sekä huokosalan että maahiukkasalan)

k = maan filtraatiokerroin (m/s tai m/vrk)

v = filtraationopeus (m/s tai m/vrk)

i = pohjavedenpinnan kaltevuus $i = \frac{H}{l}$ missä H = pohjaveden-

pinnan korkeusero pohjavesivirtauksen kahden poikkileik-

kauksen välillä (m) ja l poikkileikkausten välinen etäi-

syys (m).

Koska pohjavesi liikkuu vain huokosissa, ei filtraationopeus merkitse pohjaveden liikkeen todellista nopeutta, vaan se on teoreettinen suure, joka osoittaa millä nopeudella vesi liikkuisi, jos liikkuminen tapahtuisi yhtenäisenä virtauksena, so. maahiukkaset puuttuisivat, olettaen että virtaama pysyisi samana. Pohjaveden liikkeen todellinen nopeus on filtraationopeutta suurempi ja se on mahdollista laskea kaavalla

$$u = \frac{v}{n} = \frac{Q}{wn}$$

jossa n = maan aktiivinen huokoisuus (mukaan lasketaan ne huokokset, joissa esiintyy gravitaatioveden liikettä).

Pohjaveden liikesuunnan määrittämiseksi on tarpeen selvittää pohjavedenpinnan kaltevuussuunta. Parhaiten se selviää hydrogeologiselta kartalta johon on piirretty pohjavedenpinnan korkeusviivat eli hydroisohypsit. Pohjaveden liikkuminen tapahtuu kohtisuoraan hydroisohypseja vastaan korkeammasta hydroisohypsista matalampaan. Hydrogeologisen kartan puuttuessa määrätään pohjaveden liikesuunta maastossa kolmion kärkiin tehtyjen kaivantojen avulla (kuva 7), joiden etäisyys on n. 50-100 m. Näissä kaivannoissa mitataan pohjavedenpinta, lasketaan sen perusteella pohjaveden korkeus sekä lopuksi vedetään kaivantojen kautta kulkevalle tasolle mielivaltaiselle korkeudelle hydroisohypsi, joka määrää veden liikesuunnan (veden liikesuunta on kohtisuoraan hydroisohypsia vastaan).

6. Maan vesi- ja ilmatila

Maan vesipitoisuus (kosteus) muuttuu ajan kuluessa. Ilmiöitä, jotka liittyvät veden maahantuloon, liikkumiseen ja maassapysy-

miseen sekä maastapoistumiseen, nimitetään maan vesitilaksi. Samalla kun vesipitoisuus muuttuu, muuttuu myös maan ilmapitoisuus. Kosteuden kasvaessa ilmapitoisuus pienenee ja päinvastoin kosteuden vähentyessä ilmapitoisuus maan huokosissa suurenee. Näin on maan vesitila kiinteässä, läheisessä yhteydessä ilmatilaan, min-
kä vuoksi niitä käsitellään tavallisesti yhdessä, yhtenä kysymyk-
senä.

Kvantitatiivisesti muodostaa maan vesitila vesibilanssin, joka voi-
daan yleensä merkitä seuraavasti:

$$W_a + A - B = W_o$$

jossa W_a = maan vesivaranto tarkasteltavan periodin alussa

W_o = maan vesivaranto tarkasteltavan periodin lopussa

A = tuleva vesimäärä tarkasteltavan periodin aikana

B = poistuva vesimäärä tarkasteltavana periodin aikana

Vesibilanssin tulopuolen muodostavat sateet (atmosfäärivesi),
vesihöyryn kondensaatiovesi, pintavirtauksena tai pohjavetenä
paikalle valuva vesi, kapillaarivetenä pohjavedestä nouseva ve-
si sekä keinokasteluvesi.

Menopuoli muodostuu haihtumisesta (maanpinnasta ja kasveista),
poisvirtauksesta (pintavirtaus ja pohjavesivirtaus) sekä lisäk-
si veden valumisesta syvempiin maakerroksiin.

Kun jollakin hetkellä vesibilanssin tulopuoli (A) ylittää meno-
puolen (B), maan kosteuspitoisuus suurenee; jos taas tilanne on
päinvastainen, so. A on B :tä pienempi, maan kosteuspitoisuus vä-
henee. Kun A ja B ovat yhtäsuuria, on maan kosteuspitoisuus vakio.

Kokemus osoittaa, että niin vesibilanssin tulo- kuin myös meno-
puoli vaihtelevat.

Maan vesi- ja ilmatilaan vaikuttavat tekijät

Ilmasto. Suurimman osan vesibilanssin tulopuolesta muodostavat
sateet sekä menopuolesta haihtuminen maanpinnasta ja kasveista.
Nämä vesibilanssin elementit riippuvat ensisijaisesti seudun il-
mastosta.

Sademäärät vaihtelevat Neuvostoliiton alueella. Jos jätetään vuo-
ristoseudut huomioonottamatta, vaihtelee vuoden keskimääräinen
sademäärä 700 mm:stä (luoteispiirikunnissa) 50 - 100 mm:iin (Kes-
ki-Aasian aroilla). Sademäärä vähenee siten luoteis-kaakkois-suun-
nassa. Päinvastainen on tilanne haihtumisessa (haihtuminen veden-
pinnalta). Neuvostoliiton Euroopanpuoleisen osan luoteispiirikun-
nissa on haihtuminen noin 500 mm; kaakkoon mentäessä se suure-
nee nousten Kaspianmeren piirikunnissa 1000 mm:iin ja Keski-Aa-
sian aroilla 1500 mm:iin. Samaten suurenee kaakkoon mentäessä
myös kasveista tapahtuva haihdunta.

Sateiden ja haihdunnan alueittainen eroavaisuus aiheuttaa suu-
ria eroavaisuuksia vesibilanssissa, johtaen luoteispiirikunnis-
sa usein maan liikamärkyyteen ja kaakkoispiirikunnissa taas
huomattavaan vedenpuutteeseen.

Samallakin paikkakunnalla saattavat sademäärät kuitenkin vaihdel-
la eri vuosina ja samanakin vuonna hyvin huomattavasti.

Esimerkkinä mainittakoon taulukossa 6 esitetyt Tarton sääaseman
tulokset kasvukauden eri kuukausien ja koko vuoden sademäärien
vaihteluista.

Taulukko 6. Sademäärien vaihtelut Tarton sääasemalla vuosina 1866 ... 1935 (K. Kirden mukaan).

Sademäärä (mm)	Touko- kuu	Kesä- kuu	Heinä- kuu	Elo- kuu	Syys- kuu	V-IX	Vuosi
Keskimääräinen	48	64	82	82	60	336	597
Maksimi	128	142	233	175	152	532	826
Minimi	2	6	10	18	11	124	359
Vaihtelu	126	136	223	157	141	408	467

Varsin usein toistuu tilanne, jolloin kasvuperiodin alussa (toukokuussa) on sademäärä riittämätön. Vähäsateisten vuosien rinnalla esiintyy myös usein runsassateisia vuosia, jolloin sateet erityisesti kesän loppupuoliskolla ja syksyllä ovat kohtuuttoman suuria. Tällöin maan vesi- ja ilmatila muuttuvat epäsuotuisiksi liikamärkyyden johdosta.

Maan ominaisuudet. Vesikapasiteetilla ja vedenläpäisevyydellä on huomattava merkitys maan vesi- ja ilmatilaan. Mitä suurempi on maan läpäisevyys sitä suurempi osa sateista ja pintavalunnasta imeytyy maahan. Hyvin vettäläpäiseviä maita ovat esim. kevyet karkearakaiset hiekkamaat ja myös raskaammat, kokkareisen struktuurin omaavat maat. Hiekkamailla on kuitenkin vähäinen vesikapasiteetti. Ne läpäisevät niinkuin seula veden lävitseen, minkä vuoksi maan vesivaranto jää vähäiseksi. Kokkareisen struktuurin omaavilla mailla sitävästoin on suurin ulkoinen vesikapasiteetti. Niihin keräytyvät suuret liikkuvat vesivarastot, jotka kasvit voivat helposti käyttää hyväkseen. Tällaisilla mailla on positiivinen vaikutus maan vesitilaan myös sen vuoksi, että katkenneiden kapillaasihuokosten takia on haihtuminen hyvin vähäistä.

Hienorakeiset maat saavat vettä myös pohjavedestä nousevan kapillaariveden muodossa, jos pohjavesi ei ole liian syvällä.

Liikamärkyttä kyntökerroksessa voi esiintyä raskaassa hiekkasavessa ja savessa, joissa tiivis, kyntökerroksen alapuolinen kerros pidättää infiltraatioveden aineuttaen kyntökerroksen kyllästymisen vedellä. Tällaiset maat kärsivät myös suhteellisen helposti kuivuutta, sillä ohuen kyntökerroksen vesivaranto on vähäinen.

Suurella osalla Eestin maista on epäsuotuisa vesitila. Maat ovat joko liian kuivia, johtuen pienestä ulkoisesta vesikapasiteetista, tai liian märkiä. Liian kuiviin maihin kuuluvat pääasiassa ohuet humuskarbonaatti- ja ruskomaakarbonaattimaat, joiden alapuolella on liuskekiveä, somerikkoa tai niukasti humusta sisältäviä podsolimaita, jotka ovat muodostuneet hiekkakerrosten päälle. Jos liuskekivi on halkeilematonta ja sen vuoksi vettä läpäisemätöntä, voivat maat olla ajoittain myös liian märkiä.

Liian märillä mailla on hyvin huomattava osuus Eestissä ja ne ovat levinneet, joskaan eivät yhtenäisesti, yli koko maan.

Pinnanmuodostus. Maan pinnanmuodostuksella on tärkeä osuus maan vesitilan muodostumiseen. Siitä riippuvat pintaveden ja myös pohjaveden virtaukset.

Korkeammilta alueilta valuvat sekä pintavedet että pohjavedet kaltevuuden suunnassa alaspäin aiheuttaen vedenjakajalla vesivarannon vähenemisen ja alempana sen suurenemisen.

Tasaisella maalla (vähäinen kaltevuus) imeytyy runsaammin sadevetä maahan kuin alueilla, joissa maan pinnanmuodostus on epätasainen. Kaltevilla mailla pintavirtausnopeus on suurempi.

Metsä. Metsän osuus vesitilan muodostumisessa on moninainen. Yleensä on metsän vaikutus maan vesitilaan positiivinen. Se suurentaa vesibilanssin tulopuolta ja vähentää menopuolta.

Havaintojen mukaan on sateen vaikutus metsämailla moninkertainen verrattuna peltoaukeamaan. Haihtuminen metsässä maanpinnalta on erittäin vähäistä. Talvella kerääntyy metsään ja sen lähistölle runsaammin lunta. Lumen sulaminen keväällä tapahtuu metsässä paljon hitaammin kuin aukealla, minkä vuoksi lumen sulamisvesi ehtii imeytyä lähes täydellisesti maahan. Metsään muodostuva rosoinen kuohkea pintakerros edistää myös sadeveden infiltraatiota. Metsässä ei esiinny juuri koskaan pintavesivaluntaa.

Pohjaveden syvyys. Edellä mainittujen tekijäin lisäksi vaikuttaa vesitilaan myös pohjaveden syvyys. Kun pohjavesi ei ole liian syvällä ja kapillaarikerros ulottuu aktiiviseen maakerrokseen, niin maan vesivaranto suurenee kapillaariveden vaikutuksesta.

Maan vedensaanti. Veden tuloa jollekin maa-alueelle nimitetään maa-alueen vedensaanniksi.

D.A. Brudastovin mukaan erotetaan seuraavat vedensaantitavat:

atmosfäärinen vedensaanti, valumis- ja tulvavedensaanti, paineeton pohjavedensaanti ja paineellinen pohjavedensaanti. Luonnollisissa olosuhteissa voi käytännöllisesti katsoen puhtaana esiintyä vain atmosfäärinen vedensaanti. Kaikkien muiden saantitapojen yhteydessä esiintyy lisäksi myös atmosfääristä vedensaantia.

Atmosfäärisessä vedensaannissa tulee maa-alalle vettä ainoastaan sateina. Atmosfääristä vettä saavat esim. kukkulat, vedenjakajat ja kohomaat.

Valumis- ja tulvavedensaannissa saa maa-alue sadevesien lisäksi ympäröiviltä korkeammilta laueilta maanpintaa pitkin valuvia vesiä samoin vesiuoman tai vesistön tulvavesiä ylivesikaudella. Tällaisia alueita ovat rinteiden alimmat osat sekä rinteiden välissä olevat alueet sekä joki- ja järviluhdat.

Paineetonta pohjavettä saa maa sillä edellytyksellä, että kapillaarikerros ulottuu lähinnä pintaa oleviin maakerroksiin. Sitä esiintyy tavallisesti alangoilla ja rinteiden juurilla, missä alemmat kerroksen läpäisevät huonosti vettä tai ovat vettäläpäisemättömiä ja missä vähäisen kaltevuuden vuoksi pohjaveden poistvirtaus on hidasta.

Sekasaamisella tarkoitetaan sellaista vedensaantitapaa, jossa vesi saapuu tietyille maa-alalle kaikilla edellä mainituilla tavoilla.

Maan vesitilan kehitys kasvukaudella

Maan vesitilan kehittymisessä kasvukaudella on suuressa osassa Neuvostoliiton aluetta havaittavissa kaksi käännepistettä: toinen vastaa keväällä saatuvaa maan vesivarannon maksimia, toinen myöhäiskesällä sattuvaa minimiä.

Haihtuminen kasveista suurenee jatkuvasti kasvukaudella aina viljan tuleentumiseen saakka. Vaikkakin sademäärät tavallisesti suurenevät syksyä kohti mentäessä, eivät ne kykene tasapainoitta-

maan veden kulutusta ja näin ollen vesivaranto kesän kuluessa vähenee. Eestissä esiintyy maan vesivarannon minimi tavallisesti heinäkuun keskivaiheilla, sen jälkeen alkaa pitkälinen nousu, joka kestää syskeyn asti.

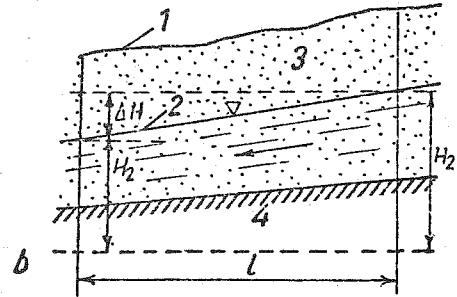
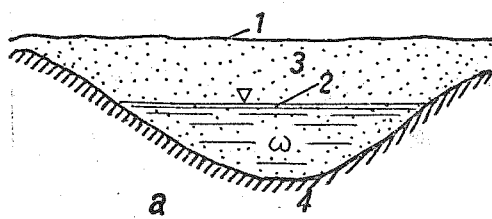
Maan vesi- ja ilmatilan keskinäinen suhde kasvien kannalta

Kasvien elintoimintojen kannalta on maassa aina oltava riittävästi vettä ja happea. Kasvin juuret saavat vettä käytettäväkseen sitä helpommin, mitä liikkuvampaa on maahuokosissa oleva vesi eli mitä enemmän maassa on kapillaari- ja gravitaatiovetä. Toisaalta on kasvin juurten ja mikro-organismien kannalta välttämätöntä, että ilmanvaihtuminen tapahtuu jatkuvasti maan ja ulkoilman välillä. Ilmanvaihtuminen tapahtuu sitä intensiivisemmin, mitä suuremmat huokokset ovat ja mitä vähemmän niissä on vettä.

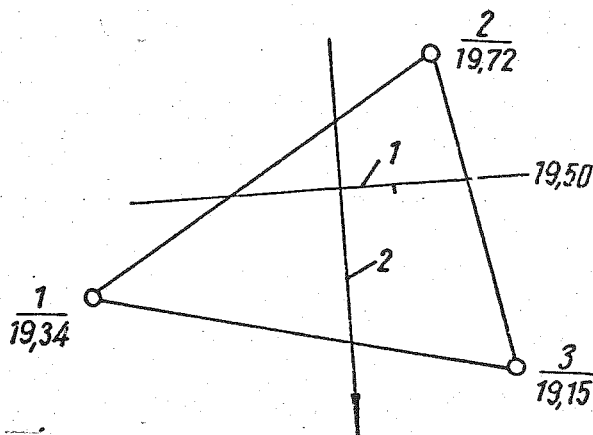
Jotta vesi- ja ilmamäärä olisi optimi kasvin kannalta, täytyy maassa vallita tietty kiinteä suhde vesi- ja ilmamäärän välillä eli toisin sanoen maassa pitää vallita kasvulle suotuisa vesi- ja ilmatila. Suotuisaksi eli optimiksi on osoittautunut tutkimusten mukaan sellainen veden ja ilman suhde, jossa vettä on 50-70 % huokostilavuudesta ja jäljelle jäävä osa ilmaa.

Yleensä on maan optimi kosteus yhtä suuri kuin ulkoinen vesikapasiteetti.

Kasvilajeilla, joilla on hyvin kehittynyt ja suuren imukyvyn omaava juuristo (yleensä viljakasvit) voi maan vesipitoisuus olla pienempi kuin huonomman juuriston ja suuremman veden tarpeen omaavilla kasvilajeilla (pääasiassa vihannes ja juurikasveilla).

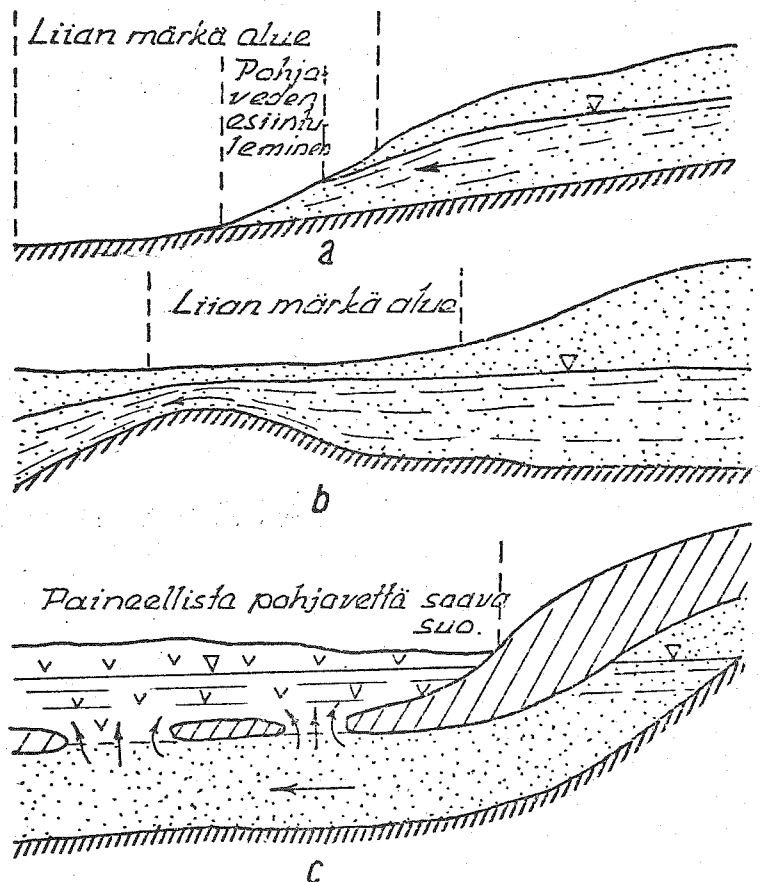


Kuva 6. Pohjaveden liikkumisen kaavio: a-poikkileikkaus, b-pituusleikkaus, 1-maanpinta, 2-pohjaveden pinta, 3-vettä läpäisevä kerros, 4-vettä läpäisemätön kerros



Kuva 7. Pohjaveden liikesuunnan määrittäminen: 1-hydroisohypsi, 2-pohjaveden liikesuunta

Kuva 8. Pohjaveden aiheuttama liikemärkyys maassa: a-paineettoman pohjaveden esiintulo, b-korkean pohjaveden taso, c-paineellisen pohjaveden esiintulo, 1-vettä läpäisemätön kerros, 2-vettä läpäisevä kerros, 3-huonosti vettä läpäisevä kerros, 4-pohjaveden pinta, 5-turve



Luonnonolosuhteissa ei vesitila ole pitkiä aikoja yhtäjaksoisesti kasveille suotuisa. Vesitilan parantamiseksi tulee käyttää monenlaisia keinoja. Näistä mainittakoon kuivatus ja kastelu, jotka ovat tärkeimmät.

7. Maan liikamärkyys, sen aiheuttajat ja sen vahingollinen vaikutus

Maa kärsii liiasta märkyydestä silloin, kun vettä on niin paljon, että kasvien normaali kasvu hidastuu.

Liikamärkyksen aiheuttajat

Liikamärkyttä aiheuttavat samat tekijät, jotka vaikuttavat maan vesitilaan, kuitenkin vain silloin kun tekijät lisäävät vesibilanssin tulopuolta sekä vähentävät menopuolta.

Veden lisääntyvää kerääntymistä maahan aiheuttavat suuri sademäärä, tulvat, ympärillä olevan maan suuri kaltevuus, mikä lisää pinta- tai pohjaveden valuntaa sekä maanpinnan lähellä oleva vetäjäkerros, mikä aiheuttaa sen, että pohjavesi on korkealla. Veden poistumista hidastaa maa-alueen vähäinen kaltevuus, vähäinen haihtuminen, maan huono vedenläpäisevyys, mikä saattaa johtua raskaasta koostumuksesta ja geneettisten horisonttien huonoista hydrofysikaalisista ominaisuuksista (gleit ja podsolimaat), harva ja huonon johtokyvyn omaava vesiuoma- verkko sekä maan hidas sulaminen keväällä (turve) jne.

Kaikki edellä mainitut tekijät aiheuttavat maa-alueella pintaveden seisomista, minkä vuoksi myös kyntökerros saattaa tulla veden kyllästämäksi tai pohjavesi saattaa ulottua kyntökerrokseen

saakka. Liikamärkytyden välittömänä aiheuttajana on siis toisaalta seisova pintavesi, toisaalta korkea pohjavesi. Seisovaa pintavettä muodostuu pääasiassa raskailla mailla, joilla on vähäinen kaltevuus. Korkea pohjaveden pinta muodostuu enimmäkseen sielillä, missä pohjaveden liikkuminen on hidasta. Kuvassa 8 on esitetty kolme tyypillistä esimerkkiä pohjaveden aiheuttamasta liikamärkytydestä. Harvoin liikamärkytyttä aiheuttaa vain yksi edellä luetelluista tekijöistä. Tavallisesti muodostuu liikamärkyys monen tekijän yhteisvaikutuksesta. Jotta osattaisiin käyttää liikamärkytyden poistamiseksi tehokkaita keinoja, pitää tietää, mistä liikamärkyys johtuu sekä minkä tekijän osuus on ratkaisevin.

Liikamärkyys voi olla joko jatkuvaa tai ajoittaista. Ajoittaista liikamärkytyttä esiintyy lumen sulamisaikoina sekä pitkäaikaisten ja runsaiden sateiden aikana, jolloin maan vedensaanti on voimakasta ja haihtuminen, varsinkin syyskuukausina vähäistä.

Liikamärkytyden haitallinen vaikutus

Liian märät maat ovat huonoja mm. seuraavista syistä: maan fyysiset, kemialliset ja termiset ominaisuudet ovat huonot, ravinteita on vähän, maan viljeleminen sekä kylvö- ja korjuutöiden suorittaminen on vaikeutunut, rikkaruohot ja kasvisairaudet leviävät.

Liian märät maat kärsivät hapen puutetta ja ovat kylmiä. Vesi, kyllästäessään maan, pakottaa sieltä ilman pois. Ilma on kuitenkin maassa tarpeellinen juurten ja aeroobisten bakteerien hengityksen sekä hapettumisprosessien kannalta. Ilmanvaihtuminen maan ja atmosfäärin välillä on liian märissä maissa huono, minkä

vuoksi happipitoisuus maassa vähenee, kun taas hengityksen tuotteenä syntynyt hiilidioksidimäärä suurenee. Hapen puute ja hiilidioksiidin runsaus vaikeuttavat kasvin juurten ja maabakteerien hengitystoimintaa. Tämän vuoksi heikkenee myös bakteerien vaikutuksesta tapahtuva orgaanisen aineen aeroobisen hajoamisen biokemiallinen prosessi, minkä vuoksi kasvit alkavat tuntea ravinteiden puutetta. Sitävastoin alkaa hiilidioksiidin konsentroituessa, puutteellisen oksidoitumisen tuloksena, maassa muodostua kasveille myrkyllisiä aineita (muurahaishappoa, rikkivettä, rauta (II) oksidia jne.).

Kasvit tuntevat ravinteiden puutetta myös siksi, että juuret eivät tunkeudu hapen puutteen takia maassa syvemmälle, vaan jäävät lähellä pintaa olevaan ohueen kerrokseen, jonka ravinnevaroihin niiden tulee tyytyä.

Liian märkien maiden kylmyys johtuu voimakkaasta haihtumisesta, mikä sitoo paljon lämpöä. Keväällä lämpenevät märät maat veden suuren lämpökapasiteetin vuoksi hyvin hitaasti, minkä vuoksi kasvun alku viivästyy ja kasvukausi lyhenee.

Epäsuotuisten kasvulolosuhteiden vuoksi kehittyvät viljelyskasvit liian märällä maalla huonosti ja ne ovat alttiita monenlaisille kasvitaudeille ja tuholaisille.

Rikkaruohot leviävät märillä mailla nopeasti, minkä vuoksi ne usein voittavat keskinäisessä kilpailuissa viljelyskasvit.

Liian märät maat ovat myös terveydellisesti vaarallisia sekä ihmisille että eläimille. Vetiset maat edistävät ihmisille vaa-

rallisen malarian ja lampailla esiintyvän maksahometaudin (distomatoosin) leviämistä.

Edellä mainituista syistä ovat liian märät maat viljelyskasveille huonoja kasvupaikkoja. Liikamärkyiden asteesta riippuen on viljelyskasvien kasvu huonoa, minkä vuoksi sadot tulevat pieniksi tai niitä ei saada ollenkaan. Jotta liian märät maat saataisiin tuottaviksi, on ne välttämättä kuivatettava.

8. Liian märät maat

Maan liikamärkyiden tunnusmerkit

Maan liikamärkyys on mahdollista todeta tiettyjen tunnusmerkkien perusteella.

Liian märillä mailla kestää lumen sulaminen keväällä kauemmin, kynnetty maa on keväällä kauan pinnaltaan tummaa, kun taas sopivan kostea maa samanaikaisesti on kuivuessaan jo muuttunut vaaleaksi. Kesäiltoina muodostuu märille maille usein sumua.

Liian märillä mailla, joissa pintavesi seisoo, on vilja huomattavasti harvempaa ja maassa on enemmän rikkaruohoja kuin sopivan kosteilla mailla. Erittäin hyvin edellä mainittu ilmiö on havaittavissa syysviljojen kohdalla.

Hyvänä indikaattorina liikamärkyiden toteamisessa on tiettyjen rikkaruohojen massaesiintyminen pelloilla ja niityillä. Pelloille ja niityille leviävät vihvilät (*Juncus*), rönsyleinikki (*Ranunculus repens*), polvipuntarpää (*Alopecurus geniculatus*), oja-

sorsimo (*Glyceria fluitans*) jne., Niityille lisäksi simake (*Anthoxanthum odoratum*), nurmilauha (*Deschampsia caespitosa*), jäkki (*Nardus stricta*), luhtalitukka (*Cardamine pratensis*), rentukka (*Caltha palustris*) jne.

Maan liikamärkyyden toteaminen tapahtuu objektiivisesti ja käytännössä riittävän tarkasti tutkimalla maaprofiilia. Aikaisemmin jo mainittiin, että vesitila vaikuttaa oleellisesti maannostumisprosessiin jättäen maaprofiiliin oman luonteenomaisen leimansa. Heikompana esiintyvän liikamärkyyden vaikutus ilmenee maaprofiilin gleitymisenä. Runsaamman liikamärkyyden aikana muodostuu jo selvä glei-kerros. Paitsi gleistymisilmiöitä esiintyy liikamärkyyden vaikuttaessa kauemmin myös humushorisonetin muuttumista turpeeksi. Turvekerroksen esiintyminen viittaa siihen, että kysymyksessä on jatkuva liikamärkyys.

Maaprofiilin tutkiminen antaa yleensä tyydyttävän vastauksen myös kysymykseen, johtuuko liikamärkyys pinta- vai pohjavedestä.

Maanparannuksen kenttätutkimuksilla on maaprofiilin käyttö "Eestin maanparannusprojektissa" kaikin puolin osoittautunut tarkoituksenmukaiseksi. Yhdessä muiden tutkimusten kanssa toteutetaan kaikilla maanparannuskohteilla myös maaperätutkimusta. Tällöin laaditaan maaperäkartat, joiden perusteella määrätään kuivatustarve ja myös kuivatuksen tehokkuus.

Kasvipeitettä tutkitaan myös maaperätutkimuksilla pääasiassa sen vuoksi, että saataisiin selville maaperän maannostumistyyppien yleimmäiset alueet. Kasvipeitteen avulla selvitetään myös kalkin määrä maaperässä.

Liian märkien maiden jaoitus

Liian märät maat jaoitellaan soistuneiksi mineraalimaiksi ja soiksi. Soistuneiden mineraalimaiden joukkoon luetaan sellaiset märät maat, joiden pintakerroksesta turve puuttuu tai sen paksuus on korkeintaan 30 cm. Kun turvekerroksen vahvuus on yli 39 cm, nimitetään maa-aluetta suoksi. Luokituksen perusteeksi on otettu 30 cm:n vahvuus siitä syystä, että 30 cm paksu turvekerros kuivatettaessa ja viljelysmaaksi muokattaessa sekoittuu alapuolella olevaan mineraalimaahan ja menettää lahotessaan turveluonteensa. 30 cm vahvempi turvekerros sensijaan säilyttää ominaisuutensa muokkauksen jälkeenkin.

Sen mukaan, onko maa jatkuvasti liian märkää vai esiintyykö lii-
kamärkyys vain ajoittaisesti, jaoitellaan maat alati liian mär-
kiin ja ajoittain liian märkiin maihin. Jälkimmäiset jaoitel-
laan usein vielä lyhytaikaisesti liian märkiin ja pitempiaikai-
sesti liian märkiin maihin.

Lyhytaikaisissa liian märissä olosuhteissa muodostuvat edellä
mainitut gleistyneet (kosteet) maat, pitempiaikaisen liikamär-
kyyden vallitessa taas gleimaat (märät maat).

Jatkuvan liikamärkyyden tunnusmerkkinä on turvekerroksen esiinty-
minen, jolloin ohuemman turvekerroksen (30 cm:iin asti) omaavia
maita nimitetään soistuneiksi maiksi ja paksumman turvekerrok-
sen omaavia soiksi.

Eestin maatyypeistä kuuluvat liian märkien maiden joukkoon soistu-
neet podsolimaat ja soistuneet ruskomaat. Lisäksi kuuluvat lii-

kamärkien maiden joukkoon peltona käytettävistä maista vahvasti podsoloituneet ruskomaat, podsoli- ja podsoloituvat maat (vahvasti podsoloituneet ja podsoloituvat maat).

Soiden muodostuminen ja kehitys

Suot ovat muodostuneet 1) vesistöjen umpeenkasvamisen kautta ja 2) mineraalimaan soistumisen kautta.

Soiden muodostumisen edellytyksenä on liikamärkyys ja siitä johtuva hapen vaje maassa. Kuolleet kasvijäänteet lahoavat maassa vain osittain, koska happea ei ole tarpeeksi ja niistä muodostuu turvetta.

Soiden muodostuminen vesistöjen umpeenkasvun kautta

Vesistön umpeenkasvu voi tapahtua joko pohjan tai pinnan myötäisesti. Pohjasta käsin tapahtuvaa umpeenkasvua esiintyy matalissa vesistöissä, joissa on vesikasvillisuutta.

Vesistön syvimmässä kohdassa veden alla esiintyy leväkasvillisuutta. Syvyyden vähetessä rantaa kohti mentäessä tavataan vedessä eri kasvivyöhykkeitä. Vesisyvyyden vähetessä kohoavat eri vyöhykkeiden kasvit yhä selvemmin vedenpinnan yläpuolelle. Lähinnä vesirajaa on kortekasvivyöhyke. Seuraava syvemmällä oleva vyöhyke on kaisla- ja ruokokasvivyöhyke. Tämän vyöhykkeen kasvit kohoavat selvästi vedenpinnan yläpuolelle. Eri kasvivyöhykkeet on havainnollistettu kuvassa 9. Vesikasvien jätteistä muodostuu vesistön pohjaan liejukerroksen (sapropelin) päälle ensin muta- ja sitten turvekerros. Täyttyessään tulee vesistö yhä matalammaksi ja vesitilavuus vähenee, kunnes vesistö lopuksi on täydellisesti kasvanut umpeen ja muuttunut suoksi.

Syvempien vesistöjen umpeenkasvu tapahtuu pinnan myötäisesti. Tuulensuojaisilla paikoilla alkaa kasvillisuus (mm. sammalet) levitä uivana, elävänä vaippana veden pinnalle. Sammalvaippa tulee vuosi vuodelta yhä paksummaksi ja kuollut alaosa vajoaa alaspäin ulottuen lopuksi pohjaan saakka. Niin kauan, kun turvevaipan alla on vesikerros, hyllyy suon pinta jalan alla, minä vuoksi tällaista suota nimitetään hyllyväksi suoksi.

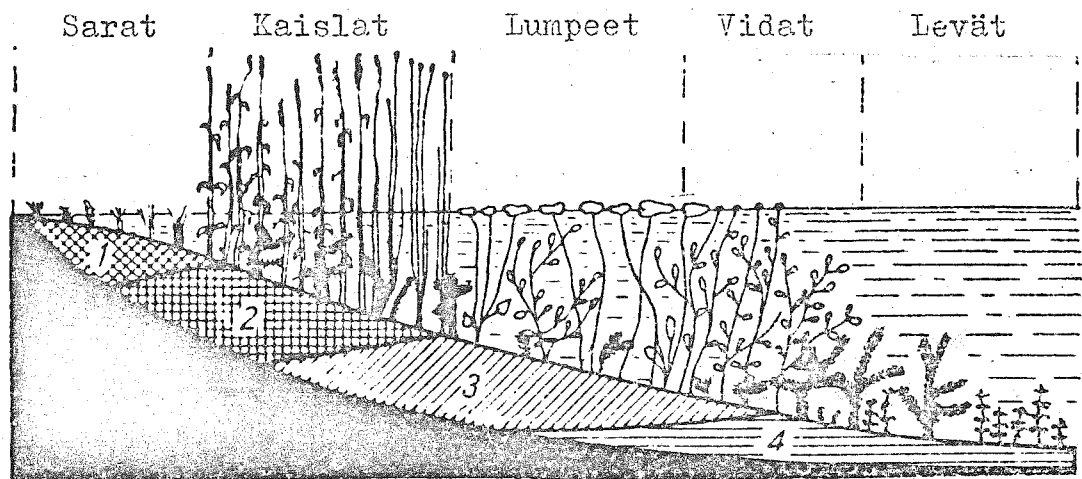
Eestin soista on suuri osa, likimääräisten arvioiden mukaan n. 40 % muodostunut vesistöjen umpeenkasvun kautta.

Soiden synty mineraalimaan soistumisen kautta

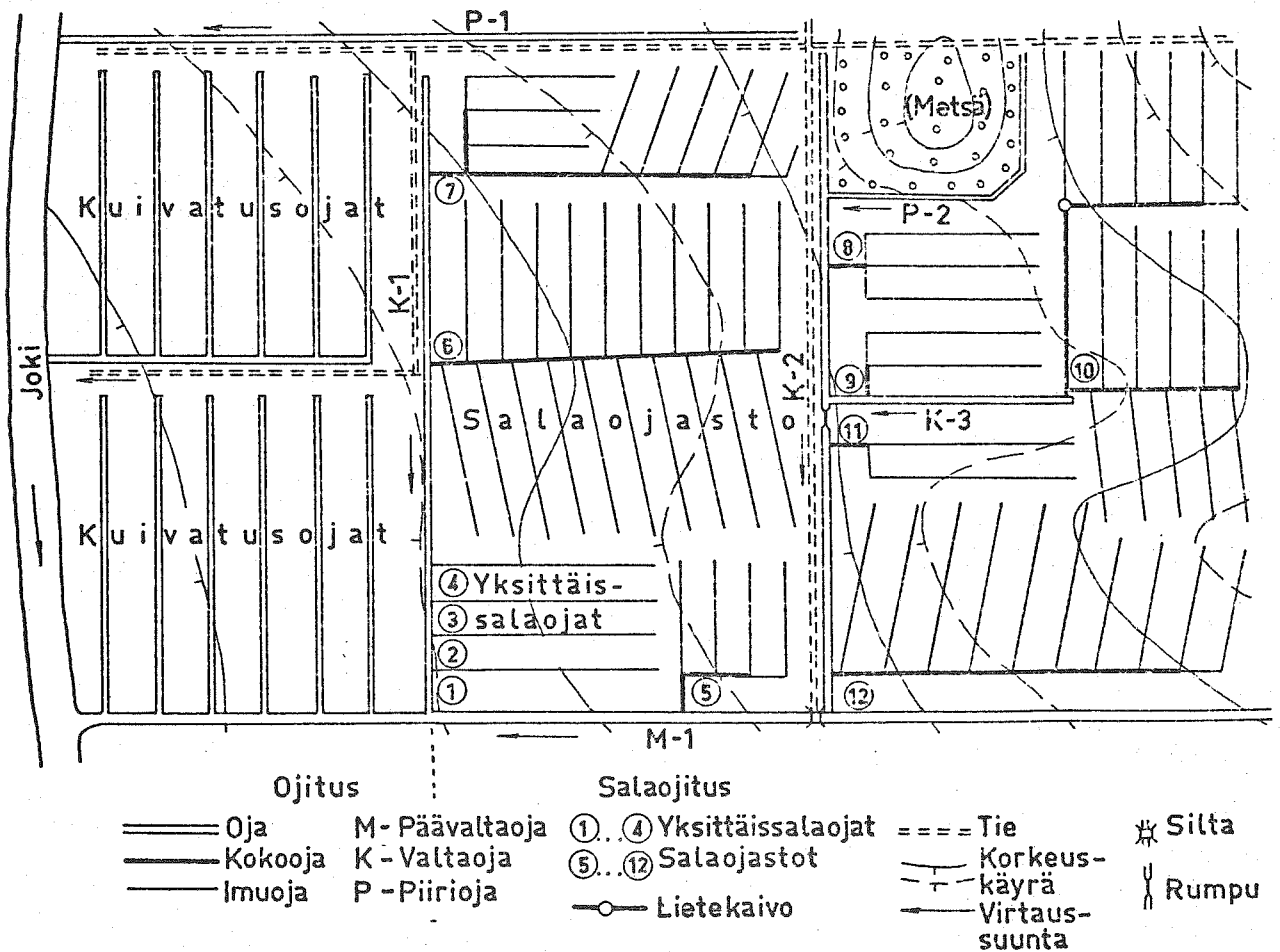
Koska soidan muodostumisen perusedellytyksenä on liikamärkyyden jatkuva esiintyminen, voi mineraalimaa soistua vain siellä, missä on edellytyksiä veden kerääntymiselle ja paikallaan pysymiselle (vrt. 7 pääkappale).

Määräävänä tekijänä liikamärkyyden muodostumiselle ovat ilmastolosuhteet. Suot ovat levinneet sen vuoksi erikoidesti lauhkeille vyöhykkeille, joille on luonteenomaista suhteellisen runsaat sateet, mutta vähäinen haihtuminen.

Erittäin tärkeänä liikamärkyyden aiheuttajana on myös maa-alueen pinnanmuodostus. Alueen vähäinen kaltevuus hidastaa sadevesien poisvirtausta, edistää niiden seisomista ja aiheuttaa näin ollen tasankojen soistumista. Toisaalta alueen suuri kaltevuus aiheuttaa sekä pinta- että pohjaveden virtausta alangoille, minä vuoksi jokilaaksot ja järvien rantamaat soistuvat varsin usein. Jokilaaksojen soistumista esiintyy melko usein myös piirikunnissa (Ukrainassa, Kaukasiassa ym.) missä sademäärä haihtu-



Kuva 9. Järven umpeenkasvaminen N.N. Sukatsevin mukaan:
1-saraturve, 2-ruoko- ja kaislaturve, 3-sapropeliturve,
4-sapropeli



Kuva 10. Kuivatusverkoston kaavio

mista vähäisempää. Näin ollen ilmasto-olosuhteet eivät aina ole soistumisen syynä.

Maan hydrofysikaaliset ominaisuudet, erikoisesti vedenläpäisevyys, näyttelevät samoin merkittävää osaa vesivarastojen muodostumisessa ja voivat sen vuoksi oleellisesti vaikuttaa soistumisprosessiin.

Soiden kehitys. Soistumisprosessin kestäessä tapahtuu kasvilajiston vaihtuminen, mikä johtuu ravinneolosuhteiden vähittäisestä huononemisesta.

Runsasravinteisille mineraalimaille ilmaantuvat ensimmäisenä suhteellisen vaateliaat suokasvit - sarat, joiden mukana leviävät tavallisesti monet ruskosammallajit ja pajupensaat. Tämä on soiden kehityksen mutasuovaihe, mikä kestää niin kauan, kuin suosaa mineraalinerikkaita pohja- tai pintavesiä. Kun kasvin ravinteiden määrä turvekerroksen kasvun vaikutuksesta tai muusta syystä vähenee, tulee vaateliaiden suokasvien tilalle vähitellen keskinkertaisen vaateliaita kasveja. Turvekerroksen jatkuva lisäkasvu johtaa lopulta siihen, että suokasvien on mahdollista saada vain atmosfäärivettä. Tästä alkaa ns. rahkavaihe. Suolle muodostuu uusi kasvilajisto, jota hallitsevat vähääntytyvät suokasvit, kuten esim. kanerva.

Mutasuovaihe puuttuu kokonaan suon kehityksestä silloin, kun mineraalimaassa ja märkyyttä aiheuttavassa vedessä on vähän ravinteita, jolloin vaateliailla suokasveilla ei ole kasvuedellytyksiä.

Soiden muodostuminen Keski- ja Etelä-Eestissä alkoi lukuisten järvien umpeenkasvun kautta mannerjään vetäytymisen jälkeen eli n. 10000 - 11000 vuotta sitten. Länsi- ja Luoteis-Eesti sekä saaret vapautuivat jään alta huomattavasti myöhemmin, joten vanhimpien soiden ikä näillä alueilla on vain 6000 - 7000 vuotta.

Soita on Eestin pinta-alasta n. 21 %. Eniten on soistunut Eestin mantereen länsi- ja keskiosa sekä Peipusjärven ja Suomenlahden välinen alue. Vähiten on soita saarilla, mantereen kaakkoisosassa ja Pandiveren ylängön keskiosassa. Eniten soita on Kohtla-Järven, Paiden ja Tarton piirikunnissa (yli 25 %).

Suurin Eestin soista on Narvajoen, Kohtla-Järven kaupungin ja Peipusjärven välillä oleva Puhatun suo. Sen pinta-ala on 44 000 ha.

Turvekerroksen paksuus Eestissä vaihtelee mutasoilla tavallisesti 1 ... 3 m ja rahkasoilla 3 ... 6 m. Erikoistapauksissa on turvekerroksen paksuus mutasoilla 6 m ja rahkasoilla 10 m.

Soita esiintyi myös ennen viimeistä jääkautta. Sen aikaista (ns. intergläsiaalista) turvetta on Eestistä löytynyt moreenin alta Vörtsjärven piirikunnassa (Röngussa ja Karukiilassa).

Soita on Neuvostoliiton keskiosissa ja pohjoisissa piirikunnissa (Kuolan niemimaalla, Karjalan autonoomisessa tasavallassa) n. 30 % pinta-alasta. Eteläisissä piirikunnissa sensijaan soita on vähän.

Suokasvillisuus

Kasvulle epäsuotuisten olosuhteiden vuoksi kasvaa soilla vain siihen erikoisesti mukautuneita kasvilajeja. Kasvipeitteessä esiintyy etupäässä monenlaisia sammal- ja saralajeja, mutta puu- ja pensaskasvillisuus on lajeiltaan niukka.

Sammalet. Sammalet ovat pieniä juurettomia kasveja. Soilla esiintyy pääasiassa kaksi sammalryhmää: rahkasammalet (sphagnum), jotka kuuluvat kaikki yhteen sukuun ja ruskosammalet (hypnum), jotka jakautuvat useaksi suvuksi.

Rahkasammalet ovat pehmeitä ja hentoja kasveja, väriltään kellertäviä, vihertäviä, punertavia tai ruskehtavia. Rahkasammalet ovat yleensä väriltään vaaleampia kuin ruskosammalet. Eestissä esiintyy rahkasammalia noin 40 lajia. Kasvin varsi on rahkasammalilla runsaiden suomumaisten lehtien peittämä.

Enemmistö rahkasammallajeista on kasvupaikan suhteen vaatimattomia, osa vähän vaativampia ja vain pari lajia vaateliasta.

Ruskosammalet jakautuvat moneksi suvuksi, niistä mainittakoon karhunsammal (Polytrichum), seinäsammal (Hylocomium) jne. Eri suvut eroavat ulkomuodoltaan suuresti toisistaan. Ruskosammalet ovat väriltään tummemman ruskeita ja rakenteeltaan hatarampia kuin rahkasammalet. Kasvupaikan suhteen enemmistö ruskosammalista on vaateliaita tai keskinkertaisen vaateliaita, ainoastaan eräät lajit ovat vaatimattomia.

Sarat (Carex). Sarat muistuttavat paljon heinäkasveja, mutta

niistä poiketen on saroilla solmuton ja tavallisesti kolmikulmainen varsi; lehdet ovat terävät ja hammasreunaiset, varsi ja lehdet karheat. Korkeus vaihtelee 20 cm:stä 1 m:iin. Sarat ovat yleensä vaatelialaita kasveja ja niitä esiintyy runsaasti märillä niittyillä ja soilla (pääasiassa mutasoilla). Sarojen sukuun kuuluu paljon lajeja (Eestissä tavataan yli 60 lajia).

Niittyvilla (Eriophorum). Soilla esiintyy pääasiassa kolme niittyvillälajia: kapealehtinen tupasvilla (E. vaginatum) rahkasoiilla sekä leveälehtiset monitähkävilla (E. polystachyum) ja lettovilla (E. latifolium) mutasoilla. Korkeus vaihtelee noin 0,3 m:stä 0,5 m:iin. Niittyvillat tunnetaan helposti valkeista puuvillan kaltaisista tupsuista, joita tupasvillalla on yksi suuri ja muilla lajeilla monta pientä.

Muita ruohokasveja. Edellämainittujen kasvilajien lisäksi esiintyy soilla vielä runsaasti muitakin ruohokasveja, mutta niiden osuus on suhteellisen vähäinen. Muista korsikasveista, joita soilla tavataan mainittakoon lupikka (Sesleria coerulea) (ei Suomessa), siniheinä (Molinia coerulea) ja järviruoko (Phragmites communis). Muiden korsikasvien paitsi järviruoko on esiintyminen suolla osoittaa suon viljavuutta. Järviruokoa voidaan tavata myös rahkasoilta.

Rahkasoiilla kasvavat muurain (Rubus chamaemorus) ja suoleväkkö (Scheuchzeria palustris).

Rentukan (Caltha palustris), raatteen (Menyanthes trifoliata) ja ruosteheinän (Schoenus ferrugineus) esiintyminen osoittaa, että kysymyksessä on parempi suo.

Varpukasvit. Varpukasvit ovat pieniä (korkeus 20 ... 100 cm) puuvartisia ja (muutamia poikkeuksia lukuunottamatta) ikivihreitä kasveja, joita esiintyy rahkasoilla. Varpukasveista ovat tavallisimmat: kanerva (*Calluna vulgaris*), suopursu (*Ledum palustre*), suokukka (*Andromeda polifolia*), vaivero (*Chamaedaphne calyculata*), vaivaiskoivu (*Betula nana*) ja variksenmarja (*Empetrum nigrum*).

Varpukasvit ovat happamien ja huonojen soiden indikaattorikasveja. Kanervaa voidaan tavata myös kuivalla hiekkaisella maalla.

Puut ja pensaat. Rahkasoilla viihtyvät vain vähään tyytyvät puulajit, kuten mänty ja paikoitellen myös lehtikuusi. Viimemainittua tavataan pääasiassa vain Siperiassa, jossa se on rahkasoi-
la yleisempi kuin mänty. Mutasoilla viihtyvät paju, paatsama, koi-
vu, tervaleppä ja kuusi. Viimemainittua tavataan kuitenkin vähiten.

Soiden luokitus

Soita luokitellaan monin perustein. Luokitusperusteena voi olla esim. suon asema pinnanmuodostuksen kannalta, jolloin erotetaan notkosoita, alankosoita, rinnesoita, vedenjakajasoita jne. Vesi-
tilan perusteella luokitetaan suot seuraavasti: atomosfäärivettä,
valumis- ja pohjavettä, paineetonta pohjavettä ja paineellista
pohjavettä saavat suot. Kehitysasteen mukaan luokitellaan suot
mutasoihin, välisoihin ja rahkasoihin. Viimeksi mainittu prof.
C.A. Weberin esittämä luokitus on vanhin ja ehkä einiten käytetty.

Mutasoiksi nimitetään soita, joiden maatumaton pintaturvekerros
on enintään 30 cm paksu. Pintakerros on muodostunut runsasravin-
teisissa (ns. eutrofisissa) olosuhteissa. Mutasoille tyypillises-
tä kasvipeitteestä tavataan ravinteiden suhteen vaateliaita suo-
kasveja, kuten saroja, kortteita, ruskosammalia. Puista mainit-

takoon tervaleppä, kuusi ja koivu, pensaista paju.

Mutasuot sijaitsevat pinnanmuodostukseen nähden koverilla alueilla (notkoissa, joen ja järven luhdissa, rinteiden alaosissa ja niiden juurilla) toisin sanoen maaston osissa, jotka saavat runsaasti mineraaliainesta sisältäviä pinta-, pohja- tai lähdevesiä. Pinnaltaan on mutasuo joko tasainen tai hieman kovera.

Maataloudellista käyttö ajatellen ovat mutasuot soista arvokkaita.

Rahkasoiiksi nimitetään soita, joiden maatumaton pintaturvekerros on vähintään 30 cm paksu. Pintakerros on muodostunut vähäravinteisissa (ns. oligotrofisissa) olosuhteissa. Rahkasoiden tyypillisissä kasvipeitteessä esiintyvät vaatimattomat suokasvit, kuten enemmistö rahkasammalista, tupasvilla, varpukasvit ja puista kitukasvuinen mänty.

Rahkasuot esiintyvät maastossa niillä alueilla, jotka saavat vähän mineraaliaineita sisältäviä vesiä. Niitä esiintyy pääasiassa vedenjakaja-alueilla, jotka saavat ainoastaan sadevetä tai hiekkaisilla rinteillä, joilla vähän mineraaliaineita sisältävä pohjavesi aiheuttaa soistumista. Suurin osa rahkasoiista on kehittynyt entisistä mutasoista. Rahkasuot edustavat soiden kehitysprosessin viimeistä vaihetta.

Maataloudellisen käytön samoin kuin metsityksenkin kannalta ovat rahkasuot vähäarvoisia.

Välisoiksi eli ylimenosoiksi nimitetään soita, jotka ominaisuuksiltaan ovat mutasoiden välillä. Soiden kehitysprosessissa

edustavat välisuot ylimenovaihetta mutasuolta rahkasuolle. Välisuon tyypillisessä kasvipeitteessä esiintyvät keskinkertaisen vaateliaat kasvit, kuten osa rahka- ja ruskosammalista sekä muutamat saralajit. Välisoilla on havaittavissa mutasuokasvien häviämistä ja rahkasuokasvien lisääntymistä.

Välisuon pintakerros on muodostunut keskinkertaisen ravinnepitoisissa (mesotroofisissa) olosuhteissa). Suon pinta on joko tasainen tai hieman kupera.

Eestin soista on mutasoita noin 57 %, välisoita noin 12 % ja rahkasoitia noin 31 %.

Soiden luokitus osoittautuu paljolti kuitenkin liian kaavamaiseksi. Yksityiskohtaisempia luokituksia ovat esittäneet monet tutkijat, mutta yksikään ei ole kaikilta yksityiskohdiltaan saanut yleistä hyväksymistä. Yleensä luokitellaan niin mutasuot kuin myös rahkasuotkin alatyyppeihin sen mukaan, ovatko ne aavoja vai puiden ja pensaiden peittämiä.

Rahkasuot jaoitellaan sen perusteella aavoiksi rahkasoiniksi ja metsäisiksi rahkasoiniksi.

9. Turve

Turpeeksi nimitetään liian märissä olosuhteissa puutteellisen happimäärän vallitessa kerrostunutta, enemmän tai vähemmän maatunutta, pääasiassa kasveista peräisin olevaa orgaanista ainetta, jossa mineraaliaineiden määrä ei ylitä 50 %. Koska orgaanisen aineen muodostuminen on nopeampaa kuin hajoaminen, kasvaa turvekerroksen paksuus vähitellen.

Orgaanisen aineen hajoaminen on aeroobisten ja anaeroobisten mikro-organismien (sienten ja bakteerien) myötävaikutuksella tapahtuva biokemiallinen prosessi. Turvekerroksen ylimmässä kerroksessa, johon happea jonkin verran pääsee tunkeutumaan on runsaammin mikro-organismeja ja siitä syystä siinä tapahtuukin pääasiallinen orgaanisen aineen muuntumis- eli turpeenmuodostumisprosessi. Ylimpää kerrosta nimitetäänkin turpeenmuodostumiskerrokseksi.

Syvemmillä, johon liikamärkyyden vuoksi happi ei pääse tunkeutumaan ja jossa vallitsee enemmän tai vähemmän hapan tila, vähenee mikro-organismien määrä ja siellä tapahtuva pitkäaikainen anaerobinen prosessi ei enää oleellisesti muuta turpeen ominaisuuksia.

Turpeen luokitus

Turpeen luokituksen perustana on turpeen botaaninen koostumus eli siinä olevien eri kasvilajien jäänteiden keskinäinen suhde. Karkeimpana luokitusyksikkönä ovat turvetyypit.

Turpeet jaoitellaan kolmeen tyyppiin: muta-, väli- ja rahkaturve.

Turvetyypit jaoitellaan turvelajeihin turpeesta tavattavien kasvilajijäänteiden mukaan. Turvelajin nimitys tulee vastaavan kasvin (tai kasvien) suvun (joskus myös lahkon) nimen mukaan.

Tärkeimmät turvelajit ovat a) rahkasammal- eli sphagnumturve, b) ruskosammal- eli hypnumturve, c) saraturve, d) metsä- eli puuturve, e) tupasvillaturve ja f) ruokoturve.

Kun turve muodostuu monen kasvilajin jäänteistä, saa turvelaji oman nimityksensä dominoivien kasvilajien mukaan. Enemmistönä esiintyvän kasvilajin nimitys asetetaan turvelajin nimityksen loppuun ja pienemmän osuuden omaavan komponentin nimitys sen alkuun. Siten esimerkiksi turvetta, jonka perusmassan muodostaa (sphagnum) ja lisänä on tupasvillaa nimitetään tupasvilla (sphagnum) rahka-turpeeksi.

Usein ryhmitetään samoja ominaisuuksia omaavat turvelajit turveryhmäksi, esim. yhdistämällä rahka- ja ruskosammalturpeet yhdeksi turveryhmäksi sammalturpeet, sara-, ruoko-, korte- yms. turpeet turveryhmäksi ruokoturpeet jne.

Turvelaji määritetään sille ominaisten tunnusmerkkien perusteella, joista tärkein on turpeessa säilyneet kasvijäänteet. Vähemmän tärkeistä tunnusmerkeistä mainittakoon turpeen väri, maatumisaste struktuuri, turvekerroksen sijainti ja joskus myös haju.

Turpeen maatumisaste

Turpeen kuiva-aines koostuu osaksi maatuneista kasvijäänteistä (kuituaineista), maatuneiden kasvikuitujen tummasta amorfisesta massasta (humuksesta) ja mineraaliaineista. Mineraaliaineiden määrää painoprosentteina turpeen kuiva-aineksesta nimitetään turpeen tuhkakksi.

Maatuneen eli humifioituneen amorfisen massan määrä turpeessa voi olla hyvinkin erilainen. Sen määrää tilavuusprosentteina koko turpeen tilavuudesta nimitetään turpeen maatumisasteeksi.

Turpeen maatuessa (humifitoituessa) muuttuvat turpeen ominaisuudet, kuten veden läpäisevyys, kapillaarisuus, vesikapasiteetti, tilavuuspaino, mineraaliainepitoisuus (tuhka) ja lämpöarvo. Maatumisaste on tärkeä tekijä turpeen ominaisuuksia luonnehdittaessa.

Kentällä määrätään turpeen maatumisaste tavallisesti tiettyjen havaintojen perusteella. Niitä ovat: veden erottuminen turpeesta näytettä kädessä puristettaessa ja erottuvan veden väri. Käteen jäävän turpeen määrä ja ulkonäkö, turpeen kimmoisuus, tahraavaisuus ja väri, murtopinnan muoto, kasvijäänteiden tunnettavuus jne. Mitä maatuneempaa turve on sitä vaikeammin siitä erottuu vettä puristettaessa sormien välistä läpi. Maatunut turve on tahraavampaa, plastillisempaa ja väriltään tummempaa kuin vähemmän maatunut. Lisäksi kasvijäänteiden tunnistaminen maatuneesta turpeesta on vaikeaa.

Turpeen maatumisaste ilmaistaan tavallisesti prosenteina. Maatumisasteen määrittämiseksi kentällä käytetään eniten seuraavia kolmea metodia:

- 1) Prof. P.D. Varlögin menetelmä turpeen maatumisasteen määrittämiseksi on seuraava: Otetaan näyte turvekairalla. Näytettä ei poisteta kairasta, vaan sen pinta tasoitetaan sileäksi sormella, minkä jälkeen arvioidaan silmämääräisesti humuksen eli tummemman aineen osuus prosenteissa koko pinnasta.
- 2) Maatumisasteen määrittämisessä puristamis-menetelmällä otetaan turvenäyte kairasta ja puristetaan sitä kädessä. Tällöin erottuvan veden määrän, värin ja puristetun turvemassan värin,

kimmoisuuden ja murtopinnan muodon sekä näytteessä olevien kasvinosien tunnistettavuuden perusteella määritetään maatumisaste.

- 3) Keskusturvekoeaseman vv. 1949 ... 1950 käyttöönottama vetäisymenetelmä turpeen maatumisasteen määrittämiseksi perustuu siihen, että kostealla turvekappaleella valkeaa paperia vetäis-
täessä jää paperille jälki, jonka väri on sitä tummempi mitä maatumisaste on. Maatumisaste määritetään vertailemalla paperille jäänyttä jälkeä vertailuasteikkoon.

Maatuneimpia kaikista turpeista ovat puuturpeet, erikoisesti leppäturve. Sen jälkeen seuraavat alenevan maatumisasteen mukaan puuruhoturve, ruhoturve, hypnumturve ja lopuksi sphagnumturve.

A. Truu'n mukaan vaihtelevat turpeen maatumisasteet Eestissä 5...30 % välillä rahkasoilla ja 25...70 % välillä mutasoilla.

Turpeen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä viljelysarvo

Maan viljelyskelpoisuus eli viljelysarvo riippuu monista ominaisuuksista, fysikaalisista, hydrofysikaalisista, kemiallisista ja biologisista. Näiltä ominaisuuksiltaan eroavat turvemaat monella tavalla mineraalimaista.

Turpeella on suuri täysvesikapasiteetti ja ulkoinen vesikapasiteetti. Samoin on turpeen kuollut vesivaranto suuri. Produktiivinen vesivaranto turpeella on myös huomattavasti suurempi kuin mineraalimailla. Turvemaat ovat näin ollen kuivuutta kestävämpiä kuin mineraalimaat.

Turpeen vedenläpäisevyys vaihtelee suuresti riippuen turvelajista ja erikoisesti turpeen maatumisasteesta. Rahkaturpeen vedenläpäisevyys on yleensä huonompi kuin mutaturpeen. Maatumisasteen nousussa huononee turpeen vedenläpäisevyys tuntuvasti. Soiden kuivattamisessa tulee sen vuoksi kuivatusverkon olla rahkasuolla tiheämpi kuin mutasuolla sekä maatuneemmassa turvemaassa tiheämpi kuin vähemmän maatuneessa.

Turpeen termiset ominaisuudet ovat maanviljelyn kannalta epäsuotuisamat kuin mineraalimailla. Huonomman lämmönjohtokyvyn ja suuremman lämpökapasiteetin takia lämpenee turvemaata tuntuvasti hitaammin kuin mineraalimaata. Sen vuoksi on turvemaan lämpötila kyntökerroksessa suurehkon ajan kasvukautta matalampi kuin mineraalimaalla. Lämpötilan suuren vaihtelun takia maan pinnalla esiintyy turvemaiden useammin myös yökylmiä ja niiden vaikutus turvemaidella on tuhoisampi kuin mineraalimailla.

Turvemaat eroavat myös selvästi mineraalimaista kemiallisten ominaisuuksiensa puolesta.

Turpeen mineraalimateriaali eli tuhkapitoisuus riippuu suon kasvipeitteestä, turpeen maatumisasteesta ja vedensaanitavasta. Tuhkaa on rahkaturpeessa tavallisesti 1...5 %, väliturpeessa 3...8 % ja mutaturpeessa keskimäärin 6...15 % turpeen kuiva-aineksesta.

Taulukossa 7 on esitetty Eestin soiden tärkeimpien turvelajien kemiallisen koostumuksen keskimääräiset arvot.

Kolmesta pääasiallisesta kasviravinteesta on tyypeä turpeessa eniten (turvelajista riippuen 0,6-4,0 % kuiva-aineksesta).

Taulukko 7. Eestin turvemaiden keskimääräinen kemiallinen koostumus prosentteina 0...40 cm:n kerroksessa (A. Truun mukaan).

Turvelaji	Maatumisaste %	pH-reaktio KCl-liuoksessa	Tuhka	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
			Prosentteina kuiva-aineksesta				
Puuturve	45	6,2	15,3	4,2	0,22	0,08	2,9
Saraturve	35	6,2	12,3	3,8	0,22	0,07	3,1
Ruokoturve	35	6,2	14,3	3,2	0,23	0,10	3,2
Ruskosammalturve	25	6,3	10,0	3,1	0,17	0,05	2,8
Sphagnumturve	10	4,3	3,3	0,4	0,10	0,03	1,1

Typpipitoisuus on turpeessa moninkertainen verrattuna mineraali-maahan, jossa sen määrä on vain n. 0,15-0,20 %. Suuret typpi-varat tekevätkin mutasuot arvokkaiksi reservimaiksi rehutuotannon laajentamisessa.

Luonnontilassa olevassa suossa on kuitenkin tyypeä kasvien käytettävissä olevassa muodossa (pääasiassa nitraatteina) äärimmäisen vähän. Suurin osa tyypestä on monimutkaisten orgaanisten yhdisteiden (valkuaisten ja humusaineiden) muodossa eikä se siten ole kasvien käytettävissä. Orgaanisissa yhdisteissä oleva typpi muuttuu kasvien käytettävissä olevaan muotoon näiden yhdisteiden hajotessa, mikä prosessi tapahtuu edullisesti suon kuivattamisen ja viljelykseenoton jälkeen.

Viljellyillä mutasoilla ei yleensä tarvita typpilannoitteita.

Tooman koeasemalla on todettu typpilannoitteiden selvä vaikutus ainoastaan vähemmän maatuneilla soilla.

Fosforipentoksiidin (P_2O_5) määrä Eestin soissa vaihtelee, tavallisesti 0,1-0,4 %:n rajoissa. Suurin osa (n. 90 %) mainitusta määrästä on orgaanisina yhdisteinä ja vain vähäinen osa on kasvien käytettävissä olevassa muodossa. Soita viljeltäessä lisääntyy kasvien käytettävissä oleva fosforipitoisuus, mutta se ei kuitenkaan riitä viljelyskasvien normaaliin kehitykseen, minkä vuoksi fosforilannoitteiden käyttö viljellyillä soilla on välttämätöntä.

Kaliumoksidia (K_2O) on turvemaassa erittäin vähän eli vain 0,01-0,10 % ja se huuhtoutuu lisäksi helposti poistuvien vesien mukana. Soita viljeltäessä on muistettava, että kaikilla suotyypeillä Kalium-lannoitus on tarpeen.

Kalkkipitoisuus turpeessa vaihtelee tavallisesti 0,2-6,0 %:n välillä. Runsaammin kalkkia sisältävät mutasuot. Kalkkipitoisuus Eestin mutasoilla vaihtelee tavallisesti 3-5 %:n rajoissa, mistä johtuen mutasoita ei yleensä tarvitse kalkita.

Hivenaineita on turpeessa niukasti. Suurin puute on kuparista, joskaan boori- ja mangaanimääräkään ei ole riittävä.

Soiden maataloudellisesta käytöstä

Soiden käyttötavan valinnassa on lähdettävä turpeen ominaisuuksista. Maataloudelliseen käyttöön soveltuvat parhaiten runsaasti kasviravinteita sisältävät suot, maatuneet mutasuot. Välisuot sisältävät kasviravinteita vähemmän kuin mutasuot ja sen vuoksi ne ovat maataloudellisen käytön kannalta mutasoita vähempiarvoisia. Raikkasuot ovat maatalouden kannalta varsin merkityksettömiä.

Termisten, hydrofysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksiensa puolesta eivät turvemaat sovellu läheskään kaikille viljelyskasveille.

Suuren vesivarannon ja runsaan typpipitoisuuden vuoksi sopivat suot ensi sijassa runsaasti vihermassaa tuottavien ja runsaasti vettä vaativien ruoho- ja juurikasvien viljelyyn. Soiden ilmastolliset olosuhteet ovat mineraalimaihin verrattuna ankarammat, mistä johtuen yöhalloille arkojen viljelyskasvien (kurkku, maissi, peruna jne.) sadot ovat turvemaidella epävarmat. Paremmin soveltuvat turvemaidella kaali, auringonkukka, rehuvilja, nauris, lanttu, porkkana, punajuuri ja hamppu, sekä viljakasveista syysruis ja kaura. Viljakasvien viljelyä suolla vaikuuttaa lakoutuminen sekä runsas rikkaruohojen ja ruostetautien leviäminen. Yksivuotisten viljelyskasvien pitempiaikainen viljely huonontaa turvemaiden struktuuria. Turve pyrkii usein tapahtuvan muokkauksen vaikutuksesta helposti muodostumaan pulverimaideksi, jolloin se menettää huomattavan osan viljavuudestaan.

Parehaiten soveltuvat suot heinäkavien viljelyyn. Soiden ankara mikroilmasto vaikuttaa niihin vähiten. Ne vaativat paljon vettä ja typpeä. Ne kykenevät pitkän kasvukauden takia paremmin kuin toiset viljelyskasvit käyttämään turpeen mineraalisoitueassa vapautuvia kasviravinteita, erikoisesti nitraatteja ja kaliumoksiidia, jotka muuten ovat turpeesta helposti poishuuhtoutuvia.

Tooman koeasemalla ovat toistuvat kokeet osoittaneet, että heinäpellon satoisuus samoin kuin myös heinäkasvuston kestävyys riippuvat erittäin paljon turvemaan ominaisuuksista, pääasiassa juuri maatumisasteesta.

Turvemailla, joiden maatumisaste on korkeampi kuin 35-40 % ja tilavuuspaino yli $0,15 \text{ g/cm}^3$, antavat korrelliset heinäkasvit fosfori-, kalium- ja kuparilannoitteita käytettäessä usean vuoden aikana suuria satoja (100 ton/ha ja ylikin). Mutasuot sopivatkin hyvin pitkäaikaiseen heinäntuotantoon. Sitävastoin turvemailla, joiden maatumisaste on alle 35-40 % laskevat heinäsadot jo 3-4 vuodessa tuntuvasti. Sadon alennusta on mahdollista suuressa määrin estää typpilannoitteiden käytöllä. Tällaiset maat sopivat lyhytaikaiseen, 3-4 vuotiseen, apilavaltaiseen heinänviljelyyn. Heinänviljelykausien välillä tulisi olla n. 1-2 vuoden mittainen viljakasvien viljelyaika.

Välisuot sopivat ominaisuuksiensa puolesta parhaiten metsämaiksi.

Rahkasuot soveltuvat parhaiten turpeen tuotantoon.

10. Toimenpiteet maan vesitilan säätelämiseksi ja niiden tarve Neuvostoliiton piirikunnissa

Kaikki toimenpiteet, joilla vesitilaa on mahdollista muuttaa suuntaan tai toiseen voidaan jaoitella neljään ryhmään: agroteknillisiin, agromelioratiivisiin, metsämelioratiivisiin ja hydromelioratiivisiin.

Agroteknilliset toimenpiteet

Tärkeimpänä agroteknillisenä toimenpiteenä, jolla maan vesitilaa voidaan säädellä on maan mururakenteen luominen ja säilyttäminen. Mururakenteen omaava maa takaa tavallisesti hyvän vesitilan, ja se sitoo helposti sekä sadevettä että kastäuvettä. Liiallinen vesi

ei pidäty maahan, vaan valuu joko syvempiin kerroksiin tai kuiva-
tusverkkoon. Maan mururakenne muodostuu tarkoituksenmukaisen muok-
kaamisen, lannoittamisen ja sopivien viljelyskasvien, erikoisesti
heinäkasvien, viljelyn vaikutuksesta.

Veden imeytymistä maahan on mahdollista edistää myös siten, että maa
tehdään kokkareiseksi so. suurennetaan maan huokosia. Tällaisia ag-
roteknillisiä toimenpiteitä ovat kyntö, äestäminen ja karhitseminen.
Vielä paremmin imeytyy pintavesi maahan, jos kyntösuunta valitaan
korkeuskäyrien suuntaiseksi. Tällöin pintaveden liike tapahtuu
kohtisuoraan kyntövakoja vastaan, sen liike hidastuu ja imeytymi-
nen maahan tapahtuu nopeammin.

Veden kapillaarista nousua maan pintakerrokseen on mahdollista edis-
tää tai jarruttaa monilla agroteknillisillä keinoilla. Jyräämällä
maa tiivistyy, minkä vuoksi veden kapillaarinen liike tulee helpom-
maksi. Jyräys edistää myös kylvettyjen siementen itämiseen tarvit-
tavan veden luoksevirtausta. Soilla jyrätään keväällä heinäpeltoja
sen vuoksi, että roudan rikkoma pintakerros saataisiin yhtenäisek-
si, jolloin veden kapillaarinen nousu tulee helpommaksi.

Niissä tapauksissa, joissa on tarpeellista hidastaa kapillaari-
veden nousua maanpinnalle, jotta estettäisiin maan vesivarojen
tarpeeton hukka haihtumisen kautta, tehdään maan pintakerros kok-
kareiseksi äestämällä tai karhitsemalla. Kokkareisessa pintaker-
roksessa katkeaa veden kapillaarinen liike eikä kapillaarinen
vesi nous pintaan saakka. Tätä menetelmää käytetään Eestissä laa-
jasti, pääasiassa varhaiskevällä, jolloin syksyllä kynnetty pel-
to on talven aikana painunut tiiviiksi ja maa saattaa voimakkaan
haihtumisen kautta helposti menettää vesivaransa. Välimuokkaus
edistää myös maan kokkareisen rakenteen muodostumista ja näin ol-

len pienentää haihtumista. Haihtumista voidaan estää myös levittämällä maanpinnalle suurihuokoista materiaalia (turvepehkua, olkia, sahanpurua jne).

Agroteknilliset toimenpiteet maan vesitilan säätelemiseksi ovat maanviljelyksessä erittäin tärkeitä.

Agromelioratiiviset toimenpiteet

Toimenpiteitä, joilla tarpeen mukaan joko suurennetaan maan vesivarjoja tai päinvastoin poistetaan liikavedet maanpinnalta tai kyntökerroksesta suuntaamalla ne maaprofiilin syvempiin kerroksiin tai kokonaan kuivatettavan alueen ulkopuolelle, nimitetään agromelioratiivisiksi toimenpiteiksi. Ne suoritetaan tavallisesti yksinkertaisilla laitteilla agroteknillisten toimenpiteiden yhteydessä.

Agromelioratiivisilla toimenpiteillä edistetään pintaveden imeytymistä, veden keräytymistä maaprofiiliin ja veden poisvirtausta kuivatettavalta maa-alueelta. Imeytyvän pintaveden määrää suurentaa kyntäminen, josta jo oli edellä puhetta, sekä lumen pidättäminen (pysäyttäminen) alueelle. Lumen pidättyminen pelloille suurentaa lumivarastoja, lumen sulaessa muodostuu enemmän sulamisvesiä, minkä vuoksi niitä infiltroituu myös enemmän maahan. Veden keräytymistä maahan edistävät myös lisäksi kyntökerroksen syventäminen, kyntökerroksen alapuolisen kerroksen jauhkoominen sekä myyräojitus. Viimemainitulla toimenpiteellä, mikä perustuu myyräkäytävien kaltaisten onkaloiden muodostamiseen kynnön alapuoliseen kerrokseen, johdetaan kyntökerroksesta liikavesi maaprofiiliin syvempiin horisontteihin. Agromelioratiivisiin toimenpiteisiin kuuluvat vielä vesivakojen ajaminen, maanpinnan profi-

loiminen eli kaltevuuden suurentaminen ojien suuntaan sekä tiheä kyntö. Edellä mainituilla toimenpiteillä luodaan suotuisat olosuhteet pintaveden valumiselle vesiuomiin.

Agromelioratiivisia toimenpiteitä käytetään enimmäkseen hydromelioratiivisten toimenpiteiden täydentämiseksi. Suurin osa agromelioratiivisista toimenpiteistä on suunnattu liikamärkyyshaitan poistamiseen. Erikoisesti toimenpiteet suuntautuvat raskaitten maitten pintavesien poistamiseen. Suurin osa agromelioratiivisten toimenpiteiden vaikutuksista rajoittuu vain yhteen kasvukautteen, minkä vuoksi ne tulee joka vuosi uudistaa. Vain maanpinnan profilointi, kyntökerroksen syventäminen ja kynnön alapuolisen kerroksen kokkareittaminen vaikuttavat kauemmin.

Metsämelioratiiviset toimenpiteet

Metsämelioratiivisista toimenpiteistä on ennen kaikkea mainittava metsäkaistojen muodostaminen. Metsäkaistojen vaikutus maason vesitilaan on monenlainen. Niiden vaikutus ei rajoitu yksinomaan alueella, jossa metsäkaistat sijaitsevat, vaan yleensä koko vesistön alueelle. Metsäkaistojen kaksi tärkeintä vaikutusta on tuulen nopeuden pienentäminen ja lumen pidättäminen. Tuulen nopeuden pienentäminen vähentää veden tarpeetonta haihtumista maasta ja lumen pidätyminen puolestaan lisää sulamisvesien määrää, jolloin maahan imeytyy enemmän vettä. Huomattavassa määrin suurentavat metsäkaistaleet myös sateita. Metsäkaistaleet edesauttavat maata säästämään ja lisäämään vesivarojaan ja niiden tarve on erityäin suuri aavoilla ja vähämetsäisissä aro- ja metsäaroppiirikunnissa, joissa vähäisten sateiden vuoksi on erikoisen tärkeätä taistella maan vesivarojen epäproduktiivisen kulutuksen estämiseksi.

Suuri merkitys on metsäkaistaleilla myös taistelussa eroosiota (maan huuhtoutumista) vastaan pelloilla ja veden vaivaamilla jokiluhdilla. Laajemmat metsäkaistaleet (kaistanleveys vähintään 20 m), jotka on sijoitettu maastoon korkeuskäyrien suuntaiseksi eli kohtisuoraan pintaveden liikesuuntaa vastaan, edistävät pintaveden imeytymistä. Pintaveden määrä sen vuoksi vähenee ja samanaikaisesti vähenee myös peltojen eroosiovaara. Metsäkaistaleet pienentävät jokiin tapahtuvaa pintavaluntaa ja suurentavat pohjavesivaluntaa, mikä tasoittaa joen virtaamia ja pienentää ylivirtaamaa. Näin ollen myös tulvat jokiluhdilla pienenevät.

Hydromelioratiiviset toimenpiteet

Hydromelioratiivisiksi eli hydroteknillisiksi nimitetään sellaisia toimenpiteitä, jotka mahdollistavat radikaalisen vesitilan muuttamisen maassa. Muutos ei kohdistu yksin kyntökerrokseen, vaan myös maaprofiilin syvimpiin kerroksiin. Riippuen siitä, minkä suuntaista vesitilan säätelyä tarvitaan, jakautuvat hydromelioratiiviset keinot kasteluksi ja kuivatukseksi. Tapauksesta riippuen rakennetaan maa-alueelle joko kastelu- tai kuivatusverkko. Molemmat muodostuvat määrätyn muotoisista ja suuruisista vesijohdoista, jotka on maaston sijoitettava tiettyyn järjestykseen. Kastelua tulee käyttää silloin, kun kasvien kasvu on joko hidastunut tai kokonaan pysähtynyt maan vesivarojen vähäisyyden vuoksi, jolloin agroteknillisten, agromelioratiivisten ja metsämelioratiivisten toimenpiteiden käyttö ei enää johda tulokseen. Kastelutarve kasvaa Neuvostoliiton alueella pohjoisesta etelään mentäessä. Kuivassa ilmastovyöhykkeessä on keinokastelu perusedellytys maiden maataloudelliselle käy-

tölle. Tällaisten alueiden joukkoon kuuluvat erämaa-, puolierämaa ja monet aropiirikunnat Keski-Aasiassa, Taka-Kaukaasiassa ja muuallakin. Piirikunnissa, joissa kuivuutta esiintyy vain ajoittain kuten Volganmaalla, Ukrainassa, Krimillä, Pohjois-Kaukaasiassa ja keskisellä mustanmullan alueella, takaa keinokastelu tabiilit viljelyskasvien sadot. Myös pohjoisissa piirikunnissa saadaan kastelun avulla riittävän suuria tuloksia pienen vesikapasiteetin omaavilla mailla ja paljon vettä tarvitsevilla viljelyksillä. Maanviljelyksen vastainen kehittäminen vaatii kastelun laajentamista nykyisissä kastelupiirikunnissa ja myös uusien kastelulaitosten perustamista nykyisiä pohjoisemmaksi.

Eestissä osoittautuu kastelu tarpeelliseksi pääasiassa runsaasti vettä tarvitsevilla viljelyksillä (keittiökasvit ja rehuviljelmät), erikoisesti vähäisen vesikapasiteetin omaavilla ilmavilla mailla, jotka sijaitsevat saarilla sekä mantereen luoteis- ja länsipiirikunnissa. Samoin vaativat kastelua eroosiomaat Etelä-Eestissä.

Kuivatus on tarpeen silloin, kun kasvin kasvu on hidastunut tai kokonaan pysähtynyt maan liikamärkyyden takia, jolloin liikaveden poistaminen maanpinnalta ja kasvien juurivyöhykkeestä ei ole toteutettavissa pelkästään agroteknillisillä ja agromelioratiivisilla toimenpiteillä. Kuivatusta vaativat maa-alueet sijaitsevat Neuvostoliitossa pääasiassa mustan mullan alueen ulkopuolella, erikoisesti luoteispiirikunnissa.

Kaikkia edellä lueteltuja toimenpiteitä, lukuunottamatta agroteknillisiä, käsitellään yksityiskohtaisesti myöhemmin.

PERUSTIETOJA KUIVATUKSESTA

1. Kuivatusverkko ja sen rakenne

Kuivatuksen tarkoituksena on parantaa maan ilmatilaa poistamalla maasta liiallista vettä. Kuivatuksen avulla luodaan kasveille suotuisat kasvuolosuhteet. Kuivatus helpottaa myös muokkaustöiden, kasvien hoitotoimenpiteiden ja sadonkorjuutöiden suorittamista.

Liiallisen veden poistamiseksi kuivatettavalta maa-alueelta tarvitaan vesiuomia. Kuivatustarkoitusta varten säädeltyjen luonnonuomien ja kaivettujen tekouomien, samoin kuin niiden yhteydessä olevien tai niihin kuuluvien rakenteiden muodostama kokonaisuutta nimitetään kuivatusverkoksi. Kukin vesiuoma palvelee tiettyä tarkoitusta kuivatusverkossa ja saa sen mukaan myös nimensä. Maa-alueita, jonka kuivatusverkko käsittää, nimitetään kuivatuskohteeksi. Kuivatuskohteena voi olla koko vesistöalue, talousalue tai joku pienempi alue. Kuivatusverkon yhteydessä olevat vesiuomat ryhmitetään veden vastaanottajiksi eli purkuvesistöiksi ja kuivatussysteemeiksi.

Vesistöä, vesiuomaa, noroa jne, johon vesi johdetaan kuivatuskohteesta, nimitetään purkuvesistöksi. Purkuvesistö sijaitsee joko kuivatuskohteessa tai sen ulkopuolella. Purkuvesistönä voi olla meri, järvi, joki, oja, kanava, laakso, rotko ja joskus myös maanalainen vesitila eli vettäsisäلتävä maaperän kerros. Samalla kuivatuskohteella voi olla yksi tai useampia purkuvesistöjä. Kuivatusverkkoon kuuluviksi luetaan purkuvesistöistä ainoastaan vesiuomat ja vesiuomatkin vain niiltä osiltaan, kun ne vaativat sää-

telyä tai järjestelyä kuivatuskohteesta liikaveden esteettömäksi poisjohtamiseksi.

Kuivatusverkkoon voi kuulua yksi tai useampia kuivatussysteemejä. Kuivatussysteemillä tarkoitetaan maiden kuivattamista tarkoittavien luonnonuomien ja kaivettujen tekouomien, samoin kuin niiden yhteydessä olevien tai niihin kuuluvien rakenteiden muodostamaa kokonaisuutta, joka yhden vesiuoman - pääojan - kautta purkaa vensä edelleen purkuvesistöön. Kuivatussysteemi jakautuu perusverkoksi, detaljiverkoksi ja piiriverkoksi, jolloin jaon perusteena on se tehtävä, mikä kullakin vesiuomalla on kuivatussysteemissä. Kuivatussysteemin perusverkkoa ja detaljiverkkoa nimitetään myös vastaavasti peruskuivatusverkoksi ja detaljikuivatusverkoksi eli paikalliskuivatukseksi.

Kuivatussysteemin detaljiverkon eli detaljikuivatusverkon tehtävänä on vastaanottaa kuivattavalta maa-alueelta liikavesiä ja johtaa niitä edelleen perusverkkoon. Liikavedet voivat olla joko pinta- tai pohjavesiä. Detaljiverkko kokonaisuudessaan tai osiltaan voi koostua umpinaisista tai avoimista vesiuomista. Ensin mainittua detaljiverkkoa nimitetään salaojastoksi, avointa taas ojastoksi. Avoin detaljiverkko koostuu kuivatusojista, kun taas umpinainen jakaantuu salaojastoiksi ja yksittäissalaojiksi. Ojasto muodostuu tärkeimmästä - kokoojasta - ja siihen laskevista imuojista. Kokoojat voivat muodostaa haarakokoojia ja nämä edelleen pääkokoojia. Yksittäissalaojat eivät kuulu ojastoon, vaan ne laskevat jokainen erikseen avouomaan. Vaikkakin kokoojan tehtävänä ojastossa on vain veden edelleen johtaminen, on käytännön kannalta tarkoituksenmukaista se silti lukea salaojiin, samoin kuin koko ojasto kokonaisuudessaan detaljiverkkoon kuuluvaksi. Kuivatusojaa, yksittäissalaojaa

ja salaojastoon kuuluvia salaojia nimitetään myös paikallisojiksi.

Salaojat luokitellaan rakenteen mukaan putkisalaojiksi, täyttösalojiksi ja onkalosalaojiksi. Putkisalaojassa ovat liikaveden vastaanottajina ja eteenpäin johtajina maan sisään asetetut putket. Täyttösalojissa on putken asemesta huokoista massaa eli täytettä. Onkalosalaojissa toimivat johtoina maan sisään muodostetut onkalot. Salaojaputken materiaalina voi olla savi, puu, betoni, kivi, muovi jne. Täyttösalojat jakautuvat käytetyn materiaalin perusteella riuku-, risu- ja kivisalaojiksi. Onkalosalaojat luokitellaan onkalon muodostamisen mukaan myyrä- ja rakosalaojiksi. Salaojia tarkastellaan lähemmin neljännessä pääkappaleessa. Toimenpiteitä, jotka liittyvät detaljiverkon luomiseen, nimitetään detaljikuivatukseksi.

Kuivatussysteemin piiriverkkoon kuuluvat piiriojat ja piirisalojat.

Piiriverkon tehtävänä on maa-alueelle ulkopuolelta valuvan pinta- ja pohjaveden vastaanottaminen ja sen johtaminen eteenpäin joko perusverkkoon (esim. salaojakokoojiin) tai suoraan purkuvesistöön. Vesiuomien lisäksi voivat piiriverkkoon kuulua myös suojapadot, joilla estetään tulvaveden pääsy kuivatuskohteeseen.

Kuivatussysteemin perusverkon eli peruskuivatusverkon tehtävänä on detaljiverkosta samoin kuin myös piiriverkosta saapuvan veden johtaminen edelleen purkuvesistöön. Se muodostuu yhdestä päävaltaojasta ja tavallisesti useasta haaraojasta. Pääoja vastaanottaa haaraojien vedet ja johtaa ne edelleen purkuvesistöön. Kokoojojat ovat välirenkaina detaljiverkon ja pääojan välillä. Haarau-

tumisen mukaan jaetaan valtaojat eri asteisiin, jolloin pääojaan laskevat valtaojat ovat I-asteen valtaojia, niihin laskevat II-asteen valtaojat jne. Perusverkon vesiuomat ovat kaikki avouomia. Toimenpiteitä, jotka liittyvät perusverkon luomiseen, nimitetään peruskuivatukseksi.

Kuivatussysteemissä ei aina tarvitse esiintyä kaikkia edellä lueteltuja elementtejä. Siten esimerkiksi piiriverkko voi puuttua kokonaan. Eräissä tapauksissa voi kuivatussysteemin muodostaa vain yksi salaojasysteemi, yksittäissalaoja tai kuivatusoja.

Kuivatusverkossa on monessa tapauksessa kuivatusojaa vähäisempiäkin uomia (vesivakoja), jotka jo tekotapansa puolesta kuuluvat agromellioratiivisten toimenpiteiden joukkoon. Kuivatusverkon kaaviokuva nähdään kuvassa 10.

Kuivatusverkkoa, joka on tarkoitettu pitkäikäiseksi, nimitetään pysyväksi. Sitä vastoin kuivatusverkkoa, jonka on tarkoitettu pysyvän kunnossa vain muutaman vuoden, samoin kuin sellaista kuivatusverkkoa, jonka ikä luonnostaan rajoittuu muutamaan vuoteen, nimitetään ajoittaiseksi. Esim. onkalosalaojan ikä on luonnostaan lyhyt, koska se tavallisesti tukkeutuu jo 1...5 vuoden kuluessa. Samoin ovat myös vesivaot pellolla lyhytikäisiä, koska ne häviävät jo seuraavan kyntökerran yhteydessä. Soita kuivattaessa tehdään usein suon painumisen ajaksi (3...5 vuodeksi) avoin detaljiverkko, naverointi, ja vasta sen jälkeen rakennetaan avo-ojien tilalle jo salaojat.

Kun koko maa-alue, lukuunottamatta alaltaan rajoitettuja korkeita kohtia on liikamärkyyden vaivaama, käytetään yleiskuivatusta, jossa detaljiverkon vesiuomat (kuivatusojat ja salaojat) sijoitetaan

määrätyille etäisyyksille toisistaan yli koko kuivattettavan maa-alueen. Umpinaista detaljiverkkoa nimitetään tällöin yleissalaojittukseksi ja avointa taas yleisojittukseksi. Kun kuivatusta vaativat vain maa-alueen tietyt osat, kuten esim. kumpuilevassa maastossa notkot tai rinteillä olevat lähteet, suunnitellaan haja-kuivatus. Sen yhteydessä suunnitellaan kuivatusojat tai salaojastot samoin kuin yksittäissalaojatkkin tietyssä järjestyksessä notkojen ja lähteiden kautta. Umpinaista detaljiverkkoa nimitetään tällöin hajasalaojittukseksi ja avointa hajaojittukseksi. Ajoittain liikamärillä mailla käytetään harvennettua yleiskuivatusverkkoa, jolloin detaljiverkon ojaetäisyydet ovat paljon suuremmat kuin vastaavalla maalajilla jatkuvan liikamärkyyden vallitessa. Eri-tyisen märillä paikoilla, joissa on lähteitä tai paineenalais- ta pohjavettä, käytetään tihennettyä yleiskuivatusverkkoa, jol- loin kuivatusojien etäisyydet ovat normaalia pienemmät.

2. Maatalouden asettamat vaatimukset kuivatusverkolle

Maatalous asettaa kuivatusverkolle suuret ja moninaiset vaatimukset. Kuivatusverkon sijoituksesta maastoon ja konstruktiivisesta toteutuksesta riippuu suurella määrällä sen toiminta ja tehokkuus. Tärkein vaatimus, joka kuivatusverkon tulee täyttää, on luonnollisesti se, että se loisi kuivatettavalle maa-alueelle sellaisen vesi- ja ilmatilan, joka tarvitaan viljelyskasvien normaaliin kehittymiseen. Suurtilat asettavat kuitenkin kuivatusverkolle sen lisäksi vielä muitakin vaatimuksia, jotka johtuvat korkealle kehittyneen ja koneellistuneen suurtalouden tuotantoedellytyksistä. Voimakkaiden traktorien ja laajan työalan vaativien maatalouskoneiden käytön edellytyksenä on suurten lohkojen olemassaolo. Avouomien välisten peltolohkojen (kuivatus-

kenttien) tulee olla niin laajat, että niiden muokkaaminen myös poikkisuunnassa käy helposti. Vielä suurempi merkitys kuin lohkon leveydellä on peltotöiden koneellistumisen kannalta sen pituudella, sillä siinä suunnassa tapahtuu koneiden pääasiallinen liikkuminen. Optimaalisena lohko suuruutena voidaan pitää 20...30 ha. Lohkon pieni koko alentaa työsuoritusta. Pienillä lohkoilla joutuvat koneet jatkuvasti kääntymään, mikä alentaa koneen käyttöä. Samoin jää pienillä lohkoilla enemmän tuottavaa peltopintaa ojien reunoille ja nurkkiin maatalouskoneiden tavoittamattomiin. Suuntaa antavana tulisi pitää lohkoa, jonka pituus on 400 m ja leveys 200 m. Edellä mainittuja pienempiä lohkon mittoja voidaan sallia vain erikoisolosuhteissa. Kylvöjärjestyksen suunnittelun helpottamiseksi on edullista, että kuivatuslohkot olisivat yhtäsuuria ja niiden luku sopusoinnussa kylvöjärjestyksen kanssa. Kuivatusverkon avouomien tulisi yhtyä viljelysmaan rajoihin ja mahdollisimman vähän leikata teitä.

Lohkojen laajuuden ohella on suurta merkitystä myös niiden muodolla. Parhaimpana lohkon muotona on suorkaide. Myös suunnikkaan muotoisia lohkoja, joiden kulmat eivät paljon eroa suorasta kulmasta, voidaan pitää hyvinä. Tyydyttäväksi luetaan puolisuunnikkaan muotoiset lohkot, joiden yhdensuuntaiset sivut ovat pitemmät kuin muut sivut sekä suunnikkaan muotoiset kenttät, joiden kulmat eroavat huomattavasti suorasta kulmasta. Kolmion- ja monikulmionmuotoiset lohkot ovat huonoja, minkä vuoksi niiden muodostumista tulee jo suunnitteluvaiheessa välttää.

Maanparannuksen kannattavuuden ja maataloustuotteiden omakustannushinnan kannalta on kuivatusverkon kunnossapitokustannuksilla suuri merkitys. Kunnossapitokustannukset riippuvat kuivatusverkon kons-

truktiivisesta toteutuksesta. Teknillisten vaatimusten mukaisesti rakennettu salaojitus toimii säännöllisesti ja sen kunnossapito vaatii erittäin vähän kustannuksia. Avo-ojitus vaatii sitävastoin vähintään 10-kertaiset kunnossapitokustannukset salaojiin verrattuna. Vaikkakin salaojituksen rakentamiskustannukset ovat 2-3 kertaa suuremmat avo-ojituksen rakentamiskustannuksia, osoittautuu salaojitus käytössä tuntuvasti edullisemmaksi ja vastaa maanviljelystaloudellisia vaatimuksia sen vuoksi paremmin kuin avo-ojitus.

Maatalouden kannalta on perusteltua myös perusverkon vesiuomien vahvistaminen, sillä se vähentää tuntuvasti häiriöitä verkossa ja alentaa sen vuoksi kuivatusverkon kunnossapitokustannuksia.

3. Maiden kuivatustarve Eestissä

Maat voivat olla, kuten jo aikaisemmin on mainittu, pysyvästi tai ajoittain liian märkiä. Ajoittainen liikamärkyys luokitellaan puolestaan lyhytaikaiseksi ja pitempiaikaiseksi.

Ajoittain liian märillä mailla on veden tulo pienempi ja veden poisvirtausedellytykset suotuisammat kuin jatkuvasti liian märillä mailla. Voidaan sanoa, että ensimmäisessä tapauksessa on liikamärkyuden aste alempi, toisessa tapauksessa korkeampi. Jotta saavutettaisiin optimaalinen ja yli koko kylvökentän ulottuva yhtäläinen vesitila, tulee korkeampiasteisen liikamärkyuden vallitessa kuivatusverkon avulla johtaa maasta pois enemmän ja nopeammin vettä kuin alempiasteisen liikamärkyuden vallitessa. Liikamärkyysasteesta riippuen tulee maiden kuivattamisessa käyttää erilaista kuivatustehokkuutta. Mitä korkeampi asteisena liikamärkyys esiin-

tyy, sitä tiheämpi pitää samassa syvyydessä olevan kuivatusverkon olla ja päinvastoin.

Paitsi maiden liikamärkyysasteesta, riippuu kuivatukselta vaadittava tehokkuus, usein vieläpä kuivatustarvekin, viljeltävästä kasvista ja suunnitellusta satotasosta eli toisin sanoen kuivatukselta vaadittava tehokkuus riippuu maa-alueen suunnitellun hyväksikäytön tehokkuudesta. Voimaperäisesti viljellyillä mailla, missä viljellään suurisatoisia viljelyskasveja, pitää liikamärkyiden aiheuttamien haittojen olla käytännöllisesti katsoen täydellisesti poistettut. Vähemmän voimaperäisen maan käyttötavan yhteydessä aiheuttaa tehokas kuivatus jo niin suuria kustannuksia, että sen toetuttaminen ei enää ole taloudellista, minkä vuoksi säädelläänkin vesitilaa vain sen verran, että vältettäisiin suuremmat haitat tai käytetään maata sellaisenaan vesitilaa säätelemättä (esim. luonnontilaiset heinämaat).

Samoin lajin ja liikamärkyysasteen vallitessa määräytyy kuivatukselta vaadittava tehokkuus maa-alueen käyttötavan mukaan. Useissa tapauksissa riittää pelkkä valintakuivatus tai kuivatus ei ylipäänsä ole tarpeellistakaan. Tehokkainta kuivatusta vaativat hedelmäpuiden ja puutarhakasvien viljelyyn tarkoitettut maat, viljelyslaitumet, heinäpellot ja lopuksi metsämaat.

Maan käyttötavan vaatimaa kuivatustehokkuutta nimitetään kuivatuksen tehokkuusasteeksi. Tehokkainta kuivatusta, jota vaatii hedelmäpuiden ja puutarhakasvien viljelys, nimitetään kuivatuksen I tehokkuusasteeksi. Kuivatustehokkuutta, joka on tarpeen viljakasvien viljelylohkoilla, viljelyslaitumilla, heinäpelloilla ja metsäamilla, nimitetään vastaavasti II, III, IV ja V tehokkuusasteeksi. Heinäpellot, joilla välivuosina viljellään viljakasveja tai joita laidunne-

taan, kuivatetaan samalla tehokkuudella kuin viljelyslaitumia.

Kuivatuksen tehokkuuden valinnassa lähdetään siitä perusajatuksesta, että vesitila ei saa olla esteenä maan hyväksikäytön voima-peräistämiseksi; maan käyttötavan valinnassa jäävät määrääviksi vain ne luonnon edellytykset, joita käytännössä ei ole mahdollista muuttaa teknillisillä keinoilla. Tällaisia luonnon edellytyksiä ovat maalaji, pinnanmuodostus ja jossain määrin myös maanparannuksen jälkeen muodostettavien kehttien suuruus ja muoto.

Riippuen maan liikamärkyysasteesta ja käyttötavasta määrätään kuivatustarve seuraavien periaatteiden mukaisesti.

Lyhytaikaisesti liian märät (gleistyneet) maat. Gleistyneillä mailla on tarkoituksenmukaisen kuivatusverkon luominen muihin liikamärkyiden vaivaamiin maihin verrattuna kaikkein vaikeinta. Periaatteessa sen määräävät kuivatukselta vaadittava tehokkuus, gleistymisaste ja maan tulevan hyväksikäytön näkymät.

Vähäsateisina kesinä eivät viljelyskasvien sadot gleistyneillä mailla jää pienemmiksi kuin sopivan kosteilla maillakaan. Runsasateisina vuosina kuitenkin sato pienenee ja pieneneminen on sitä voimakkaampaa, mitä korkeampi on gleistymisaste. Metsän kasvua tällaisilla mailla liikamärkyys ei merkittävästi hidasta. Vähäinen gleistyminen ei alenna myöskään heinäpeltojen satoa. Enemmän gleistyneillä mailla osoittautuu jo heinäpeltojen ja erikoisesti viljelyslaitumien kuivatus tarpeelliseksi. Peltomailla ja pitkälle gleistyneillä mailla sekä heinäpelloilla käytetään harvennettua yleiskuivatusta. Kumpuilevilla alueilla riittää hajakuivatus. Jos gleistyneet maat ovat pieninä (enintään 1 ha:n suuruisina) palstoina pitempiaikaisesti tai pysyvästi liian märkien maiden

keskellä ja viimeksimainitut kuivatetaan, paranee myös gleistyneiden maiden vesitila siinä määrin, että ne voidaan jättää kuivattamatta. Jos sen sijaan gleistyneet maat ovat pieninä palstoina kuivattamista tarvitsemattomien maiden keskellä muodostaen alueita, joihin ympäristöstä valuu pinta- tai pohjavesiä, tulee ne aina kuivat-
taa.

Samoin kuin gleistyneillä mailla, esiintyy viljelyskasvien sadon alentumista liikamärkyyden vuoksi myös vahvasti podsoloituneilla rusko-podsolimailla, vieläpä keskinkertaisen podsoloituneillakin rusko-podsolimailla, minkä vuoksi ne tarvitsevat erityisesti pel-
tomaina käytettäessä harvennettua yleiskuivatusta tai valintakuivatusta.

Lyhytaikaisesti liian märkien maiden vesitilan säätelyssä osoittautuvat raskaamilla mailla varsin käyttökelpoisiksi agromelioratiiviset toimenpiteet, ensisijassa vesivakojen ajaminen seisovan pintaveden poisjohtamiseksi sekä syvän kyntökerroksen luominen sade-
veden kokoamiseksi.

Pysyvemmän liikamärkyyden vaivaamat maat (gleimaat). Gleimaat vaativat peltona käytettäessä tavallisesti yleiskuivatukset. Heinäpelto- ja gleimailla on tarkoituksenmukaista kuivat-
taa harvennettua kuivatusverkkoa käyttäen, jolloin kumpuilevilla alueilla riittää valintakuivatus. Jos gleimaat ovat pienehköinä (enintään 0,5 ha:n, heinäpelloilla enintään 1,0 ha:n suuruisina) palstoina jatkuvas-
ti liian märkien maiden keskellä, niitä voidaan edullisesti viljellä myös kuivattamatta edellyttäen, että ympärillä olevat maat kui-
vatetaan. Metsämaina käytettäessä ei gleimaiden kuivatus ole perusteltua, sillä puiden lisäkasvun suureneminen kuivatuksen an-
siosta on erittäin vähäistä. Vain valintakuivatus saattaa osoit-

tautua tarpeelliseksi erikoistapauksissa.

Myös gleimailla osoittautuvat agromelioratiiviset toimenpiteet käyttökelpoisiksi varsinkin raskaita gleimaita kuivatettaessa. Agromelioratiivisista toimenpiteistä soveltuvat parhaiten käytettäväksi maanpinnan profiloiminen, vesivakojen ajaminen ja syvemmän kyntökerroksen muodostaminen.

Jatkuvasti liian märät maat (soistuvat maat ja suot). Nämä maat vaativat viljelysmaana käytettäessä yleiskuivatuksen. Metsämaina käytettäessä on yleiskuivatus myös tavallisesti tarpeen, ainostaan kumpuilevassa maastossa saattaa turvemaille riittää hajakuivatus.

Lietemaita (aaluviaalimaita) käytetään tavallisesti heinäpeltoina. Näistä lietteiset rusko-gleimaat, soistuneet muta- ja liete-maat ja liete-mutasuomaat vaativat viljelysmaana käytettäessä yleiskuivatuksen, kun taas liete-ruskomaiden märät osat kuivatetaan alueen käyttötavasta riippun 25-40 % harvennetun kuivatusverkon avulla. Lietemaiden vesitilan säätely liittyy enimmäkseen runsaasti kustannuksia vaativiin jokijärjestelytöihin.

Edellä esitettyjä perusajatuksia on käytetty "Eestin Maanparannusprojektissa" maanparannuskohteita luotaessa jo vuodesta 1952, jolloin R. Pant esitti alustavan taulukon maiden suhteellisesta kuivatustarpeesta. Myöhemmin on kirjoittaja pääasiassa omiin havaintoihinsa ja tekniikan kandidaatti K. Hommikun tutkimuksiin nojautuen täydentänyt alustavaa taulukkoa. Vuodesta 1964 lähtien on noudatettu kuivatustarvetta määrättäessä taulukossa 8 esitettyjä suosituksia.

4. Kuivatusmenetelmä ja kuivatustavat

Liian märkien maiden kuivattaminen voi tapahtua periaatteessa monella tavalla, jolloin tehtävän teknilliseksi ratkaisemiseksi käytetään monenlaisia ja usein toisistaan poikkeavia menetelmiä.

Käsitteiden kuivatusmenetelmä ja kuivatustapa välillä on ero. Kuivatusmenetelmillä tarkoitetaan periaatetta, minkä mukaan liikkamärkyys poistetaan ja millä tavoin liikavedet johdetaan pois kuivatettavalta maa-alueelta. Kuivatustavalla sitävastoin ymmärretään niitä mahdollisuuksia ja toimenpiteitä, joilla tehtävä teknillisesti ratkaistaan.

Kuivatusmenetelmät: Liikkamärkyiden aiheuttajasta, sen esiintymisen luonteesta ja määrästä sekä maan käyttötavasta riippuen käytetään erilaisia kuivatusmenetelmiä. Yleensä erotetaan viisi kuivatusmenetelmää (kuva 11):

- 1) maa-alan suojeleminen ulkopuolelta valuvilta vesiltä
- 2) maaprofiilin vesikapasiteetin suurentaminen
- 3) pintaveden poisevirtauksen nopeuttaminen
- 4) liiallisen veden poisevirtauksen nopeuttaminen kyntökerroksesta ja
- 5) pohjaveden alentaminen.

Taulukossa 8 olevien maanlaatuojen merkintöjen selitys:

Krusko-karbonaattimaat; yläindeksien merkitys: ' - hyvin ohut, " - ohut, ''' - keskinkertaisen vahva, '''' - vahva; alaindeksien selitys: o - vettynyt, (o) - kyllästynyt, I - podsoloitunut, (I) - kyllästymätön, (g) - heikot gleistymistunnukset, gI - heikosti gleistynyt, gII - vahvasti gleistynyt.

L podsolimaat; alaindeksien merkitys: I - heikosti, II - keskin-kertaisesti, III - vahvasti podsoloitunut.

LK rusko-podsolimaat; alaindeksien merkitys: I, II, III - sama mi-kä L-kohdassa, (g) - heikot gleistymistunnukset.

Lg gleistyneet rusko-podsolimaat; alaindeksien merkitys: I - hei-kosti gleistynyt, II - vahvasti gleistynyt.

LG rusko-podsoli-gleimaat; alaindeksien merkitys sama kuin Lg-kohdassa: 1 - soistunut, 3 - multakerroksellinen.

G rusko-gleimaat; alaindeksien merkitys: K - karbonaattinen, o - vettynyt, (o) kyllästynyt, I - podsoloitunut, (I) - kyl-lästymätön, d - deluviaalinen, 1 ja 3 - sama kuin LG-kohdassa.

AK = rusko-alluviaalimaat

AG = glei-ruskoalluviaalimaat

Am = soistuneet, mutaiset alluviaalimaat

AM = liete-mutasuomaat

Dg = gleistyneet rusko-deluviaalimaat

DG = glei-rusko-deluviaalimaat

Dt = soistuneet deluviaalimaat

E = erosiomaat

M = mutasuomaat

S = välisuomaat

R = rahkasuomaat

yläindeksien selitys:

' ohut

" vahva

alaindeksien selitys:

1 heikosti

2 keskinkertaisesti ja

3 vahvasti maatunut

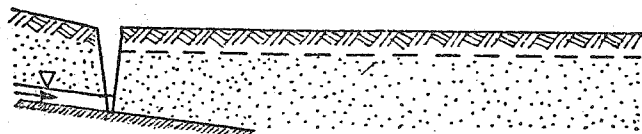
Huomautus: ylläesitetyt maanlaatuojen merkinnät ovat käytössä

"Eestin Maanparannusprojektin" laatimissa maaperäkartoissa.

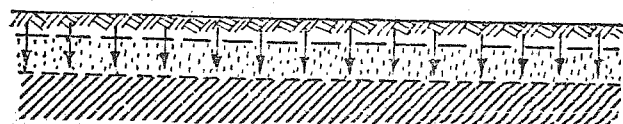
Muitten laitosten laatimissa kartoissa voi esiintyä toisenlai-sia merkintöjä.



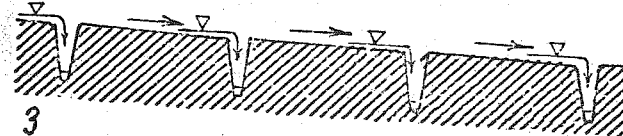
1-a



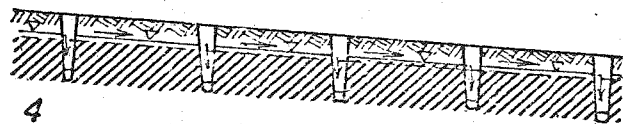
1-b



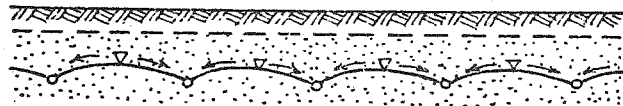
2



3



4

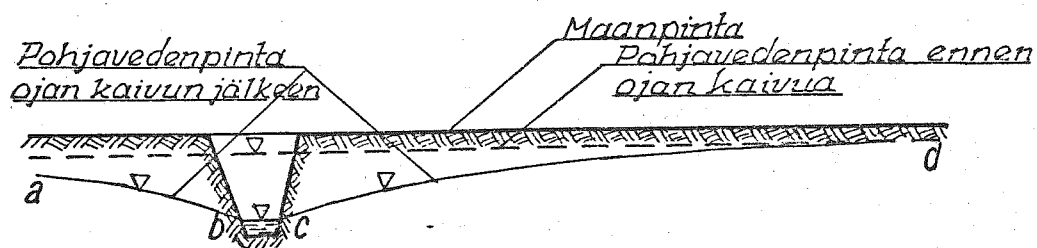


5

Selitys:

-  muokkauskerros
-  huonosti läpäisevä
-  hyvin läpäisevä
-  läpäisemätön
-  rakoilutettu kerros
-  avo-oja
-  salaoja
-  vesipinta
-  veden liikesuunta

Kuva 11. Kuivatusmenetelmät



Kuva 12. Depressiokäyrä ojan vaikutusalueella

Taulukko 8. Eestissä eniten tavattavien maalaajien skemaattinen jaotus kuivatustarpeen mukaan (R.Pandin muk.).

Kui- vatuksen tehokkuusas- te ja maan käyt- tötapa	1	2	3	4	AK	5	6	7	8	
		Li, L ^I , LK ^I , LK ^{II} , K ^I , K ^{II} , K ^{III} , K ^{IV} , Ko K(o), Ki, E	L ^{II} , LK ^{III} LK(g), K(g) Ko(g), K(o)(g) Ki(g)	Kgi, Kogi, K(o)gi, Kigi Lgi	Kgii, Kogii K(o)gii, Kigii K(l)gii, Lgii, Dg	GK GO G(o) LG, GI G(l) G(o)d	AG	Am	M ^I M ^I M ^I M ^{II} M ^{II} M ^{II} S ^I S ^I S ^I S ^{II} R ^I R ^I AM	
I tehokkuusaste, hedelmäpuutar- hat ja puutar- hakasvit	1	Ei vaadi kuivatusta	Valintakuiva- tus, tasaises- sa maastossa 25% harvennet- tu, yleiskuiva- tus	20..10% har- vennettu yleiskuiva- tus	Yleiskuivatus	Yleiskuiva- tus	Yleiskuui- vatus	Yleiskuui- vatus		
II tehokkuusaste, tavalliset vil- jelysmaat		"	Valintakuiva- tus. Erikoista- pauksissa ta- saissessa maas- tossa 50% har- vennettu yleis- kuivatus	Valintakuiva- tus tai 40..25% har- vennettu y- leiskuiva- tus	20...10% har- vennettu yleis- kuivatus	"	"	"	"	
III tehokkuusaste, viljelyslai- tumat		"	Ei vaadi kuivatusta	Ei vaadi kuivatusta	Ei vaadi kui- vatusta. Eri- koistapauk- sissa valin- takuiivatus.	40...25% har- vennettu yleis- kuivatus	20...10% harvennet- tu yleis- kuivatus	"	"	"
IV tehokkuusaste, heinäpellot		"	"	Ei vaadi kuivatusta	Erikoista- pauksissa va- lintakuivatus tai 50% har- vennettu yleis- kuivatus	30..15% harvennet- tu yleis- kuivatus	"	"	"	"
V tehokkuusaste, metsät		"	"	"	Ei vaadi kuivatusta	Erikoista- pauksissa hajakuiva- tus	20% har- vennettu yleiskuui- vatus	"	"	"

Taulukkoon 8 liittyvät huomautukset

- 1) Pintaveden voimakkaan luoksevirtauksen takia vähennetään maanlaaduilla DG ja Dt kuivattajien välisiä etäisyyksiä 10-20 %.
- 2) Viime aikoina saadut kokemukset osoittavat, että taulukossa esitetyn ajoittain liikamärkien (gleistyneiden ja glei-) maiden kuivatustarve on suuresti yliarvioitu, minkä vuoksi voidaan näiden maiden kuivattamisessa käyttää kuivatusverkon suurempaa harvennusta tai gleistyneillä mailla jopa monessa tapauksessa luopua kuivatuksesta yleensä kokonaan.

Maa-alueen suojaaminen ulkopuolelta valuvilta vesiltä on tarpeen silloin kun tällaista valuntaa esiintyy. Ulkopuolelta tuleva vesi voi olla joko pinta- tai pohjavettä, jota valuu ympäristön korkeammilta alueilta tai se voi myös olla joesta ja järvestä tulevaa tulvavettä. Tämän menetelmän soveltamisessa käytetään piiriverkkoa, vesiuomia sekä jokien ja järvien rannoilla myös suojapatoja.

Maaprofiilin vesikapasiteetin suurentaminen eli vesivarojen tasaminen maahorisonttien välillä tulee kysymykseen podsoloituneilla ja gleistyneillä mailla, joissa tiivis huuhtoutumis- tai gleikerros hidastaa veden valumista alaspäin ja aiheuttaa sen, että maan pintakerroksissa vesipitoisuus tulee liian suureksi.

Tämän menetelmän soveltamisessa käytetään agromelioratiivisiksi toimenpiteitä: kynnön syventämistä, kynnön alapuolisen kerroksen koreittamista ja myyräojitusta. Tämä menetelmä on kaikkein taloudellisimalla sillä 1) se ei vaadi kuivatusverkkoa ja muodostuu näin ollen huokeaksi ja 2) vettä ei poisteta, vaan siirretään alapuolisiin kuivempiin maakerroksiin, jossa se on kasvien käytettävissä. Kuiten-

kin on muistettava, että mainitulla menetelmällä on kynötkerroksesta mahdollista siirtää verrattain vähäisiä vesimääriä ja sen vuoksi se antaa tehokkaita tuloksia vain silloin, kun kynötkerroksen liikämärkyysaste ei ole kovin suuri. Useimmiten tulee agromeliorativisten toimenpiteiden ohella käyttää lisäksi toisia menetelmiä, joiden avulla vedet johdetaan pois. Maaprofiilin vesikapasiteetin suurentamismenetelmiä on hyödyllistä käyttää niissä tapauksissa, joissa veden poisjohtaminen saattaa aiheuttaa kasveille veden puutetta.

Liiallista pintavettä esiintyy pääasiassa raskailla mailla. Pinta-
veden poistvirtauksen nopeuttaminen on teknilliseltä kannalta helppoa, mutta usein johdetaankin maa-alueelta helposti pois liian paljon vettä, mistä on seurauksena se, että jäljelle jäänyt vesi ei riitä kasvien vaatimusten tyydyttämiseksi. Etenkin tämän menetelmän soveltaminen vaatii verrattain tiheää avointa detaljiverkkoa (ojitusta), mikä haittaa maan maataloudellista käyttöä. Tämä menetelmä on sovellettavissa pääasiassa vain luonnon heinämaiden ja metsämaiden kuivattamisessa ja silloinkin yksinään käytettäväksi vain, jos maa-alue saa liiat vetensä pääasiassa sateen muodossa.

Kynötkerroksesta veden poistvirtauksen nopeuttamistarvetta esiintyy raskailla mailla silloin, kun tällaiset maat ovat kynnettyinä. Runsaat sateet tai myös valuva vesi kyllästävät kynötkerroksen vedellä siinä määrin, että maahan muodostuu ylävesi so. gravitaatiovesi, joka jää kynöksen alapuoliseen kerrokseen.

Edellisestä menetelmästä eroaa puheena oleva siinä, että liikavettä ei siirretä syvempiin maakerrokseen vaan johdetaan kuivatettavan maa-alueen ulkopuolelle.

Pohjaveden alentamisen tarve syntyy suhteellisen helposti vettä

läpäisevillä mailla silloin kun vettä läpäisemätön kerros on lähellä maanpintaa tai pohjaveden poisvirtaus on hidastunut, minkä vuoksi pohjaveden pinta voi joko jatkuvasti tai ajoittain olla korkea, ja aiheuttaa aktiivisessa maakerroksessa (juurten leviämiskerroksessa) epäsuotuisan vesitilan. Tämän menetelmän soveltamisessa käytetään monenlaisia kuivatustapoja.

Kuivatusmenetelmän valinnassa tulee ottaa huomioon, että luonnon olosuhteet ovat tavallisesti erittäin moninaiset ja siitä johtuen on myös liikamärkyyden syitä useimmiten enemmän kuin yksi. Sen vuoksi esiintyy harvoin tapauksia, että maa-alueen kuivattamisella olisi mahdollista saavuttaa vaadittuja tuloksia yhden ainoan kuivatusmenetelmän soveltamisella. Useimmiten tulee käyttää useiden menetelmien kombinaatioita.

Kuivatustavat. Nykyisin maanparannuksessa käytettävät kuivatustavat voidaan jakaa kahteen ryhmään:

hydromelioratiivisiin eli hydroteknillisiin ja agromelioratiivisiin. Hydromelioratiiviset kuivatustavat kuuluvat luonnostaan peruskuivatustapoihin, kun taas agromelioratiivisia kuivatustapoja sovelletaan vain täydentämään hydromelioratiivisia kuivatustapoja raskaampien maiden kuivattamisessa.

Hydromelioratiivisten kuivatustapojen joukkoon kuuluvat:

- 1) avo-ojituskuivatus eli kuivatus ojitueta käyttäen
- 2) salaojituskuivatus eli kuivatus salaojitusta käyttäen
- 3) vertikaalikuiivatus
- 4) pengerkuivatus
- 5) kolmaatios (maadutus)
- 6) tulvasuojelu luhtamailla jne.

Avo-ojitus- ja salaojituskuivatuksessa poistetaan kuivatettavalta maa-alueelta liikavesi kuivatusverkkoon, jossa vesi virtaa itsestään. Molempia kuivatustapoja käytetään myös silloin, kun ulkopuolelta valuvien pinta- tai pohjavesien pääsy alueelle estetään. Pohjavedenpinnan alentamisessa (5. kuivatusmetodi) ja maa-alueen suojaamiseen ulkopuoliselta valunnalta (1. kuivatusmetodi) soveltuvat molemmat kuivatustavat käytännöllisesti katsoen yhtä hyvin. Jos sen sijaan on kysymyksessä 3. ja 4. kuivatusmetodi tai estetään valuvan pintaveden pääsy alueelle, antaa avo-ojitus salaojitukseen verrattuna parempia tuloksia. Edellä mainittua kahta kuivatustapaa käytetään useimmiten ja sen vuoksi niitä nimitetäänkin tavallisiksi kuivatustavoiksi. Muiden kuivatustapojen yhteydessä käytetään monia erikoistoimenpiteitä, minkä vuoksi niitä nimitetään myös erikoiskuivatustavoiksi. Vertikaalikuivatuksessa alennetaan pohjavettä siten, että erityisten kaivojen (salaoja- ja imeytyskaivojen) avulla suunnataan liikavesi joko kokoojajiin tai syvempiin vettä vastaanottaviin maakerroksiin. Pengerkuivatuksessa poistetaan liikavesi penkereillä suojatululta maa-alueelta eli ns. polderilta pumppaamalla. Haitallisten tulvien torjunnassa käytetään paikallisina keinoina suojapenkereitä ja jokijärjestelyitä sekä vesistöalueellisina keinoina tekojärviä ja metsäkaistaleita. Suojapenkereiden avulla estetään tulvaveden pääsy rannoille ja pelloille tai säädellään kevättulvia siten, että ne eivät aiheuta vahinkoa (eivät kuljeta pelloille karkaita aineksia - hiekkaa). Tekojärvien avulla säännöstellään vesistön virtaamia. Varastoimalla niihin vettä tulvan aikana ja juoksuttamalla vesiä myöhemmin pienennetään tulvia alapuolisilla jokuluhdilla. Samanlainen vaikutus on myös metsillä ja metsäkaistaleilla. Metsä edistää pintaveden imeytymistä ja hidastaa siten veden virtausta vesistöalueella, minkä vuoksi yliveden korkeus

joessa alenee. Pääasiallisena toimenpiteenä pohjaveden alentamisessa joen vaikutusalueella on sen perkaus. Jos rannoilla on liian märkiä alueita vain vähän, osoittautuu joen perkaaminen epätaloudelliseksi. Sellaisissa tapauksissa käytetään usein maadutusta eli kolmaatiota, joka perustuu siihen, että maan pintaa nostetaan matalilla alueilla sen verran, että pohjaveden pinta jää kyntökerroksen alapuolelle. Kolmaatio suoritetaan tavallisesti veden mukana kulkevien aineiden laskeuttamisella tulva-aikana.

Agromelioratiivisten toimenpiteiden tehtävänä on pintaveden poistuksen edistäminen ja liikaveden poisjohtaminen kyntökerroksesta joko maaprofiilin syvempiin kerroksiin tai kuivatusverkkoon. Maanpinnan profiloiminen (maanpinnan kaltevuuden suurentaminen) edistää pintaveden poistusta. Liiallisen pintaveden ja kyntökerroksesta liikaveden poisjohtamisessa kuivatusverkkoon käytetään apuna vakoja (vesivakojen ajaminen, piennartaminen) sekä vyöhykekyntöä. Veden siirtymistä ja kerääntymistä maaprofiiliin edistetään kyntökerroksen syventämisellä, kynnön alapuolisen kerroksen kokkareittamisella ja onkaloitten tekemisellä. Onkaloitten tekeminen edistää myös veden valumista kuivatusverkkoon.

Kuivatustavan valinta riippuu toisaalta käytettävästä kuivatusmetodista, toisaalta teknillisistä mahdollisuuksista, taloudellisesta kannattavuudesta sekä maataloustöiden koneellistumisen asettamista vaatimuksista.

5. Kuivatuksen vaikutus

Kuivatuksella on maahan sekä suoranaisia että välillisiä vaikutuksia. Kuivatuksen suoranainen vaikutus perustuu siihen, että maan huokosista poistuu gravitaatiovoittoa ja sijalle tunkeutuu ilmaa. Maan kosteus siis vähenee ilmamäärä lisääntyä. Ilmamäärän lisääntyminen

ja kosteuden väheneminen pienentää maan lämpökapasiteettia ja lämmönjohtokykyä sekä haihtumista ja siihen kuuluvaa lämpömäärää, minkä vuoksi kuivatettu maa lämpenee keväällä huomattavasti nopeammin ja maan lämpötila kasvukaudella on korkeampi. Kasvukausi alkaa keväällä aikaisemmin ja muodostuu sen vuoksi pitemmäksi.

Kuivatuksen aiheuttama maan ilmastuksen paraneminen ja lämpötilan kohoaminen vaikuttavat suotuisasti oksidoitumis- ja mikrobiologisiin prosesseihin. Liian märässä maassa olevat kasveille myrkylliset yhdisteet oksidoituvat ja muuttuvat vaarattomiksi yhdisteiksi. Orgaanisen aineen aeroobinen hajoamisprosessi lisääntyy, minkä tuloksena on nitraattien, fosfaattien ja muiden kasvinravinteiden muodostuminen. Taulukosta 9 nähdään, miten kuivatuksen (pohjaveden alentamisen) vaikutuksesta kosteus vähenee kyntökerroksesta sekä maan ilmapitoisuus ja sen mukana myös nitraattien määrä lisääntyvät.

Taulukko 9. Pohjaveden alentamisen vaikutus turvemaan kosteuteen, ilmapitoisuuteen ja nitraattien muodostumiseen kyntökerroksessa (N.F.Ledevitshin mukaan).

Pohjaveden syvyys cm	Maan kosteus %:ssa täysvesikapasiteetista	Ilmapitoisuus %	Nitratteja mg:na 1 kg kuivaa maata kohti
40	83,4	14,2	373
65	72,2	24,1	899
95	68,0	27,6	1124

Kuivatus aktivoi myös maassa olevien tuhatjalkaisten, alkueläinten, kastematojen ja muitten alempien eläinten toimintoja, joiden vaikutus orgaanisten jätteiden hajoamiseen on huomattava. Edellä

mainituista eläimistä ovat tärkeimpiä kastemadot, jotka käsittelevät ruoansulatuselimistössään suuren määrän orgaanista massaa, minkä jälkeen maabakteerit voivat helpommin käyttää sitä hyväkseen. Maabakteerit mineralisoivat lopullisesti orgaanisen massan. Kastematojen elintoimintojen tuloksena suurenee maan vedenläpäisevyys ja ilmamäärä huomattavasti. Hyönteisten määrä puolestaan vähenee liian märkien maiden kuivattamisen yhteydessä, minkä vuoksi maa-alueen terveydelliset olosuhteet paranevat.

Kuivatuksen positiivinen vaikutus maan ilmamäärään vaikuttaa myös maan fysikaalisiin ja keemiallisiin ominaisuuksiin. Maan kolloidinen struktuuri muuttuu, nimittäin kolloidineste eli sooli koaguloituu geeliksi. Geeli voi puolestaan sitoa maahiukkasia muruiksi.

Pohjaveden alentamisen vaikutuksesta juurtavat kasvit syvemmälle, minkä vuoksi juurten ravinnonsaantitilavuus suurenee. Myös kasvien alttius taudeille vähenee ja niiden talvenkestävyys paranee.

Kuivatuksen vaikutuksesta turve tiivistyy ja painuu. Painumisen aiheuttaa gravitaatiovedestä vapautuneen turvekerroksen suurentunut paino alempia kerroksia vastaan, kolloidien koaguloituminen ja turpeen mineralisoituminen. Kuivatettaessa tiivistyvät ja painuvat myös kolloideja sisältävät mineraalimaat (savi, jonkin verran myös hiekkasavi), mutta turpeeseen verrattuina tuntuvasti enemmän.

Kaikki edellä luetellut seikat, (kasvukauden piteneminen, juurten tunkeutuminen syvemmälle maahan, vesi- ja ilmatilan sekä lämpötilan paraneminen ja aerobisten hajoamisprosessien vilkastuminen jne.), jotka aiheutuvat joko suoranaisesti tai välillisesti liikkamärkyyden poistamisesta, edistävät kasvien kasvua ja kehitystä.

Kuivatuksen takia suurenevat viljelyskasvien sadot ja puuston lisäkasvu. Alueilla, missä jatkuvan liikamärkyyden takia ei ollut ylipäänsä aikaisemmin mahdollista käyttää maita maa- eikä metsätaloudessa, tulee tämä mahdollisuus kuivatuksen seurauksena. Kuivatuksesta johtuva satojen suureneminen on kussakin tapauksessa erilainen, riippuen maan aikaisemmasta liikamärkyydestä. Siellä, missä liikamärkyyttä esiintyi suuremmassa määrin, suurenevat sadot enemmän verrattuina niihin tapauksiin, jolloin liikamärkyys oli vain ajoittainen. Tavallisesti suurenevat sadot siinä määrin, että kuivatukseen ja siihen liittyviin teknillisiin toimenpiteisiin käytetyt varat korvautuvat sadon suurenemisen muodossa muutamassa (tavallisesti 3-8) vuodessa.

KUIVATUSSYSTEEMIN DETALJI- JA PIIRIVERKKO

1. Detaljiverkon toimintatapa

Maan liikamärkyyttä voi aiheuttaa seisova pintavesi tai korkea pohjavesi. Pintavedestä johtuva liikamärkyys poistetaan pääasiansa avo-ojituksella. Valuessaan maata pitkin kaltevuuden suunnassa joutuu pintavesi kuivatusojaan ja virtaa pois. Pintaveden liikkumisnopeus on sitä suurempi, mitä suurempi on kaltevuus ja mitä tasaisempi (sileämpi) on maanpinta. Tästä johtuen saman kuivatustehon saavuttamiseksi voivat kuivatusojien etäisyydet olla sitä suuremmat, mitä suurempi on maanpinnan kaltevuus. Jos maanpinnan luonnollinen kaltevuus on vähäinen, käytetään pintaveden poisvirtauksen nopeuttamiseksi ja siten myös kuivatusojien etäisyyden suurentamiseksi maanpinnan profiloimista, jolla suurennetaan ojien välisten kenttien kaltevuutta ojien suuntaan.

Jos liikamärkyys johtuu korkeasta pohjavedestä on vesitilan parantamiseksi tarpeen alentaa pohjaveden tasoa. Pohjaveden alentamisessa ovat sekä avo-ojitus että salaojitus yhtä tehokkaita. Kuivatusojan tai salaojan vaikutusalueelta valuu osa pohjavedestä pois, jolloin siihen astisen pohjavedenpinnan tilalle muodostuu uusi ns. depressiopinta, mikä tavallisesti on kupera. Pinnan vertikaalileikkausta kohtisuoraan oja vastaan nimitetään depressiokäyräksi (kuva 12). Depressiokäyrän muoto riippuu monesta tekijästä, veden luvkevirtauksesta, haihtumisesta jne. Mitä läpäisevämpää maaperä on sitä laakeampi on depressiokäyrä ja sitä kauemmaksi ulottuu ojan tai salaojan kuivattava vaikutus. Sateilla depressiokäyrä nousee ja muuttuu kuperammaksi, kuivakausina taas depressiokäyrä veden poisevirtauksen ja haihtumisen vaikutuksesta alenee ja muuttuu laakeammaksi.

On todettu, että maaperän läpi suotuva vesi tihkuu avo-ojan ja salaojan koko märkäpiirin ulottuvuudelta eli myös avo-ojan tai salaojan pohjan kautta.

Koska vesi tunkeutuu vesiuomaan myös alhaalta päin, on vesiuoman toiminta sitä parempi, mitä paremmin vesiuoman pohjan alla oleva maakerros suodattaa vettä. Mitä syvemmällä vesiuoman pohjan alapuolella puheena oleva maakerros on, sitä pienempi on siinä veden liikkumisnopeus ja sitä vähäisempi on sen vaikutus avo-ojan tai salaojan kuivatuskykyyn. Käytännössä voidaan arvioida, että 1,5-2,0 m:n syvyydellä vesiuoman pohjan alapuolella on pohjaveden liike mitätön.

Edellä esitetystä seuraa, että vesiuoman kuivattava vaikutus on sitä suurempi, mitä syvempi uoma on ja mitä syvemmällä on vettä läpäisemätön aluskerros. Vesiuoman vaikutus pohjaveden tasoon

ulottuu sitä kauemmaksi, mitä paremmin maa läpäisee vettä.

2. Detaljiverkon valuma

Vesimäärää, joka aikayksikössä valuu pinta-alayksiköltä nimitetään valumaksi. Sitä merkitään symbolilla q , ja se ilmaistaan litroissa sekunnissa yhtä hehtaaria tai neliökilometriä kohti (l/s ha tai l/s km²). Valuman tunteminen tekee mahdolliseksi kuivatusverkon oikean mitoituksen. Valuman perusteella määrätään kuivatusojien etäisyydet ja mitat. Näistä puolestaan riippuu kuivatusverkon rakennuskustannukset, minkä vuoksi valuman oikealla määräämisellä on myös suuri taloudellinen merkitys.

Valuma on ajan mittaan muuttuva ja sen suuruus riippuu sademäärästä, haihtumisen voimakkuudesta, maankuoren geologisesta rakenteesta, pinnanmuodostuksesta, maa-alan vedensaanitavasta ja vielä muistakin tekijöistä. Valumaa määrättäessä täytyy ottaa huomioon myös se, ettei kuivatusverkko, erikoisesti detaljiverkko, useinkaan ulotu vettäläpäisemättömään kerrokseen. Sen vuoksi se osa pohjaveden virtauksesta, joka tapahtuu kuivatusverkon vesiuomien pohjia syvempänä, ei joudu kuivatusverkkoon, vaan liikkuu syvempien maakerrosten kautta veden vastaanottajaan. Detaljiverkon valuma onkin usein (pääasiassa ajoittain liikamärillä mailla) pienempi kuin keskimääräinen valuma kysymyksessä olevalla vesistöalueella.

Valuman suuruudet saadaan monivuotisten havaintotulosten perusteella kysymyksessä olevalla vesistöalueella. Koska tällä tavoin valuman selville saaminen vaatii erittäin pitkän ajan, käytetään valuman määräämisessä myös monenlaisia välillisiä menetelmiä ja teoreettisia laskelmia.

Eestissä käytetään kuivatussysteemien suunnittelussa K.Hommikun esittämiä kaavoja numeeristen valuma-arvojen määrittämiseksi.

Koska detaljiverkon viljelysmailla pitää pyydyttää kuivatusvaatimuksia ensisijassa kasvukauden aikana ja silloin myös runsaiden sateiden aikana, on detaljiverkon (salaojakokoojien) mitoituksessa käytettävä kasvukauden maksimaalista valumaa (q_{vegmax}).

Sen laskentaa varten riittävät tarkat kaavat. Ne ovat seuraavat:

Puutarhakasvien, viljelysmaiden ja hedelmäpuutarhojen kuivatuksessa (I intensiviteettiaste):

$$q_{\text{vegmax}} = 11,4 \bar{q} \quad (11)$$

Tavallisten peltoviljelysmaiden kuivattamisessa (II intensiviteettiaste):

$$q_{\text{vegmax}} = 8,1 \bar{q} \quad (12)$$

Heinäpeltojen kuivattamisessa (III intensiviteettiaste)

$$q_{\text{vegmax}} = 7,5 \bar{q} \quad (13)$$

Näissä kaavoissa merkitsee $\bar{q}$ vuoden keskimääräistä valumaa ($l/s \text{ km}^2$).

Valuma määrätään kaavalla (14).

$$\bar{q} = \bar{q}_k + \Delta \bar{q} \quad (14)$$

Tässä kaavassa on $\bar{q}_k$ ilmastollinen valuma ($l/s \text{ km}^2$), joka selviää K.Hommikunn laatimista kartogrammeista, joita on käsikirjoissa ja $\Delta \bar{q}$ on korjaustermi, joka ilmaisee maan pohjaveden saannin.

Pohjavettä saavilla mailla, joiden joukkoon kuuluvat kaikki kevyemmät (hiekkä, sora, savihiekka ja kevyt hiekkasavi) mineraalimaat ja turve, on $\Delta \bar{q} = 2,1 \text{ l/s km}^2$. Savella, raskaalla hiekkasavella ja keskinkertaisella hiekkasavella pohjaveden saantia ei esiinny ja $\Delta \bar{q} = 0$.

3. Kuivatusnormi

Jos kuivatuksella halutaan alentaa pohjaveden pintaa, on ennen kaikkea tarpeen selvittää, miten alas se tulee laskea. Optimaalista pohjaveden pinnan etäisyyttä maanpinnasta nimitetään kuivatusnormiksi.

Kasvien kasvun kannalta on tarpeellista, että pohjavesi olisi kasvukauden aikana niin syvällä, että kasvien juurilla, ottamatta huomioon niiden kehitysvaihetta, olisi koko ajan niille suotuisa vesi- ja ilmatila. Kasvien juurtumissyvyys on kehityksen eri vaiheissa erilainen ja se riippuu suuressa määrin ravinteiden sijainnista eri maakerroksissa. Jos ravinteet ovat keräytyneet vain ohueen pölylimmäiseen maahorisonttiin (laihhat maat), niin juuret eivät tunkeudu syvälle, vaan koko juuristo on pintakerroksessa. Jos taas ravinteita on myös syvemmällä (lihavat maat) tunkeutuvat juuret myös syvempiin maakerroksiin, jos siellä on riittävästi ilmaa eli jos pohjaveden pinta on riittävän syvällä. Siitä seuraa, että lihavien ja viljavien maiden kuivattamisessa on tarpeen alentaa pohjavettä enemmän kuin laihoilla mailla.

Kasvien juuriston kehitys on voimakkainta kevätkuukausina. Silloin kehittyy nuorten kasvien juuristo erittäin nopeasti ja juuret tunkeutuvat myös maan syvempiin kerroksiin. Jos pohjaveden korkeus hidastaa juurten tunkeutumista, jäävät ne ylempään kerrokseen. Jos pohjaveden pintaa myöhemmin alennetaan, eivät juuret enää tunkeudu syvemmälle, minkä vuoksi kasvit jäävät heikoiksi eivätkä kykene kestämään kuivuutta. Monivuotisilla kasveilla (heinäkasvit, marjapensaat, hedelmäpuut) on juuristo jo keväällä kehittynyt, minkä vuoksi jo kasvukauden alussa täytyy olla normaalit kosteusolosuhteet. Sen vuoksi onkin tärkeää, että pohjaveden pinta olisi

jo toukokuun alussa riittävän syvällä. Edellä mainittu vaatimus on sitä tärkeämpi, mitä lihavampaa ja viljavampaa maa on.

Toukokuussa tulisi kuivatusnormin olla keskimäärin hiekkapohjaisilla laihoilla mailla 60 cm, keskinkertaisen lihavilla hiekkasavi-, savi- ja turvemailla 70 cm ja lihavilla savi- ja turvemailla 80-100 cm.

Sitä, miten pohjaveden korkeus voi vaikuttaa sadon mudostumiseen, osoittavat havainnollisesti taulukossa 10 esitetyt tiedot kuivatuksen tehokkuuden vaikutuksesta viljelyslaitumien satoihin turvemailla.

Taulukko 10. Sato laitumelta rehuyksikköinä hehtaarilta Tooman koeaseman eri pohjaveden korkeuden omaavilla laitumilla (vuosien 1952-54 keskiarvot).

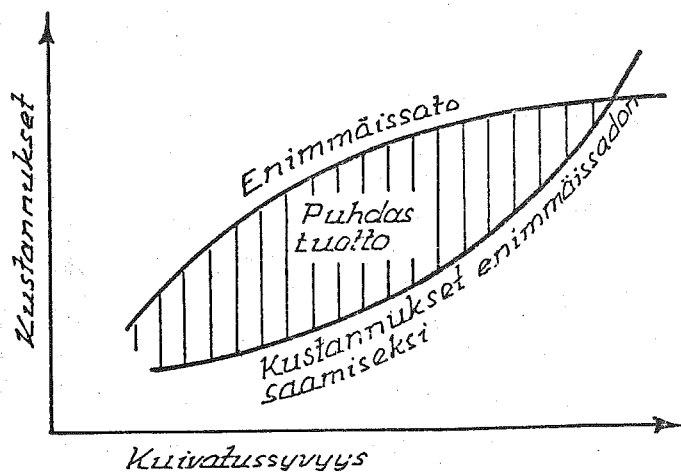
Keskimääräinen pohjaveden korkeus maanpinnasta (cm)	Sato	
	rehuyksikköä	%
93	3170	100
81	2717	86
60	2289	72
32	1279	40

Viime aikoihin asti on ollut käsityksenä, että eri viljelyskasveilla ja -mailla on olemassa kiinteä kuivatussyvyys eli kuivatusnormi. Pohjaveden pinta ei saanut olla liian korkealla eikä myöskään liian matalalla, koska sato alkoi molemmissa tapauksissa pienetä. Viime aikaiset tutkimukset kuitenkin osoittavat, että vain pienen vesikapasiteetin omaavilla keveämmillä hiekkamailla on olemassa yli-kuivatuksen vaara eikä kuivatusnormi saisi olla suurempi kuin 0,7-0,8 m.

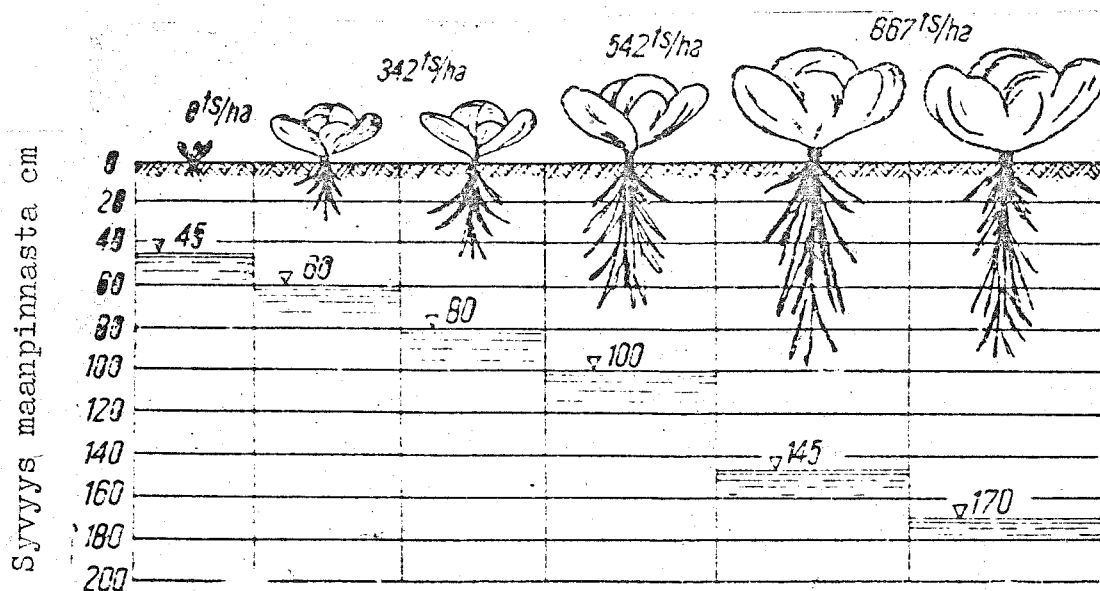
Turvemailla ja keskinkertaisen raskailla mineraalimailla suurenevat pohjaveden tason alentamisen vuoksi viljelyskasvien sadot pysyvästi, mutta ei yhtäläisesti. Sadot suurenevat pohjaveden alentamisen vuoksi alussa runsaasti, mutta tietystä kriitillisestä syvyydestä (n. 0,80 m) alkaen huomattavasti hitaammin (kuva 13). Sellaista kriitillistä pistettä lähellä olevaa pohjaveden korkeutta pidetään taloudellisesti perustelluimpana. Jos pohjaveden korkeutta alennetaan jatkuvasti, saattavat sadot tulla suuremmiksi, mutta tehokkaamman kuivatuksen vaatimat kustannukset suurenevat tuntuvasti nopeammin kuin sadon jossain määrin tapahtuvasta suurennemisesta saatavat tulot. Taloudellisesti perusteltua pohjaveden syvyyttä nimitetään minimaaliseksi kuivatusnormiksi.

Kuvassa 14 on esitetty kaalisadon riippuvuus pohjaveden syvyydestä V.M. Ignstjevan suorittamassa kokeessa Mestseeran koeasemalla. Kuvasta nähdään, että pohjavettä alennettaessa enemmän kuin 145 cm ei enää suurene. Kuten kuvasta nähdään, eivät kasvien juuret tunkeudu pohjaveteen asti, vaan pysyvät siitä tietyllä etäisyydellä. Tämä on selitettävissä siten, että kapillaarivyöhykkeessä ylhäältä alaspäin siirryttäessä ilmapitoisuus jatkuvasti vähenee ja olosuhteet muuttuvat kasvien juurille liikamärkyyden vuoksi epäsuotuisiksi jo huomattavasti ennen pohjaveden pintaa. Kapillaarivyöhykkeen vahvuus on riippuvainen maan luonteesta. Pienihuokoisilla raskailla mailla se on suurempi kuin suurihuokoisilla kevyillä mailla. Koska kasvin juuret eivät tunkeudu kapillaarikerroksessa puutteellisen ilmamäärän takia kovinkaan syvälle on, pyrittäessä samanlaiseen juurtumissyvyyteen, tarpeellista raskaimilla mailla alentaa pohjavettä enemmän kuin kevyillä mailla.

Kylvöaikaista ja samoin korjuuaikaista kuivatusnormia eivät määrää niinkään paljon kasvien vaatimukset, kuin se vaatimus, että

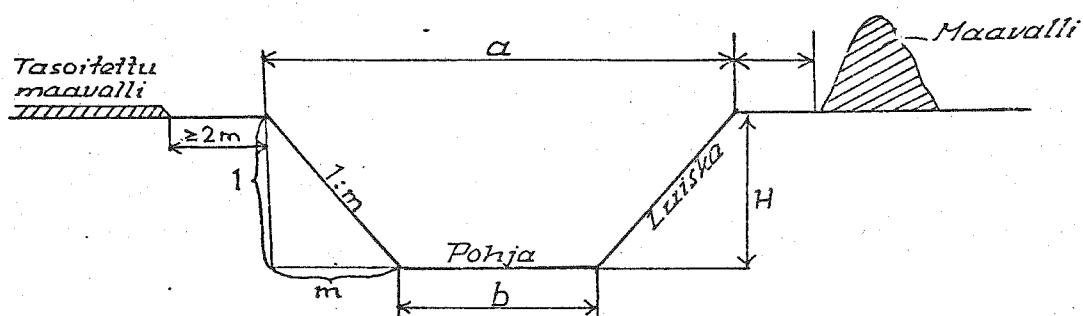
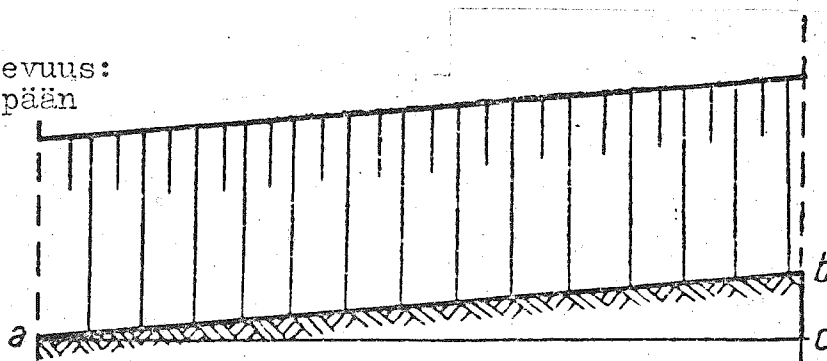


Kuva 13. Enimmäissadon ja sitä varten tarvittavien kustannusten riippuvuus kuivatussyvyydestä.



Kuva 14. Kaalisadon ja juuriston tunkeutumissyvyyden riippuvuus kuivatussyvyydestä turvemaalla.

Kuva 15. Ojan kaltevuus:
bc-ojan ylä-ja alapään
korkeusero,
ac-ojan pituus,
bc:ac=i-ojanpohjan
kaltevuus



Kuva 16. Uoman poikkileikkaus

maanpinnan kantokyky koneellistuneiden töiden toteuttamiseksi olisi riittävä. Kun pohjavesi on korkealla, on maanpinta pehmeää. Kylvötyöt voi käytännössä suorittaa vaikeuksitta, kun pohjaveden taso on mineraalimailla 35-40 cm ja turvemaileda vähintään 40 cm maanpinnan alapuolella.

Myös korjuuaikaisen kuivatusnormin tulee sekä mineraali- että turvemaileda olla vähintään 40 cm.

4. Ojitus

Maan kuivattaminen avo-ojilla on helpoin ja huokein kuivatustapa ja sitä on käytetty jo vanhoista ajoista alkaen yhtä hyvin pelto- kuin niittymaidenkin kuivattamisessa.

Avo-ojilla voidaan samalla kertaa edullisesti alentaa pohjavettä ja myös nopeuttaa pintaveden poisvirtausta. Universaalisen toimintansa vuoksi antaa avo-ojitus erittäin hyvän kuivatustehon. Avo-ojien kaivaminen on mahdollista koneellistaa ja se on siksi huokeaa.

Valitettavasti on avo-ojituksesta myös suuria haittoja, minkä vuoksi kehittyneemmissä maatalousmaissa on siitä luovuttu ja siirrytty salaojitukseen. Avo-ojituksen pääasialliset haitat ovat seuraavat:

- 1) Ojien ja piennarten alle jää runsaasti käyttökelpoista maata (10-20%).
- 2) Hoitamattomina on avo-ojien ikä lyhyt ja niiden kunnossapito vaatii paljon työtä ja kustannuksia.
- 3) Ojat tukkeutuvat helposti maata muokattaessa ja laidunnettaessa, ja niiden suojaamisessa on aitojen rakentaminen tarpeen.
- 4) Maanmuokkaus ja sadonkorjuu vaikeutuvat tiheässä olevien ojien vuoksi.

- 5) Maan käyttämiseksi on tarpeen rakentaa paljon siltoja ja rumpuja.
- 6) Ojien määritelmät kaivumaat, jotka levitetään pelto- tai heinämaille, vähentävät pitkän ajan maan viljavuutta ojanpientareilla. Jos ojamaat jätetään levittämättä, hidastuu pintaveden pääsy ojaan.
- 7) Oja, sen pientareet ja levittämättömät maavallit ovat rikkaruohojen ja kasvitautien leviämislle suotuisia. Ojissa kehittyvät monien vahingollisten hyönteisten toukat.
- 8) Ojat vaativat jatkuvaa valvontaa ja huolenpitoa. Niitä puhdistettaessa vahingoitetaan kylvöjä ojan viereisillä kaistaleilla erikoisesti ojia koneellisesti huollettaessa.

Kun otetaan huomioon mainitut haitat on maan kuivattaminen avo-ojituksella oikeutettua vain erikoistapauksissa eli silloin, kun salaojituksen toimeenpaneminen teknillisistä syistä on vaikeasti tai taloudellisesti mahdoton suorittaa. Nämä tapaukset ovat seuraavat:

- 1) Kun maaston kaltevuus on niin pieni tai vedenpinta vastaanottajassa on niin korkealla, että salaojituksen käyttäminen ei ole mahdollista. Tällainen tilanne esiintyy ensisijassa matalilla meren tai järven rantamailla ja laajoilla jokiluhdilla siellä, missä jostain syystä ei ole mahdollista käyttää pengerkuivatusta.
- 2) Kun kuivatuksella tarkoitetaan pääasiassa pintaveden nopeaa poisjohtamista.
- 3) Kun ojitus on tarkoitettu väliaikaiseksi apukeinoksi tapauksissa, jolloin ajasta ja salaojien rakentamiseen tarvittavista välineistä on puutetta. Myös ojituksen käyttö on perusteltua silloin, kun turvemaita kuivatetaan väliaikaisesti turpeen painumisen aikaansaamiseksi.

- 4) Kun geologiset edellytykset tekevät mahdolliseksi valita niin

suuret ojien välimatkat, että ojat eivät oleellisesti hidasta koneellistettuja peltotöitä.

- 5) Jos maan vähemmän tehokas käyttäminen ei oikeuta suuria pääomasijoituksia maanparannukseen esim. metsämaiden ja luonnoniittyjen kuivatukseen.

Ojien suunnan ja aseman määräävät maa-alueen pinnanmuodostus ja ääriiviat. Maanmuokkauksen ja sadonkorjuun kannalta on suotavaa, että ojien väliset lohkot olisivat mahdollisimman suuria mitoiltaan ja säännöllisiä muodoltaan. Lohkon leveys (ojien etäisyys) ei saisi olla pienempi kuin 30 m. Lohkojen pituuden tulisi olla mahdollisimman suuri. Jotta lohkot tulisivat muodoltaan säännöllisiksi, tulee kuivatusojat suunnitella yhdensuuntaisiksi keskenään ja mahdollisesti myös pellon reunojen ja teiden kanssa. Ojat on pyrittävä liittämään kohtisuorasti perusverkon ojiin eikä missään tapauksessa terävämmässä kulmassa kuin 60° .

Luonnoniittyjen kuivattamisessa, samoin kuin metsämailla ei ole tarpeen noudattaa ojien samansuuntaisuutta niin ankarasti, varsinkin ajoittain liikamäärillä mailla, missä ojien etäisyydet ovat suuremmat.

Luhtien kuivattamisessa on suositeltavaa suunnitella kuivatusojat tulvaveden liikkumisen suuntaisiksi, jolloin niiden tukkeutumisvaara on pienempi.

Detaljiverkon ojien pituuden tulisi olla normaalisti 300-400 m, jotta saataisiin ojien välisille saroille riittävä pituus. Pienimmäksi sallituksi pituudeksi katsotaan 80 m. Lyhyemmät ojat eivät vastaa maanmuokkauksen ja sadonkorjuun asettamia vaatimuksia. Pitempiä ojia kuin 600 m ei ole kuitenkaan suotavaa suunnitella.

la, sillä pitkien ojien kaivamisessa tulee vaikeuksia saada riittävä kaltevuus koko ojan pituudelle. Jotta taattaisiin vesiuomassa vaadittava virtausnopeus, tehdään sen pohja kaltevaksi. Kaltevuuden suuruuden saamiseksi jaetaan vesiuoman putous (korkeusero vesiuoman ylä- ja alapään välillä) leikkauksen pituudella (kuva 15). Jos esimerkiksi ojan pituus on 400 m ja ojan ylemmän ja alemman päään korkeusarvojen erotus (putous) 0,60 m, on ojan kaltevuus $0,60:400=0,0015$ eli 1,5 %.

Kaltevuuden oikeasta valinnasta riippuu ojien aukipysyminen ja normaali toiminta. Liian pienellä kaltevuudella muodostuu nopeus pieneksi ja oja ruohottuu ja liettyy nopeasti. Liian suurella kaltevuudella sitä vastoin saattaa veden virtaus syövyttää ojaa.

Kuivatusojien kaltevuuden tulee olla normaalisti 1-5 % :n rajoissa. Erikoistapauksissa, kun maanpinnan kaltevuus on pieni, voi kuivatusoja suunnitella minimikaltevuudelle 0,7 %. Maksimikaltevuuden määrää maalajin kestävyys syöpymistä vastaan. Kaltevuuden suuruutta säädellään ojien sijoituksella korkeuskäyrien suhteen. Jotta kuivatusojat saisivat paremman eroosiokestävyyden, on ne suunnattava leikkaamaan korkeuskäyriä mahdollisimman terävässä kulmassa. Jos maanpinnan luonnollinen kaltevuus on hyvin pieni (alle 0,7 %) suunnitellaan oja myös kohtisuoraan korkeuskäyriä vastaan sekä annetaan niille tarvittaessa keinotekoinen kaltevuus so. kaltevuus, joka on suurempi kuin maanpinnan kaltevuus ojan suunnassa. Viimemainitussa tapauksessa ojan syvyys alapäin mentäessä jatkuvasti kasvaa. Jotta ojan luiskat olisivat vyörymistä vastaan tarpeellisen kestävä, ne eivät saa olla liian jyrkät. Toisaalta ei ole oikein valita myöskään liian loivia luiskia, sillä ojan pintaleveys ja kaivumassat tulevat liian suuriksi. Luiskan kaltevuus ilmaistaan tavallisesti luis-

kan vertikaaliprojektion eli ojan syvyyden ja luiskan horisontaaliprojektion eli luiskan pohjan suhteena. Tavallisesti otetaan ensimmäinen näistä yksiköksi ($= 1$) ja toista merkitään kirjaimella m . Siten voidaan luiskan kaltevuus ilmaista suhteena $1:m$ (kuva 16). Suuretta m nimitetään luiskan kaltevuuskertoimeksi. Se osoittaa montako kertaa luiskan pohja on syvyyttä suurempi.

Luiskan kaltevuuskerroin valitaan maalajista ja ojan syvyydestä riippuen. Mitä syöpyvämpää maalaji on ja mitä syvempi oja tehdään, sitä suuremmaksi valitaan m , so. sitä loivemmaksi tehdään luiska.

Jos kuivatusoja tehdään oja-auralla muodostuu sen poikkileikkaus trapetsin muotoiseksi pohjan leveydellä $0,2\text{ m}$ ja luiskan kaltevuudella $1:1$. Tällainen luiskan kaltevuus on sallittu vain koheesio- maissa (turve, savi). Vähäisen koheesio- omaavissa maissa (hiekkajä savihiekka) tulee luiska loiventaa ($1:1,5 - 1:2$). Tällainen luiskan kaltevuus sopii pelto- ja heinämaiden kuivatusojiin.

Laitumien kuivattamisessa, jos ne suoritetaan ojittamalla, ovat suositeltavia hyvin loivat luiskat ($1:2,5 - 1:4$), jolloin ne kestävät paremmin eläinten tallaamista. Ojien luiskille kylvetään heinää. Tällaisia oja on mahdollista kaivaa greiderillä. Ojan pohja varustetaan kourulla, joka kaivetaan käsin tai yksiteräisellä auralla, jolloin viimeistely suoritetaan käsin. Kuivatusojien syvyyden määrää ojan tarkoitus ja ojan kaivamiseksi käytettävän koneen tyyppi. Jos ojan tehtävänä on vain pintaveden poisjohtaminen voi sen syvyys olla $0,6-0,7$ metriä. Tällaisia oja on käytännöllisintä kaivaa oja-auroilla.

Jos kuivatusojan tehtävänä on myös pohjaveden alentaminen pitää ojan olla syvempi, mineraalimaissa $1,0-1,2\text{ m}$, turvemaassa tulee

ottaa huomioon myös turpeen vastainen painuminen ja sen mukaisesti suunnitella ojasyvyys suuremmaksi.

Suolla, jossa turpeen paksuus ei ylitä 1,5 m ja turpeen alla on hyvin vettäläpäisevä hiekkakerros, tehdään kuivatusojat niin syviksi, että ne ulottuvat 0,3-0,5 m hiekan sisään. Ojasyvyydeksi muodostuu siten 1,4-2,0 m. Hyvin vettäläpäisevässä pohjamaassa on siten mahdollista tuntuvasti suurentaa ojaetäisyyksiä, suotuisissa olosuhteissa aina 200 metriin saakka tai vieläkin suuremmaksi.

Oja-auroilla on mahdollista kaivaa ojasyvyyyksiä 0,7-1,2 m riippuen oja-auran tyypistä. Koska oja-aurat yleensä noudattavat maanpinnan epätasaisuuksia, tulee kaivetut ojanpohjat viimeistellä käsikaivulla. Tällöin tarkistetaan pohjan kaltevuus ja samalla oja syvennetään suunniteltuun syvyyteen.

Oja-auralla kaivettujen ojien suurena haittana on se, että ne nopeasti umpeutuvat. Oja-aura rikkoo työskennellessään maanstruktuurin ojan luiskilla, muuttaen sen kuohkeaksi ja pysymättömäksi. Usein muodostuu myös luiskan kaltevuus maalajille sopimattomaksi mikä vähentää yhä luiskien pysyvyyttä ja aiheuttaa niiden vyörymistä. Oikean luiskan kaltevuuden saaminen ojiin vaatii usein niin paljon käsin tehtäviä lisätöitä, että oja-auran käyttäminen muodostuu epätaloudelliseksi. Tällöin luovutaan oja-aurasta ja kaivetaan myös kuivatusojat kaivukoneella. Siitä syystä levennetään ojan pohjaleveys 0,4-0,5 metriin. Jotta mahdollistettaisiin pintaveden vapaa virtaus sekä estettäisiin hyödyllisen peltopinnan väheneminen, tulee kaivumaat levittää mahdollisimman ohueksi kerrokseksi myös silloin, kun ojia puhdistetaan lietteestä. On suositeltavaa, että ojan pientareel-

ta vähintään 2 m leveältä kaistaleelta poistetaan kaivumaat kokonaan.

Ojien etäisyydet yleiskuivatuksessa määrätään vaadittavaa kuivastehoa vastaavaksi. Hajakuivatuksessa tulee ojat sijoittaa notkojen ja yleensä matalampien kohtien kautta.

Ojien kaivukustannusten laskeminen tapahtuu maan tilavuuden perusteella. Tilavuuden eli kuutiomäärän laskemiseksi on tunnettava ojan syvyys (H), pohjan leveys (b), luiskan kaltevuuskerroin (m) ja pituus (l). Laskemisessa käytetään 5. pääkappaleen 4. luvussa esitettyjä kaavoja tai vastaavia taulukoita. Kaivukoneella kaivettavat ojat tulee ennen kaivamista paaluttaa ja vaa'ita. Vaa'itsemalla selvitetään maanpinnan korkeus jokaisen paalun kohdalla. Ojanpohjan korkeusarvo saadaan kertomalla pohjan kaltevuuden absoluuttiarvo vastaavan paalun etäisyydellä 0-paalusta sekä lisäämällä saatu suure 0-paalulla olevaan pohjakorkeuteen. Tämän jälkeen pohjan korkeusarvo vähennetään maanpinnan korkeudesta, jolloin saadaan ojan syvyys (H) vastaavalla paalulla.

5. Salaojitus

Salaojituksella tarkoitetaan ojaverkostoa, jossa ojaston muodostavat maanpinnan alle tehdyt imuojat ja kokoojaoja yhdessä. Pienehkön yhtenäisen alueen kuivattamiseksi tarvitaan tavallisesti vain yksi ojasto. Sen sijaan laajan peltoalueen kuivattamiseksi on yleensä tehtävä useita ojastoja.

Salaojitukseen liittyy erikoisrakenteita, joiden tehtävänä on taata ojaston kunnossapysyminen, kestävyys ja toiminta.

Tiiliputkisalaojitus

Yleisin salaojitusmenetelmä on tiiliputkisalaojitus. Siinä salaojaverkosto tehdään poltetusta savesta valmistetuista tiiliputkista. Tiiliputken pituus on 33 cm. Vesi pääsee maasta putkistoon putkien päiden väliin jäävien saumarakojen kautta. Yleensä on veden pääsy putkiin jo riittävän hyvä, jos saumaraon leveys on 0,5 mm. Markkinoilla olevien putkien päiden sileys on kuitenkin harvoin sellainen, että käytännössä olisi mahdollista asettaa putket 0,5 mm:n päähän toisistaan. Suurin sallittu raon leveys on pienen koheesion omaavissa hieta- ja hienohiekkamaissa 2 mm ja muilla maalajeilla 3 mm. Saumaraon kautta voi veden mukana päästä putkistoon myös maa-ainesta, joka saattaa tukkia putket. Liettymisvaara on erityisen suuri hietamaissa. Liettymisen estämiseksi on tarpeen suojata raot sellaisella suodatinmateriaalilla, joka läpäisee hyvin vettä mutta estää maa-aineksen pääsyn putkeen.

Jotta vältettäisiin putkien mahdollinen siirtyminen paikaltaan ja kenties niiden rikkoutuminenkin ojaa lopullisesti täytettäessä, suojataan putkisto ensin vähintään 10 cm:n (kivisessä maassa 20 cm:n) vahvuisella irtomaakerroksella. Parhaiten tähän tarkoitukseen soveltuu muokkauskerroksen ruokamulta, joka on hyvin vettäläpäisevää. Saumarakojen peittäminen suodatinmateriaalilla on Eestissä voimassa olevien määräysten mukaan tarpeellista seuraavissa tapauksissa:

- a) jos salaojat tehdään hyvin maatuneeseen turpeeseen tai kalkkipitoiseen maahan,
- b) jos salaojat tehdään olosuhteissa, joissa putkisto ei voida ensin suojata ruokamullalla (esim. jos kuivatettavalta maa-alueelta puuttuu ruokamulta),

- c) jos kaltevuus salaojissa on yli 15 % ,
- d) jos kokoojaputken läpimitta on 100 mm tai sitä suurempi.

Hieta- ja lentohiekkamaissa on saumarako suojattava suodatinmateriaalilla joka puolelta. Menettely on tarpeen sen vuoksi, koska vesi tunkeutuu putkiin myös alhaalta päin ja toisi siten mukanaan maa-ainesta putkistoon. Yleensä muissa laalajeissa ei maa-aineksen joutuminen alhaaltapäin putkeen ole todennäköistä, joten liitosten suojaaminen k.o. tapauksissa vain päältä ja sivuilta on katsottava riittäväksi. Saumarakojen suojaamiseen voidaan käyttää sammalta, sahanpurua, soraa, karkeaa hiekkaa, ruohomättäitä j.n.e. Mättäät asetetaan ruohopuoli putkea vasten. Sammalta ja sahanpurua tulisi sauman kohdalla olla vähintään 3 cm.

Useimmilla edellä mainituista suodatinmateriaaleista on eräitä puutteita. Niinpä sammalen käyttöä rajoittavat suuret työ- ja kuljetuskustannukset. Karkean hiekan käyttöä haittaa puolestaan sen vaikea saanti. Eestissä esiintyvän soran ominaisuudet eivät myöskään aina ole tyydyttävät. Sen käyttöä rajoittavat niin ikään usein kalliit kuljetuskustannukset. Orgaaniset materiaalit, luonnonmukaisesti ruokamultaa ja ruohomättäitä, lahoavat aikaa myöten ja niiden teho suoja-aineena vähenee. Edellä mainituista syistä on putkien suojaamisessa nykyisin otettu käyttöön mineraalikuivasta valmistetut tekoaineet, joista tärkeimmät ovat lasivilla ja lasikuitukudos. Näillä materiaaleilla ympäröidään joko vain saumaraot tai koko putkisto. Viimemainittua tapaa käytetään pääasiassa työn helpottamiseksi silloin, kun putket asetetaan ojan pohjaan koneellisesti. K.o. materiaalit ovat kevyitä, lahoamattomia ja hyvin vettäläpäiseviä samalla kun ne kykenevät pidättämään maa-hiukkasia. Ne sopivat erikoisen hyvin käytettäväksi hiekka- ja hietapitoisissa maissa. Koheesiomaissa ne ovat sen sijaan vähem-

män tehokkaita huokosten tukkeutumisvaaran takia.

Putkijohdon hyvän vedenjohtokyvyn kannalta on välttämätöntä, että putket ovat sisäpinnaltaan sileitä. Putkien päiden on oltava tasaiset ja kohtisuorat putken akselia vastaan. Jos putken pää on epätasainen (aaltoileva) tai sen reunat ovat puristuneet, jää putkien päiden välinen saumarako sallittua suuremmaksi. Jos putken pää on vino, on tällöinkin vaikea saada saumarako pysymään sallituissa rajoissa. Lisäksi on tällaisten putkien asettaminen vaivalloista, koska ne on sovitettava ojan pohjalle käsin. K.o. putkien koneellinen asennus on käytännössä mahdotonta. Myös putkien liiallinen kaarevuus vaikeuttaa niiden asettamista paikalleen. Tästä syystä vaaditaankin, että putkien on oltava suoria ja ulkopinnoiltaan sileitä.

Putken poikkileikkauksen tulee olla ympyrän muotoinen. Esim. munanmuotoisuus (soikeus) ei ole toivottavaa, koska poikkileikkauksen poikkeaminen ympyrän muodosta hidastaa veden vapaata virtausta putkijohdossa. Putken seinämien tulee olla samanpaksuisia, sillä seinämiltään eri paksuisia putkia päittäin asetettaessa muodostuu sauman kohdalle kynnyks, mikä hidastaa veden virtausta ja edistää siten salaojien tukkeutumista lietteellä.

Koska käytännössä ei ole mahdollista valmistaa kaikista tiili-putkista täsmälleen nimellismittallisia ja -muotoisia, sallitaan tietyt poikkeamat nimellismitoista. Määräykset säätelevät niin ikään putkien valmistamiseen käytettävän saven laatua ja putkien polttoa. Esimerkiksi kalkin ja erikoisesti kalkinkappaleiden esiintymistä savessa ei sallita. Saven sisältämä kalkki muuttuu näet putkia poltettaessa poltetuksi kalkiksi (CaO). Kun tällainen kalkkia sisältävä putki sijoitetaan märkään ympäristöön, kalk-

ki sammuu ja samalla putki paisuu sekä rikkoutuu. Huonosti poltettu tiiliputki imee runsaanlaisesti vettä. Tämä ominaisuus vähentää putken pakkasenkestävyyttä. Liikaa poltettu putki puolestaan on muuttanut muotoaan.

Putkilta vaaditaan tiettyä pakkasenkestävyyttä. Jäätymisen ja sulamisen vuorotellessa eivät putket saa rikkoutua. Usein saattaa havaita miten maanpinnalla yli talven olleet putket alkavat hajota, ne ikäänkuin kuoriutuvat ohuina kerroksina. Tämän ilmiön syynä voivat olla kalkin esiintyminen savessa, huono polttoaste tai savimaateriaalin kerrostuminen putken seinämässä valmistuksen yhteydessä. Kun putket ovat ulkona pitkäaikaisesti varastoituna siten, etteivät ne kosketa suoraan maanpintaan, esiintyy putkien rapautumista vähemmän kuin jos niillä olisi välitön kosketus maanpintaan. Savimassa tehdään laihemmaksi hiekan avulla, jotta putkien kuivumiskuituminen olisi mahdollisimman pieni esikuivatusvaiheessa ennen polttoa. Hiekan asemesta voidaan saveen lisätä myös turvepölyä tai sahanpurua. Putkia poltettaessa palaa turve tai sahanpuru pois ja putken seinämät tulevat huokoisiksi. Tällaiset putket ovat painoltaan normaalia kevyemmät. Kokemus on myös osoittanut, että ne eivät rapaudu jäätyessään, vaikka ne olisikin varastoitu suoraan maanpinnalle.

Tiiliputkien valmistusta koskevat määräykset sisältävät ohjeita myös putkien laadusta, putkien vastaanottamisesta sekä putkien koestusmenetelmistä. Nykyisin Eestissä valmistettavien tiiliputkikokojen nimelliset sisäläpimitat ovat: 25, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200 ja 250 mm. Vuoteen 1957 asti valmistettiin sisäläpimitaltaan 40, 50, 65, 80, 100, 130, 160, 180 ja 200 mm:n tiiliputkia. Putkien mitoissa tapahtunut muutos on otettava huomioon vanhoja salaojituksia korjattaessa.

Tiili-putkisalaojituksia tehtäessä käytetään lisäksi erimuotoisia liitoskappaleita.

Fasettiputket

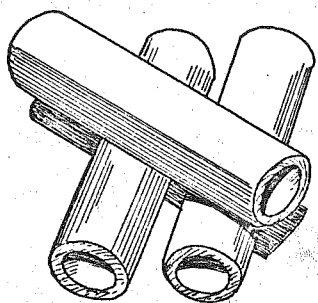
Tiili-putkia koneellisesti laskettaessa on olemassa vaara, että putket eivät asetu päittäin ojan pohjalle. Putkien siirtymistä voi tapahtua myös ojaa lopullisesti täytettäessä. Tämän välttämiseksi on valmistettu ns. fasettiputkia. Nämä putket menevät jonkin verran toistensa sisään. Putken toinen pää on tehty ulospäin ja toinen pää sisäänpäin kartiomaiseksi, kuten kuvasta 18 nähdään. K.o. putkilla suoritettut kokeet ovat antaneet myönteisiä tuloksia yhtä hyvin koneellisessa kuin myös käsin suoritettussa putkenlaskussa.

Siiviläputket

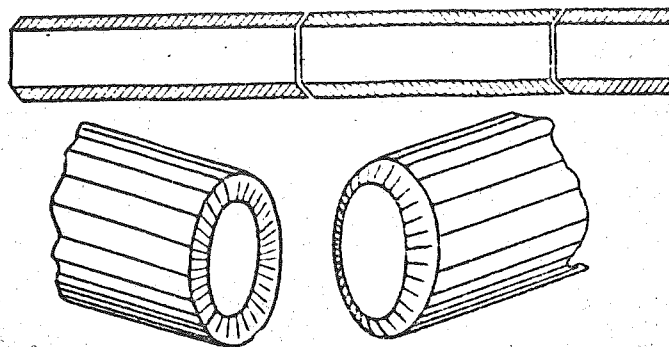
Jos märkyyttä esiintyy salaojitettavalla alueella joissain paikoin erikoisen paljon, kuten esim. rinteen taitekohdissa, eivät saumaraot kykene ottamaan poisjohdettavaa vettä vastaan riittävän nopeasti. Näissä tapauksissa on mahdollista suurentaa putkien vedenottokykyä varustamalla ne rei'ityksellä. Näissä ns. siiviläputkissa onkin putken seinämään tehty 1 mm:n leveitä rakoja. Siiviläputkia käytetään ulkomaille varsin yleisesti. Sen sijaan Neuvostoliitossa ei näiden putkien valmistukseen ole vielä ryhdytty.

Liitosputket

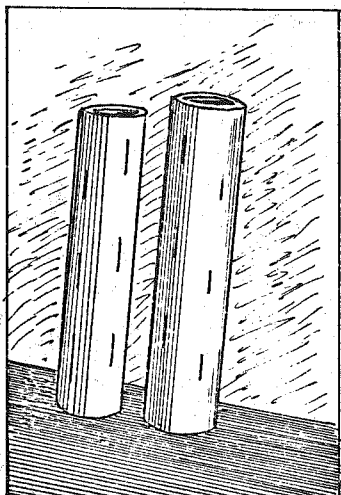
Omana tiili-putkilajina ovat liitosputket, joita voidaan käyttää moneen tarkoitukseen. Liitosputkia valmistetaan erilaisten putki-



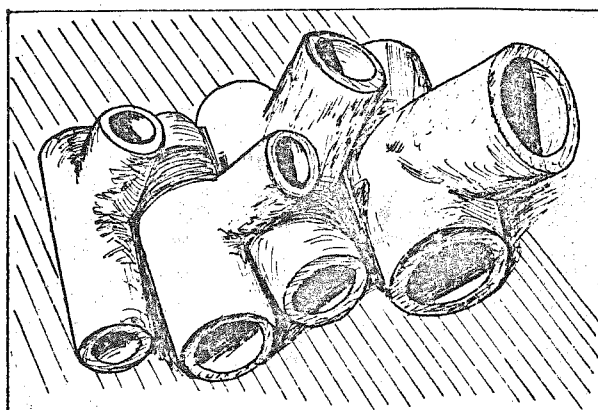
Kuva 17. Tiiliputkia



Kuva 18. Fassett-putkia

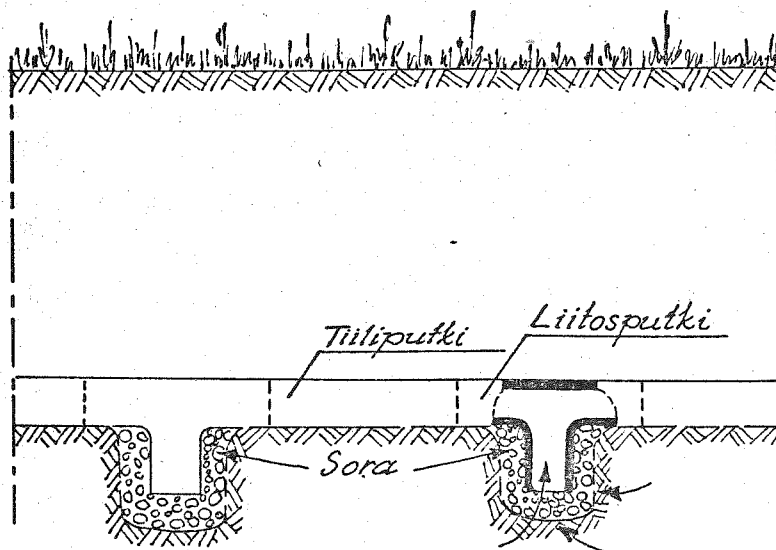
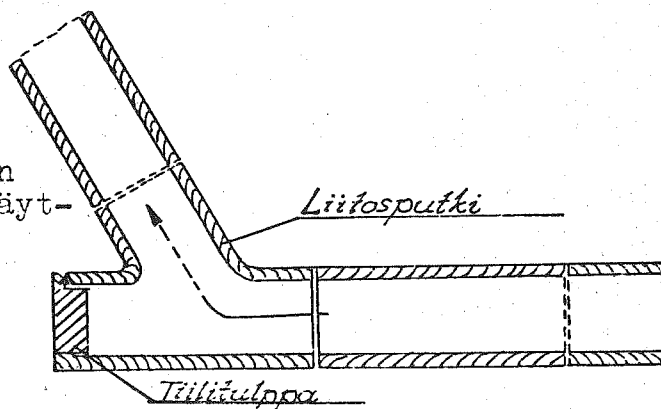


Kuva 19. Siiviläputkia



Kuva 20. Liitosputkia

Kuva 21. Kokoojaojan suunnan muuttaminen liitosputkea käyttäen.



Kuva 22. Liitosputkista tehty lähdesalaoja

kokojen yhdistelminä, esim. 50/50, 75/50, 125/75, 100/100, 150/175 mm. jne. Tällaisessa merkintätavassa tarkoittaa osoittaja kokoojaputken ja nimittäjä liittyvän putken sisäläpimittaa.

Liitosputkessa voi liittyvä haara olla pääputkeen nähden 90° - tai 60° -asteen kulmassa. Liitosputkia käytetään tavallisesti imuojan yhdistämiseen kokoojan. Niiden käyttömahdollisuuksia on muitakin. Liitosputkia voidaan käyttää mm. kokoojan tai imuojan suunnan muuttamiseen. Liitosputken vapaaksi jäävä pää suljetaan k.o. tapauksessa esimerkiksi poltetusta savesta tehdyllä tulpalla tai kivellä (kuva 21). Liitosputkia voidaan käyttää myös lähteisten kohtien kuivattamisessa asettamalla niitä tiiliputkien väliin kuvan 22 osoittamalla tavalla. Liitosputkia voidaan niin'ikään käyttää hyväksi tehtäessä silmäkkeitä notkonnepaikkoihin pintaveden johtamiseksi salaojaan (kuva 44).

Tiilisalaojien yhdistäminen kokoojaan on mahdollista monella tavalla. Lujin liitos saavutetaan kuitenkin liitosputken avulla. Kuvassa 23 a on esitetty salaojan liittäminen kokoojaan liitosputkea käyttäen.

Ulkomailla käytetään tavallisten liitosputkien lisäksi mm. sellaisia liitoskappaleita, joita on esitetty kuvassa 24 a. Tällaisia liitoksia saattaa joskus löytyä myös Eestistä varhaisempina aikoina tehdyistä salaojituksista.

Latviassa käytetään salaojien liittämisessä toisiinsa betonisä liitoskappaleita (kuva 24 b).

Erityisten liitosputkien tai liitoskappaleiden puuttuessa käytetään liitosten teossa joko tehtaassa tai paikan päällä työstetty-

jä tavallisia tiiliputkia. Tällöin voidaan liitokset tehdä kahdella tavalla: päältä- tai sivulta liitoksena. Päältäliitoksessa (kuva 23 b) tehdään kokoojaputkeen aukko, jonka läpimitta on samansuuruinen tai vähän pienempi kuin putken sisähalkaisija (kuva 23 c). Liittyvän imuojan viimeiseen putkeen tehdään samansuuruinen aukko. Molemmat aukot asetetaan kohdakkain niin, että kokooja jää alle ja imuoja luonnollisesti päälle. Imuoja-putken vapaa pää suljetaan tiiviisti. Paikan päällä työستettäessä hakataan aukot erityisellä salaojavaralla tai hiotaan erikoisella hiomalaikalla. Viime mainitulla menetelmällä saadaan liitos paremmaksi.

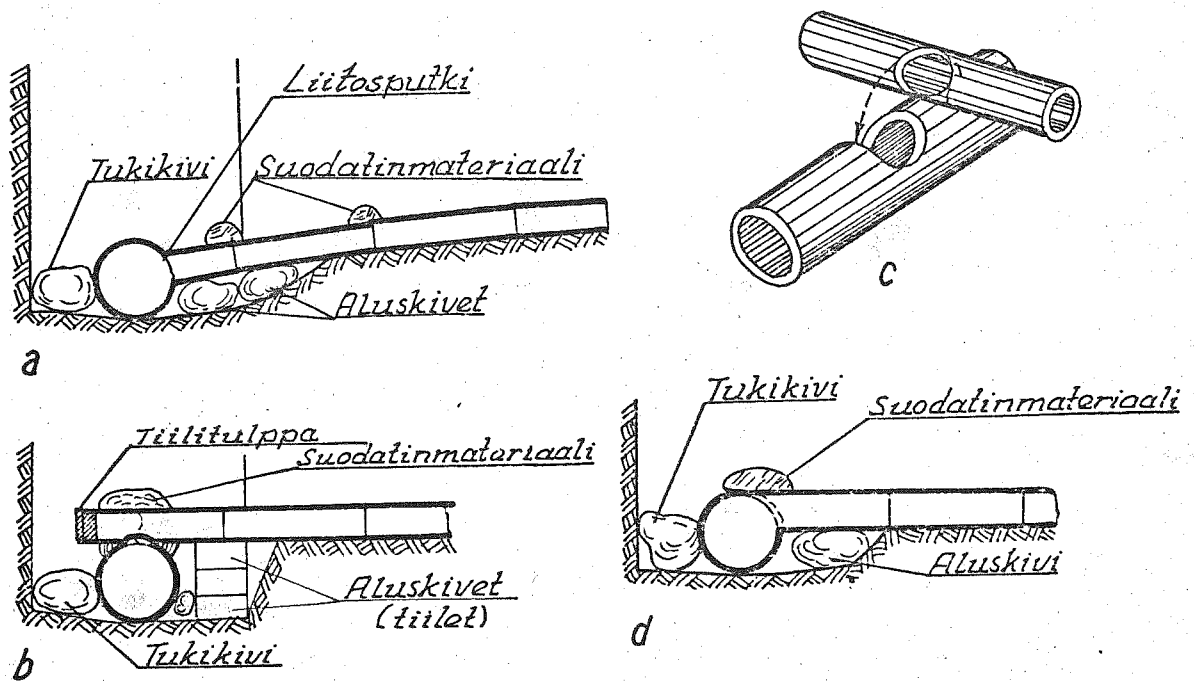
Sivultaliitosta tehtäessä hakataan aukko vain kokoojaputken seinämään. Siihen tuleva imuoja sovitetaan aukkoon ja sen pää työstetään sopivan muotoiseksi (kuva 23 d).

Sivultaliitoksessa olisi suositeltavaa, että kokooja- ja imuoja-putken sisäpintojen yläosat tulisivat samalle korkeudelle. Tällöin muodostuisi imuojasta kokoojaojaan mentäessä tarpeellinen putousporras. Samassa tarkoituksessa suunnataan myös liitosputkea käytettäessä haaran pää hieman ylöspäin.

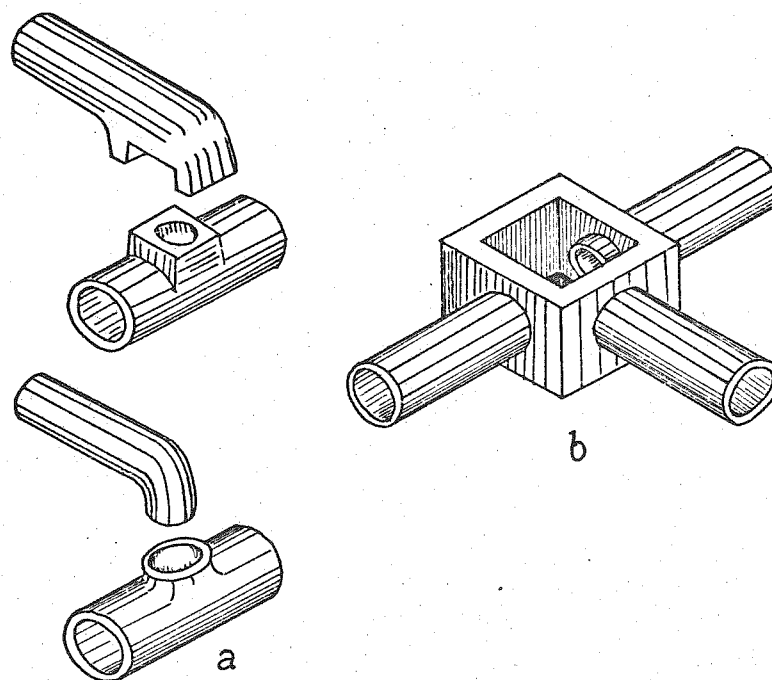
Päältäliitosta pidetään yleensä suositeltavampana kuin sivultaliitosta. Vain siellä missä maanpinnan kaltevuus on vähäinen tai jos maaperässä on runsaasti rautayhdisteitä tulee käyttää sivultaliitosta.

Puuputkisalaojitus

Tiiliputkien käyttö suosalojituksissa on sikäli uskallettua, että turpeen yleensä huonon kantavuuden ja epätasaisen painumisen vuok-



Kuva 23. Tiiliputkiliitokset: a) liitosputkea käyttäen, b) ja c) päältäliitoksena, d) kylki- eli sivustaliitoksena



Kuva 24. Salaojaputkien liitososat: a) erilliset muotokappaleet, b) betoninen liitoskappale tiiliputkineen

si lyhyet tiiliputket saattavat erillisinä liikahtaa paikoiltaan. Tästä syystä olisikin varmintä käyttää yhtenäisiä pitkiä putkia, joita voidaan valmistaa esimerkiksi pienehköjen havupuiden rungoista. Puuputkien ikä on riippuvainen puuaineksen lahonkestävyydestä. Kun kivennäismaissa puu lahoaa yleensä suhteellisen nopeasti, ei puuputkia ole syytä käyttää kivennäismaiden salaojituksissa. Sen sijaan niiden säilyvyys turvemaassa on tuntuvasti parempi. Puuputken kestoiksi arvioidaan turvemaissa keskimäärin 20...30 vuotta. Näinkin pitkä ikä johtuu paitsi siitä, että turpeella on luontaisesti puun lahoamista hidastava vaikutus myös siitä, että suo-ojituksissa puuaines joutuu tavallisesti olemaan suurimman osan ajasta tai koko ajankin veden kyllästämänä. Tällöinhän puuta lahotavien aeroobisten bakteerien toiminta on hyvin hidasta. Käytännössä ei salaojitukselta edellytetäkään suomilla yleensä pitempää ikää kuin 20...30 vuotta, koska ojituksen ja viljelytoimenpiteiden vaikutuksesta suon pinta painuu ja kuluu tuonta aikana tavallisesti siinä määrin, että salaojilla ei enää ole kuivatuksen kannalta riittävää syvyyttä. Salaojitus olisi siis joka tapauksessa uusittava. Mainittakoon, että puuputkityypeistä ovat yleisimmin käytössä jyrsin- ja lautaputket.

Jyrsinputkisalaojat

Tavallisin jyrsinputkityyppi Eestissä on sellainen, joka on valmistettu sahaamalla halkaistusta, 2...3 metriä pitkästä ja läpimitaltaan noin 10...15 cm paksusta havupuun rungosta. Rungon molempiin puoliskoihin jyrsitään erikoisella jyrsinpenkillä pitkittäinen puolipyörän muotoinen ura. Kun molemmat putkenpuoliskot naulataan yhteen niin, että urat tulevat kohdakkain, muodostuu pyöreäonkaloinen puuputki (kuva 25). Putken sisäläpimitta on 50 - 60 mm. Veden pääsemiseksi putkeen pykälöidään putken puoliskoien reunat tai

asetetaan naulauksen yhteydessä reunojen väliin 2 - 4 mm paksuiset päreen kappaleet niin, että koko putken pituudelta muodostuu putken puoliskojen väliin rako. Tämän lisäksi pääsee vesi putkeen myös putkipuoliskojen jatkoskohdista.

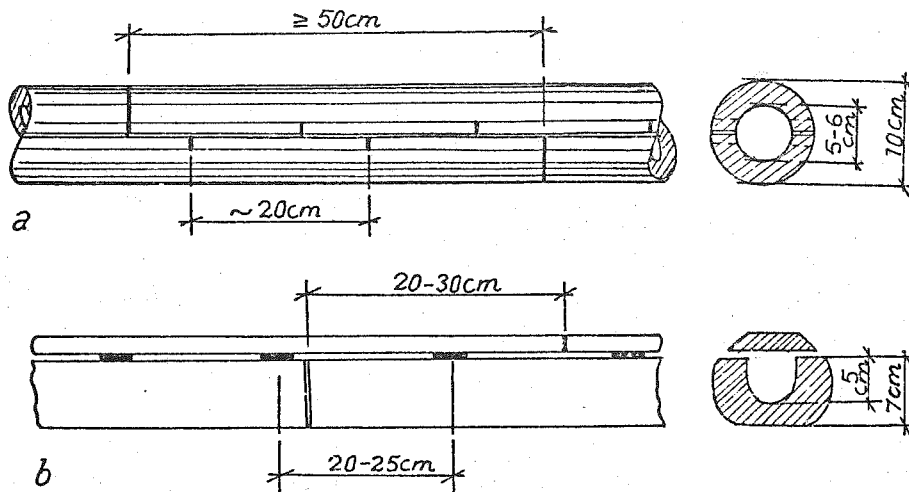
Putkea naulattaessa tulee valvoa, että putkipuoliskojen päät ulottuvat vuorotellen vähintään 0,5 m jatkoskohdan yli. Näin menetellen saadaan syntymään yhtenäinen pitkä salaojajohto.

Jyrsinputkia valmistetaan myös siten, että pöllistä sahataan pois ohut pintalauta ja jyrsitään runkoon soikionmuotoinen ura. Tämän jälkeen pintalauta sijoitetaan takaisin paikalleen. Jatkosten tekemiseksi naulataan pintalaudan päälle sidelauta. Veden pääsy putkeen turvataan samalla tavalla kuin em. jyrsinputkissakin. Jyrsinputkia käytetään tavallisesti yksittäissalaojien tekemiseen. Jos niistä muodostetaan ojasto käytetään kokoojana lautaputkia.

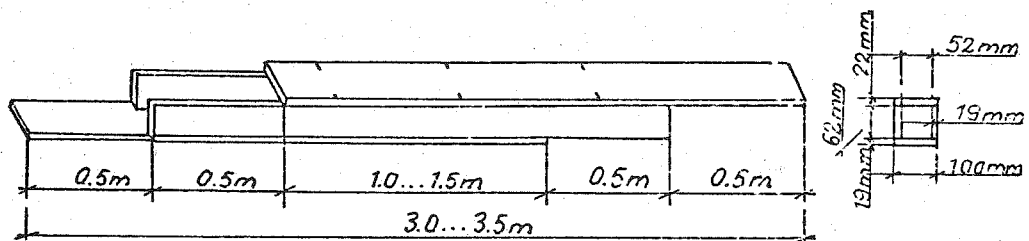
Lautaputkisalaojitus

Laudoista tehdyn salaojaputken poikkileikkaus on neliönmuotoinen. Putkien valmistamiseen on käytettävä särmättyä, höyläämätöntä havupuulautaa, jonka paksuus on vähintään 20 mm. Yleisneuvostoliittolaisia normeja lautaputkien mitoista ei ole. Eestissä on lautaputkien sisämittoina käytetty 48 x 62, 62 x 62 ja 72 x 82 mm.

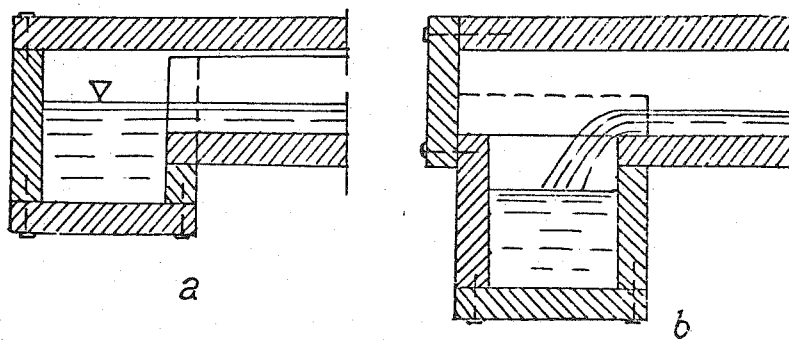
Putken kokoaminen laudoista on esitetty kuvassa 26. Jotta veden pääsy putkeen olisi mahdollista, tehdään sivulautojen yläreunaan pykäliä tai asetetaan kansilaudan ja sivulautojen väliin lastut, joiden paksuus on 5 - 7mm. Kansilauta joutuu ilman kanssa kos-



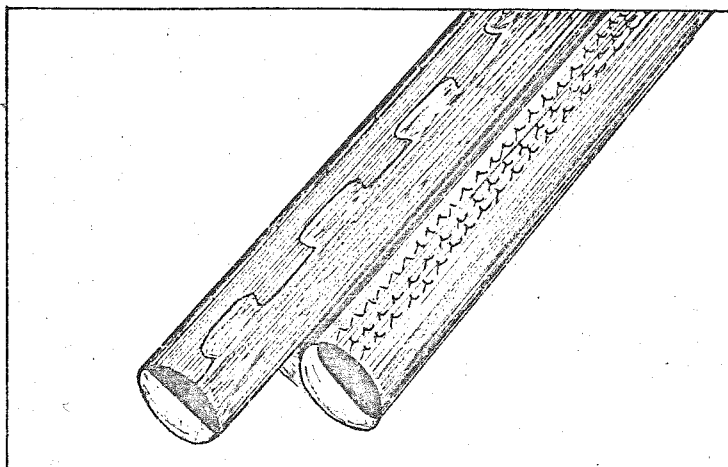
Kuva 25. Jyrsittyjä puuputkia: a) Eestissä ja b) Latviassa käytetyt putkityypit



Kuva 26. Lautalaatikkoputki



Kuva 27. Lautalaatikkoputken liitokset: a) sivultaliitos ja b) päältäliitos



Kuva 28. PVC-muovista valmistettu- ja salaojaputkia

ketukseen enemmän kuin pohja- ja sivulaudat ja lahoaa sen vuoksi nopeammin. Salaojaputken iän pidentämiseksi suositellaan kannen tekemistä paksummasta laudasta. Kansi ja pohja voidaan tehdä myös vajaakanttisesta laudasta.

lautoja naulattaessa on valvottava, että jatkoskohtia ei samaan poikkileikkaukseen satu kahta enempää. Jatkosten on ulotuttava limittäin vähintään 0,5 m:n pituudelta. Parhaiten voidaan putken naulaus suorittaa erityisellä naulauspukilla. Siinä naulataan valmiiksi 2 - 3 m pitkät osat. Osien yhdistäminen salaojaksi tapahtuu vasta joko kaivannossa tai sen reunalla. Ojan reunalta lautaputki lasketaan ojan pohjalle yhdellä kertaa koko pituudeltaan.

Lautaputkia käytetään pääasiassa yksittäissalaojina. Niistä on mahdollista muodostaa myös ojastoja. Kokoojat tehdään tällöin poikkileikkaukseltaan imuojia suuremmiksi esim. 82 x 102 tai 102 x 102 mm. Imuojan voi liittää kokoojaan joko päältä- tai sivultaliitännällä (kuva 27).

Muista materiaaleista tehdyt salaojaputket

Muoviputket

Amerikkalainen G.O.Schwab oli tietävästi ensimmäinen henkilö, joka käytti muovia salaojaputkimateriaalina. Tämä tapahtui vuonna 1948. Nykyisin käytetään muovista valmistettuja salaojaputkia jo varsin monissa maissa.

Muoveista käytetään salaojaputkien valmistamiseen ensisijassa polyvinylcloridia eli vinyylimuovia (PVC) ja polyetenä (PE).

Molemmat materiaalit ovat termoplastisia t.s. ne muuttuvat kuu-

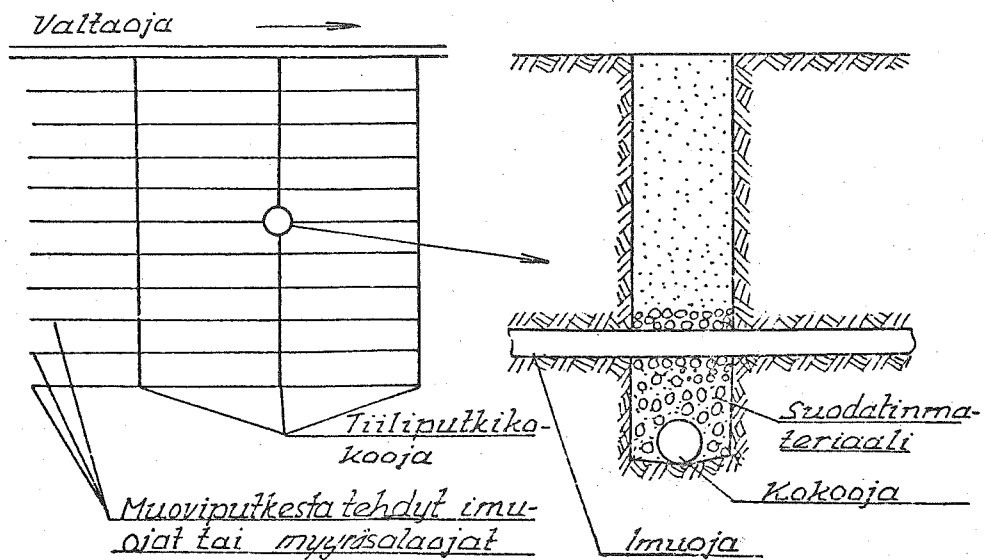
mennettäessä pehmeiksi ja muovailtaviksi. Jäähdyessään ne taas muuttuvat koviksi ja säilyttävät niille annetun muodon. Normalissa lämpötilassa ne ovat elastisia, mutta muuttuvat alhaisessa lämpötilassa hauraiksi.

Salaojaa tehtäessä voidaan muoviputkia käyttää kahdella tavalla. Toisen menetelmän mukaan asetetaan ojan pohjalle 6 m pitkät rei'itetyt PVC-putket, jotka yhdistetään muhveilla. PVC-putki ei taipu kovin helposti, minkä vuoksi pitempiä putkia on kaivantoon vaikea sijoittaa.

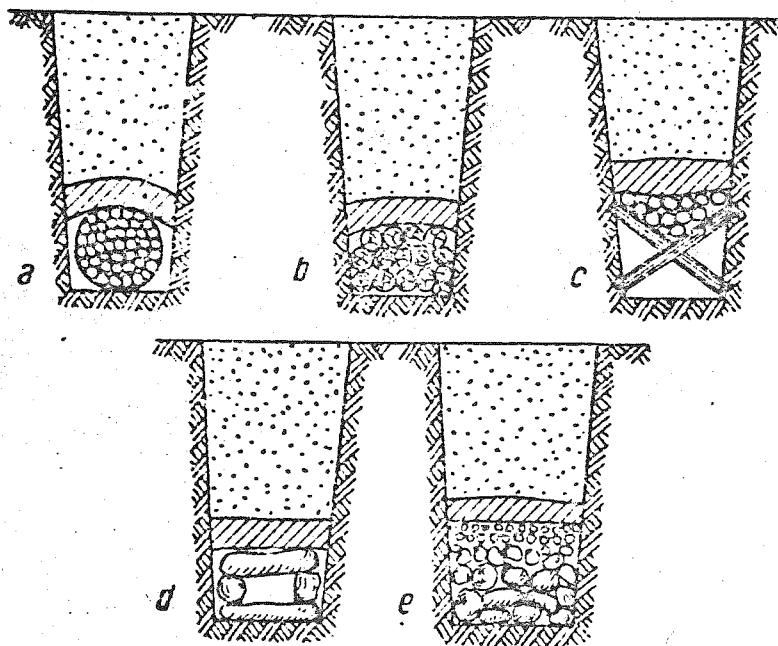
PE:stä valmistetut putket ovat sen sijaan suhteellisen taipuisia. Ne voidaan pakata kelalle, joten ne ovat käsittelyn kannalta paljon käyttökelpoisempia kuin PVC-putket. PE-putkia valmistetaan aina 250 metriä pitkänä kieppitavarana. Polyteeniputkella voidaan siis tällainen salaojapituus tehdä ilman jatkoja. Kun polyteeni on hinnaltaan kallein muovilaatu, on pitkiä putkia ryhdytty valmistamaan myös halvemmasta polystirolista (PS).

Polystirolista valmistettu putki voidaan myös panna kelalle, jos sen seinämä on poimutettu. Putken aaltomainen sisäpinta aiheuttaa kuitenkin melkoisia veden virtaushäviöitä, mikä puolestaan saattaa edistää lietteen laskeutumista putkeen.,

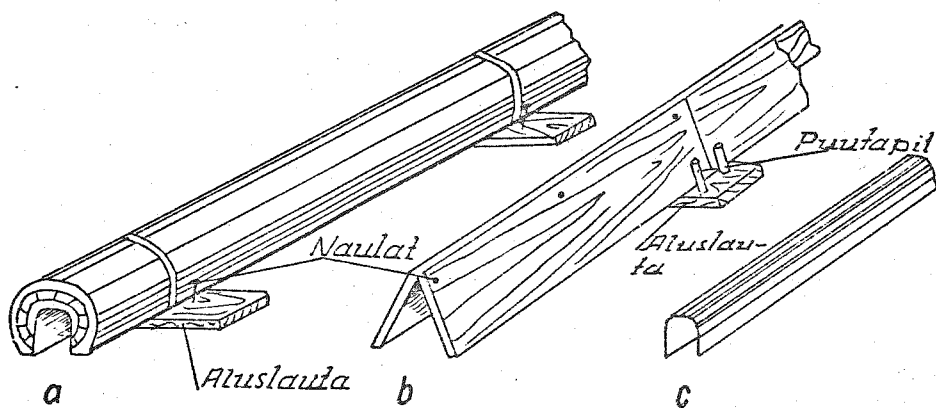
Putkissa oleva rei'itys voi olla joko putken yhdellä sivulla (jolloin saattaa tapahtua, että putki asettuu kaivantoon rei'itys alaspäin) tai se voi olla useampana reikärivinä putken sivuilla ja päällä. Jälkimmäistä rei'itystapaa pidetään parempana, sillä ylöspäin jäävät aukot tekevät mahdolliseksi ilman pois pääsyn



Kuva 29. Salaojaliitos suodatinmateriaaleja käyttäen



Kuva 30. Erilaisia johtoaineita käyt-täen tehtyjä sala-ojia:
a) risukimppuja
b) riukuja
c) riukuja ristik-koetulla
d) kiviä holvattuna
e) kiviä ladottuina



Kuva 31. Holviojien suojaustapoja: a) jyrskettyä puukourua-, b) lautakourua - ja c) muovikourua käyttäen

putkesta ja estävät siten mahdollisten ilmatulppien muodostumisen putkistoon. Niin ikään putken päällä olevien rakojen kautta pääsee vesi putkeen, jos alemmat raot ovat tukkeutuneet. Putkien liettymisvaaran takia voidaan rei'ät suojata lasivillalla jo putkia valmistettaessa.

PVC-putkien valmistustapoja on useita. Putki voidaan muodostaa myös joko kylmästä tai lämmitetystä muovisuikalenuhasta. Suikaleen reunat voidaan ommella yhteen laitteella, joka samalla rei'ittää putken. Eräässä menetelmässä leikataan suikaleen reunoihin pykälät jotka hakautuvat vetoketjun tavoin. Suikaleen muodostaminen putkeksi voi tapahtua joko ennen sen ojaan laskemista tai ojaan laskun yhteydessä sitä varten tehdyllä salaojituskoneella.

Muovi luetaan raaka-aineena yleensä pitkäikäisiin aineisiin kuuluvaksi. Kuitenkaan ei vielä olla täysin selvillä muovista tehtyjen salaojaputkien toimintavarmuudesta sen paremmin kuin niiden kestoikästäkään.

Betoniputket

Salaojituksissa käytetään myös portlandsementistä ja n.s. runkoaineesta valmistettuja putkia. Runkoaineen perusteella puhutaan joko betoni- tai asbestisementtiputkista.

Betoniputkien etuna on niiden säännöllinen muoto, puutteena taas niiden herkkyys happamuuden vaikutukselle. Maan happamuus lyhentää tuntuvasti putkien ikää. Tämän vuoksi betoni- ja teräsbetoniputkia ei käytetä turve- ja kivennäismaissa, joissa maan happamuus on tuntuva ($\text{pH} < 5,5$). Niitä ei myöskään käytetä silloin, jos maavedet sisältävät rikkiyhdisteitä (SO_4) yli 0,2 % tai

magnesiumyhdisteitä (MgO) yli 2,0 %. Jos maan pH on 5,5 -6,0, sivellään betoni- ja teräsbetoniputket sisä- ja ulkopuolelta bitumilla.

Betoniputket valmistetaan yleensä normaalin salaojaputken pituisina (33 cm). Sisäläpimitaltaan 100 mm suuremmat putket tehdään myös pitempinä, aina 1 m saakka. Asbestisementtiputkien standardipituudet ovat 2,9 ja 3,9 m. Edellistä pituutta käytetään sisäläpimitaltaan 100 mm tai sitä pienemmillä putkilla.

Asbestisementtiputket yhdistetään toisiinsa kumitiivisteisillä muhveilla. Jotta vesi pääsisi putkiin, leikataan niiden seinämiin raot. Betoniputket asetetaan ojan pohjalle kuten tiiliputketkin päittäin, jolloin veden pääsy putkeen tapahtuu saumarakojen kautta.

Koska on mahdollista valmistaa läpimitaltaan varsin suurikokoisia-kin betoniputkia, ovat ne erikoisen sopivia suurten kokoojien tekemiseen. Tähän tarkoitukseen betoniputkia pääasiassa käytetäänkin.

Asbestisementtiputkia käytetään sen sijaan yleensä huonosti kantavilla mailla, koska ne ovat pitkiä ja liitoksiltaan kestäviä. Niitä käytetään myös kokoojaputkina siellä, missä on pelättävissä kasvien juurten tunkeutumista putkiin.

Risuriuku-, kivi- tms. -salaojitus

Kivien tai puuaineksen käyttö vedenjohtoineena salaojissa on vanhin salaojitustapa. Sitä käyttivät jo antiikin ajan kansat. Eestissäkin se otaksuttavasti tunnettiin jo 13. vuosisadalla.

E.m. salaojien rakenteita on useita. Muutamia näistä on esitetty kuvassa 30.

Edellä tarkoitetuissa salaojissa on vedenjohtokerroksena huokoinen (löyhä) materiaali, jonka vedenläpäisevyys on tuntuvasti suurempi kuin kuivatettavan maan. Täytteenä voidaan käyttää kärkeä hiekkaa, soraa, kiviä, risuja tai riukuja.

Koska veden virtausnopeus tällaisessa täytteessä on pieni, voidaan menettelytapaa käyttää vain siellä, missä ojille on mahdollista saada riittävä kaltevuus (vähintään 4 ‰). Samasta syystä voivat tällaiset salaojat helposti mennä tukkoon. Näiden ns. täytösalojien ikä ei ylitä kymmentä vuotta. Tukkeutumisvaaraa yritetään vähentää peittämällä täyte ruohomättäillä. Ojaston muodostaminen tällaisista salaojista ei ole mahdollista, minkä vuoksi niitä käytetään vain yksittäissalaojina.

Lyhyen iän ja heikon toimintavarmuuden vuoksi käytetään e.m. salaojia vain väliaikaisena keinona yksittäisten, märkien kohtien kuivattamisessa tai täydentämään putkisalaojia, mikäli ne joissakin kohdin toimivat epätydyttävästi.

Holvisalaojitus

Salaojitustyön helpottaminen ja tarvikekustannusten pienentäminen ovat olleet pääasiallisina syinä holvisalaojituksen kehittämisessä. Holviojia voidaan tehdä kahdella tavalla. Myyräsalaojituksessa niitä vedetään ns. myyräauralla tietylle syvyydelle maanpinnasta. Auran veitsiosan alapäässä on pisaranmuotoinen terässukkulala. Auraa vedettäessä puristaa sukula maan tieltään kokoon ja maahan jää tavallisesti pyöreä onkalo, joka muistuttaa myyrän käytävää.

Holvioja muodostetaan siis tässä menetelmässä maata kokoonpuristamalla.

Toinen tapa holvioja tehtäessä on se, että maata ei puristeta kokoon vaan siihen kaivetaan tai jyrsitään kapea kaivanto (rako), jonka yläreuna myöhemmin puristetaan päältä yhteen n. 40 cm:n syvyydelle saakka. Kaivannon alempi osa muodostaa maanalaisen holvin. Tällaista holvisalaojaa nimitetään myös rakosalaojaksi. Holvisalaoja on käyttökelpoinen vain jäykällä savimailla ja turpeessa.

Myyräsalaojan ikä on lyhyt. Kun myyräoja muodostetaan maan muodonmuutokseen perustuen, pyrkii maa kimmoisesti palautumaan entiseen olotilaansa. Palautumista edistää myös seinämistä tihkuva vesi. Myyräsalaojille on vaikea saada tasaista kaltevuutta, minkä vuoksi veden virtaus salaojassa on epätasaista. Tämä puolestaan edistää lietteen laskeutumista ja myyräsalaojan läpimitan pienenemistä vielä entisestäänkin.

Savimaassa lisää myyräsalaojituksen ikää huomattavasti se, jos savi on salaojia tehtäessä sopivan kosteaa. Koska maaperän kosteus muuttuu jatkuvasti on oikeaa hetkeä käytännössä vaikea tavoittaa. Savimaan jäätymisen ja sulamisen vaikutuksesta luhistuvat onkalon seinämät nopeasti ja salaoja menee umpeen. Kaikki edellä mainitut seikat rajoittavat myyräojan iän 1-5 vuoteen, mikä Eestin ilmasto- ja maaperäolosuhteissa pakottaa suhtautumaan myyräojitukseen suurella varauksella.

Suittuisissa maaperä- ja ilmasto-olosuhteissa, kuten esim. Englannissa, mikä onkin myyräojituksen kotimaa, on myyräojitus pe-

rusteltua ja sitä käytetäänkin paljon. Englannissa käytetään myyräoijitusta pääasiassa tiiliputkisalaojituksen yhteydessä. Tällaisen yhdistelmäsalaojituksen periaate on siinä, että tiiliputkista muodostetaan vain kokoojat, jotka peitetään hyvin suodattavalla materiaalilla, esim. koksikuonalla. Myyräoijat vedetään uudestaan 4-5 vuoden väliajoin myyräauralla kohtisuoraan kokoojien yli siten, että ne leikkaavat suodattavan täytteen (kuva 29). Tällä tavoin on mahdollista säästää salaojituksen perustamiskustannuksia.

Neuvostoliitossa suositellaan myyräoijituksen käyttöä soiden esikuivattamisessa. Tällöinkin liittyy myyräoijituksen tekoon suuria vaikeuksia, sillä kuivattamaton suo ei useinkaan kannata raskaita salaojituskoneita. Myös suossa olevat kannot vaikeuttavat myyräoijituksen suorittamista.

Tällaisille kuivattamattomille soille soveltuvat paljon paremmin sellaiset holvisalaojituskoneet, jotka jyrsivät tai leikkaavat ojan auki. Koska holvin poikkileikkaus tulee näillä koneilla suuremmaksi kuin myyräauralla, on salaojien umpeutumisvaara melkoisesti pienempi. Sen johdosta, että holvia muodostettaessa turve siitä poistetaan, ovat holvin seinämät suhteellisen pysyvät. Koska ojat tehdään verraten syviksi, ei ole tarpeellista saada holvisalaojille kaltevuutta, sillä ne toimivat hyvin myös kaltevuuden puuttuessa.

Holvisalaojituksen tekeminen maata leikkaamalla on nopeaa ja suhteellisen halpaa. Menetelmä sopii hyvin sinne, missä salaojitukselta ei vaadita pitkää ikää, kuten esim. turvetuotantokenttien kuivattamiseen (jos turvetta tuotetaan pintakerroksesta) ja soiden esikuivattamiseen, jotta saataisiin aikaan suon painumista.

Keinoja veden pääsyn lisäämiseksi salaojiin

Salaojituksen tulisi riittävän hyvin ottaa vastaan vettä maaperästä. Putkisalaojiin pääsee vesi putken seinämässä olevien siivilärakojen ja reikien sekä putkipäiden välisten saumarakojen kautta. Nämä vesitiet voivat kuitenkin ajan mittaan mennä umpeen etenkin jos ojitus on koheesiomaassa (savi, hyvin maaton turve). Veden pääsytien vähitellen pienentyessä lisääntyy sisäänvirtausvastus aiheuttaen salaojan toimintakyvyn heikkenemistä. Tämän estämiseksi pyritään etukäteen turvaamaan salaojan vedenvastaanottamiskyky. Eräs keino tässä mielessä on salaojan ympäröiminen jollakin sopivalla materiaalilla. Sellaista on mm. karkea hiekka tai sora, josta on seutottu hieno aines pois. Tämä sinänsä verrattain yksinkertainen tapa on kyllä tehokas mutta Eestissä on valitettavasti yleensä vaikea saada sopivaa salaojasoraa.

Salaojan veden vastaanottokykyä on pyritty lisäämään myös siten, että käytetään putkia, jotka on valmistettu huokoisesta materiaalista. Huokoisia putkia voidaan valmistaa hiekan ja bitumin tai hiekan synteettisten hartsien seoksesta. Huokoisilla putkilla on saavutettu tosin joitakin etuja, mutta tähän asti ei kumpikaan näistä putkimateriaaleista ole ehtinyt kokeilyvaihtetta pidemmälle.

Salaojaputkiston vedenvastaanottokykyä voidaan lisätä suurentamalla putkikokoa 50 mm:stä 75 tai 100 mm:iin.

Yrityksenä, jolla salaojituksen kuivatustehoa pyritään parantamaan voidaan pitää myös ns. suojatun holvisalaojan keksimistä. Tämä salaojitus on varsinaisen holvisalaojituksen ja putkisalaojituksen välimuoto. Siinä vahvistetaan jollakin materiaalilla holvin laki ja seinämät, salaojan pohjan jäädessä vahvistamatta. Veden pääsy jää siten salaojan pohjan kautta täysin vapaaksi.

Esimerkkejä suojattujen holvisalaojien konstruktioista on esitetty kuvassa 31.

Suoritetuissa kokeissa ovat ko. suojatut holvisalaojat osoittaneet tehokkaiksi sekä veden vastaanottajina että poisjohtajina. Ne näyttävät ylittävän selvästi tavallisten salaojien vastaavat ominaisuudet. Toistaiseksi ei ole kuitenkaan käytettävissä luotettavia tietoja niiden toimintakestävydestä.

Erikoisen hyvin tulisi salaojien ottaa vastaan ja kuljettaa vesiä lähteellisten kohtien ojittamisessa. Erillisen lähteen kuivattamiseksi voidaan tehdä lähdekaivo joko betonirenkaista, kuivamuuramalla kivistä tai mikäli lähdekohdassa on paksu turvekerros tekemällä kaivo myös puusta. Tyypillinen lähdekaivo esitetään kuvassa 32. Kaivon pohja katetaan kivillä. Pohjakiviä pienemmistä kivistä tehdään kaivon ympärille riittävä suodatinkerros. Erikoisen tärkeä tämä suodatinkerros on silloin, jos kaivo on tehty kuivamuurauksena hiekkamaahan. Betonirenkaista tehdyn kaivon vedenvastantokyvyn parantamiseksi hakataan renkaisiin aukkoja. Lähdekaivo on yhdistettävä varsinaiseen salaojitusverkostoon vähintään 100 mm:n putkikokoa käyttäen. Jos lähteen antoisuus on suuri, on kaivosta lähtevä salaoja vietävä suoraan kokoojaajaan.

Alueilla, joilla esiintyy lähteitä, on paineellista pohjavettä runsaasti. Tällaisten alueitten kuivattaminen suoritetaan tiennetyllä salaojaverkostolla. Ojaetäisyydet ovat suunnilleen 2-10 m. Lisäksi on huolehdittava siitä, että vesi pääsee helposti salaojiin. Ko. tapauksissa voidaan käyttää esim. siiviläputkia, jotka ympäröidään soralla.

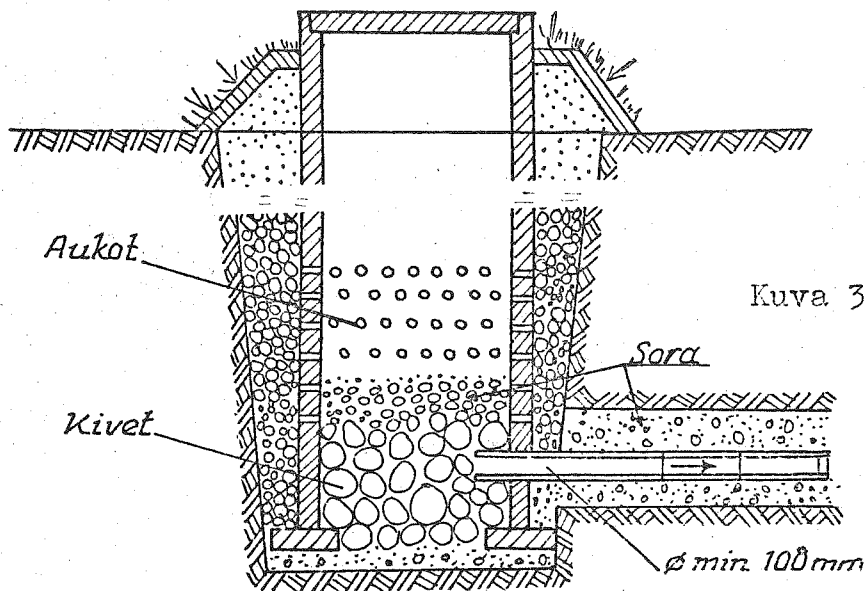
Lähdesalaojassa voidaan käyttää myös liitosputkia, jolloin ne asetetaan siten, että haarat tulevat vuorotellen ylös- ja alaspäin. Liitosputkia käytettäessä kaivetaan ojan pohja haaran kohdalta hieman syvemmäksi ja syvennyksen pohja peitetään pienistä kivistä tehdyllä kerroksella, kuten kuvassa 22 on esitetty.

Rinteiden alaosien kuivattamisessa, jolloin paineellista pohjavettä esiintyy yleensä laajalla alueella, käytetään 75 tai 100 mm:n putkikokoja. Niillä veden vastaanotto- ja johtokyky on suurempi kuin 50 mm:n putkilla. Putket tulee tällöin huolellisesti ympäröidä suodatinmateriaalilla.

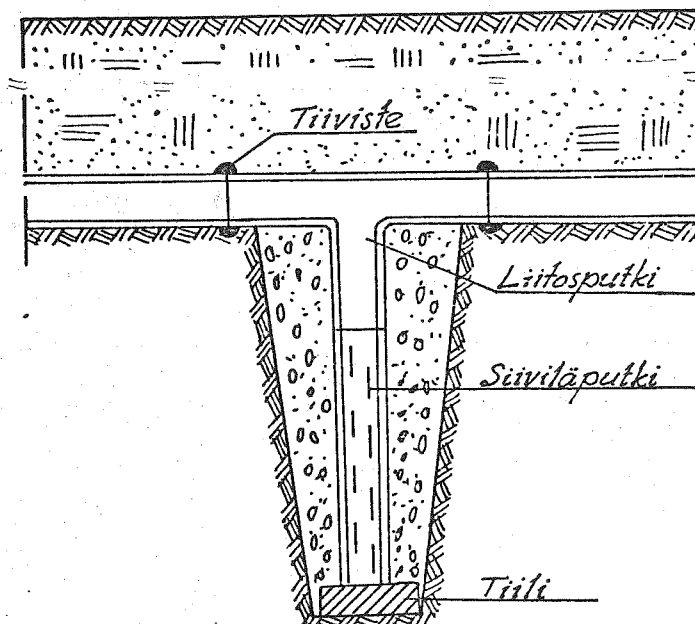
Puutarhojen ja puistoalueiden salaojitus

Puutarha- ja puistoalueiden salaojittamisessa on tarjolla vaara, että syvälle ulottuvat puiden ja pensaiden juuret tunkeutuvat salaojaputkistoon ja tukkivat sen. Erikoisesti juuret tunkeutuvat kokoojiin, mikäli salaojavesi sisältää ravinteita enemmän kuin ympärillä olevan maaperän vesi. Varsin mielellään tunkevat juurensa putkistoon paju, poppeli, haapa ja mustaherukka. Rikkaruohoista ovat tässä suhteessa vaarallisia suolaheinät ja kortteet sekä viljelykasveista hybridiilanttu.

Puutarhamaiden ja puistoalueiden kuivattamista ajatellen on

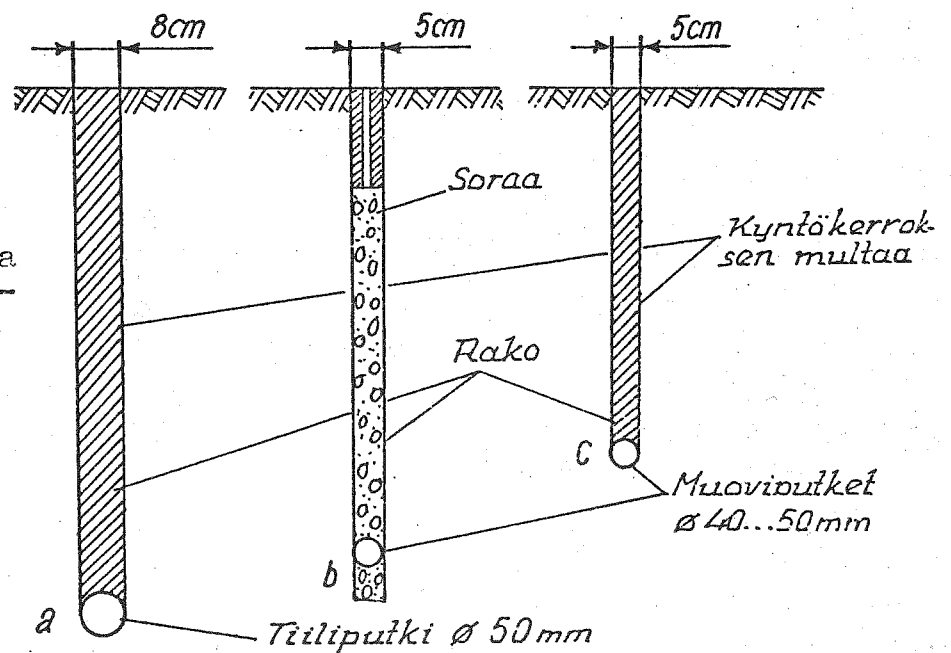


Kuva 32. Lähdekaivo



Kuva 33. Rerolle'n kaivo

Kuva 34.
Myyräauralla
tehtyjä put-
kiojatyypp-
pejä



kehitetty monenlaisia salaojarakenteita sekä menetelmiä, joilla pyritään estämään juurten tunkeutuminen putkistoon.

Hyviä tuloksia on saavutettu salaojituksilla, joissa vesi pääsee putkistoon vain ns. Rerolle'n kaivojen kautta (kuva 33). Kaivot tehdään, riippuen maan vedenläpäisevyydestä 5-15 m:n välein. Rerolle'n kaivo muodostuu kahdesta päittäin pystyyn asetetusta siiviläputkesta. Ylempi putki yhdistetään salaojaputkeen, johon on hakattu aukko. Kaivo ympäröidään sorasuodattimella. Rakenne muuttuu yksinkertaisemmaksi, jos käytetään liitosputkia, jolloin haara suunnataan alaspäin. Jotta putken vapaan aukon kautta ei tunkeutuisi salaojaan voimakkaan vedenvirtauksen vaikutuksesta lietettä, täytetään kaivo soralla, jonka raekoko on 5-10 mm. Kun vesi on noussut kaivossa pystyputken yläreunaan asti, pääsee se salaojaan ja virtaa sitä pitkin pois. Rerolle'n kaivon kautta eivät juuret voi tunkeutua salaojaan. Juurien pääsy salaojaan kaivojen välisillä osilla estetään tiivistämällä putkien saumat. Ne tiivistetään joko tervakalkkikitillä tai ympäröimällä saumat muhveilla. Muhvien käyttö edellyttää, että putket ovat ulkopinnaltaan sileitä. Muhveina voidaan käyttää vinyylimuovi- tai plasteelikalvoa, jotka 10-15 cm:n levyisinä kaistaleina kierretään putkien ympärille ja sidotaan langalla kiinni. Kokoojat on kuitenkin syytä tehdä muhvillaista asbestisementtiputkista.

Juurten sisääntunkeutumista putkistoon on pyritty estämään myös käyttämällä ns. kaksinkertaista putkitusta. Sisäläpimitaltaan 50- tai 40-mm:n tiiliputket asetetaan suurempien putkien sisään siten, että putkien liitokset sisemmissä ja ulommissa putkissa eivät tule kohdakkain.

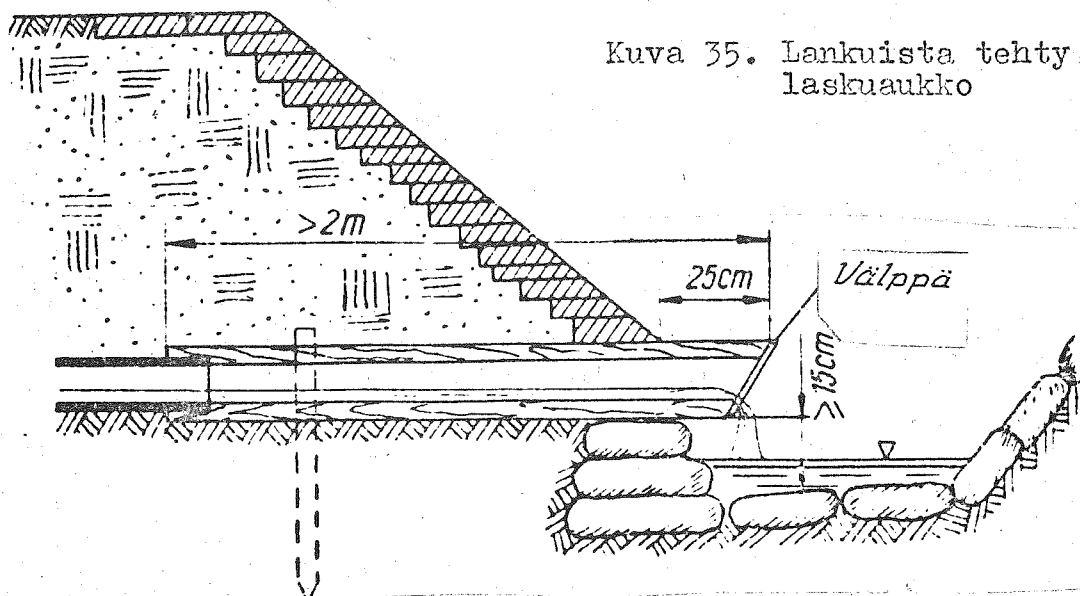
Salaojitus kaivantoa tekemättä

Ilman kaivantoa tehtyjen salaojien tarkoituksena on kaivutyön osuuden pienentäminen salaojitustöissä. Sellaisen putkisalaojituksen periaate, joka ei edellytä ojan aukikaivamista on itse asiassa sama kuin holvisalaojituksissakin: vertikaalisen puukko-osan avulla leikataan maahan rako samalla kun puukko-osan alapäässä oleva tavallisesti sukkulanmuotoinen laite puristaa maahan maanpinnan suuntaisen onkalon eli holvin. Tähän holviin voidaan koneellisesti asentaa putkitus tai vain jostain riittävän hyvin vettäjohtavasta materiaalista täyte. Putkituksena voidaan käyttää esimerkiksi tiili- tai muoviputkia ja vettäjohtavana täytteenä vastaavasti soraa, koksikuonaa tai vaikkapa ruokamul-taa. Kuvassa 34 on esitettynä muutamia tällaisia salaojaratkai-suja. Suoritetut kokeet ovat osoittaneet että ko. salaojat voi-vat toimia tyydyttävästi. Edellytyksenä niiden tekemiselle on kuitenkin se, että ojittettava alue on kivetön. Eestin olosuh-teita ajatellen ensisijaisesti mutasuot olisivat soveliaita tämän ojitusmuodon toimeenpanemiselle. Kustannusten säästö ky-seistä ojitustapaa käytettäessä on noin puolet normaalisalaoji-tukseen verrattuna. Tämän ojitustavan suureksi puutteeksi on kuitenkin luettava se, että ojituksen laadun tarkastaminen jää suorittamatta. Niin ikään on putkiston suojaaminen suodatinma-terialilla vaikea suorittaa. Liitosten tekeminen kokoojaojaan on esitetty kuvassa 29.

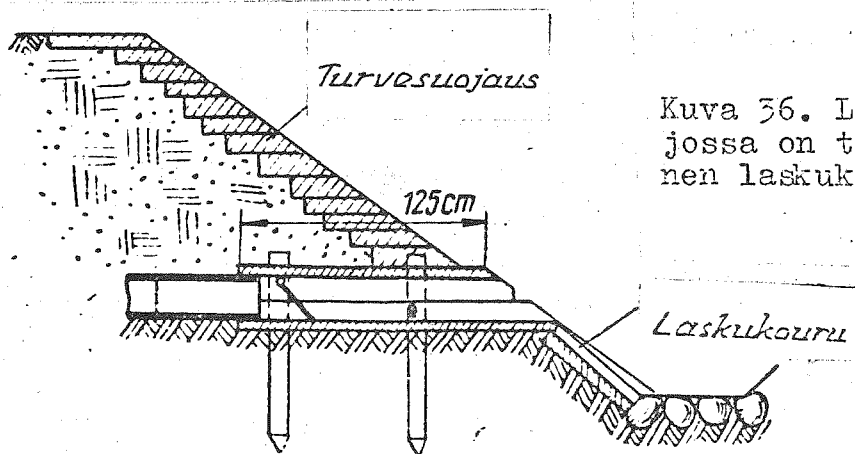
Salaojien erikoisrakenteet

Laskuaukko

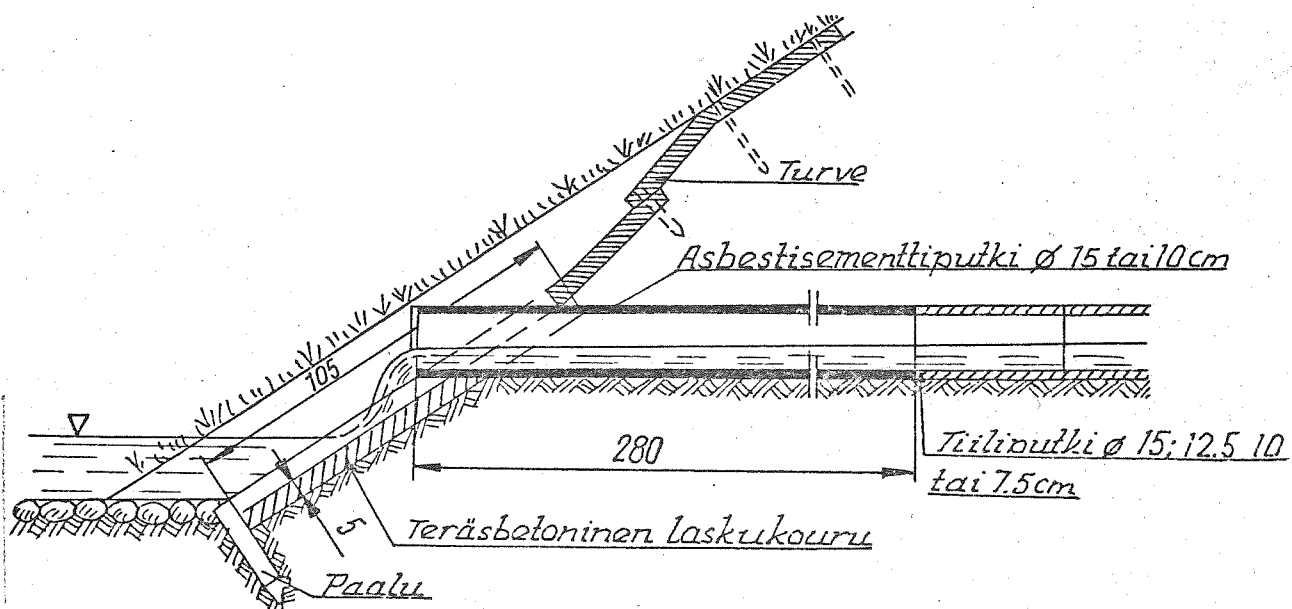
Laskuaukon kautta johdetaan vesi pois salaojaputkistosta. Las-kuaukon tarkoituksenmukaisuudesta ja kestävyyydestä riippuu



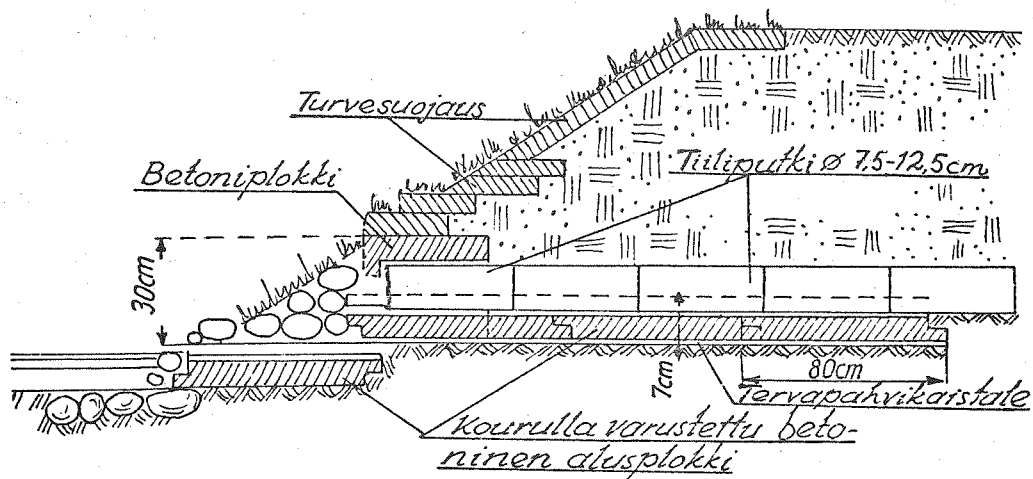
Kuva 35. Lankuista tehty laskuaukko



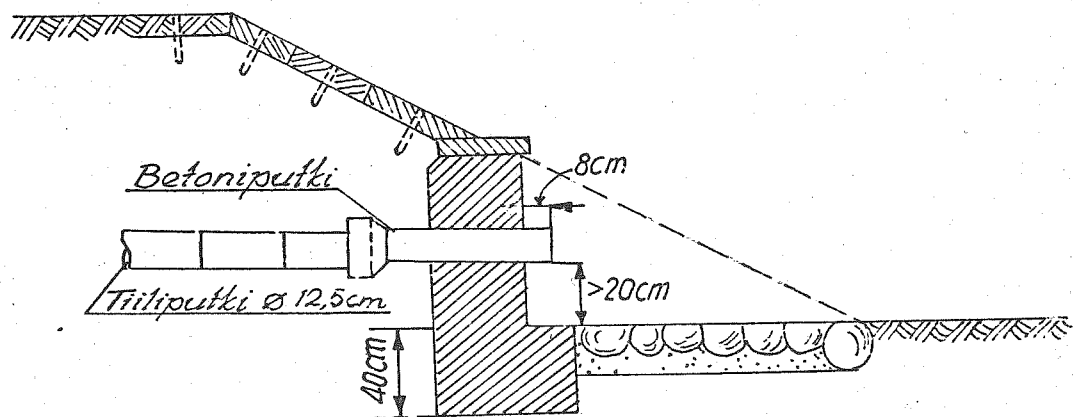
Kuva 36. Laskuaukko, jossa on teräsbetoninen laskukouru



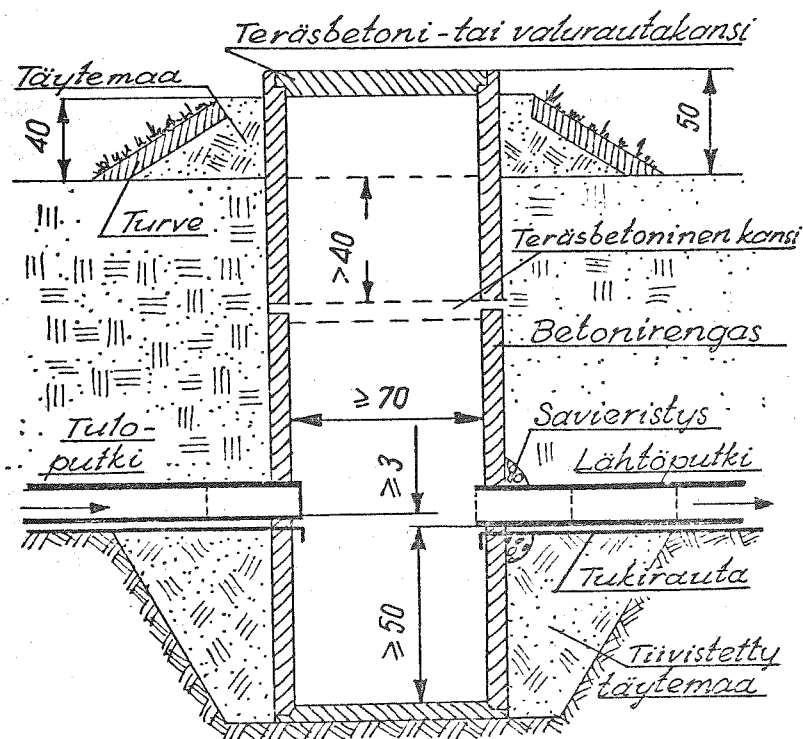
Kuva 37. Asbestisementtiputkesta tehty laskuaukko



Kuva 38. Betoniblokeilla suojattu laskuaukko



Kuva 39. Suurehkon kokoojaojan laskuaukko, joka on suojattu betonisella tukimuurilla.



Kuva 40. Betoni-
renkaista tehty
lietekaivo

koko ojaston toiminta. Laskuaukko on salaojituksen tai yksittäis-salaojan ainoa näkyvässä oleva ja sen vuoksi myös ulkoisille vaikutuksille alttiina oleva osa. Laskuaukon tulee mahdollisimman hyvin kestää ulkoisten tekijäin vaikutus. Sen tulee kestää veden huuhtova vaikutus. Se ei saa painua, nousta eikä siirtyä paikaltaan roudan tai mekaanisten tekijäin vaikutuksesta. Sen tulee estää pienten eläinten sisääntunkeutuminen putkistoon ja samalla mahdollistaa veden vapaa poistvirtaus ojastosta. Sen tulee olla kestävä lahoamista samoin kuin vedessä olevien happojen vaikutusta vastaan.

Tiiliputkisalaojan laskuaukko voidaan tehdä monella tavalla. Kuvissa 35...38 on esitetty muutamia Baltian maissa käytettyjä puusta tai betonista tehtyjä pieniläpimittaisia (enintään 125 mm), lähinnä kokoojaojiin soveltuvia laskuaukkotyypppejä. Laskuaukon suojaamiseksi ulkoisilta mekaanisilta vaikutuksilta saa laskuaukon pää tulla luiskasta ulos mahdollisimman vähän, enintään 25 cm. Paikoissa, joissa esiintyy jäätten liikkumista, uittoa tai laivaliikennettä, johdetaan laskuaukko omaan laskuojaan tai suojataan se tukiseinällä. Myös suuriläpimittaisten kokoojien laskuaukot on suojattava tukimuurilla (kuva 39).

Puusalojituksessa eivät erilliset laskuaukot ole tarpeen. Tällöin tyydytään vain siihen, että luiskasta ulospistävä putkenpää tehdään seinämävahvuudeltaan normaalia paksummaksi.

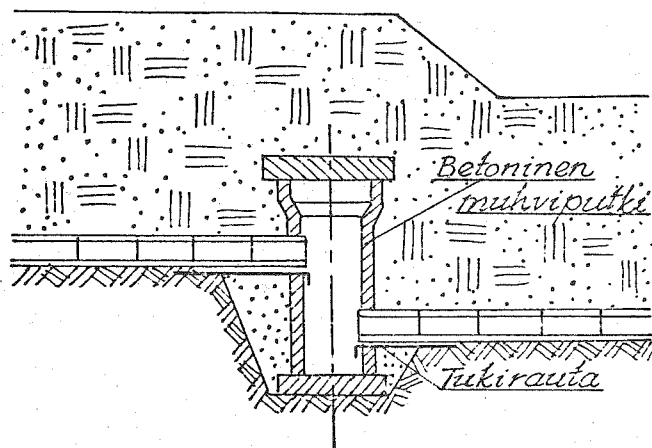
Lautaputkisalaojituksen laskuaukko valmistetaan niin ikään joko normaalia paksummasta laudasta (paksuus 40 mm) tai ympäröidään lautaputki alapäästään 2,0...2,5 m:n matkalla 25 mm:n paksulla lautakatteella. Näin menetellen suojataan ohutseinäinen lautaputki mekaanisilta vaurioilta. Laskuaukkolautojen lahoamisen estämiseksi tulisi ne käsitellä lahonsuoja-aineella.

Laskuaukon paikallaanpysymisen varmistamiseksi erikoisesti turpees-
sa tulee sen alle asettaa lankusta tehdyt tuet.

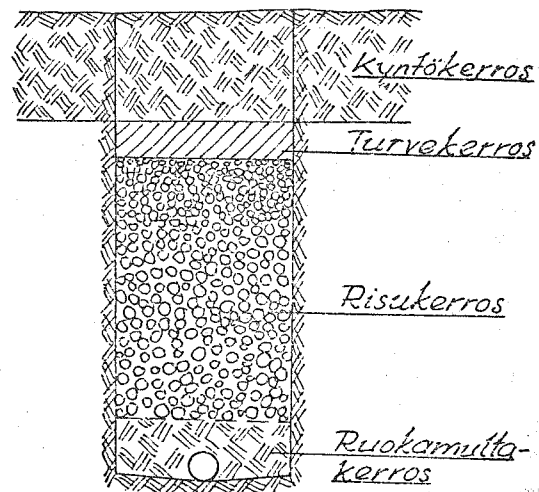
Lietekaivot Lietteainesta joutuu veden mukana salaojaan pääasiassa
putkistoa ympäröivästä maaperästä. Hienorakeisemman lietteen kul-
jettaa vesi putkesta pois mutta karkeampi aines laskeutuu niihin
kohtiin, joissa veden nopeus syystä tai toisesta vähenee. Lietetty-
sen kannalta ovat vaarallisimpia kaltevuuden taitekohdat kokoojassa.
Jotta vältettäisiin putkiston tukkeutuminen kaltevuuden taitekohdassa,
sijoitetaan niihin lietekaivoja (kuva 40), joihin lieteaines laskeu-
tuu. Kaivot on tyhjennettävä lietteestä tietyin väliajoin. Lietekai-
vosta lähtevän putken pitää olla kaivon pohjaa korkeammalla, jotta
lietekaivo menettää merkityksensä. Kaiken varalta on suositeltavaa,
että lähtevä putki asetetaan kaivoon päin kaltevaksi. Jos nyt lie-
tekerros kaivossa nousee lähtevän putken suun korkeudelle, vähenee
veden virtaus kaivosta putkeen. Liete ei pääde nousemaan putkessa
eikä tuki putkistoa. Maan muuttuminen märäksi kaivon yläpuolella on
merkkinä siitä, että kaivon määräaikainen tyhjentäminen on laimin-
lyöty.

Tuloputki asetetaan tavallisesti hieman korkeammalle kuin lähtö-
putki. Tällöin on mahdollista helposti tarkastaa, toimiiko kai-
vosta lähtevä putkisto normaalisti. Kaivon yläreuna ulottuu taval-
lisesti maanpinnan yläpuolelle, mutta tarvittaessa voidaan liete-
kaivo tehdä kokonaan maan sisään.

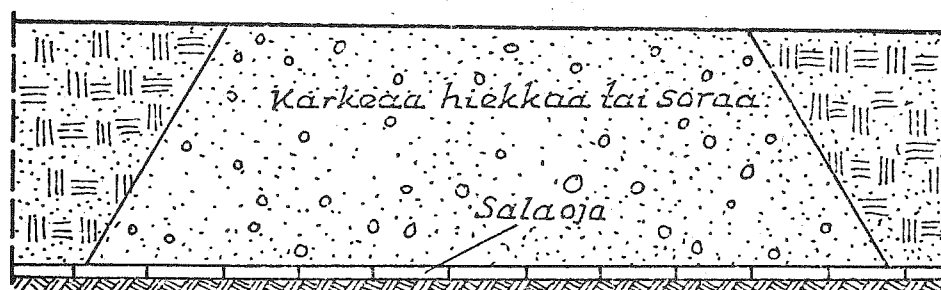
Tarkastuskaivot. Tarkastuskaivoja tarvitaan pitkissä ja pienen
kaltevuuden omaavissa kokoojaojissa, jotta voitaisiin tarkastaa
kokoojaojan moitteeton toiminta. On suositeltavaa sijoittaa tarkas-
tuskaivo myös kokoojan haaraantumiskohtiin, joissa pääkokoojaan
laskee samassa kohdassa useita sivukokoojia. Tarkastuskaivot hel-



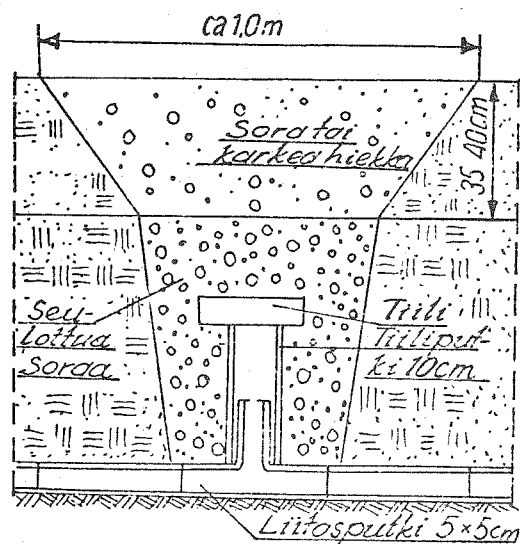
Kuva 41. Syöksykaivo



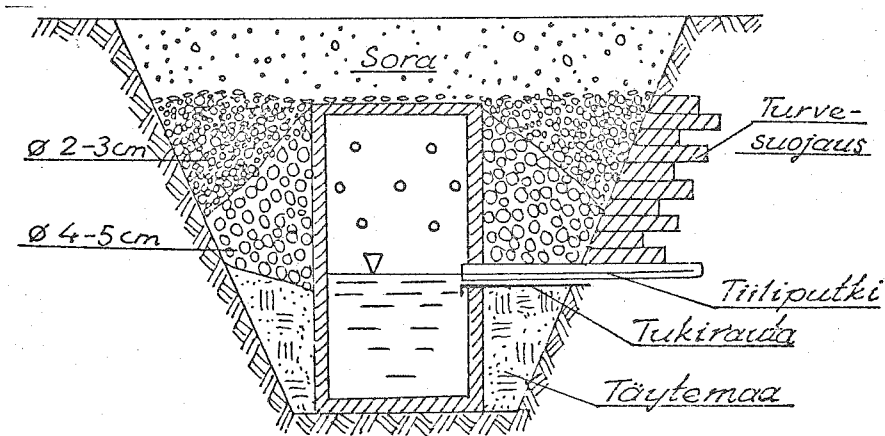
Kuva 42. Risuilla täytetty salaojakaivo



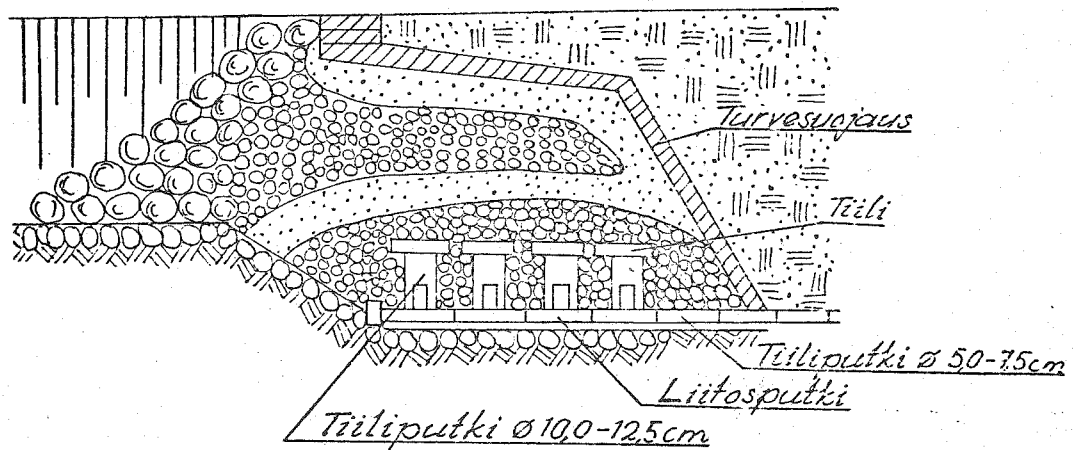
Kuva 43. Sorasilmäke



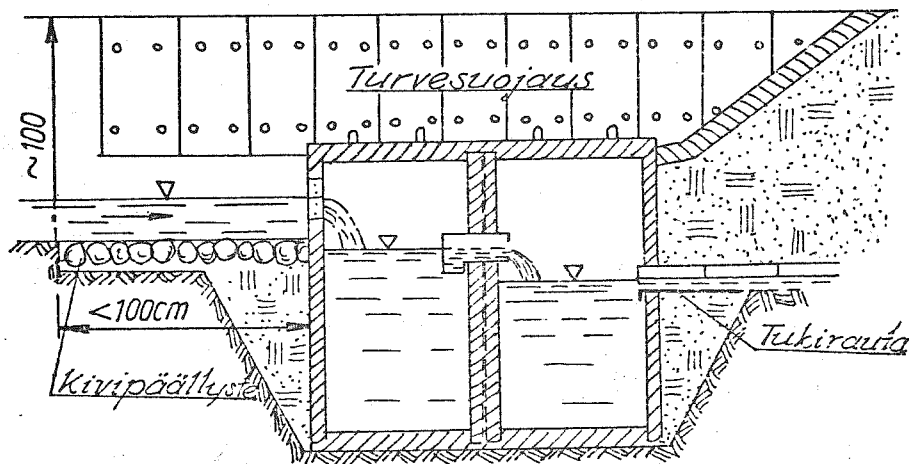
Kuva 44. Liitosputkista tehty silmäke



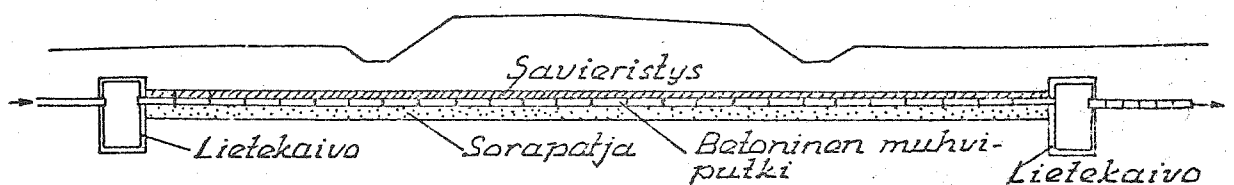
Kuva 45. Painanteiden kuivattamiseen soveltuva notkonnekaivo



Kuva 46. Niskasilmäke



Kuva 47. Kaksoisniskakaivo



Kuva 48. Tiemaan alitusjohdon rakenne kokoojajaojassa

pottavat myös kokoojien puhdistamista silloin, kun liete on ne tukkinut. Rakenteeltaan tarkastuskaivot muistuttavat lietekaivoja. Pääasiallisin ero on kuitenkin siinä, että tarkastuskaivon pohja on tavallisesti kokoojaojan kanssa samalla korkeudella, jolloin kaivon pohjaan tehdään ura virtauksen suuntaamiseksi.

Syöksykaivot. Syöksykaivoja käytetään silloin, kun maasto on kokoojalle tai imuojalle liian kalteva. Syöksykaivo muistuttaa konstruktioiltaan lietekaivoa, vaikkakin se tehdään läpimitaltaan pienemmäksi (kuva 41). Jos maanpinnan kaltevuus on suuri pitkällä matkalla, voidaan syöksykaivoista muodostaa putoussarja.

Pintavesisilmäkkeet ja -kaivot. Salaoja on tarkoitettu keräämään ja johtamaan pois lähinnä maavesiä, jotka liikkuvat maaperän ylimmissä kerroksissa. Huonosti vettäläpäisevissä maissa on kuitenkin tarpeellista, että myös osa sulamis- ja sadevedestä, joka on jäänyt seisomaan maanpinnalle pintavetenä, johdetaan salaojaputkistoon. Tämä käy päinsä, jos salaojakaivannon täyttömaa jää hyvin vettäläpäiseväksi. Esimerkiksi savinen hiekkatäyte on alussa riittävän läpäisevää, mutta 3-4 vuodessa se tiivistyy. Vaikka sen läpäisevyys tällöinkin on 1,5-2 kertaa suurempi kuin ympärillä olevan maan läpäisevyys, ei se kuitenkaan pintaveden nopean poisjohtamisen kannalta ole riittävä. Sen vuoksi kaivannot täytetään karkealla hiekalla, soralla tai muulla löyhällä materiaalilla maanpintaan asti tai risuilla kyntökerrokseen asti (kuva 42). Mainituista materiaaleista on parhaita tuloksia saavutettu risutäytteellä. Vaikka risut lahoavatkin ajan mittaan, säilyttävät niillä täytetyt kaivannot kuitenkin hyvän läpäisykyvyn huomattavan pitkän ajan. Sitävastoin hiekan ja soran vedenläpäisevyys pienenee verraten nopeasti. Kaivannon täyttäminen kokonaan ruokamullalla parantaa niin ikään tuntuvasti täyttömaan vedenläpäisykykyä, mutta samalla juuriston tunkeutumisvaara putkistoon lisääntyy.

Koko kaivannon täyttäminen hyvin vettäläpäisevällä materiaalilla on kuitenkin kallista, erikoisesti silloin, kun salaojakaivanto on leveä. Sen vuoksi pyritäänkin kustannuksia säästämään siten, että kaivantoa ei täytetä kokonaan suodattavalla materiaalilla. Materiaalia käytetään ainoastaan niissä kohdissa, joihin pintavesi kerääntyy tai johon sitä erityisesti johdetaan. Mainitunlaisissa paikoissa voidaan pintaveden johtamisessa salaojaputkiin käyttää silmäkettä (kuva 43). Silmäkkeen soratäytteen leveys on sama kuin kaivannon leveys, ja pituus maanpinnalla vähintään 1 metri suureten alaspäin noin 60° kulmassa. Suodattimen alueelle tulisi jäädä n. 10-12 putki-liitosta. Jos liitosten lukumäärä on mainittua pienempi, ei imeytyvä vesi kykene riittävän nopeasti pääsemään salaojaan. Jos silmäkkeen kautta on tarpeen johtaa vesiä runsaasti, on sen kohdalle salaojaan asetettava siiviläputket tai tehtävä kuvassa 44 esitetty liitos- ja tiiliputkista tehty erikoisrakenne.

Pintaveden johtamiseksi salaojaputkistoon suuremmista notkoista eivät pienet silmäkkeet riitä. Sen vuoksi käytetäänkin mainituissa paikoissa notkonnekaivoja (kuva 45). Notkonnekaivo valmistetaan betonirenkaista, joiden läpimitta on 0,7...1 m. Jotta vesi pääsisi helposti kaivoon, tehdään kaivon seinämiin aukot. Kaivo peitetään ja ympäröidään sorasuotimella. Kaivosta lähtevän putken on oltava noin 40 cm kaivon pohjaa korkeammalla, jotta kaivoon jäisi riittävä lieteperä.

Jos salaojaputkistoon johdetaan vettä avo-ojista, tulee vedestä ensin erottaa liete. Mikäli virtaama ja lietteen määrä on vähäinen, riittää lietteen erottamiseen kuvan 46 mukainen niskasilmäke. Silmäke tai suodatin on rakennettava siten, että siinä ylin- ja alin kerros ovat karkearakeista ja keskimmäinen taas hienorakeista materiaalia.

Jos lietettä on vedessä runsaasti, käytetään kaksoisniskakaivoa (kuva 47).

Teiden ja avo-ojien alitukset

Salaojituksen suunnittelussa tulee välttää imuojien ja kokoojien alitusta sellaisten teiden kohdalla, joilla on odotettavissa traktorien ja raskaiden ajoneuvojen liikennettä. Jos alitus on kuitenkin välttämätöntä, on putkisto vahvistettava k.o. kohdissa ottamalla huomioon putkiston asennussyvyys ja liikenteen tiheys tiellä. Teiden kohdalla maa jäätyy talvella syvemmältä kuin muualta. Sen vuoksi on salaojat myös suojattava jäätymishaitoilta.

Jos salaoja viedään vähemmän liikennöidyn tien ali, ympäröidään salaoja joko huonosti lämpöä johtavalla materiaalilla tai käytetään alituskohdassa kaksinkertaista putkistoa, jolloin varsinaiset salaojaputket sijoitetaan suurempiläpimittaisten putkien sisään. Jälkimmäinen tapa on mahdollinen vain silloin, kun putkikoko on enintään 100 mm.

Jos maa on tällaisessa alituskohdassa huonosti kantavaa, asetetaan kokoojan tai imujan alle lankku, joka paitsi lisää putkiston mekaanista kestävyyttä estää myös putkien epätasaisen painumisen. Samanlainen lankku asetetaan myös putkiston päälle, jotta mahdollinen kuormitus jakautuisi tasaisesti.

Vilkkaammin liikennöidyt tiet varustetaan tavallisesti avonaisilla tieojilla. Kun raskaiden ajoneuvojen vaikutuksesta maanpinta sitaipaitsi painuu ja tärähtelee, saattaa osoittautua tarpeelliseksi asettaa kokoojaputkisto tiealueella jonkin verran normaalia syvemmälle. Tällöin on tehtävä erityinen alitusjohto. Se rakennetaan betoniput-

kista, jotka asetetaan 25 cm paksun sorapatjan päälle (kuva 48). Putkien jatkoskohdat tiivistetään savella ja ympäröidään 6 cm paksulla savikerroksella. Jotta alitusjohdon kuntoa voitaisiin tarkkailla, rakennetaan tien molemmille puolille tarkastuskaivot. Mikäli kokooja joudutaan viemään avo-ojan alitse, ei alituskohdassa tulisi käyttää tiiliputkia, koska avo-ojan veden mukana lieteaines ja toisaalta avo-ojassa kasvavien kasvien juuret tunkeutuvat putkistoon liitosten kautta. Varminta on käyttää kokoojassa avo-ojan alituksessa esimerkiksi asbestisementti-, polyeten- tai betoni-putkia, jolloin jatkoskohdat tulee tiivistää savella. Tämä ns. umpiputki on ulotettava 2 m:n päähän kummallekin puolen avo-ojasta.

Salaojien sijoitus

Salaojituksen suunnittelussa tulee kartan perusteella määrätä imuojien ja kokoojien paikat. Tällöin on otettava huomioon maaston kaltevuus ja suunta sekä lisäksi vaatimus, jonka mukaan salaojille olisi saatava mahdollisimman yhtäläinen syvyys sekä sopeva pituus ja kaltevuus.

Samanaikaisesti kun salaojien paikat määrätään kartan perusteella, tulisi ratkaista myös muidenkin aluekuivatukseseen liittyvien ojien, kuten lasku-, sivu- ja päävaltaojien sijoitus. On tehtävä toisin sanoen runkosuunnitelma. Kun avo-ojien kunnossapito on kallista ja koska ne vaikeuttavat maan rationaalista käyttämistä, on suositeltavaa, että avo-ojien määrä olisi mahdollisimman pieni. Valtaojat sijoitetaan maaston alavampiin kohtiin.

Runkoverkon sivu- ja päävaltaojienkin pituutta voidaan vähentää suunnittelemalla mahdollisimman suuria ojastoja. Suurilla ojastoil-

la on muitakin etuja: Käytettäessä suuria ojastoja on tarpeen rakentaa vähemmän laskuaukkoja, jotka ovat ojastojen helpoimmin vioittuvia kohtia. Lisäksi ovat suurten kokoojien hydrauliset toimintaedellytykset paremmat, sillä suuremmat virtaamat ja virtausnopeudet edistävät putkiston itsepuhdistumista. Suurten ojastojen kunnossapito on helpompaa ja huokeampaa.

Suurten ojastojen puutteena on se, että putkiston rikkoutuessa salaajituksen toiminta huonontuu laajemmalla alueella, mutta toisaalta on suuressa ojastossa, mikäli se on varustettu tarkastuskaivoilla, rikkoutumien löytäminen ja korjaaminen melkoisesti helpompaa kuin pienissä ojastoissa.

Kovin suuria ojastoja ei voida kuitenkaan suunnitella huonosti läpäiseville maille, joissa pintaveden kerääntyminen on todennäköistä. Tällaisessa tapauksessa on tarpeellista, että avo-ojia olisi tiheämmässä. Ne voisivat tällöin ottaa vastaan tehokkaasti pintavettä, jonka johtaminen imuojiin on k.o. pelloilla vaikeaa. Laidun- ja heinämailla nämä vaikeudet ovat vähäisemmät.

Pienet ojastot ovat välttämättömiä myös tasaaisessa tai heikosti kaltevassa maastossa, samoin kuin hyvin kumpuilevassakin maastossa. Paksuturpeisten suoviljelysten kuivattamisessa käytetään enimmäkseen yksittäissalaojia tai pieniä ojastoja. Näin sen vuoksi koska kuivatuksen jälkeen turve painuu ja yleensä sitä enemmän mitä paksumpi turvekerros on. Suurten ojastojen alueella sattuu pakostakin hyvin erilaisen turvesyvyyyden omaavia maita, jolloin myös suon painuminen tapahtuu epätasaisesti. Näin ollen suurojaston jotkut osat saattavat jäädä vaille riittävää kaltevuutta.

Pieniä ojastoja suositaan myös hietamaiden ja rautayhdisteitä sisältävien maiden kuivattamisessa.

Kun veden nopeuden kokoojassa olisi oltava suurempi kuin imuojissa, sijoitetaan kokoojaoja tavallisesti korkeuskäryä vastaan kohtisuoraan ja imuojat vastaavasti terävään kulmaan korkeuskäyriin nähden. Imuojien sijoittaminen lähes korkeuskäyrien suuntaisesti suositellaan myös siitä syystä, että pohjaveden liike maassa on maanpinnan kaltevuuden suuntainen sekä siitä syystä, että kohtisuoraan veden suuntaa vastaan asetettu imuoja ottaa paremmin vettä vastaan.

Salaojan kaltevuus suunnitellaan mahdollisimman tasaiseksi koko ojan pituudelta. Jos kokoojassa tämä ei ole mahdollista pinnanmuodostuksen vuoksi, olisi pyrittävä siihen, että veden nopeus kokoojassa alaspäin mentäessä ei kuitenkaan pieneneisi. Jos sitä ei voida välttää ja nopeuden pieneneminen on huomattava, on kaltevuuden taitekohtaan tehtävä lietekaivo. Määräysten mukaan ovat lietekaivot tarpeen siellä, missä yli 75 mm läpimittaisen kokoojan kaltevuus taitekohdan yläpuolella ylittää 10 ‰ ja alapuolella taas jää pienemmäksi kuin 5-7 ‰.

Ojitustöiden helpottamiseksi pitää ojasto suunnitella mahdollisimman yksinkertaiseksi ja säännölliseksi. Koska kokoojaojat ovat kalliimpia kuin imuojat, tulee ojastot suunnitella siten, että kokoojien määrä olisi mahdollisimman pieni. Tässä suhteessa ovat käyttökelpoisimmat kaksipuoleiset eli ns. kalanruoto-ojastot, joissa imuojat liittyvät molemmilta puolilta kokoojaojaan. Kokoojan tulisi olla mahdollisimman suora. Kaarteet, jotka ovat loivempia kuin 120°, tulee tehdä ympyrän kaaren muotoisina, jolloin sä-

teen tulisi olla niin suuri, kuin salaojaputkimateriaali sallii. 120° pienemmissä mutkissa on suositeltavaa käyttää vastaavia muotokappaleita tai suunnitella k.o. kohtaan tarkastuskaivo. Jos maastossa esiintyy notkonne sijoitetaan kokooja sen matalimpaan kohtaan. Ei kuitenkaan entisen avo-ojan kohdalle, mikäli se on notkon pohjalla.

Mikäli pellon kaltevuus on suuri, on tarkistettava, että veden virtausnopeus ajatellussa kokoojatyypissä ei ylitä sallittua rajaa. Jos maaston kaltevuutta seuraava kokoojan kaltevuus, josta veden nopeus riippuu, on liian suuri, tulee kokoojan kaltevuutta vähentää. Se on mahdollista tehdä siten, että kokooja suunnitellaan sik-sak-muotoisena. Mainittu muoto ei ole kuitenkaan monien käännöskohtien vuoksi suositeltava. Parempi tapa on suunnitella kokoojaan putousportaita. Putousporras tehdään ns. syöksykaivoa käyttäen.

Kokoojan sijoittamisessa tulee ottaa huomioon siihen liittyvien imuojien sallitut maksimipituudet ja minimikaltevuudet.

Kokooja- ja imuojien suunnittelemista notkojen poikki olisi vältettävä. Notkokohdissa saattaa näet putkisto jäädä liian lähelle maanpintaa. Putkiston minimisyvyytenä notkoissa voidaan pitää 60 cm. Myöskään ei ole suositeltavaa sijoittaa kokoojaa vanhan avo-ojan pohjaan, sillä pohja voi osoittautua heikoksi.

Kokooja- ja imuojia ei saisi suunnitella kulkemaan teiden, vanhojen avouomien ja puurivien alitse. Mikäli k.o. kohtien alitus on kuitenkin välttämätöntä, tulee salaojan suojaus suunnitella sellaiseksi, että vältetään putkiston rikkoutuminen epätasaisen painuman ja juurten sisääntunkeutumisen vuoksi. Juuriston sisääntunkeutumisen estämiseksi on putkisto suojattava, jos kokooja sijoitetaan 20 m lähem-

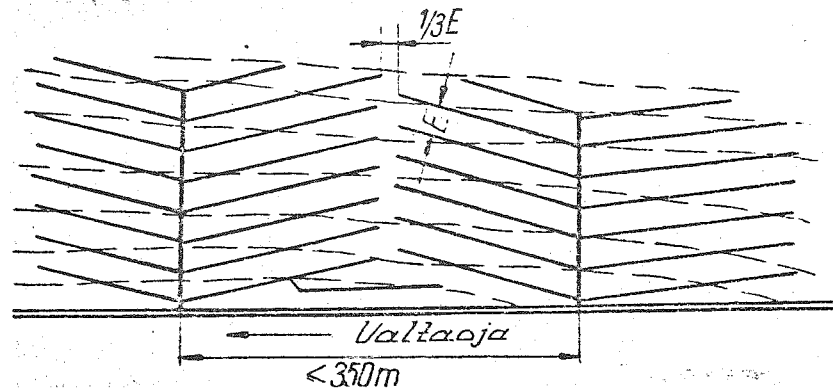
mäksi puita. Jos kokooja tai yksittäissalaoja johdetaan vesiuomaan, jossa saattaa esiintyä jäiden liikettä tai tukin uittoa, tulee laskuaukko rakentaa erikoisen vahvaksi (tukimuuri) tai tehdä uoman luiskaan sisäänvedetyt 1-2 metrin pituiset ojanpätkät laskuaukon jatkeeksi.

Imuojien ja kokoojien keskinäisen sijoituksen määrää periaatteessa maan pinnanmuodostus. Sen lisäksi tulee ottaa huomioon myös seuraavat seikat:

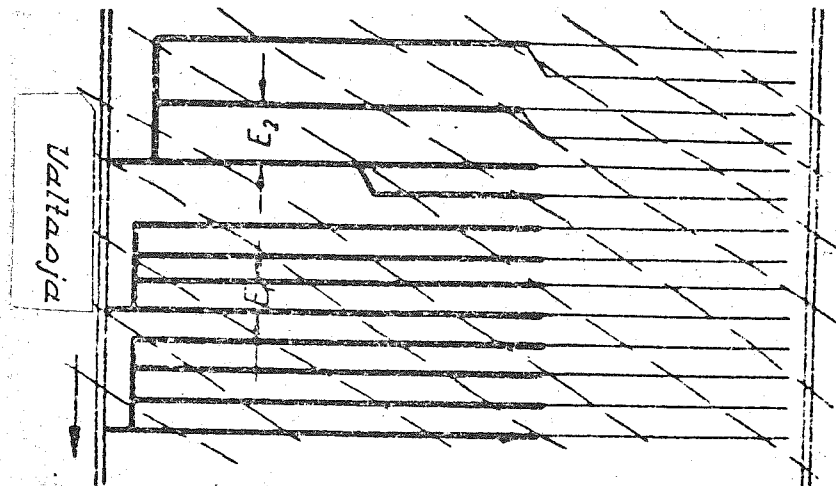
- 1) Imuojien pitää liittyä kokoojaan mikäli mahdollista kohtisuoraan eikä missään tapauksessa terävämmässä kulmassa kuin 60° . Tämä vaatimus johtuu siitä, että imuojan yhdistäminen kokoojaan terävämmässä kulmassa on vaikeasti toteutettavissa. Ojien paikoilleen paalutus, itse ojitusyö ja tarvittaessa myös myöhempi imuojien paikallistaminen on suhteellisen helppoa, jos imuojat liittyvät kokoojaojaan kohtisuoraan.
- 2) Ojastot on pyrittävä suunnittelemaan sellaisiksi, että imuojat olisivat keskenään yhdensuuntaiset ja että naapuriojastojen imuojien päät sattuisivat kohdakkain samalle suoralle. Tämä helpottaa tuntuvasti paalutusta ja koneellista kaivua.
- 3) Peltojen kuivatuksessa tulisi ottaa huomioon myös kyntösuunta ja pyrittävä suunnittelemaan imuojat kohtisuoraan kyntösuuntaa vastaan. Näin edistetään pintaveden pääsyä imuojiin. Pintavesien pääsyä salaojiin edistetään myös silloin, kun imuojat sijoitetaan entisten sarkaojien kohdalle tasaisilla, huonosti vettä läpäisevillä mailla.

Imuojien ja kokoojien kaltevuus

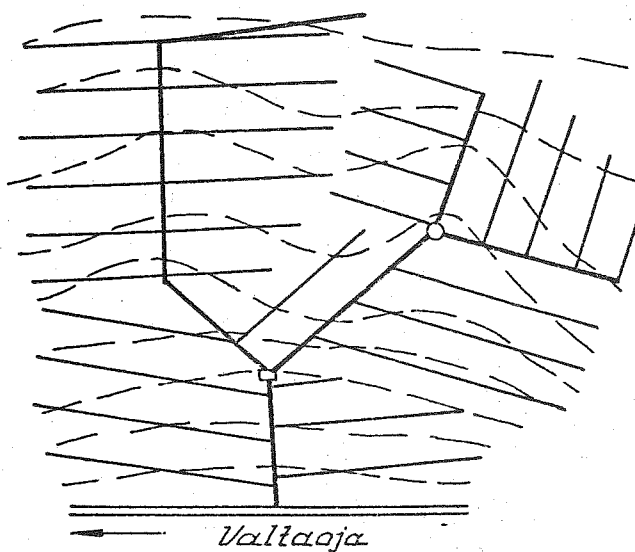
Veden virtauksen varmistamiseksi putkistossa pitää salaojalla olla tietty kaltevuus. Kaltevuus ilmaistaan prosenteissa (%)



Kuva 49. Kaksipuoliset(sulka-l.kalanruoto)ojastot kaltevassa maastossa

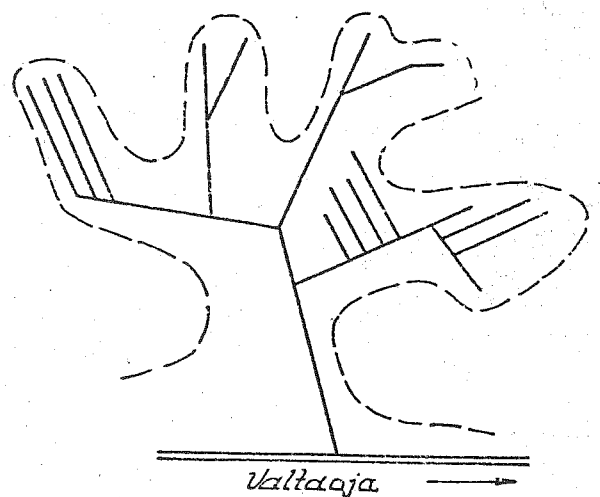


Kuva 50. Kaltevaan maastoon sijoitettuja ojastoja, joissa on pitkät imuojat.

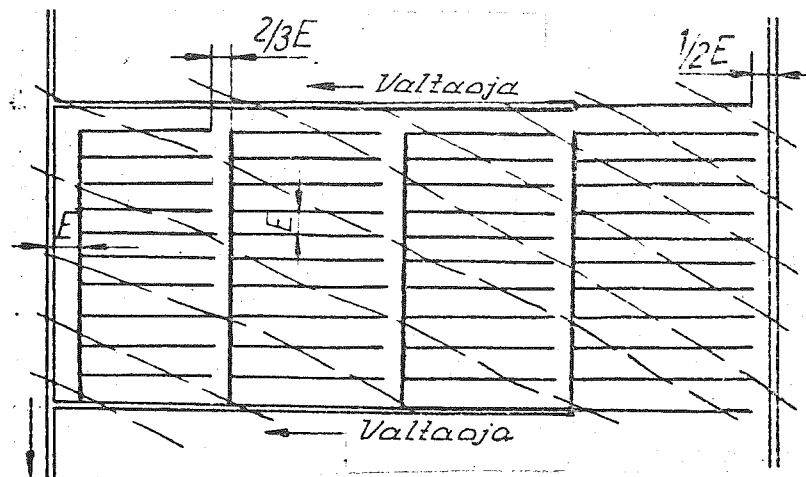


□ Lietekaivo ○ Tarkostuskaivo

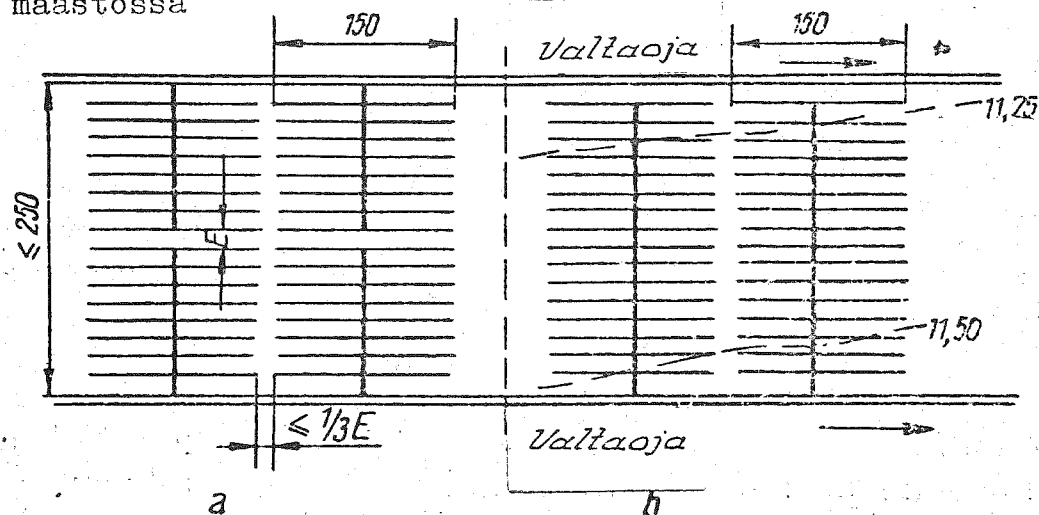
Kuva 51. Haaroiva salaojitusverkosto



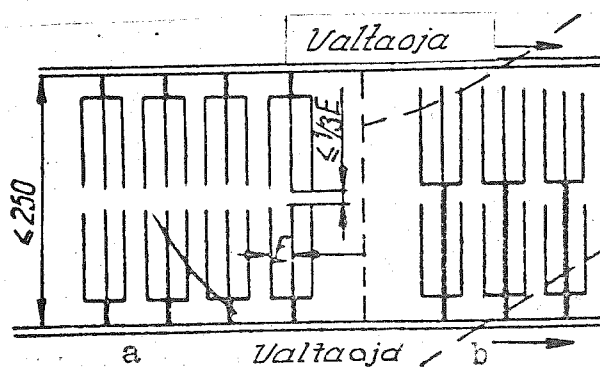
Kuva 52. Hajasalaojitus



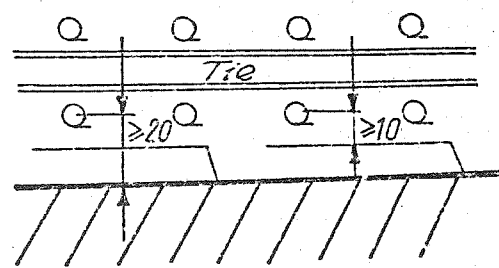
Kuva 53. Yksipuoliset "kampa-l. halstari"ojastot kaltevassa maastossa



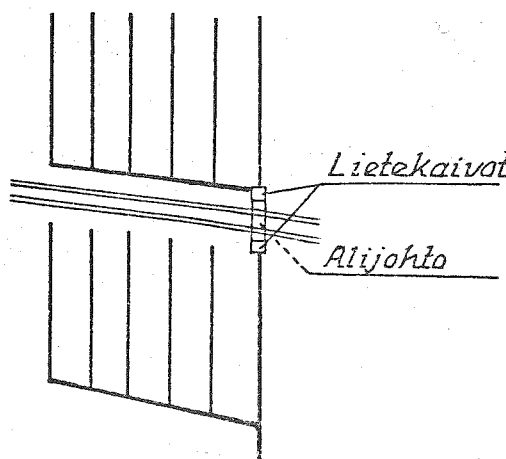
Kuva 54. "Seiväsojastot": a) tasaisessa ja b) heikosti kaltevassa maastossa



Kuva 55. "Haarukkaojastot": a) tasaisessa ja b) heikosti kaltevassa maastossa



Kuva 56. Ojasto puistokäytävän vieressä



Kuva 57. Tien alitus

tai promilleissa (‰). Kaltevuudesta riippuu virtausnopeus ja siten myös virtaavan veden kineettinen energia. Kaltevuuden tulee olla vähintään niin suuri, että energiaa riittää virtausvastusten voittamiseen ja putkistoon joutuneen lietteen kuljettamiseen. Sallittu minimikaltevuus riippuu putkiston materiaalista ja rakenteesta. Sallituksi maksimikaltevuudeksi katsotaan sellainen virtausnopeus, jolloin vesi ei vielä riko putkistoa. Maksimikaltevuus riippuu niin ikään putkimateriaalista ja rakenteesta sekä lisäksi tietyssä määrin putkistoa ympäröivän maaperän laadusta. Sallittuna miniminopeutena putkisalaojituksessa pidetään yleensä 0,20 m/s. Käytännössä joudutaan kuitenkin käyttämään tasaisessa maastossa pienempiä nopeuksia.

Sallitut minimikaltevuudet eri putkimateriaaleilla on esitetty taulukossa 11. Vaikeissa olosuhteissa suurennetaan taulukossa esitetyjä kaltevuuksia enintään 2-kertaisiksi.

Taulukko 11. Sallittu minimikaltevuus ‰:na.

Putken materiaali ja maaperän laatu	Täyte- ja holvisalaojat	Putken sisäläpimitta (mm)		
		50	75	yli 75
1 Tiiliputket		2,5	1,5	1,0
2 Lautaputket		2,5	-	-
3 Jyrsinputket		2,5	-	-
4 Muoviputket		2,0	1,0	1,0
5 Asbestisementtiputket		1,5	1,5	1,5
6 Riuku- ja risusalaojat	4,0			
7 Kivisalaojat	5,0			
8 Myyräsalaojat kivennäismaassa	2,0			
9 Myyräsalaojat turve- maassa	3,0			
10 Holvisalaojat	1,0			

Sallitut maksiminopeudet eivät ole niin tarkoin määrättyt kuin miniminopeudet, sillä putkiston rakenteen vahvistamisella voidaan myös nopeuksia suurentaa.

Vaarallisinta on tiiliputkisalaojituksessa se, että vesi, sen nopeuden ylitettyä tietyn rajanopeuden, alkaa imeä saumarakojen kautta putkiin maahiukkasia. Tämä vaara on suurin silloin, kun putkisto on hienossa hiekkamaassa ja se on puutteellisesti suojattu suodatinmateriaalilla. Tässä tapauksessa katsotaan sallituksi maksiminopeudeksi 1,0 m/s. Nopeutta 1,0 m/s vastaavat maksimikaltevuudet ja niiden riippuvuus tiiliputkien läpimitasta on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Sallittu maksimikaltevuus hienossa hiekkamaassa tiiliputkisalaojilla silloin, kun putkistoa ei ole riittävästi suojattu suodatinmateriaalilla.

Putken läpimitta mm	Suurin sallittu kaltevuus ‰
50	108,2
75	54,0
100	33,5
125	23,4
150	17,4

Jos kokooja ympäröidään suodatinmateriaalilla (karkea hiekka, lasikuitukangas, lasivilla) tai käytettäessä tiiviillä muhveilla varustettuja asbestisementtiputkia, tiivistysmuhveilla varustettuja betoniputkia tai aukottomia muoviputkia ovat maksiminopeudet ja -kaltevuudet käytännössä rajoittamattomat. Myös koheesiomaihin (savi, turve) sijoitetuissa putkistoissa on mahdollista sallia suurempia nopeuksia (n. 2-kertaisia) kuin hiekkamaassa.

Käytännössä ei Eestin olosuhteissa maksiminopeudella ja -kaltevuudella ole niin suurta merkitystä kuin vastaavilla minimiarvoilla. Usein maanpinnan kaltevuus ei ole edes riittävä sallitun miniminopeuden saavuttamiseksi salaojassa, joka seuraa maanpinnan kaltevuutta. Sen vuoksi käytetäänkin ns. keinotekoista kaltevuutta, mikä tarkoittaa sitä, että salaojan kaltevuus tehdään suuremmaksi kuin mitä maanpinta edellyttäisi. Tällöin on salaojan syvyys alapäässä suurempi kuin yläpäässä. Koska kuivatusteho riippuu imuojan syvyydestä, muodostuu teho siten imuojien latvoilla heikommaksi kuin alapäässä. Keinotekoisen kaltevuuden käyttäminen onkin sallittua vain erikoistapauksissa ja silloinkin rajoitetussa määrin.

Soiden kuivattamisessa tulee ottaa huomioon myös turpeen painuminen, minkä vuoksi salaojille alkuaan suunniteltu kaltevuus voi myöhemmin muuttua.

Nykyään käytetään salaojan kaivussa koneita. Vaikka useimmat koneet on varustettu ojanpohjan kaltevuuden säätölaitteilla saattaa työn jälki kuitenkin poiketa suunnitellusta kaltevuudesta, varsinkin silloin kun työskennellään kivisessä tai epätasaisessa maastossa. Jos salaoja on suunniteltu minikaltevuudella, saattaa kaivun jäljiltä esiintyä paikoin kokonaan vaakasuoria tai peräti vastakalteviakin ojan osia. Tällaisissa kohdissa veden nopeus putkessa pienenee jolloin sen mukana mahdollisesti ollut liete laskeutuu putken pohjalle ja voi ajanoloon tukkia putken. Tukkeutumisen uhka on sitä suurempi mitä pienempi on putken läpimitta. Jotta kaltevuus saataisiin suunnitelman mukaiseksi, on tarpeen, että ojan pohja viimeistellään työntökourulla. Viimeistely ei kuitenkaan aina ole mahdollista eikä myöskään aina taloudellisesti tarkoituksenmukaista. Sen vuoksi on koncellistetussa salaojituksessa suositeltavaa

suunnitella salaojille suurempi kaltevuus niissä tapauksissa, joissa kaivannon pohjaa ei viimeistellä kourulla samoin kuin yleensä työoloissa. Jos taas riittävän suuren kaltevuuden saaminen ei ole mahdollista, on käytettävä läpimitaltaan suurempia putkia.

Imuojien pituus

Salaojitus on sitä yksinkertaisempi toteuttaa mitä pitempiä ovat imuojat. Imuojien pituuden kasvaessa vähenee kokoojien luku ja siten myös niiden yhteenlaskettu pituus. Samoin vähenee myös liitosputkien tarve. Myös kokoojien keskinäiset etäisyydet kasvavat. Kaikki edellämainittu nopeuttaa salaojitustöitä ja varmistaa samalla ojaston toimintaa.

Valitettavasti on usein kuitenkin pakko rajoittaa imuojien pituutta. Imuojien pituutta saattavat rajoittaa maasto-olosuhteiden erikoisuudet, putkien veden johtokyky ja tiettyjen maalajien ominaisuudet.

Tasaisen kaltevassa maastossa on mahdollista suunnitella pitempiä imuojia, kun taas vaihteleva maasto rajoittaa imuojien pituutta, koska tällöin on vaikea saada imuojille yhtäläistä kaltevuutta. Myös silloin, kun imuojalle joudutaan suunnittelemaan keinotekoinen kaltevuus, ollaan pakotettuja rajoittamaan imuojien pituutta.

Jotta kuivatustehon ero imuojan ylä- ja alapäässä ei olisi liian suuri, ei ojan syvyyden ero ylä- ja alapään välillä saa olla suurempi kuin 30 cm. Tästä syystä ei imuojan pituus täysin

vaakatasossa olevassa maastossa voi olla, huomioonottaen imuojan minimikaltevuuden $2,5 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$, suurempi kuin 120 m.

Imuojan maksimipituus määritetään imuojan vedenjohtokyvyn perusteella.

Koska imuojan vedenjohtokyky riippuu putken läpimitasta, on putken läpimitan suurentamisella mahdollisuus lisätä myös imuojan pituutta. Sopivan kaltevassa maastossa voidaan imuojien pituutta lisätä. Tällöin voidaan putken läpimittaa imuojan alapäässä suurentaa virtaamaa vastaavaksi.

Kun maaperän laatu ja imuojien rakentaminen on otettu huomioon, ovat imuojien pituudet muotoutuneet käytännön mukaisiksi.

Tiiliputkisalaojien pituus on 50 mm:n putkilla 150 m ja 40 mm:n putkilla 100 m. Mikäli kaltevuus on $10 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$, suurennetaan pituutta 30 %. Rautayhdisteitä runsaasti sisältävässä maassa taas vähennetään pituutta 30 %.

Puu- ja lautapurkisalaojien normaalipituudeksi katsotaan 120-150 m. Erikoistapauksissa sopivalla kaltevuudella voidaan pituutta suurentaa 200 m:iin saakka.

Risu-riukusalaojien sen paremmin kuin sorasalaojienkaan pituus ei tavallisesti ylitä 50-80 m.

Myyräsalaojien pituutena on alle $5,0 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$ kaltevuudella 120 m ja suuremmalla kaltevuudella 170 m. Holvisalaojilla vastaavat pituudet ovat 200 m ja 300 m.

Ojien syvyys ja etäisyys

Tarkasteltaessa ns. pohjavesikäyrää huomataan, että pohjaveden aleneminen kuivatusojan tai salaojan vaikutuksesta on suurin välittömästi ojan läheisyydessä. Kun etäisyys ojasta kasvaa, nousee pohjaveden pinta jatkuvasti koska ojan kuivattava vaikutus vähenee.

Kuivatustehoa on mahdollista säädellä kahdella tekijällä: ojien tai salaojien syvyydessä tai niiden etäisyydellä. Jos ojasyvyys valitaan suuremmaksi, voidaan myös ojaetäisyyttä suurentaa ja päinvastoin ojasyvyyttä pienennettäessä on myös ojaetäisyyttä pienennettävä. On kuitenkin muistettava, että suuri ojasyvyys ja -etäisyys paikalliskuivatuksessa lisää kuivatustehon erilaisuutta ojien välisellä alueella.

Käytännössä on ojien syvyyden muuntelu mahdollista vain suhteellisen ahtaissa rajoissa, minkä vuoksi suositeltava kuivatusteho saavutetaan ojien etäisyyttä muuntelemalla.

Paikalliskuivatusverkon rakentamisessa on otettava huomioon myös maanpinnan painuminen kuivatuksen jälkeen. Kivennäismaan painuminen on suhteellisen vähäistä, minkä vuoksi sitä ei käytännössä oteta huomioon. Sitä vastoin turvemaa painuu voimakkaasti ja painuman huomioiminen on välttämätöntä.

Kuivattamaton turve veteen upotettuna menettää Arkimedeeseen lain mukaan painostaan niin paljon kuin sen syrjäyttämä vesimäärä painaa. Vajoveden valumisen jälkeen muuttuu turve raskaammaksi ja aiheuttaa alempia kerroksia vastaan suuremman painon kuin aikaisemmin. Suurentunut paino onkin eräänä syynä turpeen pai-

numiseen. Toisena syynä on turpeen kolloidien koaguloituminen. Painuminen tapahtuu koko turvekerroksen paksuudelta, jolloin pohjan lähellä olevat kerroksen painuvat vähemmän ja pinnassa olevat enemmän. Turpeen painuminen on sitä suurempi, mitä voimakkaampi on pohjaveden aleneminen, mitä suurempi on turvekerroksen vahvuus ja vesipitoisuus sekä mitä vähemmän maatuneempaa turve on. Painumiseen vaikuttavat myös turpeen laatu, kivennäispitoisuus, tiheys jne. Painuminen on voimakkainta ensimmäisenä vuonna väheten vuosi vuodelta, 3-5 vuoden kuluttua painuma on vielä n. 1-2 cm vuodessa. Turpeen myöhemmin tapahtuvan painumisen syynä on kuivattamisen ja muokkauksen seurauksena alkava tehokas maatumisen, minkä tuloksena turve tiivistyy ja niemralisoituu. Edellä mainittu prosessi tapahtuu vain kuivatetussa kerroksessa, pääasiassa muokkauskerroksena.

Turpeen painuman määrittämiseksi on olemassa monia kaavoja, taulukoita ja nomogrammeja. Eestissä käytetään turpeen painuman laske-
miseksi seuraavaa U. Tombergin kaavaa:

$$\Delta h_o = 0,14 \text{ m } h_o + a (T-4) \quad (15)$$

jossa Δh_o = ojan syvyyden väheneminen (m)

h_o = ojalta vaadittava syvyys tietyn (vuosina ilmaistuna) ajan T kuluttua (m),

a = turpeen vuotuinen painuminen mineralisoitumisen johdosta (m) (Eestissä n. 0,01-0,02 m),

m = turpeen ominaisuuksia luonnehtiva vakio, joka määrätään taulukosta 13.

Taulukko 13. Vakio m

Mutasuoturpeen maatumisaste (%)	m
60	0,64
50	1,00
40	1,36
30	1,72
20	2,07

Ojan syvyyden kaivettaessa pitää siis olla

$$h_o = h + \Delta h_o \quad (16)$$

tai sijoittamalla kaavasta (15) h_o :n arvo

$$h_o = \frac{h + a (T-4)}{1-0,14 m} \quad (17)$$

Jakson T pituuden määrää ojan rakenne ja materiaali. Käytännössä otetaan $a (T-4)$ arvoksi puusalaojituksessa 0,15 m, tiiliputkisalaojituksessa 0,25 m ja avo-ojituksessa = 0.

Turvekerroksen painuminen ojan pohjan alapuolella voidaan määrätä seuraavalla kaavalla:

$$\Delta h_p = 0,046 m (h_o (H_o - h_o))^{0,70} \quad (18)$$

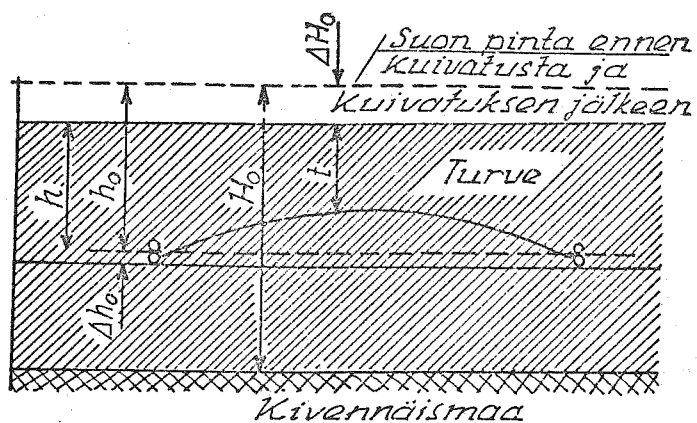
jossa Δh_p = ojan pohjan painuminen (m)

H_o = turvekerroksen paksuus ennen painumista;

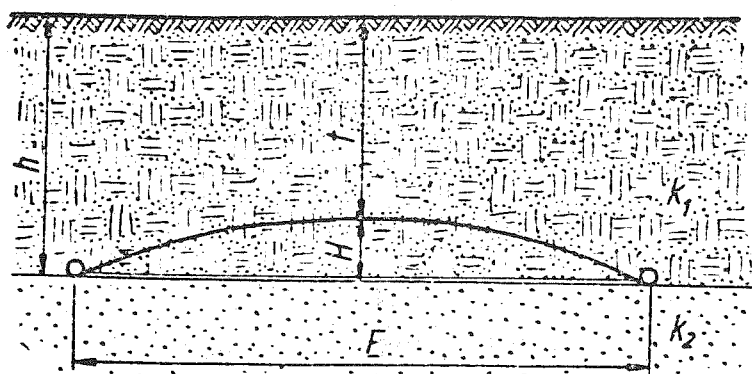
muut tekijät ovat entiset

Suonpinnan painuminen (H_o) on tunnettava vesiuomien kaltevuuden suunnittelussa. Sen suuruus saadaan kaavasta

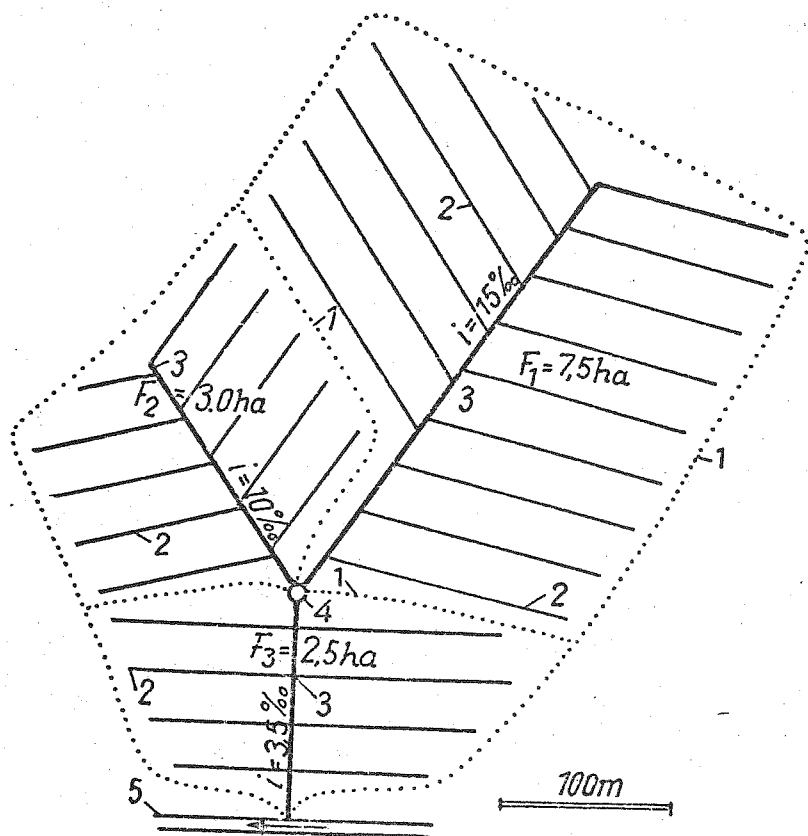
$$\Delta H_o^1 = 0,046 m (h_o (H_o - h_o))^{0,7} + 0,14 m h_o \quad (19)$$



Kuva 58. Suon painuminen kuivatuksen vaikutuksesta



Kuva 59. Kahden salaojan välillä vallitseva pohjavesipinnan korkeus kuvattuna ns. depressiokäyrällä



Kuva 60. Salaojaverkosto:

- 1 - ojastot
- 2 - imuojat
- 3 - kokoojaojat
- 4 - lietekaivo
- 5 - valtaoja

Jos halutaan laskea suon painuminen pitemmän kuin nelivuotisen jakson kuluessa, tulee edellisellä kaavalla laskettuun arvoon lisätä suonpinnan painuminen turpeen mineralisoitumisen vaikutuksesta.

$$\Delta H_o = \Delta H_o^1 + a(T-4) \quad (20)$$

Ojan syvyyden valinnassa lähdetään pääasiassa seuraavista perusteista:

- 1) Mitä suurempi syvyys on sitä erilaisemmaksi kuivatus muodostuu. Hiekkamaassa voi tällainen eriasteinen kuivatus aiheuttaa salaojaa lähellä olevien alueiden ylikuivumista. Sen vuoksi on suositeltavaa valita "keskiraskaissa" maissa kuivatussyvyys suuremmaksi kuin "raskaissa" ja "kevyissä" maissa.
- 2) Suurempia ojasyvyyksiä olisi käytettävä runsasravinteisissä ja runsaasti rautaa sisältävissä maissa ja siellä, missä kasvien juuristot ulottuvat syvään.
- 3) Jotta estettäisiin putkistossa usein tapahtuvat jäätymiset talvella, on salaojitus tehtävä Eestin olosuhteissa vähintään 0,8 m:n syvyyteen.
- 4) Kerroksellisissa maissa tulee välttää salaojien sijoittamista vettäläpäisemmään kerrokseen, jos ylempänä olevat kerrokset ovat vettäläpäiseviä.

Lähtemällä edellä mainituista periaatteista ja vaadittavasta kuivatusnormista, on Eestissä käytetty maatalousmaiden kuivattamisessa (lu-
kuunottamatta hedelmäpuutarhoja) seuraavia ojasyvyyksiä: savessa 0,8-1,0 m, raskaassa ja keskiraskaassa hiekkasavessa sekä hiekassa 0,9-1,1 m, kevyessä hiekkasavessa, savihiekassa ja turpeessa (painumisen jälkeen) 0,9-1,3 m. Hedelmäpuutarhoissa suunnitellaan keskimääräiseksi kuivatussyvyudeksi 1,2-1,4 m.

Salaojaetäisyyden määrittäminen riippuu salaojien syvyydestä, pohjaveden sallitusta korkeudesta ts. alueen kuivatusvaatimuksesta, poisjohdettavan veden määrästä sekä maaperän vedenläpäisevyydestä, mitä kuvaa ns. läpäisykerroin.

Mikäli salaojat tulevat vettäläpäisemättömän kerroksen päälle ja kysymyksessä oleva maa on homogeenista sekä poisjohdettava vesimäärä on ajan suhteen vakio (kuva 59), voidaan salaojaetäisyys laskea Rothen kaavalla (21).

$$E = 2 (h-t) \sqrt{\frac{k}{q}} \quad (21)$$

jossa

E = salaojien etäisyys (m)

h = salaojien syvyys (m)

t = pohjavesipinnan etäisyys maanpinnasta salaojien keskivälillä (m)

k = maan läpäisykerroin (m/s)

q = valuma ($m^3/s \cdot m^2$)

Edellä kuvattu olotila esiintyy luonnossa hyvin harvoin. Useimmiten on salaojan alapuolella oleva maa enemmän tai vähemmän vettä läpäisevää. Maaperä ei tavallisesti ole liioin homogeenista. Se voi olla kerroksellista, jolloin jokainen kerros on vedenläpäisevyydeltään erilainen. Veden virtaus salaojaan ei myöskään ole vakio vaan muuttuva, riippuen monista tekijöistä, kuten sateen kestävyyydestä, haihtumisesta, viljelykasvista yms. Tästä syystä salaojaetäisyyksiä määritettäessä olisi myös edellä mainitut tekijät otettava huomioon. Kun useimmat k.o. tekijöistä ovat alati muuttuvia, on niiden täsmällinen huomioonottaminen hyvin vaikeaa. Kysymystä on yritetty ratkaista yksinkertaistettujen kaavojen avulla. Kukaan niistä soveltuu kuitenkin yleensä vain johonkin erikoistapaukseen.

Yhden tunnetuimmista ojaetäisyyden määrittämiskaavoista on esittänyt A.N. Kostjakov. Siinä edellytetään, että salaojat sijoitetaan maahan, jossa läpäisykertoimet salaojan ylä- ja alapuolella ovat erilaiset. Käytäntöä ajatellen on K.Hommiku antanut kaavalle seuraavan muodon:

$$E = 2 \sqrt{\frac{K_1 H^2 + 1,57 \sqrt{a} K_2 H}{q}} \quad (22)$$

jossa E = salaojien etäisyys (m)

H = pohjavedenpinnan korkeusero salaojien keskivälillä (keskisaralla) ja salaojan kohdalla

q = valuma (m^3/s , m^2)

a = salaojan etäisyys vettäläpäisemättömästä kerroksesta

K_1 = salaojan yläpuolella olevan maakerroksen läpäisykerroin (m/s)

K_2 = salaojan alapuolella olevan maakerroksen läpäisykerroin

$$\sqrt{V} = \frac{1 + 0,8 \ln \frac{E}{2a}}{\ln \frac{E}{d} - 1} \quad \text{jossa } d \text{ on salaojan sisäläpimitta}$$

ja $\ln$ = luonnollinen logaritmi.

Kuivatustoiminta vaatii yleensä suuria pääomasijoituksia ja vaikuttaa siten voimakkaasti maataloustuotannon omakustannushintoihin. Koska salaojituskustannukset riippuvat suuresta määrin salaojien määrästä pinta-alayksikköä kohti, vaikuttaa salaojien etäisyys näin ollen hyvin voimakkaasti salaojituskustannuksiin. Imuojien etäisyys määrää kuivatuksen tehokkuuden. Väärin arvioitu kuivatusteho saattaa aiheuttaa taloudellisia tappioita. Tällainen tilanne voi syntyä jos imuojien etäisyys on valittu pienemmäksi kuin se maan käyttötavan perusteella on tarpeellista. Kuivatuskustannukset muodostuvat liian suuriksi. Jos taas imuojien etäisyys on valittu liian suureksi ja kuivatusteho viljelyskasvin kannalta on

riittämätön, on tästä seurauksena sadonmenetyksiä. Sato muodostuu tällöin niin pieneksi, että siitä saatavat tulot eivät peitä kuivatuskustannuksia. Imuojien keskinäisen etäisyyden oikealla valinnalla on suuri merkitys.

Kuivatustehoa ja siten myös imuojan etäisyyttä määritettäessä on tarkoituksenmukaista lähteä siitä perusajatuksesta, että kuivate-
tulta alueelta saatavien tuotteiden omakustannushinta olisi minimissä.

Laskelmien perustaksi Eestissä onkin otettu K.Hommikun esittämä taloudellinen periaate, jonka mukaan kuivatusverkoston käyttökustannusten ja kuivatuksen jälkeen märkyydestä johtuvien sadonmenetysten summan pitää olla mahdollisimman pieni, minimissä.

Jos käytetään kaavaa (22) salaojien etäisyyden määrittämiseksi, voidaan painekorkeus H ilmaista sen kanssa samanarvoisella suurella $h-t$ (ks. kuva 59).

Ottamalla huomioon, että t useimmissa tapauksissa on 0,5 voidaan H :n tilalle kirjoittaa $h-0,5$. Sijoittamalla kaavaan (22) H :n paikalle $h-0,5$ ja korvaamalla q keskimääräisellä valumaarvolla $\bar{q}$ (l/s, km²) sekä ottamalla K_1 :n ja K_2 :n mittayksiköksi cm/s saa kaava (22) salaojaetäisyyden määrittämiseksi ki-
vennäismaissa seuraavan muodon:

$$E = A \sqrt{\frac{K_1(h-0,5)^2 + 1,57 \gamma a K_2(h-0,5)}{\bar{q}}} \quad (23)$$

E = imuojien etäisyys (m)

$\bar{q}$ = vuoden keskiarvo (l/s, km²), joka määritetään
kaavalla (14)

h = salaojien syvyys (m)

A = kuivatuksen tehokkuuskerroin, joka otetaan taulukosta 14.

Taulukko 14. Kuivatuksen tehokkuuskertoimen (A ja B) riippuvuus tehokkuusasteesta.

Tehokkuusaste		Kivennäismaa A	Turve B
I	Vihanneskasvit ja hedelmäpuut	3410	2850
II	Tavalliset viljelykasvit	4050	3380
III	Nurmi	4270	3560

K_1 = salaojan yläpuolella olevan maan painotettu läpäisykerroin (cm/s). Tämän maakerroksen paksuus huomioidaan imuojan pohjasta maanpintaan asti jos maan vedenläpäisevyys maanpinnasta alaspäin (salaojan suuntaan) suurenee, jos taas maan vedenläpäisevyys maanpinnasta alaspäin mentäessä vähenee - huomioidaan kerroksen paksuus imuojan pohjasta lähtien keskimäärin 0,6 m:n etäisyyteen maanpinnasta.

K_2 = salaojan alapuolella olevan aktiivisen kerroksen (jossa tapahtuu pääasiassa pohjaveden paineellinen liikkuminen ojien suunnassa) painotettu keskimääräinen läpäisykerroin (cm/s); jos salaojien lähellä on huonommin vettäläpäisevä maakerros kuin syvemmillä, tulee painotetun keskimääräisen läpäisykertoimen asemasta käyttää salaojaa lähellä olevan maakerroksen läpäisykerrointa

a = salaojan alapuolella olevan aktiivisen (vettäjohtavan) maakerroksen paksuus (m): a on riippuvainen maaperän läpäisykyvystä ja on käytännössä keskimäärin 0,8 m.

Painotettu läpäisykerroin kerroksellisessa maaperässä määritetään kaavalla

$$K = \frac{K_1 h_1 + K_2 h_2 + K_n h_n}{h_1 + h_2 + h_n} \quad (24)$$

jossa $K_1, K_2, \dots, K_n$ ovat kerrosten läpäisykertoimet ja $h_1, h_2, \dots, h_n$ vastaavien kerrosten paksuudet.

Salaojaetäisyyksien laskeminen kaavan (23) avulla on varsin työlästä, sillä määritettävä E esiintyy yhtälön molemmilla puolilla. Yhtälö voidaan ratkaista iteraatio-menetelmällä. Suunnittelutyön helpottamiseksi käytetään apuna taulukkoja tai nomogrammeja, jotka tekevät mahdolliseksi imuojien etäisyyksien määrittämisen nopeasti ja käytännössä riittävän tarkasti. Eräs tällaisista taulukoista on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Salaojan etäisyys (m) kivennäismaalla kun vuoden keskivaluma on $9,0 \text{ l/s km}^2$, ja kun salaojan ylä- ja alapuolella on vedenläpäisevyydeltään samanlainen maaperä.

Sala- ojien sy- vyys	Maalaji ja sen läpäisykerroin K (cm/s)																	
	Savi			Raskas hiekkasavi			Keskinert. hiekkasavi			Kevyt hiekkasavi			Savihie- ka			Hieno hiekkasavi		
	0,000042			0,00015			0,00025			0,00041			0,00069			0,0011		
h (m)	Kuivatuksen tehokkuusaste																	
	I II III			I II III			I II III			I II III			I II III			I II III		
	0,8			0,9			1,0			1,1			1,2			1,3		
	4	5	5	7	9	9	10	11	12	13	15	16	16	19	20	21	25	26
	5	6	6	9	10	11	12	14	15	15	18	19	20	24	25	26	30	32
	6	7	7	10	12	13	14	16	17	18	21	22	23	28	29	30	35	37
	6	8	8	12	14	15	16	19	20	20	24	25	26	31	33	34	40	42
	7	9	9	14	16	17	18	21	22	23	28	29	30	35	37	38	45	47
	8	10	10	15	18	19	20	24	25	26	30	32	33	39	41	43	49	52

Soidan kuivattamisessa on erotettava toisistaan ohutturpeiset suot, joissa turvekerros luonnontilaisena ei ylitä 1,5 m ja syvä-turpeiset suot, joissa turvekerros on paksumpi kuin 1,5 m.

Suhteellisten ohutturpeista suota salaojitettaessa sijoitetaan salaojat aina turvekerroksen alla olevaan kivennäismaahan. Imuojien etäisyydet määritetään tässä tapauksessa samoja kaavoja käyttäen kuin kivennäismaiden salaojituksissa.

Jos turvekerroksen paksuus arvioidaan painumisen jälkeen jäävän n. 1 metriksi ja se ennen kuivattamista on ollut n. 1,2-1,5 m, kaivetaan salaojat kivennäismaahan. Kyseisessä tapauksessa salaojien toiminta riippuu sekä kivennäismaan että turpeen vedenläpäisykyvystä. Turpeen vedenläpäisevyys riippuu taas turpeen maatumisasteesta, mikä on otettava huomioon imuojien etäisyyksiä määritettäessä. Turpeen painuminen otetaan erikoisesti huomioon paksuturpeisten soiden kuivattamisessa. Painumisen seurauksena turpeen vedenläpäisevyys pienenee. Painumista tapahtuu eniten salaojien lähellä. U. Tomberg on johtanut kaavan (25) salaojaetäisyyden määrittämiseksi syvässä mutasuossa. Kaavassa on otettu huomioon turpeen vedenläpäisevyydessä kuivattamisen jälkeen tapahtuva muutoksen säännönmukaisuus.

$$E = B\epsilon \sqrt{\frac{kh}{\alpha \bar{q}} \frac{10^{\alpha(h-0,5)} - 1}{2,3} - \frac{(h-0,50)}{10^{\alpha \bar{a}}}}$$

Tässä kaavassa on

B = kuivatuksen tehokkuuskerroin (kts. taulukko 14)

kh = läpäisykerroin salaojan pohjan korkeudella kuivatuksen johdosta tapahtuneen painumisen jälkeen (cm/s). kh lasketaan kaavasta (26):

$$kh = \frac{k_t}{10^{\alpha(h-t)}} \quad (26)$$

jossa k_t = läpäisykerroin t metrin syvyydellä, jossa se määritetään α lasketaan kaavalla (27)

$$\alpha = \frac{1}{10^{0,32+0,06t} k_t^{0,10}} \quad (27)$$

Turpeen painumisen jälkeiseksi likimääräiseksi läpäisy l. filtraatiokertoimen suuruudeksi voidaan ottaa taulukossa 5 esitetyt arvot.

h = salaojan syvyys turpeen painumisen jälkeen (m)

$\bar{q}$ = vuoden keskivaluma (l/s, km²)

a = turvekerroksen paksuus imuojan alapuolella turpeen painumisen jälkeen (m)

ϵ = korjauskerroin, jonka suuruus riippuu kuivatusnormista, vaihtelee 0,68-1,0 rajoissa.

Salaojaetäisyyden määrittämiseksi on olemassa myös taulukoita ja nomogrammeja, joiden laatimisessa on käytetty hyväksi edellä esitettyjä kaavoja.

Edellä selostettuja ojaetäisyyden määrittämistapoja voidaan käyttää myös avo-ojitussuunnitelmissa, kun avo-ojituksella halutaan alentaa pohjaveden pintaa. Kun avo-oja ottaa yleensä paremmin vetä vastaan kuin salaoja, voidaan taulukoissa esitettyjä etäisyyksiä suurentaa 20 % (kevyissä maissa) ja 50 % (raskaissa maissa). Kaavoissa esiintyvän salaojan sisäläpimitan tilalle tulee avo-ojien etäisyyksiä laskettaessa ottaa ojan pohjan leveys.

Kokoojaojien hydrauliset laskelmat

Ojastojen suunnittelussa on ensinnäkin tiedettävä, kuinka suuren maa-alan halkaisijaltaan tietyn suuruinen imuoja tai kokoojaaja kykenee kuivattamaan ja toiseksi on laskettava tietyltä maa-alalta keräytyvän veden johtamiseksi tarvittavan kokoojan läpimitta.

Molempien tehtävien ratkaisussa on mahdollista käyttää tasaisen virtauksen peruskaavaa:

$$Q = w C \sqrt{Ri} \quad (28)$$

jossa Q = virtaama (m^3/s)

w = poikkileikkaus (m^2) i = kaltevuus

R = hydraulinen säde C = Chezy'n kerroin

Koska virtaama tarkasteltavassa putkiston poikkileikkauksessa muodostuu vedestä, jonka ojasto on kerännyt poikkileikkauksen yläpuolelta, on voimassa verranto

$$Q = \frac{Fq}{1000} \quad (29)$$

jossa F = valuma-alueen pinta-ala (ha)

q = valuma (l/s, ha)

Imuojien valuma-alueen rajat määräytyvät sen vaikutusalueen mukaan. Paikalliskuivatuksessa se ulottuu leveyssuunnassa kummallekin puolelle imuojaa imuojien keskinäisen etäisyyden puolikkaan päähän, pituussuunnassa imuojan yläpäähän ja siitä vielä 1/6-1/3 imuojien keskinäistä etäisyyttä vastaavan matkan.

Kokoojan valuma-alue koostuu siihen laskevien imuojien vaikutusalueiden summasta. Kokoojan mitoituksessa määrätään valuma-alueen pinta-ala hehtaareina kartasta.

Valumaksi otetaan tavallisesti kasvukauden maksimivaluma q_{vegmax} (kaavat 11-13).

Laskelmissa lähdetään edellytyksestä, että putkisto toimii silloin kun johtokyky on maksimi, tällöin vesi ulottuu pyöreässä putkessa 95 % korkeudelle sen läpimitasta.

Edellisen perusteella poikkileikkaus $w = 0,771 d^2$ ja hydraulinen säde $R = 0,286 d$.

Chezy'n kerroin C on mahdollista määrätä monella tavalla. Eräs laajasti käytetty on Kutterin kaava:

$$C = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \quad (39)$$

jossa m = putken korkeutta luonnehtiva luku. Tiiliputkilla
 $m = 0,3$.

Eestissä käytetään nykyään C :n määrittämiseksi Manningin kaavaa:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (31)$$

eli ilmaisemalla R d :n avulla

$$C = \frac{1}{n} (0,286 d)^{1/6} \quad (32)$$

Karkeuskertoimeksi n otetaan tiili- ja betoniputkille 0,013, muovi- ja asbestisementtiputkille 0,011-0,012 riippuen putken pituudesta. Edellinen arvo sopii kokoojiin, joissa on käytetty pitempiä putkia.

Kun sijoitetaan edellä esitettyjä w - R - ja n -arvoja tasaisen virtauksen peruskaavaan, saadaan tarpeellisten sievennysten jälkeen kaava imuojan tai kokoojan valuma-alueen suuruuden määrittämiseksi

$$F = 25760 \frac{d^{8/3}}{q} \sqrt{i} \quad (33)$$

tiili- ja betoniputkille

$$F = 27910 \frac{d^{8/3}}{q} \sqrt{i} \quad (34)$$

muovi- ja asbestisementtiputkille.

Jos määrätään tarvittava putken läpimitta, joka riittää veden johtamiseksi annetulta valuma-alueelta, muunnetaan kaavat seuraaviksi:

$$d = \sqrt[3]{\frac{F_g}{25760 V_i}} \quad (35)$$

tiili ja betoniputkille ja

$$d = \sqrt[3]{\frac{F_g}{27910 V_i}} \quad (36)$$

muovi- ja asbestisementtiputkille

Kaavoissa 33-36 on: $F(\text{ha})$, $d(\text{m})$ ja $q(\text{l/s}\cdot\text{ha})$

Kokoojajien suunnittelussa on syytä tarkastaa virtausnopeus putkistossa, jotta nopeus ei ylittäisi sallittua suuruutta.

Virtausnopeuden tarkistus on välttämättä suoritettava tiiliputkia käytettäessä silloin, kun putket asetetaan helposti huuhtoutuvaan maaperään. Virtausnopeutta on syytä kontrolloida myös siksi, että estettäisiin nopeuden väheneminen kokoojaa alaspäin mentäessä, sillä päinvastaisessa tapauksessa lietteen poistuminen putkistosta ei ole varmaa.

Virtausnopeuden tarkistamisessa käytetään Chezyn kaavaa

$$V = C \sqrt{Ri} \quad (37)$$

Jos C ja R ilmaistaan putken läpimitan d :n avulla ja täyttöasteeksi oletetaan 81 % putken halkaisijasta, saadaan virtausnopeudeksi

$$V = \frac{(0,304 d)^{1/6}}{n} \sqrt{0,304 d \cdot i} \quad (38)$$

Sijoittamalla kaavaan (38) n :n tilalle sen arvo 0,013 ja sieventämällä saadaan kaava (38) muotoon

$$V = 34,8 d^{2/3} \sqrt{i} \quad (39)$$

jossa d = putken sisäläpimitta (m) ja

i = putken kaltevuuden absoluuttiarvo

Esitetyissä kaavoissa esiintyvät eksponentteina murtoluvut, mitkä tekevät kaavojen käytön hankalaksi. Käytännössä salaojaputkiston hydraulinen laskeminen suoritetaan sen vuoksi taulukkojen tai nomogrammien avulla, joita on esitetty maanparannusalan käsikirjoissa. Neliönmuotoisen lautaputken laskemisessa voidaan samoin käyttää hyväksi käsikirjoissa olevia nomogrammeja.

Laskelmien suoritus

Imuojien minimihalkaisija on 40 mm, mutta kuten edellä on jo mainittu, on 40 mm:n putkia mahdollista käyttää vain tietyissä olosuhteissa. Sen vuoksi onkin putken minimiläpimittana useimmiten 50 mm.

Kokoojan minimihalkaisija on 40 mm:n imuojilla ja 50 mm:n imuojilla 75 mm eli standardissa seuraava putkisuuruus imuojaan verrattuna.

Kokoojien, samoin kuin pitkien imuojien muodostamissa ojastoissa hydrauliset laskelmat on syytä tehdä seuraavassa järjestyksessä.

Lähtemällä valumasta ja kokoojan tai imujan kaltevuudesta lasketaan tai katsotaan nomogrammista maa-alueen suuruus F_1 , minkä valitun läpimittainen imuoja tai kokooja kykenee kuivattamaan. Verrataan F_1 :tä kokoojan tai imujan valuma-alueen suuruuteen F . Katsotaan, onko F_1 suurempi tai pienempi kuin F . Jos F_1 on suurempi tai yhtä suuri kuin F , tyydyttää valittu läpimitta kuivatusvaatimuksia. Jos taas F_1 on pienempi kuin F tulee kartalta löytää kokoojalta tai imujalta piste, jossa valuma-alueen pinta-ala on F_1 :n suuruinen. Tästä pisteestä alaspäin on putkikoko suurennettava lähinnä seuraavaksi.

Edelleen määrätään uuden, läpimitaltaan suuremman putken kuivatuskyky F_2 sekä etsitään jälleen kokoojalta tai imuojalta piste, jossa valuma-alue on F_2 :n suuruinen. Tästä pisteestä alaspäin mentäessä on putkikokoa jälleen suurennettava lähinnä seuraavaksi, jos kokoojan kaltevuus pysyy muuttumattomana. Jos taas kaltevuus muuttuu, on tarkistettava putken johtokyky uudella kaltevuudella. Mikäli taitekohdasta alaspäin kaltevuus suurenee, suurenee myös vastaavasti putken johtokyky ja siten on mahdollista jatkaa entisellä läpimitalla siihen pisteeseen asti, jossa valuma-alue vastaa putken uutta, suurempaa kuivatuskykyä. Jos taas kaltevuus alaspäin mentäessä ratkaisevasta vähenee, on tarkistettava, kykeneekö valitun suuruinen putki johtamaan yläpuolelta tulevan veden. Tarvittaessa on putken läpimittaa vielä suurennettava. Tällaisessa tapauksessa on aina tarkistettava liettymisvaara, joka syntyy virtausnopeuden pienenemisestä alaspäin mentäessä.

Kokoojan vedenjohtokykyä on kontrolloitava aina, kun putkiston kaltevuus muuttuu. Mikäli mitoitus suoritetaan edellämainitulla tavalla päädytään lopuksi kokoojan laskuaukkoon tai haarakokoojan ollessa kyseessä pääkokoojaan. Mitoituksessa on lähdettävä imuojista ja päädyttävä lopuksi pääkokoojaan.

Jos kaltevuus alaspäin mentäessä suurenee niin jyrkästi, että laskelmien pohjalta on mahdollista käyttää läpimitaltaan pienempää putkeä on tämä mahdollista tehdä vain silloin, kun välille suunnitellaan tarkastus- tai putouskaivo. Ilman kaivoa ei kokoojan läpimittaa alaspäin mentäessä voida pienentää. Putkistoa mitoittaessa kontrolloidaan myös virtausnopeuksia. On tarkistettava, että nopeudet jäävät sallittuihin rajoihin. Jos nopeudet ovat sallittuja raja-arvoja pienemmät tai suuremmat, on vastaavasti kokoojan kaltevuutta muutettava tai suunniteltava muita suoja-keinoja (lietekaivot, putkiliiitosten tiivistäminen jne).

Selvyyden vuoksi on suositeltavaa laatia hydrauliset laskelmat taulukon muotoon (taulukko 16).

Esimerkki. Suoritetaan kuvassa 60 esitetyn salaojaverkon kokoojan hydrauliset laskelmat, kun valuman suuruus (q) on 0,60 l/s ha ja imuojissa on käytetty tiiliputkia $\varnothing$ 50 mm.

Taulukko 16. Salaojaverkon hydrauliset laskelmat.

Ojaston N:o	Lasketettava kohta	Kuiv. maa- alan suuruus F (ha)	Valuma q (l/s ha)	Kaltevuus i (‰)	Valittu put- ken läpimitt- ta (mm)	Kuivatuskyky F_1 (ha)	Virtausno- peus (m/s)	Huomautuksia
1.	Lietekaivo	3,0	0,60	10,0	75	4,5	0,58	haarakokooja
	Lietekai- vosta 160 m	5,4	0,60	15,0	100	5,5	0,68	pääkokooja
	Lietekaivo	7,5	0,60	15,0	100	10,7	0,87	"
	Laskuaukko	13,0	0,60	3,5	150	16,0	0,57	"

6. Salaojituksen suorittaminen

Salaojituksen kustannusarvion ja työsuunnitelman laatimiseksi on selvitettävä töiden määrä yksittäisinä työlajeina, tarvittavien materiaalien määrä ja töiden suoritus.

Salaojituksen toteuttamisessa käytettävät konetyypit määrätään periaatteessa jo suunnitteluvaiheessa. Tällöin on lähdettävä työkohteen työolosuhteista ja siitä, millaisia koneita työtä toteuttavalla organisaatiolla on. Koneisen lukumäärä ja niiden käyttö työkohteessa määrätään työsuunnitelmassa, jonka rakentava organisaatio laatii ennen töiden aloittamista.

Salaojituksen suorittamisessa muodostavat maatyöt suurimman osan. Materiaalikustannuksissa taas putkisto näyttelee suurinta osaa.

Kaivutöitä tehdään nykyaikana pääasiassa erikoiskoneilla. Vain vähäisessä määrässä tehdään kaivantoja myös lapiokaivuna. Lapiotyönä suoritettavat maatyöt rajoittuvat pääasiassa kaivantojen viimeistelyyn sillä koneita käytettäessä ei aina pystytä takaamaan kaivannolle tarpeellista syvyyttä, kaltevuutta ja pohjan tasaisuutta. Salaojan kaivu voidaan tehdä kaivukoneilla, joissa on kauhat joko ketjussa tai kaivukehällä. Lisäksi voidaan kaivantojen tekemiseen käyttää jyrsinkaivukoneita, kuokkakaivukoneita ja oja-auroja.

Konetyypin sopivuus määrätään maaperän kivisyyden perusteella. Myös maapinnan kantavuus, joka puolestaan riippuu sen märkyysasteesta, on määräävä tekijä konetyypin valinnassa.

Maaperän kivisyys vaikuttaa herkimmin jyrsinkaivukoneiden työskentelyyn. Sen sijaan oja-aurat ja kaivukoneet, joissa on ketjukauhat, pystyvät työskentelemään vielä sellaisessa maaperässä, jossa on enintään 30 cm:n suuruisia kiviä. Maaperään, jossa esiintyy runsaasti kiviä ja louhikkoa, on kaivannot tehtävä yksikauhaisella kaivukoneella.

Kaivukonetyypin valinnasta eivät riipu ainoastaan työn nopeus ja laatu vaan myös työkustannukset. Sen vuoksi on kenttätutkimusten aikana huolellisesti tutkittava kaivukoneiden työskentelyolosuhteita. Suunnitteluvaiheessa konetyypin valintaa on harkittava perusteellisesti.

Jos maaperä ei aiheuta hankaluuksia, kaivetaan salaojakaivannot täyteen syvyyteen kaivukoneilla. Kaivumassojen määrä lasketaan tällöin kaivannon leveyden ja keskimääräisen syvyyden perusteella. Mi-

käli samassa kohteessa käytetään eri konetyyppejä tai lapiokai-
vua, on kummassakin tapauksessa kaivumassat eriteltävä konetyy-
pin ja kaivutavan perusteella.

Massalaskelmat ja materiaalintarve on tarkoituksenmukaista koota
taulukon muotoon, jolloin helpostetaan sekä laskutöitä että nii-
den vastaista hyväksikäyttöä.

Tiiliputkien menekki määrätään halkaisijan mukaan eriteltynä
otaksumalla 3 putkea juoksumetriä kohti. Saatuja määriä suuren-
netaan 1-5 % riippuen putkien koosta ja laadusta. Eestissä las-
ketaan putkimenekki 1 m kohti 3,15 putkeksi.

Liitosten (liitosputkien) määrä lasketaan suunnitelmakartalta.
Määriin lisätään varalle hukkaprosentin osoittama määrä. Muiden
materiaalien tarve määritetään kustannusarviolomakkeen mukaan ja
yhteenvedo suoritetaan siihen tarkoitettua lomaketta käyttäen.

Salaojien paalutus maastoon

Salaojituksen suorittamista varten paalutetaan kokoojien ja imu-
ojien paikat maastoon suunnitelmakartan mukaisesti. Paalutus
aloitetaan kokoojien tai yksittäissalaojien laskuaukon sijainti-
paikan määrittämisellä. Tällöin mitataan kartalta laskuaukkojen
etäisyys jostakin selvästi näkyvästä maastokohdasta. Etsitään maas-
tosta mittauksen alkukohta ja mitataan teräsmittanauhalla kokoo-
jien tai yksittäissalaojien laskuaukkojen paikat. Mittauksen edis-
tyessä ne merkitään tähtäyskepeillä ja numeropaaluilla.

Jos lyhyt imuoja laskee kokoojaan tai lyhyt kokooja laskee pääko-
koojaan suorassa kulmassa voidaan linjaus suorittaa prismalla.

Muissa tapauksissa on kulmien mittaukset suoritettava muilla laitteilla. Kokoojien suunnat merkitään ja paalutetaan maastoon asettamalla paalut 20 m:n välein. Samanaikaisesti mitataan ja paalutetaan myös imuojien laskukohdat kokoojaan. Paaluihin merkitään imuojien numerot. Sen jälkeen jaetaan äärimmäisen imuojan suunta samalla tavalla kuin kokoojan suuntakin. Jos imuojat ovat yhden suuntaisia, voidaan muiden imuojien suunnat saada helpoimmin selville siten, että viitoitetaan kokoojasta noin 50-100 m etäisyydelle kokoojan suuntainen linja. Tälle linjalle voidaan mitata, lähtien sen ja äärimmäisen salaojan leikkauspisteestä, salaojien keskinäiset etäisyydet linjan suunnassa. Näin saadaan jokaiselle imuojalinjalle kaksi pistettä, kokoojalla oleva ja sen suuntaisella linjalla oleva piste. Kun imuojalinjat on määrätty, ne paalutetaan. Lopuksi vääritetään koko verkko lähtien lähimmästä kiintopisteestä ja lasketaan paaluille korkeusarvot. Tämän jälkeen lasketaan kaivannon pohjan korkeusarvot jokaisella paalulla lähtien suunnitelmassa mainitusta kokoojan (tai imuojan) laskuaukon korkeusarvosta ja kaltevuudesta. Kaikki laskelmat olisi koottava paalutuslomakkeelle, johon liitetään paalutuksesta skemaattinen piirros.

Jotta salaojalle saataisiin oikea syvyys kaivettaessa, on kaivannon syvyys tiedettävä jokaisen paalun kohdalla. Vielä parempi, jos ojan syvyyttä voidaan kontrolloida missä tahansa pisteessä kahden paalun välillä. Vain täten on mahdollista saada ojan pohja tasaiseksi ja suunnitelmassa tarkastettuun kaltevuuteen. Salaojaa kaivukoneella tehtäessä tarkkaillaan ojanpohjan kaltevuutta ja tasaisuutta tavallisesti siten, että ojan viereen pingoitetaan kannattajien varaan johtoköysi, joka on yhdensuuntainen suunnitellun pohjan kanssa. Köysi asetetaan ojan pohjasta kiinteään mitan (k) verran korkeammalle (kuva 65). Jos kaivuun käytetään yksikauhaista kaivukonetta, valitaan k mielivaltaisesti. Paalutuslomakkeeseen voidaan sijoittaa lisäsarake,

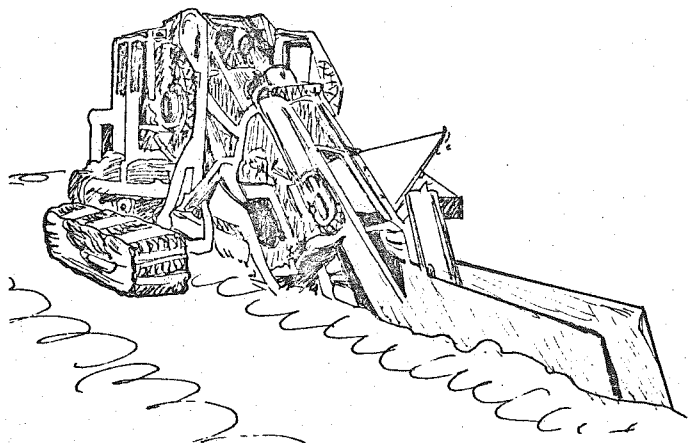
johon merkitään lasketut ojan syvyydet (maanpinnan ja ojanpohjan korkeusarvojen erotukset) ja johtoköyden korkeus (h) maapaalusta ($h = k - s$) jokaisella paalulla. Käyttämällä laskettuja korkeuksia (h) asetetaan köysi kannattajien varaan sopivalle korkeudelle. Ojan syvyyttä tarkistetaan työn kestäessä ajokepillä jonka pituus on k . Salaojakaivukoneet voidaan varsutaa erikoisilla laitteilla, jotka automaattisesti säätelevät kaivussyvyyttä.

Salaojien kaivu

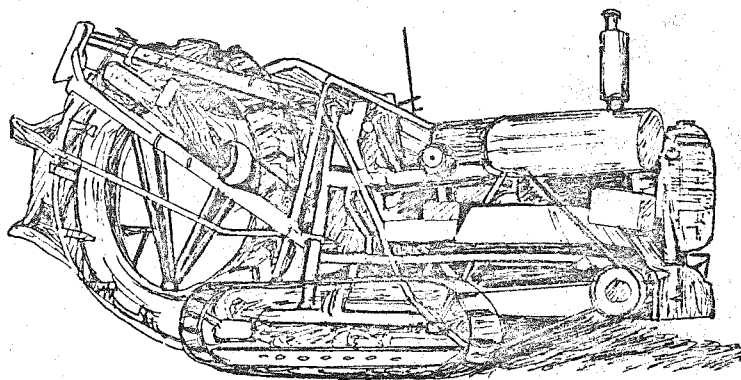
Kaivu aloitetaan kokoojaojasta. Se tapahtuu veden liikesuuntaa vastaan ja oja tehdään valmiiksi koko pituudeltaan. Imuojien kaivu suoritetaan samoin veden virtaussuuntaa vastaan alkaen kokoojasta. Kaivu veden virtaussuuntaa vastaan on tarpeellista siksi, että kaivantoon keräytyvä vesi pääsee vapaasti virtaamaan pois ojan pohjalta.

Helpossa maaperässä salaojan kaivu tehdään koneellisesti lopulliseen syvyyteen. On pidettävä huolta siitä, että kaivantoa ei tehdä syvemmäksi kuin on tarpeellista. Mieluummin se jätetään muutama senttimetri suunniteltua syvyyttä matalammaksi. Jos joissakin kohdissa esiintyy ylikaivua, on tällaiset kohdat täytettävä maalla, tavallisesti soralla, ja tiivistettävä huolellisesti ennen putkien asettamista, jotta estettäisiin putkien painuminen.

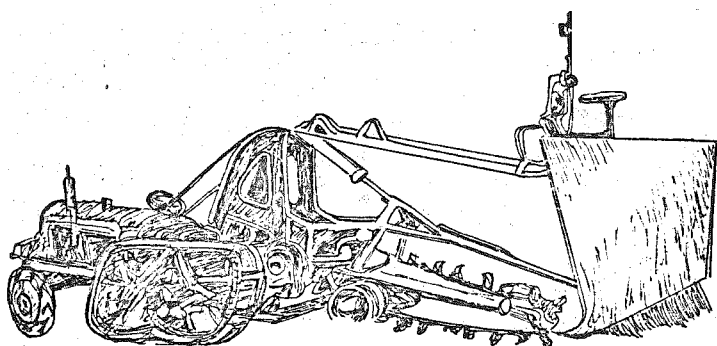
Koheesiomaissa (turve, hiekkasavi, savi) kaivannon luiskat eivät vyöry, minkä vuoksi kaivannot voidaan tehdä valmiiksi koko pituudeltaan ja vasta sen jälkeen aloittaa putkien asettaminen. Vyöryvissä maalajeissa (veden kyllästämä hiekka) sortuvat kaivannon seinämät useimmiten heti kaivannon valmistumisen jälkeen, minkä vuoksi putkien asettaminen ojan pohjalle on seurattava välittö-



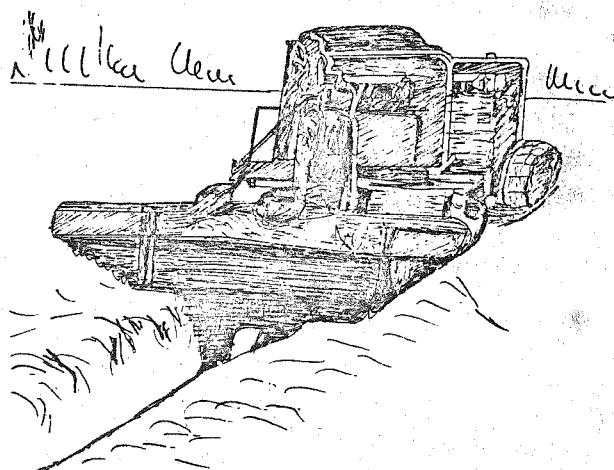
Kuva 61. Raskas ketjukauhakone



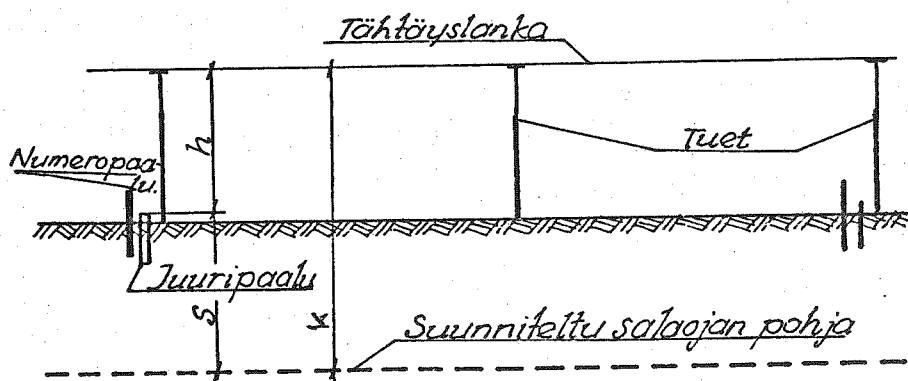
Kuva 62. Raskas kaivukehäkone



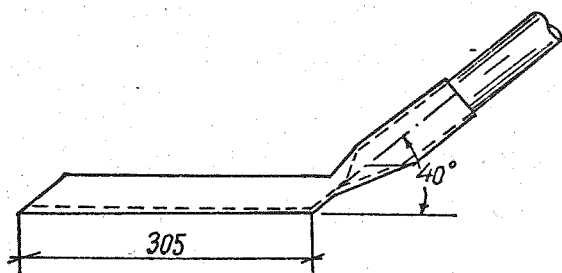
Kuva 63. Kevyt ketjukaivuri



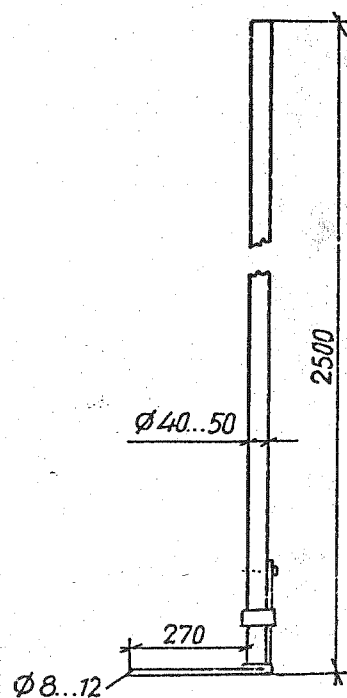
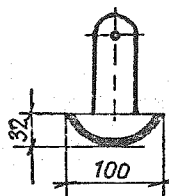
Kuva 64. Oja-aura työssä



Kuva 65. Johtoköyden eli tähtöyslangan asennus salaojakooneen syvyydensäätöä varten



Kuva 67. Työntökoura ojanpohjan höyläämistä varten



Kuva 68. Tiiliputkien asennin-laskukoukku

mästi kaivua. Kaivun aikana on tällöin ajokepillä jatkuvasti kontrolloitava ojan syvyyttä.

Jos ojaa ei voida koneellisesti tehdä lopulliseen syvyyteen, tai koneella ei ole saatu sille oikeaa kaltevuutta, on ojan pohja viimeisteltävä käsityönä. Ojan pohjaa syvennettäessä tulee syvyyttä kontrolloida ajokepin avulla johtoköydestä.

Putkien asennus

Putkien asennus ojan pohjalle tulisi suorittaa mahdollisimman pian kaivun jälkeen, sillä kaivanto saattaa tukkeutua (etenkin vyöryvissä maissa), jos se joutuu pitemmän ajan olemaan avonaisena. Erikoisen vaarallisia ovat rankkasateet, jotka usein aiheuttavat ojan luiskien sortumista. Ojan pohja muuttuu myös sateiden vaikutuksesta pehmeäksi, jolloin putkien asennus vaikeutuu.

Ennen putkien asettamista kaivantoon on sen pohja tasoitettava, esim. kuvan 67 mukaisella kuperalla salaojahöylällä. Jos ojan leveys on yli 35 cm ja sen pohja kova, voidaan tasoitus suorittaa ojassa seisten. On kuitenkin varottava, ettei ojan pohjaa tarpeettomasti sotketa jaloilla. Jos oja on edellistä kapeampi tai sen pohja vetinen ja pehmeä on pohjan tasoitus suoritettava ojan reunalta.

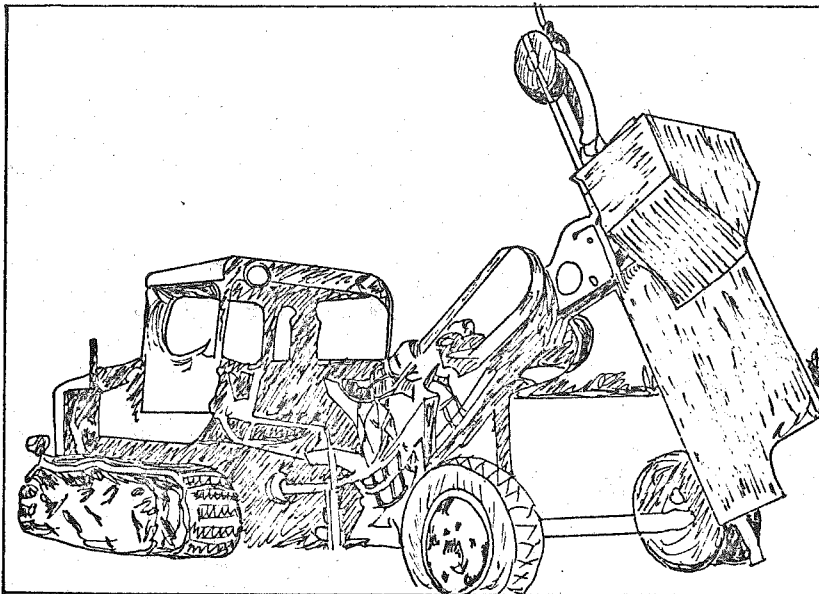
Putkien asennus aloitetaan salaojan yläpäästä. Ensimmäisen putken vapaa pää suljetaan poltetusta savesta tehdyllä tulpalla tai litteällä kivellä, jotta maata ei pääsisi tunkeutumaan putkistoon. Putken päänsulkeminen sammalella tai puutulpalla ei ole sallittua.

Heikkopohjaisissa kaivannoissa esim. turvemaassa tai paikoissa, joissa salaoja risteää vanhan avo-ojan tulee putket asettaa alustalle. Alustana voi olla esim. lankku. Putket on asetettava tiiviisti toi-

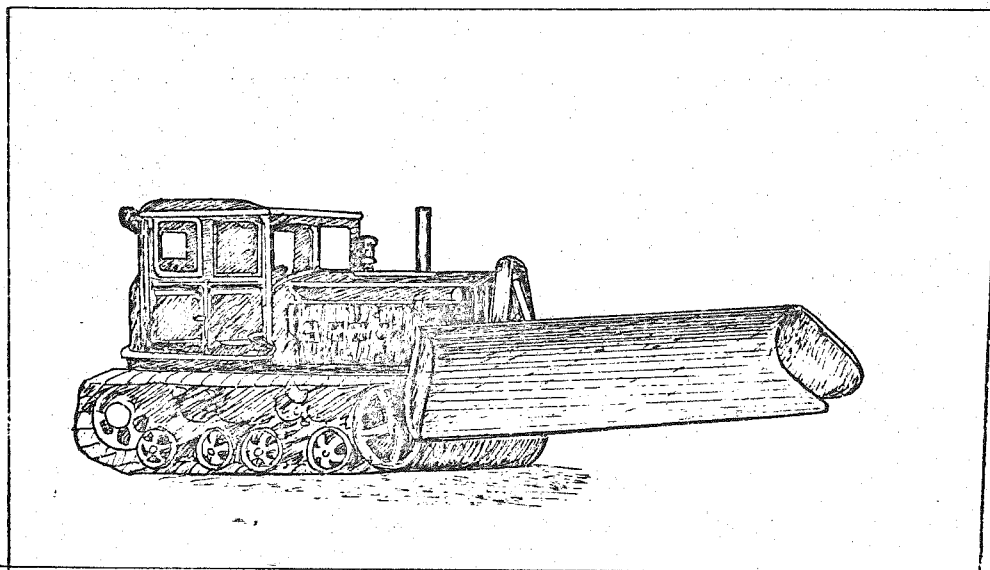
siinsa kiinni.

Kokoojaa tehtäessä on imuoijien liitoskohtiin asennuksen yhteydessä asetettava liitosputket tai aukolla varus tetut putket. Liitosputkien haara on suljettava tulpalla siihen saakka, kunnes imuoja liitetään kokoojaan. Jos oja on tarpeeksi leveä, voidaan putkien asennus suorittaa käsin ojan pohjalla. Mikäli oja on kapea tai sen pohja on pehmeä, on putkien asennus suoritettava ojan reunalta esim. kuvan 68 mukaista asetinkoukkua käyttäen.

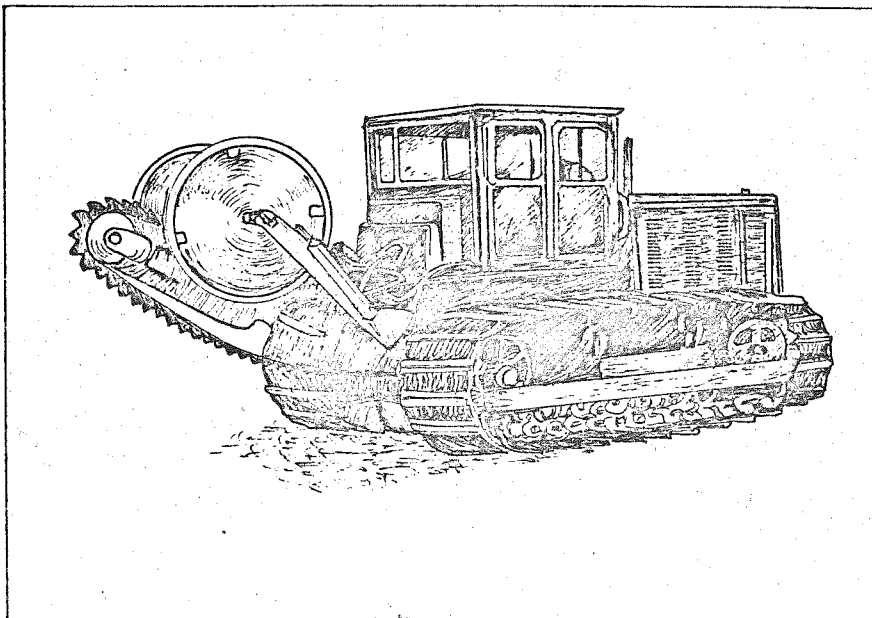
Helposti vyöryvissä maissa joudutaan putket asentamaan välittömästi kaivun jälkeen eli siis veden virtaussuuntaa vastaan. Asennus voi tällöin tapahtua joko käsin tai kaivukoneen putkensyöttökourun kautta. Jälkimmäisessä tapauksessa asetetaan putket syöttökouruun päittäin toinen toisensa perään. Kaivukoneen liikkuessa eteenpäin liukuvat putket kaivannon pohjaan. Syöttökourun kautta asetetut putket eivät tule niin tiiviisti yhteen, etteikö saumarakojen leveys ylittäisi sallittua rajaa varsinkin silloin, kun tiiliputkien päät ovat enemmän tai vähemmän vinoja. Tällöin on kuitenkin mahdollista välttää putkiston tukkeutuminen altapäin siten, että putkiston alle asetetaan lasivillasta, lasikuitukudoksesta, polyetenikalvosta tai tervapahvista tehty nauha, joka syöttökouruun kiinnitetyiltä rullilta purkautuu putkien mukana ojan pohjalle. Polyeteni- tai tervapahvinauha eristää putkiston altapäin ja estää maahiukkasten pääsyn putkistoon. Päältä putket peitetään sammalella. Lasikuitukudosta tai -villaa käytettäessä otetaan nauha niin leveäksi, että sen reunat ylös käärittyinä ympäröivät putken kokonaan. Tällöin ei tarvita enää muuta suodatinmateriaalia. Sekä lasikuitukudos että lasivilla estävät myös putkien siirtymisen paikaltaan.



Kuva 69. PVC-muovinauhasta salaojaputkea tekevä ja laskeva ojituskone varustettuna sorasäiliöllä.



Kuva 70. Salaojien täyttöön tarkoitettu viistopuskurilla varustettu telaketjutraktori



Kuva 71. Holvisalaojien jyrsinlaite

Käsin tai koukulla asetetut putket on heti ojaan panon jälkeen peitettävä suodatinmateriaalilla. Putkisto on vielä tämän jälkeen tarkistettava vaa'itsemalla.

Muoviputkien pituus on huomattavasti suurempi kuin tiiliputkien pituus ja sen vuoksi niiden asettaminen pysyväluiskaiseen ojaan on huomattavasti helpompaa kuin tiiliputkien asettaminen. Muoviputket asetetaan samoin kuin tiiliputketkin tasoitetun ojan pohjalle. Putket yhdistetään keskenään muhveilla. Vetisessä hiekkamaassa on putket suojattava lieteaineksen putkistoon tunkeutumisen ehkäisemiseksi suodatinmateriaalilla. Se asetetaan ojan pohjalle ennen putkien asennusta.

Ohutseinäiset muoviputket (PVC-putket) on asennuksen jälkeen heti tuettava kummaltakin sivulta kaivannon luiskista otetulla maalla, jotta estettäisiin putkien puristuminen ojaa täytettäessä.

Jos ojassa on vettä, on asennus hankalampaa, sillä kevyt muoviputki jää kellumaan veden pinnalle siihen saakka, kunnes se on täyttynyt vedellä. Putkea on painamalla pidettävä veden alla ja sen jälkeen heti kuormitettava maalla.

Fuuputkisalaojat asetetaan ojaan joko osina, jotka naulataan yhteen vasta ojan pohjassa tai kokonaisena ojan reunalle valmiiksi kootuina. Jälkimmäisessä tapauksessa asetetaan noin 20 m:n välein ojan yli metrin pituiset poikkirimat, joille putki nostetaan. Sen jälkeen poistetaan rimat vuoron perään, jolloin putki laskeutuu vähitellen kaivantoon. Putken yläpää suljetaan laudan kappaleella. Paikalleen pantu putki vaa'itaan ja peitetään mättäillä.

Kun putkisto on vaa'ittu, se peitetään välittömästi peitekerroksella. Peitekerroksessa käytetään tavallisesti ruokamultaa, koska sen vedenläpäisevyys on hyvä. Peitekerroksen paksuuden on oltava vähintään 10 cm, kivisessä maassa kuitenkin 20 cm. Peitekerros asetetaan putkien päälle käsityönä. Tällöin on varottava erityisesti sitä, ettei putki siirry paikaltaan tai suuret kivet riko sitä.

Kun kokoojan asennus aloitetaan valtaojasta, on työt aloitettava laskuaukon asennuksella. Ensiksi asetetaan paikalleen laskuaukon tukialusta. Kun alusta on valmis asetetaan laskuaukkoputki paikalleen. Laskuaukon ja ensimmäisen salaojaputken liitoksen on oltava kiinteä.

Imuojat yhdistetään kokoojaan heti kokoojan valmistuttua, jos ne tehdään veden virtaussuuntaan päin. Jos imuojaputkien asennus aloitetaan kokoojasta päin, tehdään ensin liitos.

Kaikki ojastoon kuuluvat kaivot on parasta rakentaa valmiiksi ennen putkien asennusta. Silmäkkeet tehdään kuitenkin vasta sen jälkeen, kun putkisto on asetettu paikoilleen.

Salaojien täyttö

Salaojien lopullinen täyttö aloitetaan sen jälkeen, kun putkiston asennus on tarkistettu ja putkisto peitetty tarvittavalla suodatinmateriaalilla. Täyttemaana käytetään tavallisesti kaivumaata. Raskailla mailla voidaan suunnitelmassa määrätä oja täytettäväksi suodatinmateriaalilla. Helpoimmin saatavana suodatinmateriaalina voidaan mainita ruokamulta.

Holvisalaojan tekeminen

Holvisalaojat tehdään tähän tarkoitukseen suunnitelluilla koneilla. Koska tätä menetelmää käytetään turvetuotantokenttien ja soiden alustavassa kuivattamisessa on salaojituskoneiden kyettävä liik- kumaan myös huonosti kantavilla soilla.

Holvisalaojat tehdään vain yksittäissalaojina. Niiden etuna on sen toteuttamisen helppous, sillä työ rajoittuu tällöin yksittäissala- ojen suuntien ja päätepisteiden määräämiseen, suuntakeppien aset- tamiseen ja itse salaojien tekoon.

7. Pihojen, rakennuspaikkojen ja urheilukenttien kuivattaminen

Pihoilla, rakennuspaikoilla ja urheilukentillä ei sallita korkeaa pohjavedenpintaa, koska se vaikeuttaa maan käyttämistä ja huonon- taa rakennusten perustuksia. Vesi saattaa tunkeutua kellarisiin ja varastohuoneisiin. Lisäksi liian korkea pohjavesi mainituilla alueilla saattaa vaarantaa yleistä terveydentilaa. Rakennuspaikoil- la korkea pohjavesi vaikeuttaa rakennustöiden suorittamista ja li- sää rakennuskustannuksia.

Pihojen kuivattaminen avo-ojilla ei ole tarkoituksenmukaista, sillä avo-ojat vaikeuttavat liikennettä, vaativat siltoja, edistävät sääskien ja muitten hyönteisten leviämistä, levittävät rikkaruoho- ja ja näyttävät epäesteettisiltä. Myöskään ei tilanpuutteen vuoksi ole mahdollista tehdä niin syviä ojia kuin olisi tarpeellista, jot- ta pohjavesi saataisiin riittävästi alennetuksi. Maaseudulla voi- daan pihamaille käyttää vain matalia ojia pintaveden poisjohtami- seksi siellä, missä viemäröintiverkko puuttuu. Tarkoituksenmukaisin- ta on piha-alueiden kuivattaminen salaojituksella.

Olosuhteista riippuen käytetään joko yleis-, piiri-, rengas- tai vertikaalisalaojitusta (kuva 72).

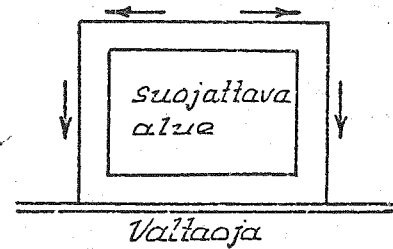
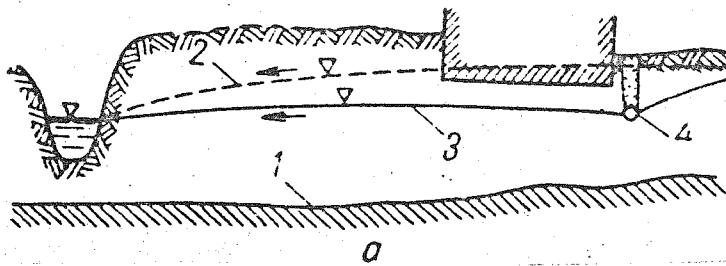
Yleissalaojitus sopii sellaisille alueille, missä pohjavesi häittää asuinrakennuksia laajalla alueella. Kokoojaojat tulisi sijoittaa katujen reunoihin, koska ne tällöin ovat paremmin suojassa raskaan liikenteen vaikutuksilta. Jos kokooja joudutaan johtamaan kadun alitse, on putkisto vahvistettava k.o. kohdalta.

Salaojat suunnitellaan olosuhteiden mukaan ottamalla huomioon rakennusten sijainti. Ne johdetaan kokoojaan vain yhdeltä puolen, jotta välttyttäisiin katujen alituksilta.

Erillisen rakennuksen tai rakennusryhmän suojaksi rakennetaan piirisalaojat suuntaamalla ne likimain kohtisuoraan vedenvirtausta vastaan (kuva 72 a). Myös rengassalaojia käytetään pohjaveden alentamiseen erillisten rakennusten tai pienehköjen rakennusryhmien alueella.

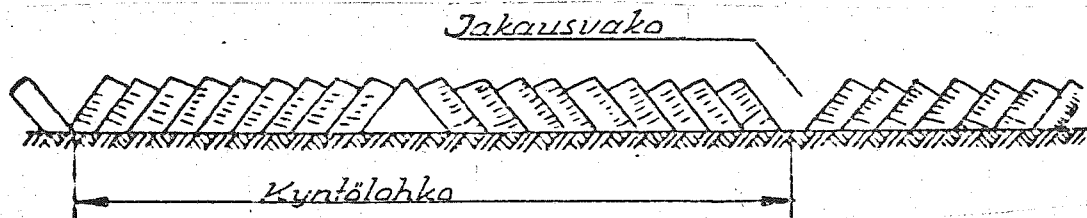
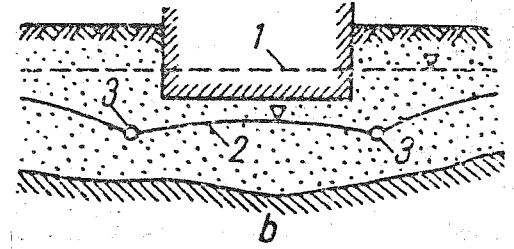
Jos kuivatustyöt toteutetaan ennen rakennustöiden aloittamista, on yksittäisiä salaojia mahdollista johtaa myös rakennuksen alta. Mikäli salaojia johdetaan rakennusten alta, on rakennusten perustukset tehtävä niin, että ne eivät liikkeudessaan vaurioita putkistoa.

Horisonttaalisalaojilla on mahdollista alentaa pohjavedenpintaa vain rajoitetussa määrin. Kuivatussyvyyden ollessa enintään 1,5 m. Yleensä tällaista kuivatussyvyyttä pidetään riittävänä. Mikäli on tarvetta alentaa pohjavedenpintaa edellä mainittua enemmän, käytetään tällöin vertikaalisalaojitusta ja pumppausta.

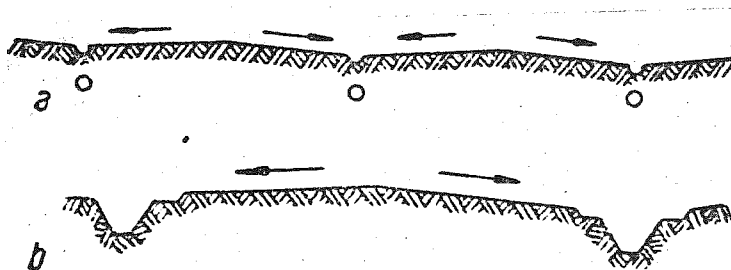


Kuva 72. Pihojen kuivattaminen:
a- salaoja rakennusryhmän edessä
1- vettäläpäisemätön kerros
2- alkup.pohjaveden taso
3- alennettu pohjaveden taso
4- piirisalaoja

b- rengassalaoja
1-alkup.pohjaveden taso
2-alennettu pohjaveden taso
3-salaojat

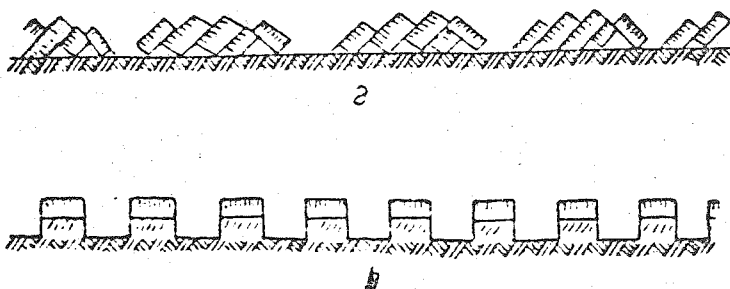


Kuva 73. Kapealohkokyntö



Kuva 74. Maanpinnan muotoilu kuivatuksen yhteydessä:

a) salaojitettu lohko
b) avo-ojitettu lohko



Kuva 75. Piennarkyntö:

a) leveät pientareet
b) kapeat pientareet

Vedet salaojakokoojista johdetaan yleensä avoimeen uomaan. Jos vesimäärä on vähäinen, voidaan salaojavedet johtaa myös viemäriverkkoon. Viemäriverkon puuttuessa käytetään salaojakokoojia joskus myös puhtaampien talousvesien johtamiseen. Tämä ei ole kuitenkaan suositeltavaa, koska salaojakokoojien liittokset eivät ole vesitiiviitä, joten jätevedet voivat saastuttaa maaperää. Jätevedet edistävät myös kokoojien tukkeutumista.

Urheilukenttien kuivattamisessa pyritään ensisijassa sadevesi poistamaan nopeasti maanpinnalta. Tätä silmällä pitäen suunnitellaan myös salaojien rakenne. Urheilukenttien ojituksissa salaojien syvyys on 0,6-0,9 m. Salaojien etäisyydet ovat myös pienemmät kuin viljelymaiden kuivatuksessa. Tehokkainta kuivatusta vaativat juoksuradat, käsipallo- ja tenniskentät sekä hyppypaikat. Maaperän vedenläpäisevyyden perusteella valitaan salaojien etäisyyksiksi 5-10 m. Nurmikolla ja kentän keskellä voi salaojien keskinäinen etäisyys olla jonkin verran suurempi.

Ojien täyttömaan on oltava hyvin vettäläpäisevää. Täytteenä käytetään koksikuonaa tai karkeaa hiekkaa. Täyttömaan yläosaan (20 cm) lisätään myös multaa. Jos perusmaa ei ole liian raskasta (hiekkä, kevyt hiekkasavi), voidaan muualla kuin juoksuratojen ja hyppypaikojen kohdalla täyttömaana käyttää perusmaata. Tällöin on kuitenkin salaojiin tehtävä sorasilmäkkeitä 5-10 m:n välein.

8. Maan muokkaus- ja parannustoimenpiteet

Aina ei avo-ojitus tai salaojitus yksinään riitä tehokkaasti säätämään kyntökerroksen ja sen alapuolisen maakerroksen vesitaloutta. Usein on erityisesti savimailla ja raskailla hiekkasavimailla notkonteissa häiriötiloja. Huonon vedenläpäisevyyden vuoksi sadevesi

imeytyy maahan hitaasti. Keväisin ja pitempiaikaisten sateiden jälkeen on kyntökerros veden kyllästämä ja painanteisiin syntyy vesilätäköitä. Tämä hidastaa peltotöitä ja on lisäksi haitaksi kasveille.

Veden poisvirtauksen nopeuttamiseksi maan pinnalta ja kyntökerroksesta sekä maan ilmapitoisuuden parantamiseksi käytetään avo-ojituksen tai salaojituksen lisäksi erikoisia ns. agromelioratiivisia toimenpiteitä. Agromelioratiivisten toimenpiteitten laatu ja käytön laajuus riippuvat siitä, mihin niillä pyritään tiettyjen viljelykasvien ja hydrologisten seikkojen määäämissä olosuhteissa.

Agromelioratiivisiksi nimitetään mainittuja toimenpiteitä sen vuoksi, että useimmat niistä eivät kuulu pysyvien maanparannuskeinojen joukkoon, vaan ovat lyhytaikaisia ja sisältyvät oikeastaan maanmuokkaustöihin. Ne ovat kuitenkin luonteeltaan paanparannukseen kuuluvia, sillä ne vaikuttavat maan vesitilaan. Agromelioratiiviset toimenpiteet lisäävät paikalliskuivatusverkon tehokkuutta, minkä vuoksi kuivatusverkkoa on mahdollista harventaa ja siten saada se kustannuksiltaan huokeammaksi. Agromelioratiiviset toimenpiteet eivät kuitenkaan korvaa paikalliskuivatusverkostoa. Mainitut toimenpiteet eivät saa oleellisesti hidastaa peltotöiden koneellistamista ja niiden on oltava laadultaan sopusoinnussa viljelyskasvin vaatimusten kanssa.

Luonteeltaan voivat agromelioratiiviset toimenpiteet olla:

- a) sellaisia, jotka nopeuttavat pintaveden ja kyntökerroksessa olevan veden virtausta. Tähän tarkoitukseen soveltuvat seuraavat toimenpiteet: kapealohkokyntö, maanpinnan muotoilu, vesivakojen ajaminen ja myyräojitus.

- b) sellaisia, jotka suurentavat maan vedenvarastoimiskykyä. Tähän tarkoitukseen soveltuvat kynnön alapuolisen kerroksen tiiviin rakenteen rikkominen ja syväkyntö yhdessä maan kalkitsemisen ja suurten lannoitemäärien käytön kanssa,
- c) sellaisia, joiden tarkoituksena on vesivarannon jakautumisen yhtäläistäminen maaprofiilin eri kerrosten välillä. Tähän tarkoitukseen jäytetään mm. myyräojitusta,
- d) sellaisia, jotka edistävät pintaveden jakautumista tasaisesti pellolle ja estävät pintaveden kerääntymisen maan pinnalle. Mainitun tarkoituksensa saavuttamiseksi käytetään mm. maanpinnan tasoittamista.

Kapealohkokyntö. Kapealohkokyntöä käytetään kevätiljojen ja puutarhakasvien viljelyyn tarkoitetuilla pelloilla, erikoisesti raskailla savimailla silloin, kun maan kaltevuus on pieni (kuva 73). Kyntö tapahtuu moniteräisellä auralla 12-20 m:n levyisinä lohkoina maanpinnan kaltevuuden suunnassa. Lohkon leveys valitaan maanpinnan kaltevuuden ja auran terien lukumäärän perusteella. Mikäli maanpinnan kaltevuus on suurempi kuin 0,002, on lohkon leveys 15-20 m. Jos maanpinnan kaltevuus on pienempi kuin 0,002, vaihtelee lohkon leveys 12-15 m:iin. Kevätiljoille tarkoitettut pellot kynnetään kaapeiksi lohkoiksi kynnölle syksyllä, sen sijaan puutarhakasveille tarkoitettut pellot kynnetään vasta keväällä.

Kapealohkokynnön yhteydessä muodostuvat jakausvaot, joihin sadevesi kerääntyy ja valuu pois kaltevuuden suunnassa. Virtausesteiden poistamiseksi on vaot viimeisteltävä lapiotyönä. Kynnetessä on pidettävä huolta, että vaot tulevat suoriksi ja että kyntö on rikkeetöntä. Ennen kyntöä on lohkojen paikat merkittävä peltoon.

Jakausrakojen lisäksi on usein tarpeellista tehdä vielä poikkirakkoja 70-150 m:n välein, maanpinnan kaltevuudesta riippuen. Poikkirakkoilla johdetaan vedet ojiin.

Maanpinnan muotoilu. Muotoilun tarkoituksena on saada maanpinta kuperaksi avo-ojan tai salaojan suuntaan pintaveden valumisen nopeuttamiseksi (kuva 74).

Maanpinnan kuperuus muodostuu itsestään useamman kyntökerran jälkeen jättämällä joka kerta kyntövaot samalle kohdalle. Avo-ojitetulla pellolla kulkee kyntövako ojan vieressä 0,3-1,5 m:n etäisyydellä ojan reunasta. Veden ojaan pääsyn helpottamiseksi on kyntämättä jääneeltä ojan reunalta maa poistettava tai kaivettava sen läpi n. 15-20 m:n välein virtausurat.

Salaojitetulla pellolla tulisi kyntövaot saada salaojien kohdalle. Tällöin on toivottavaa, että salaojan täytemaa olisi hyvin vettäläpäisevää tai että salaoja olisi varustettu sorasilmäkkeillä. Siinä tapauksessa, että kyntövako ei yhdy salaojan suuntaan, vaan ylittää salaojan, asetetaan silmäke salaojan ja kyntövaon risteämispaikkaan.

Maanpinnan muotoilun aikaansaaminen kyntämällä onnistuu enintään 30 m:n levyisillä kyntölohkoilla.

Avo-ojitetuilla pelloilla on kyntölohkon leveys yhtä suuri kuin ojien etäisyys. Salaojitetuilla pelloilla voidaan kyntölohkon tarpeellinen leveys määrätä K.Hommikun esittämällä kaavalla.

$$E = 6000 H \sqrt{\frac{k}{d}}$$

(40)

jossa H = korkeusero profiilin keski- ja reunapisteiden välillä (m)

k = kyntökerroksen läpäisykerroin (cm/s) ja

$\bar{q}$ = vuoden keskivaluma (l/s, km²)

Maanpinnan kaltevuuden avo-ojan suuntaan on oltava vähintään
n. 3 %.

Koska vuodesta vuoteen samalla tavalla suoritettun kyntökerran jälkeen humuspitoinen ruokamulta keräytyy lohkon keskelle, on kyntötapaa muutettava heti, kun profiilin tarpeellinen kaltevuus on saavutettu. Samasta syystä on maata kyntövakojen läheisyydessä lannoitettava runsaammin kuin lohkon keskellä. Vastaisuudessa on kyntötapaa vuoroteltava, jotta profiilin kaltevuus säilyisi samanlaisena ja ruokamullan kerääntyminen lohkon keskustaan estyisi.

Vakojen tekeminen. Vakojen tekeminen jakautuu valintavakoamiseen, yleisvakoamiseen ja piennartamiseen. Vaoilla täydennetään ojitusta.

Valintavakoja (vesivakoja) tehdään ensisijassa syysviljapelloille painanteisiin tai notkoihin kerääntyneen pintaveden johtamiseksi, jotta välttyttäisiin oraiden vesivahingoilta. Vesivaot voivat olla hyödyllisiä myös viljelylaitumilla. Vaot ovat syvyydeltään 25-30 cm ja ne tehdään heti syysviljan kylvön jälkeen käyttäen siihen tarkoitettuja vakoamislaitteita.

Koneella on mahdollisuus saada vaoille suunniteltu pohjakaltevuus. Mikäli vakoamiskoneita ei ole käytettävissä, voidaan vaot ajaa esim. yksisiipisillä auroilla.

Vesivaot pyritään saamaan mahdollisimman lyhyiksi. Sen vuoksi ne pyritään suuntaamaan suoraan lähimpään ojaan. Jos monia painanteita

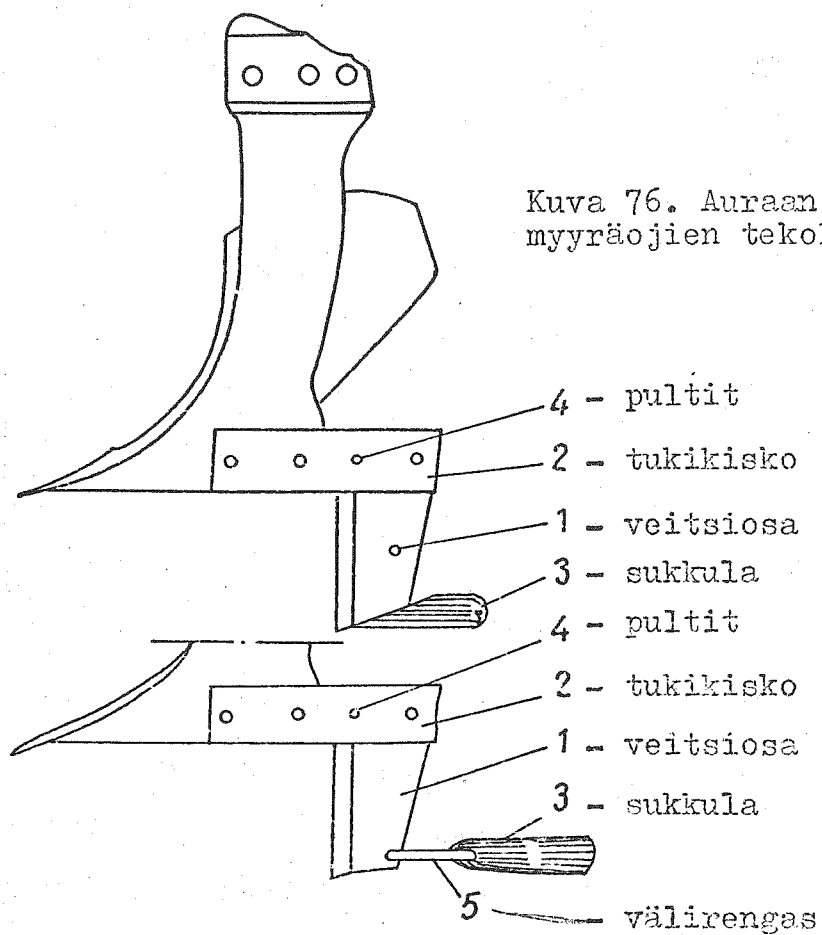
tai notkoja on lähekkäin, yhdistetään ne ensin vaolla keskenään ja lopuksi yhdellä vaolla ojaan.

Yleisvakoamista käytetään raskailla savimailla olevilla syysviljapelloilla silloin, kun maanpinnan kaltevuus on hyvin pieni tai puuttuu kokonaan. Vaot tehdään heti syysviljan kylvön jälkeen auralla, joka on varsutettu maavallien tasoittajalla. Vaot ajetaan toistensa kanssa yhdensuuntaisiksi 5-12 m:n etäisyydelle toisistaan. Vakojen syvyys on 15-25 cm ja ne on suunnattava kuivatusojaan.

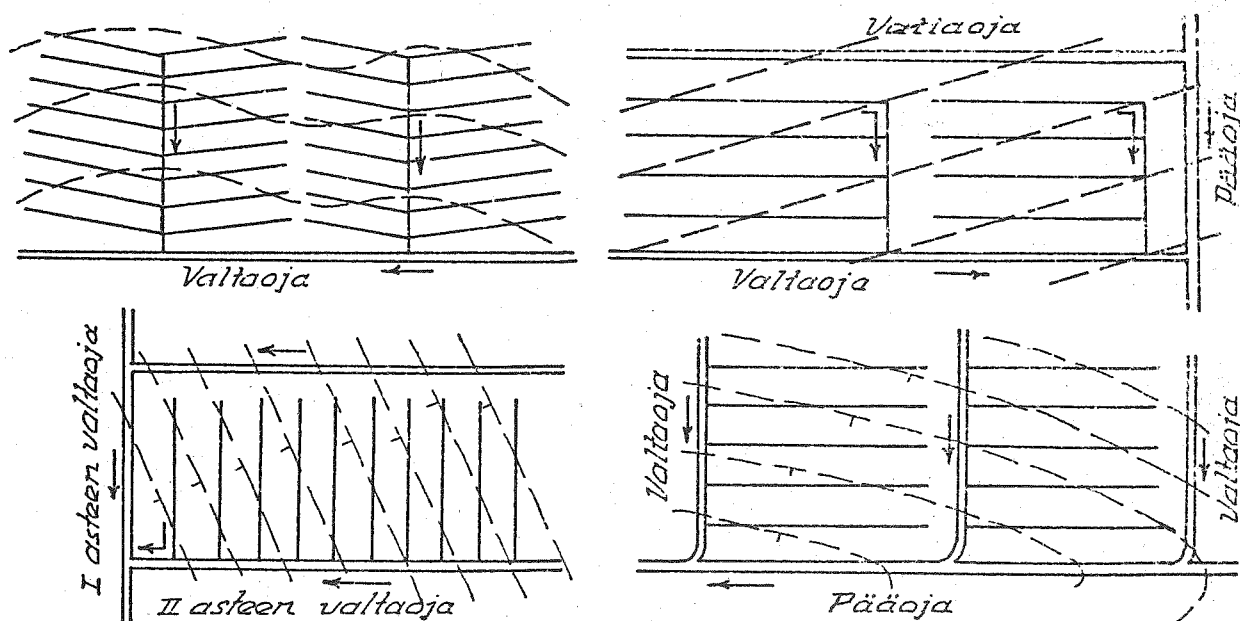
Piennartamista käytetään pelloilla, jotka on tarkoitettu juurikasvien ja rehujuureksien viljelyyn. Piennartaminen suoritetaan joko syksyllä tai keväällä riippuen viljeltävästä kasvista. Piennartaminen suoritetaan koneellisesti erikoisauroja käyttäen, jolloin terien lukumäärän mukaan saadaan leveydeltään erilaisia pientareita (kuva 75).

Erikoisesti perunan viljelylle on tärkeää, että pintavesi saadaan varhain keväällä johdettua pois pellolta. Tällöin on tarkoituksenmukaista suorittaa piennartaminen jo syksyllä. Kynnettäessä siirtävät aurat maan vaosta kyntämättömälle maakaistaleelle. Niin muodostuu kapeiden pientareiden väliin noin 20 cm syvät vaot, jotka johtavat keväällä lumen sulamisvedet nopeasti pois.

Myyräojitus. Myyräojitukseksi nimitetään matalan ja tiheän oja-verkon tekemistä. Myyräojan läpimitta on tavallisesti 6-8 cm. Myyräojien keskinäinen etäisyys vaihtelee 0,8-1,5 m:iin ja syvyys maanpinnasta vastaavasti 35-45 cm:iin. Koska myyräojat sijaitsevat lähellä maanpintaa, valuu liiallinen vesi kyntöker-



Kuva 76. Auraan kiinnitetty myröjien tekolaite:



— — — — — Korkeuskäyrä — — — — — Paikallisoja — — — — — Runko-oja
 Kuva 77. Kaavioita kuivatusverkostoista

roksesta niihin helposti. Koska keskinäiset etäisyydet ovat pienet, kykenevät myyräreiät sisältämään paljon vettä. Ne parantavat myös kynnön alapuolisen kerroksen ilmatilaa. Jos myyräojat tehdään maanpinnan kaltevuuden suuntaan ja yhdistetään avo-ojaan, voivat ne myös johtaa pellolta vettä. Salaojitettulla maa-alueella voidaan onkaloittamisella nopeuttaa veden pääsyä salaojaan erikoisesti silloin, kun salaojien täyttö on suoritettu hyvin vettäläpäisevällä materiaalilla. Tällöin voidaan myös imuojien keskinäisiä etäisyyksiä suurentaa. Koska myyräojat ovat tavallisesti välittömästi kyntökerroksen alla, sisältää niihin joutuva vesi runsaasti kasviravinteita, erikoisesti nitraatteja ja kalsiumsuoloja, minkä vuoksi maan ravinnepitoisuus alenee myyräojituksen vaikutuksesta.

Edellä mainitun haitan torjumiseksi on suositeltavaa, että vesiä ei johdeta pois myyräojilla, vaan niiden avulla varastoidaan vettä ja kasviravinteita kynnön alapuoliseen kerrokseen. Tällöin myyräojia ei yhdistetä imuojiin. Onkaloiden tekeminen edistää myös maan mururakenteen syntymistä. Kaikki mainitut seikat edistävät kasvien juuriston tunkeutumista syvemmälle, josta on puolestaan seurauksena kasvien käytettävissä olevan veden ja ravinteiden määrän lisääntyminen.

Veden vaikutuksesta luhistuvat myyräojat verraten nopeasti, joten myyräaurausta olisi uudistettava joka vuosi. Myyräojitus tehdään tavallisesti poikkisuuntaan maanpinnan kaltevuuteen nähden.

Myyräojat tehdään joko tähän tarkoitukseen suunnitelluilla koneilla tai kynnön yhteydessä, jolloin sukkula- eli myyrälaite asennetaan auraan (kuva 76).

Myyräojitusta voidaan käyttää vain savi- tai hiekkasavimaissa, joissa ei esiinny kiviä.

Maanpinnan tasoittaminen. Pintaveden keräytymiskohtia ovat painanteet ja notkot. Vesi saattaa jäädä niihin seisomaan pitkäksikin aikaa hidastaen muokkaustöitä ja vahingoittaen kylvöjä. Jos painanteet täytetään ja pelto tasoitetaan, ei vesi enää voi kerääntyä yksittäisiin kohtiin vaan jakautuu tasaisesti laajalle alueelle imeytyen maan sisään tai haihtuen ilmaan. Hyvin tasatulla ja syväksi muokatulla pellolla on pintaveden aiheuttamien vahinkojen uhka minimaalinen.

Mikäli painanteet ovat vähäisiä, saadaan maanpinta tasaiseksi lanaamalla. Jos painanteet ovat suuria, ei maanpinnan tasoitusta voida suorittaa lanaamalla, koska korkeammilla kohdilla ruokamultakerros muuttuu helposti liian ohueksi ja matalammilla kohdilla vastaa-vasti liian paksuksi. Tällöin maan viljavuus pellon eri kohdissa vaihtelee. Suurempien painanteiden tasoittaminen suoritetaan tavallisesti seuraavasti: Ruokamulta poistetaan kaistaleittain ja tasaus suoritetaan ruokamultakerroksen alapuolisessa kerroksessa. Sen jälkeen peitetään tasoitettu kaistale viereisen kaistaleen ruokamultakerroksella. Näin jatketaan, kunnes koko alue on saatu tasoitettua. Lopuksi suoritetaan koko tasoitettavalla alueella syväkyntö.

Syväkyntö ja kynnöksen alapuolisen kerroksen murentaminen

Syvä, mururakenteen omaava ruokamultakerros pystyy varastoimaan itseensä paljon vettä, mistä syystä sitä riittää kasveille vielä kesän kuivakaudellakin.

Paksun kyntökerroksen luominen on tärkeimpänä edellytyksenä suurien satojen muodostumiselle. Suurentuneita satoja ei kuitenkaan

yht'äkkiä. Tavallisesti kyntökerrosta syvennetään vähitellen 2-3 cm kerrallaan, jotta vältettäisiin maan viljavuuden väliaikainen aleneminen.

Syväkynnön yhteydessä olisi käytettävä myös muita maanmuokkaustoimenpiteitä, joilla edistetään mururakenteen muodostumista.

Syväkynnöllä ja kynnöksen alapuolisen kerroksen syventämisellä pyritään nopeuttamaan mururakenteen muodostumista ja ulottamaan mururakenne myös syvemmälle maaperään. Syväkyntö on parasta suorittaa heti syksykauden alussa. Kyntöviit ut jätetään talveksi rikkomatta. Talven aikana ajetaan pelloille lannoitteet ja kalkki. Lannoitteita tulisi käyttää sitä enemmän, mitä syvempään kyntö on suoritettu.

Koska lannoitteita ei aina voida käyttää riittävästi, pyritään syväkyntöä korvaamaan aluskerroksen kokkareittamisella, murentamisella. Tähän tarkoitukseen käytetään auraa, johon on asennettu erityinen maan möyhentäjä.

Yhteenveto agromelioratiivisista toimenpiteistä. Agromelioratiivisilla toimenpiteillä pyritään ensi sijassa aikaansaamaan maanpinta tasaiseksi ja luomaan maahan edullisen struktuurin omaava, paksu kyntökerros. Kun nämä kaksi pyrkimystä on saavutettu, paranevat paikalliskuivatusverkon toimintaedellytykset ja pintaveden kerääntymismahdollisuus vähenee ratkaisevasti. Niin kauan, kun paksua kyntökerrosta ei ole pystytty luomaan, joudutaan pakosta taistelemaan pintaveden kanssa käyttämällä siinä maaperän ja pinnanmuodotuksen asettamia edellytyksiä ja viljetäville kasveille soveltuvia keinoja.

Eestin olosuhteissa on osoittautunut tärkeimmäksi agromelioratiiviseksi toimenpiteeksi maanpinnan muotoileminen, sillä se on kaikkein tehokkain toimenpide saavuttaa koko lohkolle yhtäläinen pintaveden poistuminen. Maanpinnan muotoilu sopii kaikille viljelyskasveille eikä sen toteuttaminen vaadi erikoisia koneita eikä lisäkustannuksia.

Sen jälkeen, kun on saavutettu syvä, suotuisan struktuurin omaava kyntökerros, on maanpintaa tasoittama la huolehdittava siitä, että kupuruus säilyy sopivana. Vesivakojen toiminta ei myöskään sanottavasti huonone, vaikka maanpintaa tasataan.

Osaa agromelioratiivisista toimenpiteistä on pidettävä vaikutuksiltaan lyhytaikaisina ja niiden käyttöönoton tarve ja käytön laajuus riippuvat oleellisesti taloudellisista saavutuksista ja maatalouden tuotantokyvyn tasosta.

9. Piiri- eli reunaojitus

Avo-ojat tai salaojat, jotka sijaitsevat kuivatettavan alueen rajalla ja joiden vaikutus ulottuu sen vuoksi alueen ulkopuolellekin muodostavat piiriojaverkon. Näillä ojilla on tärkeä merkitys. Vaikka kuivatettavan alueen ulkopuolelta tulevat vedet ovat useimmiten vain osasyynä märkyyteen, ei niitä kuitenkaan voida jättää huomioimatta. Ulkopuolelta valuvan veden pysäyttäminen ja poisjohtaminen on merkityksellistä erikoisesti kumpuilevassa maastossa. Piiriojitus on tarpeellinen erikoisesti silloin, kun kuivatettava alue rajoittuu ylempänä olevaan viljelemättömään alueeseen. Suot ja metsät on syytä eristää kuivatettavasta alueesta ojilla, vaikka ne eivät olisikaan kuivatettavaa aluetta korkeammalla. Piiriojat antavat kuivatettavalle alueelle kiinteät ra-

jat, estävät metsän leviämistä viljelymaalle, vähentävät sekä puuden aiheuttamaa varjostushaittaa että niiden juuristosta aiheutuvaa tukkeutumisvaaraa salaojissa.

Alueen ulkopuolelta valuvan pintaveden pysäyttämiseen käytetään avonaista piiriojaa, kun taas pohjavesivirtauksen katkaisemiseksi soveltuvat avonaisten piiriojien rinnalla yhtä tehokkaasti myös piirisalaojat.

Avonaiset piiriojat. Piiriojien sijainnin määrää maan pinnanmuodostus. Jos ympärillä olevien alueiden kaltevuus on pieni, tehdään piirioja kuivatettavan maa-alueen rajalle. Samalla tavalla menetellään myös silloin, kun kuivatettava alue erotetaan suosta tai metsästä. Mikäli kuivatettavan alueen ympärillä on jyrkkä rinne, tehdään piiriojat rinteeseen juurelle suuntaamalla ne leikkaamaan terävässä kulmassa korkeuskäyriä. Koska piiriojien tukkeutumisvaara on suurempi kuin kuivatusverkon ojien, tulisi tukkeutumisvaaran välttämiseksi tai vähentämiseksi piiriojien suunnittelussa noudattaa seuraavia ohjeita:

1. Virtausnopeus piiriojassa ei saisi olla pienempi kuin 0,5 m/s. Mainittu vaatimus olisi otettava huomioon pohjan kaltevuutta valittaessa.
2. Piiriojat olisi suunniteltava pohjaleveydeltään mahdollisimman kapeiksi, mutta toisaalta riittävän syviksi. Piiriojien pohjaleveys on tavallisesti 0,3-0,5 m ja syvyys yli 1 m.
3. On huolehdittava siitä, että pintavesien pääsy piiriojaan on esteetön. Samoin veden eroosiovaikutus ojan reunan läheisyydessä on estettävä. Edellä olevat vaatimukset otetaan huomioon ojaa kaivettaessa siten, että kaivumaat pannaan kuivatettavan maa-alueen puoleiselle

reunalle ja ojan ulkoreunaan asetetaan vahvistetut kourut pintaveden johtamiseksi ojaan.

4. Piiriojan ulkoluiska on suojattava luiskan läpi suotautuvan veden vahingollisilta vaikutuksilta, jotta vältettäisiin luiskan sortuminen. Tässä tarkoituksessa tehdään ulkoluiska sisäluis-
kaa loivemmaksi turve- ja savimaissa 1:1,75 muissa maissa 1:2,0.
Jos luiskan alaosa ulottuu hienoon hiekkaan, on luiskan juuri vahvistettava. Jos piiriojan valuma-alue ylittää 2 km^2 , on oja mitoitettava hydraulisten laskelmien avulla. Piirioja suunnataan maasto-olosuhteista johtuen joko pääojaan tai suoraan purkuvesistöön, pienillä valuma-alueilla valtaojaan tai nielukaivon kautta salaojakokoojaan.

Piirisalaojat. Alueen ulkopuolelta valuvaa pohjavettä on mahdollista johtaa sekä avonaisiin piiriojiin että piirisalaojiin. Salaojat soveltuvat avo-ojia paremmin siellä, missä kuivatettavaa aluetta ei ole tarpeen erottaa viereisestä alueesta, esim. jos viereinen alue on myös viljelymaata. Piirisalaojan vaikutus on paras silloin, kun se asetetaan notkoon tai rinteeseen, jossa pohjavesi on korkealla tai jossa vettäläpäisemätön kerros on lähellä maan pintaa.

Jos pohjavesivaluma on suuri, tehdään piirisalaoja kokoojaojaputkista ($\emptyset 75-100 \text{ mm}$) tai käytetään siiviläputkia taikka asetetaan useita piirisalaojia rinnakkain, jolloin salaojien keskinäiset etäisyydet ovat 30-40 % pienemmät kuin vastaavissa olosuhteissa imuojien etäisyydet. Viimeksi mainittua tapaa voidaan suositella käytettäväksi silloin, kun piirisalaoja ei katkaise pohjaveden virtausta täydellisesti vettäläpäisemättömään kerrokseen asti.

Pohjaveden virtauksen ollessa vähäistä voidaan virtaus katkaista siten, että imuojien yläpäätt käännetään kohtisuoraan pohjaveden-virtausta vastaan.

KUIVATUSSYSTEEMIN PERUSVERKKO

1. Perusverkon rakenne ja tehtävä

Perusverkon tehtävänä on sekä detalji- ja piiriverkosta että myös kuivatettavalta maa-alalta välittömästi saapuvan veden johtaminen purkuvesistöön.

Perusverkko koostuu pääojasta ja valtaojasta, jotka muodostavat kuivatettavalle maa-alueelle harvan avouomaverkon. Valtaojiin laskevat detaljiverkon vesiuomat. Haarautumien perusteella luokitellaan valtaojat eri asteisiin: ensimmäisen (I) asteen valtaojiin (laskee pääojaan), toisen (II) asteen valtaojiin (laskee I asteen valtaojaan) jne.

Kuivatussysteemin perusverkon on pystyttävä johtamaan kaikki siihen laskevat vedet eikä tulvia saa esiintyä kuivatussysteemin vaikutusalueella vuoden sisällä tai maankäytön luonteesta johtuvan kriittillisen periodin aikana, jolloin tulvat ovat erikoisen haitallisia. Perusverkko on mitoittettava sellaiseksi, että edellä mainittu vaatimus on täytetty (syvyys, leveys).

Kaikki perusverkon vesiuomat tehdään nykyään avoimina.

2. Perusverkon sijoitus maastoon, vesiuomien keskinäinen yhdistäminen suunnitelmassa

Pääojan sijaintipaikan valinnassa on otettava huomioon, että siihen on mahdollista vapaana virtauksena kerääntyä vettä koko kuivatetavalta maa-alueelta ja että ojan tulisi olla mahdollisimman lyhyt, erikoisesti purkuvesistön ja ensimmäiseksi liittyvän valtaojan väliseltä osuudeltaan. Pääoja suunnataan sen vuoksi mahdollisimman suoraan maaston notkojen ja valmiina olevien vesiuomien kautta (ojia). Syvillä soilla on pääoja ja ensimmäisen asteen valtaojat suunnattava turpeen alla olevan kivennäismaan notkojen kautta, sillä niihin on tällöin helpompi johtaa vettä myös kuivatuksen jälkeisen painuman jälkeen. Soilla on erityisesti vältettävä vesiuomia suuntaamasta syvemmästä turvekerroksesta, jossa ojan pohja ei ulotu turpeen alapuolella olevaan mineraalimaahan, ohuempaan turvekerrokseen, sillä vesiuoman pohjan kaltevuus tällöin saattaa vähentyä ja muodostua vieläpä päinvastaiseksi.

Perusverkon vesiuomien olisi oltava mahdollisimman suorina, kaarteissa tulee mahdollisuuksien mukaan välttää kulmia, jotka ovat pienempiä kuin 120° . Perusverkon on oltava sopusoinnussa viljelysmaiden ja viljelyslohkojen rajojen sekä tieverkon kanssa. Vesiuomien tulisi yhtyä viljelysmaiden ja viljelyslohkojen rajoihin sekä mahdollisimman vähän leikata teitä. Siellä missä maasto-olosuhteista johtuen ei ole mahdollista sijoittaa oja mainituille rajoille, on rajojen ja teiden sijaintia muutettava sellaiseksi, että ne ovat sopusoinnussa ojitusverkon kanssa.

Erittäin tärkeää perusverkon vesiuomien suunnittelussa on ottaa huomioon ne vaatimukset, jotka paikallisverkko asettaa perusverkolle. Kuten tunnettua, salaojakokoojien suunnan tulisi enemmän tai

vähemmän kohtisuorasti leikata korkeuskäyriä. Jotta salaojakokoo-
jat tulisivat mahdollisimman lyhyiksi ja jotta ne olisi helppo
johtaa valtaojaan, pitäisi valtaojien olla likimain korkeuskäy-
rien suuntaisia ja näin lähes kohtisuorassa salaojakokoojia vas-
taan. Ottamalla huomioon, että valtaojille on saatava riittävästi
luonnollista kaltevuutta, on ne sijoitettava leikkaamaan korkeus-
käyriä terävässä kulmassa. Sitävastoin valtaojien, jotka on suun-
niteltu yksittäissalaojien tai kuivatusojien purkupaikoiksi, tu-
lisi sijaita korkeuskäyrien suhteen lähes kohtisuorassa, koska de-
taljiverkon vesiuomat suunnitellaan mainitussa tapauksessa mahdol-
lisimman terävässä kulmassa leikkaamaan korkeuskäyriä.

Viimeisen asteen valtaojien sijoittelussa on edellä mainittujen
vaatimusten lisäksi otettava huomioon myös maataloustuotannon vaa-
timukset kenttien muodon ja suuruuden suhteen (vrt. 3 pääkappale
2. kappale). Mainittujen valtaojien etäisyys eli kentän leveys
riippuu detaljiverkon elementtien (kokoojien ja imuojien) pituu-
desta. Detaljiverkon suunnittelun helpottamiseksi tulisi viimei-
sen asteen valtaojat sijoittaa maastoon siten, että niiden välisil-
lä kentillä olisi suunnilleen yhtäläinen kaltevuus tai että kalte-
vuus suurenisi alaspäin mentäessä. Sellaista ratkaisua, missä ken-
tän kaltevuus alaspäin vähenee, on vältettävä.

Tyypillisimmät ratkaisut perusverkon suunnittelussa on esitetty
kuvassa 77.

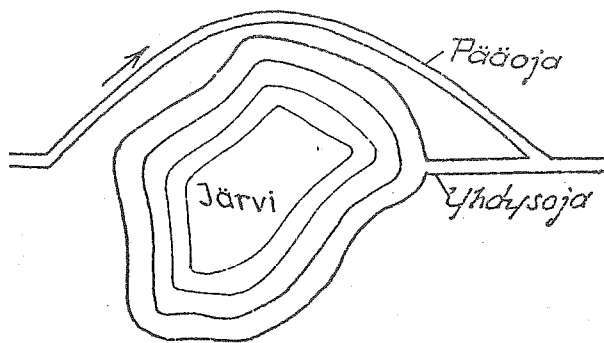
Erikoisesti suurempien perusverkon vesiuomien paikan valinnassa
on otettava huomioon myös maaperän laatu. Sellaiset kohdat, joissa
luiskia joudutaan vahvistamaan, tulevat rakennuskustannuksiltaan
kalliiksi.

Pääojaa tai ensimmäisen asteen valtaojaa suunniteltaessa johdettavaksi pitkin entisiä vesiuomia (ojia) tulee harkita eri vaihtoehtoja, esim. johdetaanko suunniteltava oja pitkin entistä uomaa syventäen sitä vai tehdäänkö uomaan pienempi tai suurempi oikaisu vai kaivetaanko oja kokonaan uuteen paikkaan. Oikeaan ratkaisuun vaikuttavat luonnollisesti vesiuoman poikkileikkauksen suuruus, entisten uomien mutkaisuus ja maaperän laatu. Mikäli luonnon uoman mutkaisuus on pieni ja uoman reunat kiinteät ja pysyvät, suunnataan suunniteltava vesiuoma pitkin luonnollista uomaa sitä syventäen ja leventäen. Jos luonnonuoman mutkaisuus on suuri, oikaistaan uoma joko paikoitellen tai kauttaaltaan. Jos taas suuren mutkaisuuden lisäksi myös rannat ovat heikot ja maaperä epästabiili, suunnitellaan uusi vesiuoma kokonaan uuteen paikkaan.

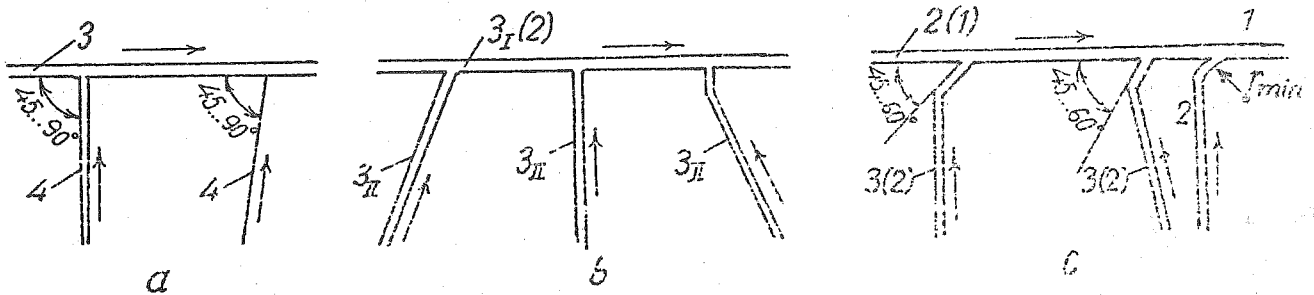
Jos pääojan linjalle sattuu riittävän syvä järvi, voidaan pääoja suunnata sen kautta. Jos järvi on matala ja mutainen, mikä osoittaa, että vesi kuljettaa siihen runsaasti lietteitä, on pääoja vältävä järven ympäri (kuva 78). Matalan ja kiinteäpohjaisen järven tapauksessa on pääojan suuntaa valittaessa otettava huomioon paikalliset olosuhteet kuten esim. järven suuruus, syvyys, pohjan laatu jne.

Kahden vesiuoman yhtyessä tapahtuu virtausten yhteentörmäys. Mitä pienempiä vesiuomat ovat tai mitä sujuvammin s.o. mitä terävämmässä kulmassa ne yhtyvät, sitä pienempi on virtausten törmäys ja sitä vähemmän häiriöitä vesiuomien toiminnassa esiintyy.

Jos kaksi vähäistä vesiuomaa liitetään toisiinsa tai suureen uomaan liitetään pieni uoma, voidaan liitoskulma valita jopa suoraksi. Edellisen perusteella yhdistetäänkin kaikki detalji-

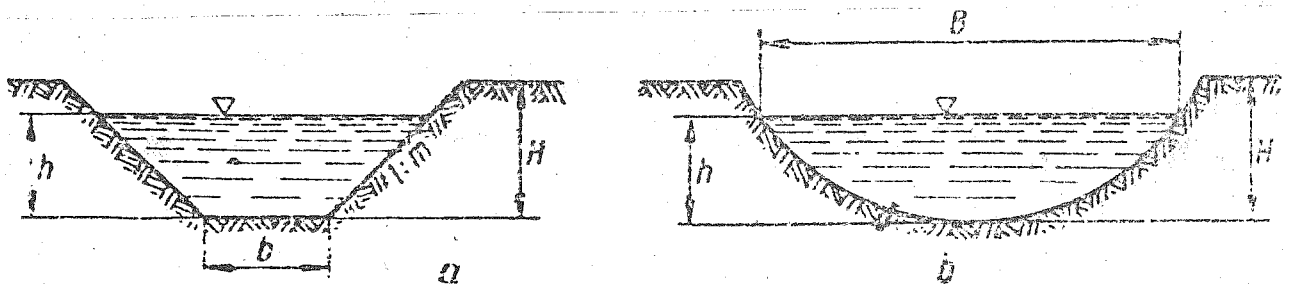
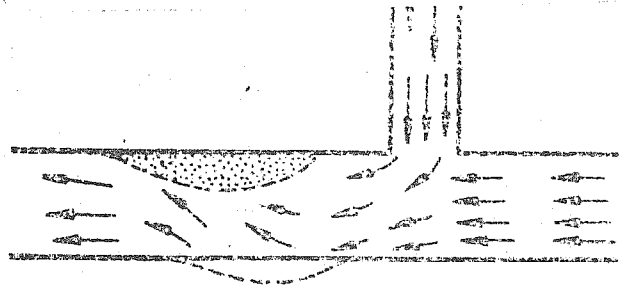


Kuva 78. Pääojan johtaminen järven ohi

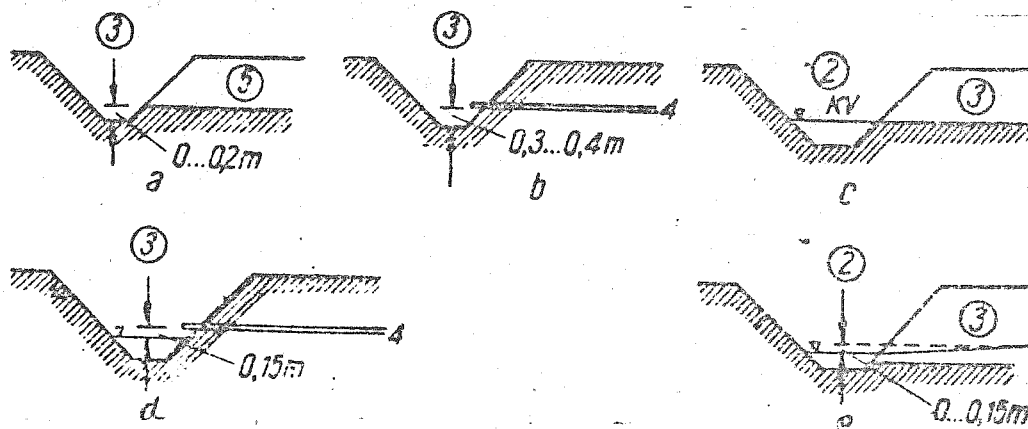


Kuva 79. Vesiuomien yhdistäminen toisiinsa

Kuva 80. Virtausten törmäys silloin, kun vesiuomat yhdistetään kohtisuorasti



Kuva 81. a- puolisuunnikkaan muotoinen poikkileikkaus
b- paraabelin muotoinen poikkileikkaus



Kuva 82. Vesiuomien yhdistäminen vertikaalitasossa: 2-pääoja, 3-valtaoja, 4-kokooja, 5-kuivatusoja, kv -kasvukauden keski-vedenpinta

verkon vesiuomat valtaojaan (tai pääojaan) $45-90^\circ$ kulmassa myötävirtaan (kuva 79 a). Yksittäissalaojat ja kokoojat voivat liittyä valtaojaan sen yläjuoksulla vieläpä vastavirtaankin. Valtaojat yhdistetään keskenään suorassa kulmassa lukuunottamatta tapauksia, joissa liittyvä oja suuntautuu liitettävään nähden vastavirtaan. Viimemainitussa tapauksessa käännetään liittyvä vesiuoma ennen yhdistämistä ja liittäminen tehdään suorassa kulmassa (kuva 79 b). Samalla tavalla yhdistetään keskenään myös pienehkö valtaoja ja pääoja silloin, kun pääoja ei kuljeta suuressa määrin liitettä mukanaan.

Jos kaksi suurehkoa vesiuomaa yhtyy suorassa kulmassa tai jopa vastavirtaan, aiheutuu virtausten törmäyksestä pyörteitä ja veden nopeus vähenee pääuomassa. Virtaus työntyy liitoskohdassa vastarannan puolelle, jolloin vesi alkaa syövyttää sitä ja kuljettaa liitettä liitoskohdan puoleisen rannan läheisyyteen (kuva 80). Tällaisten vesiuomien keskinäinen liittäminen tulee sen vuoksi tehdä $45-60^\circ$ kulmassa myötävirtaan. Edellistä terävämmällä liitoskulmalla saataisiin virtaukset yhtymään vieläkin sujuvammin. Liian pientä liitoskulmaa ei tulisi käyttää, koska se on käytännössä vaikeasti toteutettavissa. Suurempien pääojien kaarteet ja yhdistäminen purkuvesistöön tehdään ympyräkaaren muotoisina (kuva 79 c). Kaarresäteen minimi määrätään kaavoilla

$$r_{\min} = 11 v^2 \sqrt{w} + 12 \text{ ja } r_{\min} = 5B \quad (41)$$

jossa w = vesiuoman toimiva poikkileikkaus (m^2)

v = veden nopeus (m/s)

B = veden pintaleveys yliveden aikana (m)

Jos kaavoilla saadaan eri tulokset, pidetään suurempaa niistä määrävänä.

3. Perusverkon vesiuomien mitoitus

Perusverkon vesiuomien mitoitus eli poikkileikkauksen mittojen määrääminen on erittäin tärkeä ja vastuullinen tehtävä. Vesiuomien ylimitoitus saa aikaan kuivatusverkon kustannuksissa aiheutonta nousua. Alimitoitus ei ole myöskään sallittua, koska tässä tapauksessa vesiuomien riittämätön johtokyky aiheuttaa veden nousua detaljiverkossa ja saa aikaan suuria tulvia yliveden aikana. Tulvat aiheuttavat puolestaan kuivatustehon vähentymistä ja satovahinkoja.

Perusverkon täytyy olla mitoitettu oikein. Valittujen poikkileikkauksimittojen (syvyys ja leveys) pitää olla taloudellisesti perusteltuja. Perusverkon vesiuomien mitoitus on perustuttava tunnetun virtaamaan, joka riippuu ensisijassa valuma-alueen suuruudesta. Sen vuoksi valuma-alueen pinta-ala onkin tärkeimpiä tekijöitä perusverkon vesiuomien mitoituksessa. Pienellä valuma-alueella voivat tarpeelliset vesiuoman mitat osoittautua niin pieniksi, että suunniteltu vesiuoma on vaikea tehdä ja voi helposti tukkeutua. Käytännössä määrätäänkin vesiuomien mitat hydraulisin laskelmin vain suuremmilla valuma-alueilla (yli 2 km²), sen sijaan mainittua pienemmillä valuma-alueilla mitoitus tapahtuu tavallisesti käytännön sanelemien minivaatimusten mukaan, s.o. lähtemällä vaaditusta minimisyvyydestä ja -pohjaleveydestä.

Vesiuomien mitoitus ottamalla huomioon kuivatusverkon toiminta

Perusverkon syvyyttä määrättäessä on otettava huomioon, että perusverkko ei aiheuta detaljiverkossa veden nousua tarkastellulla ajanjaksolla (keväisin kylvöaikana ja syksyisin viljankorjuu-
aikana). Sen vuoksi on valtaojan pohjan oltava 0,3-0,4 m salaoja-

kokoojan tai yksittäissalaojan laskuaukkoa alempana sekä 0,2 m kuivatusojan suuta alempana, ottamalla huomioon myös turpeen painuminen.

Pohjaleveys valitaan kaivukonetyypin mukaan, kuitenkin pohjaleveyden tulisi olla vähintään 0,4 m pääojilla ja 0,3 m valtaojilla.

Koska perusverkon ojat kaivetaan pääasiassa yksikauhaisilla kaivukoneilla, muodostuukin vesiuomien pohjan minimileveydeksi 0,4-0,6 m.

Vesiuomien mitoituksessa on vältettävä tarpeettoman suurta pohjaleveyttä, sillä se suurentaa kaivumassoja sekä edistää uoman liettymistä matalan veden aikana.

Pohjan kaltevuuden on oltava valtaojille vähintään 0,5 ‰, erikoistapauksissa eli silloin kuin maanpinnan kaltevuus on pieni, voidaan sallia myös 0,3 ‰:n kaltevuus.

Vesiuomien mitoitus hydraulisin laskelmin

Hydraulisia laskelmia varten on tarpeen tietää virtaama, vesiuoman kaltevuus, uoman poikkileikkauksen muoto ja karkeusluku.

Virtaama saadaan selville hydrologisin laskelmin.

Hydrologiset laskelmat. Virtaama vaihtelee vuoden eri aikoina hyvinkin huomattavasti. Keväällä lumen sulamiskaudella ovat virtaamat vesiuomissa suurimmat. Tätä jaksoa nimitetään kevään ylivesikaudeksi. Tätä seuraavalla jaksolla virtaamat vähenevät ja saavuttavat alimmat arvonsa kesä-heinäkuussa. Syyskaudella alkaa uusi, pitkäaikainen nousu ja tavallisesti lokakuussa saavutetaan toinen ylivesikausi, joka kuitenkin on keväälliseen verrattuna huomattavasti pienempi.

Talven aikana virtaama jatkuvasti vähenee ja saavuttaa alimmat arvonsa ennen lumen sulamiskautta. Kesäkautena esiintyy myös usein ylivesi, jonka aiheuttajana ovat rankkasateet.

Koska virtaama vaihtelee suuresti vuoden eri aikoina, on vaikea määrätä virtaama, jonka mukaan vesiuomia tai niihin liittyviä rakenteita mitoitetetaan.

Useimmat teknilliset rakenteet mitoitetetaan kevään (vuoden) maksimivirtaaman mukaan, jolloin ylitystodennäköisyydeksi valitaan tavallisesti 2-10 %. Kuivatusverkon vesiuomien mitoituksessa ei tavallisesti käytetä keväistä maksimivirtaamaa. Tämä on selitettävissä sillä, että kevätyliveden aiheuttama tulva, jos se ei kestä kauan, ei vahingoita kasvistoa, jos se ei ole vielä aloittanut kasvuaan. Jos mitoitus suoritettaisiin kevätylivirtaaman mukaan, saataisiin vesiuomille liian suuret mitat ja kaivumassat tämän johdosta kasvaisivat kohtuuttoman suuriksi.

Kuivatusverkon vesiuomien mitoitusperusteeksi otetaan sellainen virtaama kesäkauden ajanjaksolta, jolloin kuivatusverkon epättydyttävä toiminta saattaisi aiheuttaa huomattavia vahinkoja viljelyskasveille tai vaikeuttaisi maanviljelystöiden, erikoisesti kylvö- ja sadonkorjuutöiden suorittamista oikeana aikana. Mainittuja jaksoja ovat kylvökausi, kasvukausi kokonaisuudessaan ja sadonkorjuukausi.

Mikäli mitoitus suoritetaan kylvökauden virtaaman mukaan, saadaan vesiuomille sellaiset mitat, joilla taataan normaalina kylvöaikana sellainen pohjaveden syvyys, joka ei haittaa kylvötöiden koneellista suorittamista. Vastaavaan päämäärään pyritään myös silloin, kun mitoitus suoritetaan sadonkorjuukauden virtaaman mukaan.

Eestin ilmasto-olosuhteissa ovat kylvöaikainen ja sadonkorjuu-
aikainen virtaama suuruudeltaan verraten lähellä toisiaan, minkä
vuoksi hydrologisissa laskelmissa niitä käsitellään usein yhdessä
kylvö- ja korjuu-
aikaisena virtaamana. Kasvukaudella on perusver-
kon taattava kuivatuskohteessa sellainen keskimääräinen veden kor-
keus, mikä vastaa kasvien vaatimuksia. Lopuksi on kontrolloitava,
ovatko edellä mainituilla perusteilla määrätyt mitat riittäviä kas-
vukauden maksimivirtaaman johtamiseen ilman tulvia.

Kasvukaudella sattuva tulva on aina haitallinen. Sen vuoksi on
perusverkon vesiuomien mittojen oltava sellaiset, että mainitut
tulvat vältettäisiin.

Jokaisen yksityisen jakson virtaama saadaan kaavasta

$$Q = \frac{Fq}{1000} \quad (42)$$

jossa Q = virtaama (m^3/s)

F = vesiuoman valuma-alueen pinta-ala (km^2)

q = tietyn jakson valuma (l/s, km^2)

Valumat lasketaan joko virtaamamittausten perusteella tai välilli-
sesti monenlaisia kokemusperäisiä kaavoja käyttäen. Kuivatussys-
teemien suunnittelussa tarvittavien valuma-arvojen määrittämiseksi
voidaan hyvin harvoin käyttää edellistä tapaa. Havaintoasemat si-
jaitsevat tavallisesti suurilla vesistöalueilla, joiden ominaisuu-
det - pinta-ala, soisuus, metsäisyys, pinnanmuodostus, geologinen
rakenne jne, saattavat suuresti erota annetun vesiuoman vesistö-
alueen ominaisuuksista. Sen vuoksi määrätäänkin valumat pienillä
vesistöalueilla tavallisesti kokemusperäisillä kaavoilla.

Eestissä käytetään K. Hommikun kaavoja. Näissä kaavoissa esiintyvät
tekijöinä vuoden keskivaluma $\bar{q}$, valuma-alueen pinta-ala F , keski-

määräinen minivaluma $q_{95\%}$, virtaaman ylitystodennäköisyys P , valuma-alueen soisuus, metsäisyys jne.

Vuoden keskivaluma ($\bar{q}$) määrätään kaavalla

$$\bar{q} = q_k + \Delta \bar{q} \text{ jossa} \quad (43)$$

q_k = ns. ilmastollinen valuma ($l/s, km^2$), joka saadaan vastaavalta kartogrammilta,

$\Delta \bar{q}$ = korjaustermi ($l/s, km^2$), joka ottaa huomioon valuma-alueen paikallisten erikoisuuksien vaikutuksen valumaan.

Tutkimukset ovat osoittaneet, että valuman suuruuteen Eestissä vaikuttavat ilmasto-olosuhteiden lisäksi eniten valuma-alueen soisuus ja maiden kuivattaminen. Vesakkoisilta tai kitukasvuisilta, metsää kasvavilta liian märiltä mailta on valuma suurempi kuin samoilta mailta siinä tapauksessa, että ne ovat aukeat. Vesakko ja kitukasvuinen metsä haihduttavat vettä vähän ja lisäksi tuulen hidastumisen vaikutuksesta vähenee tuntuvasti myös haihtuminen maanpinnalta. Valumaan vaikuttaa myös maiden kuivattaminen. Jos aluetta kuivatettaessa alennetaan myös pohjaveden pinta, alkaa kuivatetulle alueelle valua pohjavettä ympäristöstä. Ympäristöstä tullut vesi on kuivatusverkolla johdettava pois, minkä vuoksi kuivatusverkon virtaama suurenee. Korjaustermi $\Delta \bar{q}$ riippuu siis periaatteessa vesakkoisten ja kitukasvuisen metsän peittämien ja soistuneiden maa-alojen ja kuivatettujen, pohjavettä saavien maa-alojen määrästä kysessä olevalla valuma-alueella.

Korjaustermi $\Delta \bar{q}$ lasketaan kaavasta

$$\Delta \bar{q} = 0,025 C + 0,50 q_{95\%} - 1,63 \quad (44)$$

jossa $C = 1,5 C_1 + C_2$

C_1 = kuivatetut, pohjavettä saavat maa-alat, joille pohjaveden pinnan alnetamisen vuoksi saattaa esiintyä pohjaveden virtausta kuivatettavan valuma-alueen ulkopuolelta

C_2 = vesottuneet tai kitukasvuista metsää kasvavat, soistuneet mineraalimaat ja suot;

C_1 ja C_2 ilmaistaan prosenteissa valuma-alueen pinta-alasta lähtemällä siitä tilanteesta, mikä syntyy kuivatusverkon rakentamisen ja kuivatettujen maiden käyttöön-oton jälkeen.

$q_{95\%}$ = keskimääräinen minimivaluma (eri vuosien 95 % ylitystodennäköisyyden omaavien päivien keskimääräinen valuma ($l/s, km^2$), joka tavallisesti määrätään vastaavalta kartto-grammilta. Kuivatetuilla mailla, jossa kuivakaudella ei esiinny merkittävää pohjavesivaluntaa $q_{95\%} = 0$.

Valuma-alueen pinta-ala, soisuus ja metsäisyys määrätään tavallisesti topografisilta kartoilta, joiden mittakaava on 1:50000, 1:42000 tai 1:25000.

Virtaaman ylitystodennäköisyys valitaan vesiuoman tai teknillisen rakenteen tärkeyden, raha-arvon ja taloudellisen harkinnan perusteella. Tavallisesti käytetään kuivatussysteemin perusverkon vesiuomien suunnittelussa virtaamaa, joka todennäköisesti ylitetään 5-25 %:n varmuudella.

Seuraavassa esitetään K.Hommikun kaavat ja niiden käyttöedellytykset. Kaavat on esitetty sekä alkuperäisessä että myös yksinkertaistetussa muodossa. Yksinkertaistetuissa tapauksissa on valuman määrääminen helppoa.

Kevätylivaluma:

$$q_{\text{kevmax}} = \bar{q} \left[\frac{112-52 \log(P+1)}{(F+1)^{0,144}} \right]^{(1-k_{95\%}-r)} \quad (45)$$

$$\text{eli } q_{\text{kevmax}} = \alpha \beta \bar{q} \quad (46)$$

jossa q_{kevmax} = kevätylivaluma p %:n ylitystodennäköisyydellä
($l/s, km^2$)

F = valuma-alueen pinta-ala (km^2)

$\bar{q}$ = vuoden keskivaluma ($l/s, km^2$) joka määrätään
kaavasta (43)

P = todennäköisyys (%:ssa), jolla virtaama yli-
tetään.

$k_{95\%} = \frac{q_{95\%}}{\bar{q}}$ jossa $q_{95\%}$ keskimääräinen minimivalu-
ma ($l/s, km^2$)

r ottaa huomioon valuma-alueen soisuuden, metsäisyyden ja kuiva-
tuksen vaikutuksen ylivirtaamaan. Se lasketaan kaavasta

$$r = [0,0044 A_s + 0,5 (A_r + A_{ks}) + B + 0,27 A_{km}] - 0,26 \quad (47)$$

jossa A_s = kuivattamattomien mutasoiden ja soistuneiden mineraa-
limaiden prosenttuaalinen osuus valuma-alueella

A_r = rahkasoiden prosenttuaalinen osuus valuma-alueella

A_{ks} = kuivatettujen mutasoiden prosenttuaalinen osuus
valuma-alueella

A_{km} = kuivatettujen mineraalimaiden prosenttuaalinen
osuus valuma-alueella

B = metsän prosenttuaalinen osuus valuma-alueella,

α :n ja β :n arvot otetaan taulukoista 17 ja 18.

On muistettava, että maksimivirtaamalla ja sen päivän, jona mak-
simivirtaama sattui, keskimääräisellä virtaamalla on ero. Edel-
lisessä tarkoitetaan virtaaman huippua ylivesikaudella, jälkim-
mäisellä taas sen päivän jona virtaamahuippu esiintyy, keski-

Taulukko 17

Kerroin α kaavassa 46

F (km ²)	K 95 % + r											
	-0,15	-0,10	-0,05	0	+0,05	+0,10	+0,15	+0,20	+0,25	+0,30	+0,35	+0,40
0,5	9,4	9,4	9,4	9,4	9,5	9,5	9,5	9,6	9,6	9,6	9,6	9,7
1	8,9	9,0	9,0	9,0	9,1	9,1	9,2	9,3	9,3	9,3	9,4	9,4
2	8,4	8,4	8,4	8,6	8,6	8,7	8,7	8,8	8,9	8,9	9,0	9,1
3	8,0	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9
5	7,4	7,5	7,6	7,7	7,7	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,5	8,6
10	6,7	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,5	7,6	7,7	7,9	8,0	8,1
20	6,1	6,2	6,3	6,5	6,6	6,7	6,9	7,1	7,2	7,4	7,5	7,7
30	5,7	5,8	6,0	6,1	6,2	6,4	6,6	6,7	6,9	7,1	7,3	7,4
50	5,2	5,4	5,5	5,7	5,8	6,0	6,2	6,4	6,5	6,7	6,9	7,1
100	4,7	4,8	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7	5,9	6,1	6,3	6,5	6,7
200	4,2	4,3	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1	6,3
300	3,9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
500	3,6	3,8	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,6	5,8

Taulukko 18

Kerroin β kaavassa 46

P	K 95 % + r											
	-0,15	-0,10	-0,05	0	+0,05	+0,10	+0,15	+0,20	+0,25	+0,30	+0,35	+0,40
1	19,1	15,2	12,2	9,6	7,7	6,1	4,9	3,9	3,1	2,4	1,95	1,55
2	17,1	13,6	10,8	8,7	7,0	5,6	4,5	3,6	2,8	2,3	1,83	1,46
3	15,6	12,5	10,1	8,1	6,5	5,2	4,2	3,4	2,7	2,2	1,74	1,40
5	13,6	11,0	8,9	7,2	5,8	4,7	3,8	3,1	2,5	2,0	1,61	1,30
10	10,7	8,7	7,1	5,8	4,7	3,8	3,1	2,6	2,1	1,70	1,41	1,14
20	7,6	6,3	5,2	4,3	3,6	3,0	2,5	2,0	1,69	1,40	1,16	0,96
25	6,7	5,6	4,6	3,8	3,2	2,7	2,2	1,85	1,54	1,30	1,07	0,89
30	5,9	4,9	4,1	3,5	2,9	2,4	2,0	1,70	1,42	1,20	1,00	0,84

määräistä virtaamaa. Kaavoilla 45 tai 46 saadaan kevätylivaluma määräytyksi. Valuma-alueita, joiden pinta-ala on yli 100 km², ovat edellä mainitut virtaamat käytännöllisesti katsoen yhtä suuret.

Kevätylivirtaamaa käytetään siltojen, rumpujen ja teknillisten rakenteiden mitoittamisessa. Maksimipäivän keskivirtaamaa käytetään maksimivirtausnopeuden kontrolloimiseksi vesiuomissa ja tarvittaessa myös keväisen tulva-alueen rajoittamiseksi.

Todennäköisyydeksi, millä valittu virtaama ylitetään, otetaan:

a) siltojen ja rumpujen mitoittamisessa: rautateilla 1-2 %, tärkeillä maanteilla 2-5 %, paikallisteilla 5-10 % ja talousteilla 10 %.

b) vesiuomissa virtausnopeutta kontrolloitaessa 10 %.

Kasvukauden (V...X kuukausien) maksimi valuma lasketaan

$$q_{\text{vegmax}} = \bar{q} \left[\frac{26-11,5 \log(P+1)}{(F+1)^{0,11}} \right]^{1-k_{95\%}-r^1} \quad (48)$$

eli $q_{\text{vegmax}} = \gamma \delta \bar{q}$

jossa

q_{vegmax} = kasvukauden maksimivaluma P %:n ylitystodennäköisyydellä (1/s, km²) r^1 :ssa on otettu huomioon valuma-alueen soisuuden, metsäisyyden ja kuivatuksen vaikutus ylivirtaamaan. Se lasketaan kaavasta.

$$r^1 = 0,0047 [A_{sm} + 0,65 A_r + 0,30 A_{ks} + 0,20 (B_k - A_{km})] - 0,28 \quad (50)$$

jossa

A_{sm} = kuivattamattomien mutasoiden soistuneiden mineraalimaiden ja soistuneiden metsien prosenttuaalinen määrä valuma-alueella

Ar = rahkasoiden prosenttuaalinen osuus valuma-alueella

Aks = kuivatettujen mutasoiden prosenttuaalinen osuus valuma-alueella

Akm = sama kuin kaavassa (47)

Bk = kuivilla mailla olevien metsien prosenttuaalinen osuus valuma-alueella

γ :n ja δ :n arvot otetaan taulukoista 19 ja 20. Muiden kirjainten merkitys on esitetty kaavan (47) yhteydessä. Maksimipäivän keskivirtaama saadaan samalla tavalla kuin kevätvalumien yhteydessäkin.

Pienten vesiuomien (valtaojien, ojien piiriojien) ollessa kysymyksessä voidaan kasvukauden maksimipäivän keskivirtaama laskea samoilla yksinkertaisilla kaavoilla, joita käytetään salaojakokoojia mitoitettaessa.

Kuivatuksen I tehokkuusaste $q_{vegmax} = 11,4 \bar{q}$

" II " " " = 8,1 $\bar{q}$

" III ja IV " " = 7,3 $\bar{q}$

Kasvukauden maksimipäivän keskivirtaamaa käytetään vesiuomien mittojen kontrolloimiseksi maatalousmailla, jotta välyttäisiin kasvukauden aikana tulvilta. Metsämailla määrätään mainitun virtaaman avulla vesiuomien mitat.

Todennäköisyydelle, jolla virtaama ylitetään, otetaan kuivatuksen tehokkuudesta riippuen seuraavat arvot

turvemailla ja ke-	keskinkertaisilla ja
vyillä mineraali-	raskailla mineraali-
mailla	mailla

I tehokkuusaste	7 %	17 %
II "	17 %	30 %

Taulukko 19

Kerroin $\frac{r}{F}$ kaavassa 49

F (km ²)	K 95 % + r1											
	-0,15	-0,10	-0,05	0	+0,05	+0,10	+0,15	+0,20	+0,25	+0,30	+0,35	+0,40
0,5	9,5	9,5	9,5	9,6	9,6	9,6	9,6	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
1	9,2	9,2	9,2	9,3	9,3	9,3	9,4	9,4	9,5	9,5	9,5	9,6
2	8,7	8,8	8,8	8,9	8,9	9,0	9,0	9,1	9,1	9,2	9,2	9,3
3	8,4	8,5	8,5	8,6	8,7	8,7	8,8	8,9	8,9	9,0	9,0	9,1
5	8,0	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9
10	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5
20	6,8	6,9	7,0	7,2	7,3	7,4	7,5	7,7	7,8	7,9	8,0	8,2
30	6,5	6,6	6,7	6,9	7,0	7,1	7,2	7,4	7,5	7,7	7,8	8,0
50	6,1	6,2	6,3	6,5	6,6	6,8	6,9	7,1	7,2	7,4	7,6	7,7
100	5,6	5,7	5,9	6,0	6,2	6,3	6,5	6,7	6,8	7,0	7,2	7,4
200	5,1	5,3	5,4	5,6	5,7	5,9	6,1	6,3	6,5	6,6	6,8	7,1
300	4,9	5,0	5,2	5,3	5,5	5,7	5,9	6,0	6,2	6,4	6,6	6,9
500	4,6	4,7	4,9	5,1	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6

Taulukko 20

Kerroin $\frac{r}{P}$ kaavassa 49

P (%)	K 95 % + r1											
	-0,15	-0,10	-0,05	0	+0,05	+0,10	+0,15	+0,20	+0,25	+0,30	+0,35	+0,40
2	3,2	2,8	2,4	2,05	1,77	1,51	1,30	1,12	0,97	0,83	0,71	0,61
3	3,0	2,6	2,2	1,91	1,65	1,42	1,23	1,06	0,91	0,79	0,68	0,59
5	2,6	2,3	1,97	1,70	1,48	1,28	1,11	0,97	0,84	0,73	0,63	0,55
7	2,4	2,06	1,79	1,56	1,36	1,19	1,03	0,90	0,79	0,68	0,60	0,52
10	2,1	1,83	1,60	1,40	1,23	1,08	0,95	0,83	0,73	0,63	0,56	0,49
15	1,77	1,56	1,38	1,22	1,08	0,95	0,84	0,74	0,65	0,58	0,51	0,45
17	1,67	1,48	1,31	1,16	1,02	0,91	0,80	0,71	0,63	0,56	0,49	0,44
20	1,54	1,37	1,22	1,08	0,96	0,85	0,76	0,67	0,60	0,53	0,47	0,42
25	1,37	1,22	1,09	0,97	0,87	0,77	0,69	0,62	0,55	0,49	0,44	0,39
30	1,23	1,10	0,99	0,89	0,80	0,71	0,64	0,57	0,51	0,46	0,41	0,37

Kaikissa tapauksissa on vedenpinnan jäätävä äyriäiden alapuolelle, jolloin peltomaina voidaan käyttää vain niitä maa-alueita, jotka jäävät ojan vedenpinnasta vähintään 1 m korkeammalle.

Kevätylivaluma kasvukauden maksimivaluman laskemisessa on otettava huomioon, että kuivattamisen ja muokkauksen vaikutuksesta maksimivirtaama suurenee. Sen vuoksi tulee kaavoihin (47) ja (50) sisältyvien tekijäin määrittämisperusteeksi otettava tilanne, joka muodostuu kuivatusverkon valmistumisen ja maiden muokkauksen jälkeen.

Kylvö- ja korjuuajan keskimääräinen valuma

$$g_{k.k} = K_{k.k} q \quad (51)$$

jossa $K_{k.k}$ = kerroin, joka riippuu kuivatuksen tehokkuusasteesta

I tehokkuusaste $K_{k.k} = 3,44$

II " $K_{k.k} = 2,44$

III ja IV " $K_{k.k} = 2,2$

Kylvö- ja korjuuajan keskimääräistä valuman arvoa käytetään vesiuomien mitoittamisessa viljelysmailla, jolloin edellytyksenä on, että veden pinta perusverkossa ei saisi aiheuttaa vedennousua detaljiverkossa. Jotta tämä vaatimus olisi täytetty, ei vedenpinta saa perusverkossa nousta salaojakokoojien ja yksittäissalaojien laskuaukkoja korkeammalle. Tavallisesti suunnitellaankin mainittu vedenpinta 0,15 m laskuaukkoa alemmaksi.

Mitoitettaessa perusverkon vesiuomia kylvö- ja korjuuajan keskimääräisen valuman mukaan, taataan detaljiverkon normaalin toiminta keskimääräisen virtaaman olosuhteissa koko kasvukaudella, koska kasvukauden keskimääräinen valuma on pienempi kuin kylvö- ja korjuuajan keskimääräinen valuma. Tämän vuoksi ei tarkistuslaskelmalla kasvu-

kauden keskimääräisen valuman mukaan ole käytännöllistä merkitystä.

Kesän (VI-VII) kuukausien keskimääräinen valuma:

$$q_{suv} = \left(\frac{3,30 - 1,20 K_{95\%} - 1}{P \ 0,25 - 0,25 K_{95\%}} \right) \left[1,32 - 1,58 (K_{95\%} - 0,50)^2 \right] \bar{q} \quad (52)$$

eli $q_{suv} = K_{suv} \bar{q}$

jossa q_{suv} = kesän keskimääräinen valuma P %:n ylitystodennäköisyydellä (l/s, km²)

K_{suv} = otetaan taulukosta 21

Muiden tekijäin merkitys on esitetty aikaisemmin.

Kesän keskimääräistä, 50 %:n ylitystodennäköisyyden omaavaa virtaamaa käytetään virtauksen miniminopeutta tarkistettaessa vesiuomissa sekä 25-50 % ylitystodennäköisyyden omaavaa virtaamaa vesiuomien mittojen kontrolloimiseksi metsämailla.

Taulukko 21. Kerroin K_{suv} kaavassa 53

P	K 95 %										
(%)	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
10	0,79	0,87	0,95	1,03	1,10	1,16	1,21	1,26	1,30	1,33	1,35
20	0,52	0,59	0,66	0,73	0,80	0,87	0,93	0,99	1,04	1,09	1,13
50	0,22	0,29	0,34	0,42	0,47	0,54	0,61	0,67	0,74	0,80	0,86

Esimerkki. Määrätään S.-Jaanin kaupungin läheisyydessä olevan 35 km² suuruisen valuma-alueen kevätylivaluma, kevätvaluman maksimi päiväkeskiarvo-, kasvukauden maksimi päiväkeskiarvo-, kylvö- ja korjuuajan keskiarvo- sekä kesän keskiarvo kuivatussysteemin vesiuomien mitoittamiseksi ja virtausnopeuksien kontrol-

loimiseksi. Kuivatettavia maita suunnitellaan käytettäväksi vilja-
kasvien viljelyyn (II tehokk.aste). Valuma-alue on seuraavanlainen:
metsiä 18 %, joukossa soistuneita metsiä 8 %, rahkasoita 7 %, kuiva-
tettuja sekä lähitulevaisuudessa kuivatettavia mutasoita 15 % ja sois-
tuneita mineraalimaita 20 %, kuivattamatta jääviä vesoittuneita mu-
tasoitteita 10 % valuma-alueen pinta-alasta.

Määrätään ensin kartogrammeilta (maanparannuksen käsikirja III)

$$\bar{q}_k = 8,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 \text{ ja } q_{95\%} = 1,2 \text{ l/s, km}^2$$

Koska vesoittuneista mutasoista jää kuivattamatta 10 % valuma-alueen
pinta-alasta, niin $C = 1,5 C_1 + C_2 = 1,5,0 + 10 = 10$ %. Kaavalla (44)
saadaan $\Delta \bar{q} = 0,025 \cdot 10 + 0,50 \cdot 1,2 - 1,63 = 0,78 - 0,8 \text{ l/s, km}^2$,
joten $\bar{q} = 8,5 - 0,8 = 7,7 \text{ l/s, km}^2$ (kaava 43).

Kevätylivaluman keskimääräinen arvo ($P = 10\%$) saadaan kaavalla (46),
jota varten aluksi lasketaan r kaavalla (47). Tehtävän mukaan on
 $A_s = 10\%$ $A_r = 7\%$ $A_{ks} = 15\%$ $B = 18\%$ $A_{km} = 20\%$, joten
 $r = 0,0044 \cdot 10 + 0,5 \cdot (7 + 15) + 18 + 0,27 \cdot 20 - 0,26 = -0,07$

Koska $K_{95\%} + r = \frac{1,2}{7,7} + (-0,07) = 0,09$, niin taulukoista 17 ja 18
saadaan

a) kevätylivalumaa varten $\alpha = 6,3$ ja $\beta = 4,0$ sekä

b) kevätylivaluman maksimi päiväkeskiarvoa varten $\alpha = 5,5$ ja $\beta = 4,0$

Lopuksi saadaan

$$a) q_{\text{kev.max}} = 6,3 \cdot 4,0 \cdot 7,7 = 194 \text{ l/s, km}^2$$

$$b) q_{\text{kev.max}} = 5,5 \cdot 4,0 \cdot 7,7 = 169 \text{ l/s, km}^2$$

Kasvukauden maksimi päiväkeskiarvovaluma saadaan kaavalla (49), jota
varten todetaan aluksi, että $A_{sm} = 10 + 8 = 18\%$, $A_r = 7\%$, $A_{ks} = 15\%$,
 $B_k = 18 - 8 = 10\%$ sekä lasketaan

$$r^1 = 0,0047 [18 + 0,65 \cdot 7 + 0,3 \cdot 15 + 0,20 (10 - 20)] - 0,28 = 0,16$$

Koska $K_{95\%} = \frac{1,2}{7,7} - 0,16 = 0,0$ taulukoista 19 ja 20 saadaan

($F = 100 \text{ km}^2$, $P = 30 \%$): $= 6,0$ ja $= 0,89$ ja edelleen

$$q_{\text{veg.max}} = 6,0 \cdot 0,89 \cdot 7,7 = 41 \text{ l/s, km}^2$$

Edelleen lasketaan kaavalla (51)

$$q_{\text{kk}} = 2,44 \bar{q} = 2,44 \cdot 7,7 = 18,7 \text{ l/s, km}^2 \text{ ja kaavalla (53)}$$

$$q_{\text{suv}} = 0,42 \cdot 7,7 = 3,2 \text{ l/s km}^2.$$

Järvien vaikutus virtaamaan. Järvet (samoin tekojärvet) tasoittavat virtaamia, minkä vuoksi järvien alapuolella olevissa vesiuomissa ylivirtaamat pienenevät ja alivirtaamat suurenevät. Järvien tasoittava vaikutus virtaamaan arvioidaan alivirtaaman suurenemisen perusteella. Järvivesistöissä, joissa ei ole tehty virtaamamittauksia, voidaan tasoittava vaikutus määrätä K.Hömmikun empiirisellä kaavalla

$$\Delta K_{95\%} = 1 - [2,04 (1 - w^{0,22})]^{0,62} \quad (34)$$

jossa $\Delta K_{95\%}$ = $K_{95\%}$:n muuttuminen (suureneminen) järven alivirtaamien suurentumisesta

$$\Delta w = \frac{W_r}{W_a}, \text{ jossa}$$

W_r = virtaamaa säätelevä järven tilavuus (milj.m³)

$$W_r = \frac{\Delta h}{300} (S_{\text{max}} + S_{\text{min}} + \sqrt{S_{\text{max}} \cdot S_{\text{min}}})$$

W_a = vuoden keskivaluman vaatima tilavuus (milj. m³)

$$W_a = 0,0315 \bar{q} F$$

S_{max} = järven pinta-ala kevään keskiylivirtaamaa vastaavan vedenkorkeuden aikana (ha)

S_{min} = järven pinta-ala keskialivirtaamaa vastaavan vedenkorkeuden aikana (ha)

Δh = edellä mainittujen vedenkorkeuksien ero (m)

F = valuma-alueen pinta-ala (km²)

Muiden tekijäin merkitys on sama kuin aikaisemmin.

Järven pidätyskyky (virtaamien tasaamiskyky) voidaan määrätä kaavoilla, mutta myös ehkä helpommin taulukon 22 avulla, jossa jo tunnettujen tekijäin ohella esiintyy lisäksi järven keskimääräinen pinta-ala (ha). $S_j = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}$

Taulukko 22. Järven pidätyskyvyn määrittäminen.

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

Esimerkki. Tiedetään: $F = 15,0 \text{ km}^2$

$\bar{q} = 9,5 \text{ l/s, km}^2$ $S_{\min} = 21,0 \text{ ha}$ $S_{\max} = 26,0 \text{ ha}$ $\Delta h = 1,4 \text{ m}$.

$$S_j = \frac{21,0 + 26,0}{2} = 23,5 \text{ ha}$$

$$\frac{\Delta h \cdot S_j}{F \cdot \bar{q}} = \frac{1,4 \cdot 23,5}{15,0 \cdot 9,5} = 0,232 \text{ taulukosta 22 saadaan inter-}$$

poloimalla $\Delta K_{95\%} = 0,068$, siten $K_{95\%}$ suurenee 0,068 verran.

Järvien virtaamia tasaava vaikutus alkaa merkittävästi ilmetä järvisyyden ollessa n. 1 %. Tällöin on kaikissa hydrologisissa laskelmissa suurentava $K_{95\%} \Delta K_{95\%}$:n verran lukuunottamatta niitä tapauksia, joissa $q_{95\%}$ on saatu suoranaissilla mittauksilla kyseessä olevalla vesistöalueella.

Hydrauliset laskelmat. Hydraulisten laskelmien tarkoituksena on:

1) löytää suunniteltaville vesiuomille sopivat poikkileikkausmitat (mitoitus).

2) määrätä jo olemassa olevien vesiuomien johtokyky (virtaama Q)

3) kontrolloida jo olemassa olevien ja myös suunniteltavien vesiuomien virtausnopeutta ja

4) löytää optimikaltevuus oikaisu-uomalle tai niille vesiuoman osille, joilla luonnollinen kaltevuus on joko liian suuri ja sen vuoksi uoma on vaarassa syöpyä tai se on niin pieni, että ilmeinen liettymisvaara on olemassa.

Kuivatussysteemien suunnittelussa käytetään hydraulisissa laskelmissa tavallisesti tasaisen liikkeen peruskaavaa

$$Q = wc\sqrt{Ri} \quad (55)$$

jota tarvittaessa voidaan muuntaa. Kaavassa esiintyvien tekijöiden merkitys on seuraava:

$$Q = \text{virtaama (m}^3/\text{s)}$$

$$w = \text{virtauspoikkileikkauksen pinta-ala (m}^2\text{)}$$

$$i = \text{vesiuoman pohjan kaltevuus (kaavassa ilmaistaan kaltevuus desimaalilukuna, ei prosenteissa eikä promilleissa)}$$

$$R = \text{hydraulinen säde (m)} \quad R = \frac{w}{x} \text{ jossa } x = \text{märkä piiri (m)}$$

$$C = \text{Chézy'n kerroin}$$

Uoman muodon perusteella lasketaan w, x ja R esim. seuraavista kaavoista:

a) puolisuunnikkaan muotoisessa uomassa (kuva 81 a)

$$w = (B + mh) h; \quad x = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (56)$$

jossa b = pohjan leveys (m)

h = vesisyvyys (m)

m = luiskakerroin

b) parabelin muotoisessa uomassa (kuva 81 b)

$$w = \frac{2}{3} Bh; \quad x = B \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{h}{B} \right)^2 - \frac{32}{5} \left(\frac{h}{B} \right)^4 \right] \quad (57)$$

jossa B = uoman leveys vedenpinnan kohdalla (m).

Chézy'n kerroin C määrätään tavallisesti N.N.Pavlovskin tai

I.I.Agroskinin kaavoilla.

N.N. Pavlovskin kaava:

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (58)$$

jossa n = uoman karkeusluku

y = eksponentti, joka määrätään kaavalla

$$y = 2,5 \sqrt{n} - 0,75 \sqrt{R} (\sqrt{n} - 0,1) - 0,13 \quad \text{eli likimäärin}$$

$$y = 1,5 \sqrt{n} \quad (\text{jos } R < 1,0 \text{ m}) \text{ ja } y = 1,3 \sqrt{n} \quad (\text{jos } R > 1,0 \text{ m})$$

I.I.Agroskinin kaava:

$$C = 17,72 \left(\frac{0,0564}{n} + \log R \right) \quad (59)$$

Uoman karkeusluvun likimääräiset arvot saadaan maanparannuksen käsikirjoissa olevista taulukoista. Esimerkkinä mainittakoon taulukko 23, joka on esitetty alkuperäistä typistetyimmässä muodossa.

Taulukko 23. Uoman karkeusluku

Uoman laatu	Karkeusluvun likimääräinen suuruus
1. Tekouomat:	
Suuret kanavat (virtaama yli 25 m ³ /s)	0,025 ... 0,0275
Keskisuuret " (virtaama 1...25 m ³ /s)	0,030 ... 0,0325
Pienet " (virtaama alle 1 m ³ /s)	0,035 ... 0,040
2. Puhdas, pysyväluiskainen, suora joki	0,025 ... 0,033
3. Samanlainen joki, mutta kivinen	0,030 ... 0,040
4. Puhdas, mutkitteleva joki	0,033 ... 0,045
5. Samanlainen kuten edellinen, mutta ruohottunut ja kivinen	0,035 ... 0,050
6. Kiviverhous	0,020 ... 0,025
7. Turveverhous	0,030 ... 0,035

Huomautus: Uusien vesiuomien suunnittelussa otetaan vahvistamattomissa uomissa karkeusluvuksi tavallisesti 0,030.

Avoimien vesiuomien poikkileikkaus valitaan tavallisesti puolisuunnikkaan muotoiseksi. Syvissä (yli 2,5 m) uomissa, epästabiileissa maalajeissa, kuten hyvin maatuneissa turpeissa (maatumisaste yli 50 %), hiekassa, savihiekassa, mudassa tai hiedassa sekä plastisessa savessa, on tarpeen käyttää parabelin muotoista poikkileikkausta, koska se on pysyvämpi kuin puolisuunnikkaan muotoinen. Eräät maalajit (esim. hiekka, jonka vesipitoisuus on suuri) on hyvin epästabiileja. Tällöin luiska saadaan riittävän stabiiliksi vain luiskaa vahvistamalla.

Luiskan jyrkkyyden ilmaisijana on luiskakerroin m (puolisuunnikkaan muotoisessa poikkileikkauksessa) ja parametri p (paraabelin muotoisessa poikkileikkauksessa, p tulee paraabelin kaavasta $y^2 = 2px$). Mitä pysyvämpää maaperä on, sitä jyrkemäksi voidaan

luiska suunnitella s.o. sitä pienempiä luiskakerroin (m) tai parametri (p) voivat olla. Saman johtokyvyn omaavilla vesiuomilla on poikkileikkaus ja siitä johtuen myös kaivumassat sitä pienemmät mitä jyrkemmät luiskat ovat. Toisaalta liian jyrkkä luiska on epästabiili ja sen vyöryminen aiheuttaa häiriöitä vesiuoman toiminnassa, jolloin uoman kunnossapitokustannukset tulevat suuriksi.

Luiskan pysyvyys ei riipu ainoastaan maaperän ominaisuuksista, vaan myös uoman syvyydestä, s.o. luiskan korkeudesta. Maakerrokse luiskan alaosassa ovat ylempien kerrosten paineen alaisina. Mitä korkeampi on luiska sitä suuremman paineen ylemmät kerrokset kohdistavat alempiin ja sitä helpommin epästabiilit maakerrokset luiskan alaosassa saattavat paineen vaikutuksesta valua ojaan, jolloin luiska alkaa vyöryä. Tämän vuoksi onkin epästabiileissa maalajeissa luiskan oltava syvissä vesiuomissa loivempi kuin matalissa.

Paraabelin muotoinen poikkileikkaus vastaakin näitä vaatimuksia melko hyvin, sillä luiska loivenee jatkuvasti ylhäältä alaspäin. Sen vuoksi suositellaankin suurissa uomissa käytettäväksi paraabelinmuotoista poikkileikkausta. Myös silloin, kun luiskan reunalla kulkee tie, on luiska tehtävä tavallista loivemmaksi, koska liikenne suurentaa painetta luiskan alueella.

Luiskakertoimen m ja parametrin p suuntaa-antavat arvot maalajin, sen ominaisuuksien ja vesiuoman syvyyden perusteella on esitetty käsikirjoissa.

Taulukossa 24 on esitetty luiskakertoimet eräiden maalajien osalta.

Vesiuomaa mitoitettaessa on lähtösuureina virtaama Q, vesiuoman kaltevuus i, luiskakerroin m tai parametri p, uoman karkeusluku n.

Mainittujen suureiden perusteella määrätään pohjaleveys b sekä vesisyvyys h . Jälkimmäisen avulla saadaan lopuksi myös vesiuoman syvyys H , kun tiedetään, kuinka paljon vedenpinnan on oltava äyrään alapuolella.

Puolisuunnikkaan muotoisilla uomilla tehtävän ratkaisu on kahdesta edellä mainitusta tapauksesta mutkikkain, koska etsittäviä, toisistaan riippumattomia suureita on kaksi, mutta laskukaavoja vain yksi. Tehtävä ratkaistaan käytännössä siten, että toinen etsittäviistä (tavallisesti pohjan leveys b) määrätään ja toinen tuntematon lasketaan kaavalla (vesisyvyys h). Myös voidaan edeltäksin määrätä b :n ja h :n suhde.

Kirjallisuudessa ratkaistaan mainittu tehtävä iteraatiomenetelmällä, joka perustuu siihen, että etsittävä suure esim. h arvataan ja sen jälkeen tarkistetaan arvaus tasaisen liikkeen peruskaavalla (kaava 55).

Monen (tavallisesti 3...4) kokeilun jälkeen saadaankin tyydyttävä tulos.

Helpompi analyttinen ratkaisu on seuraava:

Tasaisen liikkeen peruskaavasta johdetulla kaavalla

$$h r = 2 \frac{2,5+y}{\sqrt{\sigma V_1}} \sqrt{\frac{Q_n}{V_1}} \quad (60)$$

lasketaan hydraulisesti edullisinta poikkileikkausta vastaava vesisyvyys. Sen jälkeen saadaan tiettyä pohjaleveyttä vastaava vesisyvyys siten, että kerrotaan $h r$ kertoimella Ψh , joka saadaan taulukosta 25 suhteen $h r/p$ perusteella.

$$h = \Psi h \quad h r$$

(61)

Taulukko 24.

Kerroyn ψh kaavassa 61

Suhde	$\frac{hr}{b}$ jos $m =$							ψh
1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	3,0	
0,31	0,29	0,27						0,54
0,33	0,31	0,29						0,56
0,35	0,34	0,32	0,30					0,58
0,37	0,36	0,35	0,32	0,30	0,29			0,60
0,39	0,38	0,37	0,35	0,32	0,31			0,62
0,41	0,41	0,40	0,37	0,35	0,33			0,64
0,43	0,43	0,43	0,40	0,38	0,36	0,34		0,66
0,46	0,46	0,46	0,42	0,41	0,39	0,37		0,68
0,48	0,49	0,49	0,45	0,44	0,42	0,40	0,36	0,70
0,50	0,52	0,52	0,48	0,47	0,45	0,44	0,39	0,72
0,53	0,55	0,56	0,52	0,51	0,48	0,48	0,42	0,74
0,56	0,59	0,60	0,56	0,55	0,52	0,52	0,46	0,76
0,59	0,63	0,64	0,61	0,60	0,57	0,56	0,50	0,78
0,63	0,67	0,69	0,66	0,65	0,63	0,60	0,54	0,80
0,67	0,71	0,74	0,72	0,71	0,69	0,66	0,60	0,82
0,71	0,76	0,80	0,78	0,78	0,76	0,73	0,68	0,84
0,75	0,82	0,86	0,85	0,86	0,84	0,81	0,78	0,86
0,80	0,88	0,93	0,94	0,95	0,93	0,91	0,89	0,88
0,85	0,95	1,01	1,04	1,05	1,04	1,03	1,02	0,90
0,91	1,02	1,10	1,15	1,17	1,18	1,19	1,20	0,92
0,97	1,10	1,20	1,28	1,32	1,36	1,40	1,45	0,94
1,04	1,19	1,32	1,43	1,51	1,61	1,69	1,80	0,96
1,12	1,30	1,47	1,62	1,76	1,95	2,08	2,32	0,98
1,21	1,42	1,65	1,88	2,12	2,36	2,60	3,08	1,00
1,30	1,56	1,90	2,30	2,65	3,15	3,55	5,10	1,02
1,39	1,73	2,19	2,80	3,54	4,30	5,20		1,04
1,49	1,92	2,54	3,40					1,06
1,60	2,13	2,99						1,08
1,72	2,38							1,10
1,85	2,85							1,12

Kaavassa 60 esiintyvä tekijä $\delta = 4 (2 \sqrt{1 + m^2} - m)$ saadaan taulukosta 26.

Taulukko 25. Luiskakerroin m puolisuunnikkaan muotoisessa poikki-leikkauksessa ojasyvyyksillä 1,5 ... 2,0 m.

Maalaji	Luiskakerroin m
1. Turve maatumisaste 35 % turvelajista riippuen	0,5 ... 1,25
2. Turve " 35...50 % "	0,75... 1,5
3. Turve " 50 % "	1 ... 1,75
4. Savi ja keskiraskas sekä raskas hiekkasavi	1,25... 1,5
5. Kevyt hiekkasavi	1,5 ... 1,75
6. Savihiekka ja karkea hiekka	1,5 ... 2
7. Keskinertainen hiakka	1,75... 2
8. Hieno hiekka	2 ... 2,5

Taulukko 26. Kerroin δ kaavassa 60

m	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	3
δ	7,31	7,81	8,42	9,13	9,89	10,70	11,54	13,30

EkspONENTTI y samassa kaavassa riippuu juurrettavan suuruudesta seuraavasti:

- 1) jos juurrettava on $< 0,5$ niin $y = 1,5 \sqrt{n}$
- 2) " " 0,5-3,0 " $y = 1,4 \sqrt{n}$
- 3) " " $> 3,0$ " $y = 1,3 \sqrt{n}$

Esimerkki: Määrättävä h, kun tunnetaan $Q = 20,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $b = 5,0 \text{ m}$,
 $n = 1,5$, $n = 0,030$, $i = 1,0 \%$

Ratkaisu: Taulukosta 26 saadaan m:n mukaan $\delta = 8,42$, sijoittamalla
 arvot kaavaan (60) saadaan:

$$hr = 2 \sqrt[2,5+y]{\frac{20,5 \cdot 0,03}{8,42 \cdot 0,001}} = 2 \sqrt[2,5+y]{2,32}$$

Koska juurrettava (2,32) on välillä 0,5...3,0 on $y = 1,4 \sqrt[n]{n} = 1,4 \sqrt[0,030]{0,030} = 0,243$.

Tehtävän ratkaisu jatkuu seuraavasti:

$hr = 2 \sqrt[2,743]{2,32}$; hr :n arvo voidaan laskea joko logaritmeilla tai ottaa se valmiista taulukosta (Maanparannuksen käsikirja I, Tallinna 1962, sivu 172) (Maanparanduse käsiraama I Tallinn 1962 siva 172) $hr = 2,72$. Koska suhde $\frac{hr}{b} = \frac{2,72}{5,0} = 0,54$, niin taulukosta 25 saadaan $h = 0,73$ ja sen avulla lopulta $h = \gamma_h \cdot hr = 0,73 \cdot 2,72 = 1,99 \text{ m}$.

Huomattavasti helpommin kuin analyttisesti voidaan hydraulikan tehtäviä ratkaista nomogrammin avulla, joita erikoiskirjallisuudessa on runsaasti. Täydellisimpänä eestin kielisenä nomogrammikokoelmana on pidettävä kirjaa: Maanparannuksen käsikirja III Tallinna 1960. Kirjassa olevien nomogrammien avulla pystytään ratkaisemaan käytännöllisesti katsoen kaikki maanparannuksen suunnitteluun liittyvät tehtävät. Nomogrammeilla saavutettavaa tarkkuutta voidaan pitää riittävänä.

Kun on saatu selville pohjaleveys ja vesisyvyys, saadaan myös, vesiuoman syvyys, jos vesisyvyyteen lisätään suunnitteluedellytyksien määräämä vedenpinnan ja maanpinnan korkeusero.

Uoman mitoituksessa on otettava huomioon, että samalla virtaaman arvolla voidaan pohjaleveyttä ja vesisyvyyttä muuttella laajoissa rajoissa, jolloin myöskin kaivumassojen määrät muuttuvat. Kaivumassat ovat minimissään hydraulisesti edullisimmalla poikkeileikkauksella. Jos poikkeama hydraulisesti edullisimmasta poikkeileikkauksesta on suuri, suurenee myös kaivumassojen määrä huomattavasti.

Hydraulisesti edullisimmalle poikkileikkaukselle on luonteenomaista suhteellisen pieni pohjaleveys ja suuri vesisyvyys, mikä kaivutöiden kannalta on epäkäytännöllinen. Lisäksi suuri vesisyvyys vähentää luiskien stabiilisuutta. Kohtuullinen pohjaleveyden suurentaminen, jolloin vesisyvyys vastaavasti pienenee, on sen vuoksi tarpeellista koituksenmukaista (pohjaleveys voidaan suurentaa 2-3 kertaiseksi hydraulisesti edullisimmasta pohjaleveydestä).

Vesiuomien vedenjohtokyvyn kontrolloiminen suoritetaan tasaisen liikkeen peruskaavalla (Kerava 55), jota varten lähtösuureiden b , h , m ja n avulla lasketaan w , R ja C . Myös tämä tehtävä voidaan suorittaa helpommin nomogrammien avulla kuin analyttisesti laskemalla.

Virtausnopeuden tarkistamisella pyritään selvittämään, että yliveden aikana esiintyvä virtausnopeus ei aiheuta uoman syöpymistä ja ettei päinvastoin matalan veden aikana esiinny lietteen ja vesikasvuston aiheuttamaa uoman tukkeutumisvaaraa.

Virtausnopeus ei saa ylittää kyseessä olevalle maalajille sallitua maksiminopeutta eikä myöskään jäädä sallitun miniminopeuden alapuolelle.

Uoman liettymisvaaran välttämiseksi tulisi virtausnopeuden olla matalan veden aikana vähintään 0,20 m/s. Vesikasvuston kasvu hidastuu merkittävästi, kun virtausnopeus on 0,50 m/s tai suurempi.

Maksimivirtausnopeus, minkä uoma kestää ilman syöpymisvaaraa, on tarkkaan määrättävissä vain kokeellisesti. Sen likimääräiseksi arvioimiseksi voidaan käyttää kirjallisuudessa olevia taulukoita, joista eräs on esitetty taulukossa 27.

Taulukko 27. Sallittu maksimivirtaus.

Nopeus (jos $R = 1 \text{ m}$) (Jos $R \neq 1,0$, kerrotaan taulukosta saadut arvot $\sqrt[3]{R}$:llä).

Maalaji	Sallittu maksiminopeus
Hieta	0,15 ... 0,3
Hieno hiekka	0,35 ... 0,45
Karkea hiekka	0,6 ... 0,8
Kevyt hiekkasavi	0,5 ... 0,9
Keskiraskas hiekkasavi	0,6 ... 1,0
Raskas hiekkasavi	0,7 ... 1,2
Savi	0,7 ... 1,2
Puuturve	0,4
Sara- ruskosammalturve, hyvin maatunut	0,6
" , huonosti maatunut	0,9
Sphagnumturve, vähän maatunut	1,2 ... 1,5
" , maatunut	0,7
Turveverhous, lappeellaan	0,8 ... 1,2
Turveverhous, seinänä	1,8
Yksinkertainen kiviverhous	2,5 ... 3,0
Risupunos	2,0
Betoniverhous	8,0

Virtausnopeus suurenee vesisyvyyden kasvaessa. Nopeus kasvaa siihen saakka kunnes vesi on noussut äyräiden tasolle. Veden korkeuden edelleen noustessa nopeus ei enää kasva, vaan jossain määrin vähenee. Jos virtausnopeutta tarkistettaessa ilmenee, että vedenpinta ylittää äyrään korkeuden, on virtausnopeus tällöin laskettava siten, että uoma toimii koko poikkileikkauksellaan.

Jos virtausnopeus ylittää sallitun rajan on vähennettävä kaltevuutta sijoittamalla välille tarpeen mukaan putousportaita tai tekokoskia, vahvistettava uomaa tai muutettava uoman poikkileikkauksen muotoa siten, että hydraulinen säde pienenee, jolloin myös virtausnopeus pienenee.

Vesiuomien suunnittelussa pyritään nopeus saamaan yhtä suureksi koko matkalla tai vielä parempi, jos nopeus suurenee alaspäin mentäessä. Nopeuden pieneneminen alaspäin mentäessä ei ole toivottavaa, koska lietteen laskeutuminen tällöin lisääntyy. Lisääntyvä lietteen määrä lisää puolestaan uoman kunnossapitokustannuksia, sillä uoma joudutaan usein puhdistamaan lietteestä.

Optimikaltevuuden määrittäminen uoman oikaisussa tai putousportaiden ja tekokoskien välisillä osilla voidaan suorittaa Chézy'n muunnetulla kaavalla

$$i = \frac{V^2}{C^2 R} = \frac{(Vn)^2}{R^{1+2y}} \quad (b2)$$

jossa V = optiminopeus vesiuomassa (m/s)

R = hydraulinen säde (vastaa hydraulisesti edullisinta

poikkileikkausta), joka määrätään kaavalla $R = \sqrt{\frac{Q}{\delta \cdot v}}$ (b3)

Toisten suureiden merkitys on esitetty aikaisemmin.

Parabelin muotoisen poikkileikkauksen omaavien uomien kaivaminen on vastaaviin puolisuunnikkaan muotoisiin verrattuna hankalaa (poikkileikkaus on käyräviivainen), mutta hydrauliset laskelmat ovat puolestaan paraabelin tapauksessa helpommat kuin puolisuunnikkaan tapauksessa, koska poikkileikkauslementtejä on vähemmän. Hydraulisia laskelmia voidaan poikkileikkaukseltaan paraabelinmuotoisessa

uomassa suorittaa helposti taulukkojen avulla, joita on käsikirjoissa. Esimerkki käsikirjoissa olevista taulukoista on esitetty taulukossa 28.

Taulukko 28. Hydrauliset laskelmat poikkileikkaukseltaan parabelin muotoisessa uomassa. Parametri $p = 10$.

h (m)	b (m)	w (m ²)	x (m)	K (m ² /s)		
				n = 0,025	n = 0,030	n = 0,035
1,50	10,95	10,95	11,48	423,3	352,2	301,6
1,51	99	11,06	52	429,5	357,5	306,1
1,52	11,03	17	56	435,8	362,8	310,7
1,53	07	29	61	442,1	368,2	315,3
1,54	11	40	65	448,5	373,6	320,0
1,55	14	51	70	445,0	379,0	324,7
1,56	17	62	74	461,5	384,5	329,4
1,57	20	73	78	468,0	390,0	334,1
1,58	24	84	82	474,5	395,5	338,9
1,59	27	96	86	481,0	401,0	343,7
1,60	11,31	12,09	11,90	487,6	406,5	348,6

Esimerkki: Tiedetään, että $Q = 12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ $i = 0,8 \text{ ‰}$ $p = 10$ $n = 0,025$. Laske vesisyvyys h , virtausleveys B sekä virtausnopeus V .

Ratkaisu: Lasketaan virtaaman tunnusluku $K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{12,5}{0,0008} = 440 \text{ m}^3/\text{s}$. Etsitään karkeusarvoa $n = 0,025$ vastaavan K -sarakkeen rivi, jossa K -arvo on lähimpänä laskettua K -arvoa. Sieltä saadaan $442,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Samalta riviltä luetaan $h = 1,53 \text{ m}$ $B = 11,07 \text{ m}$, jotka ovatkin etsittävät suureet. Virtausnopeuden v saamiseksi luetaan samalta riviltä myös $w = 11,29 \text{ m}^2$ ja lasketaan $V = \frac{Q}{w} = \frac{12,5}{11,29} = 1,11 \text{ m/s}$. Jos parametri $p \neq 10$ (vaihtelee tavallisesti 6 ... 15) rajoissa) tulee laskelmaan liittää vastaavat kertoimet (α , β ja δ).

Vesiuomien yhdistäminen vertikaalitasossa

Kun vesiuoma laskee toiseen uomaan on uomat liitettävä keskenään vertikaalitasossa siten, että vastaanottava vesiuoma ei aiheuttaisi laskevassa vedennousua, toisin sanoen ei häittäisi veden vapaata virtausta. Saman vaatimuksen on oltava täytetty myös saman vesiuoman yksittäisten osien yhdistämisessä. Jos otetaan huomioon edellä mainittu vaatimus, pitäisi uomien liittäminen toisiinta tapahtua seuraavasti:

Valtaojan, jonka valuma-alue on pienempi kuin 2 km^2 , pohjan on oltava laskevan kuivatusojan pohjaa 0 ... 0,2 m sekä laskevan kokoojan pohjaa 0,3 lll 0,4 m alempana (kuva 82 a, b). Samanlainen korkeusero on oltava myös eriasteisia valtaojia yhdistettäessä. Yhtyvien vesiuomien pohjien korkeuseron on oltava sitä suurempi, mitä suurempi ero on niiden valuma-alueiden pinta-aloissa.

Pienen valuma-alueen (2 km^2) omaavien valtaojien laskiessa pääojaan, on suositeltavaa suunnitella uomien yhdistäminen siten, että valtaojan pohja yhtyy pääojan kasvukaudenaikaiseen keskivedenpintaan (kuva 82 c).

Siinä tapauksessa, että valtaojan mitat määrätään hydraulisin laskelmin, on kylvö- ja korjausajan keskivedenpinnan oltava hieman (0,15 m) laskevan kokoojan pohjaa alempana (kuva 82 d). Kun valtaoja laskee pääojaan tai pääoja purkuvesistöön tehdään yhtymäkohtaan myös n. 0,15 m:n suuruinen putous (kuva 82 e).

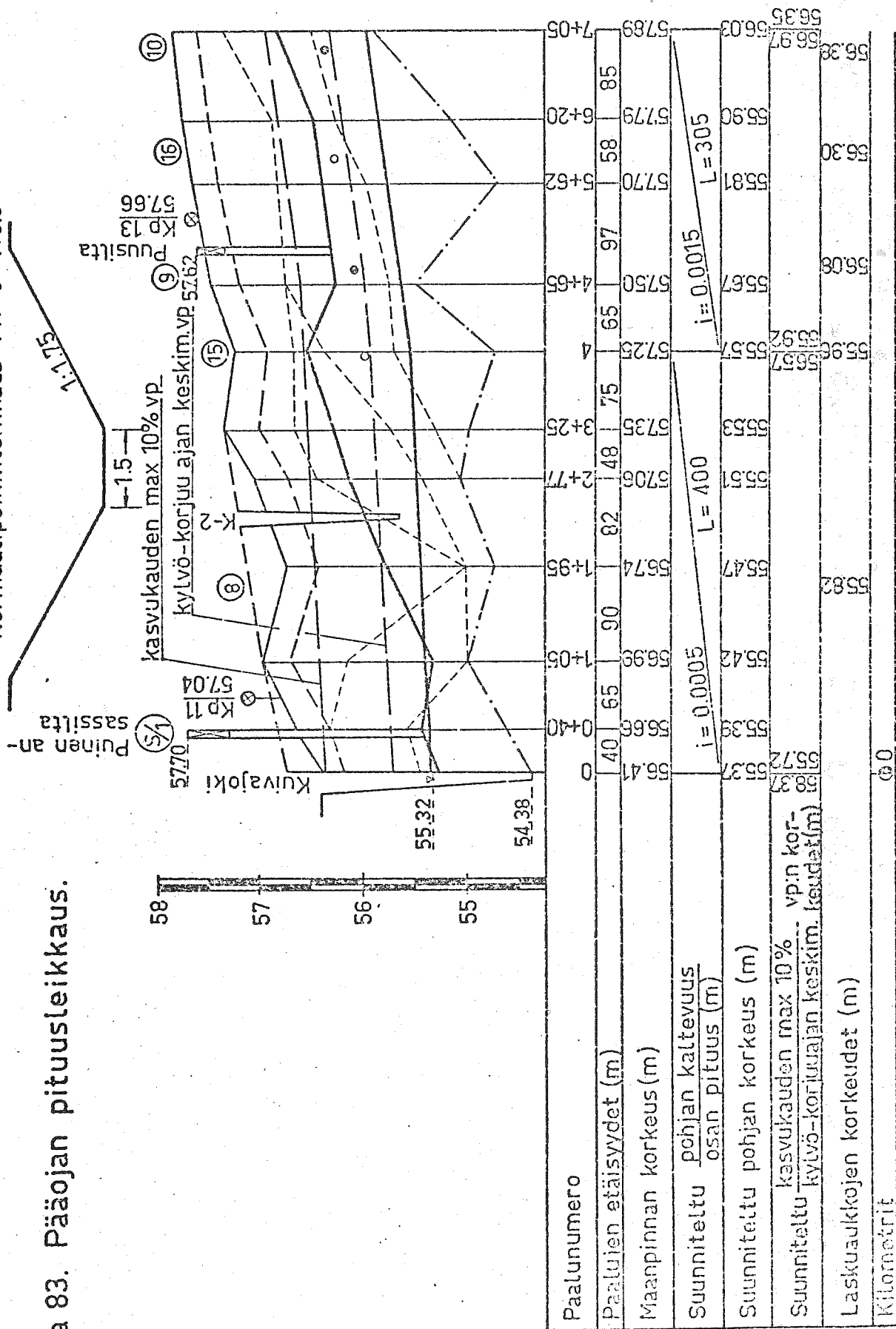
Vesiuomien pituusleikkaus

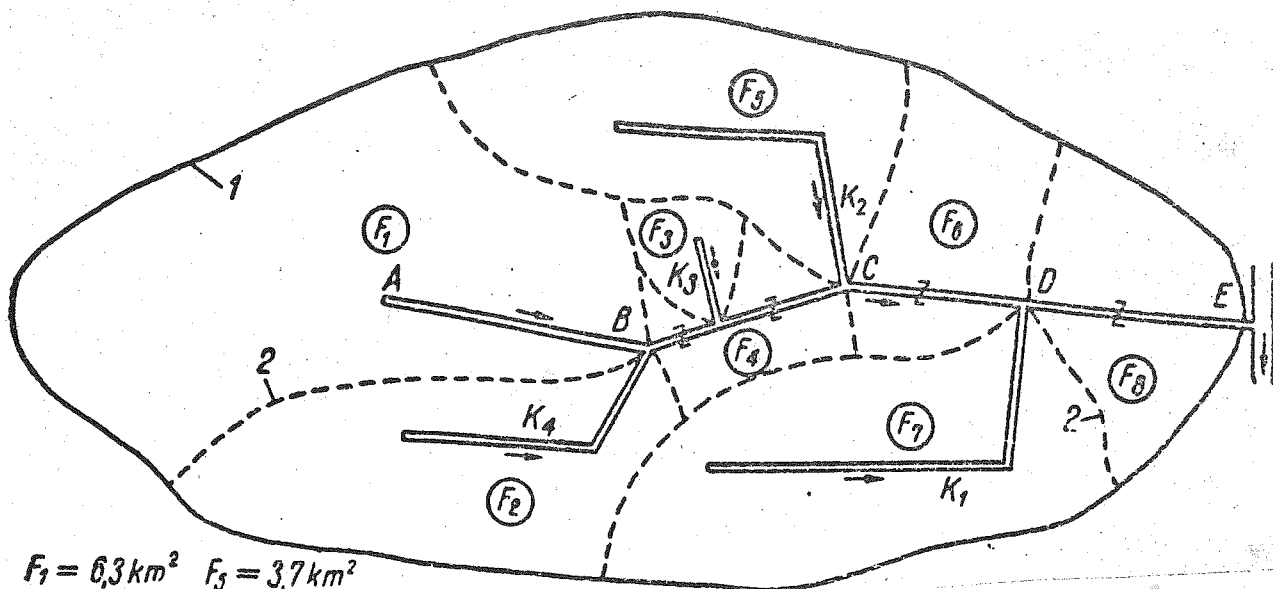
Kuivatussuunnitelman tärkeimpiä piirroksia ovat vesiuomien pituusleikkaukset. Pituusleikkaus antaa yleiskuvan korkeussuhteista, vesiuoman syvyydestä ja kaltevuudesta sekä maaperän rakenteesta ve-

vesiuoman kohdalla. Pituusprofiili tehdään sen jälkeen, kun vesiuoma on mitoitettu, sillä mitoitus määrää ojan syvyyden ja kaltevuuden. Pituusleikkaus laaditaan tavallisesti pituusmittakaavaan 1:5000 ja pystymittakaavaan 1:50 ja se muodostuu ylemmästä graafisesta osasta ja alemmasta taulukko-osasta (kuva 83). Aluksi sijoitetaan valmistelevana työnä pituusleikkauksen taulukko-osaan paalujen numerot ja etäisyydet, maanpinnan (paalujen) korkeudet, kaikkien laskevien jo aikaisemmin mitoitettujen avouomien ja salaojastojen sekä yksittäissalaojien pohjan korkeusarvot ja paalunumero. Edellä mainittujen tietojen perusteella piirretään graafiseen osaan maanpintaa osoittava viiva (turvemailla myös otaksuttu maanpinta painumien jälkeen), maakerrosten rajaviivat vesiuoman kohdalla, tulevat vedenkorkeudet sekä sillat ja rummut. Mikäli tulevan uoman paikalla on ennestään uoma, merkitään pituusleikkaukseen lisäksi vanhan uoman pohjan korkeus ja siihen laskevien ojien paalunumerot.

Pituusleikkaus piirretään tavallisesti siten, että virtaussuunta (kaltevuus) on oikealta vasemmalle, jolloin paalutus alkaa vesiuoman laskukohdasta. Pituusleikkauksen alkuun piirretään korkeusmittakaava. Valmistelutöiden jälkeen seuraa vesiuoman mitoitus tasetasausviivan piirtämisen yhteydessä. Ensin merkitään pituusleikkaukseen kaikkien laskevien vesiuomien kohdalle mitoitusvedenpinta, s.o. vedenpinta, joka peltomailla vastaa kylvö- ja korjuuajan virtaamaa. Mikäli mitoitus suoritetaan tiettyjen minimivaatimusten mukaan, määrätään mainitut pisteet likimääräisesti. Yhdistämällä suoralla pisteet, jotka merkitsevät mitoitus tasoa jokaisen laskevan vesiuoman kohdalla, saadaan pituusleikkaukseen ns. määrävä vedenpinta. Se muodostaa rajan, jota korkeammalla ei kylvö- ja korjuu-aikainen vedenpinta saa olla.

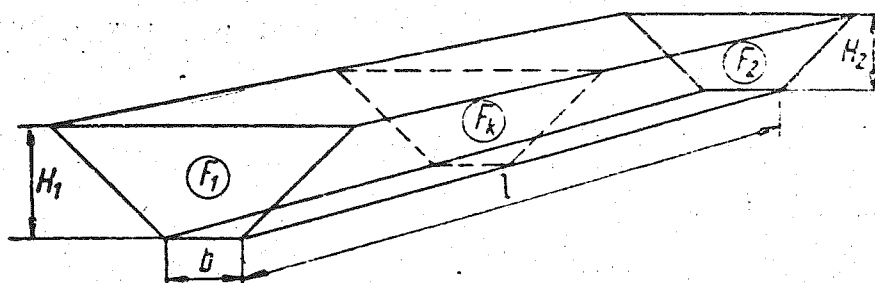
Normaalipoikkeilu PN $\leq$ 0 7+0.5



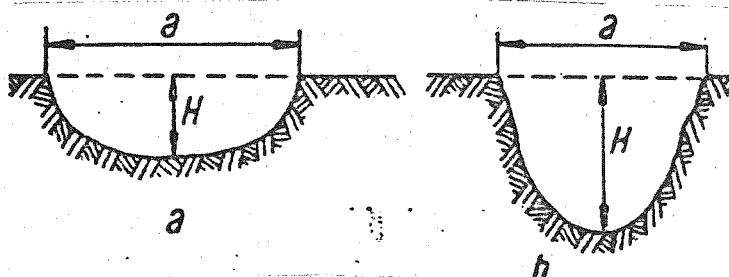


$$\begin{aligned}
 F_1 &= 6,3 \text{ km}^2 & F_3 &= 3,7 \text{ km}^2 \\
 F_2 &= 3,0 & F_6 &= 2,2 \\
 F_3 &= 0,6 & F_7 &= 4,1 \\
 F_4 &= 1,0 & F_8 &= 2,9 \\
 \hline
 \text{Kokku } F &= 23,8 \text{ km}^2
 \end{aligned}$$

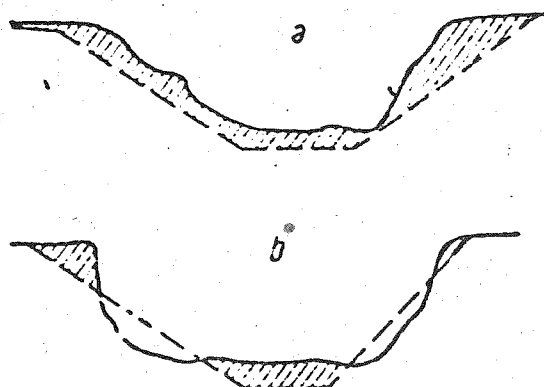
Kuva 84. Pääojan valuma-alueen ja ala-alueiden kaavio: 1-valuma-alueen vedenjakaja; 2- ala-alueen vedenjakaja; ABCD- pääoja; K₁-K₄ - valtaojat; F₁ - F₈- ala-alueiden pinta-ala.



Kuva 85. Poikkileikkaukseltaan puolisuunnikkaan muotoinen oja



Kuva 86. a) ellipsin muotoinen ja b) parabelin muotoinen poikkileikkaus



Kuva 87. Vanhan ojan syventäminen: a- uusi poikkileikkaus peittää vanhan täydellisesti, b- uusi poikkileikkaus peittää vanhan vain osittain.

Määräävä vedenpinta muodostetaan suurin piirtein maanpinnan suuntaiseksi sekä mahdollisuuksien mukaan samaan kaltevuuteen. Mainitun viivan kaltevuus otetaan lähtökohdaksi varsinaisessa mitoittamisessa. Kuivatussysteemien suunnittelun teknilliset edellytykset vaativat, että pääojan kaltevuus olisi vähintään 0,2 ‰.

Jos vesiuoma mitoitetaan hydraulisin laskelmin, se jaetaan laskelmia varten osiin siten, että jokaisella osalla olisi mahdollista käyttää tasaisen liikkeen kaavoja, toisin sanoen, jokaisella osalla pitäisi pysyä muuttumattomana uoman kaltevuus, uoman poikkileikkauksen muoto (luiskakerroin m ja parametri p). Lisäksi virtaaman muuttuminen tietyllä osalla ei saisi olla 10 ... 20 % suurempi. Jokaisen uomanosan alapäässä määrätään valuma-alue F (km^2) kartan perusteella sekä virtaamat hydrologisin laskelmin (kaava 42).

Kuvassa 84 on esitetty pääojan valuma-alue ja sen jako ala-alueisiin. Pääojalle on suunniteltu 4 laskuväliä, AB, BC, CD ja DE. Näiden laskuvälien valuma-alueen pinta-alat, joiden perusteella vesiuoma mitoitetaan, ovat kartalla esitettyjen tietojen mukaan seuraavat:

AB = 6,3 km^2 (ala-alue F_1), BC = 10,9 km^2 (ala-alueet $F_1 \dots F_4$)
 CD = 16,8 km^2 (ala-alueet $F_1 \dots F_6$) ja DE = 23,8 km^2 (ala-alueet $F_1 \dots F_8$). Mitoituksessa määrätään b ja h jokaisella laskuvälillä. Tällöin on pyrittävä b :tä muuttamalla siihen, että vesisyvyydet kaikilla osilla olisivat likimain yhtäsuuret. Yleensä pitäisi vesisyvyyden vähitellen pienetä ylöspäin mentäessä.

Kun pituusleikkaukseen sijoitetaan hahmotellusta määräävästä vedenpinnasta alaspäin laskelmien tuloksena saadut vesisyvyydet h , saa-

daan vesiuoman pohjaviiva. Pohjaviivaa lopullisesti määrättäessä on tarkistettava, että laskuvälien rajakohtiin ei muodostu portaita. Kun pohjan korkeus on tarkoin määrätty, suoritetaan täsmälliset hydrauliset laskelmat ja tuleva vedenpinta piirretään pituusleikkaukseen. Sen jälkeen piirretään pituusleikkaukseen pohjaviiva ja vesisyvyyksien perusteella myös kasvukauden maksimivedenpinta. Kasvukaudella virtaaman on pysyttävä uomassa. Mikäli näin ei tapahdu, on vesiuoman mittoja suurennettava.

Jotta pituusleikkauksesta saataisiin käsitys myös vesiuoman poikkileikkauksen muodosta, piirretään jokaisen uoman osan kohdalle pituusleikkauksen yläosaan poikkileikkauksen normaalipiirustus (tavallisesti mittakaavaan 1:100).

Pääojan suunnittelussa on huolehdittava siitä, että sen pohja ei jää laskukohdassa purkuvesistön pohjaa alemmaksi. Jos näin käy, on pääojan suunnitelmaa muutettava joko pohjanleveyttä suurentamalla, jolloin vesisyvyys pienenee (pohjaviivaa voidaan nostaa) tai pääojan alimman osan kaltevuutta pienentämällä. Jälkimmäistä keinoa käytettäessä tulee tavallisesti pääojan alimman osan varressa osa maista puutteellisesti kuivatetuiksi. Mainittu tilanne voidaan välttää vain purkuvesistön järjestelyllä.

Mikäli vesiuoman kaltevuus on suuri, on putousportaiden ja tekokoskien sijoituspaikat valittava siten, että vesiuomien kaivukustannukset muodostuvat minimaalisiksi. Ne sijoitetaan tavallisesti varikotäisyyksin, mikäli kaltevuus koko matkalla on likimain muuttumaton. On suositeltavaa käyttää pieniä putousportaita (0,4 ... 0,5 m). Tällöin niiden rakenne muodostuu yksinkertaiseksi ja kustannukset myös pieniksi.

Putousportaiden kokonaisputous saadaan kaavalla

$$\sum h_{ast} = \Delta h - i \cdot i_{opt} \cdot l \quad (64)$$

jolloin yksittäisen portaan putouksen h_{ast} perusteella saadaan putousportaiden lukumääräksi

$$n = \frac{\sum h_{ast}}{h_{ast}}$$

Näissä kaavoissa on

Δh = vesiuoman osan putous (m), jolla putousportaot ovat tarpeelliset

l = uoman osan pituus (m)

i_{opt} = uoman osan optimikaltevuus, jolloin uoman syöpyminen, liettyminen ja ruohottuminen on vältetty. i_{opt} määrätään kaavalla (62).

4. Kaivumassojen ja materiaalitarpeen laskeminen

Kaivumassojen laskemiseksi käytetään tavallisesti särmiön tilavuuden kaavoja (kuva 85).

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot l \quad (66)$$

$$\text{ja } V = F_k \cdot l \quad (67)$$

jossa V = kaivumassojen tilavuus laskettavalla osalla (m^3)

F_1 ja F_2 = poikkileikkauspinta-alat laskettavan osan päissä (m^2)

F_k = keskimääräinen poikkileikkauspinta-ala (m^2)

l = laskettavan osan pituus (m)

Edellistä kaavaa voidaan käyttää siinä tapauksessa, että ojan syvyys tunnetaan jokaisen paalun kohdalla. Jälkimmäistä kaavaa voidaan käyttää puolestaan silloin, kun massat määrätään ojan keski-

syvyyden perusteella.

Kaavat (66) ja (67) ovat likimääräisiä. Kaava (66) antaa todellista suuremman, kaava (67) taas todellista pienemmän tuloksen.

Kaavalla (67) saatu tulos on lähempänä todellista arvoa. Virhe on sitä suurempi mitä suurempi on vesiuoman päiden korkeusero

(ΔH) ja mitä loivemmat ovat luiskat. Mikäli H on pienempi kuin 0,3 m, on virhe niin pieni että se voidaan jättää huomioimatta.

Jos kaivumassojen tilavuus määrätään täsmällisesti, on kaavoja

(66) ja (67) käytettäessä korjattava keskimääräistä poikkileik-

kauspinta-alaa korjaustermiin ΔF verran. Kaavaa (66) varten on kor-

jaustermi puolisuunnikkaan muotoiselle poikkileikkaukselle

$$\Delta F = \frac{m (\Delta H)^2}{6} \quad (68)$$

Korjaustermi on vähennettävä poikkileikkauksen keskimääräisestä

pinta-alasta $\frac{F_1 + F_2}{2}$

Kaavaa (67) varten on korjaustermi absoluuttiarvoltaan 2 kertaa

pienempi ja se on lisättävä keskimääräiseen poikkileikkauspinta-

alaan F_k .

Kaavassa (68) on:

ΔH = vesiuoman osan päiden korkeusero (m)

m = luiskakerroin

Vesiuoman poikkileikkauksen pinta-ala lasketaan seuraavilla kaavoilla:

Puolisuunnikkaanmuotoinen poikkileikkaus

$$F = (b + mH) \cdot H \quad (69)$$

jossa F = vesiuoman poikkileikkauspinta-ala (m^2)

b = vesiuoman pohjan leveys (m)

H = vesiuoman syvyys (m)

m = vesiuoman luiskakerroin

Paraabelinmuotoinen poikkileikkaus

$$F = \frac{2}{3} a H = 1,89 \sqrt{pH^3}$$

jossa a = vesiuoman pintaleveys (m)

H = vesiuoman syvyys (m)

p = parametri

Kaivumassojen tilavuuden määrittäminen kaavoilla on työlästä ja rasittavaa. Käytännössä käytetäänkin tavallisesti kaavojen perusteella muodostettuja taulukoita, joiden avulla vesiuoman poikkileikkauspinta-alan määrittäminen on helppoa. On olemassa myös nomogrammeja ojien poikkileikkauspinta-alan määrittämiseksi.

Kaivumassojen tilavuuslaskelmat tehdään kaavakkeille. Taulukossa 29 on esitetty esimerkki tutkitun vesiuoman kaivumassojen tilavuuden laskemisesta.

Taulukkomuoto 30 soveltuu ojien kaivumassojen tilavuuden määrittämiseen silloin, kun tutkimuksia ei ole suoritettu.

Taulukko 29. Vesiuomien kaivumassojen tilavuuden laskeminen (esimerkki)

Paalu N:o	Paalujen etäisyys	Etäisyys alkupisteestä	Maanpinnan (juuripaalan) korkeus	Suunniteltu vesiuoma								Tilavuus m ³
				Pohjan korkeus	Kaivu- syvyys	Pinta	Pohja	Kaltevuus %	Luiskakerroin	Poikkileikkaus		
						Leveys				Paalun kohdal- m ²	Keski- määrin m ²	
						metrejä						
0	100	0	12,42	10,94	1,48	4,94	0,50	0,80	1,5	4,03	4,10	410
1	100	100	12,53	11,02	1,51	5,03	"	"	"	4,18	4,03	403
2	40	200	12,55	11,10	1,45	4,85	"	"	"	3,88	3,74	150
2+40	60	240	12,52	11,13	1,39	4,67	"	"	"	3,59	3,68	221
3	100	300	12,61	11,18	1,43	4,79	"	"	"	3,78	4,13	413
4		400	12,83	11,26	1,57	5,21	"	"	"	4,48		
Yhteensä										-	-	1597

Taulukko 30. Sellaisten ojien, joita ei ole tutkittu, kaivumassojen tilavuuden laskeminen (esimerkki).

N:o	Suunniteltu oja							Huomau- tukset
	Nimitys tai merkintä	Pituus	Keskimää- räinen syvyys	Pohja- leveys	Luiska- kerroin	Keskimää- räinen poikkileik- kausala (m ²)	Tilavuus	
1	A-B	320	1,35	0,40	1,75	3,73	1194	
2	K-S	240	1,20	0,40	1,5	2,61	634	

Kuivatusverkon suunnittelussa esiintyy usein tapauksia, jolloin suunniteltu vesiuoma kulkee entistä ojaa pitkin eli kun kysymyksessä on entisen vesiuoman syventäminen. Kaivumassoja laskettaessa on tällöin uuden vesiuoman poikkileikkauksesta vähennettävä entisen uoman poikkileikkaus.

Vanhojen vesiuomien poikkileikkaus on tavallisesti kourunmuotoinen. Jos sen mitat eivät ole kovin suuret, voidaan poikkileikkaus otaksua suurta virhettä tekemättä joko puoliellipsin tai paraabelin muotoiseksi (kuva 86) ja poikkileikkausala laskea seuraavilla kaavoilla:

Ellipsin muotoinen poikkileikkaus

$$F = \frac{\pi a}{4} H = 0,78 aH \quad (71)$$

Paraabelin muotoinen poikkileikkaus

$$F = \frac{2}{3} aH \quad (72)$$

jossa a = uoman poikkileikkauksen pintaleveys (m)

H = uoman syvyys (m)

Ellipsin muotoiseksi luetaan leveät ja matalat sekä paraabelin muotoiseksi kapeat ja syvät uomat.

Jos vanhan uoman poikkileikkaus on suuri ja epäsäännöllisen muotoinen, on se maastossa yksityiskohtaisest mitattava ja pinta-ala laskettava planimetrillä.

Kaivumassojen tilavuuden laskemisessa vesiuomia syvennettäessä on otettava huomioon, ettei uusi poikkileikkaus osu aina täysin vanhan kohdalle. Kaivettavan poikkileikkauksen alaa ei voida tällöin laskea uuden ja vanhan poikkileikkauksen erotuksena vaan se on määrättävä planimetrillä (kuva 87).

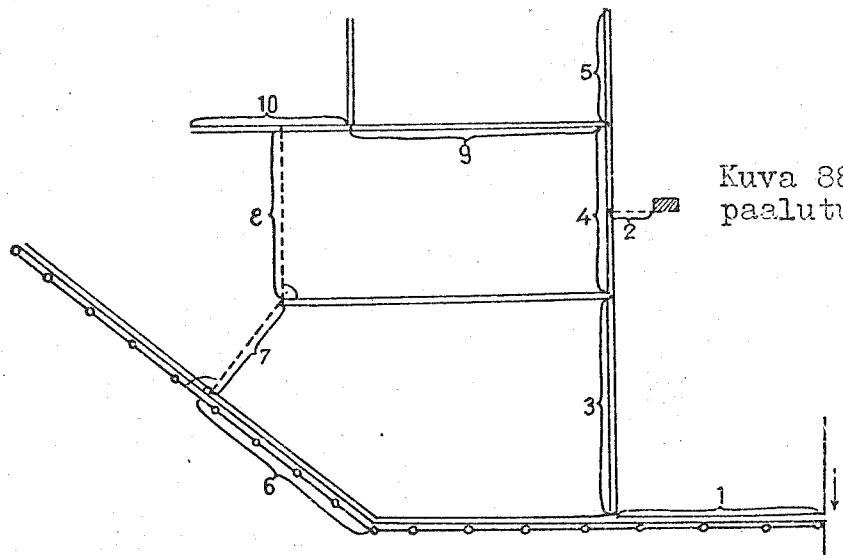
Materiaalitarpeen laskeminen. Maanparannustöissä tarvitaan lähinnä seuraavia materiaaleja: salaojaputkia, puutavaraa, kaivukoneen aluslavoja, siltoja, portaita puusalaojia ja laskuaukkoja varten sekä teräsbetoniputkia rumpuja varten. Lisäksi tarvitaan vielä kiviä, kivimursketta, soraa, hiekkaa, sammalta, pultteja ja nauvoja. Materiaalin tarve määrätään kustannusarvionormien tai mallisuunnitelmissa olevien erittelytaulukkojen mukaan. Edellä mainittujen puuttuessa määrätään materiaalitarve kokemusperäisten tietojen perusteella.

5. Suunniteltujen vesiuomien paaluttaminen maastoon

Ennen vesiuomien kaivutyön aloittamista tulee uomat paaluttaa maastoon. Paalutuksella tarkoitetaan kaikkien uusien vesiuomien ja niissä olevien rakenteiden sijaintipaikkojen merkitsemistä maastoon tarkasti suunnitelmassa olevalle kohdalle. Paalutus aloitetaan ojan keskilinjan tai reunalinjojen merkitsemisellä, jolloin työ tapahtuu suunnitelman mukaisessa järjestyksessä. Vesiuoman linjan merkitsemistä nimitetään linjaamiseksi.

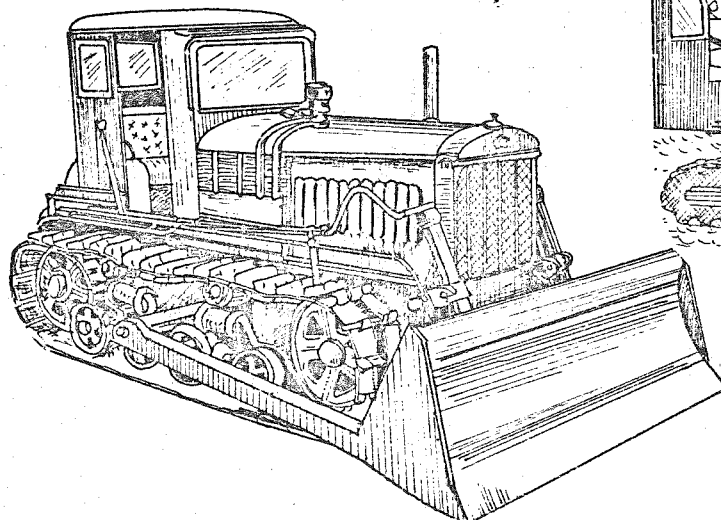
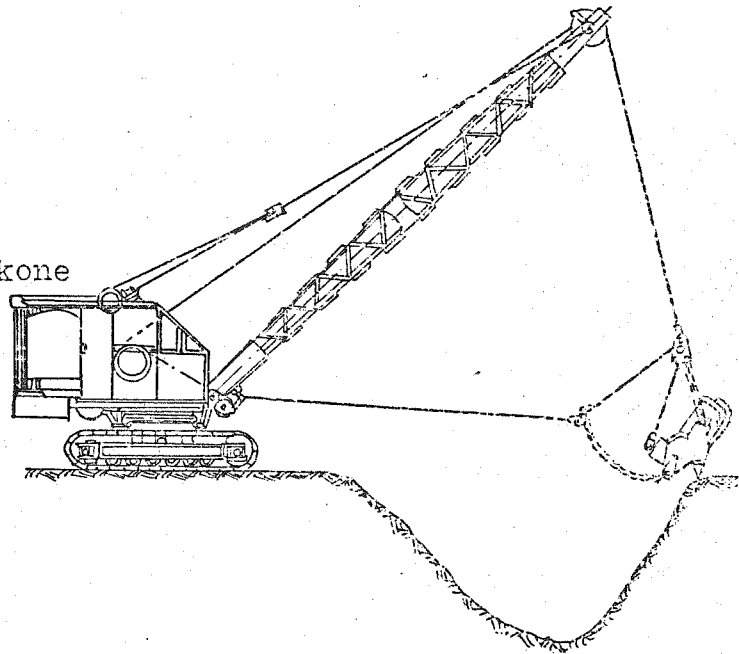
Pääoja linjataan tavallisesti jo kenttätutkimusten aikana. Ennen kaivutöiden aloittamista linjaus on kuitenkin tarkistettava ja hävinneet paalut pantava uudestaan paikoilleen sekä linja mitattava.

Tukeutuen valmiina olevien vesiuomien linjoihin sekä maastossa ja kartalla esiintyviin muihin tukipisteisiin, kuten rajamerkkeihin, rakennuksiin, tienristeyksiin, valmiina oleviin ojiin ja muihin kiinteisiin maastokohtiin, merkitään kaikki muut vesiuomat,

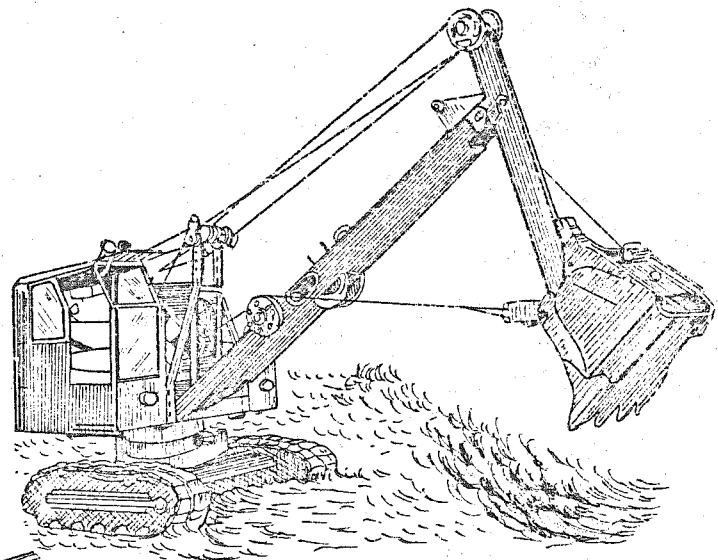


Kuva 88. Perusverkon uomien
paalutusjärjestys 1,2,3 jne.

Kuva 89. Vetokauhakone



Kuva 91. Kaivumaavallien hajoi-
tukseen käytetty puskutraktori



Kuva 90. Kuokkakauhakone

samoin kuin niissä olevat rakenteet maastoon. Lisäksi mitataan kartalta saatujen tietojen perusteella maastossa pääojaan laskevien valtaojien laskukohdat. Valtaojien läheisyydessä olevien tukipisteiden perusteella mitataan ja merkitään maastoon jokaisen valtaojan keskilinja tai reunalinjat.

Kuvassa 88 esitetyssä esimerkissä on pääoja linjattu jo kenttätutkimusten aikana ja on siis valmiina maastossa. Valtaojien paaluttaminen tapahtuu numerojen 1, 2, 3...10 mukaisessa järjestyksessä. Mittaamalla kartalta vastaavat pituudet ja siirtämällä ne maastoon saadaan lopuksi kaikki pisteet, jotka tarvitaan ojien paalutuksessa. Paalutustyössä tullaan tavallisesti toimeen mittanauhalla ja prismalla.

Uusien ojien keskilinjat merkitään tähtäyskepeillä. Keskilinjan kanssa tehdään yhdensuuntaiseksi linja, joka paalutetaan ja mitataan ja tarvittaessa myös kairataan. Valmiina olevista uomista otetaan myös poikkileikkaukset. Paalujen etäisyyksiksi valitaan avouomilla 50...100 m. Jos linjalla esiintyy kumpuja ja painenteita, asetetaan niihin ns. pluspaalut.

Paalutettaessa saatujen tietojen perusteella laaditaan paalutuskartat ja tarvittaessa myös pituusleikkaukset. Välittömästi ennen kiavutöiden aloittamista merkitään maastoon myös ojan pintaleveys jokaisen paalun kohdalla, minkä lisäksi kaivukoneen kuljettaja asettaa vielä omat merkkinsä 5 ... 10 m:n välein.

Jos suunnitelmaan sisältyy rakenteita, kuten siltoja, rumpuja jne. merkitään ne myös maastoon.

Oja-auralla kaivettavilla ojilla merkitään vain keskilinja. Kaivun jälkeen tehdään tarvittaessa ojan reunalle paalutus, jonka vaa'itustulosten perusteella oja viimeistellään so. kaivu suoritetaan lapiokaivuna, kunnes ojalla on tarkalleen suunnitelmassa tarkoitettu syvyys.

Kuivatusverkko linjataan täysin suunnitelman mukaiseksi. Paalutus-työn yhteydessä on joskus tarpeellista tehdä vesiuomien sijaintiin muutoksia, jotka johtuvat epätäydellisistä tutkimustuloksista suunnitelmaa tehtäessä. Muutoksen voi aiheuttaa esim. maaston pinnanmuodostus tai geologinen rakenne. Kaikista suunnitelmaan tulevista muutoksista on laadittava asiakirjat.

6. Vesiuomien kaivaminen, kaivutavat ja niiden erikoispiirteet

Maanparannustyöt vaativat runsaasti raskasta työtä, minkä vuoksi niiden tarkoituksenmukainen suorittaminen edellyttää pitkälle vietyä koneellistamista. Mainituille töille on ominaista myös työkohteiden laajuus, etäisyys teollisuuskeskuksista ja asutuskeskuksista. Usein myös puutteellinen tieverkosto tekee töiden järjestelyn mutkikkaaksi.

Kuivatusverkon rakennustöiden yhteyteen kuuluvat linjojen raivaustyöt ja kaivutyöt sekä teiden ja rakenteiden perustaminen. Kuivatusverkon rakennustyöt aloitetaan purkuvesistön järjestelyllä, sen jälkeen rakennetaan perusverkko ja lopuksi piiri- ja detaljiverkko. Tieverkko on tarkoituksenmukaista rakentaa samanaikaisesti vesiuomien kaivun kanssa, koska tiet tehdään usein ojien reunoille.

Linja-alueen raivaus

Maa-aluetta, jonka kaivettava vesiuoma ja maavallit sekä liikkuvat kaivukoneet tarvitsevat, nimitetään linja-alueeksi. Hyvin harvoin linja-alue on luonnonolosuhteissa sellainen, että sitä voidaan ryhtyä kaivamaan sellaisenaan. Enimmäkseen linja vaatii tiettyä valmistelua, jotta kaivu tapahtuisi häiriöttä ja maksimiteholla.

Itse linjalta ja sen lähistöltä poistetaan kaivua häittäävät puut, pensaat, kivet ja kannot. Raivaustyöt suoritetaan koneellisesti ja raivaamalla saatu materiaali joko kuljetetaan pois tai sijoitetaan oja-alueen ulkopuolelle siten, että ne eivät jää kaivumassojen alle.

Kaivutyöt

Kaivutyöt tehdään kuivatusverkkoa rakennettaessa nykyään pääasiassa koneilla. Lapiotyötä tarvitaan vain erikoistapauksissa. Suurempien vesiuomien kaivutyöt on täysin koneellistettu. Koneellistamatta ovat vielä oja kaivettaessa eräät viimeistelytyöt sekä uoman vahvistustyöt.

Kaivuolosuhteista riippuen käytetään erilaisia koneita. Kaivukoneen valinnassa on otettava huomioon vesiuoman leveys ja syvyys; luiskan kaltevuus, maaston kulkukelpoisuus, maaperän laatu, kohteessa vallitsevat vesiolosuhteet ja vuodenaika.

Eniten käytetty kone vesiuomien kaivamisessa on yksikauhainen kaivukone. Työlaite voi olla joko pistokauha, kuokkakauha tai veto-kauha.

Suurin osa kaivukoneella kaivetuista vesiuomista vaatii ennen käyttöönottamista viimeistelyä ja puhdistusta lietteestä. Viimeistelyä vaativat pääasiassa kuokkakauhalla kaivetut vesiuomat.

Kaivettaessa kerätään kaivumaat valleiksi: vetokauhakoneella vähintään 2,0 m:n ja kuokkakauhakoneella vähintään 1,0 m:n etäisyydelle ojan reunasta. Kun maavalli on kuivunut (savimaalla kuivuminen vaatii 1...2 kuukautta) hajoitetaan se mahdollisimman ohueksi kerrokseksi tai tasoitetaan tiealueelle jos ojan reunal-
le on suunniteltu tie.

7. Uomissa tapahtuvat muutokset ja uomien vahvistaminen

Kuivatusverkon suunnittelussa, rakentamisessa ja myös kunnossapidossa on huolehdittava siitä, että vesiuomat pysyisivät kunnossa. Vain teknillisesti kunnossa pysyvät vesiuomat luovat edellytykset kuivatettujen maiden käytölle tehokkaaseen viljelyyn.

Käytäntö on osoittanut, että vesiuomat menettävät niille rakennettaessa annetun muodon ennemmin tai myöhemmin, minkä vuoksi kuivatusteho vähenee. Vainittuun muutokseen vaikuttavista tekijöistä voidaan mainita:

- 1) erilaiset luonnonolosuhteet, kuten epäsuotuisat maaperän fyysiset ja kemialliset ominaisuudet, turpeen painuminen kuivatettaessa, kasvun kasvu uomassa, vedenvirtauksen mekaaninen vaikutus jne.
- 2) suunnittelussa ja työn suorituksessa tehdyt virheet, kuten liian jyrkkä luiska tai liian pieni kaltevuus, väärin valittu pohjan korkeus, uoman vahvistuksen laiminlyönti epästabieleissa maa-
lajeissa jne.

- 3) uoman kunnossapidossa tapahtuvat tahalliset laiminlyönnit, kuten roskien heittäminen ojaan, ajaminen ojien yli, karjan päästäminen ojien luiskiin jne.

Vesiuomissa ilmenevät muutokset voidaan luokitella seuraavasti:

- 1) luiskien sortuminen
- 2) uoman liettyminen
- 3) uoman syöpyminen
- 4) uoman umpeutuminen ja
- 5) turpeen painumisesta johtuvat muutokset.

Monessa tapauksessa voidaan haitalliset muutokset uomassa välttää noudattamalla tarkoin teknillisiä vaatimuksia kuivatusverkon suunnittelussa, rakentamisessa sekä kunnossapidossa.

Kuivatusverkkoa rakennettaessa pyritään uomien kunnossa pysyminen varmistamaan uomien vahvistamisella. Koska uoman vahvistustoimenpiteet tulevat kuitenkin kalliiksi, on mainittua keinoa käytettävä vain silloin, kun riittävää pysyvyyttä ei halvemmillä toimenpiteillä saada aikaan.

Uoman vahvistus on tarpeen seuraavissa tapauksissa:

- 1) jos virtausnopeus uomassa ylittää suuren kaltevuuden takia maalajille sallitun nopeuden,
- 2) jos maalaji luiskassa on epästabiili (vetinen hiekka, plastinen savi, hyvin maatunut turve),
- 3) jos uoma liian leveytensä takia aiheuttaa tehokasta lietteen laskeutumista ja uoman ruohottumista matalan veden aikana.

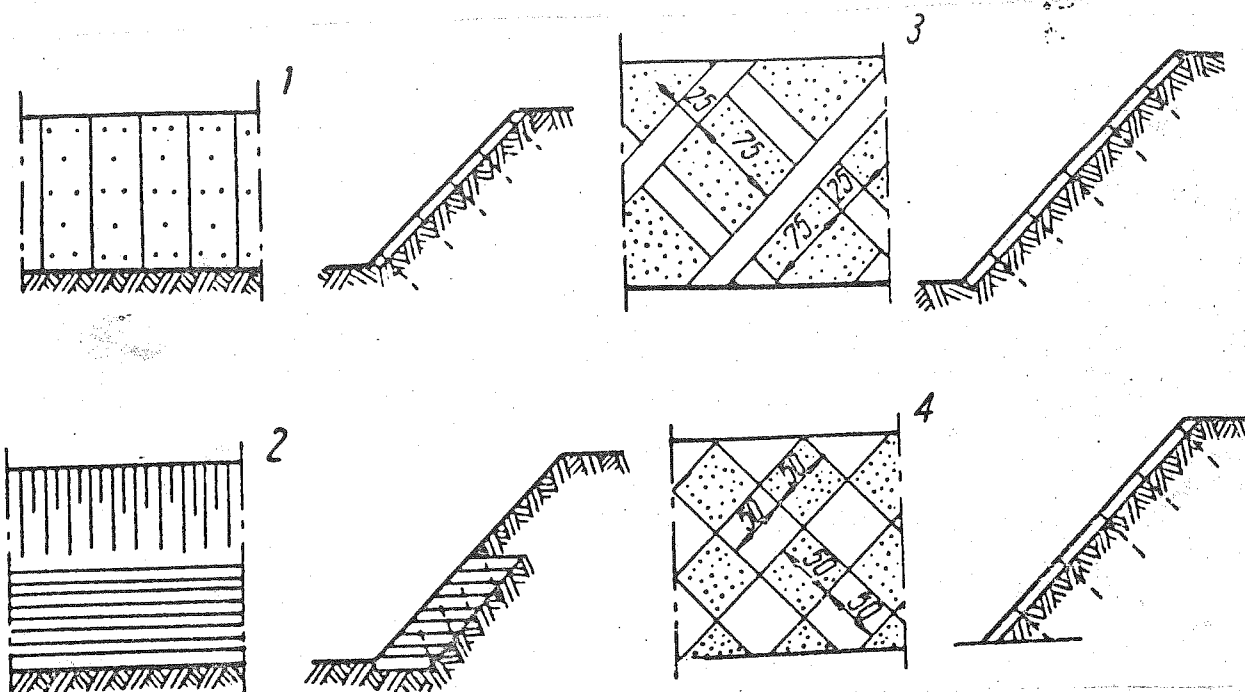
Virtausuomien vahvistuksessa käytetään nurmetusta, turvesuojausta, sorastusta, risupunoksia, riukuvahvistuksia, risukimppuja, asen-

nettavia teräsbetonielementtejä jne. Pohjan vahvistamiseksi syöpy-
mistä vastaan käytetään usein kivi- tai soraheitoketta, kiviver-
husta tai teräsbetonikouruja.

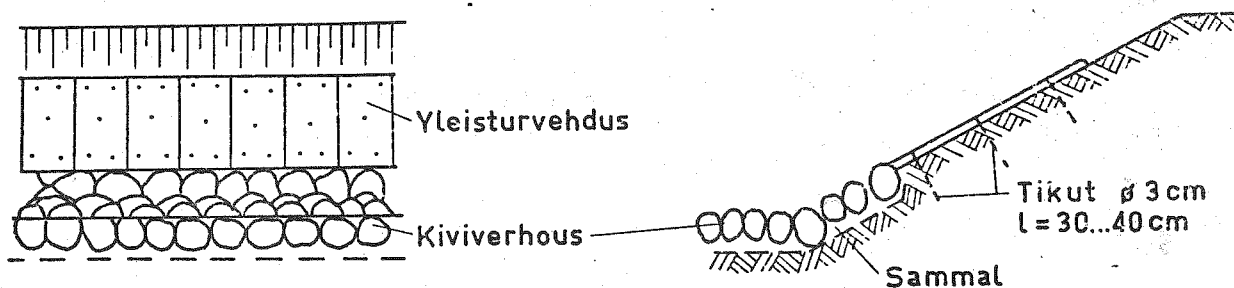
Nurmetus

Nurmetus on kaikkein halvin luiskien vahvistustapa ja sitä on vii-
kome aikoina alettu käyttää runsaasti. Nurmetus on riittävän luja
vahvistus luiskassa keskimääräisen vedenpinnan yläpuolella sil-
loin, kun veden virtausnopeus ylittää vain vähän (enintään 20%)
ko. maalajille sallitun nopeuden. Luiskaan tehtävän nurmetuksen
on oltava tiheää ja mahdollisimman lyhyttä, mikä saadaan aikaan
juuriheinäkasvuston osuuden suurentamisella. Runsas juuriheinäkas-
vusto muodostuu matalakasvuista, haarovista korsikasveista se-
rää valkoapilasta. Edellisten lisäksi käytetään myös varsinaisen
päällyskasvuston muodostavia heinäkasvilajeja. Juuriheinäkasvus-
ton muodostamisessa voidaan käyttää punaista nurminataa, niitty-
nurmikkaa ja suonurmikkaa. Päällyskasvuston muodostamiseen vastaa-
vasti timoteita ja tavallista nurminataa. Vaikeiden kasvuolosuh-
teiden vuoksi on käytettävien siemenmäärien oltava suuremmat kuin
heinäpelloilla eli n. 30...40 kg/ha.

Ennen kylvöä on luiskat tasoitettava, päällyskerros kokkareitettava
ja sekoitettava siihen n. 2...5 cm:n paksuinen ruokamulta-, turve-
tai kompostimultakerros. Samanaikaisesti levitetään myös käytettä-
vät lannoitteet. Siemenet peitetään maahan käsiharavalla. Varhainen
kylvö (toukokuussa) antaa parempia tuloksia kuin myöhäinen, mutta
mikäli ilmasto-olosuhteet ovat suotuisat, voidaan kylvö suorittaa
myös myöhemmin - aina heinäkuun puoleen väliin saakka.



Kuva 92. Luiskan turvesuojaus: 1-yleisturvehdus; 2-seinäurvehdus; 3-ruututurvehdus; shakkilautaturvehdus



Kuva 93. Uoman vahvistaminen: yleisturvehdus luiskassa, kivi-
verhous luiskan alaosan ja pohjan yhtymäkohdassa.



Kuva 94.
Risupunoksella vah-
vistettua ojaa

Turvesuojaus

Usein käytetään uoman luiskien vahvistamiseen turvesuojausta, koska turvetta on yleensä helposti saatavissa, työn suorittaminen on helppoa ja kustannuksiltaan suhteellisen halpaa.

Vahvistamisessa käytetään seinä-, yleis-, ruutu- ja shakkilautaturvehdusta (kuva 92). Näistä ensimmäistä - seinäturvehdusta - käytetään normaalia jyrkempien luiskien suojauksena, muita turvehdustapoja käytetään normaalin kaltevuuden omaavien luiskien vahvistamisessa.

Eniten on käytetty yleisturvehdusta. Ennen turpeiden paikalleen asettamista luiska tasoitetaan. Jotta kasvusto pääsisi hyvin kasvuun alkuun, on turpeet asetettava paikalleen kesäkuukausina. Turvehdukseen käytetään turvekappaleita, joiden pituus on jopa 2,5 m, leveys 40 cm ja paksuus 6...8 cm. Turpeet asetetaan luiskaan pitempi sivu ylhäältä alaspäin ja ne kiinnitetään luiskaan 2...3 cm:n paksuisilla ja 30...40 cm:n pituisilla kepeillä. Turvehdus tehdään kesän matalan veden tasosta kevään yliveden tasoon asti.

Ruututurvehduksessa asetetaan turpeet kaisteleina kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa. Suunnat muodostavat ojan reunan kanssa 45° kulman. Ruudun sivun pituus on 1...1,5 m. Jokainen turvekappale kiinnitetään luiskaan neljällä kepillä. Ruudut täytetään turpeen paksuudelta ruokamullalla.

Myös shakkilautaturvehdus tehdään edellämainitulla tavalla. Seinäturvehduksessa asetetaan turpeet seinäksi lappeelleen toinen toisensa päälle ruohopuoli ulospäin.

Turvehdusta käytetään harvoin yksinään luiskan vahvistuksessa (seinäturvehdusta lukuunottamatta). Hyvin paljon käytetään sellaista tapaa, jossa luiskat vahvistetaan turvehduksella ja luiskan jalka risupunoksilla.

Kiviverhous.

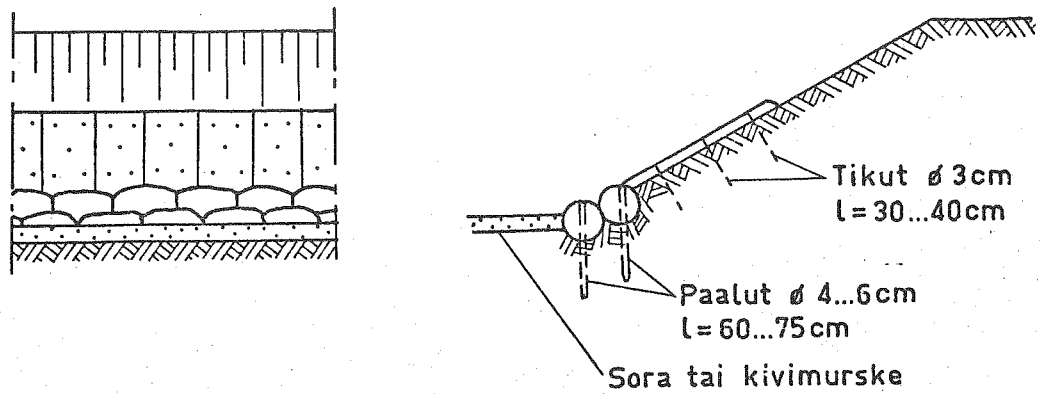
Kiviverhous luetaan tukevimpien ja kestävimpien vahvistustapojen joukkoon. Se soveltuu mineraalimaissa sekä pohjan että luiskien vahvistamiseen. Kiviverhous tehdään joko yksinkertaisena tai kaksinkertaisena $\varnothing$ 15...30 cm:n läpimittaisista kivistä. Jos vahvistettava luiskan osa ei ole jatkuvasti veden alla eikä myöskään kovin usein joudu veden alle, asetetaan verhous 15 cm:n paksun hiekkakerroksen päälle. Vedenpinnan alapuolella olevassa luiskassa käytetään hiekkakerroksen sijasta sammalkerrosta. Sammalkerroksessa tulisi käyttää vain pitkäkuituista sammalta, kuten esim. karhusammalta. Kivien välit tiivistetään murskeella.

Kiviverhouksella vahvistetaan tavallisesti vain luiskan alaosa (luiskan jalka), ylemmässä osassa käytetään joko turvehdusta tai nurmetusta (kuva 93).

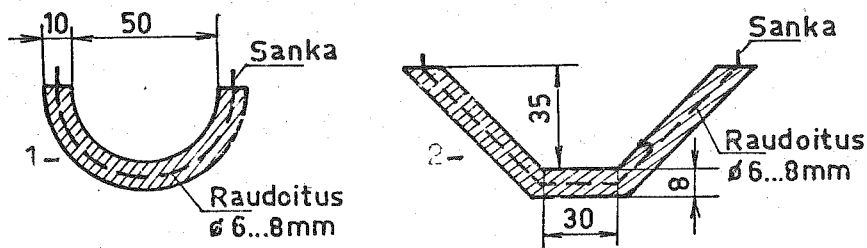
Tukiseinien ja risukimppujen käyttäminen

Tukiseiniä käytetään silloin, kun on olemassa luiskan liukumis- tai vyörymisvaara. Ne tehdään joko risupunoksena tai riuku (seiväs-) seinänä. Seinämän korkeus on tavallisesti enintään 30 cm.

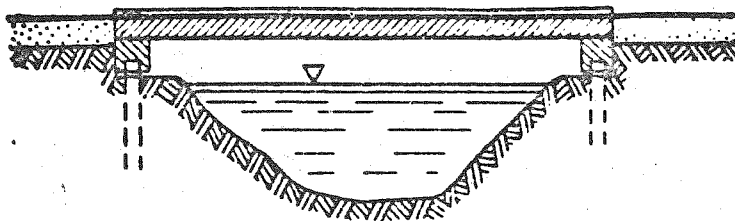
Tukiseinien valmistukseen käytetään 0,7...1,0 m:n pituisia ja 6...8 cm:n paksuisia paaluja, jotka juntataan n. 2/3 pituudeltaan maahan.



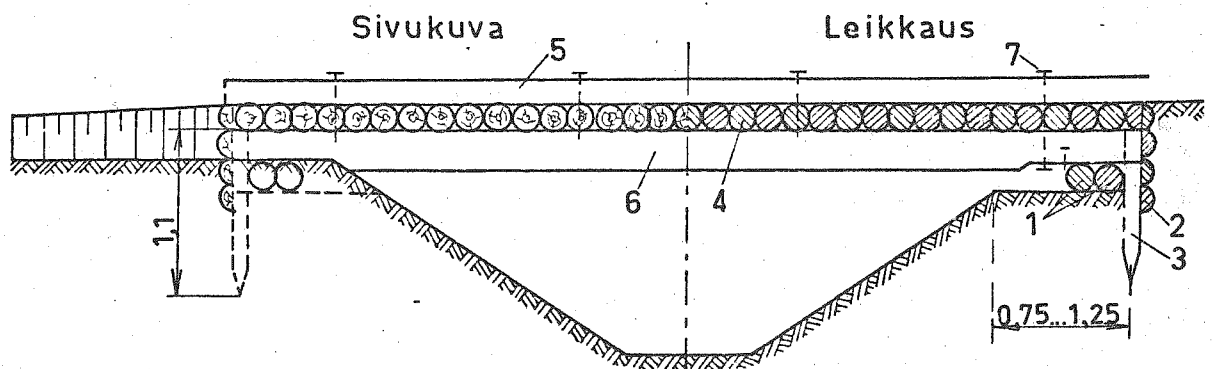
Kuva 95. Uoman vahvistaminen: yleisturvehdus luiskassa ja risukimput luiskan alaosassa.



Kuva 96. Uoman vahvistamiseen käytettyjä teräsbetonielementtejä: 1-puoliympyrän muotoinen, 2-puolisuunnikkaan "



Kuva 97. Teräsbetoninen laattasilta, maatuett teräsbetonista



Kuva 98. Puusilta, jonka maatuett pääsevät painumaan: 1- maatuett, 2-tukiseinä, 3-tukiseinää varten tarvittavat paalut, 4-kansipuut, 5-reunapuu, 6-pääkannattaja ja 7-pultit.

Punokseksi käytetään 2...5 cm:n läpimittaisia siteitä. Risujen on oltava tuoreita ja karsittuja (latvoja lukuunottamatta). Niiden on oltava kimmoisia ja niiden tulee olla suhteellisen suorina. Punoksen materiaalina voidaan käyttää esim. pajua, haapaa, poppelia tai leppää. Paalujen etäisyys on risupunosta käytettäessä siteiden läpimittasta riippuen 0,3...0,8 m. Punoksen on oltava riittävän tiheä.

Seinän valmistuttua asetetaan sen taakse turvettä, ruohopuoli punosta vastaan, ja sen taakse lisäksi maata.

Riuku- eli seiväseinän rakentamisessa käytetään 4...6 cm:n paksuja riukuja tai seipäitä. Päällimmäinen kiinnitetään jokaiseen paaluun naulalla. Myös riukuseinän takaosa täytetään turvemättäillä ja maalla.

Risukimppuja käytetään luiskan jalan tai luiskan anturvan (luiskan ja pohjan leikkauskohdan) vahvistamisessa epästabiileissa maalajeissa. Risukimppuja käytetään myös syöpyneen uoman kaventamisessa, jotta vältettäisiin lietteen laskeutuminen ja tehokas kasvuston leviäminen.

Risukimppu muodostetaan 10...30 cm:n läpimittaisista 2,5...4 m:n pituisista kimpuista, jotka sidotaan 50 cm:n välein yhteen langalla tai pajusiteillä. Risukimput asetetaan luiskan ja uoman pohjaan kaivettuun kouruun ja kiinnitetään maahan paaluilla, joiden pituus on 0,60...0,75 m ja paksuus 4...6 cm (kuva 95).

Teräsbetoni- ja silikaattibetonielementtien käyttäminen

Teräsbetonielementtien käyttö uomien vahvistamisessa on levinnyt viime vuosina nopeasti. Niitä käytetään uoman pohjan tai luiskan jalan vahvistamisessa. Niillä varmistetaan myös luiskan pysyvyys.

Teräsbetonielementit valmistetaan tavallisesti tehtaalla. Eniten käytetään poikkileikkaukseltaan puolilympyrän tai puolisuunnikkaan mutoisia kouruja (kuva 96). Teräsbetonielementit soveltuvat käytettäväksi ojissa erikoisesti silloin, kun kaltevuus on suuri.

Viime aikoina on ruvettu käyttämään myös silikaattibetonielementtejä maanparannuksessa. Aluksi mainittuja elementtejä käytettiin vain salaojien laskuaukkojen tekemiseen ja uomien vahvistamiseen. Eri tahoilla tehdyt kokeet ovat osoittaneet, että silikaattibetoni on vesiteknillisten rakenteiden vaikeissa olosuhteissa osoittautunut kestävyydeltään huonommaksi kuin teräsbetoni. Se kestää kuitenkin orgaanisten happojen vaikutusta paremmin kuin betoni. Tähän asti on Eestissä uomien vahvistamiseen käytetty silikaattibetonielementtejä levyinä, kouruina jne. Ne muistuttavat muodoltaan samaan tarkoitukseen käytettäviä teräsbetonielementtejä.

8. Ojiin liittyvät rakenteet

Kuivatusverkon avoimissa vesiuomissa tarvitaan monenlaisia rakenteita. Käyttötavan mukaan ne voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- 1) liikenteen tarvitsemat rakenteet - sillat, rummut, portaat;
- 2) virtaamien säännöstelyn vaatimat rakenteet - padot;
- 3) rakenteet uoman syöpymisen estämiseksi yksittäisillä uoman osilla - putousportaot, tekokosket, uoman vahvistukset ja
- 4) muut rakenteet - karjan juottokohdat ym.

Kaikkia edellä mainittuja rakenteita varten ovat suunnitteluorganisaatiot laatineet tyyppisuunnitelmat, joita voidaan käyttää myös suunnitelmissa. Rakennusmateriaalina on pääasiassa käytetty betonia, teräsbetonia ja kiveä sekä soilla myös puuta. Yhä enem-

män käytetään mainituissa rakenteissa teräsbetonielementtejä.

Mikäli oja sisältää suolta tulevaa vettä, on betoni suojattava hushappojen vahingoittavalta vaikutukselta joko siten, että betonipinnat sivellään bitumilla tai siten, että betonin valmistamiseen käytetään haponkestävää sementtiä.

Siltoja rakennetaan suurempien vesiuomien ja teiden risteyskohtiin.

Sillan leveydeksi otetaan tien ajoradan leveys ja leveyden on oltava tiellä liikkuvien koneiden vaatimusten mukainen. Sillan ajoradan leveys on IV ja V luokan teillä 6 ja 7 m sekä talousteillä 5 m.

Tilapäisessä käytössä olevilla silloilla voi ajoradan leveys olla 4 m.

Sillat suunnitellaan tavallisesti 10 t:n pyöräpainolle (auto).

Tarkistus suoritetaan 60 t:n telaketjukuormalle (traktori).

Jos sillan pituus ei ylitä 6 m, tehdään se tavallisesti yksiaukkoisena. Jos silta on pitempi kuin 6 m tehdään siihen useampi aukko.

Aukkojen lukumääräksi on suositeltavaa valita pariton luku, koska tällöin välttytään keskituen joutumasta uoman keskelle.

Sillan korkeusasema riippuu uoman HW - korkeudesta sillan kohdalla.

Jos uomassa ei esiinny jäiden kulkua, on sillan pääkannattaja asetettava vähintään 0,5 m HW:n yläpuolelle. Mikäli jäiden liikettä uomassa tapahtuu on vastaavan korkeuden oltava vähintään 0,75 m.

Kuvassa 97 on yksinkertainen teräsbetoninen laattasilta, jonka tukina ovat teräsbetonipaalut.

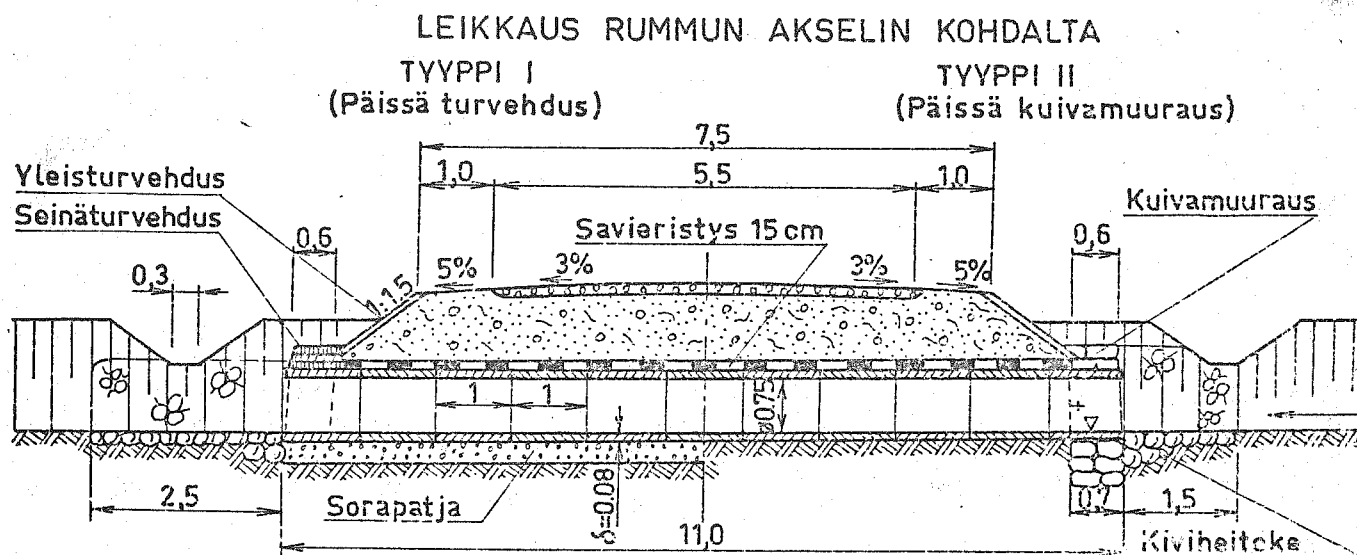
Mikäli vähän liikennöity tie johtaa syvän suon läpi, tehdään suuremman vesiuoman ja tien risteyskohtaan kuvan 98 mukainen puusilta. Suon painuessa pääsee myös silta vastaavasti vajoamaan, minkä vuoksi suon painuminen ei vaikeuta liikennöimistä sillan yli.

Rumpuja käytetään pienempien ojien (valtaojat, piiriojat ja kuivatusojat) ja teiden risteyskohdissa. Mainituissa ojissa virtaama on vähäinen. Rummut rakennetaan mineraalimailla pääasiassa 1 m:n pituisista teräsbetoniputkista, joiden läpimitta vaihtelee 0,3...1,5 m. Jos virtaama on suurehko, rakennetaan kaksoisrumpu. Rummun pituus riippuu tien rungon leveydestä. Rummun pohjan on oltava samassa tasossa ojan pohjan kanssa. Rummun läpimitta määrätään hydraulisin laskelmin.

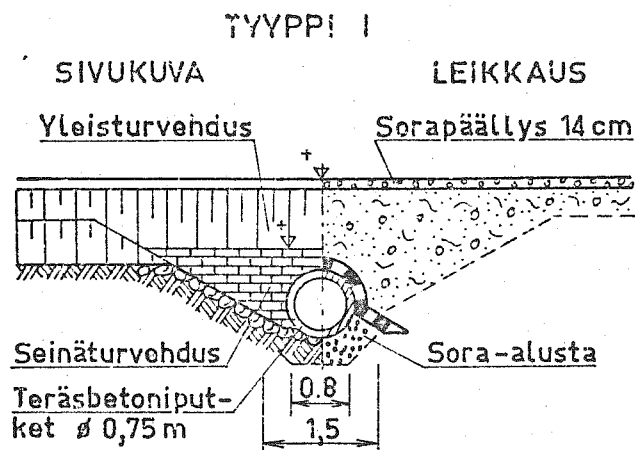
Tällöin edellytetään putkessa olevan paineenalainen virtaus, mikä merkitsee sitä, että rummun yläpää on veden alla. Rummun päät tehdään tavallisesti seinäturvehduksena tai kuivamuurauksena. Heikosti kantavassa maaperässä tehdään rummun alle sorapatja (ku-
va 99). Rumpu padottaa vettä ojassa erikoisesti yliveden aikana. Sen vuoksi saattaa vesi tunkeutua myös rummun ulkopuolelta si-
leää ulkopintaa pitkin, jolloin vesi huuhtoo maan pois rummun ympäriltä. Mainitun haitan estämiseksi ympäröidään rumpuputket savieristyksellä.

Jalankulkijoita varten rakennetaan kävelyteiden ja ojien risteyskohtiin kävelysillat.

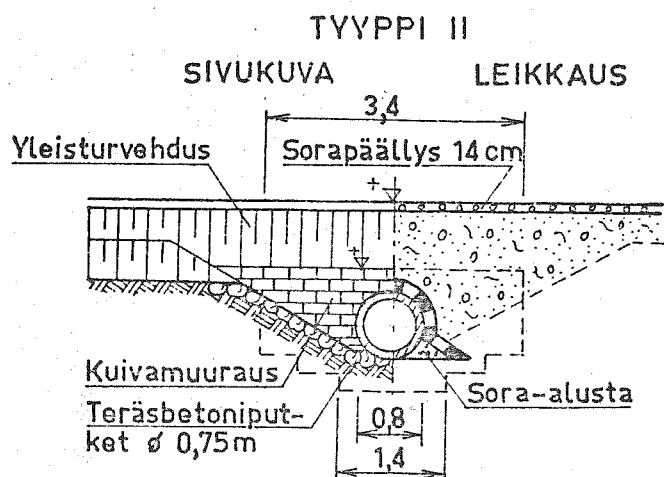
Kävelysilta on yksinkertaisempaa tyyppiä oleva silta, jonka kantavana rakenteena on tavallisesti kaksi rinnakkain asetettua palkkia. Pääpalkit tukeutuvat kummallakin puolen ojaa tavalli-



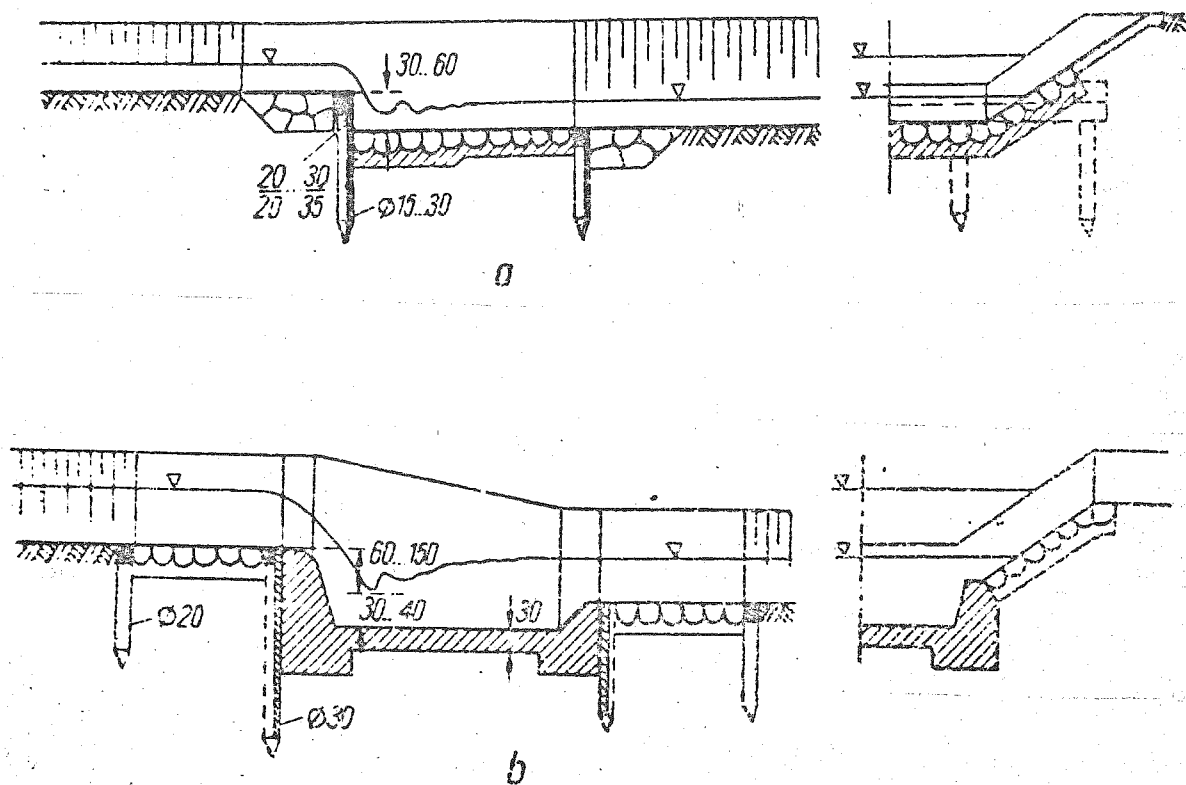
Kuva 99.
Teräsbetonirumpu



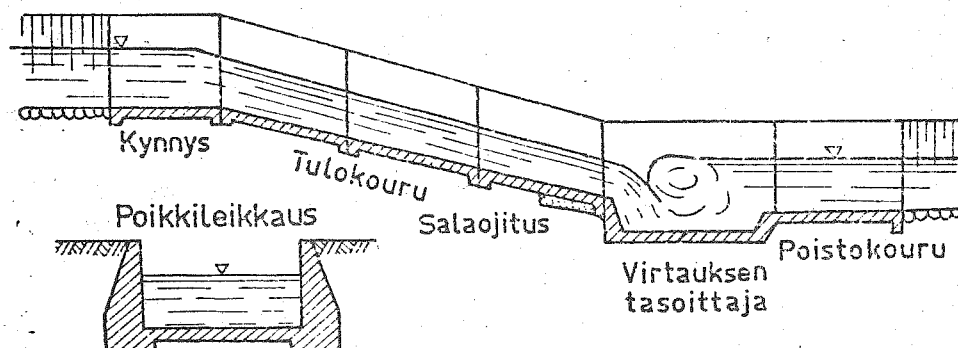
Päissä turvehdus



Päissä kuivamuuraus



Kuva 100. Putousporras : a) matala porras, jossa ei ole eriytyistä virtauksen tasoittajaa; b) korkea porras, jossa on virtauksen tasoittamiseen tarkoitettu rakenne.



Kuva 101. Betoninen tekokoski

sesti paaluihin. Kävelysillat varusutetaan tavallisesti liikkumisen helpottamiseksi kaiteilla.

Putousportaot ja tekokosket tehdään niihin kohtiin uomaa, joissa virtausnopeus suuren kaltevuuden vuoksi ylittää kysessä olevalle maalajille sallitun ylärajan ja vesi sen johdosta alkaa syövyttää uomaa. Jos vesiuoman kaltevuus on pitemmällä matkalla yhtäläinen suunnitellaan pohja portaittaiseksi. Portaitten välisille osille määrätään sellainen kaltevuus, että virtaava vesi ei aiheuta uoman syöpymistä. Itse portaitten kohdalle tehdään 0,3...0,6 m:n putoukset. Putousportaot saattavat olla rakenteeltaan hyvin yksinkertaisia (kuva 100 a), mistä syystä niiden rakennuskustannukset muodostuvat pieniksi. Putousporras varustetaan tavallisesti kiviverhouksella, jolloin uoma vahvistetaan myös portaan ylä- ja alapuolelta muutaman (2...5) metrin matkalla.

Jos ojan kaltevuus on lyhyellä matkalla jyrkkä, tehdään mainittuun kohtaan suurempi putousporras (kuva 100 b) tai tekokoski, joiden rakentamiseen käytetään pääasiassa betonia. Betonista tehdyn portaan putous voi olla jopa 1,5 m ja enemmänkin. Putousportaan ylä- ja alapuolella oleva uoman osa vahvistetaan nupukiviverhouksella.

Kaikkien putousportaitten yhteyteen on ehdottomasti tehtävä ponttiseinät sekä rakenteen ylä-että alapuolelle. Ponttiseinillä estetään veden suotovirtaus rakenteen alapuolelta.

Suuren putousportaan asemasta voidaan uomaan tehdä tekokoski, jonka rakenne on tavallisesti putousporrasta yksinkertaisempi. Kuvassa 101 on esitetty betonista rakennetun tekokosken rakenne. Suotovir-

tauksen estämiseksi kourun alapuolelta on rakenteen yhteyteen suunniteltu salaojitus.

Suurempien putousportaitten ja tekokoskien yhteyteen rakennetaan tavallisesti ns. iskukaivot veden liiallisen energian hävittämiseksi.

Säännöstelypatoja rakennetaan harvoin kuivatusverkon yhteyteen. Niiden avulla säännöstellään virtaamia. Säännöstelypatojen, kuten yleensäkin patojen yhteyteen on tehtävä ponttiseinä suotövirtauksen estämiseksi. Ponttiseinä juntataan syvälle maahan ja se ulotetaan vähintään 2 m ojan reunojen ulkopuolelle.

Laitumien läpi kulkeviin vesiuomiin tehdään karjalle juottopaikat.

Juottopaikkojen kohdalla luiska tehdään loivemmaksi ja se suojataan joko kiviverhouksella tai muilla vastaavilla tavoilla. Luiska tehdään juottopaikan kohdalle tavallisesti kaltevuuteen 1:5.

Juottopaikka voi olla joko molemmin puolin ojaa tai vain toisella puolen. Juottokohdan leveys riippuu karjan suuruudesta, esim.

100-päiselle karjalle suunniteltu juottopaikka on normaalisti 10 m:n levyinen.

9. Kuivatettavien maiden tieverkko

Maatalousmaiden tehokasta hyväksikäyttöä ei voida ajatella ilman riittävän tiheää ja kunnollista tieverkkoa. Kuivatettavilla maillo, joista suuri osa on tavallisesti luonnontilassa, on tieverkko puutteellinen. Sen vuoksi on kuivatuskohteille rakennettava myös vaatimuksia vastaava tieverkko. Myös metsämaiden kuivatamisessa on tieverkon luominen ja sen täydentäminen oleellisen tärkeä, sillä metsän käyttö ilman tieverkkoa ei ole mahdollista.

Tiet, joita kuivatuskohteelle on joko rakennettava tai parannettava, jakautuvat talouksien välsiin teihin, talouksien sisäisiin teihin, pelto-, karja- ja huoltoteihin. Talouksien väliset tiet yhdistävät talouksia piirikuntakeskuksiin, rautatieasemille, satamiin, huoltopaikkoihin jne. Talouksien sisäiset tiet on suunniteltu kolhoosien tai sovhoosikeskuksen yhdistämiseksi talouksien välsiin teihin, tuotantoyksikköihin, osa-alueisiin, viljelyskiertokenttiin tai ne on tarkoitettu mainittujen kohteiden välisiksi teiksi. Peltotiet palvelevat kaikkia tuotantoprosesseja, jotka liittyvät peltojen ja kenttien käyttöön. Niitä pitkin tapahtuvat väkilannoitteiden, siementen, polttoöljyjen ja muiden tarpeellisten materiaalien kuljetus pelloille ja niityille. Sadonkorjuuaikana niillä liikkuvat traktorien lisäksi myös monet muut koneet. Peltotiet on yhdistetty talouksien sisäisiin teihin ja ne muodostavatkin yhdessä talouksien sisäisen tieverkon. Farmien ja laitumien välille tehdään karjatiet. Kuivatusverkon valvontaa ja kunnossapitoa varten suunnitellaan tarvittavat huoltotiet.

Tiet olisi pyrittävä suuntaamaan talouksien, viljelyslohkojen ja peltojen rajoja tai avoimien vesiuomien reunoja pitkin. Teiden suuntaamisessa on lisäksi otettava huomioon maaperän kantokyky ja yhteyksien minimietäisyydet. Teiden tulisi mahdollisimman vähän leikata avoimia vesiuomia, jotta välttyttäisiin siltojen ja rumpujen rakentamisesta. Saman tien olisi täytettävä mahdollisimman monta tehtävää. Tieverkko saadaan tarkoituksenmukaiseksi siten, että se suunnitellaan samanaikaisesti kuivatusverkon ja viljelyslohkojen kanssa.

Tieverkon erilaisia sijoituksia kuivatusverkon suhteen on esitetty kuvassa 102.

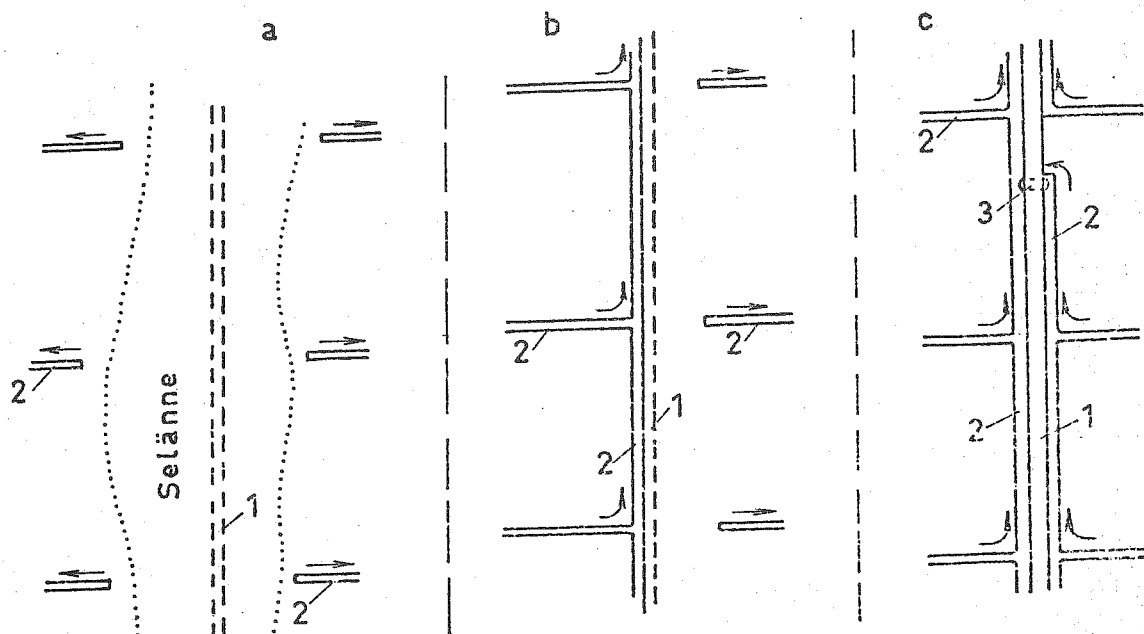
Tieverkon on talousalueella oltava niin tiheä, että pääsy talouskeskuksesta jokaiseen kohteeseen olisi helppoa ja yksinkertaista. Metsätieverkon normaali tiheytenä pidetään 1,2 km tietä yhtä metsäneliökilometriä kohti.

Tien rungon leveydeksi on valittu talouksien sisäisillä teillä 6,5 m ja peltoteilla enintään 5 m. Vastaavasti ajoradan leveydeksi talouksien sisäisillä teillä on valittu 3,5 m. Metsäteillä pidetään riittävän tierungon leveytenä 8 m. Karjateiden leveyden on oltava 10...12 m. Jos tien vieressä on yli 1,5...2 m syvä oja, jätetään tien rungon ja ojan väliin 2 m:n levyinen piennar. Jos turvekerroksen paksuus tien kohdalla on yli 1 m, jätetään tien kummallekin puolelle 3...4 m:n levyiset pientareet.

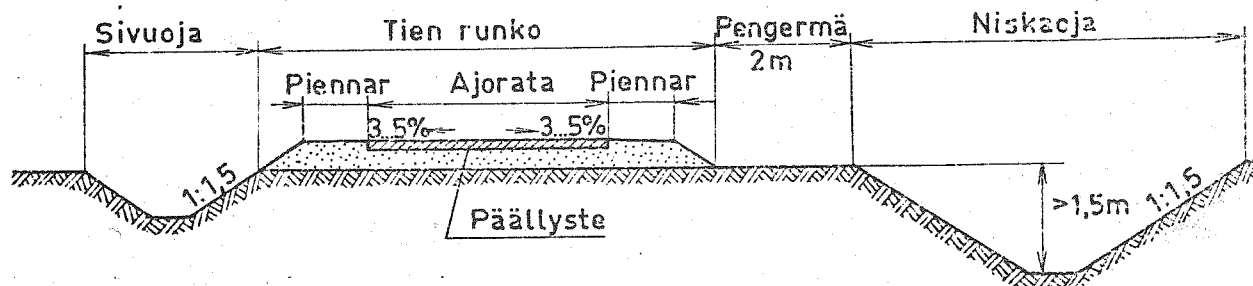
Hyvän kantokyvyn ja kestävyys omaava tie saadaan aikaan siten, että tien alusta ja runko kuivatetaan riittävän hyvin sivuojien avulla. Sivuojien syvyys mineraalimaissa on tavallisesti 0,6...1 m ja turvemaissa 1...1,5 m. Hyvin vettäläpäisevässä maaperässä (sora, hiekka) eivät sivuojat ole tarpeellisia. Jotta sadevesi poistuisi tieltä mahdollisimman nopeasti, tehdään tienpinta 3-5 % kaltevaksi sivuille päin.

Tien poikkileikkauspiirros on esitetty kuvassa 103.

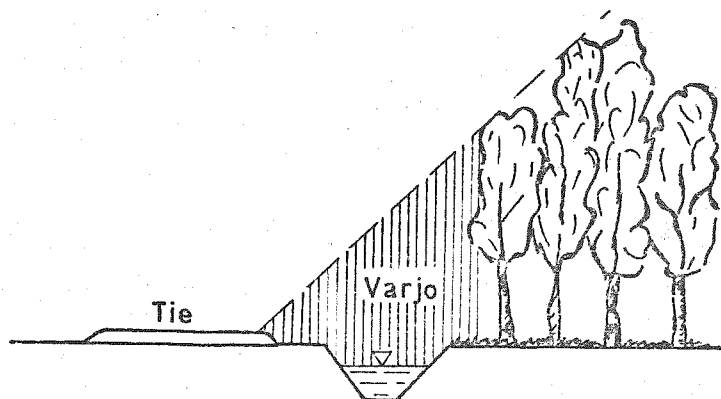
Tien rungon paksuus ei tarvitse olla kovin suuri. Tavallisesti runkoon riittää sivuojista saatu maa. Vain syviä painanteita ylitettäessä tehdään tien runko paksummaksi, jotta saataisiin tielle suotuisampi pituuskaltevuus.



Kuva 102. Tieverkon sijoitus kuivatusverkkoon nähden: a-tie kulkee pitkin selännettä, b - tie ojan reunalla, c- tie notkossa olevien ojien välissä; 1-tie, 2-oja ja 3-rumpu



Kuva 103. Tien poikkileikkaus



Kuva 104. Ojan, tien ja metsäkaistaleen keskinäinen sijoitus

Tien rungon päällyskerros ottaa vastaan liikenteestä tulevan kuorman, minkä vuoksi mainitun kerroksen on oltava riittävän tukeva ja hyvin kulutusta kestävä. Päällyskerroksen rakennusmateriaalin mukaan luokitellaan tiet maateiksi, sorateiksi ja kiviteiksi jne. Maatie on rakenteeltaan yksinkertaisin. Mikäli maalaji on sopivaa, on maatie myös riittävän tukeva ja kestävä talouksien sisäisillä teillä, pelto- ja karjateillä. Tien runko- ja päällyskerrokseen soveltuu parhaiten materiaali, jonka koostumus on seuraava: hiekkaa 60...80 %, hietaa 15...35 % ja hiesua 4...10 %. Erityisesti karkean aineksen määrä on tärkeä. Jos maaperä on tien päällyskerrokseen vähemmän soveliaista, esim. hiekkaa, savea tai turvetta, parannetaan päällyskerroksen koostumusta lisäämällä siihen hiekkaa, hietaa ja hiesua sopivassa suhteessa. Esim. jos maaperä on hiekkaa tai savensekaista hiekkaa, lisätään päällyskerrokseen savea $0,06 \text{ m}^3$ tai hyvin maatunutta turvetta $0,1 \text{ m}^3$; jos taas perusmaa on hietaa tai savea, lisätään vastaavasti hiekkaa $0,12 \text{ m}^3$. Mainitut määrät tarkoittavat tienpinnan m^2 kohti tulevia määriä. Lisäainekset sekoitetaan perusmaahan n. 15...20 cm:n paksuun kerrokseen. Hyvin paljon käytetään tien päällyskerrokseen myös pelkkää soraa. Sorakerroksen paksuus on tavallisesti 10...25 cm. Jotta sorakerrokseen saataisiin jonkin verran koheesiota, lisätään siihen esim. turvetta.

Tien päällyskerroksen laatu valitaan liikennetiheyden ja rakennusmateriaalin saannin perusteella.

Teiden rakentaminen suolle on tuntuvasti vaikeampaa kuin mineraalimaalle. Tärkeimpänä toimenpiteenä tietä suolle tehtäessä on tiealueen riittävän tehokas kuivatus. Sivuojen syvyys tulisi olla vähintään 1 m vielä painumisen jälkeenkin. Mikäli tien runkoa ei tehdä

kivennäismaasta, on tien kantavuus melko huono. Jos suolle halutaan tehdä kunnollinen tie, ajetaan turpeen päälle soraa, hiekkaa tai savipitoista hiekkaa vähintään 25 cm:n kerros. Syvillä soilla on suositeltavaa tehdä tien runko seuraavasti: ensin tehdään risukimpuista tai risuista n. 20...50 cm:n paksuinen aluskerros, risukerroksen päälle laitetaan n. 10...30 cm:n paksuinen turvekerros ja lopuksi turvekerroksen päälle 20...40 cm:n paksuinen sorapäällys.

10. Suojapuustot kuivatusalueilla

Suojapuuston merkitys

Suojapuustot (metsäkaistaleet, metsiköt) vaikuttavat ympäristöön monella tavalla ja muuttavat myös maiseman elävämmäksi. Suojametsiköt pienentävät tuntuvasti tuulen nopeutta, mistä syystä ilmakerrosten vertikaalinen sekoittuminen heikkenee ja maan pinnan lähellä oleva ilmakerros pysyy kostea-a sekä haihtuminen pienempänä. Maan lämpötila ja päiväsaikaan myös ilman lämpötila on metsäkaistaleiden ansiosta korkeampi. Tuuliesteiden vuoksi muodostuu lumipeite metsäkaistaleiden suojaamassa maastossa yhtäläisemmäksi kuin lakeudella, tuuli ei kuljeta lunta pelloilta notkoihin, minkä vuoksi maa saa keväällä lumen sulamisaikana runsaammin kosteutta. Myös syysviljat talvehtivat paksumman ja yhtäläisemmän lumipeitteen alla paremmin.

Metsäkaistaleet estävät myös eroosiota kaltevassa maastossa.

Metsäkaistaleet ja metsiköt suojaavat laiturilla olevia eläimiä tuulelta, sateelta ja auringolta; niissä elävät monet hyödylliset eläimet kuten esim. siilit ja linnut, jotka hävittävät jyrsijöitä ja hyönteistuholaisia pelloilta.

Metsiköillä on suuri merkitys maiseman kauneudelle niillä alueilla, joilla on luonnostaan vähän metsiä. Ne muuttavat yksitoikkoisen maiseman elävämmäksi.

Edellä olevan perusteella nähdään, että metsäkaistaleilla on Eestin ilmasto-olosuhteissa huomattava merkitys viljakasvien satoihin; heinäkaskusto pääsee keväällä aikaisemmin kasvun alkuun metsäkaistaleiden läheisyydessä, mistä syystä sadot muodostuvat suuremmiksi. Esimerkkinä mainittakoon eräällä tilalla v.1956 tehdyt havainnot auringonkukkasvin sadoista; 300 m:n etäisyydellä metsäkaistaleesta sadon suuruus oli 20 t/ha, 150 m:n etäisyydellä 24 t/ha ja 50 m:n etäisyydellä 32 t/ha.

On kuitenkin otettava huomioon, että metsäkaistaleilla on myös melkoinen vahingollinen vaikutus ympäristöön; niillä kasvavat puut saattavat edistää kasvisairauksien ja tuholaisten leviämistä, ne varjostavat kaistaleen läheisyydessä viljakasveja, ne suurentavat hallan esiintymistodennäköisyyttä ja niiden tuhoavaa vaikutusta, mikä hallanaroilla alueilla tuottaa suurta vahinkoa.

Metsäkaistaleiden aiheuttama vahingollinen vaikutus on kuitenkin niiden aiheuttamaan hyötyyn verrattuna vähäinen.

Metsäkaistaleiden sijoitus maastoon

Tuulensuojaksi tarkoitetut metsäkaistaleet sijoitetaan kohtisuoraan toisiaan vasten siten, että ne muodostavat suorakaiteenmuotoiset kentät. Sääntönä on, että kentän pitempi sivu on kohtisuorassa vallitsevaa tuulensuuntaa vastaan (Eestissä ovat lounais- ja länsituulet vallitsevia). Kenttien mitat ovat tavallisesti 300...400 x 1000...1500 m. Metsäkaistaleet suunnataan mahdollisuuksien mukaan

maaston korkeampien kohtien, kuten kukkuloiden, harjujen, rantavallien, hiekkasärkkien jne. kautta. Metsäkaistaleita on suunniteltava ensisijaisesti vähemmän viljaville maille sekä talouksien viljelyslohkojen ja peltojen reunoille samoin kuin teiden ja ojien viereen.

Eroosion estämiseksi tarkoitetut metsäkaistaleet sijoitetaan jyrkänteille. Ne suunnataan yhdensuuntaisiksi korkeuskäyrien kanssa. Tien tulisi metsäkaistaleeseen nähden sijaita niin, että viimeksi mainittu varjostaisi mahdollisimman vähän tietä. Tien tulisi sijaita jonkin verran metsäkaistaleesta irti. Mikäli ne ovat vierekkäin, pitäisi tien kulkea metsäkaistaleen kaakon, etelän tai lounaan puoleisella reunalla. Jos tie, oja ja metsäkaistale ovat rinnakkain, olisi oja suunniteltava tien ja metsäkaistaleen väliin, jotta metsäkaistale paremmin suojaisi ojaa auringolta ja hidastaisi vesikasvuston kasvua ojassa. Metsäkaistaleen on tässä tapauksessa sijaittava ilmansuuntaan nähden siten, että oja jää metsän suojaan (kuva 104).

Puuston laatu metsäkaistaleilla

Metsäkaistaleen muodostavan puuston täytyy kestää sekä tuulta että kylmyyttä. Eestin olosuhteisiin soveltuvista puulajeista mainittakoon mänty, kuusi ja koivu. Kuusi soveltuu parhaiten sopivan kosteille hiekka-, savi- ja savihiekkamaille sekä somerikkomaille; mänty puolestaan hiekkamaille, raskaille hiekkasavimaille ja välisoille; koivu taas mutasoille. Lisälajeina soveltuvat käytettäväksi kuivilla maille pähkinäpuu ja kataja ja soistuneilla maille tervaleppä. Joskus istutetaan metsäkaistaleille myös hedelmäpuita ja marjapensaita.

Tuulensuojaksi tarkoitettujen kaistaleiden leveys on tavallisesti 7...15 m, siinä on 2...5 puuriviä rivivälin ollessa 2...3 m. Puiden keskinäinen etäisyys rivissä on 1...2 m ja pensaiden vastaavasti 0,50...0,75 m (pähkinäpuilla 3...4 m).

Metsäkaistaleiden tulisi laskea jonkin verran tuulta läpi, jotta niiden vaikutus tuulennopeuden vähentäjänä olisi tehokkain. Tiheä täysin tuultaläpäisemätön metsikkö edistää yöhallan esiintymistä ja lumen kasaantumista, eikä ole sen vuoksi suositeltava.

PURKUVESISTÖN JÄRJESTELY

1. Purkuvesistöille asetettavat vaatimukset

Kuivatusverkon pääoja laskee vetensä purkuvesistöön, jona saattaa olla

a) vesiuoma - joki, puro, kanava, oja

b) vesiallas - meri, järvi, tekojärvi

c) notko, laakso

d) maan sisällä oleva vesitila - hyvin vettäläpäisevä maakerros (hiekkä, sora), joka kykenee ottamaan vastaan ja johtamaan pois tulevan veden. Myös karstimuodostumat voivat toimia maan sisäissä olevana vesitilana.

Kuivatusverkon normaali toiminta ja kuivatusteho riippuvat lähes kokonaan purkuvesistön kunnosta. Gaikka kuivatusverkon kaikki osat - detalji-, piiri- ja perusverkko - on rakennettu kuinka hyvin tahansa, ei kuivatus voi olla tehokkainta, jos purkuvesistö ei vastaa sille asetettuja vaatimuksia. Vieläpä maa-alueen liikakosteus ja kuivatustarvekin riippuvat usein suurella määrällä pur-

kuvesistön epätyytyttävästä kunnosta. Jotta purkuvesistö kykenisi täyttämään tehtävänsä, tulisi sen vastata seuraavia vaatimuksia:

1. Purkuvesistön on oltava vastaanotto- ja johtokyvyltään riittävä hyvä, jotta se ei aiheuttaisi itse kuivatusverkossa tarpeetonta padotusta.

Purkuvesistön tilaa mainitussa suhteessa tarkkaillaan kylvö- ja korjuuajan keskimääräisen virtaaman ja kasvukauden maksimivirtaaman perusteella. Vedenkorkeus purkuvesistössä edellä mainituilla kausilla ei saa olla suurempi kuin vastaavana aikana patoamaton vedenpinnan korkeus laskevissa pääojissa. Purkuvesistön ylikuormituksesta aiheutuva padotus kuivatusverkkoon sallitaan vain siinä tapauksessa, että se rajoittuu pääojan alaosaan.

2. Purku-uoman on oltava stabiili

Useinkaan purkuvesistöt eivät luonnon tilassa vastaa edellä mainittuja vaatimuksia:

vedenkorkeudet ovat liian suuria ja uomat epästabiileja.

2. Syitä, jotka aiheuttavat purkuvesistön toiminnassa häiriöitä

Purku-uoman korkea vedenpinta ja puutteellinen johtokyky saattavat johtua seuraavista syistä:

a) vesikasvusto, liete, kivet, kannot ym. ovat tukkineet uoman, pienentäneet poikkileikkausta ja suurentaneet uoman karkeutta, minkä vuoksi veden virtausnopeus suurenee ja vedenkorkeudet tulevat aikaisempaa suuremmiksi;

b) uoman poikkileikkaus on mitoitettu liian pieneksi;

c) uomassa saattaa esiintyä suuruudeltaan ja muodoltaan hyvin erilaisia poikkileikkauksia, ts. uomassa vaihtelevat leveät ja kapeat kohdat, syvät ja matalat kohdat, mistä syystä virtaus muuttuu epätasaiseksi ja syntyy kohtia, jotka aiheuttavat paikallisia patoumia;

d) uoma on mutkainen, mistä syystä kaltevuuden ja virtausnopeuden pieneneminen aiheuttavat vedenpinnan nousua; mutkaisuus aiheuttaa lisäksi uomassa paikallisia energiahäviöitä, mitkä myös osaltaan aiheuttavat vedenpinnan nousua;

e) uomassa esiintyy teknillisiä rakenteita, kuten patoja, sulkuja, siltoja, rumpuja ym., jotka padottavat vedenpintaa;

f) vesistöalueen erikoisominaisuudet saattavat aiheuttaa purku-uoman virtaamissa suuria vaihteluja, joista puolestaan aiheutuvat äkilliset vaihtelut vedenkorkeuksissa; vedenkorkeus saattaa yliveden aikana nousta hyvinkin suureksi ja aiheuttaa tuhoisia tulvia laajoilla alueilla.

Vedenpinnan korkeus järvessä saattaa johtua seuraavista syistä:

- a) järven laskujoki on johtokyvyltään huono ja aiheuttaa padotusta;
- b) järven varastotila on pienempi, mistä syystä vedenpinta yliveden aikana nousee korkealle.

3. Jokijärjestelyt

Jos purkuvesistönä oleva joki ei täytä edellä lueteltuja vaatimuksia, on siinä pantava toimeen järjestely. Lähinnä maanparannukseen tähtäävällä jokijärjestelyllä luodaan uomaan pysyvästi sellaiset vedenkorkeudet, että ne eivät ole esteenä kuivatusverkon normaalille toiminnalle.

Edellä mainittu vaatimus vesiuoman kohdalla saavutetaan siten, että suurennetaan uoman johtokykyä. Järjestelytoimenpiteet riippuvat niistä syistä, jotka aiheuttavat purku-uoman toiminnassa häiriöitä. Jokijärjestelyyn liittyviä toimenpiteitä ovat: uoman perkaus, uoman syventäminen, uoman oikaisu, uoman kunnostaminen ja padotusta aiheuttavien tekijöiden eliminoiminen. Vesiuoman epätydyttävä toiminta saattaa usein johtua monesta syystä, minkä vuoksi siihen on samanaikaisesti sovellettava myös useampia järjestelytoimenpiteitä.

Jokijärjestelyillä saadaan aikaan sitä parempia tuloksia, mitä täydellisemmin on onnistuttu saamaan aikaan pysyvä uoma ja uomaan tasainen virtaus. Koko virtaamien vaihtelualueilla olisi virtausnopeudet pysytettävä sellaisena, että ne eivät aiheuta uomassa liettymistä, ruohottumista eivätkä syöpymistä.

Järjestelyn vaikutus ei rajoitu ainoastaan siihen osaan uomaa, jossa se toteutetaan, vaan myös mainitun osan ylä- ja alapuolelle. Järjestelyn johdosta vedenpinta joessa alenee, tulvat luhdilta vähenevät tai loppuvat kokonaan. Järjestely aiheuttaa jossain määrin vedenpinnan alenemista myös järjesteltävän uoman osan yläpuolella, jossa siis tulva-alueet myös pienenevät. Sen sijaan järjestelykohdan alapuolella virtaamat suurenevät, koska varastoaltaat yläpuolella pienenevät. Tämän johdosta tulva-alueet järjestelykohdan alapuolella suurenevät. Jotta välyttäisiin mainitusta haitasta, tulotetaan jokijärjestelyt niin kauaksi alaspäin, että uoman johtokyky on riittävän hyvä tai uoma niin syvässä laaksossa, että tulva-alue jää vähäiseksi.

Uoman perkaus ja syventäminen

Hyvin usein johtuu korkea vedenpinta joessa siitä, että risut, liehte ja vesikasvusto ovat tukkineet uoman. Vesikasvusto kehittyy tehokkaasti silloin, kun veden virtausnopeudet ovat pieniä (alle 0,5 m/s). Taistelu vesikasvustoa vastaan antaa harvoin hyviä tuloksia, sillä esim. niittämällä kasvustoa ei saada häviämään. Vain silloin, kun kasvusto tuhotaan juurineen, siitä päästään eroon.

Purku-uomat perataan tavallisesti samanaikaisesti uomaan kohdistuvien toimenpiteitten kanssa. Perkauksessa käytetään rannalla liikkuvia tai uivia uksikauhaisia kaivukoneita sekä myös pumppuja. Jälkimmäiset soveltuvat vain sellaisen uoman puhdistamiseen, jossa ei ole vesikasvustoa. Uomaa perattaessa häviävät myös virtausta vastustavat esteet. Uoman korkeus pienenee sen johdosta ja vastaavasti vedenkorkeudet alenevat.

Jos peratussa uomassa vedenpinta edelleen pysyttelee korkealla, johduttama poikkileikkauksen pienuudesta. Uoman poikkileikkaukselta on tällöin suurennettava. Poikkileikkauksen suurentaminen voi tapahtua joko uomaa syventämällä ja leventtämällä tai vain syventämällä, jos leveys on riittävä. Vaikka uomaa syvennettäessä sitä myös tavallisesti levennetään, nimitetään toimenpidettä kuitenkin yksinkertaisesti vain uoman syventämiseksi. Sopiva poikkileikkaus eli ns. normaalipoikkileikkaus uomia syvennettäessä määrätään hydraulisin laskelmin. Poikkileikkaus pyritään sovittamaan vanhaan poikkileikkaukseen siten, että ruohottuneet ja stabiilit luiskat jäävät koskemattomiksi tai ainakin toinen niistä.

Usein sattuu, että kerran syvennettyä vesiuomaa joudutaan muuttamaan vuoden tai vuosikymmenen kuluttua syventämään uudestaan. Tämä voi johtua uoman vaikutusalueeseen kuuluvien maiden kuivatus-
tehokkuuden lisääntymisestä, turpeen painumisesta tai jostain muusta vastaavasta syystä.

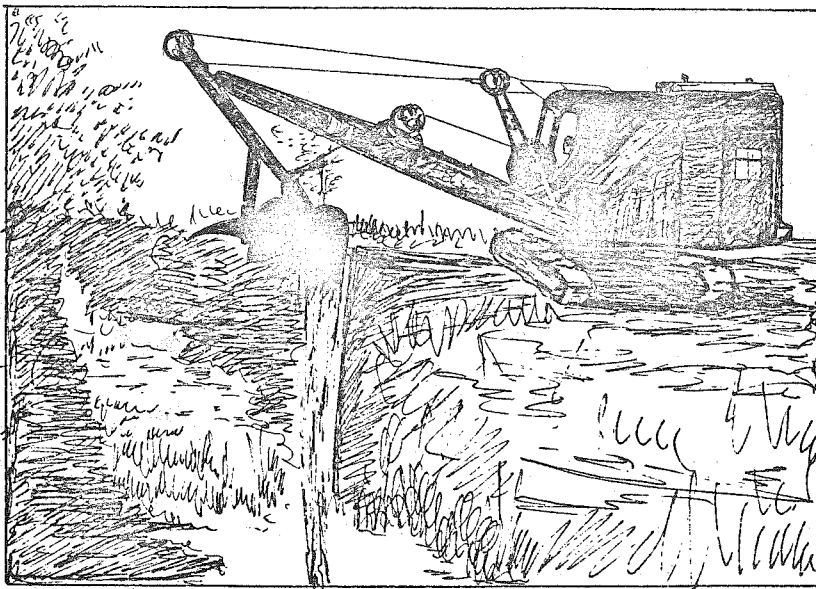
Uomaa syvennettäessä käytetään samoja koneita kuin uomaa perat-
taessa.

Uoman kaventaminen

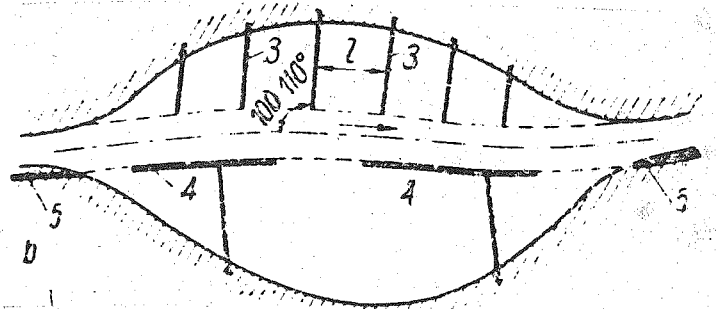
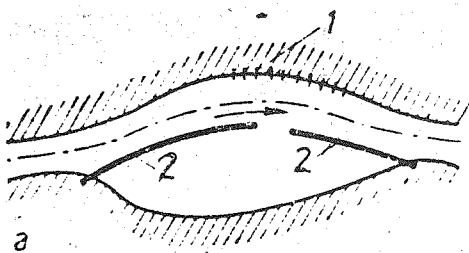
Jos vesiuoman epätyytyttävä kunto johtuu uoman epäsäännöllisyydestä, jolloin siis kapeat ja leveät kohdat vaihtelevat, on uoma tehtävä muodoltaan säännölliseksi. Tämä toimenpide vaatii uoman tiettyjen osien syventämistä ja leventämistä ja tiettyjen osien kaventamista. Jos uomassa esiintyy pysyviä syvänteitä, niihin ei puututa, vaikka uoma mainituissa kohdissa olisikin ylileveä. Uoman kaventaminen on perusteltua silloin, kun uoman leveys on vähintään kaksi kertaa tarvittavaa leveyttä suurempi.

Uoma kavennetaan joko pitkittäi- tai poikittaispadoilla.

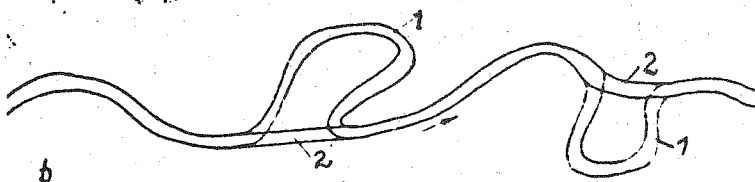
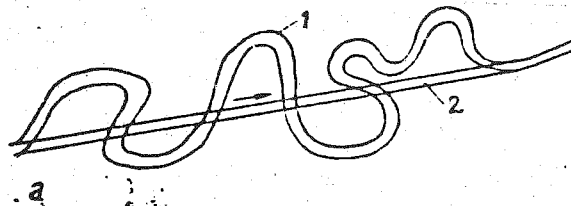
Poikittaispato muodostuu padon osista, jotka sijaitsevat virtaukseen nähden poikkisuunnassa muodostaen sen kanssa noin 100° ... 110° kulman vastavirtaan (kuva 106). Kun poikittaispadot on suunnattu virtaan nähden edellä mainitulla tavalla, suuntautuu uomassa tapahtuva virtaus uoman keskikohdalle, jolloin veden syövyttävä vaikutus rannan ja poikkipadon yhtymäkohdassa pienenee. Samasta syystä lietteen laskeutuminen poikkipatojen väliin nopeutuu, mistä syystä ne myös täyttyvät nopeammin. Poikittaipatojen keskinäiseksi etäisyydeksi valitaan niiden 1,0...1,5-kertainen pituus tai



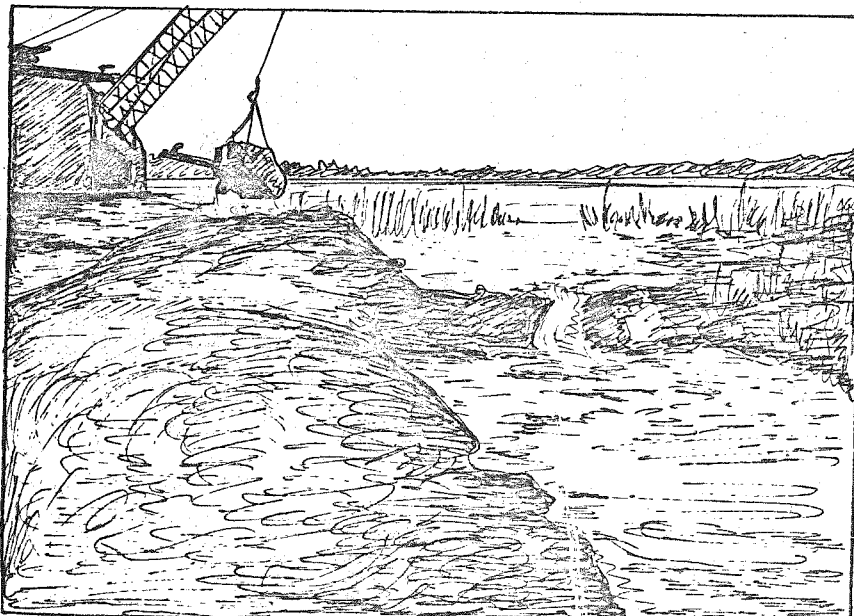
Kuva 105.
Kaivukone puhdistamas-
sa lietittyntä ja pen-
soittunutta uomaa



Kuva 106. Uoman kaventaminen: 1-vahvistettu luiska; 2-pitkittäis-
padot; 3-poikittaispadot; 4- rantaan tuetut pitkittäispadot ja
5-uusi rantaviiva.



Kuva 107. Jokiuoman oi-
kaisu: a- perusteelli-
nen oikaisu; b-osittai-
nen oikaisu:-
1- entinen uoma
2- uusi uoma



Kuva 108.
Moodasjärven lasku Vo-
russa, pääuoman kaivu
on edistynyt järvelle
asti.

0,50...0,75-kertainen normaalipoikkileikkauksen leveys. Poikittaispatojen harjan tulee ulottua n. 0,3...0,5 m keskimääräisen vedenpinnan yläpuolelle. Jos pato on rakenteeltaan heikko, on harjakorkeuden jätävä jäiden kulkusyvyiden alapuolelle. Vahvarakenteisilla poikittaispadoilla voi harja ulottua aina rannan korkeudelle saakka. Mikäli poikittaispadot tässä tapauksessa sijaitsevat uoman kummallakin puolella, on niiden väliin jäävän vapaan virtausleveyden oltava vähintään yhtä suuri kuin normaalipoikkileikkauksen leveys.

Pienissä vesiuomissa muodostuvat poikittaispadot tavallisesti 1...2 m:n etäisyydellä toisistaan olevista punotuista aidoista, jotka 2...3 m:n välein yhdistetään keskenään samanlaisilla aidoilla. Suuremmissa uomissa tehdään poikittaispadot kiviheitokkeesta tai risukimpuista. Poikkileikkaus on puolisuunnikkaan muotoinen. Risukimpuita tehtyjen patojen päällysleveys on 2...3 m ja luiskan kaltevuus 1:1, kiviheitokkeesta tehtyjen patojen päällysleveys on 1...2 m ja luiskan kaltevuus 1:1,5.

Poikittaispatojen tulisi ulottua rantaan vähintään 1...2 m:n pituudelta.

Poikittaispatojen välit täyttyvät vähitellen laskeutuneesta lietteestä, jolloin muodostuu uusi rantaviiva.

Pitkittäispadot kulkevat puolestaan rinnakkain uoman akselin suuntaisena, jolloin niiden väliin jää vapaalle virtaukselle normaali-poikkileikkauksen mukainen aukko (kuva 106 a). Pitkittäispadot rakennetaan samoista materiaaleista ja poikkileikkausmuodoltaan samanlaisina kuin poikittaispadot. Suoritetut kokeet ovat osoittaneet, että patojen takaosat täyttyvät laskeutuneesta lietteestä nopeammin

silloin, kun patojen väliin jätetään aukot ts. pato muodostuu toisistaan erillä olevista pätkistä, jotka yhdistetään rantaan tukipadoilla. Pitkittäispatojen välissä olevien aukkojen leveyden tulisi olla n. 1,5...2,0 kertaa ja padon yksityisten osien pituuksien noin 2...3 kertaa suuremmat kuin normaalipoikkileikkauksen leveys (kuva 106 b). Pitkittäispadot tehdään saman korkuisiksi kuin poikittäispadot.

Kummallakin patotyyppillä on hyviä ja huonoja puolia. Poikittäispadot tulevat yleensä pitkittäispatoja halvemmiksi, niiden käyttö on helppoa, mutta niiden välit täyttyvät lietteestä hyvin hitaasti. Pitkittäispadot alkavat vaikuttaa heti rakentamisen jälkeen, mutta niiden kustannukset ovat tavallisesti suuremmat kuin poikittäispatojen ja niiden rakentamisen jälkeen ei ole enää mahdollista muuttaa uomaa normaalipoikkileikkauksen leveyttä.

Uoman oikaisu

Uoman oikaisulla suurennetaan uoman kaltevuutta ja poistetaan mutkien aiheuttamat paikalliset painehäviöt uomasta.

Virtausnopeus mutkittelevassa joessa on pieni. Vesikasvisto tukkii helposti tällaiset uomat, jolloin virtausnopeus entisestään pienenee ja vedenpinta vastaavasti nousee. Vedenpinta saattaa joessa olla jopa kesän alivesikaudellakin liian korkea. Monessa joessa saattaa mutkaisuuskerroin (luku, joka osoittaa montako kertaa uoma on suoraviivaista uomaa pitempi) nousta kahteen jopa kolmeenkin. Kaltevuus on mutkaisessa uomassa vastaavasti yhtä monta kertaa pienempi. Uomaa oikaistaessa uoman pituus lyhenee, kaltevuus ja virtausnopeus suurenevät ja poikkileikkaus pienenee. Jos esim. joki-

osan pituus uoma oikaistaessa lyhenee puoleen, suurenee nopeus 40...50 %, jolloin myös poikkileikkaus pienenee yhtä paljon. Uoman oikaisulla on virtausolosuhteisiin varsin suuri vaikutus. Toisaalta liiallinen uoman oikaisu saattaa vaikuttaa myös epäedullisesti. Virtausnopeus saattaa nimittäin kasvaa niin suureksi, että uoma alkaa syöpyä.

Uoman oikaisun tarkoituksena on saada aikaan uomaan tasainen virtaus ja virtausnopeus sellaiseksi, että uomassa ei tapahdu tehokasta liettymistä, ruohottumista eikä syöpymistä. Edellä mainittujen lisäksi olisi uoma saatava myös stabiiliksi. Virtausnopeus, joka täyttää edellä luetellut vaatimukset vaihtelee 0,5...0,8 m/s. Kestävissä maa- ja vesilajeissa voi yläraja olla jopa 1,2 m/s. Mainittu virtausnopeus uomassa saavutetaan tapauksesta riippuen esim. uoman perusteellisella oikaisulla tai vain uoman tiettyjen osien oikaisulla (kuva 107). Uoma oikaistaan perusteellisesti silloin, kun vanha uoma on mutakainen, poikkileikkaus pieni ja silloin, kun virtausnopeuden suurentaminen vaatii huomattavan kaltevuuden lisäyksen. Vain tiettyjä uoman osia oikaistaan silloin, kun uoman mutkaisuus on vähäinen, poikkileikkaus riittävä ja kaltevuus melko suuri.

Kun uoma on oikaistu, suljetaan tarpeettomaksi jäänyt vanha uoma yläpäästä tai täytetään vanha uoma kokonaan uuden uoman kaivumas- soilla. Viime mainittua tapaa on suositeltava ainakin asutusalueilla käytettäväksi.

Vesiuoman linjan, poikki- ja pituusleikkauksen suunnittelu jokijärjestelyissä

Jokijärjestelyjen yhteydessä joudutaan tavallisesti määräämään uomalle linja ja sopivat poikkileikkaukset. Jos joki on luonnostaan

suora tai hiukan mutkitteleva, ei sen suuntaan tehdä tavallisesti muutoksia, vaan uoma joko perataan, syvennetään tai kavennetaan.

Jos uoma kulkee epästabiileissa tai louhintaa vaativissa maalajeissa, saattaa uuden uoman tekeminen kokonaan vanhan viereen osoittautua tarkoituksenmukaiseksi, jos maaperä luo tähän edellytykset.

Esimerkkinä mainittakoon Navestinjoen keskiosan järjestely. Vanha uoma oli täydellisesti louhikon sisässä. Uusi uoma tehtiin n. 4,5 km:n pituudelta entisen viereen. Tällöin saavutettiin tuntuva säästö kaivukustannuksissa, koska uuden uoman kohdalla louhikko oli syvemmällä.

Tarkoituksenmukaisen linjan valinta mutkaisella joen uomalla on vaikea tehtävä. Uomaa oikaistaessa uoman kaltevuus ja virtausnopeus uomassa suurnevät. Onnistuneella linjan valinnalla voidaan uomassa saavuttaa tasainen virtaus ja sellainen virtausnopeus, että virtaamavaihteluista huolimatta uomassa ei tapahdu liettymistä, ruohottumista eikä syöpymistä. Sen vuoksi linjaa valittaessa olisikin pyrittävä uoman optimikaltevuuteen.

Linjaa valittaessa olisi otettava huomioon lisäksi ainakin seuraavat vaatimukset:

- a) oikaisu tulisi suunnattava joenluhdilla likimain samansuuntaiseksi yliveden aikaisen virtauksen kanssa, jotta välyttäisiin uoman liettymiseltä mainittuna aikana;
- b) oikaisu tulisi yhdistää vanhaan uomaan joustavasti;
- c) epästabiileja ja louhintaa vaativia maalajeja olisi vältettävä;
- d) uoma olisi sijoitettava turvemailla alapuolisen kivennäismaan alimpiin kohtiin.

Optimikaltevuus määrätään kaavoilla (62) ja (63). Laskelmat suoritetaan sekä kevään maksimivirtaamaa ja sallittua virtausnopeuden

maksimia käyttäen että kesän keskimääräistä virtaamaa ja sallittua virtausnopeuden minimiä käyttäen. Laskelmat osoittavat, onko valittu ratkaisu mahdollinen. Kielteisessä tapauksessa on sallittuja nopeuden arvoja laajennettava tavallisesti alarajaa pienentämällä. Mikäli nopeuden alarajaa joudutaan pienentämään, estetään kylläkin uoman syöpyminen, sen sijaan uoman liettymis- ja ruohottumisvaara ei ole enää täysin torjuttu. Missään tapauksessa virtausnopeus ei saa olla pienempi kuin 0,20 m/s.

Esimerkki. Määrättävä optimikaltevuus oikaisulinjalle seuraavien tietojen perusteella: maanpinnan kaltevuus jokilaaksossa on 0,7 %, vedenpinnan kaltevuus 0,2 %: arvioidut virtaamat - kevään maksimivirtaama $Q_{kev} = 42 \text{ m}^3/\text{s}$, kesän keskimääräinen virtaama $Q_{suv} = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$; karkeusluku $n = 0,30$; luiskakerroin $m = 1,75$; sallitut virtausnopeudet - maksimi 1,2 m/s ja minimi 0,5 m/s.

Ratkaisu. Ensiksi saadaan optimikaltevuuden maksimi käyttämällä maksimivirtaamaa ja sallittua maksiminopeutta. Kaavalla 63 saadaan hydraulisesti edullisimmalla poikkileikkauksella

$$R = \sqrt{\frac{Q}{\sigma V}} = \sqrt{\frac{42,0}{9,13 \cdot 1,2}} = 1,96 \text{ m},$$

σ on saatu taulukosta 26. Sen jälkeen saadaan kaavalla (62)

$$i_{opt} = \frac{V^2}{C^2 R} = \frac{1,2^2}{38,8^2 \cdot 1,96} = 0,00049 \quad 0,5 \text{ \%}. \text{ Oikaisulinjan kaltevuus ei saa olla suurempi kuin } 0,5 \text{ \%}, \text{ jotta uoma ei syöpyisi.}$$

Optimikaltevuuden minimiarvo saadaan vastaavasti käyttämällä minimivirtaamaa ja sallittua miniminopeutta.

Kaavoja 62) ja (63) käytettäessä on otettava huomioon, että ne antavat täsmällisiä tuloksia vain hydraulisesti edullisimmalla poikki-

leikkauksella. Maksimivirtaamalla tämä vaatimus onkin likimain täytetty, sen sijaan aliveden aikana vesisyvyyden ja pohjaleveyden suhde ei vastaa enää hydraulisesti edullisimman poikkielikkauksen vaatimuksia. Todellinen virtausnopeus on tällöin jonkin verran pienempi, minkä vuoksi kaavoihin (62) ja (63) on virtausnopeus otettava n. 10 % suuremmaksi, joten 0,50 m/s:n sijasta käytetään arvoa 0,55 m/s. Tällöin saadaan

$$R = \sqrt{\frac{1,0}{9,13 \cdot 0,55}} = 0,44 \text{ m ja}$$

$$i_{\text{opt}} = \frac{0,55^2}{26,7 \cdot 0,44} = 0,00097 = 0,97 \text{ \%}$$

Jotta virtausnopeus aliveden aikana ei olisi 0,5 m/s pienempi, täytyisi kaltevuuden olla siis vähintään 0,97 %, eli suurempi kuin edellä saatu optimikaltevuuden maksimi. Näin ollen tehtävässä asetettuja vaatimuksia ei voida täyttää.

Nos nopeutta suurennetaan uoman syöpyminen ilmeistä, joten kaltevuus ei voi olla suurempi kuin 0,5 %. Jos sen sijaan alennetaan miniminopeutta arvoon 0,4 m/s (laskelmissa 0,44 m/s) saadaan

$$R = \sqrt{\frac{1,0}{9,13 \cdot 0,44}} = 0,50 \text{ m ja}$$

$$i_{\text{opt}} = \frac{0,44^2}{27,8^2 \cdot 0,5} = 0,00050 = 0,5 \text{ \%}$$

Näin ollen kaltevuudella 0,5 % pysyy virtausnopeus uomassa 0,4...1,2 m/s rajoissa.

Koska joessa vedenpinnan kaltevuus on 0,2 % ja jokilaakson kaltevuus 0,7 %, on jokea osittain oikaistava siten, että kaltevuus suurenee 0,2 %:sta 0,5 %:een.

Uoman poikkileikkauksen valinnassa on ratkaistava kaksi tehtävää:

- 1) uoman poikkileikkaukselle on löydettävä stabiili muoto;
- 2) poikkileikkaukselle on määrättävä tarpeelliset mitat.

Poikkileikkauksen muotoa määrättäessä on otettava huomioon maaperän ominaisuudet, tutkittava luiskien stabiilisuutta ja syöpymiskestävyyttä. Luotettavimmat tiedot luiskien pysyvyydestä saadaan tutkimalla vanhan uoman muotoa suorilla osilla. Oikaisu-uoman poikkileikkaukselta määrättäessä on esikuvaksi otettava vanhan uoman pysyvä luonnonmukainen poikkileikkaus. Se voi olla maaperän ominaisuuksista riippuen joko puolisuunnikkaan tai paraabelin muotoinen.

Uoman poikkileikkauksen mittojen määrittämisessä on eräänä oleellisena lähtösuurena arvioitu virtaama, joka saadaan hydraulisin laskelmin. Edellisessä pääkappaleessa on tätä kysymystä käsitelty pääojien mitoituksen yhteydessä. Samat menetelmät pätevät suurin piirtein myös jokivesistöihin. On kuitenkin otettava huomioon, että purkuvesistöinä toimivat jokien vesistöalueet ja virtaamat ovat yleensä suuria. Vesistöalueen ominaisuuksilla on virtaamien suuruuteen oleellinen merkitys. Virtaamien määrittäminen tapahtuu parhaiten ja luotettavimmin hydrologisten havaintojen perusteella. Mikäli kyseessä olevalla vesistöalueella ei ole tehty havaintoja, verrataan sitä vastaavaanlaiseen vesistöön, josta on olemassa havaintoja.

Joen järjestelysuunnitelmaa laadittaessa on tarkoituksenmukaista käyttää seuraavaa järjestystä:

- a) laaditaan virtausolosuhteiden ja kaltevuuden selvittämistä varten uomasta skemaattinen pituusleikkaus, johon merkitään maanpinta, vedenpinta ja uoman pohja;
- b) verrataan saatua pituusleikkausta ja vastaavaa karttaa ja määrätään optimikaltevuutta silmälläpitäen uoman oikaisuaste (osit-

tainen tai täydellinen); mikäli oikaisu on vain osittainen, valitaan tarkoituksenmukaiset oikaisukohdat (jyrkät mutkat sekä uoman osat, joissa poikkileikkaus on pieni ja kaltevuus vähäinen jne.).

Oikaisulinjaa valittaessa tulisi mahdollisimman paljon käyttää hyväksi vanhaa uomaa, jotta kaivumassat jäisivät mahdollisimman vähäisiksi. Maaperän geologinen rakenne on myös otettava huomioon linjaa valittaessa. Uuden uoman kaarresäteet määrätään kaavan (41) avulla.

Kun linja on määrätty, sopivan muotoinen poikkileikkaus valittu ja virtaamat arvioitu, laaditaan uomasta pituusleikkaus. Pituusleikkaus laaditaan likimain samalla tavalla kuin pääojankin osalta (ks. edellinen pääkappale). Kaikki järjesteltävään osaan laskevat pääojat selvitetään ja merkitään pituusleikkaukseen. Pääojien vedenkorkeuksien perusteella piirretään myös järjesteltävään uomaan vedenpintaa osoittava viiva.

Uoman lopullinen mitoitus tapahtuu tarkasti hydraulisin laskelmin. Mitoitukseen käytetään edellisessä pääkappaleessa annettuja kaavoja tai siinä suositeltuja taulukoita ja nomogrammeja.

Jotta jokea voitaisiin käyttää myös uittoon, vesiliikenteeseen ja muihin tarkoituksiin, on järjestelysuunnitelmaa laadittaessa otettava huomioon teknilliset vaatimukset, jotka ne asettavat uomalle. Esim. irtouitto vaatii vähintään 0,45 m:n vesisyvyyden ja nippu-uitto vastaavasti 0,6 m:n vesisyvyyden.

Muut järjestelytoimenpiteet

Jos vesiuomassa esiintyy padotusta, on sen aiheuttajat poistettava. Padotusta aiheuttavat merkityksettömät rakenteet on poistettava uoman tarkastuksien yhteydessä. Jos padotusta aiheuttaa rumpu, on se rakennettava uudelleen joko läpimittaa suurentamalla tai siirtämällä se alemmaksi, jotta sen padottava vaikutus häviäisi. Sillan alustat on syvennettävä ja tarvittaessa vahvistettava. Tällöin on pidettävä huolta siitä, ettei sillan stabiilisuus tule huonommaksi. Toisaalta vettä padotaan monia tarkoituksia varten, pääasiassa kuitenkin vesienenergian käyttöä varten (myllyt, vesivoimalaitokset). Jos padotus aiheuttaa suurta vahinkoa ympäröiville maille tulvan tai pohjaveden nousun muodossa, on harkittava padotuksen alentamista tai jopa kokonaan sen lopettamista. Mikäli padotus aiotaan alentaa tai kokonaan poistaa, on kysymystä harkittava kansantalouden kannalta otettava huomioon padotuksen kansantaloudellinen tuotto ja maataloudelle aiheutuva vahinko. Padotusaltaan vaikutusalueella oleva pääoja tulisi suunnata jokeen padon alapuolella. Jos tällainen järjestely ei ole mahdollista, on pääojasta tuleva vesi pumpattava varastoaltaaseen.

Purkuvesistön järjestely on usein hyvin kallista. Kun järjestely voidaan toteuttaa monella eri tavalla, on harkittava eri vaihtoehtoja ja valittava teknillisesti ja taloudellisesti tarkoituksenmukaisin ja perustelluin ratkaisu. Vesistön järjestelyn asemesta voidaan kuivatusverkon normaali toiminta saavuttaa myös muilla toimenpiteillä. Näistä mainittakoon virtaamien säännöstely joko varastoaltaiden tai metsäkaistaleiden avulla, oäöjan suuntaaminen toiseen vesistöön, pengerryskuivatus, pääöjan suuntaaminen jokeen kosken alapuolelle jne.

Vesistön järjestelyssä on otettava huomioon maatalouden lisäksi myös muiden intressipiirien, kuten vesiliikenteen, voimatalouden, vesihuollon, kalastuksen jne. tarpeet. Samoin on otettava huomioon luonnonsuojelun vaatimukset. Järjestelytöiden suorittamiseen tarvitaan Metsätalous- ja Luonnonsuojeluministeriön lupa.

4. Vesialtaiden järjestely

Vesialtaiden järjestelyllä ymmärretään niiden vedenkorkeuksien muuttamista maatalouden tai jonkin muun intressipiirin hyödyksi. Maatalouden etu vaatii tavallisesti vesialtaissa vedenkorkeuden alentamista. Voimataloudelle ja kalastukselle tulevaa hyötyä ajatellen on vedenkorkeuksia usein nostettava entisestään.

Vesialtaista saattavat järjestelyn piiriin kuulua järvet, lammet ja joskus myös merenlahdet. Järvien rantamaat ovat usein matalia ja soistuneita, minkä vuoksi järveen laskevat pääojat tulvivat varsin usein. Maatalous- ja metsämaiden kuivattamista ajatellen joudutaan siis vedenkorkeuksia alentamaan. Tällöin on otettava huomioon myös vesiliikenteen, uiton, kalastuksen, vesihuollon, terveydenhoidon, luonnonsuojelun ja muiden intressipiirien vaatimukset. Mainittujen etupiirien edut ja vaatimukset huomioon ottaen määrätään altaalle sopiva vedenpinnan korkeus.

Matalat ja pienet vesialtaat on yleensä tarkoituksenmukaista kuivattaa kokonaan, jolloin veden alta vapautunut pohja otetaan maatalouden käyttöön, ensisijaisesti niityksi. Suurempia altaita lasketaan vain osittain.

Altaiden vedenpintaa alennettaessa johdetaan osa altaan vedestä pois ja pidetään vedenpinta vastaisuudessa uudella tasolla. Jos järvestä lähtee laskujoki, voidaan vedenpinnan lasku hoitaa uomaa syventämällä. Uomalle määrätään sellainen poikkileikkausmuoto ja tasausviiva, että altaassa päästään suunniteltuun vedenkorkeuteen. Lasku-uomaa mitoitettaessa on otettava huomioon altaan pidätkyky, minkä vaikutuksesta maksimivirtaamat järvestä lähtevässä joes- sa pienenevät.

Laskujoettomia järviä laskettaessa saattaa avoimen lasku-uoman kaivaminen esim. korkean selänteen läpi muodostua liian kalliiksi. Tällaisissa tapauksissa saattaa tulla kysymykseen halvempaa ratkaisuna putkijohto, jonka sijoittamista varten tarvitaan ainoastaan ka-
pea, tilapäinen kaivanto. Putkijohdon yläpää on varustettava ver-
kolla ja putkelle saatava vähintään 5 %:n kaltevuus.

Jos gravitaatiovirtausta ei ole mahdollista saada aikaan, käytetään eräissä tapauksissa pumppausta, jota varten rakennetaan pumppu-
asema. Eräissä tapauksissa saattaa tulla järvenlaskussa kysymykseen
vertikaalikuivatus ts. vesi joddetaan syvempiin vettäläpäiseviin
kerroksiin.

Tyhjäksi lasketun järven pohja kuivatetaan avo-ojilla tai salaojil-
la. Kyntö suoritetaan syväkyntönä ja tarvittaessa käytetään kalkki-
lannoitteita.

Eestissä on alennettu Peipsi-, Endla-, Elistvere-, Kaiaverejärven
ja monen muun järven vedenpintaa.

Koska järvenlaskut huonontavat aina vesistön ominaisuuksia ja mai-
semaa, on mainittuihin hankkeisiin suhtauduttava kielteisesti. Jär-

venlaskut tulevat kysymykseen vain siinä tapauksessa, että niiden avulla saatu kansantaloudellinen tuotto ylittää kaikki vedenpin-
nan alentamisesta aiheutuneet vahingot.

ERIKOISKUIVATUSTAVAT

Edellä käsiteltyjen kuivatustapojen - avo-ojitus- ja salaojitus-
kuivatuksen - lisäksi käytetään maanparannuksessa myös eräitä mui-
ta ns. erikoiskuivatustapoja, joilla tavoitellaan jotakin tiettyä
tarkoitusta tai joiden käyttö johtuu kuivatuskohteen erikoisominais-
uuksista. Mainituissa tapauksissa ei tavallisia kuivatustapoja
voida soveltaa.

Erikoiskuivatustapoihin kuuluvat mm: vertikaalikuivatus, penger-
ryskuivatus, tulvien järjestely luhtamailla, matalikkojen kolmaatio
jne.

1. Vertikaalikuivatus

Vertikaalikuivatukseksi nimitetään sellaista kuivatustapaa, jossa
liikavesi poistetaan kuivatettavalta maa-alalta salaojakaivoista
joko pumppaamalla tai imeyttämällä imeytyskaivojen avulla syvem-
piin maakerrokseen.

Tähän mennessä käsitellyissä kuivatustavoissa liikavesi on joh-
dettu pois horisontaalisuunnassa. Vertikaalikuivatuksessa sen si-
jaan liikavesi poistetaan pystysuunnassa, mistä johtuu kuivatusta-
van nimityskin.

Vertikaalikuivatus soveltuu käytettäväksi vain sopivissa geologi-
sissa ja hydrogeologisissa olosuhteissa.

Salaojakaivoista tapahtuvaa pumppausta käytetään siellä, missä kuivatettava maakerros on paksu ja johtaa lisäksi vettä verraten hyvin. Porakaivot, joista vesi pumpataan pois, tehdään 25...50 cm:n läpimittaisiksi ja 5...20 m:n syvyisiksi. Ne sijoitetaan tasaisesti koko kuivatettavalle maa-alalle tai riveihin kohtisuoraan pohjaveden liikesuuntaa vastaan. Kaivojen etäisyys vaihtelee maaperän läpäisykyvystä riippuen 200...1000 m:n rajoissa. Kaivot varustetaan normaalin käytännön mukaan suotimella. Veden pumppaukseen käytetään enimmäkseen moniasteisia sentrifuugipumppuja. Kaivojen antoisuus vaihtelee 10...200 l/s:n rajoissa. Jos kaivojen keskinäinen etäisyys ei ole kovin suuri, voidaan kaivot yhdistää keskenään lappojohdoilla. Tällöin voidaan pumppaus keskittää vain yhteen kaivoon, jolloin pumppujen lukumäärä saadaan pienemmäksi. Pumpattu vesi johdetaan lähimpään purkuvesistöön.

Edellä mainitulla tavalla toteutettu vertikaalikuivatus on tarpeellinen siellä, missä pohjavedenpintaa on voimakkaasti alennettava tai siellä, missä vettä ei ole mahdollista johtaa gravitaatiovirtauksena purkuvesistöön. Pohjavettä joudutaan alentamaan suuremmissa määrin pääasiassa asuinpaikkoja, rakennuspaikkoja ja hedelmäpuutarhoja kuivatettaessa. Huomattava pohjaveden alennus tulee kysymykseen myös silloin, kun pumppattavaa vettä voidaan käyttää vesihuoltotarkoituksiin.

Veden imeyttäminen syvempiin maakerroksiin on mahdollista karstialueilla ja sellaisilla alueilla, missä kuivatettavalla maa-alueella on enintään 2,0...2,5 m:n syvyydessä verrattain ohuen vettäläpäisemättömän kerroksen alapuolella paksu vedellä kyllästämätön hiekka- tai sorakerros. Vettä läpäisemättömän kerroksen yläpuolella oleva pohjavesi johdetaan imeytyskaivojen kautta syvempiin maakerroksiin.

Imeytyskaivot ovat läpimitaltaan 20-25 cm. Ne sijoitetaan tasaisesti kuivatettavalle alueelle etäisyyksien vaihdellessa maaperän läpäisevyydestä riippuen 10-80 m:iin. Kaivot ulotetaan vettä vastaanotettavaan kerrokseen saakka (kuva 109). Kaivon seinämät rei'itetään vettäläpäisemättömän kerroksen ylä- ja alapuolelta. Hietamaassa ympäröidään kaivot sorasuodattimella (suodatimateriaali tavallisesti sora). Imeytyskaivot varustetaan kannella.

Imeytyskaivojen käyttö salaojaverkoston laskupaikkana osoittautuu yleensä tarkoituksenmukaiseksi (kuva 110). Koska salaojavesi sisältää lietettä, vettä ei voida tukkeutumisvaaran takia laskea imeytyskaivoon, vaan lietettä varten on rakennettava lietekammio. Salaojakokooja laskee lietekammioon jonkin verran kammion pohjan yläpuolella, jotta lietteelle saataisiin tarpeellinen tila. Lietekammion yhdistää imukaivoon horisontaalinen putken osa, jonka lietekammioon ulottuva pää on suunnattu alaspäin. Lappo-periaatteella toimiva jaksottainen virtaus lietekammioista imeytyskaivoon edistää lietteen laskeutumista. Lietekammio on puhdistettava säännöllisin väliajoin. Imeytyskaivo rakennetaan tavallisesti rei'itetyistä tiili-putkista.

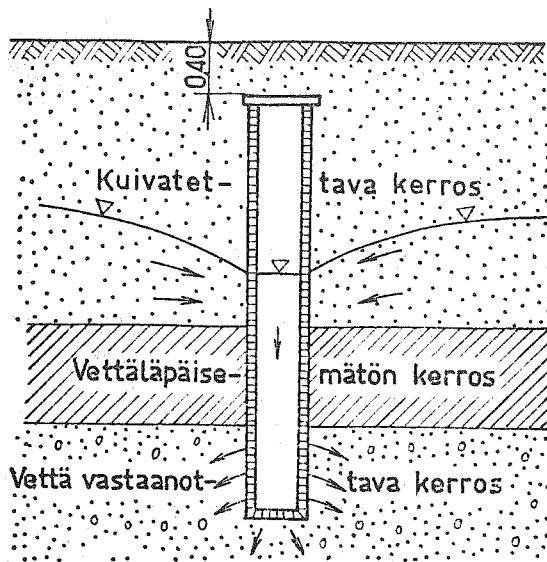
Jos imeytyskaivo ei ulotu vettäläpäisemättömään kerrokseen, voidaan sen imeytyskyky määrätä kaavalla (73) (kuva 111).

$$Q = \frac{2,73 \cdot k \cdot h \cdot (h-H)}{\log \frac{R}{r}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad (73)$$

jossa h = vesipatsaan korkeus imeytyskaivossa (m),

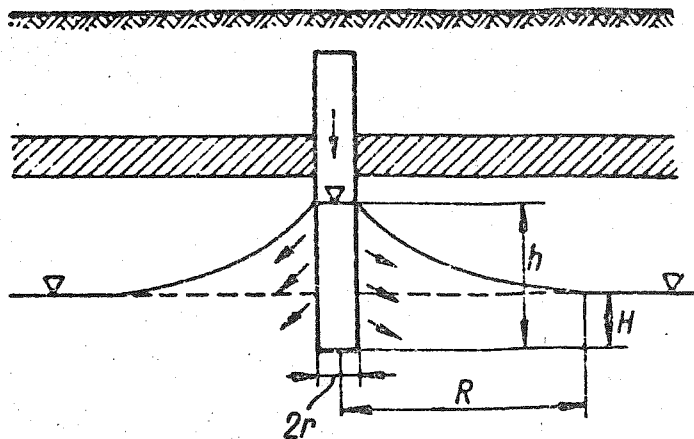
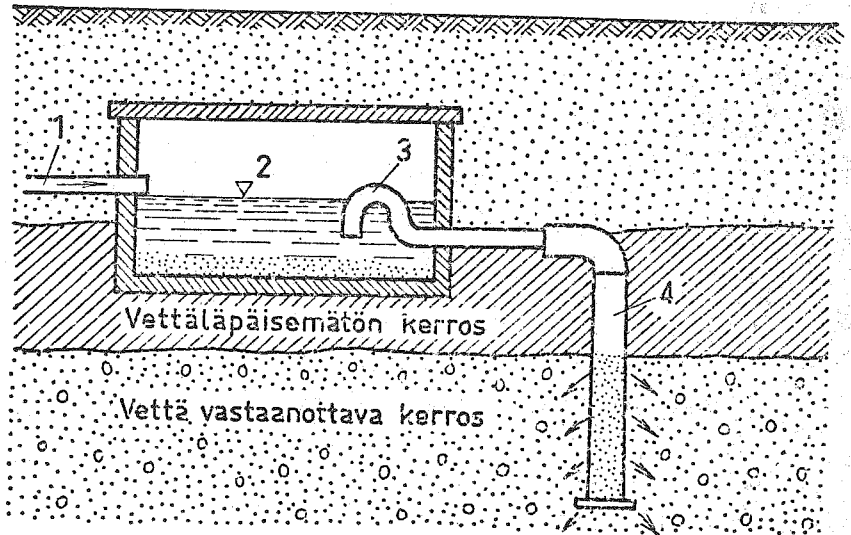
H = pohjavedenpinnan etäisyys imeytyskaivon pohjasta (m);

jos kaivo ei ulotu pohjaveteen, on $H = 0$.



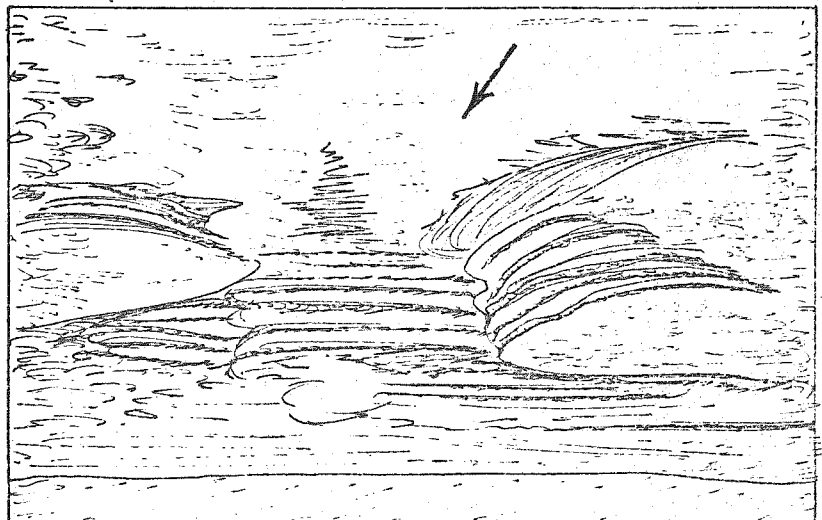
Kuva 109. Imeytyskaivo

Kuva 110. Imeytyskaivo, jonka yhteyteen on rakennettu lietekammio; 1-salaojajakooja, 2-lietkammio, 3-lappo ja 4-imeytyskaivo



Kuva 111. Imeytyskaivon toimintakaavio

Kuva 112. Veden liuottama karstionkalo, jonne pintavedet voidaan johtaa.



k = vettäläpäisevän kerroksen filtraatiokerroin (m/s)

r = kaivon säde (m)

R = suotovirtauksen leviämissäde (m), joka määrätään kaavalla (74)

$$R = c \sqrt{kT(h-H)}, \quad (74)$$

jossa c = kerroin, jonka arvo on 120-150

T = kaivon toiminnan kesto aika (tunneissa)

σ = maaperän infiltraatio (eli vedenluovutus-) kerroin (kts. 2. pääkappale 3. kohta)

Imeytyskaivojen moitteeton toiminta on taattu vain siinä tapauksessa että vastaanottavassa kerroksessa pohjaveden virtaus on mahdollinen eikä lisävesi aiheuta näin ollen pohjaveden tasossa nousua.

Veden imeyttäminen syvempiin maakerrokseen soveltuu Eestissä käytettäväksi lähinnä maan keskiosissa. Vettäläpäisemättömänä kerroksena on mainituilla alueilla rikastumiskerros tai ohut savikerros. Eritään sopivaksi mainitunlainen kuivatustapa osoittautuu alueeltaan rajoitettujen painanteiden kuivattamisessa, jolloin liiallisen veden (sekä pinta- että pohjaveden) poistaminen horisontaalisuunnassa vaatisi uomien syventämistä.

Imeytymiskaivojen kautta tapahtuvalla vertikaalikuivatuksella on se etu, että säästytään lähes kokonaan kaivutöistä, jotka tavallisissa kuivatustavoissa näyttelevät suurta osaa myös kustannuksissa. Lisäksi säästytään purkuvesistön järjestelyltä. Vertikaalikuivatuksessa käytettävien rakenteiden (pääasiassa vain imeyttämiskaivojen) kunnossapito on helppoa. Kaivoja voidaan rakentaa vuodenajasta riippumatta siis myös talvella. Valitettavasti vertikaalikuivatustavan käyttömahdollisuudet ovat kuitenkin rajoitetut, sillä sopivat hydrogeologiset edellytykset ovat usein puutteelliset.

Pohjois- ja Länsi-Eestissä on paikoitellen karstionkaloita, joita voidaan käyttää purkupaikkoina. Karstiksi nimitetään ilmiötä, jossa vesi tunkeutuaan maaperään (kallioperän) huokosiin ja halkeamiin liuottaa tiettyjä mineraaleja (esim. kalkkikiveä). Vesi kuljettaa liikkeudessaan liuonneet aineet pois, jolloin halkeamat suurenenevat entisestään. Näin muodostuvat ns. karstionkalot. Jos onkalon katto jää ohueksi, katto sortuu ja maanpintaan muodostuu karstikraateri. Kohtaa, jossa pintavesi valuu karstionkaloihin, nimitetään rotkoksi. Rotkoja voidaanakin käyttää maiden kuivattamisessa veden purkupaikkoina.

Kun vesiä johdetaan rotkoihin, liittyy siihen usein vaara, että veden mukana kulkeva liete tai muu materiaali tukkii ennemmin tai myöhemmin karstionkalot. Tukkeutuminen on mahdollista välttää siten, että vedet johdetaan rotkoon lietekaivojen suodattimien kautta. Suodattimet voidaan valmistaa kivistä asettamalla suuremmat kivet alle ja pienemmät pinnalle. Lietekaivot on ajoittain puhdistettava ja suodattimet uusittava.

2. Pengerryskuivatus

Käytön edellytykset

Pengerryskuivatukseksi nimitetään sellaista kuivatustapaa, jossa liikkavesi poistetaan kuivatettavalta maa-alueelta pumppaamalla. Kuivatettavaa maa-alaa nimitetään tässä tapauksessa polderiksi.

Pengerryskuivatus tulee kysymykseen meren, järvien ja tekojärvien matalilla rantamailla, joissa vesialtaan vedenpinta ei salli maiden kuivattamista gravitaatiovirtaukseen perustuvilla kuivatusta-

voilla. Joen rantamaiden kuivattamiseksi luodaan edellytykset tavallisesti joen järjestelyllä. Joskus saattaa jokijärjestely vaatia kuitenkin niin suuria kustannuksia, että sen toteuttaminen ei ole perusteltua. Joen rantamaat voidaan kuitenkin kuivattaa ilman jokijärjestelyä pengerryssukvatuksella, jolloin kustannukset saattavat järjestelyn vaatimiin kustannuksiin verrattuna jäädä tuntuvasti pienemmiksi. Pengerryssukvatus saattaa osoittautua siis joen rantamaillakin käyttökelpoiseksi kuivatustavaksi.

Pengerryssukvatus saattaa osoittautua taloudelliseksi myös sellaisen painanteiden kuivattamisessa, jotka sijaitsevat kylläkin korkeusaseman puolesta riittävän korkealla purkuvesistöön nähden, mutta sijaitsevat siitä hyvin kaukana. Tällöin saattaa pitkän heikosti kaltevan pääojan kaivun asemesta osoittautua taloudellisemmaksi sellainen ratkaisu, jossa vesi pumpataan aluksi tietylle korkeudelle ja johdetaan sitten purkuvesistöön avo-uomassa, jolloin kaltevuus saadaan suuremmaksi ja uoma päinvastoin pienemmäksi kuin ilman pumppausta.

Polderit jaotellaan sijaintipaikan mukaan joki- ja rannikkopolderiksi.

Pengerryssukvatuksen suurin etu toisiin kuivatustapoihin verrattuna on se, että polderilla voidaan vesitilaa säädellä mahdollisimman monella tavalla ja muuttaa se vähemmän riippuvaksi ilmastollisista olosuhteista.

Pengerryssukvatus on levinnyt laajalti Länsi-Euroopassa, lähinnä Pohjanmeren rannikolla - Hollannissa, Länsi-Saksassa, Belgiassa, Pohjois-Ranskassa ja Kaakkois-Englannissa, Neuvostoliitossa Kali-

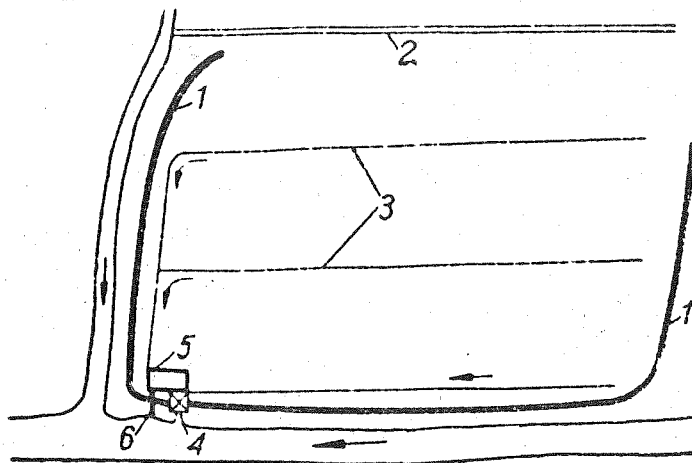
ningradin piirikunnassa sekä vähemmässä määrässä myös Liettuassa ja Latviassa. Eestissä valmistui ensimmäinen, suuruudeltaan 330 ha:n polderi v.1938 Pärnun lähistölle. Myöhemmin niitä on rakennettu huomattavia määriä lisää. Eestin maatalousmaista voidaan lähes 45 000 ha kuivattaa tarkoituksenmukaisesti pengerryskuivatusta käyttäen. Mainitusta määrästä sijaitsee n. puolet (22 000 ha) Peipsijärven rannalla.

Pengerryskuivatuksen suunnittelu

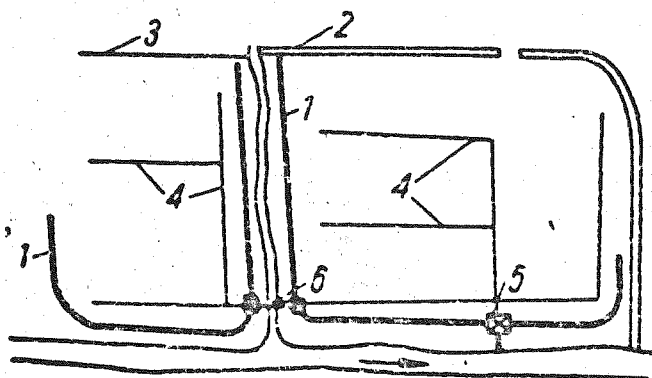
Pengerryskuivatuksessa käytetään tavallisesti kuvan 113 mukaista kaaviota. Kuivatettava maa-alue rajoitetaan penkereillä, jotka suojaavat aluetta purkuvesistöstä tulevilta vesiltä. Kuivatusalueen ulkopuolelta valuvat vedet johdetaan eristysojia tai eristyssalaojia pitkin purkuvesistöön. Suojapenkereet ja eristysojat sekä eristyssalaojat rajoittavat polderin tietyn suuruiseksi.

Eristysojat ja eristyssalaojat sijoitetaan suurin piirtein korkeusviivojen suuntaisiksi, jolloin korkeammalla olevia maa-alueita voidaan kuivattaa gravitaatiovirtaukseen perustuvalla kuivatusverkolla, siis ilman pumppausta. Näin vältetään tarpeettomilta pumppauksilta.

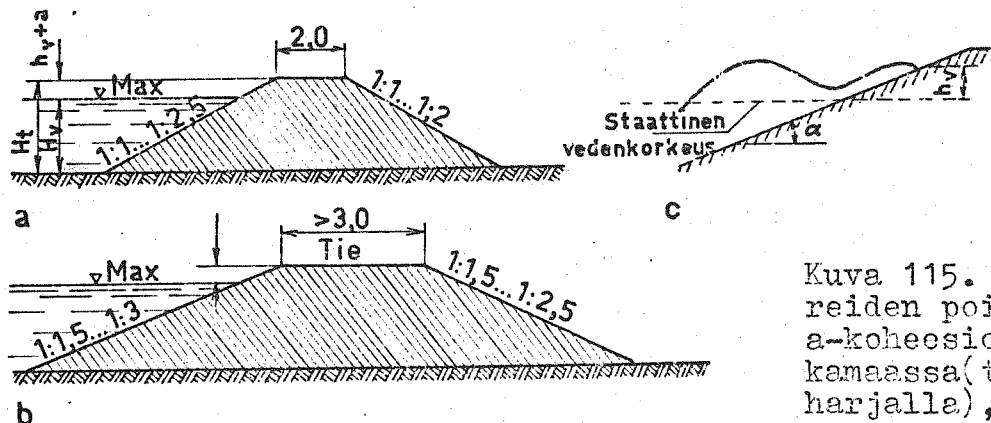
Polderin kuivattamiseksi on suunniteltu polderin sisäinen kuivatusverkko, joka muodostuu tavallisesti detaljiverkosta, valtaojista ja pääojasta. Pääoja kokoaa vedet suojapadon eteen kuivatettavan maa-alueen alimpaan kohtaan tehtyyn altaaseen, josta vedet pumpataan polderin ulkopuolelle purkuvesistöön. Tavallisesti suojapenkereeseen tehdään myös aukot, jonka kautta polderista on mahdollista johtaa vettä myös ilman pumppausta silloin, kun vedenpinta purkuvesistössä on riittävän alhaalla. Mainitulla toimenpiteellä säästetään pumppauskustannuksia.



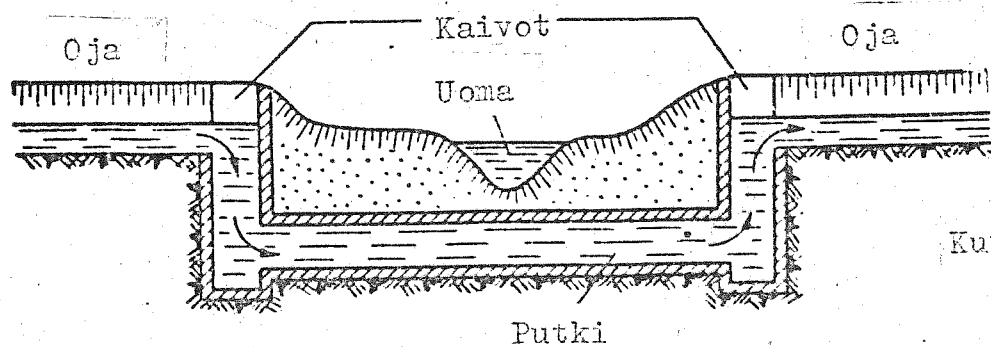
Kuva 113. Kaavio polderista: 1-suojapenkereet; 2-eristysoja; 3-polderin kuivatusverkko; 4-pumppuasema; 5-imuallas ja 6-sulku



Kuva 114. Kaksiosainen polderialue: 1-suojapenkereet; 2-eristysoja; 3-eristyssalaoja; 4-polderialueiden kuivatusverkot; 5-pumppuasema ja 6-alijohto.



Kuva 115. Suojapenkereiden poikkileikkaus: a-koheesiomaassa, b-kitkamaassa (tie penkereen harjalla), c-aallon vaikutus suojapenkereeseen



Kuva 116. Yksittäisiä polderin osia yhdistävä alijohto

Jos kuivatettavan maa-alueen halki kulkee suurehko vesiuoma, rakennetaan suojapenkereet uoman molemmille puolille, jolloin uoman kummallekin puolelle muodostuu erillinen polderi. Kummallakin polderilla voi olla oma pumppausasema tai vaihtoehtoisesti korkeammalla oleva polderi yhdistetään alijohdolla alempaan, jolloin poldereilla on yhteinen pumppausasema (kuva 114).

Mikäli polderialueella on vain yksi pumppausasema, alue ei saa pinta-alaltaan olla liian suuri. Vaikka suuren pumppausaseman rakentamis- ja käyttökustannukset jäävät pienemmäksi kuin useamman pienen, on suurella polderilla kuitenkin oleellisia puutteita - pää- ja pujoja muodostuu pitkäksi ja varsinkin pumppausaseman läheisyydessä heikosti kaltevassa maastossa saattaa pääjoja muodostua liian syväksi. Edellä mainitut seikat suurentavat pumppauskustannuksia ja vähentävät kuivatuksen yhtäläisyyttä ko. alueella. Itä-Saksassa pidetään sopivana polderin kokona yhtä pumppausasemaa kohti 400...500 ha.

Hydrologiset laskelmat

Polderilta pumpattavien vesimäärien, pumppujen nostokorkeuksien sekä vesiuomien mittojen ja penkereiden korkeuden määrittämisessä tarvitaan tietoja virtaamista ja vedenkorkeuksista purkuvesistössä.

Ne saadaan selville hydrologisin laskelmin.

Arvioidut virtaamat

Virtaama-arvoja tarvitaan polderin sisäisen kuivatusverkon vesiuomien mitoittamisessa sekä pumppausaseman tehon ja pumpattavien vesimäärien määrittämisessä.

Polderilta pumpattava vesimäärä muodostuu:

- a) sateista polderin valuma-alueella,
- b) suoja-jenkereiden läpi ja niiden alapuolelta polderille tun-
keutuneesta suotovedestä ja
- c) polderin ulkopuolelta pohjavesivirtauksena tulevasta ve-
destä (käytännöllistä merkitystä vain silloin, kun polderin
alueella on suurehkoja lähteitä).

Polderien rakentamisessa ollaan Eestissä vasta alkuvaiheessa, min-
kä vuoksi havaintotulokset virtaamien suuruuksista tällaisilta suh-
teellisen pieniltä, täydellisesti kuivatetuilta alueilta puuttuvat.
Koska havaintotulokset puuttuvat, määrätään valuma-arvoja nykyisin
joko K.Hommikun kaavoilla tai sitten naapurivaltioista, lähinnä
Latviasta, saatujen kokemusten perusteella.

Valumia voidaan määrätä edellä mainittujen lisäksi vielä Rosgi-
provodhozin suunnittelutoimiston suosittelimia kaavoja käyttäen.
Näissä kaavoissa on otettu parametreiksi sademäärä ja se aika,
jonka kuluessa sadevesi on pumpattava pois polderilta. Kaavat
ovat seuraavat:

- a) kevään maksimivaluman laskeminen

$$q_{kev} \cdot \max = \frac{K_k \cdot St}{8 \cdot 64 \cdot T} \quad (l/s \cdot h) \quad \text{ja} \quad (75)$$

- b) kasvukauden maksimivaluman laskeminen

$$q_{veg} \cdot \max = \frac{K_v \cdot Sp}{8 \cdot 64 \cdot T} \quad (l/s \cdot ha) \quad (76)$$

jossa K_k = pumppauskerroin keväällä, sen suuruudeksi voidaan ot-
taa tarkempien tutkimusten puuttuessa 1,0...1,1.

K_v = pumppauskerroin kasvukaudella, sen suuruudeksi voi-
daan ottaa Latvian ja Kaliningradin esimerkkien mu-
kaan 0,20.

St = talvella tuleva sademäärä tietyn ylitystodennäköisyyden mukaan (mm)

Sp = maksimi vuorokausisateen määrä kasvukaudella tietyn ylitystodennäköisyyden mukaan (mm)

T = vuorokausien lukumäärä, joiden aikana sadevesi on poistettava polderilta.

Pumppauskertoimeksi nimitetään lukua, joka osoittaa millainen osa polderille tulevasta sademäärästä on pumpattava pois. Kesällä määritetty kerroin on tuntuvasti pienempi kuin 1,0, sen sijaan keväällä saattaa kerroin nousta yli 1,0, koska tällöin on poistettava lumen sulamisvedet ja myös osa edeltäneen syksyn sadevesistä. Vuorokausien lukumäärä, jona aikana siis vesi on pumpattava pois polderilta, riippuu vuodenajasta. Vuonna 1957 annetut "Kuivatusverkkojen suunnittelunormit ja teknilliset määräykset" määrittelevät sallitun kevätaikaisen vesipeiton kestoajan seuraavasti: heinämailla 20...25 vrk, laitumilla ja pelloilla (lukuunottamatta syysviljapeltoja) 10...15 vrk ja syysviljapelloilla 3...5 vrk. Kesän sadevedet on G.Schröderin mukaan johdettava pois pelloilta ja laitumilta 1...2 vuorokaudessa ja heinämailta 3...5 vuorokaudessa.

Pumppuaseman tehoa määrättäessä otetaan mitoitusperusteeksi suurin saaduista valuma-arvoista.

K.Hommikun kaavat antavat vuorokauden keskimääräisen maksimivaluman, jota tulee käyttää pumppuja valittaessa ja pumppuaseman tehoa määrättäessä siinä tapauksessa, että vesipeittoa ei sallita. Jos taas vesipeitto sallitaan, määrätään valuma kaavoista (75) ja (76), jolloin T valitaan sopivaksi.

Esimerkki: Määrättävä kevään ja kasvukauden maksimivaluma polderin valuma-alueella, jonka suuruus on 500 ha.

Tunnetaan: Ilmastollinen valuma $\bar{q}_k = 8,2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. 5 %:n ylitystodennäköisyyden mukainen sademäärä XII-III kuukausina on 205 mm, 5 %:n ylitystodennäköisyyden mukainen maksimi vuorokausisateen määrä kasvukaudella on 60 mm, vesipeiton sallittu kesto aika keväällä 13 vrk. ja kesällä 1 vrk.

Ratkaisu: K.Hommikun kaavoilla saadaan kevään keskimääräinen maksimivuorokausivaluma kaavalla (46), jota varten lasketaan alustavasti $\Delta q = 0,025 \cdot 150 + 0 - 1,63 = 2,1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ ja

$$r = 0,0044 (0 + 0,5 \cdot 100 + 0 + 0) - 0,26 = -0,04$$

koska $K_{95\%} = 0$, saadaan taulukosta 17 $\alpha = 5,0$ ja taulukosta 18

$$\beta = 8,6, \text{ jolloin } \bar{q} = 8,2 + 2,1 = 10,3 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 \text{ ja}$$

$$q_{\text{kev} \cdot \text{max}} = \alpha \beta \bar{q} = 5,0 \cdot 8,6 \cdot 10,32 = 440 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 =$$

$$4,40 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$$

$$q_{\text{veg} \cdot \text{max}} = \gamma \delta \bar{q} = 5,6 \cdot 2,5 \cdot 10,3 = 1,44 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 =$$

$$1,44 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \text{ (kaava 49),}$$

$$r^1 = 0,0047 (0,30 \cdot 100) - 0,28 = -0,14$$

$$\text{Kaavalla (75) saadaan } q_{\text{kev} \cdot \text{max}} = \frac{1,05 \cdot 205}{8,64 \cdot 13} =$$

$$1,92 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \text{ ja kaavalla (76) saadaan}$$

$$q_{\text{veg} \cdot \text{max}} = \frac{0,20 \cdot 60}{8,64 \cdot 1} = 1,39 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$$

Suotoveden määrä lasketaan likimääräisesti G.Schroederin kaavalla

$$Q_f = q_f (H_t - H_o) L \text{ (l/s)} \quad (77)$$

jossa H_t = vedenpintojen ero penkereen kohdalla (m)

H_o = veden pintojen ero (m), jolla suotumista mainittavassa määrässä alkaa tapahtua (riippuu maalajista)

q_f = suotovesivaluma (l/s) penkereen 1 km kohti, kun

$$H_t - H_o = 1 \text{ m}$$

L = penkereen pituus (km)

Huomattavassa määrin alkaa suotovirtausta tapahtua vasta silloin, kun vedenpinta purkuvesistössä on 0,5...1,0 m polderin maanpintaa ylempänä ja penkereen alapuolelta vettä läpäisevässä maalajissa silloin, kun vedenpinta purkuvesistössä nousee polderin maanpintaa ylemmäksi.

Penkereen alla olevan maaperän vedenläpäisevyyden mukaan vaihtelee suotovesivaluma (q_f) likimäärin 8...40 (50) l/s, se on raskaissa maissa pienempi ja kevyissä suurempi.

Likimääräinen mitoitusvirtaama, jonka perusteella pumpput valitaan ja määrätään pumppuaseman teho, on siten

$$Q = Q_s + Q_f \quad (78)$$

jossa Q_s = sateiden aiheuttama virtaama, joka saadaan kertomalla pinta-ala mitoitusvalumalla (lasketaan joko K.Hommikun kaavoilla tai kaavoilla (75) ja (76)

Q_f = suotovesivirtaama, mikä lasketaan kaavalla (77).

Koska sadevesivirtaaman ja suotovesivirtaaman maksimiarvot sattuvat samanaikaisesti varsin pienellä todennäköisyydellä, suosittelee G. Schroeder otettavaksi mitoitusvirtaamalle suuremman seuraavista kahdesta yhdistelmästä:

- 1) maksimi suotovesivirtaama + keskimääräinen sadevesivirtaama;
- 2) maksimi sadevesivirtaama + puolet maksimi suotovesivirtaamasta.

Jos polderin sisäisen kuivatusverkon (mukaan luettuna pumppujen imuallas) varastotilavuus on suuri eli ylittää 15 000 m³ polderin valuma-alueen km² kohti, voidaan mitoitusvirtaamaa pienentää. Tällöin se voidaan määrätä kaavalla (79).

$$Q_a = Q_{jv} = \frac{0,115W}{10^4 \cdot T} \quad (\text{m}^3/\text{s}), \quad (79)$$

jossa Q_{jv} = kaavalla (78) laskettu virtaama (m^3/s)

W = varastotilavuus (m^3)

T = mitoitusperiodin pituus (vuorokausina)

Pumpattava vesimäärä ja sen jakautuminen vuodenaikojen mukaan

Vuoden aikana pumpattava vesimäärä riippuu vuosisadannasta. Latviassa tehtyjen havaintojen mukaan se voidaan laskea likimääräisesti kaavalla

$$h_a = 0,44(S_a - 155), \quad (80)$$

jossa h_a = vuoden aikana pumpattava vesikerros (mm)

S_a = vuosisadanta (mm)

Pumpattava vesimäärä (W) voidaan määrätä tarkemmin sadeveden (W_s) ja suotoveden (W_f) tilavuuksien summana:

$$W = W_s + W_f \quad (81)$$

Vuosisadantaa vastaava tilavuus (W_s) lasketaan kaavalla

$$W_s = 10 K_a S_a F \quad (\text{m}^3) \quad (82)$$

jossa S_a = vuosisadanta (mm)

F = polderin valuma-alueen pinta-ala (ha)

K_a = pumppauskerroin (vuosikeskiarvo), jonka suuruudeksi

voidaan ottaa Latviassa tehtyjen havaintojen perus-

teella 0,40. Luku 10 kaavassa (82) on kerroin, jolla

siirrytään mm:stä m^3/ha :lle.

Vuoden kuluessa pumpattavan suotoveden tilavuus määrätään kaavan

(77) mukaan ottamalla huomioon vedenpintojen vaihtelut polderilla

ja purkuvesistössä.

Pumpattava vesimäärä jakautuu eri vuodenaajoille hyvinkin epäyhtäläisesti riippuen pääasiassa sekä kuluvan vuoden että myös edellisen vuoden sateista ja vedenkorkeuksista purkuvesistössä. Latviassa ovat pumppuasemat käynnissä läpi vuoden, jolloin suurin osa pumpattavasta vesimäärästä sattuu kevään ylivesikaudelle, kun taas kesäkuukausina (VI...IX) pumppausmäärät ovat vähäisiä. Eri kuukausille pumppausmäärät jakautuvat keskimäärin seuraavasti: tammi- ja helmikuussa 8 %, maalís- ja toukokuussa 11 %, huhtikuussa 16 %, kesäkuusta syyskuuhun kuukausittain 4 % ja lokakuusta joulukuuhun kuukausittain 10 % vuotuisesta pumppausmäärästä.

Vedenkorkeudet. Jotta voitaisiin määrätä suojapenkereiden korkeus, suotoveden määrä, pumppujen paineputkien asennuskorkeus ja selvittää gravitaatiovirtauksen mahdollisuuksia alivesikausilla, tarvitaan tietoja sekä purkuvesistön että polderin vedenkorkeusvaihteluista.

Luotettavimmat tiedot vedenkorkeuksista antavat suoranaiset vedenkorkeushavainnot, jos niistä on käytettävissä riittävän pitkältä (vähintään 25 vuotta) havaintojaksolta. Jos havaintoja ei ole käytettävissä, määrätään mitoitukseen vaikuttavat vedenkorkeudet purkuvesistössä hydrologisten metodien mukaan.

Jokipoldereita suunniteltaessa on otettava huomioon luhdan kapenemisesta johtuva vedenpinnan nousu ylivesikaudella.

Vedenkorkeuksien maksimi-arvot itse polderilla riippuvat lähinnä siitä, miten kuivatusverkko läpäisee mitoitusvirtaaman. Jos polderilla ei sallita vesipeittoa, määräävät kuivatusverkon vedenkorkeuden maksimin kuivatukselle asetetut vaatimukset (5. pääkappale, kohta 3). Jos vedenkorkeus imualtaassa nousee suunniteltuun maksimikorkeuteen, kytketään pumput käyntiin.

Vedenkorkeuden minimi pumppuaseman luona riippuu pääojan syvyydestä. Sen perusteella määräytyy pumppujen asennuskorkeus ja imuputken sijoitus.

Suojapenkereet ja eristysojat

Suojapenkereen tarkoituksena on suojella polderia purkuvesistöstä (joesta, järvestä, merestä) tulevalta vedeltä.

Jotta pengermassat saataisiin mahdollisimman vähäisiksi suunnataan suojapenger maaston korkeimpien kohtien kautta. Penkereen suuntaa määrättäessä pyritään mahdollisuuksien mukaan välttämään huonosti kantavaa maaperää (turve, muta jne.). Suojapenkereet rakennetaan tavallisesti niin korkeiksi, että polderi on suojassa tulvilta ympäri vuoden. Mainittu seikka pätee erityisesti rantapoldereihin.

Järvissä pysyy vedenpinta keväällä korkealla verraten kauan, minkä vuoksi kasvien kasvu ja maataloustöiden aloittaminen viivästyvät, mikä aiheuttaa tuntuvaa sadon laskua. Rantapoldereilla keväinen vesipeitto ei ole siis tarkoituksenmukainen. Järvettömissä joissa poistuu kevättulva nopeasti ja polderi vapautuu veden alta lyhyessä ajassa. Tämän vuoksi voidaankin jokipoldereille joskus rakentaa ainoastaan ns. kesäpenkereitä, jotka suojelevat polderia tulvilta vain kasvukaudella. Kevättulvan pääsy polderille on suotavaa vain niityillä, erityisesti heinämailla. Tulvavesiä ei kuitenkaan saa päästää polderille penkereen yli, koska ne tällöin syövyttäisivät pengertä, vaan penkereisiin on suunniteltava aukot, jotka mahdollistavat vesien pääsyn polderille ja tarvittaessa myös päinvastaiseen suuntaan matalan veden aikana.

Penkereen korkeus riippuu purkuvesistön vedenkorkeuden ja aallonkorkeuden maksimista. Se lasketaan kaavalla (83) (kuva 115).

$$H_t = H_v + h_v + a \quad (83)$$

jossa H_t = penkereen korkeus (m)

H_v = staattinen veden korkeus penkereen luona (m)

a = varakorkeus, jonka suuruudeksi valitaan 0,5 m, jos suojapenkereen sortumisella on katastrofaaliset seuraukset, muuten $a = 0$

h_v = aallon nousukorkeus pengertä vasten (m)

N.N. Džunkosvskin mukaan (kuva 115 c)

$$h_v = 3,2 k C \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (84)$$

jossa k = luiskan karkeuden huomioon ottava kerroin ($k \approx 1,0$)

α = luiskan kaltevuus

C = aallon korkeus (m), joka määrätään V.G. Andrejanovin kaavalla

$$C = 0,028 V^{5/4} L^{1/3}$$

jossa V = tuulen nopeus (m/s)

L = aallon vapaa etenemismatka (km)

Penkereen harjan on ulotuttava vähintään 0,5 m purkuvesistön staattisen vedenkorkeuden yläpuolelle.

Suojapenkereiden korkeus on tavallisesti alle 3 m. Penkereet rakennetaan pääasiassa rakennuspaikalla saatavasta materiaalista. Parhaiten tähän tarkoitukseen soveltuu hiekkasavi, jolloin hiekkapitoisuus voi nousta jopa 45 %:iin saakka. Myös hyvin maatunut (vähintään 50 %) turve ja ruokamulta, jossa ei ole lahoamattomia kasvijäänteitä, soveltuvat pengermateriaaliksi. Jos penger rakennetaan turpeesta, on se suojattava kivennäismaalla. Penkereen poikkileikkauksen on oltava sellainen, että penger on riittävän stabiili ja estää samalla mahdollisimman hyvin penkereen läpi tunkeutuvan suotoveden. Kun suojapenke-

reen runkoa aletaan rakentaa, on ruokamultakerros ensin kuorittava pois penkereen alapuolelta n. 15...20 cm:n paksuudelta. Jos penkereen alla oleva maaperä on helposti vettäläpäisevää, rakennetaan suotoveden estämiseksi penkereen rungon alle vettäläpäisemättömää maalaajista tiivistesydän, joka ulottuu syvemmällä olevaan läpäisemättömään kerrokseen saakka. Jos itse pengerkin rakennetaan vettäläpäisevästä materiaalista, tehdään siihen samaten tiivistesydän, joka on penkereen alapuolelle ulottuvan tiivistesydämen jatkeena.

Penkereiden poikkileikkaus on puolisuunnikkaan muotoinen. Luiskankaltevuudet ovat koheesiomaissa 1:1 ... 1:2,5 ja kitkamaissa 1:1,5... 1:3 (kuva 115 a, b). Penkereen harjaleveys on oltava vähintään 2,0 m. Tien tekeminen penkereen harjalle ei ole suositeltavaa. Jos tien tekeminen on kuitenkin erikoistapauksissa perusteltua, määrää tien leveys vaadittavan harjalveyden (vähintään 3,0 m). Penkereen harja ja molemmat luiskat on nurmetettava. Jos purkuvesistössä on suurehko vesiallas (järvi, meri), on penkereen ulkoluiska vahvistettava jään ja aallokon syövyttävää vaikutusta vastaan turvehduksella, kiviheittokkeella, betonilevyillä tai pensailla.

Maapenkereiden rakentamista käsitellään yksityiskohtaisesti hydroteknillisten rakenteiden kurssissa.

Eristysojat ja eristyssalaojat tehdään polderialueen korkeammalle reunalle, jotta estettäisiin ulkopuolelta valuvien pinta- ja pohjaviesien pääsy kuivatettavalle alueelle. Niiden tekeminen vähentää myös pumppauskustannuksia. Eristysojat mitoitetaan tavalliseen tapaan, niiden syvyys on yleensä noin 1,5 m, pohjaleveys 0,5 ... 1,0 m ja minimikaltevuus 0,3 ‰.

Eristysojien tai eristyssalaojien rakentaminen on perusteltua siinä tapauksessa, että niiden rakentamis- ja kunnossapitokustannukset ovat pienemmät kuin lisävesien aiheuttamat pumppauskustannukset. Latviassa rakennetuilla poldereilla on eristysojien poisjättäminen osoittautunut usein tarkoituksenmukaiseksi, vaikka polderin valuma-alue onkin sen johdosta kasvanut yli kaksinkertaiseksi.

Polderin sisäinen kuivatusverkko

Polderin sisäinen kuivatusverkko suunnitellaan aikaisemmin esitettyillä perusteilla. Jonkinlainen ero aikaisemmin esitettyyn on siinä, että polderin sisäisessä verkossa suunnitellaan pääoja ja ensimmäisen asteen valtaojat leveämmäksi ja kaltevuudeltaan pienemmäksi kuin tavallisesti, koska ne toimivat samalla jonkinlaisina varastoaltaina. Edellä mainituilla toimenpiteillä saadaan myös pumppauskorkeutta jonkin verran pienennettyä. Pääoja kulkee tavallisesti suojapenkereen reunassa, mistä syystä se pidättää penkereen alapuolelta suotuvat vedet ja toimii siis myös eristysojana.

Koska polderin kaltevuus on yleensä pieni ja pumppuasema on usein vain ajoittain toiminnassa, toimii polderin sisäinen kuivatusverkko verraten vaikeissa ja epäyhtäläisissä olosuhteissa. Kun pumppaus ei ole käynnissä, veden virtaus uomassa pysähtyy, mikä puolestaan edistää ojien liettymistä ja ruohottumista, jolloin niiden vedenjohdotkyky heikkenee nopeasti. Tämän vuoksi vaatiikin polderin sisäinen kuivatusverkko usein toistuvaa puhdistamista.

Imuallas

Imualtaan tehtävänä on varastoida vettä suuremman virtaaman aikana ja pumppuaseman seistessä, jotta pumppuaseman käynnissäoloaikaa

voitaisiin säädellä mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti (esim. pumppaus suoritetaan yöllä, jolloin sähköverkko on vähemmän kuormitettu ja sähkö yleensä halvempaa). Imuallas tehdään matalimpaan paikkaan pumppuaseman viereen, koska veden johtaminen koko polderilta on tällöin helpompaa.

Imualtaalla on myös toinen tehtävä - laskeuttaa kuivatusverkosta veden mukana kulkeutunut liete ja estää tällä tavoin sen pääsy pumppuihin.

Imualtaan lisäksi varastoivat vettä myös kuivatusverkon vesiuomat, minkä vuoksi ne tehdäänkin usein poikkileikkaukseltaan suuremmiksi kuin veden johtamisen kannalta olisi tarpeen. Polderilla olevat luonnolliset syvänteet ja altaat soveltuvat varsin hyvin veden varastoaltaiksi.

Mitä suurempi imualtaan ja kuivatusverkon vesiuomien varastotilavuus on, sitä pienemmäksi saadaan pumppujen lukumäärä ja pumppuaseman teho. Tarvittava imualtaan varastotilavuus (m^3) määrätään kaavalla

$$W = 86,4 (qF - Q_p) T \quad (86)$$

jossa q = mitoituksessa käytettävä keskimääräinen valuma ylivesikaudella tai rankkasateen aikana ($l/s \cdot ha$)

F = polderin valuma-alueen pinta-ala (ha)

Q_p = pumppuaseman pumppauskyky (l/s)

T = ylivesikauden pituus vuorokausina.

Imualtaan tilavuus on optimi silloin, kun pumppuaseman ja imualtaan vuosikustannukset ovat minimissä.

Penkereeseen rakennettavat aukot ja muut rakenteet

Jotta veden gravitaatiovirtaus polderilta purkuvesistöön olisi sopivana ajankohtana mahdollinen, suunnitellaan penkereeseen sopiva aukko. Esim. Peipsijärven rannalla olevilta poldereilta on mahdollista johtaa suuri osa lumen sulamisvesistä gravitaatiovirtauksena, koska Peipsijärven keväinen ylivesikausi on keskimäärin 1,5 viikkoa myöhemmin verrattuna pienten vesistöalueiden ylivesikauteen.

Aukko rakennetaan pumppuaseman viereen, joskus vieläpä pumppuaseman yhteyteen. Aukkona toimii tavallisesti betonista tai teräksestä valmistettu putkijono, joka sijoitetaan imualtaan ja purkuvesistön välille. Aukko joko suljetaan luukulla tai varustetaan sen ulosvirtauspää automaattisesti avautuvalla ja sulkeutuvalla läpällä.

Putken pohjan tulee sijaita sellaisella korkeudella, että veden virtaus on mahdollinen myös silloin, kun vedenkorkeus imualtaassa on minimissä. Suuremmilla poldereilla käytetään myös luukuilla suljettavia aukkoja. Keväisin veden peitossa olevilla poldereilla käytetään kaksipuolisia luukkuja, jotka sulkeutuvat itsestään vedenpinnan noustessa purkuvesistössä.

Aukon mitat määrätään hydraulisin laskelmin virtaaman ja polderin vedestä tyhjentämisen määräajan perusteella. Aukkojen lisäksi saattaa polderilla olla myös muita rakenteita kuten rumpuja ja siltoja vesiuomien ja teiden risteämiskohdissa, yksittäisiä polderin osia yhdistäviä alijohtoja (kuva 116) jne.

Pumppujen ja pumppuyksiköiden lukumäärän valinta

Pumppujen valinnan perusteena ovat mitoitusvirtaamat ja nostokorkeudet. Pumpun staattinen nostokorkeus (H_g) on vedenpintojen kor-

keusero. Jos staattiseen nostokorkeuteen lisätään imu- ja paineputkistossa esiintyvät painehäviöt h_t , saadaan pumpun manometrinen nostokorkeus H s.o.

$$H = H_g + h_t, \quad (87)$$

joka yhdessä pumpun tuottokyvyn (mitoitusvirtaaman) kanssa onkin perustana pumppuja valittaessa. Määrääväksi staattiseksi nostokorkeudeksi otetaan tavallisesti purkuvesistön maksimivedenkorkeuden ja polderin keskivedenkorkeuden ero. Koska pumpun imu- ja paineputkisto on suhteellisen lyhyt, voidaan painehäviöt niissä arvioida likimäärin 1 m:ksi.

Pumppua ja sitä käyttävää moottoria nimitetään pumppuyksiköksi.

Polderilta pumpattava vesimäärä vaihtelee eri aikoina varsin laajoissa rajoissa. Jotta pumppuasema pumpattavien vesimäärien vaihtellessa toimisi taloudellisesti, ei pumppausta voida keskittää ainoastaan yhdelle suurehkolle pumppuyksikölle, vaan pumppuaseman tuottokyky on jaettava teholtaan erilaisille pumppuyksiköille.

Pumppujen lukumäärän ja kunkin tuottokyvyn valinta riippuu pumppuaseman kuormituksen vaihtelusta, varastotilavuuden suuruudesta ja muista tekijöistä. Tarkoituksenmukaisena voidaan pienillä poldereilla, joilta mitoitusvirtaama ei ylitä $1 \text{ m}^3/\text{s}$, pitää kahta pumppuyksikköä, joiden tuottokykyjen suhde on 1:2. Suuremmilla poldereilla voidaan käyttää 2-3 pumppuyksikköä, joiden tuottokykyjen suhde on 1: (2...3), 1:2:2 tai 1:1:1.

Kun pumpattava vesimäärä on vähäinen, käynnistetään tuottokyvyltään pienin pumppu. Jos pienimmän pumpun pumppauskyky osoittautuu riittämättömäksi, korvataan se joko suuremmalla yksiköllä tai käynnistetään uusi pumppu, joka on toiminnassa samanaikaisesti ensimmäi-

sen kanssa. Pumpattavan vesimäärän mukaan voidaan käynnistettävissä pump-
 puyksiköitä kimbinoissa eri tavoin. Usein rakennetaan pumppuasemalle
 myös reserviysiköt, jotka voidaan varsinaisten pumppujen rikkou-
 tuessa kytkeä toimintaan. Taloudellisesti reservipumppujen käyttö
 ei ole perusteltua silloin, kun pumppuasemalle varataan riittävästi
 varaosia tai varapumppu. Kun varaosat ovat heti saatavilla, voidaan
 pumppujen korjaus suorittaa niin nopeasti, että polderille mahdol-
 lisesti syntyvä vesipeitto ei ehdi aiheuttaa mainittavaa vahinkoa.

Polderin yhteyteen rakennetuilta pumppuasemilta vaaditaan suuri
 tuottokyky, mutta sen sijaan pieni nostokorkeus. Lisäksi pumpattava
 vesi on yleensä likaista ja sisältää tavallisesti myöskin roskia.
 Edellä mainittuihin olosuhteisiin soveltuvat parhaiten potkuripumput.
 Potkuripumput ovat vertikaaliakselisia ja ne on suunniteltu sähkö-
 virtakäyttöisiksi. Sähkömoottorin akseli yhdistetään pumpun akseliin
 joko suoraan tai väliakselin kautta. Koska laakerit joutuvat pumpat-
 tavan veden kanssa kosketukseen, kuluvat ne varsin nopeasti, mikä
 seikka onkin potkuripumppujen suurin puute. Taulukossa 31 on esi-
 tetty esim. potkuripumppu-valikoimasta tärkeimpine parametreineen.

Taulukko 31. Esim. potkuripumppu-valikoimasta.

Pumpun merkki	Tuotto- kyky Q(l/s)	Manometrinen nostokorkeus H (m)	Kierrosluku minuutissa n	Hyöty- suhde %	Maksimiteho akselilla N (kW)
07-35	285	2,1	960	80	11
06-35	480	6,6	1450	82	45
07-47	525	2,2	730	80	21
06-55	940	4,1	730	82	65
06-70	1560	4,3	585	82	107
0II6-87	2475	4,5	485	82	176
0II6-110	3750	4,1	365	83	250

Huomautus: pumpun tyyppimerkinnässä ensimmäinen osa tarkoittaa sii-
 pipyörän numeroa ja toinen osa siipipyörän läpimittaa
 (cm).

Pienemmillä poldereilla osoittautuvat potkuripumput liian suuriksi.

Tällöin voidaan niiden asemesta käyttää Itä-Saksassa käytettäviä

vedenalaisella moottorilla varustettuja pumppuja UPL tai UMy, joi-

den parametrit on esitetty taulukossa 32.

Taulukko 32. Esim. Itä-Saksassa valmistettavista pumpuista.

Pumpun merkki	Tuotto- kyky Q (l/s)	Manometrinen nostokorkeus H (m)	Kierrosluku minuutissa n	Teho (kW)
UPL 200	70	4,0	1450	5,0
UPL 250	110	4,0	1450	7,0
UMy 300	175	8,0	1450	20,0

Taulukossa 32 mainitut pumput ovat rakenteeltaan hyvin kestäviä

ja kevyitä. Ne ovat jatkuvasti veden alla ja pystyvät pumppaamaan

likaistakin vettä eivätkä vaadi voitelua.

Pumppuasema

Pumppuaseman rakenne riippuu pumppujen lukumäärästä, valitusta

pumppumerkistä, saatavissa olevasta rakennusmateriaalista, perus-

maan laadusta ja pumppuaseman sijainnista suojapenkereeseen nähden.

Pumppuasema sijaitsee imualtaan luona ja sen tärkeimpänä ja usein

myös ainoana sisustukseja ovat pumppuyksiköt. Pumppujen käyttövoi-

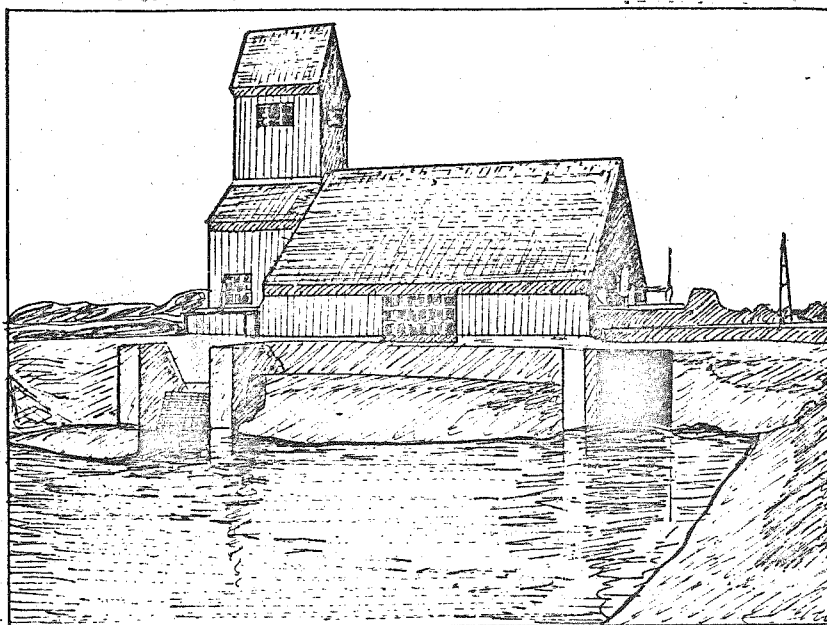
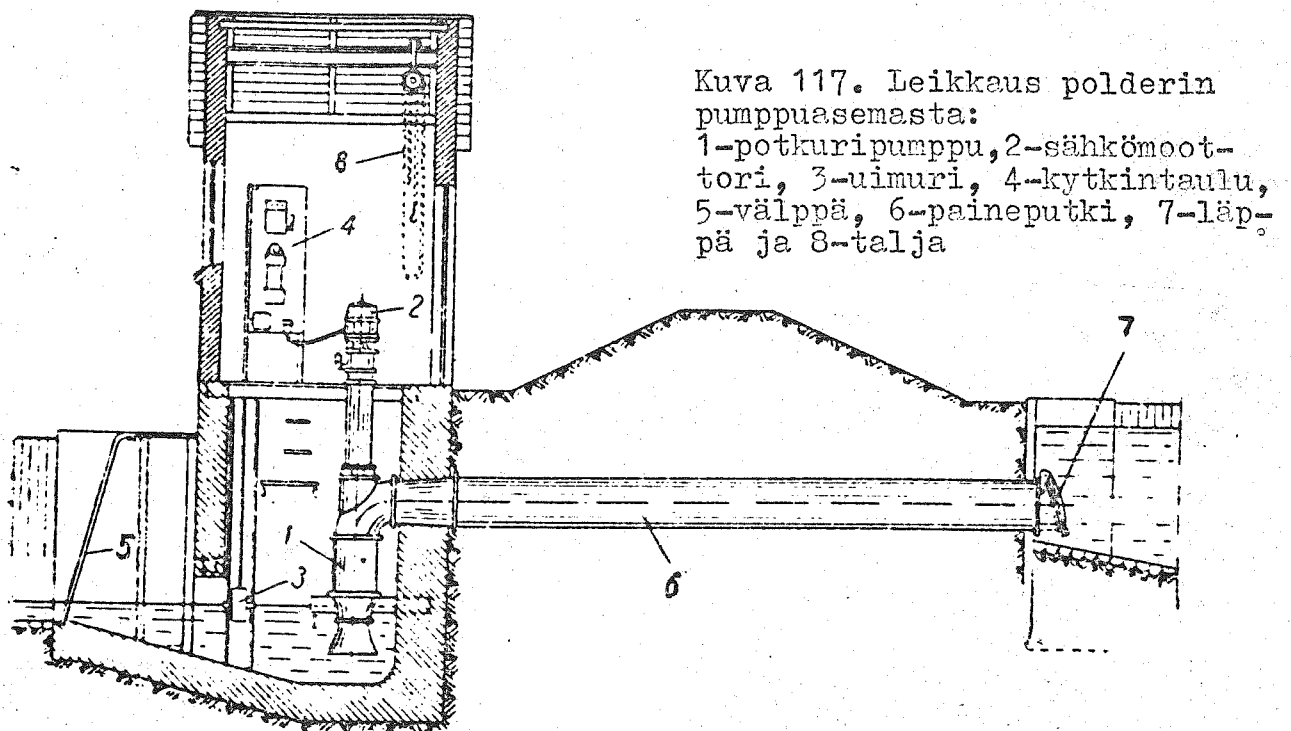
mana on tavallisesti sähkövoima. Niillä alueilla, joilla ei ole

sähkövoimaa käytettävissä, käytetään polttomoottoreita, pääasiassa

dieselmoottoreita.

Pumppuaseman tulee olla automatisoitu. Kuivatussysteemeillä tämä

vaatimus voidaan toteuttaa helposti siten, että pumppuaseman toi-



Kuva 118. Polderin pumppuasema

minta kytketään riippuvuuteen imualtaan vedenkorkeudesta. Kuvassa 117 esitetyssä pumppuasemassa on käytetty vertikaaliakselista potkuripumppua ja sähkömoottoria, jotka ovat keskenään suorassa yhteydessä (samalla akselilla). Sähkömoottori käynnistyy uimurin avulla, kun vedenpinta on laskenut altaassa alarajalle. Pumpun imuputken aukko asetetaan niin matalalle, että se on aina alimman vedenkorkeuden alapuolella. Paineputki suunnataan penkereen läpi purkuvesistöön ja sen päässä on automaattisesti sulkeutuva läppä.

Pumpun teho määritetään kaavalla

$$N = \frac{Q H_n}{102 \cdot \eta_p \cdot \eta_{\bar{u}}}, \quad (88)$$

jossa N = pumpun teho (kW)

Q = mitoitusvirtaama (l/s)

H = manometrinen nostokorkeus (m)

n = tehokerroin (1,1 ... 1,2)

η_p = pumpun hyötysuhde

$\eta_{\bar{u}}$ = liitoksen hyötysuhde (jos pumppu ja moottori ovat samalla akselilla on $\eta_{\bar{u}} = 1,0$)

Energian kulutus tietyllä ajanjaksolla lasketaan kaavalla

$$E = 0,00273 \frac{H \cdot W}{\eta}, \quad (89)$$

jossa E = sähköenergia (kWh)

H = pumpun keskimääräinen manometrinen nostokorkeus tarkasteltavalla ajanjaksolla (m)

W = pumpattava vesimäärä tarkasteltavalla ajanjaksolla (m³)

η = pumppuaseman hyötysuhde, sähköverkosta otettavaa energiamäärää laskettaessa tulee η :n arvossa ottaa huomioon myös sähkömoottorin hyötysuhde, joka vaihtelee tavallisesti 0,80...0,85 rajoissa.

3. Jokiluhtien tulvasuojelu

Luhtien luonteenomaiset piirteet ja niiden maataloudellinen merkitys

Jokiluhdaksi nimitetään jokilaakson matalampaa osaa, joka on ajoittain joko pitemmän tai lyhyemmän ajan veden peittämä. Jokiluhdat ovat erittäin arvokkaita latumia ja heinäviljelyalueita. Edellä mainittujen lisäksi voidaan luhta-alueita käyttää myös viljakasvien viljelyyn. Neuvostoliiton etelä- ja keskiosissa viljellään lyhytaikaisesti tulvavesien peittämällä luhdilla jopa hedelmäpuita ja marjapensaita. Heinämaina käytettäviltä luhdilta saadaan tavallisesti suuria satoja, jotka ylittävät huomattavasti kangasmailta saatavat sadot. Keväisillä tulvavesillä on luhdille suotuisa vaikutus. Ne lisäävät maan kasviravinne-, happi- ja mikro-roganismimäärää, jotka puolestaan lisäävät maan viljavuutta. Tulvavedet edistävät myös maan sulamista, mistä syystä kasvusto pääsee kasvun alkuun luhdamailla aikaisemmin. Kaikilta luhtamailta ei kuitenkaan saada korkeita heinäsatoja, vaikkakin maaperä- ja ilmasto-olosuhteet ovat suotuisat. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että keväinen tulva peittää luhtamaat liian kauan, jolloin maat alkavat soistua. Lisäksi saattavat tulvavedet kuljettaa alueelle myös runsaasti hiekkaa, mikä huonontaa ruokamullan koostumusta ja vähentää maan viljavuutta.

Jokiluhdille muodostuville lietemaille on luonteenomaista tulvavesien kuljettaman lietteen jatkuva laskeutuminen. Lietemaat sisältävät yleensä runsaasti kasviravinteita, jotka kulkeutuvat osaksi tulvavesien, osaksi pohjavesien mukana. Edellisten lisäksi muodostuu kasviravintetta myös välittömästi maaperässä maannostumisprosessien yhteydessä.

Lietemaata esiintyy pääasiassa jokien keski- ja alajuoksilla. Koska Eestissä joet ovat suhteellisen pieniä, ovat myöskin luhdet kapeita. Niiden leveys on harvoin yli 2...3 km. Sen sijaan Neuvostoliiton suurien jokien luhdet saattavat olla jopa 50 km:n levyisiä.

Luhtien viljavuus riippuu suuressa määrin tulvan luonteesta. Suo-
tuisissa olosuhteissa syntyy luhtamaille viljava, mururakenteen omaava lietemaa; epäsuotuisissa olosuhteissa syntyy puolestaan vähemmän viljava, kerroksellinen lietemaa. Mururakenteinen lietemaa muodostuu silloin, kun happi- ja kasviravinnepitoinen vesi peittää luhdan vain lyhyeksi ajaksi kuljettaen luhdalle vain hienoa lietettä (savea); kerroksellinen lietemaa taas silloin, kun tulva on luonteeltaan ankara kuljettaen luhdalle vain karkearakeista materiaalia (hiekkaa). Hienoa ei tällöin ehdi laskeutua, vaan vesi kuljettaa sitä edelleen mukanaan.

Tulvan luonne, sen kesto-aika ja sen mukana kulkeutuvien lietteiden määrä riippuvat monista tekijöistä. Tärkeimpinä tekijöinä mainittakoon vesistöalueen pinnanmuodostus, metsäisyys, maaperän laatu, peltojen määrä, jokilaakson kaltevuus ym. Vesistöalueelta tapahtuva valuma on sitä tasaisempaa, mitä enemmän vesistöalueella on metsiä tai metsäkaistaleita, mitä tasaisempaa maasto on ja mitä kevyempää ja rakenteeltaan parempaa maa on. Edellä mainituille vesistöalueille kevään ylivieskausi luonteeltaan hidas ja rauhallinen. Lietteet kulkeutuvat pääasiassa pelloilta, kun taas metsistä, soilta ja luonnonniityiltä tuleva vesi sisältää lietettä ja ravinteita varsin niukasti. Eniten runsasravinteista lietettä sisältää kumpuilevilta savilla ja hiekkasavimailta tuleva tulvavesi. Karkeammat lietteet ovat tavallisesti peräisin uomasta tai rinnemailta, joihin ne ovat kulkeutuneet deluviaalivirtausten mukana. Karkeamman aineksen pääsy jokiluhdalle voidaan estää esim. pensasistutuksilla.

Tulvat lyhentävät jossain määrin kasvukautta, mutta kasviravinteita ja happea sisältävä vesi luo suotuisat edellytykset tulvan laskettua heinäkasvien kasvulle. Sen sijaan pitkä tulvakausi on maaperälle vahingollinen; se huonontaa kasvillisuuden kasvua, aiheuttaa anaerobisia prosesseja; edistää soistumista, viivästyttää keväällä maanviljelystöitä ja lyhentää kasvukautta.

Keväistä vesipeittoa sietävät heinäkasvilajit eri tavalla. Osa heinäkasveista, kuten koiranheinä, puna-apila ja raiheinät kestävät vain lyhytaikaista (7...10 vrk) vesipeittoa, pitempiaikaista vesipeittoa (20 ... 25 vrk) kestävät timotei, nurminata, nurmipuntarpää, niittynurmikka, valkoapila, ym., vieläkin pitempiaikaiset vesipeittoa kestävät ruohohelpi ja suonurmikka yms.

Tutkimukset ovat osoittaneet, että edellä mainituilla eri kasvilajeille ominaisilla vesipeiton kestoajoilla on huomattava merkitys sadon suuruuteen. Jos vesipeiton kesto aika on ohjearvoja lyhempi tai pitempi, pienenevät sadot varsin selvästi.

Keväinen vesipeitto on siis kasvustolle hyödyllinen ja sen kesto aika voi olla melko pitkäkin. Sen sijaan kasvukaudella sattuva tulvakausi on yleensä vahingollinen, lukuunottamatta kuivakaudella sattuvaa lyhyttä (1 vrk) vesipeittoa.

Vesiolosuhteiden järjestelytoimenpiteet jokiluhdilla

Vesiolojen järjestelytoimenpiteet jokiluhdilla ovat yleensä tuntuvasti mutkikkaampia kuin muilla kuivatettavilla alueilla. Tämä johtuu sekä tulovirtaaman luonteesta että geologisesta ja topografisista olosuhteista. Jokiluhdille tuleva vesi muodostuu sadevesistä, tulvavesistä ylivesikaudella, pinta- ja pohjavesivalumasta sekä suotovesistä. Eri komponenttien osuus on jokaisella luhdalla erilainen

ja niiden keskimääräinen suhde muuttuu samallakin luhdalla ajan ja paikan mukaan. Luhtamaiden vesitilan järjestelyssä on mainittu seikat otettava huomioon.

Jokiluhtien vesiolosuhteiden järjestelyssä on ratkaistava seuraavat kysymykset; vesipeiton kesto aika, lietteen kulkeutuminen ja suitsuisten kasvuolosuhteiden luominen tulvaveden poistuttua.

Vesipeiton kestoajan tulee vastata luhdalla kasvatettavien viljelyskasvien vaatimuksia. Kuten jo aikaisemmin mainittiin, sallitaan vesipeitto vain keuhäisin ennen kasvukauden alkua. Vesipeiton sallittu kesto aika riippuu viljeltävistä kasvilajeista. Esim. syysviljalle sallitaan enintään 7 vrk ja heinäkasveille kasvilajista riippuen 7 ... 20 (25) vrk kestävä vesipeite.

Vesipeiton kesto aikaa voidaan lyhentää suurentamalla jokuoman veden johtokykyä varastoimalla vesiä joen yläosaan rakennettaviin tekojärviin tai pengerrysten avulla. Vesipeiton kesto aikaa voidaan tarvittaessa pidentää esim. siten, että padotaan jokea tai rakennetaan tekojärviä.

Lietteiden kulkeutumista jokiluhdille voidaan säädellä vesistöalueen yläosaan kohdistuvilla toimenpiteillä ja jokiluhtien pengertämisellä. Mururakenteen muodostumista voidaan edistää siten, että laskeutetaan luhdalle vain hienorakeista, runsaasti kasvira vinteitä sisältävää liettä (savi) ja estetään karkeamman aineksen (hiekkä) laskeutuminen. Karkeammat ainekset edistävät kerroksellisen lietema an muodostumista, mikä puolestaan vähentää maan viljavuutta. Se, mitä toimenpidettä kussakin käytetään, riippuu täysin paikallisista olosuhteista ja luhtan käyttö tavasta. Jos haluttuun tulokseen päästään useammalla tavalla, on käytettävä taloudellisesti edullisinta ratkaisua.

Kun tulvavesi on poistunut luhdalta, on maan liikamärkyys poistettava mahdollisimman lyhyessä ajassa, jota varten luhdalle on tehtävä tarkoituksenmukainen kuivatusverkko. Tarvittaessa on otettava huomioon myös kastelumahdollisuus.

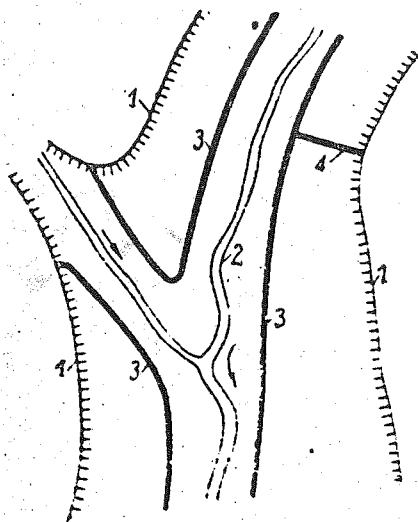
Virtaaman säätely vesistöalueen yläosaan kohdistuvilla toimenpiteillä

Kuten jo edellä mainittiin, on suotuisan tulvavesitilanteen ja viljavien lietemaiden muodostumisen edellytyksenä se, että virtaama tulvakaudella olisi mahdollisimman muuttumaton ja että karkeamman lietteen pääsy luhdalle olisi estetty. Edellä mainittujen tarkoituksien saavuttamiseksi sovelletaan vesistöalueeseen erilaisia toimenpiteitä, agroteknillisiä, agromelioratiivisia, metsämelioratiivisia ja hydroteknillisiä.

Agroteknillisistä ja agromelioratiivisista toimenpiteistä ovat tärkeimmät struktuurin luominen maahan ja sen säilyttäminen, syyskyntö (kyntösuunta kohtisuoraan maanpinnan kaltevuutta vastaan). Syväkyntö, onkaloittaminen jne. Kaikki edellä mainitut toimenpiteet edistävät pintaveden imeytymistä ja hidastavat tällä tavalla valumaa.

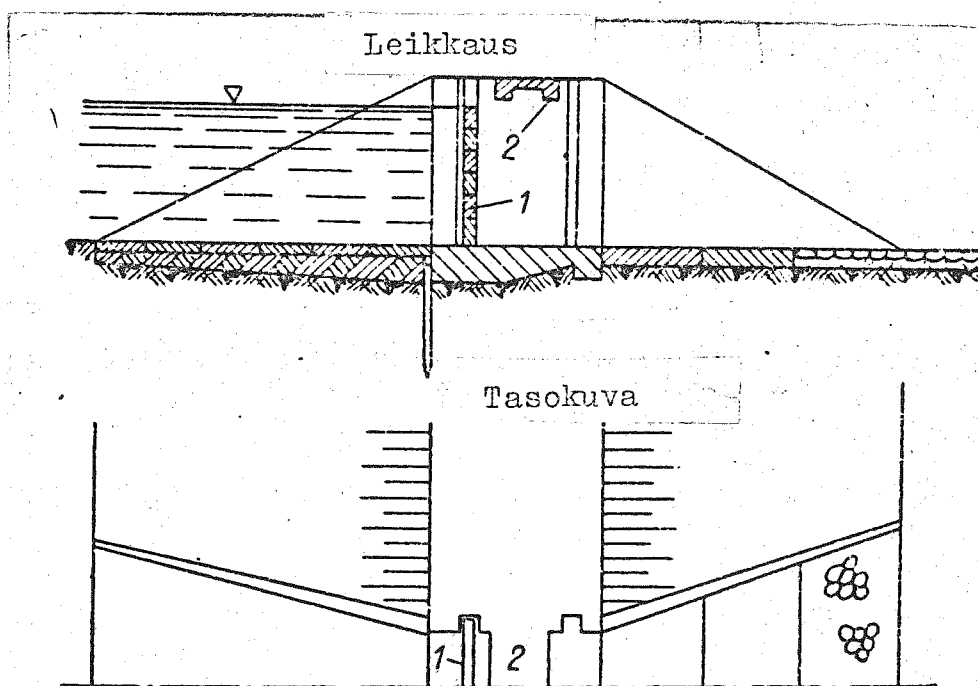
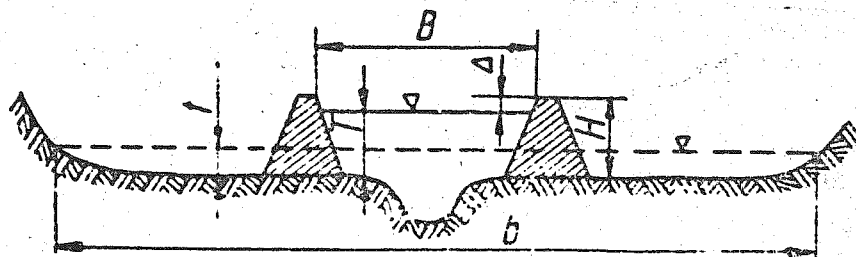
Metsämelioratiiviset toimenpiteet, metsittäminen ja metsäkaistaleiden istuttaminen, vähentävät pintaveden virtausta, estävät tehokkaasti eroosiota ja vaikeuttavat karkeamman aineksen pääsyä luhdalle.

Hydroteknillisistä toimenpiteistä soveltuu parhaiten käytettäväksi tekojärvien rakentaminen joen keski- ja yläjuoksulle. Tekojärviin pidätetään tulvavesiä, jotka sitten juoksutetaan myöhemmin luhdan vesitilanteen mukaan.

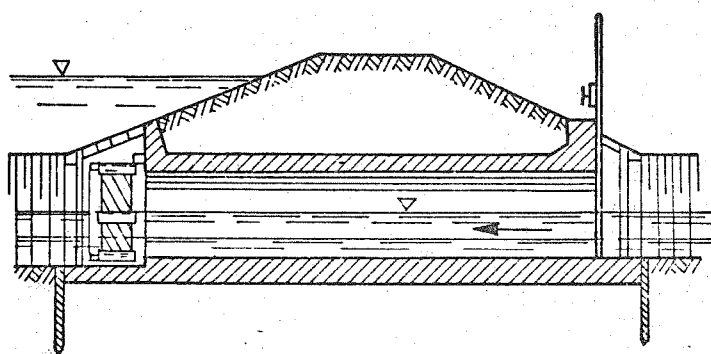


Kuva 119. Luhdan suojapenkereiden sijaintikaavio: 1-luhdan reuna, 2-joki, 3-suojapenkereet ja 4-poikkipenger

Kuva 120. Poikkileikkaus pengerretyiltä jokiluhdalta



Kuva 121. Sulku, josta vesi pääsee luhdalle: 1-setit ja 2-silta



Kuva 122. Kaksipuoluisella portilla varustettu sulku, jonka kautta vesi pääsee luhdalla takaisin jokeen.

Edellä mainittuja toimenpiteitä, pengerrystä lukuunottamatta, on käsitelty lähemmin ja aikaisemmin, minkä vuoksi tässä yhteydessä tarkastellaankin vain luhtien pengertämistä.

Luhtien pengertäminen

Pyrittävä estämään vahingollisia tulvia ja karkeamman aineksen kulkeutumista luhdalle käytetään aikaisemmin mainittujen toimenpiteiden lisäksi suurilla jokiluhdilla pengerrystä.

Luhtien suojaksi rakennetut penkereet saattavat olla joko ns. kevät-penkereitä tai kesäpenkereitä. Jos luhta halutaan suojata tulvavesiltä kokonaan, rakennetaan kevätpenkereet, jotka ovat niin korkeat, etteivät keväiset tulvavedet pääse luhdalle. Kevätpenkereet ovat tarkoituksenmukaisia silloin, kun luhdalla viljellään syysviljakasveja ja luhtamaita käytetään heinäviljelyyn. Kesäpenkereet suojaavat luhtaa ainoastaan kasvukaudella sattuvilta tulvilta.

Suojapenkereet suunnitellaan joen kummallekin puolelle tai tarvittaessa vain toiselle puolelle yhdensuuntaisiksi uoman suunnan kanssa käyttämällä hyväksi mahdollisuuksien mukaan maaston korkeampia kohtia. Jokeen laskevat sivu-uomat reunustetaan myös penkereillä tarpeeksi katsotulta pituudeltaan (kuva 119). Luhdan kapeimpiin kohtiin tehdään poikkipenkereet, jotka ulottuvat luhdan reunaan saakka, jotta tulva saataisiin rajoitetuksi penkereen mahdollisesti sortuessa pienemmälle alalle.

Suojapenkereet supistavat yliveden virtauksen aikaisempaa kapeampaan uomaan, minkä vuoksi vedenpinta penkereiden kohdalla nousee aikaisempaan verrattuna. Vedenpinnan nousu on sitä suurempi, mitä

pienempi on suojapenkereiden keskinäinen etäisyys. Penkereiden

aiheuttama vedenkorkeuksien suureneminen on otettava huomioon

penkereiden korkeuksia määrättäessä. Suojapenkereiden keskinäi-

nen etäisyys ja niiden korkeus ovat keskenään verrannollisia.

Mitä suurempi osa luhdasta suojataan tulvavesiltä, sitä korkeam-

maksi on penkereet tehtävä ja sitä kalliimmaksi tulee myös niiden

rakentaminen. Penkereiden keskinäisen etäisyyden (B) ja penkereen

korkeuden (H) välisen riippuvuuden ilmaisee kaava (90) (kuva 120).

$$H = T + \Delta = t \left(\frac{bC}{BC_1} \right)^{2/3} + \Delta \quad (90)$$

jossa t ja T = keskimääräinen virtaussyvyys luhdalla ennen ja jäl-
keen pengerryksen (m)

C ja C_1 = Chézyn kerroin ennen ja jälkeen pengerryksen

b = luhdan tulva-alueen leveys (m)

Δ = penkereiden korkeusvara

Kaavassa esiintyvät t ja b määrätään hydraulisin laskelmin lähtemäl-

lta joko kevään maksimivirtaamasta (kevätpenkereet) tai kasvukauden

maksimivirtaamasta (kesäpenkereet). Virtaaman ylitystodennäköisyy-

deksi otetaan tavallisesti 5...10 %.

Mitä pienemmäksi B valitaan, sitä suurempi osa luhdasta halutaan

suojata tulvilta ja sitä korkeammiksi ja kalliimmiksi penkereet

tulevat. Jotta penkereiden keskinäinen etäisyys ja niiden korkeus

saataisiin tarkoituksenmukaiseksi, on tutkittava monia vaihtoehto-

ja ja niistä valittava taloudellisesti tarkoituksenmukaisin vaihto-

ehto toteutettavaksi. Penkereiden korkeuden ja rakennuskustannusten

vähentämiseksi on tuskin tarkoituksenmukaista suorittaa jokijärjes-

tely pengerryksen yhteydessä.

Penkereiden keskinäistä etäisyyttä määrättäessä on otettava huomioon virtausnopeuden suureneminen penkereiden välissä. Jos virtausnopeus tulee liian suureksi, saattavat uoman ja penkereen väliset luiskat syöpyä, mistä saattaa olla seurauksena penkereiden sortuminen.

Jokiluhtien suojapenkereet ovat rakenteeltaan samanlaisia kuin aikaisemmin käsitellyt polderin suojapenkereet.

Kesäpenkereiden korkeusvaraksi (Δ) otetaan tavallisesti 0,5...0,7 m.

Penkereen etäisyys uomasta on oltava vähintään 10 m. Syöpmistä ja aallokon hävittävää vaikutusta vastaan on penkereen joenpuoleiselle juurelle tarkoituksenmukaista istuttaa pensasrivi.

Penkereiden suojatun luhdanosan vesipeiton säätelyä varten on penkereisiin suunniteltava sulut, veden sisään- ja ulospääsyä varten. Sulkujen tulisi toimia mahdollisimman automaattisesti. Sulkuna, josta vesi pääsee luhdalle, toimii tavallisesti seteillä suljettava aukko (kuva 121), jonka harjan korkeutta säädellään seteillä siten, että luhdalle pääsee vain hienompaa ainesta sisältävää lietettä. Sulkujen rakennuskustannuksia voidaan säästää rakentamalla ne penkereen matalimpiin kohtiin. Aukon leveys ja harjakorkeus on oltava sellaiset, että veden virtaus vahvistamattoman penkereen yli estetään.

Sulkujen, joista vesi pääsee pois luhdalta, pitää avautua automaattisesti heti, kun vedenpinta joessa on laskenut luhdan vedenpintaa alemmaksi. Aukon joenpuoleinen pää on varustettava joko läpällä tai kaksipuolisella portilla (kuva 122), jotka avautuvat vedenpinnan vaikutuksesta. Sulut, jotka tekevät mahdolliseksi veden pois-

pääsyn luhdalta, on rakennettava maaston matalimpiin kohtiin, jotta tulvavesi pääsisi täydellisesti poistumaan.

Penkereet vaikuttavat myös negatiivisesti vesistöalueeseen. Huomattavimpana negatiivisista vaikutuksista on pidettävä sitä, että suoja-penkereillä kavennetaan tulvavirtausta ja menetetään luhdan vettä varastoiva vaikutus. Mainitun ilmiön takia tulvat jossain määrin suurenevät penkereillä suojatun joen osan sekä ylä- että alapuolella.

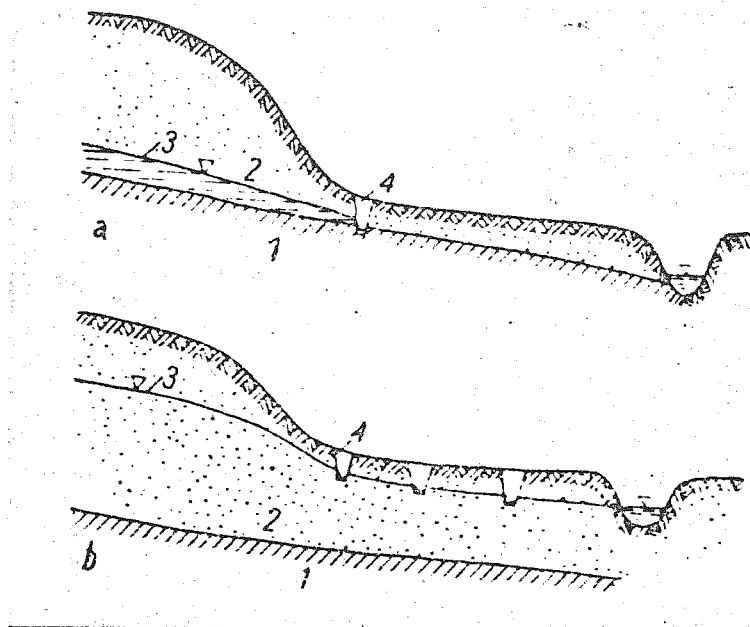
Neuvostoliitossa on eräitä eteläisiä jokia pengerrretty hyvinkin pitkiä matkoja, esim. Amu-Darjaa 800 km:n ja Kuraa 700 km:n pituudelta. Myös Italiassa, Kiinassa, Hollannissa, USA:ssa ja muuallakin pengerretään jokia huomattavassa määrin.

Luhtien kuivattaminen

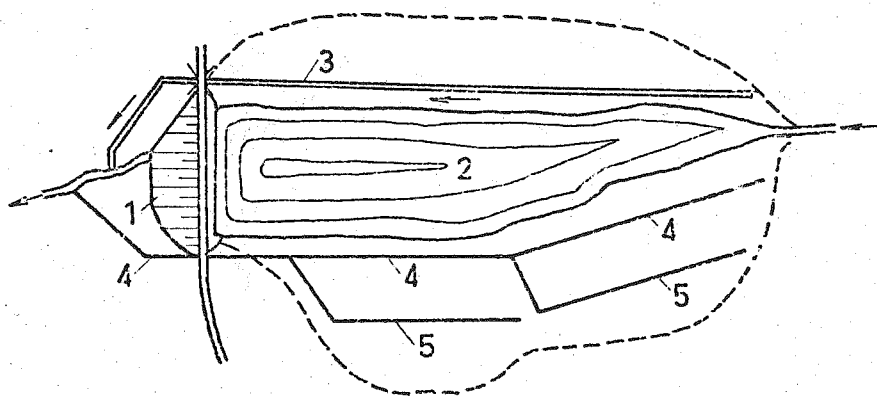
Pengerrys yksinään ei paranna luhdan vesitilaa riittävästi. Liikavedet, jotka tulevat luhdalle, on myös poistettava. Tulovirtaaman luonteen ja liikamärkyyden asteen perusteella on käytettävä erilaisia kuivatustapoja. Luhdan kuivattamisen edellytyksenä on joen tarkoituksenmukainen järjestely.

Jos luhta on kapea ja sinne tulee vain sadevesiä ja maaperä liiaksiksi on helposti vettäläpäisevää, ei kuivatusverkkoa tarvita.

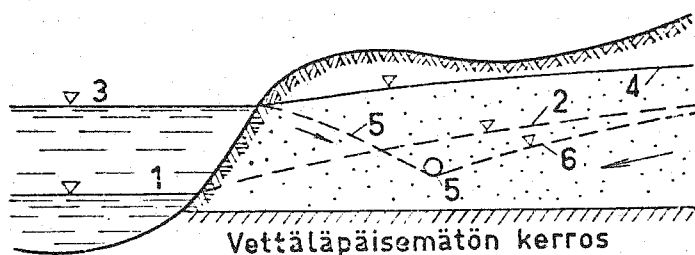
Jokijärjestely yksinään riittää tässä tapauksessa parantamaan riittävästi luhdan vesitilaa. Laajoille luhdille tarvitaan edellä mainittujen edellytysten vallitessa harvennettu yleiskuivatusverkko. Mikäli maasto on kumpuilevaa, tarvitaan vain hajakuivatus.



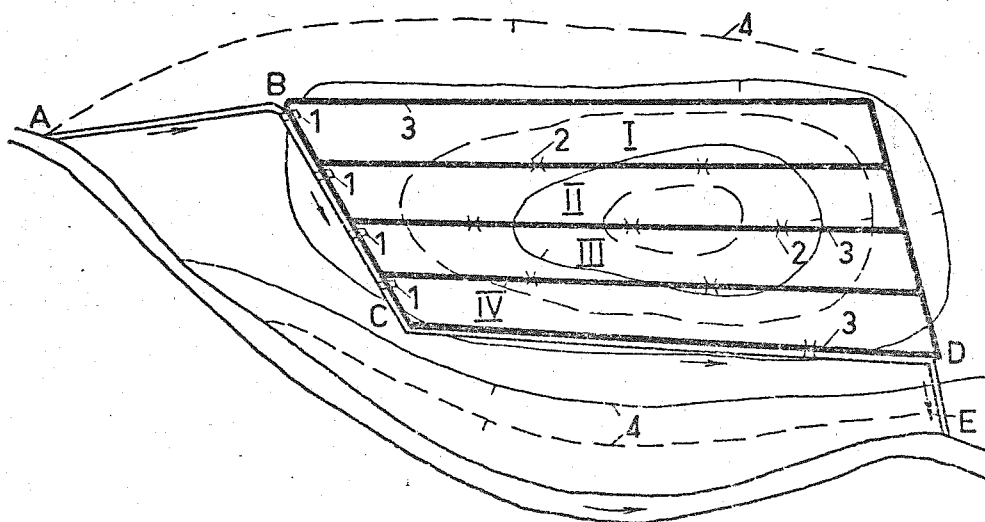
Kuva 123. Jokiluhdan
kuivattaminen: 1-vet-
täläpäisemätön kerros,
2-vettäläpäisevä "
3-pohjaveden depressio-
käyrä, 4-piirioja



Kuva 124. Kuivatusverk-
ko padotusalueella:
1-joen vedenpinta ennen
patoamista, 2- pohjave-
den depressiokäyrä ennen
patoamista, 3-joen veden
pinta patoamisen jälkeen,
4-depressiokäyrä " " "
5-piirisalaoja ja 5-sala-
ojan vaikutus depressio-
käyrään



Kuva 125. Piirisalaoja
padotusalueella:
1-joen pinta ennen patoa-
mista, 2-depressiokäyrä
ennen ja 4- jälkeen patoa-
misen, 3-joen pinta patoa-
misen jälkeen, 5-piirisa-
laoja ja 6- piirisalaojan
vaikutus depressiokäyrään



Kuva 126. Kolmaatiosys-
teemi: A-vedenotto; A-B-C
kolmaatio-oja; C-D-E-oja,
josta vesi pääsee takai-
sin jokeen; 1-sisäänvir-
tausaukot; 2-ylivirtaus-
kohdat; 3-penkereet; 4-
korkeuskäyrät; I-IV kol-
maatioaltaat

Jos maaperä luhdalla on savea tai raskasta hiekkasavea, on luhdalle rakennettava kuivatusverkko normaaliin tapaan. Jos luhdalle tulee pinta- tai pohjavesiä luhtaa ympäröiviltä rinteiltä, on rinteiden juureen tehtävä riittävän syvät piiriojat. Jos piiriojat ulottuvat vettäläpäisemättömään kerrokseen, voidaan kapeilla luhdilla jättää detaljiverkko rakentamatta (kuva 123 a). Jos pohjavesivirtaus on tehokasta ja vettäläpäisevä kerros paksu, on luhdalle rakennettava lisäksi yleiskuivatusverkko (kuva 123 b).

Kuivatusverkkoa jokiluhdalle suunniteltaessa on otettava huomioon sen tukkeutumisvaara. Tukkeutuminen riippuu suuressa määrin ojien suunnasta. Ojien, jotka ovat likimain tulvavesivirtauksen suuntaisia, tukkeutumisvaara on vähäinen. Ojat voivat myös puhdistua itsestään lietteestä sitä paremmin, mitä suurempi on virtaama. Edellä mainitun perusteella tulisikin pienemmät ojat (kuivatusojat ja salaojakokooja) sijoittaa tulvavesivirtauksen suuntaisiksi eli luhdan suuntaisiksi. Sen sijaan suuremmat ojat, jolloin virtaamat ovat suurempia, voidaan suunnitella kulkevaksi myös luhdan poikkisuuntaan.

Kun luhta on pengerreretty, linjataan pääoja suojapenkereen viereen. Tällöin se toimii myös samalla eristysojana katkaisemalla penkereen alta tulevan suotovirtauksen. Pääoja suunnataan sululle, jonka kautta vesi pääsee luhdalta jokeen.

Taistelu tulvia ja vettymisvahinkoja vastaan padotusalueilla

Vettä patoamalla vesiuomissa saatetaan tietty maa-alue veden alle, jolloin muodostuu tekojärvi eli tekovesiallas. Joen patoaminen aiheuttaa myös pohjaveden padotusta tekojärven ympäristöön ja siis

vettymisvahinkoa. Vesipeitto ja vettymisvahinko aiheuttavat suuria kansantaloudellisia tappioita, koska sadot pienenevät tai maat joudutaan jättämään kokonaan pois maataloudellisesta käytöstä. Vettymisellä on vaikutusta asutuksen ja maa-alueen terveydelliseen tilaan.

Pääasiallisin keino tulvien estämiseen on maa-alan pengertäminen. Jos tekojärvi rajoitetaan suojapenkereillä, voidaan penkereen takana oleva maa saada viljelykseen kuivattamalla. Liikamärkyyden poistamiseksi vettymisalueelta tehdään tekojärven reunaan piiriojat tai piirisalaojat, jotka johdetaan paikallisista olosuhteista riippuen joko jokeen padon alapuolelle tai pumppuasemalle, josta ne pumpataan tekojärveen. Kuvassa 124 on esitetty kuivatusverkon kaaviokuva sitä tapausta varten, että piiriojat suunnataan jokeen padon alapuolelle. Piiriojat alentavat pohjaveden tasoa padotusaltaan ulkopuolella ja johtavat pois myös mahdolliset tekojärvestä tulevat vedet.

Piirisalaojan vaikutus pohjaveden tasoon nähdään kuvasta 125. Jotain pohjavesi voitaisiin alentaa alkuperäiseen tasoon (tasoon, joka oli ennen padotusta), on piirisalaoja tehtävä n. 0,5 m alkuperäisen pohjaveden tason alapuolelle. Jos piirisalaoja jää liiaksi vettäläpäisemättömän kerroksen yläpuolelle, aiheuttaa tekojärvi pohjaveden padotusta myös piiriojan takana. Tässä tapauksessa on piirisalaojan taakse sijoitettava myös kuivatussalaoja (kuva 124, vasen ranta).

14. Luhtamatalikkojen kolmaatio

Kolmaation tehtävä ja käyttöedellytykset

Useissa tapauksissa muodostuu joki- tai järviluhtien kuivattaminen erittäin kalliiksi sen vuoksi, että joen tai järven järjestely pelkäs-

tään maataloudelle tulevaa hyötyä ajatellen muodostuu kohtuuttoman kalliiksi. Erikoisen kalliiksi järjestely muodostuu siinä tapauksessa, että kuivatusta vaativat vain pienet luhtalammikot. Tällaisissa tapauksissa onkin luhtamatalikkojen kolmaatio tarkoituksenmukaisiin toimenpide. Kolmaatiolla ymmärretään sitä, että pohjaveden alentamisen sijasta nostetaan maanpinta lietteitä laskeuttamalla. Maanpintaa nostetaan niin paljon, että pohjavesi jää riittävän syvälle. Jotta kolmaatio voitaisiin toteuttaa edullisesti, pitäisi jokiveden sisältää runsaasti lietettä ja virtauksen järjestely saatava aikaan gravitaatiovirtauksena.

Kolmaatiosysteemi. Kolmaatiota varten on tarpeen ympäröidä matalikko penkereillä, johtaa runsaasti lietettä sisältävä jokivesi erillisen, ns. kolmaatio-ojan kautta matalikolle, pysäyttää virtaus joko kokonaan tai hidastaa sitä riittävästi sekä lopuksi johtaa selkiintynyt vesi takaisin jokeen. Suuremmat matalikot jaetaan penkereillä osiin ns. kolmaatioaltaiksi. Jotta mahdollistettaisiin veden pääsy altaasta toiseen, tehdään penkereisiin ylivuotokohdat. Edellä kuvattua kokonaisuutta kutsutaan kolmaatiosysteemiksi (kuva 126).

Kolmaatiota käytetään tavallisesti vain yliveden aikana ja prosessi voi olla käynnissä joko ajoittain tai jatkuvasti.

Ajoittaisessa kolmaatiossa annetaan veden seistä altaissa 0,5...1,5 vrk, jonka jälkeen selkeytynyt vesi johdetaan takaisin jokeen. Altaisiin päästetään uudelleen vettä ja edellä kuvattu prosessi toistetaan. Näin jatketaan koko ylivesikauden ajan. Kolmaatioprosessin alussa määrätään viipymä altaissa normaalia lyhemmäksi. Tällöin vain karkeampi aines ehtii laskeutua ja lietekerros kasvaa pienemmän viipymäajan johdosta nopeasti. Myöhemmin viipymää pidennetään, jol-

loin myös hienompi liete ehtii laskeutua. Hienompi aines lisää huomattavasti myös lietemaan viljavuutta.

Jatkuvassa kolmaatioprosessissa vesi liikkuu koko ajan hitaasti altaasta toiseen, minkä jälkeen selkeytynyt vesi johdetaan takaisin jokeen. Veden virtausnopeutta säädellään laskuaukkojen avulla.

Kolmaatioprosessi on varsin hidas. Se kestää tavallisesti vuosikymmeniä. Kolmaation käytön edullisuus riippuu oleellisesti jokiveden lieteepitoisuudesta. Likimäärin voidaan vuotuisen lisäkasvun arvioida olevan 0,5 ... 1,0 cm.

Kaavalla

$$T = \frac{F h \gamma}{8,64 \cdot Q + p \alpha} \quad (91)$$

voidaan laskea likimäärin vuosien lukumäärä, joka tarvitaan tietyn suuruisen matalikon täyttämiseen lietettä laskeuttamalla. Kaavassa on

F = matalikon pinta-ala (ha)

h = tarvittavan lietekerroksen keskimääräinen paksuus (m)

γ = lietteen tilavuuspaino

Q = keskimääräinen virtaama kolmaatioprosessin aikana (m^3/s)

t = kolmaatioprosessin keskimääräinen kesto aika vuoden aikana (vrk)

p = veden keskimääräinen lietekonsentraatio (kg/m^3)

$\alpha \approx 0,8 \dots 0,9$

Esimerkki: Lietteellä täytettävän matalikon pinta-ala on 5 ha, keskimääräinen syvyys 0,40 m, keskimääräinen virtaama $1,0 m^3/s$, yli-
vesikauden keskimääräinen pituus 15 vrk, lietteiden konsentraatio
ylivesikaudella $p = 0,60 kg/m^3$, lietteen tilavuuspaino $= 1500 kg/m^3$.

Laske matalikon täyttämiseen kuluva vuosien lukumäärä.

Ratkaisu:

$$T = \frac{5 \cdot 0,4 \cdot 1500}{8,64 \cdot 1 \cdot 15 \cdot 0,6 \cdot 0,9} = 43 \text{ vuotta}$$

Lietteen pumppaamisesta matalikoille jokien perkauksien yhteydessä on tehty onnistuneita kokeita. Lietettä on johdettu putkiston avulla aina 1 km:n etäisyydellä oleville matalikoille. Lietettä laskeutetaan myös sellaisille maille (esim. hiekka), joiden viljavuutta halutaan lisätä.

Neuvostoliitossa on kolmaatioprosessia käytetty Kolhisen matalikolla Gruusiassa, jossa Rionijoen kuljettamalla lietteellä on täytetty noin 3000 ha matalikkoja, Dnestrijoen suistossa Moldaviassa, Keski-Aasiassa vuoristojokien luhdilla ja muuallakin.

5. Soiden kuivattaminen turvetuotantoa ajatellen

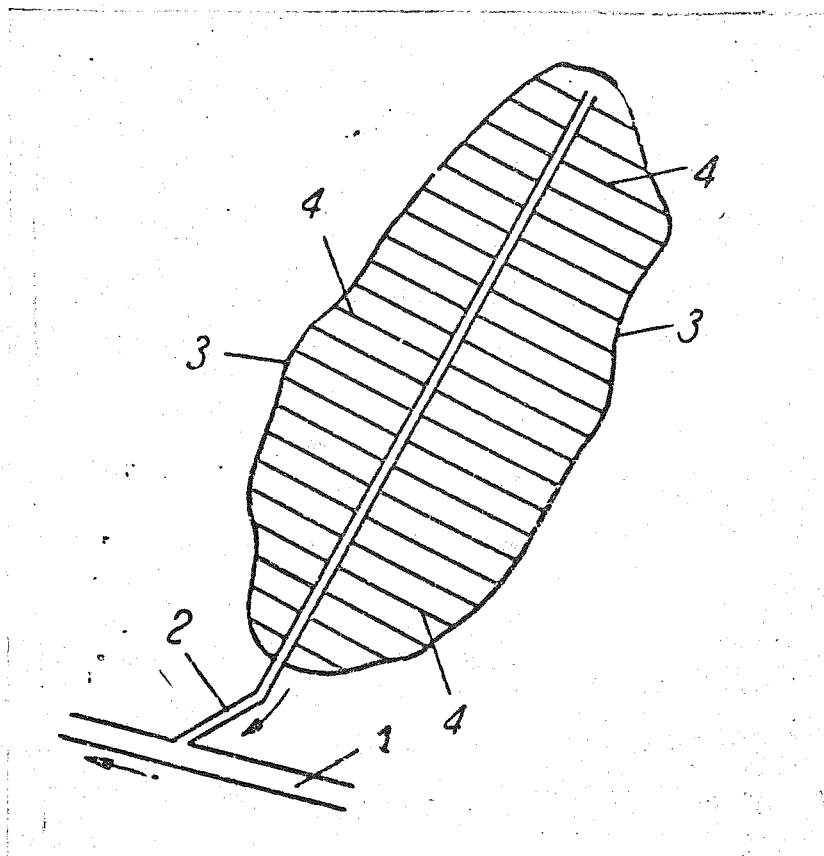
Kuivatuksen tarkoitus

Turpeen käyttö polttoaineena ja kotieläinten kuivikkeena lisääntyy Eestissä vuodesta vuoteen. Edullista turvetuotantoa varten on suot saatettava tuotannon vaatimusten mukaisiksi. Tärkeimpänä toimenpiteenä on tällöin niiden kuivattaminen. Kuivattamisen tarkoituksena turvetuotantoa ajatellen on

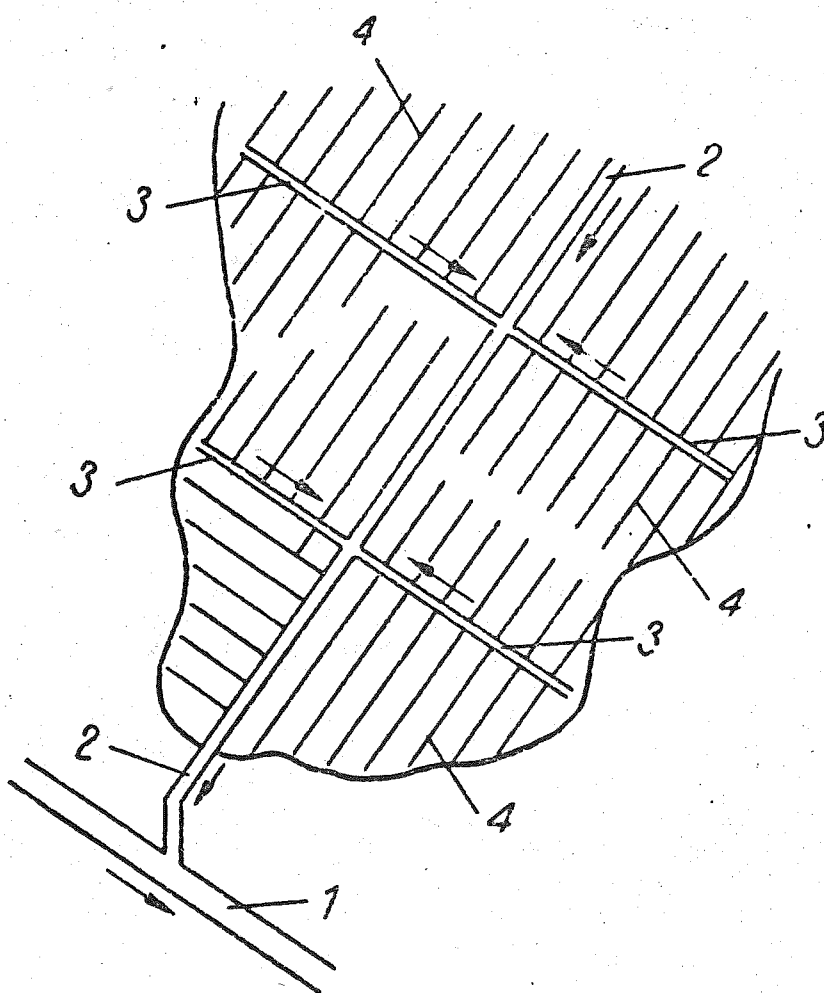
- 1) poistaa turpeesta liiallinen vesi, jotta saataisiin tiheydeltään ja kuiva-ainekonsentraatioltaan parempaa turvetta;
- 2) luoda turvetuotantoon tarkoitetuille koneille suotuisat liikkumis- ja työskentelyolosuhteet;
- 3) luoda edellytykset suolla tapahtuvaa turpeen kuivattamista varten.

Kuivattamaton turve sisältää tavallisesti 85 ... 95 % vettä eli 2 ... 15 % kuiva-ainetta (painoprosentteina). Suon kuivattamisen jälkeen sisältää turve vettä keskimäärin 86 ... 88 % rähäsuolla ja 80 ... 85 % mutasuolla. Ilmakuivana turpeen vesipitoisuus sitävastoin on vain 25 ... 30 % ja kuiva-ainesta siten 70 ... 75 % (painoprosentteina). Jotta saataisiin 1 m³ ilmakuivaa turvetta, tarvitaan sitä varten tavallisesti 3 ... 4 m³ tuoretta turvetta. Mitä pienempi on turpeen vesipitoisuus, sitä suurempi on orgaanisen aineen konsentraatio ja sitä enemmän saadaan ilmakuivaa turvetta yhdestä tilavuusyksiköstä. Kuivatuksen ansiosta turvekerroksen kantokyky suurenee siinä määrin, että suolla voivat liikkua myös raskaat turvetuotantoon tarkoitetut koneet. Suon kuivattaminen edistää myös huomattavasti nostetun turpeen kuivumista kuivatuskentillä.

Kuivatusverkko koostuu, kuten maatalousmaiden kuivatuksessakin, detaljiverkosta, perusverkosta ja tarvittaessa myös piiriverkosta. Detaljiverkko koostuu kuivatusojista ja myyrä- tai rakosalaojista; perusverkko pääojasta, valtaojista ja turpeen nostoon tarkoitettui-
ta ojaista; piiriverkko taas piiriojista. Kuivatusverkon vesiuomien maastoon sijoituksessa noudatetaan samoja periaatteita kuin maatalousmaiden kuivatuksessakin. Soiden suhteellisen tasaisen pinnanmuodostuksen takia on kuivatusverkon sijoittaminen maastoon ratkaistavissa helpommin kuin mineraalimailla. Pääoja suunnataan turvekerroksen alla olevan mineraalimaan matalimpien kohtien kautta mahdollisimman suoraan purkuvesistöön. Valtaojat ja turpeen nostoon tarkoitetut ojat suunnataan tavallisesti kohtisuoraan pääojaa vastaan tai mikäli pääojaa ei ole, suoraan purkuvesistöön. Detaljiverkon vesiuomat suunnataan leikkaamaan terävässä kulmassa korkeuskäyriä sekä mahdollisuuksien mukaan yhtymään kohtisuorasti valta-



Kuva 127. Pienen suo-
alueen kuivatusverkko:
1-purkuvesistö; 2-pää-
oja; 3-suoalueen reuna;
4-kuivatusojat (sala-
ojat)



Kuva 128. Suuren suo-
alueen kuivatusverkko:
1-purkuvesistö; 2- pää-
oja; 3-valtaojat; 4-kui-
vatusojat (salaojat)

oisiin tai turpeennostoon tarkoitettuihin oisiin. Pääoja on suunniteltava sellaiseen syvyyteen, että koko tuotantokelpoisen turvekerroksen käyttäminen on mahdollista. Pääojan syvyyden tulisi liittää sellaiseen, että se mahdollistaisi turpeen alapuolella olevan mineraalimaan käyttöönoton maataloudellisiin tarkoituksiin. Turvekerroksen vahvuudesta ja maatumisasteesta riippuen kaivetaan vesiuomat joko yhdellä kertaa vaadittuun syvyyteen tai toteutetaan ensin ns. esikuivatus ja vasta tämän jälkeen uomat syvennetään vaadittuun syvyyteen.

Kuvassa 127 on esitetty pienehkön soikeanmuotoisen suon kuivatusverkko, joka koostuu vain pääojasta ja kuivatusojista (tai salaojista). Kuvassa 128 on esim. suuremman suon kuivatusverkosta.

Kuivatusverkon muoto ja ojien keskinäiset etäisyydet riippuvat turpeen tuotantotavasta. Nykyisin tuotetaan turvetta pääasiassa kolmella tavalla: a) jyrshinturpeen b) hydroturpeen ja c) kaivukoneturpeen muodossa. Vähäisessä määrin nostetaan turvetta myös käsin.

Jyrshinturpeen nosto tapahtuu pintakerroksesta seuraavalla tavalla: Kuivattu suonpinta jyristään ohuena kerroksena, jyrshintyn turvepehkurannetaan kuivua levällää, minkä jälkeen se kootaan valleiksi ja aumoiksi. Kaivukoneturpeen tuotto tapahtuu koneella, joka nostaa ja muovaa turpeen sopivanmuotoisiksi kappaleiksi, jotka sen jälkeen ladotaan kuivumaan kuivatustarkoitukseen varatulle kentälle. Hydroturpeen nostossa turvekerros ensin hienonnetaan vesisuihkulla, minkä jälkeen muodostunut turvemuta pumpataan kuivatuskentille. Jyrshinturvetta tuotettaessa on kuivatusverkon muoto kuvien 127 ja 128 mukainen.

Hydroturvetta tuotettaessa on valtaojien keskinäinen etäisyys normaalia suurempi eli n. 500 ... 600 m. Valtaojien välissä kulkevat ns. sesooniojat, joiden reunalla liikkuu turvemutaa pumpaava kone. Kuivatuskentillä on kuivatusverkon oltava samanlainen kuin jyrsinturpeen tuotantoon tarkoitetuilla kentillä; detaljiverkon on lisäksi oltava suljettu (myyrä- tai rakosalaojitus).

Turvetta nostava kaivukone sijoitetaan ojien reunoille.

Vesiuomien mitoitus tapahtuu normaalein perustein. Syvyys valitaan kuivatustavan ja turvekerroksen ominaisuuksien perusteella. Valtaojien minimisyvydeksi otetaan 1,6...2,0 m, detaljiverkon ojien 1,0...1,2 m ja salaojien jyrsinturvekentillä 1,3 ... 1,5 m sekä hydroturpeen kuivatuskentillä 0,8 ... 0,9 m.

Valtaojien keskinäiset etäisyydet ovat tavallisesti 250...600 m, kuivatusojien 20...50 m ja salaojien 7...10 m. Jyrsinturpeen tuotantoalueilla käytetään enimmäkseen myyrä- tai rakosalaojia ja kuivatuskentillä tiili-, putki- tai jyrsinputkisalaojia.

6. Muita erikoiskuivatustapoja

Edellä käsiteltyjen erikoiskuivatustapojen lisäksi tunnetaan vielä eräitä muitakin kuivatustapoja, esim. kuivatus malarian leviämisen estämiseksi ja kuivatus suuren transpiraatiokyvyn omaavien kasvien viljelyn avulla ym.

METSÄMAIDEN KUIVATTAMINEN

Metsä on ihmiselle tarpeellinen monessa suhteessa, pääasiassa kuitenkin puutavaran kannalta. Metsää kasvatetaan myös muita tarkoituksia varten, kuten esim. ilmaston parantamiseksi, maan viljavuuden lisäämiseksi, ilman puhdistamiseksi liiallisesti hiilidioksidista, suojaksi tuulia vastaan, lentohiekan sitomiseksi jne.

1. Peruskäsitteitä

Tavallisesti metsän muodostava puukasvusto ei ole koko metsäalueella yhtäläinen. Biologisten tunnusmerkkien puolesta enemmän tai vähemmän yhtäläistä metsäaluetta nimitetään metsiköksi. Metsikköä luonnehtivat seuraavat tunnuksat: muoto, koostumus, täysinäisyys, ikä, tiheys, boniteetti ja tyyppi.

2. Kasvupaikan vaikutus metsän tuottavuuteen

Metsäkasvuston viihtyminen ja kehittyminen riippuvat kuten kasvien yleensä ympäristön olosuhteista. Kasvien kehitykseen vaikuttavat eniten lämpö, valo, ravinteet ja vesi. Lämpö, minkä maa saa auringolta, ei ole nykyään vielä ihmisen säädeltävissä. Valaistusolosuhteita voidaan metsässä sitä vastoin tietyssä määrin säädellä. Eri puulajit vaativat valoa eri tavalla. Toiset puulajit vaativat paljon valoa, toiset taas tulevat toimeen varjossakin. Eestin ilmastovyöhykkeellä tavattavista puulajeista on lehtikuusi valon suhteen vaateliain. Muut puulajit seuraavat järjestyksessä: koivu, mänty, haapa, paju, tammi, saarni, vaahtera, tervaleppä, jalava, harmaa leppä, lehmus ja viimeisenä vähiten valoa vaativana kuusi. Nuorena puut

tarvitsevat yleensä vähemmän valoa kuin vanhana. Liiallinen valo hidastaa puiden pituuskasvua, minkä vuoksi valoa tulisi olla sopivasti. Valon määrää voidaan säädellä joko metsää harventamalla tai puuston koostumusta muuttamalla tavoitteiden mukaan.

Puut saavat mineraaliravinteet maaperästä. Maaperässä puut aiheuttavat samanaikaisesti monenlaisia fysikaalis-kemiallisia prosesseja, jotka muuttavat maaperän ominaisuuksia. V.R. Viljamsin mukaan juuri metsä aiheuttaa maan podsoloitumisprosessin.

Puiden vaatimukset maaperän suhteen ovat erilaisia. Vaateliaimpiin puulajeihin kuuluvat: saarni, vaahtera, tammi, leppä, lehmus ja kuusi. Vähemmän vaateliaita ovat puolestaan koivu ja mänty. Puut tarvitsevat ruohokasveihin verrattuna huomattavasti vähemmän mineraaliravinteita, minkä vuoksi metsän kasvattaminen on mahdollista useillakin, missä ruohokasvien viljely on mahdotonta esim. puhtailla soralla ja hiekkamailla, louhikkomailla jne. tai missä viljelyskasvien viljely on vaikeaa ja kannattamatonta esim. jyrkän teillä ja kivisillä mailla. Maan viljavuuden merkitystä ei kuitenkaan tule väheksyä metsänviljelyssäkään. Puiden lisäkasvu riippuu suuressa määrin maaperän ravinteiden määrästä, minkä vuoksi metsänviljelyynkin sovelletaan toimenpiteitä, jotka parantavat maan tuottavuutta. Tällaisiin toimenpiteisiin kuuluu ensisijassa myös metsämaiden kuivattaminen.

Vedellä on metsän kasvussa tärkeä osa. Puiden kuten muidenkin kasvien on saatava kasvukaudella jatkuvasti vettä maasta. Esim. 1 kg:n kuivan puuaineksen muodostamiseen pitää männyn haihduttaa noin 400 kg, kuusen 500 kg, koivun 800 kg ja haavan 900 kg vettä. Keskimääräisten maaperä- ja kosteusolosuhteiden vallitessa haihduttaa

30-vuoden ikäinen mäntymetsä kasvukaudella hehtaarilta 118 mm:n ja koivumetsä 252 mm:n vesikerroksen.

Pohjoisissa piirikunnissa on havaittu, että metsänhakkuun jälkeen pohjavesi nousee. Tämä ilmiö on selitettävissä siten, että hakkuun jälkeen veden kulutus maasta transpiraation loputtua vähenee jyrkästi, erikoisesti silloin kun hakkio on risujen peittämä. On esitetty käsitys, jonka mukaan äkillinen pohjaveden nousu saattaa aiheuttaa maa-alueen soistumisen. Tätä vaaraa ei pidä kuitenkaan liiaksi korostaa, sillä, kuten prof. Nesterov toteaa, koivun tamet valtaavat tavallisesti hakkiot hyvin nopeasti, minkä vuoksi pohjavedenpinta laskee uudelleen.

Puiden vaatimukset veden määrään nähden riippuvat puulajista. M.K. Turskin mukaan voidaan puulajit asettaa järjestykseen sen perusteella, miten ne viihtyvät märässä maassa. Eniten kosteudesta pitää tarvita valeppä, sen jälkeen on järjestys seuraava: saarni, vaahtera, lehmus, tammi, haapa, kuusi ja mänty. On muistettava, että eräät puulajit soivat varsin mukautuvia erilaisiin kosteusolosuhteisiin. Esim. mänty viihtyy sekä kuivilla hiekkakankailla että soilla, sen sijaan esim. haapa viihtyy vain tietyissä kosteusolosuhteissa. Kaikille puulajeille on yhteistä se, että ne eivät siedä seisovaa, vähän hapetta sisältävää vettä.

Lyhytaikaista vesipeittoa sentsijaan kaikki puulajit sietävät hyvin. Siten esim. jokien tulva-alueilla on metsän kasvu moitteetonta, jos kevät- ja kesätulvien kesto aika on lyhyt. Useille puulajeille on kuitenkin pitkäaikainen (2 kk tai enemmän) vesipeitto vaarallinen; varsinkin silloin, kun tulvavesi on seisovaa.

3. Metsäkuivatuksille asetettavat vaatimukset ja niillä saavutettavat tulokset

Jos metsämaan vesiolosuhteita halutaan parantaa, on metsä suojeltava tulvilta ja pohjaveden tasoa alennettava. Edellinen päämäärä saavutetaan metsän läpi virtaavien jokien ja purojen järjestelyllä, jälkimmäinen taas kuivatusverkon avulla.

Tulvien välttämiseksi on vesiuomat puhdistettava ja perattava siten, että vesipeiton kesto aika sen enempää keväällä kuin kesällä myöskään ei ylittäisi 15 vrk.

Pohjaveden alentaminen mahdollistaa puiden juuriston kehittymisen ja tunkeutumisen syvemmälle, jolloin puiden kestävyys tuulien kaatavaa vaikutusta vastaan paranee ja ravinteiden saanti lisääntyy. Mitä vähemmän maassa on ravinteita, sitä enemmän on pohjaveden tasoa alennettava. Kuivatus nopeuttaa myös metsämaan mineralisoitumista ja lisää maan typpivaroja.

Soistuneita metsämaita kuivatettaessa turvekerros painuu ja tiivistyy, minkä tuloksena kasveille tarpeellisten ravinteiden konsentraatio maassa suurenee. Pohjaveden alentamisen johdosta turpeen maatumisen, turpeen mineralisoituminen ja ravinteiden muuttuminen kasveille käyttökelpoiseen muotoon tapahtuvat huomattavasti nopeammin.

Metsämaiden kuivattamisen seurauksena maan viljavuus paranee, soistumisprosessi hidastuu, metsän uudistuminen hakkioilla nopeutuu ja metsikköjen terveydelliset olosuhteet sekä käyttöolosuhteet paranevat. Kuivatuksen ansiosta onnistutaan usein nostamaan metsikön

bonitettia varsin huomattavasti. Puiden vuotuinen lisäkasvu suurenee myös kuivatuksen ansiosta kasvuolosuhteista riippuen 2...3 kertaiseksi ja hakkuukelpoisuusaika lyhenee 10...15 vuotta.

Metsämaiden kuivatusverkon vesiuomat estävät lisäksi metsäpalojen leviämistä ja niitä voidaan tarvittaessa käyttää myös puutavaran tuottoon.

Metsäkuivatusten taloudellisuus riippuu siitä, millä määrällä kuivatuksen vaikutuksesta puuntuotanto suurenee ja hakkuukelpoisuusaika lyhenee.

Metsämaiden kuivatuksella saavutettu tulos riippuu monista tekijöistä. Eräs tärkeimmistä on kasvupaikka. Parhaimpia kuivatuskohteita ovat alankometsät, mutasuometsät ja välisuometsät. Huonompaan tulokseen päästään sen sijaan rahkasuometsien kasvattamisella. Vähiten kannattavaa on metsättömien tai kitukasvuisten mäntyä kasvavien rahkasoiden (nummirahkojen) kuivattaminen. Kaikkein vaatimattomimpiin tuloksiin päästään liian märkien mineraalimetsämaiden kuivattamisella.

Myös metsän iällä on kuivattamiseen suuri merkitys. Metsät voidaan tällöin mukaan luokitella kuivatustehon alenemisen mukaan seuraavasti: keski-ikäiset metsiköt, nuoret metsiköt, hakkuukelpoiset metsiköt ja vanhat metsiköt.

Maaperän laatu vaikuttaa samoin kuivatustehoon. Yleensä turvemaiden kuivattaminen on taloudellisesti edullisinta. Turvemaista ovat parhaita hyvin maatuneet sara-, metsä- ja ruokoturvemaat.

Ne metsäalueet, jotka saavat vetensä vain sateen ja paineellisen pohjaveden muodossa, jätetään tavallisesti kuivattamatta, koska kuivatuksella saavutetut tulokset näissä tapauksissa jäävät varsin vaatimattomiksi.

Metsikön boniteetin kannalta on taloudellisinta kuivattaa huonompiin boniteettiluokkiin kuuluvia metsiä. Riittävän hyvällä kuivatuksella voidaan tuottavuutta nostaa huomattavasti. Parhaimmat tulokset kuivatuksella saavutetaan kuusi- ja mäntymetsiköissä, sen sijaan saarni- ja koivumetsiköissä ovat saavutetut tulokset jossain määrin vähäisempiä. Toisaalta taas esim. suomaille kasvavien koivumetsiköiden kuivattaminen ei ole taloudellisesti tarkoituksenmukaista, ellei koivua korvata arvokkaammilla puulajeilla.

4. Metsämaiden kuivatustavat

Metsämaita kuivatetaan yleensä avo-ojilla. Salaojitusta käytetään vain poikkeustapauksissa, kuten esim. puistoja ja taimitarhoja kuivatettaessa.

Metsätalouden erikoisluonteesta johtuen on kuivatusverkon suunnittelussa ja sijoittelussa lähdettävä seuraavassa esitetyistä vaatimuksista:

1. Ojien sijaintia määrättäessä on huomioitava sekä jo olemassa-oleva tai vasta suunnitteluvaiheessa oleva palstajako ja tieverkko. Ojien risteämistä teiden kanssa on vältettävä. Valtaojat on sijoitettava mikäli mahdollista rajoille, kuivatusojat lisäksi myös teiden reunoille. Valtaojat olisi syytä suunnitella itä-länsi suuntaisiksi ja kuivatusojat puolestaan pohjois-etelä suuntaisiksi, koska tällöin metsän käyttö on helpompaa ja ojien luiskat pysyvämpiä.

2. Kuivatusojien ja palstarajojen risteäminen ei ole toivottavaa.

3. Jos oja kulkee palstarajan tai tien kanssa rinnakkain, on oja sijoitettava rajaan tai tiehen nähden maastoltaan korkeammalle puolelle.

4. Kuivatusojien pituus on tavallisesti yhtäsuuri kuin palstan pituus tai leveys eli n. 400...700 m.

5. Kuivatusojat oli saatava mahdollisuuksien mukaan yhdensuuntaisiksi.

6. Epäsäännöllisen muotoisten juottien rajoittamien alueitten kuivataminen on suoritettava poikkisuuntaisilla tai, mikäli tämä ei ole mahdollista, juottia pitkin suunnatuilla kuivatusojilla.

Suosittelavana kuivatusojien syvyytenä voidaan mineraalimaassa pitää

kasvupaikan tyypistä ja maan laadusta riippuen 0,7...1,1 m ja turve-

maassa vastaavasti 1,0...1,4 m kasvupaikan tyypistä ja turvekerrok-

sen vahvuudesta riippuen. Mainituissa syvyysarvoissa on otettu

huomioon varasyvyys, joka tarvitaan lietteen laskeutumista ja turpeen

painumista varten.

Ojat on puhdistettava silloin, kun niiden syvyys on vähentynyt

0,7...0,8 metriin.

Kuivatusojien keskinäinen etäisyys valitaan kasvupaikan tyyppin pe-

rusteella. Eestin ilmasto- ja maaperäolosuhteisiin soveltuvat

ojien etäisyydet ovat likimäärin seuraavat:

Kasvupaikan tyyppi	Etäisyys (m)
Alankomaa	160 ... 180
Mutasuo	140 ... 160
Välisuo	120 ... 140
Rahkasuo	100 ... 120
Soistunut mineraalimaa	180 ... 200

Pintaveden nopeampaa poistamista varten suosittelee M. Jelpatjevski naskailla savimailla käytettäväksi kuivatusojien lisäksi vesivakoja seuraavilla alueilla: harvennetuilla alueilla, aluilla, joilla on suoritettu puuston nuorennushakkuuta, hakkioilla ja paloalueilla. Vesivaot lisäävät metsän uudistumiskykyä ja parantavat kasvuolosuhteita. Vanhoissa metsiköissä vesivakoja ei käytetä.

Vesivakojen etäisyys on tavallisesti enintään 25 m.

Jopa 200 m pitkiä ja 0,4-0,5 m syviä, oja-auralla tehtäviä vakoja käytetään tasaisilla, kannottomilla muta- ja välisuomailla. Vakojen avulla voidaan kuivatusojien keskinäisiä etäisyyksiä suurentaa jopa 250 m:iin saakka.

Suometsiä kuivatettaessa on pohjaveden pintaa tarpeellista alentaa 40...50 cm:iin maanpinnasta. Edellä esitettyjä metsäojien etäisyyksiä ja syvyyksiä pidetään Eestin ilmasto-olosuhteissa riittävinä toivotun tuloksen saavuttamiseksi.

Kuivatusojien pohjaleveyden on oltava mahdollisimman pieni, jotta lietteen ja kasvuston aiheuttama tukkeutumisvaara olisi mahdollisimman pieni. Kuivatusojien pohjaleveyden pitää olla käsin kaivettaessa 0,3 m ja kaivukoneilla kaivettaessa 0,4 m.

Valtaojat ja pääojat mitoitetetaan samalla tavalla kuin maatalousmaiden kuivattamisessakin. Vaatimuksena on, että kasvukauden maksimivirtaamalla vesi pysyisi uomassa ja kesän keskimääräisellä virtaamalla padotusta ei aiheutuisi laskeviin uomiin.

5. Metsäteiden tekeminen

Metsämaiden kuivattamisen ansiosta metsikköjen tuotto nousee. Tarpeellisen tieverkon puuttuessa on lisääntyneen tuoton hyväksikäyttö

kuitenkin vaikeaa. Jos tiet puuttuvat, on hakatun puutavaran kuljetus metsästä mahdollista vain talvisin hevosilla. Koska ajankäytännön mukaista metsäteöllisyyttä ei voida ajatella ilman läpivuotista puutavaran kuljetusta, on tätä varten luotava tarpeelliset metsätiet.

Metsäteiden rakentaminen sisällytetään jo metsämaiden kuivatussuunnitelmiin. Tiet tehdään usein suurempien vesiuomien reunaan, jotta kaivumaat voitaisiin helposti levittää tiealueelle. Kaivumaat taivutetaan tiealueelle heti kaivamisen jälkeen, minkä jälkeen niiden annetaan painua n. puoli vuotta.

Painumisen jälkeen tehdään tienpinta kuperaksi ja suoritetaan tien jyräys. Matalissa kohdissa tiepohjaa vahvistetaan risuilla tai riukuilla. Pintakerroksena käytetään tavallisesti soraa, harvemmin kivimursketta. Sorakerroksen paksuus on oltava vähintään 20 cm, sillä raskaat tukkikuormat saattavat ohuemmasta pintakerroksesta painua läpi, mikä puolestaan aiheuttaa tien pintaan vaurioita. Soralla päällystetyt tiet ovat kulkukelpoisia sekä kesällä että talvella. Tielinjaa suunniteltaessa on kaarresäteiden valinnassa otettava huomioon kuorman pituus, joka saattaa olla 10...15 m.

MAANPARANNUSSUUNNITELMIEN LAATIMISTA VARTEN TARVITTAVAT TUT-
KIMUKSET JA SUUNNITELMIEN LAATIMINEN
MAANPARANNUKSEN TEHOKKUUS

1. Maanparannussuunnitelmien laatimista varten tarvittavat tut-
kimukset

Tutkimusten laajuus

Maanparannusta varten tehtävien tutkimusten tarkoituksena on koota riittävä materiaali maanparannuskohteessa vallitsevista olosuh-
teista suunnitelman laatimista varten.

Tutkimusten tarkoitus saattaa olla kahdenlainen

1) saada maanparannuskohteesta täydellinen yleiskuva käyttämällä hyväksi kaikkea saatavissa olevaa ja paikan päällä suoritetuilla tarkastuskäynneillä kerääntynyttä materiaalia,

2) saada maanparannuskohteesta yksityiskohtaista tutkimusmateriaalia, jonka perusteella maanparannussuunnitelma voidaan laatia.

Ensin mainittua tutkimusta nimitetään esitutkimukseksi (myös yleistutkimukseksi), jälkimmästä - detaljitutkimukseksi.

Esitutkimus suoritetaan tavallisesti vain silloin, kun ollaan epätietoisia maanparannuksen teknillisestä toteuttamistavasta ja sen kannattavuudesta. Epätietoisuutta saattavat aiheuttaa vaikea maaperä, vähemmän viljava maa, purkuvesistön epätyydyttävä kunto ym.

Jokainen tutkimus on aloitettava esivalmisteluilla, jotka käsittävät lähinnä saatavissa olevien tietojen keräämisen tutkittavasta maanparannuskohteesta. Valmistelutöitä seuraavat kenttätutkimukset

k.o. kohteessa. Tutkimusten viimeisenä vaiheena ovat tutkimustulosten käsittely ja niiden esittäminen.

Maanparannussuunnitelman laatimista varten tarvitaan varsin monenlaisia tietoja k.o. kohteesta, kuten tietoja kohteen sijainnista, pinnanmuodostuksesta, maaperän geologisesta rakenteesta, hydrogeologisista olosuhteista, vesiuomien ja niissä olevien rakenteiden kunnosta, kasvipeitteestä, maaperän kivisyydestä, agroekonomisista olosuhteista jne.

Maanparannussuunnitelmien laatimista varten tarvittavat tutkimukset liittyvät eri aloihin. Ne ovat luonteeltaan topografisia, geologisia, hydrogeologisia, geoteknillisiä, hydrologisia, meteorologisia, hydroteknillisiä, viljelytekniillisiä, agroekonomisia jne. Maanparannustöiden toteuttamisessa tarvitaan eri alojen asiantuntijoita. Pienemmissä kohteissa suorittavat vastaavan koulutuksen saaneet henkilöt yleensä kaikki työt ainakin suurimman osan niistä.

Esivalmistelutyöt

Ennen varsinaisten kenttätöiden aloittamista on suoritettava tiettyjä esivalmisteluja. Niitä ovat lähinnä kenttätutkimusten järjestely ja saatavissa olevan tutkimusmateriaalin kerääminen. Kenttätutkimusten järjestelytyöt käsittävät tutkimushenkilökunnan täydentämisen, tarvittavien laitteiden ja kaluston hankkimisen, majoitustilojen järjestämisen jne. Ennen tutkimuskohteelle lähtöä kootaan kaikki saatavissa oleva materiaali, ensi sijassa karttamateriaali, mukaan. Karttoista ovat tärkeimmät ilmakuvakopiot, mittakaava tavallisesti 1:10000, joihin on piirretty maankäyttörajat ja vesistöaluekartta (mittakaava joko 1:42000 tai 1:5000 joskus myös 1:25000), joihin mer-

kitään vesistöalueen ja ala-alueiden rajat. Ennen kenttätöiden aloittamista selvitetään myös, onko k.o. kohteessa aikaisemmin suoritettuja tutkimuksia ja onko mahdollisesti valmiita maanparannussuunnitelmia tehty. Mikäli edellä mainittua materiaalia on saatavissa hankitaan niistä tärkeimmät, kuten kartat ja vesiuomien pituusleikkaukset. Kun saatavissa oleva materiaali on kerätty ja käytettävissä olevaan materiaaliin perehdytty, laaditaan lopuksi kenttätutkimusohjelma.

Esitutkimukset

Esitutkimusten tarkoituksena on selvittää valmistelutöiden aikana kootun materiaalin ja k.o. kohteessa suoritettua yleistarkastuksen perusteella maanparannuksen tarpeellisuus, teknillinen toteutettavuus, töiden laajuus, likimääräinen kustannusarvio sekä maanparannuksen kannattavuus.

Kenttätutkimusten avulla ratkaistaan kaikki selvittämistä vaativat kysymykset, joiden määrä selviää maastoon tehtyjen tarkastuskäyntien ja paikallisten asukkaitten tekemien havaintojen perusteella. Hyvin harvoin suoritetaan vielä tässä vaiheessa mitään mittauksia.

Tarkastuskäynnit tehdään maastoon kävellen siten, että kaikki maastolle luonteenomaiset erikoispiirteet tulevat hyvin esille. Maaston vaihtelevuuden ja puuston tiheyden perusteella valitaan kulureittien keskinäisiksi etäisyyksiksi 200...500 m. Suuremmat vesiuomat tarkastetaan erikseen. Tällöin selvitetään niiden kunto ja järjestyksen tarve ja laajuus. Samoin selvitetään vesiuomissa olevien rakenteiden kunto. Mikäli kyseessä on järven järjestely, selvitetään tarkastuskäynnillä vedenpinnan alentamistarve ja alentamismahdollisuudet. Pengerrytkuivatuksen ollessa kyseessä selvite-

tään pengerryksen tarpeellisuus, pengerrettävän alueen pinta-ala, eristysojien ja suojapenkereiden laajuus sekä suojapenkereiden keskimääräinen korkeus. Mikäli kysymykseen tulee maiden kastelu, selvitetään tarkastuskäynnillä kasteltavan maa-alueen suuruus, kastelutapa, veden saanti ja sen johtamismahdollisuudet.

Kootun materiaalin ja jo kohteeseen suoritettujen tarkastuskäyntien perusteella laaditaan skemaattinen suunnitelma, jossa selvitetään kaivumaiden ja kustannusten likimääräinen suuruus sekä lisäksi kannattavuuslaskelmat. Yhteenvedona tehdään ehdotus detaljitutkimusten suorittamisesta varsinaisen suunnitelman laatimista varten tai mikäli hanke osoittautuu kannattamattomaksi, luovutaan kokonaan jatkotutkimuksista.

Saadun materiaalin perusteella tehdään esitutkimusselostus, johon liitetään mukaan tarvittavat kartat ja piirrokset.

Topografiset tutkimukset

Maanparannussuunnitelmien laatimista varten tarvittavien tutkimustöiden joukossa on topografisilla tutkimuksilla varsin suuri osuus.

Niiden perusteella tehdään tarvittavat kartat, joita sitten käytetään hyväksi k.o. kohteessa suoritettavilla muilla tutkimuksilla.

Tämän vuoksi topografiset tutkimukset onkin suoritettava hyvissä ajoin. Kartoituksen perustana ovat ilmakuvakartat ja aikaisemmin

laaditut topografikartat. Topografikartta valmistetaan ojitus- ja kuivatuksia varten mittakaavaan 1:5000 ja salaojituksia varten mittakaavaan 1:2000.

Hydroteknilliset tutkimukset

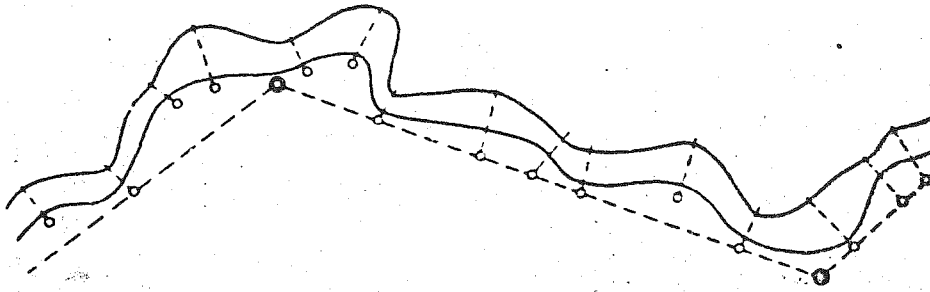
Hydroteknillisten tutkimusten pääasiallisena tarkoituksena on selvittää luonnonuomien ja tēkouomien sekä niissä olevien rakenteiden kunto ja tutkia purkuvesistöinä tai kasteluvedenottamoin mahdollisesti kysymykseen tulevia järviä. Hydroteknillisiin tutkimuksiin kuuluvat myös vanhojen salaojaverkostojen selvitykset ja tutkimukset niiden kunnostamisesta.

Vesiuomien tutkimuslinjan tekeminen

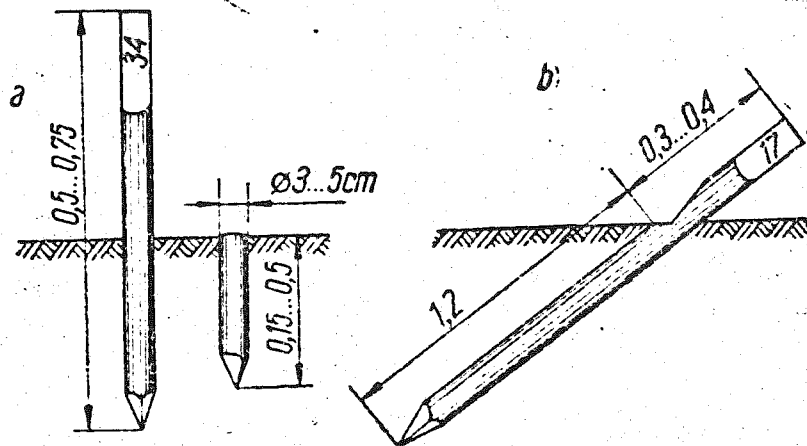
Vesiuomien tutkimukset ovat hydroteknillisistä tutkimuksista tärkeimpiä ja eniten työtä vaativia. Kaikki maanparannuskohteessa olevat vähintään 0,4 m syvät uomat on tutkittava. Lisäksi on tutkittava kohteen ulkopuolelle ulottuvat suuremmat vesiuomat, joita voidaan mahdollisesti käyttää pääojina tai purkuvesistöinä.

Luonnonuomien (jokien, purojen), pääojien ja muiden suurempien pääojien tutkimista varten tehdään vesiuoman viereen tutkimuslinja, joka paalutetaan ja kytketään tutkittavan alueen karttarunkoon.

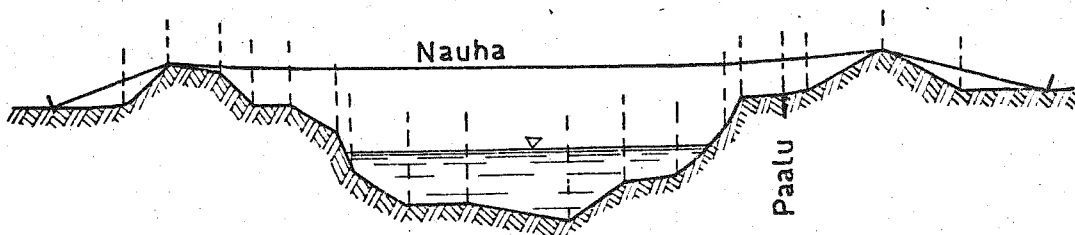
Vesiuomille, joiden syvyys on alle 1,0 m, ei tehdä tutkimuslinjaa, vaan ne tutkitaan yksinkertaisemmalla tavalla. Mikäli uoma on suora, on tutkimuslinja uoman suuntainen. Jos uoma on mutkainen, on tutkimuslinjan tekeminen vaikeampaa. Tutkimuslinjan tulisi tällöin olla mahdollisimman lähellä uomaa, mutta kuitenkin siten, että linja ei muotoile uoman pienempiä mutkia eikä leikkaa uomaa (kuva 129). Tarvittaessa tehdään apulinjat tai yksittäiset paalut mutkien kartoitusta tai poikkileikkausten mittausta varten. Jos uomaa oikaistaan tulisi tutkimuslinjan yhtyä oikaissulinjaan.



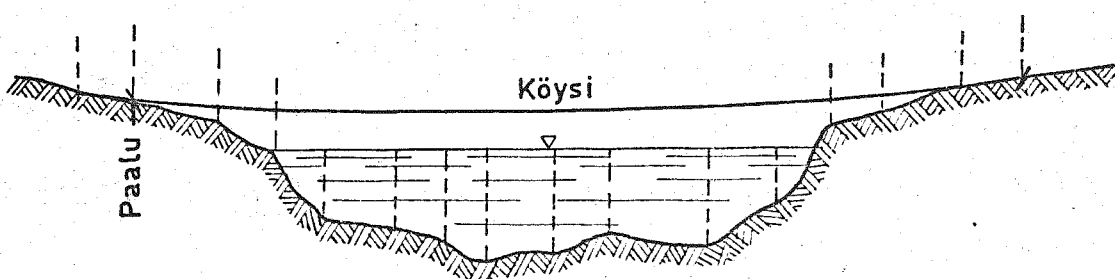
Kuva 129. Joen tutkimuslinja



Kuva 130. Paalut: a-normaalisti käytetty numero- ja juuripaalu, b-suolla käytetty paalu, joka on samalla sekä numero-että juuripaalu.



Kuva 131. Leveän ojan poikkileikkauksen määrittäminen



Kuva 132. Joen poikkileikkauksen määrittäminen

Tutkimuslinja merkitään tähtäyskepeillä ja taitepisteisiin lyö-
dään tukevat paalut, minkä jälkeen se mitataan; sivut teräsmitta-
nauhalla ja kulmat teodoliitilla.

Tutkimuslinja paalutetaan aloittamalla numerointi joko uoman lasku-
kohdasta tai tutkimuksen alkupisteestä. Paaluja lyödään kaksi vie-
rekkin: juuri- ja numeropaalu (kuva 130 a). Juuripaalu kuvaa maan-
pintaa ja sen pää on sahattava vaakitusta varten tasaiseksi tai se
on tehtävä hieman kuperaksi. Pehmeässä suossa on syytä käyttää ku-
van 130 b mukaisia kylkipykälällä varustettuja paaluja, jotka toi-
mivat sekä juuri- että numeropaaluna.

Paalut asetetaan joko tutkimuslinjalle tai sen viereen sopiviin koh-
tiin vesiuoman rannalle. Sopivia kohtia ovat esim. maaston taite-
kohdat, uoman kapeimmat ja leveimmät kohdat, kohdat, joiden uoman
leveys tai syvyys muuttuu jyrkästi jne. (kuva 129). Paalujen sijain-
tikohdat on valittava huolellisesti, koska niiden sijainnilla on
kaivumassoja määrättäessä varsin huomattava merkitys. Suurempiin uo-
miin asetetaan myös vesipaalut, joista myöhemmin mitataan tutkimus-
aikainen vedenpinta. Vesipaalut asetetaan niihin kohtiin, joissa ha-
valtaan kaltevuuden muuttumista sekä lisäksi patojen siltojen ja
rumpujen ylä- ja alapuolelle.

Kun tutkimuslinja on paalutettu, se vaakitaan ja kytketään korkeus-
kiintopisteverkkoon. Linjan läheisyyteen tehdään pysyvät kiintopis-
teet 3...6 km:n välein ja tilapäisiä kiintopisteitä edellisten li-
säksi n. 1 km:n välein. Soilla voidaan kiintopisteinä käyttää ki-
vennäismaahan juntattuja paaluja tai teräsputkia.

Paalujen ja kiintopisteiden lisäksi vaakitaan uoman vedenpinta ja
pohja, jos uomasta ei ole tarkoituksella määrittä poikkileikkauksia.

Edellä mainittujen lisäksi vaa'itaan vielä sivu-uomien pohjankorkeus ja vedenpinta sekä uomassa olevien rakenteiden tärkeimmät korkeudet. Kiintopisteiden ja paalujen korkeudet vaa'itaan 1 mm:n ja muut korkeudet 1 cm:n tarkkuudella.

Vesiuoman poikkileikkausten määrittäminen

Poikkileikkauksen määrittämistapa riippuu vesiuoman suuruudesta, uoman muodosta ja rantojen laadusta. Mitä pienempi ja säännöllisempi uoma on, sitä helpommin sen poikkileikkaus voidaan määrittää.

Kuten aikaisemmin mainittiin, tutkimuslinjaa ei tehdä sellaisten ojien yhteyteen, joiden syvyys on enintään 1 m. Tällaiset ojat selvitetään maastoon tehtävien tarkastuskäyntien yhteydessä käyttämällä apuna esim. ilmakuvaussuurennoksia. Mainituista ojista mitataan vain päällysleveys ja syvyys. Maastokäynneillä tarkastetut ja mitatut ojat numeroidaan kartalle ja niitä koskevat tiedot merkitään vastaavaan taulukkoon.

Nilissä vesiuomissa, joiden yhteyteen on tehty tutkimuslinja, poikkileikkaus mitataan jokaisen paalun kohdalta. Jos uoman leveys on pieni ja rannat samalla korkeudella, suoritetaan mittaus mittanauhan ja desimetrijakoisen latan avulla. Mittanauha pingoitetaan vaakasuoraan juuripaalun korkeudelle, jolloin poikkileikkaukselle saadaan myös korkeustaso.

Jos uoman rannat eivät ole samalla korkeudella tai ovat muuten muodoltaan epämääräiset, käytetään poikkileikkauksen määrittämiseen vaa'ituskonetta ja teräsnauhaa. Teräsnauha kiinnitetään uoman

kummallakin puolelle kuvan 131 mukaisesti. Poikkileikkausten määrittämiseen soveltuva taulukkomuoto on esitetty taulukossa 33.

Taulukko 33. Poikkileikkausten mittaukseen soveltuva taulukko

PN:o (poikkileikkauksen numero)	Lukema		Konekorkeus (m)	Pisteen korkeus (m)
	nauhalta (m)	latalta (m)		

Lukemat otetaan nauhalta 0,1 m:n ja latalta 0,01 m:n tarkkuudella.

Kuvassa 131 on kaikki tarvittavat vaa'ituslatan sijaintipaikat merkitty katkoviivoin.

Suurempien vesiuomien (jokien ja pääojien) poikkileikkausten mittauksessa käytetään apuna venettä ja köyttä. Köysi pingotetaan uomien yli ja päät kiinnitetään maahan. Poikkileikkauksen rantakaistaleet ja vedenpinta määritetään vaa'ituskoneella. Uoman kohdalla määritetään pohjan korkeus veneestä mittaamalla latalta vedensyvyudet (kuva 132). Vedensyvyudet mitataan 5...10 cm:n tarkkuudella. Poikkileikkauksen suunta valitaan silmämääräisesti kohtisuoraan virtaus-suuntaa vastaan. Mikäli uoma on leveä ja mutkainen, on poikkileikkauksen suunta sidottava kartalla olevaan tutkimuslinjaan. Se, miten kauaksi vaa'itus poikkileikkauksia määrättäessä ulotetaan uoman reunasta, riippuu uoman oikaaisuista ja suunniteltavista poikkileikkauksista.

Tutkimusaikainen vedenpinta

Sellaisista vesiuomista, joissa tutkimusaikana esiintyy veden virtausta, määritetään hetkellinen vedenpinnan korkeus, jotta saataisiin selvillä vedenpinnan kaltevuus. Vesiuoman suuruudesta ja tutkittavan uomanosan pituudesta riippuen voidaan vedenpinnan korkeus määrätä eri tavoin.

Pienten uomien (ojien) hetkellinen vedenpinta määrätään poikkileikkausten määrittämisen yhteydessä. Jos poikkileikkauksia vesiuomasta ei oteta, selvitetään hetkellinen vedenpinta pituusvaaka-
viivituksella. Mikäli vedenpinnan korkeus määrätään poikkileikkausten oton yhteydessä, ei tutkittavan uomanosan pituus saa ylittää 10 km.

Jos tutkittavan uoman pituus on yli 10 km tai kaltevuus hyvin pieni, määrätään hetkellinen vedenpinta edellämainittua tarkemmin seuraavasti: Tutkimuslinjaa paalutettaessa lyödään vesipaalu tarpeellisiin kohtiin ja hetkellinen vedenpinta määrätään vesipaaluista millimetrijakoisella viivottimella. Jos vesipaaluja on paljon, voidaan mittaus jakaa useammalle henkilölle. Pyyntökinä on se, että mittaus tapahtuisi jokaisella paalulla mahdollisimman samanaikaisesti. Mittaus suoritetaan kahteen kertaan, jolloin hetkellinen vedenpinta saadaan näiden kahden mittaustuloksen keskiarvona.

Poikkileikkaukset piirretään tavallisesti mittakaavaan 1:100, joskus myös 1:50. Ne piirretään paalutuksen mukaiseen järjestykseen siten, että uoman oikea ranta on myös piirroksessa oikealla eli uomaa katsotaan myötävirtaan.

Pituusleikkaus laaditaan tavallisesti pituusmittakaavaan 1:5000 ja korkeusmittakaavaan 1:50. Pituusleikkauksen laatiminen aloitetaan tutkimuksen 0-paalusta ja edetään vasemmalta oikealle eli vastavirtaan. Pituusleikkaukseen piirretään vaaitustulosten perusteella maanpinta, uoman pohja ja tutkimusaikainen vedenpinta. Lisäksi merkitään pituusleikkaukseen asianomaisiin kohtiin sillat, rummut, padot, laskevat vesiuomat, kiintopisteet ja maaperätutkimusten tulokset. Pituusleikkauksen alaosaan merkitään numerosarjoja paalunumerot, paalujen keskinäiset etäisyydet, juuripaalujne korkeudet (maanpinta), tutkimusaikaiset vedenkorkeudet ja kilometrit. Suunnitteluvaiheen aikana lisätään pituusleikkaukseen vielä uoman osien kaltevuudet ja pituudet, tasausviiva korkeuslukuineen ja tulevat vedenkorkeudet. Pituusleikkauksen alkuun piirretään pystymittakaava ja purkuvesistön poikkileikkaus.

Vesiuomissa olevien rakenteiden tutkiminen

Vesiuomissa olevien rakenteiden tutkimisella pyritään selvittämään niiden sijainti, rakenne, tarpeelliset mitat, kunto sekä lisäksi niiden tarpeellisuus, jolloin tulee kysymykseen joko niiden kunnostaminen, uusiminen tai kokonaan poistaminen.

Tavallisimpia uomaan liittyviä rakenteita ovat sillat ja rummut. Rummuista mitataan aukon läpimitta, pituus ja seinämävahvuus. Tämän lisäksi määrätään vaaitsemalla rummun kaltevuus ja tienpinnan korkeus rummun kohdalla. Lisäksi tehdään merkintä rummun materiaalista ja kunnosta. Rummusta ei tarvitse tehdä piirrosta, jos edellämainitut tiedot esitetään muulla tavalla.

Tutkitut sillat esitetään tavallisesti piirroksena. Silloista tulisi esittää sekä sivukuva, johon on piirretty sekä uoman poikkileik-

kaus vastaavalta kohdalta että myös ainakin yksi poikkileikkaus. Piirroksiin merkitään ainakin seuraavat tiedot: sillan pituus ja leveys, aukon suuruus, pääkannattajan poikkileikkausmitat sekä ajoradan ja pääkannattajan korkeusasema. Lisäksi on selvitettävä sillan rakennusmateriaali ja kunto sekä perustamistapa ja -syvyys.

Patojen tutkimustulosten esittämisessä ovat skemaattiset piirrokset tarkoituksenmukaisia. Padoista selvitetään yleensä kynnyskorkeus, virtausaukon mitat, padon ja siihen liittyvien rakenteiden konstruktio, rakennusmateriaali, kunto sekä perustamistapa ja -syvyys. Lisäksi on selvitettävä padon yhteyteen mahdollisesti rakennetun voimalaitoksen tai myllyn teho, kuormitus, energiamäärä ym.

Kaikista edellä mainituista rakenteista olisi otettava tarpeelliseksi katsotut valokuvat.

Samalla tavalla tutkitaan myös muut vesiuomaan liittyvät rakenteet, joita ei edellä olevassa esityksessä ole eritelty.

Järvien tutkimukset

Järvien tutkimustarvetta esiintyy silloin, kun niitä suunnitellaan laskettavaksi joko kokonaan tai vain osittain sekä silloin, kun niitä käytetään kalastus-, vesihuolto- tai kastelutarkoituksiin.

Järviin kohdistuvilla hydroteknillisillä tutkimuksilla pyritään ensi sijassa selvittämään järvien syvyysuhteet. Pienillä soikean-

muotoisilla järvillä riittää tavallisesti kaksi mittauslinjaa. Linjoiksi valitaan järven pituus- ja poikkiakseli.

Suuremmilla järvillä (leveys enintään 1 km) määritetään syvyyssuhteet useammilta, keskenään yhdensuuntaisilta linjoilta, jotka ovat kohtisuorassa järven pitempää rantaa vastaan. Tutkimuslinjojen keskinäinen etäisyys valitaan 50...200 m:ksi järven leveydestä riippuen. Linjat merkitään maastoon molemmille rannoille asetetuilla selvästi näkyvillä merkeillä. Toinen merkki on samalla mittauslinjan alkupiste. Linjat piirretään myös kartoitus pohjalle. Pohjan syvyydet mitataan tavallisesti vedenpinnasta joko latalla tai luotilangalla. Mittauspisteitten etäisyydet mittauslinjalla voivat vaihdella 2...50 m:iin, jopa enemmänkin. Jos mittaukset suoritetaan keksällä, käytetään niissä apuna venettä ja köyttä. Leveämmillä järvillä, missä köyttä ei voida vetää järven yli, käytetään mittauspisteitten määrittämiseen esim. etäisyysmittaria tai teodoliittia. Järvien syvyysmittaukset voidaan suorittaa myös alkutalvella jäältä, jolloin jää ei vielä ole liian paksua.

Mittauslinjoista piirretään pituusleikkaukset pituusmittakaavaan 1:200 — 1:1000 ja korkeusmittakaavaan 1:50 — 1:200.

Meteorologiset ja hydrologiset tutkimukset

Meteorologisten ja hydrologisten tutkimusten tarkoituksena on saada tietoja maanparannuskohteen ilmastollisista ja hydrologisista olosuhteista. Varsinaiset tutkimukset rajoittuvat tavallisesti vain olemassa olevien meteorologisten ja hydrologisten havaintotulosten kokoamiseen ja käsittelyyn.

Meteorologisista havainnoista ovat maanparannussuunnitelmien laatimista ajatellen tärkeimpiä sateet, sadepäivien lukumäärä, haihtuminen, roudan syvyys, yöhallojen yleisyys jne. Näiden selvittämiseksi käytetään maanparannuskohteen läheisyydessä olevien meteorologisten asemien ja havaintopaikkojen mahdollisimman pitkäaikaisia havaintotuloksia.

Hydrologisilla tutkimuksilla kerätään tietoja virtaamasta, erikoisesti sen maksimin ja minimin suuruudesta, lähteiden vedenantoisuudesta, järvien vedenpinnan vaihteluista erikoisesti silloin, kun niitä käytetään kuivatusverkostojen pürkuvesistöinä tai kasteluverkostojen vedenottamoina sekä järvien varastoimiskyvystä. Hydrologisilla tutkimuksilla selvitetään vesistöalueen rajoja niissä kohdissa, joissa vedenjakaja topografisen kartan perusteella ei ole tarpeeksi määrättävissä.

Virtaamia on Eestissä mitattu jo vuosikymmenien ajan. Monista havaintopisteistä on käytettävissä pitkäaikaiset havaintojaksot, joiden perusteella saadaan eri virtaamien keskiarvot k.o. vesistöalueella varsin luotettaviksi. Nykyään ei katsota tarpeelliseksi lisätä havaintopaikkojen lukumäärää. Poikkeuksen edelliseen tekevät pienet vesistöalueet, joilta tarvittaisiin tietoja erityisesti NQ:n ja HQ:n suuruudesta. NQ mitataan kesän alivesikaudella ja HQ luonnollisesti kevään ylivesikaudella.

Lähteiden vedenantoisuuden selvittämiseksi mitataan niiden antoisuus kasvukauden aikana vähintään kolme kertaa: kevään ylivesikaudella, kesän alivesikaudella ja syksyllä. Mittaus voidaan suorittaa esim. uimurin, siivikon tai Thomsonin padon avulla.

Järven varastoimiskyvyn määrittämiseksi selvitetään vedenpinnan korkeusvaihtelut ja järven pinta-alat eri vedenkorkeuksilla. Jos järvestä ei ole suoritettu vedenkorkeushavaintoja, turvaudutaan vedenkorkeuden raja-arvoja määrättäessä joko luonnossa näkyviin merkkeihin tai paikallisten asukkaitten suorittamiin havaintoihin. Sen jälkeen kun vedenkorkeudet on saatu selville, saadaan vastaavat järven pinta-alat topografikartan perusteella.

Vesistöalueen rajojen tarkistus on yleensä tarpeellista silloin, kun vedenjakaja-alue on tasaista. Tarkistus saattaa olla erityisen tarpeellinen silloin, kun alue on kuivatettu. Tällöin saattaa nimittäin olla mahdollista, että kuivatusverkon vedenjakaja ei osu yhteen luonnollisen vedenjakajan kanssa. Vesistöalueen raja tarkistetaan joko toimistossa vastaavien kuivatussuunnitelmien avulla tai maastoon tehdyn tarkastuskäynnin perusteella. Tarkastuskäynnillä määrätään vedenjakaja ojien virtaussuunnan, pinnanmuodostuksen tai tarvittaessa vaa'ituksen avulla. Ylivesikaudella, jolloin esiintyy pintavirtausta, voidaan vesistöalueen raja määrätä pintaveden liikesuunnan mukaan.

Geologiset ja hydrogeologiset tutkimukset

Geologisten ja hydrogeologisten tutkimusten tarkoituksena on selvittää maanparannuskohteessa maaperän geologinen rakenne, maalajien määrittely, maaperän tärkeimmät fysikaaliset ja hydrofysikaaliset ominaisuudet sekä pohjaveden vaihtelut ja niiden osuus maaperän liikkamärkyyteen. Edellä mainitut tutkimukset ovat perustana maaperätutkimuksille. Geologiset ja hydrogeologiset tutkimukset yhdessä maaperätutkimusten kanssa ovat perusteena maa-alueen vesitalouden järjestelyssä vaadittavaa kuivatus- tai kastelutehokkuutta määrättäessä. Niiden perusteella määrätään myös maaperän kaivu vaikeus, uomien muoto ja uoman vahvistamistarve.

Ennen yksityiskohtaisempiin tutkimuksiin ryhtymistä tehdään kohteeseen tarkastuskäynti ja tutustutaan alueen geomorfologiseen rakenteeseen; minkä perusteella määrätään varsinaiset tutkimustavat.

Detaljitutkimuksiin ryhdyttäessä käytetään mahdollisimman paljon hyväksi geologisia paljastumia. Tällaisia ovat esim. joentörmät, syvät ojat, routimiskohdat, lähteet ja kaivot. Lisäksi on syytä tarkkailla vesiuomien ja vesialtaiden vedenpintaa.

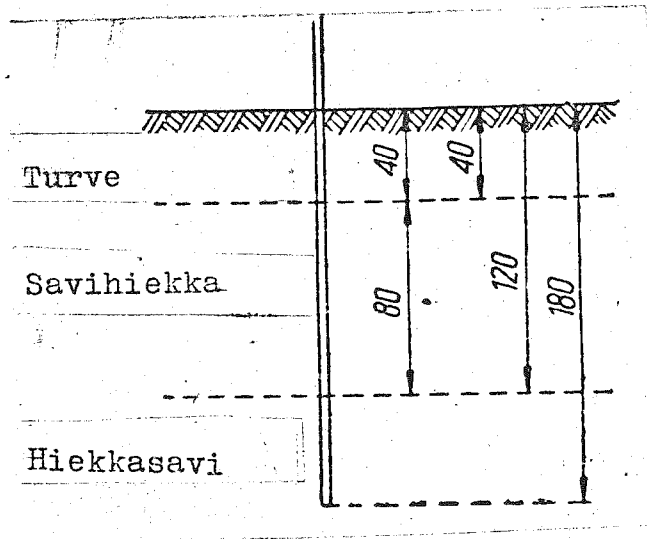
Geologisista tutkimusmenetelmistä mainittakoon koekuoppien kaivu, poraus ja kairaus.

Koekuoppa on suorakaiteenmuotoinen kaivanto, jonka syvyys on noin 2,0 ... 2,5 m. Koekuopasta saadaan varmimmin selville maa-alueen geologinen rakenne, vedenläpäisevyydeltään erilaisten kerrosten sijainti sekä yleensä maaperän kerroksellisuus. Koekuoppia kaivetaan kuitenkin harvoin, koska niiden kaivu on työlästä ja aikaa vaativaa.

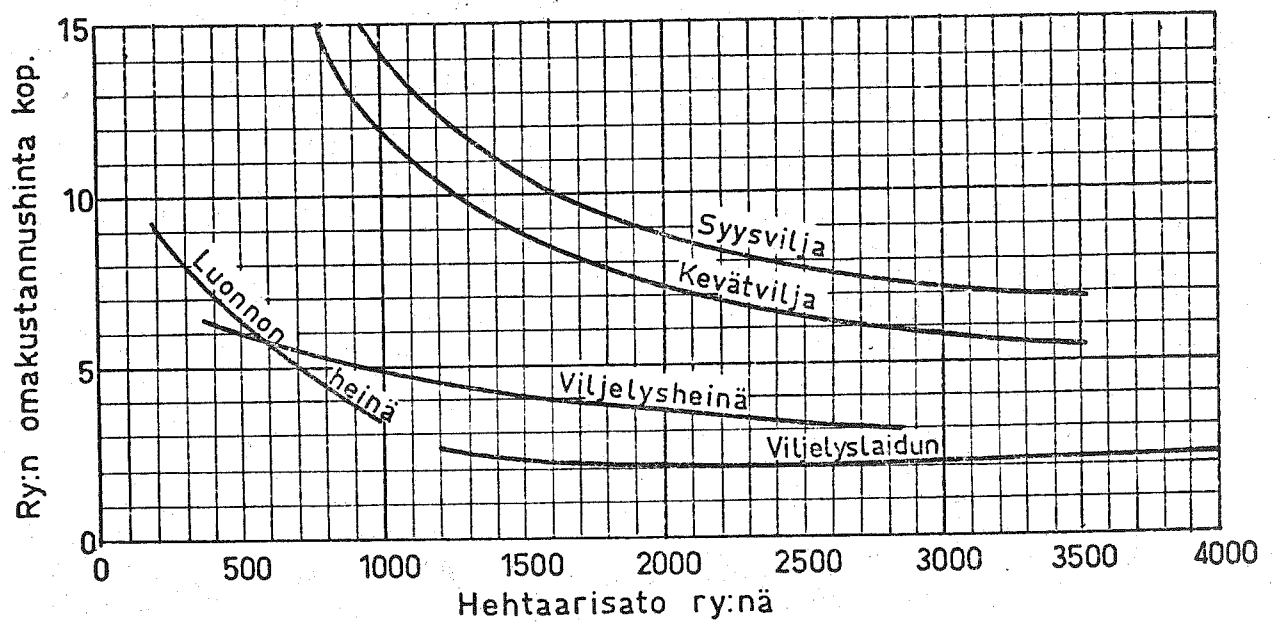
Geologinen poraus on tarpeellista vain silloin, kun tutkimuskohde on vähintään 200 ... 500 ha:n suuruinen. Poraus ulotetaan tavallisesti 2...5 m:n syvyyteen. Reikien lukumäärä riippuu maa-alueen suuruudesta; tavallinen reikien tiheys on 2 reikää 300...500 ha:n suuruista alaa kohti.

Koekuopista ja poranreikistä otetaan näytteitä laboratorioanalyysien varten.

Maaperän kairauksilla selvitetään maalajien levinneisyys tutkittavassa kohteessa, niiden kerrostumistapa, koostumus, tiiveys ym.



Kuva 133.
Kairauskaavio



Kuva 134. Kasvinviljelytuotteiden omakustannushinta sadon määrän funktiona

ominaisuuksia. Tavallisesti kairaus ulotetaan 1,75 m:n syvyyteen. Jos kuitenkin on selvästi, mikäli kallio ei ole jo lähempänä maanpintaa. Turvemaalta, jos kairaus on turvekerroksen vahvuus on enemmän kuin 1,75 m, kairaus ulotetaan vähintään turvekerroksen pohjaan. Suurempien vesiuomien tutkimuslinjoille ulotetaan kairaus vähintään 0,5 m tulevan tasausviivan alapuolelle. Kairauspisteiden tiheys riippuu siitä, miten paljon maaperän geologinen rakenne vaihtelee. Jonkinlaisena ohjearvona voidaan pitää arvoa yksi kairauspiste tutkittavan alueen hehtaaria kohti. Vesiuomia tutkittaessa kairaus suoritetaan jokaisen paalun kohdalta ja tarvittaessa vieläkin tiheämmin.

Kairaus tapahtuu kevyellä kairalla, jonka kärjessä on 25 cm:n mitainen, puoliympyrän muotoinen ura. Kairaa kierrettäessä uraan tarttuu maata, joka voidaan nostaa ylös lähempää tarkastelua varten. Kaira lyödään tai painetaan kiertämällä maahan. Maalaji ja eri kerrosten sijainti voidaan riittävän tarkasti määrittää joko kairausvastuksen tai kairasta lähtevän äänen perusteella. Kairaussyvyys luetaan kairan varressa olevalta asteikolta.

Kairaustulokset merkitään kairauspöytäkirjaan, josta ne siirretään myöhemmin myös kartalle yksinkertaisilla kirjain- ja numeromerkeillä. Kirjaimet ilmaisevat maalajin ja numerot etäisyyttä maanpinnasta k.o. maalajin alareunaan. Esim. merkintä T 40 sL 120 lS 180+ merkitsee sitä, että pintakerroksessa on turvetta (T) 40 cm, sen alapuolella 80 cm:n vahvuinen savihiekkakerros (sL) ja savihiekkakerroksen alapuolella hiekkasavikerros aina 180 cm:n syvyyteen saakka. Merkintä + tarkoittaa sitä, että hiekkasavikerros jatkuu kairaussyvyyden alapuolelle. Esimerkkiä selventää kuva 133.

Turvemaata kairattaessa määritetään myös maatumisaste sekä mahdollisten suuksien mukaan turvelaji. Määritykset tehdään kairausreiästä useas-

ta-eri syvyydestä, koska maatumisaste ja turvelaji yleensä muuttuvat koko ajan syvemmälle mentäessä.

Kaikki kairauspisteet sijoitetaan myöhemmin kartalle ja pisteen viereen laitetaan kairaustulokset aikaisemmin mainitussa kirjain- ja numeromuodossa.

Hydrogeologisia tutkimuksia tehdään harvoin, koska liikämärkyys ja sen aste voidaan riittävän tarkasti määrittää maaperätutkimuksilla. Sen sijaan alueilla, joilla on runsaasti lähteitä tai joilla liikämärkyyden aiheuttajana on pääasiassa alueen ulkopuolelta valuvat vedet sekä lisäksi karstialueilla on hydrogeologisilla tutkimuksilla varsin huomattava merkitys. Samoin kastelusuunnitelmien laatimiseen tarvitaan aina k.o. tutkimuksia.

Pohjavesitutkimuksia varten tehdään alueelle pohjavesiputkiverkosto siten, että saataisiin mahdollisimman selvä yleiskuva pohjaveden sijainnista ja sen liikesuunnasta koko alueella tai tarvittaessa vain sen tietyllä osalla. Havaintoputket valmistetaan joko puusta, jolloin putken poikkileikkaus on 5 x 10 cm tai 10 x 10 cm tai siten metallista; jolloin putken halkaisija on 4 ... 5 cm. Turvemaassa ei välttämättä tarvita putkia, vaan turpeeseen kairatut n. 20 cm läpimittaiset reiät täyttävät saman tehtävän. Havaintoputken yläpää tai putken viereen juntattu paalu vaa'itaan ja pohjaveden syvyys mitataan jommasta kummasta pisteestä tavallisesti kerran viikossa. Havaintoja tehdään vähintään yhtenä havaintokautena, joka kestää varhaiskeväästä myöhäissyksyyn.

Havaintojen perusteella voidaan määrätä pohjaveden vaihtelun amplitudi, vaihtelujen lukuisuus sekä pohjaveden keskimääräinen taso. Pohjaveden

liikeseuunnan selvittämiseksi määrätään yhden päivän havaintotulosten perusteella hydroisohypsit, jotka osoittavat pohjavedenpinnan kaltevuuden ja siis samalla liikeseuunnan.

Hydrogeologisten tutkimusten perusteella voidaan määrätä myös maaperän filtraatiokerroin. Tavallisesti filtraatiokerroin määrätään kuitenkin aikaisemmin esitetyllä tavalla (vrt. 2 pääkappale 3. kohta).

Maaperätutkimukset

Maaperätutkimukset liittyvät läheisesti geologisiin ja hydrogeologisiin tutkimuksiin. Ne suoritetaan joko samanaikaisesti tai välittömästi viimeksi mainittujen jälkeen. Pohjakarttana maaperätutkimuksissa käytetään tavallisesti topografikarttaa.

Maaperätutkimuksilla määrätään alueella esiintyvät geneettiset maatyypit ja muodostumat. Niiden rajaviivat piirretään kartalle (maaperäkartalle). Samalla selvitetään myös, mitä vesiä alueelle tulee.

Tutkimuksia varten tehdään alueelle tarpeellinen määrä tutkimuslinjoja. Ne tehdään tavallisesti keskenään yhdensuuntaiseksi siten, että vierekkäisten linjojen etäisyys on enintään 100 m. Tutkimuslinjoille tehdään tarpeellinen määrä koekuoppia ja reikiä, joko 1 m:n mittaisella maaporalla tai kairalla. Tutkimuspisteiden lukumäärä riippuu alueen geologisesta rakenteesta, tavallisesti niitä on 1,0 ... 1,5 kpl/ha. Koekuopista määrätään eri maakerrosten paksuus, väri, rakenne, raekoostumus, turvelaji ja maatumisaste, kemiallisten prosessien tapahtumissyvyys, happamuus ja pohjaveden syvyys.

Kaikki tutkimuspisteet merkitään karttaan ja numeroidaan käyttäen hyväksi topografisten tutkimusten yhteydessä tehtyjä linjoja ja

paalutuksia. Tämän jälkeen piirretään kartalle tutkittavalla maa-alueella esiintyvien maatyyppejen rajaviivat nojautumalla koekuoppien ja kairaustulosten antamiin tietoihin ja käyttämällä hyväksi esim. kasvipeitteen laadusta saatuja tuloksia.

Tutkittavan alueen maalajien fysikaalisten, hydrofysikaalisten ja grokemiallisten ominaisuuksien selvittämiseksi otetaan alueelta maanäytteitä, jotka analysoidaan laboratorioissa.

Kenttätöiden päätyttyä laaditaan tutkitulta alueelta selostus, jossa esitetään yhteenveto alueen pinnanmuodostuksesta, geologisesta rakenteesta ja vesitilasta sekä muista paikallisista erikoisuuksista, joilla on merkitystä maanparannussuunnitelmia laadittaessa.

Maaperätutkimusten perusteella valmistetaan maaperäkartta, josta käy selville parannettavalla maa-alalla esiintyvien maalajien levinneisyys sekä maan mekaaninen koostumus. Maaperäkartta laaditaan tavallisesti samaan mittakaavaan kuin kuivatus- tai kasviteluverkon kartta. Selvemmän yleiskuvan saamiseksi väritetään maaperäkartalla esitetyt maalajit melioratiivisten ryhmien mukaan eri värein.

Viljelytekniilliset tutkimukset

Viljelytekniillisten töiden laadun ja määrän selvittämiseksi suoritetaan maanparannuskohteessa viljelytekniillisiä tutkimuksia.

Tutkimukset suoritetaan topografisten tutkimusten päätyttyä, koska viljelytekniillisiin tutkimuksiin käytetään hyväksi topografikarttaa, maastoon tehtyjä linjoja ja paalutusta. Tutkimukset

Suorittaa joko viljelytekniikko tai topografikartan laatija. Ensimmäisenä tehtävänä on merkitä kartalle kaikki alueella esiintyvät kuviot, jotka ovat viljelytekniillisiltä ominaisuuksiltaan erilaisia esim. kannokko, vesakko, metsät, kivikkoiset maat jne. Topografikartoissa on jo jossain määrin valmiina mainittuja rajaviivoja, mutta viljelytekniillisten tutkimusten perusteella laaditaan yksityiskohtaisempi luokitus erottamalla esim. tiheydeltään erilaiset metsät rajaviivoilla toisistaan.

Kun viljelytekniilliset kuviot on merkitty kartalle, suoritetaan itse kuvioiden tutkimukset, jotta saataisiin lopullisesti selville viljelytekniillisten töiden määrittämistä varten tarvittavat tiedot: puiden ja kantojen määrä hehtaaria kohti, vesakon tiheys ja korkeus, kivisyys jne. Tutkimukset suoritetaan ns. mittausalametelmällä, joka perustuu siihen, että viljelytekniillisiltä kuvioilta valitaan joko yksi tai useampia pienempiä alueita (mittausaloja), jotka tutkitaan tarkasti. Mittausalalta saadut tulokset yleistetään koskevaksi koko kuviota. Mittausalojen määrä ja suuruus saman kuvion alueella riippuu täysin kuvion homogeenisuudesta. Mittausalojen paikat on valittava niin, että niiltä saatavat tiedot kuvastaisivat mahdollisimman hyvin kuvion keskimääräisiä olosuhteita. Metssäisyyttä ja kivisyyttä määriteltäessä käytetään usein mittausalan sijasta mittauslinjaa, jolta määrätään puuston ja kivien määrä. Mittauslinjan valinnassa noudatetaan samoja periaatteita kuin mittausalan valinnassa. Mittauslinjoja saattaa olla kuvion laadusta riippuen joko yksi tai useampia.

Vesakko (puiden tyviläpimitta alle 11 cm)

Vesakkoalueista selvitetään puiden tiheys, puu- tai pensaslajit, niiden korkeus ja puiden paksuus. Vesakot luokitellaan kolmeen ryh-

mään kasvuston tiheyden perusteella: tiheisiin, keskinkertaisen tiheisiin ja harvoihin. Vesakon hävittämistavan kannalta on tärkeä tietää puu- ja pensaslajit, vesakon korkeus ja puiden paksuus.

Metsä (metsikköt) ja kannokko

Niistä kuvioista, jotka on tarkoitettu viljelysmaaksi selvitetään puuston laatu, puiden ja kantojen paksuus ja lukumäärä tai niiden tiheys sekä kantojen korkeus ja ikä. Sellaisista kuvioista, jotka on tarkoitettu metsämaaksi, riittää puiden ja kantojen tiheyden arviointi.

Kivisyys

Kivien määrä arvioidaan kuvioittain kuutiometreinä erottelemalla pienet ja suuret kivet, jolloin luokittelurajana pidetään $\varnothing$ 40 cm. Lisäksi on mainittava, ovatko kivet pinnassa vai osittain maan sisässä. Kivien tilavuus määrätään taulukkojen avulla. Kivisyyden arvioimiseksi valitaan sopivat mittausalat tai -linjat. Yli 1 m³:n kivet, joiden poistaminen siis edellyttää louhintaa, merkitään karttaan. Karttaan merkitään myös kivien tilavuus m³:nä. Kivikasojen ja -aitojen tilavuus määritetään sopivan muotoisten geometrinen kappaleiden tilavuuskaavoilla huomioimalla rakojen osuus, joka on n. 40...50 % tilavuudesta.

Mättäät, vanhat ojat ja kuopat

Mikäli mättäät ovat pieniä (korkeus enintään 30 cm) arvioidaan mättäisyys peiteprosentin avulla ilmoittamalla samalla myös mättäitten laatu esim. saramätäs, luhtakastikkamätäs jne. Jos mättäät

ovat isoja (korkeus yli 30 cm), arvioidaan niiden tilavuus m³:nä hehtaaria kohti. Täytettävien kuoppien ja ojien tilavuus määritetään likimääräisiä menetelmiä käyttäen.

Ruohokamara

Jotta saataisiin selville, voidaanko luonnonniittyjä parantaa yksinkertaisilla parannustoimenpiteillä, selvitetään niiden heinäkasvuston koostumus. Tavallisesti riittää se, että määrätään seuraavien kasviryhmien suhteellinen osuus kasvustosta: korsikasvit, helpeet, sarat, sammalet, muut suohokasvit ja pensaskasvit. Lisäksi määrätään vesakoiden peittämän alueen prosenttuaalinen osuus. Heinäkasvuston koostumus määrätään tavallisesti 1 m:n suuruiselta mittausalalta.

Viljelytekniillisten tutkimusten perusteella laaditaan kartta, josta näkyy kakkien viljelytekniillisten kuvioiden rajaviivat, niiden pinta-alat ja niiden tärkeimmät teknilliset ominaisuudet vastaavin karttamerkein esitettynä.

Agroekonomiset tutkimukset

Maanparannussuunnitelmia laadittaessa tarvitaan maanparannuskohteesta lisäksi myös monenlaisia agroekonomisia tietoja.

Agroekonomisilla tutkimuksilla selvitetään lähinnä seuraavia kysymyksiä: maatilan suuruus ja kunto, tuotannon perussuunta ja kehitysnäkömät, viljelyskasvien satoisuus ennen maanparannustoimenpiteitä ja myös jälkeen, mikäli maatilalla on aikaisemmin suoritettu parannustoimia, tuotantokustannukset tärkeimpien viljelyskasvien osalta, karjan suuruus nyt ja tulevaisuudessa, laitumien tarve jne.

Agroekonomiset tutkimukset aloitetaan maa-alan tähänasisen käytön analysoinnilla. Aluksi selvitetään, millaisista peltolohkoista valittu kohde koostuu merkitsemällä muistiin myös tärkeimmät viljelyskasvit. Samanaikaisesti selvitetään myös edellisten vuosien satomäärät viljelyskasveittain. Edellisen perusteella ja ottamalla huomioon alueen kehittämissuunnitelmat ja maaperä sekä viljelytekniilliset edellytykset suunnitellaan uuden peltolohkot ja satotavoitteet. Satoisuus määrätään rehuyksikköinä, koska tällöin vertailumen ja yhteenvedojen tekeminen tulee helpommaksi. Metsämailla määrätään vastaavasti metsän tuottavuus tai puuston lisäkasvu. Muut kysymykset, erikoisesti maanparannuksen kannattavuus, ratkaistaan maanparannussuunnitelmaa laadittaessa.

Jos maanparannus vaikuttaa huomattavasti tuotantotoimintaan jopa tulevaan tuotantosuuntaa, on suunnitelmaa varten tehtävä agroekonomiset tutkimukset suoritettava täydellisenä suunnitellun ohjelman mukaisesti.

2. Maanparannussuunnitelman laatimisjärjestys

Maanparannusprosessissa on eräänä vaiheena suunnittelu. Suunnittelu alkaa jo silloin, kun selvitetään maa-alueen parannustarve. Parannustarpeen perusteella määrätään suunnittelun tavoite, jonka hakija esittää suunnitteluorganisaatiolle, joka puolestaan suorittaa kohteessa kaikki tarpeelliset tutkimukset sekä laatii maanparannussuunnitelman kustannusarvioineen. Laaditut suunnitelma-asiakirjat lähetetään korkeammille viranomaisille hyväksyttäväksi. Kun suunnitelma on hyväksytty, se voidaan toteuttaa. Kun rakennus- ja viljelytekniilliset työt on tehty luovutetaan työ asianomaiselle komissiolle, minkä jälkeen alkaakin varsinainen kuivatus- tai kasteluverkon toiminta- tai käyttövaihe.

Suunnitelma-asiakirjojen laatimista säätelevät Neuvostoliiton Ministerineuvoston Valtiollisen Rakennuskomitean vahvistama ohje suunnitelmien ja kustannusarvioiden laatimisesta maanparannukseen tähtäävissä rakennustoissa sekä "Rakennusnormit ja -ohjeet". Edellä mainittujen lisäksi ovat Neuvostoliiton ja Eestin Maatalousministeriöt vahvistaneet maanparannussuunnitelmien laatimisessa noudatettavat teknilliset määräykset ja ohjeet. Metsämaiden kuivatussuunnitelmien laatimista varten on vahvistettu omat teknilliset ohjeet. Lisäksi myös suunnittelu-organisatiot ovat laatineet ohjeita eri työ-
lajien osalta.

Maatalous- ja myös metsätalousmaiden maanparannussuunnitelmia tekee Eestissä pääasiassa Eestin Maanparannussuunnitteluvirasto RPI.

Suunnitelmia tekevät lisäksi alueellisten maanparannushallitusten suunnitteluryhmät lähinnä pieniä kohteita varten.

Suunnitteluvaiheet

Suunnittelujärjestys riippuu kohteen suuruudesta, töiden määrästä ja suunnittelun vaikeusasteesta. Suunnittelujärjestyksen kannalta maanparannussuunnitelmia voidaan laatia yhdessä, kahdessa tai erikoistapauksessa kolmessakin vaiheessa.

Maanparannussuunnitelmat laaditaan yhdessä vaiheessa siinä tapauksessa, että kohteen pinta-ala on alle 1500 ha. Lisäksi edellytetään luonnonolosuhteiden olevan niin yksinkertaisia, että oikea suunnitelmaratkaisu löydetään vaikeuksista sekä vesiuomien sijoituksen ja tarvittavien töiden ja niiden suoritustavan osalta. Yhdessä vaiheessa tehdyssä suunnitelmassa on kaikki teknilliset kysymykset ratkaistu niin yksityiskohtaisesti, että työ voidaan suorittaa normaaleilla työmenetelmillä.

Bestissä ovat useimmat maanparannuskohteet pieniä, tavallisesti 100...200 ha, minkä vuoksi myös suunnitelmat laaditaan yleensä yhdessä vaiheessa.

Maanparannussuunnitelmat laaditaan kahdessa vaiheessa siinä tapauksessa, että kohde on pinta-alaltaan suuri ja luennon olosuhteet komplisoidut. Ensimmäistä vaihetta nimitetään yleissuunnitelmaksi, toista työsuunnitelmaksi.

Yleissuunnitelman tarkoituksena on löytää maanparannuksen toteuttamiselle teknilliset mahdollisuudet ja perustella niiden taloudellista tarkoituksenmukaisuutta ja kannattavuutta. Yleissuunnitelman pohjalla on myös mahdollista päätellä, missä osissa ja millälaisessa järjestyksessä työt on tarkoituksenmukaisinta suorittaa.

Työsuunnitelman laatimiseen ryhdytään yleissuunnitelman hyväksymisen ja vahvistamisen jälkeen. Työsuunnitelmaa ei laadita koko yleissuunnitelman käsittämän maanparannuskohteen osalta, vaan ai-noastaan sellaista osien kohdalta, jotka toteutetaan yhden työkauden tai yhden vuoden aikana. Koska työsuunnitelma on paljon yksityiskoh-taisempi kuin yleissuunnitelma, sen laatiminen vaatii täydentäviä kenttätutkimuksia. Työsuunnitelman laatimisessa seurataan yleensä yleissuunnitelmassa esitettyjä ratkaisuja, mutta niitä tarkennetaan ottaen huomioon täydentävillä tutkimuksilla saadut tiedot. Työsuun-nitelmaa varten laaditaan uusi kustannusarvio yleissuunnitelman kustannusarviota tarkemmin. Töiden rahoittaminen tapahtuu työsuun-nitelman ja siihen liittyvän kustannusarvion perusteella.

Suunnitelman laatiminen kolmessa vaiheessa on sallittu vain erikois-tapauksissa, nimittäin silloin, kun teknilliset kysymykset ovat erittäin vaikeasti ratkaistavissa. Ensimmäisenä vaiheena on tällöin

yleissuunnitelma, toisena teknillinen suunnitelma ja kolmantena työsuunnitelma. Ensimmäisen ja kolmannen vaiheen suunnitelmien tehtävät ja sisältö ovat samat kuin kaksivaiheisessa suunnittelussa. Teknillinen suunnitelma muodostaa väliportaan yleissuunnitelman ja työsuunnitelman välillä. Se laaditaan vahvistetun yleissuunnitelman pohjalta ja se laaditaan vain jotakin monimutkaisempaa hydroteknillistä ongelmaa tai maanparannussuunnitelman osaa varten.

Yhtenä vaiheena tehdyn maanparannussuunnitelman sisältö

Voimassa olevien ohjeitten mukaan tulee yksivaiheisen maanparannussuunnitelman sisältää:

- a) lyhyen selostuksen, josta käy ilmi luonnon-olosuhteet, mitoitus- ja virtaamien, vesiuomien mittojen ja detaljiverkon etäisyyksien määrittäminen, rakennus- ja viljelyteknillisten töiden määrät, työtavat, rakennusmateriaalien määrät, koneiden ja työvoiman tarve, selvitykset piirroksista sekä kustannusarvio,
- b) kartan, johon on merkitty suunniteltu vesiuomaverkko ja siinä olevat rakenteet,
- c) vesiuomien pituus- ja poikkileikkaukset,
- d) rakenteiden tyyppi- ja piirustukset työselityksineen,
- e) erikoisrakenteiden piirustukset.

Suurin osa Eestissä laadituista maanparannussuunnitelmista on ollut kuivatussuunnitelmia. Myös tulevaisuudessa on kuivatuksella merkittävä osuus maanparannuksessa. Seuraavassa selostetaan tarkemmin kuivatussuunnitelmien sisältöä, joka on muotoutunut suunnitteluorganisaatioiden käytännön pohjalta.

Yhtenä vaiheena tehty kuivatussuunnitelma muodostuu graafisesta osasta, lausunnosta ja kustannusarviosta. Suunnitelman pääosan muodostaa sen graafinen osa, jota sitten perustellaan ja täydennetään lausunnossa.

Suunnitelman graafiseen osaan kuuluvat: kartta kohteen sijainnista, kartta purkuvesistön ja pääojien vesistöalueista, maaperäkartta, kartta kuivatusverkosta, vesiuomien pituus- ja poikkileikkaukset, viljelytekniillinen kartta ja erikoispiirustukset.

Suunnitelman lausunnossa esitetään suunnitelman laatijat, annetaan yleistiedot maanparannuskohteesta, selvitetään maa-aluetta, esitetään maa-alueen tähänastinen ja suunniteltu käyttötapa (peltolohkot), kuvataan suunniteltua kuivatusverkkoa ja muita rakenteita, esitetään töiden määrät ja suoritustavat sekä osoitetaan maanparannuksen tehokkuus. Tiedot töiden määristä ja materiaalitarpeesta esitetään taulukkojen muodossa käyttämällä tarkoitusta varten laadittuja kaavakeita.

Lausunnossa on myös mainittava hakiija, määräys suunnitelman laatimisesta sekä muut tarvittavat asiakirjat.

Töiden kustannusarvio koostuu yksittäisten työlajien kustannuslaskelmista sekä kustannusten yhteenvedosta. Kustannusarvioon kuuluu myös lyhyt selostus, jossa luetellaan käytetyt yksikköhinnat.

Maanparannuskohteen sijaintia osoittavasta kartasta käy ilmi lähimpien asutuskeskusten ja teiden sijainti. Karttana on tavallisesti ote sopivasta maantieteellisestä kartasta, johon kohde merkitään väritettynä.

Purkuvesistön ja pääojan vesistöaluekartan pohjana on topografikartta, jonka mittakaava on joko 1:50000 tai 1:42000. Kartalle merkitään purkuvesistön ja pääojan linjat vastaavine nimityksineen, vesistöalueen vedenjakaja ja tarvittavat osa-alueet, metsien ja soiden rajaviivat sekä vesistöalueen ja osa-alueiden pinta-alat 0,1 km:n tarkkuudella.

Kohteen sijainti ja vesistöalue esitetään usein samalla kartalla.

Maaperäkartta on kuivatussuunnitelmassa se asiakirja, joka määrää kuivatustarpeen ja sen tehokkuuden. Maaperäkartta on myös perusteenä maa-alojen uuden käyttötavan (suunniteltujen peltolohkojen) valinnassa. Maaperäkartassa on esitetty kaikki maanparannuskohteessa esiintyvät maalajimuodostumat rajaviivoineen. Ne on väritetty karttaan eri väreillä liikamärkyysasteen eroavuuden mukaan ryhmiteltynä. Maaperäkartta valmistetaan tavallisesti samassa mittakaavassa kuin kuivatusverkon kartta.

Kuivatusverkon kartta on tärkein osa kuivatussuunnitelman graafisesta materiaalista. Kartta valmistetaan mittakaavassa 1:2000. Ainoastaan silloin, kun kuivatusojat ovat avo-ojia, voidaan kartta laatia myös mittakaavaan 1:5000.

Pintakartalle merkitään korkeuskäyrät 0,5 m:n välein, suunniteltu kuivatusverkko vastaavine nimityksineen ja merkinöittineen sekä tieverkko rakenteineen. Tärkeitä ovat erityisesti vesiuomien, vesialtaiden, kaivantojen, teiden ja siltojen, rumpujen, talojen, lähikylänteiden ja peltolohkojen sijaintipaikat. Pintakartalle merkitään myös kartoituspohjana olevat pisteet ja linjat (korkeusluvut 0,01 m:n tarkkuudella) sekä kairaustulokset.

Linjatuista ojista merkitään pintakartalle täydellinen pallutus, muista ojista merkitään tasausviivan korkeudet kaltevuuden taitepisteissä ja ojan alku- ja loppupäässä sekä lisäksi kaltevuudet.

Detalji-verkon avo-ojiin ja salaojiin merkitään niiden keskinäiset etäisyydet ja tavallisesti myös niiden keskimääräinen syvyys. Salaojastoista merkitään laskuaukon korkeus ja kokoojan korkeus kaltevuuden taitekohdissa sekä lisäksi myös kokoojan kaltevuus. Samoin merkitään karttaan ne kohdat, joissa putkikoko puuttuu. Salaojastot numeroidaan ja numero pannaan laskuaukon kohdalle. Myös imuojat numeroidaan ojastojen numeroinnin yhteydessä. Pintakartta varustetaan karttamerkkien selityksillä.

Perusverkon vesiuomista laaditut pituus- ja poikkileikkaukset antavat havainnollisen kuvan uoman poikkileikkauksesta, syvyydestä, kaltevuudesta, korkeusasemasta ja maalajista uoman kohdalla.

Pituusleikkaus laaditaan tavallisesti kaikista linjatuista vesiuomista, mutta se on tarkoituksenmukaista tehdä myös linjaamattomista ojista silloin, kun niihin laskee salaojastoja.

Pituus- ja poikkileikkausten laatimista on käsitelty aikaisemmin (9. pääkappale, kohta 1).

Poikkileikkauspiirroksia ei liitetä yhdessä vaiheessa tehtyn suunnitelman mukaan, vaan ne liitetään konseptina käytetyn materiaalin joukkoon.

Viljelytekniillinen kartta antaa yleiskuvan parannettavalla alueella tehtävistä viljelytekniillisistä töistä. Kartalle merkitään jo valmiina olevien viljelytekniillisten kuvioden rajaviivojen lisäksi

myös suunniteltujen peltolohkojen rajat, perusverkon ojat, metsät ja metsäkaistaleet, kivien ja kantojen varastopaikat ja tarvittaessa vielä muitakin tietoja.

Erikoispiirustukset esitetään kaikista niistä rakenteista, jotka kuuluvat kuivatusverkkoon. Tällaisia ovat, rummut, sillat, portaat, lietekaivot, putousportaat, uoman vahvistukset jne. Mainituista erikoispiirustuksista on olemassa tyyppi- ja piirustuksia, jotka on julkaistu eri kokoelmina, joten piirroksia ei tarvitse esittää erikseen suunnitelman yhteydessä.

Kahdessa vaiheessa tehdyn maanparannussuunnitelman erikoispiirteitä

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, laaditaan maanparannussuunnitelma kahdessa vaiheessa lähinnä silloin, kun kohde on pinta-alaltaan riittävän suuri. Yleissuunnitelma laaditaan koko kohdetta varten, sen sijaan työsuunnitelma laaditaan osa-alueittain siinä järjestyksessä, kun työt toteutetaan.

Yleissuunnitelman pääasiallisena tarkoituksena on maanparannuksen teknillisen toteutettavuuden osoittaminen ja mahdollisten vaihtoehtojen vertailu sekä kannattavuuden perustelut.

Yleissuunnitelma sisältää osittain samoja tietoja kuin yksivaiheinen suunnitelma, mutta eräiltä osin yleissuunnitelma on viimeksi mainitulta vielä yleisempi, eräiltä osin taas perusteellisempi. Esim. maaperäkarta sisältää tietoja myös kallioperästä ja pohjaveden syvyydestä. Vesiuomista linjataan pääasiassa vain pääojat, joista laaditaan myös pituusleikkaukset. Pintakartta on monessa suhteessa ylimalkainen.

Sen sijaan viljelyteknillinen kartta, maaperäkartta sekä vesistöalue- ja sijaintikartta ovat lähes samanlaisia kuin vastaavat kartat yk-

sivaiheisessa suunnitelmassa.

Yleissuunnitelman lausunnossa käsitellään muutamia kysymyksiä perusteellisemmin kuin yksivaiheisessa suunnitelmassa, esim. aikaisemmin tehtyjä maanparannustöitä ja niillä saatuja tuloksia. Myös kohteen geomorfologiaa, hydrologisia olosuhteita ja liikamärkytyksen syitä analysoidaan melko perusteellisesti. Lausunnon agroekonomisen osa on myös yksivaiheisen suunnitelman vastaavaa täydellisempi, koska suuremmilla kohteilla taloudellisten tutkimusten merkitys lisääntyy. Kuivatusverkkoa käsittelevässä lausunnon osassa käsitellään kaikkia tutkittuja vaihtoehtoja ja niiden kustannuksia sekä perustellaan valitun vaihtoehdon tarkoituksenmukaisuutta. Taloudellisen kannattavuuden osoittaminen on yleissuunnitelman lausunnon tärkein kohta. Töiden määrät ja kustannusarviot ovat melko ylimalkaisia, minkä vuoksi töitä ei rahoiteta yleissuunnitelman vaan työsuunnitelman kustannusarvion mukaan.

Työsuunnitelma laaditaan erikoistilauksen perusteella sen jälkeen, kun yleissuunnitelma on vahvistettu. Se laaditaan tavallisesti vain niiltä osin, jotka oteutetaan yhtenä työ kautena.

Työsuunnitelmassa esitetään kaikki suunnitelmatiedot sellaisella tarkkuudella, että töiden toteuttaminen niiden mukaan ei aiheuta vaikeuksia. Koska työsuunnitelma on tarkoitettu yleissuunnitelman tarkentamiseksi ja täydentämiseksi, ei siinä tarvitse enää toistaa sellaista, mitä yleissuunnitelmassa on jo riittävällä tarkkuudella esitetty eikä esittää sellaisia asiapapereita, jotka on esitetty täydellisinä yleissuunnitelmassa. Edellä mainittuja asiapapereita ovat ennenkaikkea erilaiset kartat. Työsuunnitelman tärkein osa on kuivatusverkon pintakartta. Mainittu pintakartta ja muutkin työ-

suunnitelman osat vastaavat yksivaiheisen suunnitelman vastaavia osia.

3. Maanparannuksen tehokkuus

Maanparannuksen suunnittelussa on tarpeellista selvittää sen toteuttamisen tarkoituksenmukaisuus ja taloudellinen tehokkuus.

Maanparannus on tehokas väline maataloustuotannon suurentamisessa, mutta se vaatii myös suuria kustannuksia. Viime mainituista taas puolestaan riippuu maanparannuksen tehokkuus ja kannattavuus.

Maanparannuksessa käytettävät toimenpiteet ovat taloudellisesti perusteltuja vain silloin, kun ne lisäävät maankäytöstä saatavia tuloja niin paljon, että lisätulot peittävät täydellisesti maanparannuksesta ja lisäsadon saannista aiheutuneet kustannukset. Lisäksi on jätävä vielä ylijäämääkin.

Suuria maa-alueita parannettaessa arvioidaan maanparannuksen vaikutus tuottoon koko alueen kehityksen kannalta yhdistäen maanparannuksen tehokkuuden määrittämisen tuotannon organisoinnin suunnitteluun. Pienissä kohteissa rajoitutaan maanparannuksen tehokkuutta määrättäessä yksinkertaisempia metodeja. Eestissä laadittavissa maanparannussuunnitelmissa arvioidaan maanparannuksen tehokkuutta tavallisesti seuraavien perustekijäin avulla:

- 1) satojen suureneminen
- 2) satoyksikön omakustannushinnan väheneminen
- 3) tuottamisesta saatavan vuositulon muodostuminen
- 4) maanparannuksen vuosikustannusten muodostuminen
- 5) vuositulon suurenemisen suhde maanparannuksen kustannuksiin.

Maanparannuksen johdosta viljelysmaan pinta-ala ja satojen määrä suurenevät. Agroekonomisten tutkimusten mukaan ovat satomäärät parannettavilta luonnontilassa olevilta peltolohkoilta olleet tavallisesti 500...600 ry/ha. Vastaava luku kuivattamattomilla ja puutteellisesti kuivatetuilla viljelysmailla on 500...2400 ry/ha liikamärkyydestä ja maaperästä riippuen. Maanparannuksen jälkeen riippuu sadon määrä maan käyttötavasta, maaperästä ja kuivatuksen tehokkuudesta. Maanparannuksen tehokkuutta laskettaessa oletetaan satoisuuden riippuvan kuivatuksen tehokkuudesta tavallisesti seuraavasti:

viljavilla mailla 2000 ... 6000 ry/ha,
keskinkertaisen viljavilla mailla 1500 ... 4500 ry/ha ja
vähän viljavilla mailla 1500 ... 2500 ry/ha.

Satoisuuden suuretessa stoyksikön tuottamisen omakustannushinta pienenee. Tilastoja omakustannushinnan ja sadon määrän välisestä riippuvuudesta on käytettävä hyväksi mahdollisimman paljon maanparannuksen tehokkuutta määrättäessä. Mikäli mainittuja tilastoja ei ole käytettävissä, määritetään omakustannushinta Eestin Tiedeakatemian Talousinstituutin antamien ohjeitten mukaan. Kuvassa 134 on graafisesti esitetty omakustannushinnan riippuvuus hehtaarisadosta erikseen syysviljoilla, kevätviljoilla, luonnonheinämailla, heinäviljelyniityillä ja viljelyslaitumilla (maanparannuksen vuosikustannuksia ei ole otettu huomioon). Siten esim. 1 ry:n omakustannushinta luonnonheinämailla on sadon määrän ollessa 500 ry/ha 6,7 kop, kun taas viljelyslaitumilla sadon määrän ollessa 2000 ry/ha vastaava luku on 2,1 kop. Omakustannushinta vähenee siis 1 ry kohti 4,6 kop.

Tuottamisesta saatava vuositulo lasketaan:

a) ennen maanparannusta kaavalla

$$P_1 = S_1(R-O) \quad (92)$$

b) maanparannuksen jälkeen kaavalla

$$P_2 = S_2(R-O-Ka) \quad (93)$$

jossa P_1 ja P_2 = tuottamisesta saatava vuositulo ruplissa ennen ja jälkeen maanparannuksen (hehtaaria tai koko parannettavaa maa-alaa kohti)

S_1 ja S_2 = kasvinviljelyn tuotanto rehuyksiköissä (ry) vastaavasti ennen ja jälkeen maanparannuksen (hehtaaria tai koko parannettavaa maa-alaa kohti)

R = sadon myyntihinta valtion hankintatariffin mukaan ruplina (ry) kohti.

O = rehuyksikön omakustannushinta ruplissa vastaavalla satotasolla

Ka = maanparannuksen vuosikustannukset rehuyksikköä kohti ruplissa.

Maanparannuksen vuosikustannuksiin lasketaan maanparannuskustannusten kuoletus, rakenteisiin sijoitetun pääoman korot sekä kunnossapidosta johtuvat kulut. Maanparannuksen vuosikustannukset lasketaan kustannusarvion perusteella tietyn prosentin mukaan. Prosentin suuruus vaihtelee kustannusten laadusta riippuen tavallisesti 2,6...13 välillä.

V.1963 RPJ:n laatimien maanparannussuunnitelmien mukaan oli kustannusarvion mukainen kustannus 1 ha kohti keskimäärin 517,5 ruplaa. Mainitusta summasta oli tutkimus- ja suunnittelukustannusten osuus 3 %. kuivatusverkon rakennuskustannusten osuus oli 76 % ja viljelytekniillisten töiden osuus 21 %. Rakennuskustannukset jakautuvat seuraavasti: purkuvesistön ja perusverkon osuus 38 % ja

detaljiverkon osuus 62 %.

Taulukossa 34 on esitetty esimerkki maanparannuksen vuosikustannusten määräämisestä. Siitä selviää, että vuosikustannus parannettavan maa-alan hehtaaria kohti on 21 ruplaa.

Maanparannus on sitä kannattavampi, mitä enemmän tuottamisesta saatavan vuotuisen tulon suureneminen ylittää maanparannuksesta johtuvat vuosikustannukset.

Tuottamisesta saatavan vuotuisen tulon suurenemisen suhdetta maanparannuksen kustannuksiin nimitetään maanparannuksen tehokkuuskertoimeksi (E).

Se lasketaan kaavalla

$$E = \frac{P_2 - P_1}{K}, \quad (94)$$

jossa K = maanparannuksen kustannusarvion mukaiset kustannukset ruplissa (joko hehtaaria tai koko parannettavaa maa-alaa kohti)

P_1 ja P_2 merkitys esitetty kaavojen 92 ja 93 yhteydessä.

Maanparannusta voidaan pitää riittävän tehokkaana silloin, kun tehokkuuskerroin (E) on vähintään 0,10.

Taulukko 34. Maanparannuksen vuosikustannusten laskeminen
(esimerkki)

Parannettava maa-ala 125 ha

Suunnitellut rakenteet ja toimenpiteet	Kustannus- arvio (1000 ruplaa)	Vuosikustannusten laskemi- nen (kuoletus, korko ja kunnossapito)	
		% kustannus- arviosta	yhteensä ruplaa
1. Purkuvesistö ja perusverkko	11,80	5,8	684
2. Avoin detaljiverkko	0,30	5,8	17
3. Tiiliputkisalaojitus	27,15	2,6	706
4. Puuputkisalaojitus	2,20	13,0	286
5. Puusillat ja rummut			
6. Teräsbetonirummut	1,43	4,3	61
7. Soratiet	1,17	9,6	112
8. Muut kulut	1,10	5,0	55
Rakennustyöt yhteensä	45,15		1921
9. Viljelytekniilliset työt	13,05	5,0	653
10. Tutkimus- ja suunnittelu	1,85	5,0	93
Kustannukset yhteensä	60,05	4,4	2667
Kustannukset hehtaaria kohti	0,480	4,4	21

Esimerkki: Luonnonniitty on suunniteltu parannettavaksi viljelysniityksi. Luonnonniityn tähänastinen tuotto on 500 ry/ha ja maanparannuksen jälkeen perusteltavan viljelysniityn tuotto 2800 ry/ha.

Maanparannuksen kustannusarvio ja vuotuiset kustannukset ovat taulukon 34 mukaisia.

Ratkaisu: Luonnonheinän ja peltoheinän myyntihinnat ovat vastaavasti 16 ruplaa ja 28 ruplaa tonnilta eli vastaavasti 4,0 kop/ry ja 5,6 kop/ry. Piirroksesta 134 saadaan ry:n omakustannushinta (0) maanparannuksen vuosikustannuksia huomioimatta. Niiden suuruudet ovat

6,7 kop. ja 3,0 kop. Tällöin $P_1 = 500 (0,040 - 0,067) = 13,5$ ruplaa ja $P_2 = 2800 (0,056 - 0,030 - 0,0075) = 51,8$ ruplaa ha. Maanparannuksesta johtuvat vuosikustannukset 1 ry:ä kohti ovat $21:2800 = 0,0075$ ruplaa. Maanparannuksen tehokkuuskerroin (E) on siten

$$E = \frac{51,8 - (-13,5)}{480} = 0,14$$

Edellä esitettyjen perustekijäin lisäksi käytetään myös muita tehokkuustekijöitä. Näistä ovat tärkeimpiä sadon lisäys maanparannuskustannukset, maanparannuskustannukset rehuyksikköä kohti ja aika, jona tuoton lisääntymisestä saatavat tulot peittävät maanparannuksesta tulevat kustannukset. Kaikki edellä mainitut tekijät voidaan määrätä perustekijän avulla. Esim. viimeksi mainittu tekijä on tehokkuuskertoimen käänteisluku eli $1/E$. Tarvittaessa voidaan käyttää vielä muitakin tekijöitä esim. rehujen muuttaminen maidoksi, lihaksi jne, jolloin nähdään, kuinka paljon voi parannetulta maa-alalta tuotetuilla rehuilla saada karjataloustuotteita enemmän kuin aikaisemmin.

Se aika, jona tuoton lisääntymisestä saatavat tulot peittävät kokonaan maanparannuksesta tulevat kustannukset, vaihtelee viime vuosina tehtyjen maanparannussuunnitelmien mukaan 2...6 vuoden rajoissa, keskiarvon ollessa 3...4 vuotta.
