

VAKOLAN RAKENNUSRATKAISUJA

Maarit Puumala
Henrik Sarin



REHTIJÄRVEN KEINOKOSTEIKKO

VAKOLAN RAKENNUSRATKAISUJA sarjassa julkaistaan ehdotuksia käytäntöön soveltuviksi rakennusratkaisuiksi. Esitetyt piirustukset ja muu informaatio ovat tarkoitettut suunnittelun apuvälineiksi. Ne perustuvat yleensä tutkimus- ja testaustuloksiin, koerakennuskokemuksiin tai kirjallisuudessa esitettyihin ratkaisumalleihin. Ehdotukset ovat yleisluonteisia joten niiden soveltaminen edellyttää tapauskohtaista suunnittelua. Vastuu lopullisesta mitoituksesta ja rakenneratkaisuista on aina suunnittelijalla.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Agricultural Research Centre of Finland

VAKOLA

Maatalousteknologian tutkimuslaitos

Osoite
Vakolantie 55
03400 VIHTI

Puhelin
(90) 224 6211
Telefax
(90) 224 6210

Institute of Agricultural Engineering

Address
Vakolantie 55
FIN-03400 VIHTI
FINLAND

Telephone int. +
358-0-224 6211
Telefax int. +
358-0-224 6210

REHTIJÄRVEN KEINOKOSTEIKKO

Jokioisten Rehtijärven laskuojan uomaeroosion torjuntatoimenpiteet ja kosteikon rakentaminen ovat osa suurempaa tutkimuskokonaisuutta, jonka tarkoituksena on vähentää peltoalueilta Rehtijärveen kertyvää ravinnekuormaa ja pidemmällä aikavälillä parantaa järven veden laatua. Rehtijärvi sijaitsee tärkeällä pohjaveden muodostumisalueella ja on ainoa kokonaan Jokioisten kunnan alueella sijaitseva järvi.

Maatalouden tutkimuskeskuksen ympäristöntutkimuslaitos on kerännyt ennen kaivuiden suorittamista lähtötietoja peltoalueelta kertyvän veden laadusta ja virtausnopeuksista. Jatkossa se seuraa kaivetun ojan luiskien pysyvyyttä ja tehtyjen toimenpiteiden vaikutusta vedenlaatuun. Samoin se tutkii virtaamamittauksin ja vesianalyysin rakennetun kosteikon toimintaa. Alustavia tuloksia eroosiontorjuntatoimenpiteiden vaikutuksesta saadaan ensi kevään sulamisvesien mentyä. Tarkempia tuloksia saadaan odottaa muutama vuosi. Laskeutusaltaan toiminnasta saadaan tuloksia melko pian. Kosteikkokasvialtaan juurakon ja oikean mikrobikannan kehittyminen kestää 3 - 5 vuotta, joten kosteikon tehosta saadaan luotettavia tuloksia aikaisintaan 5 vuoden kuluttua.

Uomaeroosion torjunta

Uomaeroosiota tapahtuu kaikissa maalajeissa, mikäli vedennopeus ylittää kullekin maalajille sallitun eroosionopeuden. Eroosionkestävyydeltään huonoimpia ovat hienoraakeiset maalajit, kuten hieno hiekka ja siltti (hiesu ja hieta), samoin tietyt savimaat. Juuri kaivetut ojat ovat herkempiä erodoitumaan kuin vanhat. Uomaeroosion ehkäisemisessä virtausnopeuksien pienentäminen ja erilaiset suojaverhoukset ovat tehokkaita. Ojaluis-kan loiventamisella voidaan eroosiota myös vähentää.

Veden virtausnopeutta voidaan pienentää pohjapadoilla tai pienentämällä ojan kaltevuutta putousportailla. Pohjapato rakennetaan kivistä, joita asetellaan uoman pohjalle koskimaisesti. Leveähköissä uomissa pato muotoillaan yleensä kaarevaksi. Myös putousportaat vahvistetaan kivillä.

Suojaverhous voi olla joko kasvillisuus- tai ns. eloton verhous. Kasvillisuusverhouksista yleisin on nurmi. Nurmettamisessa käytettävä kasvi valitaan ravinne- ja kosteusolosuhteiden mukaan. Nurmetus tehdään joko kylvämällä tai siirtonurmena, jos ajankohta kylvämiselle on epäedullinen. Kasvillisuusverhouksissa voidaan käyttää myös puita ja pensaita, kun verhouskaistan leveys ei ole rajoittamassa kasvivalintaa. Puiden ja pensaiden on sidottava maata sekä kestettävä tulvan ja jäiden vaikutusta. Elottomia verhouksia ovat esimerkiksi erilaiset kiviverhoukset ja geotekstiilit. Niiden neliökustannus on huomattavasti kasvillisuusverhousta korkeampi ja siten niitä käytetään vain erittäin hankalissa eroosiokohteissa.

Suosittelava ojaluis-kan kaltevuus riippuu maalajista ja kaivusvyvyydestä. Kirjallisuudessa annetaan seuraavan taulukon mukaisia ohjeita luiskakaltevuuksille:

Maalaji/Kaivusyvyys	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
Turve		1:0,75 - 1,0	1:1,0 - 1,25	1:1,25 - 1,5	1:1,5 - 1,75
Moreeni, savi	1:0,60	1:1,0 - 1,5	1:1,5 - 1,75	1:1,5 - 2,0	1:2
Siltti (hiesu, hieta), hiekka	1:0,8	1:1,25 - 1,75	1:1,5 - 2,0	1:2,0 - 2,25	1:2,0 - 2,25

Rehtijärveen laskevaan eroosion kuluttamaan ojaan laadittiin uomaerosion torjuntasuunnitelma kesällä 1995. Suunnitelma sisälsi seuraavat toimenpiteet:

- Ojan kaakkoisreuna luiskataan uudelleen siten, että sen kaltevuus on enimmillään 1:2. Samalla ruopataan ojan pohjasta sinne kertynyt lieju.
- Ojan luoteisreunasta korjataan pahimmat syöpymät. Ehjää, ruohottunutta piennarta ei saa rikkoa.
- Kaivettuun ojauomaan kipataan sopivin välein kuormallinen kiviä, joista muotoiluun pohjapatoja veden virtausnopeuden pienentämiseksi. Kiveäminen pitää ylettää tarpeeksi korkealle luiskaan, jotta tulvavesi ei syövytä reittiään patojen ohi.
- Ojaluisikat nurmetetaan sopivilla kasveilla ja myös ojan pohjaan pyritään saamaan vahvajuurista kasvustoa.
- Jyrkkään ojamutkaan tehdään erityistoimenpiteitä:
 - Keväisen pintavalunnan kerääntymiskohtaan muodostetaan noin 10 m x 15 m suuruinen nurmetettava suojakaista. Alue muotoillaan siten, että ojan reunaan muodostuu samantyyppinen kynnys kuin yläjuoksullekin on muodostunut.
 - Kynnykseen muotoillaan selvä ylijouksutuskohta, mikä vahvistetaan kiveyksellä riittävän laajalta alalta. Tarvittaessa voidaan käyttää betonointia.
 - Ojaan laskeva luiska vahvistetaan isoilla kivillä siten, että selvä virtauksen ohjaus kohta säilyy. Tarvittaessa voidaan käyttää betonointia.

Suunnitelman mukainen kaivu, pohjapatojen rakentaminen ja ojamutkan vahvistaminen toteutettiin elo-syyskuussa 1995. Noin 180 m pitkän ja keskimäärin 1,5 m syvän ojan kaivuun kului aikaa noin 5 tuntia. Pohjapatoja ja luiskaverhouksia varten paikalle tuotiin 2 autokuormaa välppäkiviä (nyrkin kokoisia tai isompia kiviä). Pohjapatojen muotoiluun ja luiskaverhouksen tekoon kului aikaa noin 1 päivä työmiehen ja traktorikaivurin työryhmältä. Lisäksi ojaluiskien nurmettamiseen kului yksi työpäivä. Kustannukset kyseiselle työlle olivat noin 4000 mk (sis.alv.) eli noin 22 mk ojametrille.

Piirustukset:

1. Uomaerosion torjuntasuunnitelma, asemapiirros 1:500
2. Uomaerosion torjuntasuunnitelma, ojan pituusleikkaus 1:500/1:100
3. Uomaerosion torjuntasuunnitelma, ojan poikkileikkaus 1:50
1. ja 4. Periaatekuvat pohjapadosta ja ojamutkan vahvistamisesta



Kuva 1. Syöpynyt laskuoja.



Kuva 2. Tulvavesi on tuonut mukanaan pellolta ja ojan reunoilta irtonaista maa-ainesta, joka on laskeutunut ojan pohjalle.



Kuva 3. Ojan toinen luiska on loivennettu kaltevuuteen 1:2 ja pohjasta on poistettu irtonainen maa-aines. Toinen luiska on koskematon.



Kuva 4. Ojan pohjalle on kipattu kiviä, joista on muotoiltu pohjapato virtausnopeuden pienentämiseksi.



Kuva 5. Ojan mutkaa on valumavesien kertymis-
kohdasta vahvistettu kiveyksellä.

Valumavesien puhdistus

Kosteikkojen on todettu vähentävän vesistöihin kohdistuvaa ravinnekuormitusta. Koska kosteikot sopivat hyvin peltojen valumavesien käsittelyyn, niiden rakentaminen on lisääntynyt huomattavasti. Esimerkiksi Ruotsissa Malmöhusin läänissä on vuosina 1987 - 1992 rakennettu 254 kosteikkoa, joiden yhteispinta-ala on noin 55 ha; keskimäärin 0,2 ha/kosteikko. Kosteikoissa on saatu valumavesien typpipitoisuus alenemaan keskimäärin 10 %, parhaissa tapauksissa jopa 30 %. Myös fosforipitoisuuksien on todettu alenevan, joskin toisensuuntaisiakin mittaustuloksia on saatu. Fosforireduktio on ollut paras kosteikoissa, joissa sedimentoituminen on ollut tehokasta.

Ruotsalaisten tutkimusten mukaan hyvin toimivan kosteikko- ja allas-alueen, jonka viipymä on 1 - 3 vuorokautta, tulee olla pinta-alaltaan 5 % valuma-alueesta. Ollakseen ylimalkaan jotenkin toimiva altaan ja kosteikon yhteispinta-alan tulee olla yli 1 % valuma-alueen pinta-alasta. Ruotsissa toteutettujen kosteikkojen koot ovat olleet 0,11 ha:sta 1,7 ha:iin ja hankkeiden kustannukset (veroton hinta) ovat olleet 25.000 - 155.000 SEK. Kustannukset kosteikkoneliometriä kohden ovat olleet 7,5 - 68 SEK. Luontaisen kosteikkopaikan hyödyntäminen on pienentänyt neliökustannusta oleellisesti.

Jätevesien ja kaatopaikkojen suotovesien käsittelyyn on Euroopassa ja Yhdysvalloissa rakennettu juurakkopuhdistamoja. Typen ja fosforin osalta niissä on saatu jopa 90 % poistumia. Viime vuosina niitä on alettu rakentaa myös Suomessa, mutta luotettavia tuloksia niiden toiminnasta ei vielä ole saatu.

VAKOLA rakensi kesällä 1994 yhteistyössä ympäristöntutkimuslaitoksen kanssa kosteikkoalueen Rehtijärveen laskevaan ojaan. Kosteikkoalue muodostuu kahdesta erillisestä osasta, laskeutusaltaasta ja kosteikkokasvialtaasta. Niitä ei ole mitoitettu koko valuma-alueen mukaan, vaan tarkoituksena on ottaa vain osa huippuvirtaamien vedestä käsittelyyn. Jos mitoitus olisi tehty huippuvirtaaman mukaan, mikä esimerkiksi keväällä 1994 oli 18 m³/min, altaiden yhteispinta-alan olisi tullut olla noin 10 ha suunnitellun 0,04 ha:n (4 aarin) sijasta.

Valumavesi johdetaan laskeutusaltaaseen laskuojan levennykseen rakennetun kokoojakaivon kautta. Kaivossa ei ole pohjaa, vaan se on laskettu kivien päälle ja vesi kaivoon tulee kivien raoista. Kokoojakaivon viereen on rakennettu ylijouksutuspato, josta tulva-ajan vedet pääsevät ohi "puhdistamon".

Laskeutusallas on kooltaan noin 12 m x 20 m ja syvyys 1,5 - 2 metriä. Luiskat on kaivettu kaltevuuteen 1:2, mikä on ehdoton minimi, jotta ne eivät sorru. Koska maaperä on savista, ja koska käsitellään peltojen valumavesiä, allasta ei ole tiivistetty. Altaaseen tuleva vesi jaetaan salaojaputkella koko altaan päädyn matkalle. Tällä estetään sekoittavan virtauksen muodostumista altaaseen, jolloin kiintoaineksen laskeutuminen on tehokkaampaa.

Laskeutusaltaasta pintavesi johdetaan kokoojakaivon kautta kosteikkokasvialtaaseen. Siirtyvän veden määrä on laskettu kosteikkokasvialtaalle sallittavan hydraulisen

kuorman ja täyttöhiekan vedenläpäisevyyden perusteella ja tehty tarvittava supistus yhdysputkeen. Ensivaiheessa tämä supistus puuttui ja kosteikkokasvialtaaseen muodostui oikovirtausta.

Kosteikkokasviallas on kooltaan 8 m x 15 m. Se on kaivettu suoraseinäiseksi ja sen pohjakallistus on vajaat 1 % myötävirtaan (10 cm koko altaan matkalla). Altaan molempiin päihin on tehty karkeasta sorasta ja välppäkivistä vyöhykkeet, joihin on sijoitettu salaojaputket veden jakoa ja keräilyä varten. Vesi tulee altaan pohjalle ja se poistetaan altaan yläreunasta. Soravyöhykkeiden väli on täytetty hiekalla, jota on 55 - 65 cm paksu kerros, siten että pohjan kaltevuus tasataan hiekalla. Hiekan päälle on ajettu 10 cm kerros kalkittua turvetta kosteikkokasvien istutuskerrokseksi. Altaaseen on istutettu järviruokoa, joka on peräisin viereisen Rehtijärven rannasta.

Kosteikkokasvialtaasta vesi johdetaan säätökaivon kautta takaisin laskuojaan. Kaivoon on asennettu kosteikkokasvialtaan vedenpinnan säätöä varten tarvittavat putket. Tällöin allas saadaan tulvimaan rikkaruohokasvuston tukehduttamiseksi.

Rehtijärveen laskevaa ojaa on kosteikon jälkeen levennetty ja padottu viipymän pidentämiseksi. Lisäksi levennyksen reunoille on istutettu erilaisia kosteikkokasveja.

Kokoojakaivon viereen, laskeutusaltaan kulmaan ja ojan levennykseen rakennetut padot ovat homogeenisiä maapatoja. Tyypiltään ne ovat ylivirtauspatoja. Padot on rakennettu altaista kaivetusta savesta, joka on tiivistetty kerroksittain sekä verhoiltu kiviheitokkeella. Koska padot ovat verrattain matalia, niitä varten ei ole laadittu erityisiä rakennussuunnitelmia.

Kustannukset koko kosteikkoalueen rakentamisesta olivat 34.300 mk (sis.alv.), mikä jakaantuu seuraavasti:

- laskeutusallas 12.200 mk
- juurakkoallas 8.400 mk
- altaiden jälkeisen ojan levennys 5.300 mk
- putkitukset ja kaivot 8.400 mk.

Kustannuksiin sisältyy maankaivu, massojen siirrot, materiaalit ja miestyö.

Kustannuksiin eivät sisälly suunnittelu, viimeistelytyöt, jotka ovat arviolta 2000 mk, eikä työnjohto ja mittaukset.

Piirustukset:

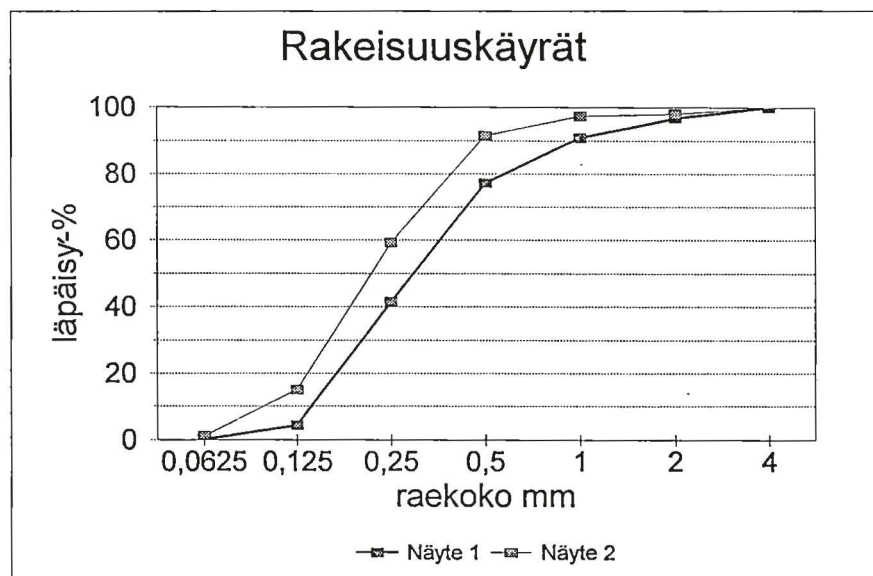
- | | |
|---|-------------|
| 5. Kosteikkoalueen asemapiirustus | 1:500 |
| 6. Kosteikkoalueen pituusleikkaus | 1:500/1:100 |
| 7. Kokooja- ja säätökaivo | 1:20 |
| 8. Periaatekuva homogeenisestä maapadosta | |

Kosteikkokasvialtaan täyttöön tarkoitettun materiaalin seulontatulokset ja rakeisuuskäyrät:

Materiaalinäytteet haettu Jokioisten kunnan sorakuopalta ja seulottu 5.5.1994

Seulakoko mm	0,0625	0,125	0,25	0,5	1	2	4
Näyte 1	0,1	4,3	41,5	77,2	90,9	96,7	100
Näyte 2	1,1	15	59,3	91,5	97,4	98,1	100

Kosteikkoaltaan täyttöön käytetty näytteen 1 mukaista materiaalia.



Kosteikkoaltaan johtavan putken läpimitta:

Hydraulisen kuorman perusteella:

Hydrauliseksi kuormaksi hienojakoisilla mailla suositellaan 20 - 90 mm/vrk (0,02 - 0,09 m³/m² vrk).

- Kosteikkokasvialtaan koko on 8 m × 15 m × 0,6 m eli noin 120 m² ja noin 72 m³, josta tulo- ja poistovyöhykkeiden osuus noin 20 m² ja vastaavasti noin 12 m³.
- Kosteikkokasvialtaan alalle voi hydraulisen kuorman suosituksen mukaan tulla 2 - 9 m³ vettä vuorokaudessa eli 0,02 - 0,1 litraa sekunnissa.

Sora- ja hiekkamaille hydraulisen kuorman suositus on 0,05 - 0,16 m³/m² vrk.

- Kosteikkokasvialtaan voisi suosituksen perusteella tulla vettä 0,06 - 0,18 litraa sekunnissa.

Kosteikkokasvialtaan täyttömateriaali on hiekkaa, jolle voidaan sallia noin 0,18 litraa sekunnissa eli noin $15,5 \text{ m}^3/\text{vrk}$ kuormitus.

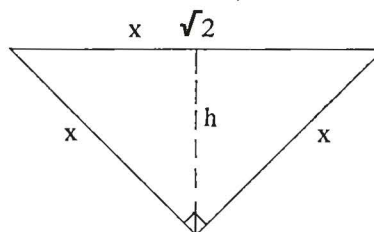
Suorakulmaisessa V-padossa virtaamaa 0,18 l/s vastaava vedenkorkeus voidaan laskea kaavalla $Q = 0,0146 \times h^{5/2}$.

Tästä veden korkeudeksi (h) saadaan 2,7 cm.

$$h = 2,7 \text{ cm}$$

$$x = \sqrt{2h^2}$$

$$A = h^2$$



Tällöin poikkipinta-ala, jolta vettä valuu on $7,45 \text{ cm}^2$.

Putken poikkipinta-ala lasketaan kaavalla $A = \pi r^2$

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

$d = 2r = 2\sqrt{A/\pi}$, josta edellälaskettua pinta-alaä käyttäen saadaan putken halkaisijaksi 3,5 cm.

Tätä suurempi ei kosteikkokasvialtaaseen johtavan putken halkaisija saa olla, jotta kuormitus ei ylitä täyttömateriaalin suositeltavaa hydraulista kuormaa.

Vedenläpäisevyyden perusteella:

Darcy'n lain mukaan virtaama $Q = A_c k_f dS/dH$

jossa $A_c =$ kosteikkokasvialtaan poikkileikkauspinta-ala $= 0,6 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 4,8 \text{ m}^2$

$k_f =$ vedenläpäisevyyskerroin, täyttömateriaalille voidaan käyttää 10^{-6} m/s

$dH/dS =$ kosteikkokasvialtaan kaltevuus m/m

edellisellä kaavalla virtaamaksi saadaan 0,62 l/s eli noin $54 \text{ m}^3/\text{vrk}$. Virtaaman perusteella edellä esitetyllä tavalla laskettu putken halkaisija on 5,0 cm.

Koska hydraulisen kuorman antama putken enimmäishalkaisija on pienempi, käytetään sitä supistuslevyyn tehtävän reiän mittana.

Viipymä:

$$\text{Viipymä } t = n A_s d / Q$$

missä $n =$ maa-aineksen huokoisuus, jona voidaan pitää 40 %

$$A_s = \text{kosteikkokasvialtaan pinta-ala} = 100 \text{ m}^2$$

$$d = \text{kosteikkokasvialtaan syvyys} = 0,6 \text{ m}$$

$$Q = \text{virtaama} = 15,5 \text{ m}^3/\text{vrk}$$

Viipymäksi saadaan kaavan perusteella noin puolitoista vuorokautta. Supistuslevyissä olevaa reikää pienentämällä voidaan viipymää pidentää, mikäli halutaan.



Kuva 6. Keinokosteikon rakennuspaikka ennen kaivuiden aloittamista.



Kuva 7. Laskeutusallas; takareunassa vedenjakoputki, etureunassa keräilykaivo, josta vesi johdetaan kosteikkokasvialtaaseen.



Kuva 8. Kosteikkokasviallas, etureunassa säätökaivo.



Kuva 9. Kosteikkokasviallas pinnassa istutus- ja alustana toimiva turve, järviruoko istutettu riveihin.



Kuva 10. Maapato, jossa V-aukko virtaamamittausta varten.



Kuva 11. Kosteikkokasviallas vuosi rakentamisen jälkeen. Osa järviruokokasvustosta on istutettu uudelleen.



Kuva 12. Laskeutusallas vuosi rakentamisen jälkeen. Reunat on nurmetettu ja altaan ympäri laitettu varoitusmerkit, koska allas on verrattain syvä.

KIRJALLISUUTTA

BAYES, C., BACHE, D. & DICKSON, R. 1989. Land-treatment systems: design and performance with special reference to reed beds. *Journal of the Institution of the Water and Environmental Management* 3:6, s. 588 -598.

COOPER, P.F. & FINDLATER, B.C. (eds.) 1990. *Constructed wetlands in water pollution control*. Pergamon Press, Oxford. ISBN 0-08-040784-6.

COOPER, P.F., HOBSON, J.A. & FINDLATER, C. 1990. The use of reed bed treatment systems in the UK. *Water Science and Technology* 22:3/4, s. 57 - 64.

HAMMER, D.A. 1989. *Constructed wetlands for wastewater treatment*. Chelsea, Lewis Publishers. ISBN 0-87371-184-X.

HASSELGREN, K. 1992. Resursbevarande lakvattenbehandling: full-skaleförsök med behandling och resursutnyttjande av lakvatten i mark-växt-system. Stiftelsen Reforsk, 47 s. FoU nro. 76. ISSN 0284-9968.

HERSKOWITZ, J. 1986. *Town of Listowel Artificial Marsh Project Final Report*, Project No. 128 RR. Ontario Ministry of the Environment, Toronto.

LATVALA, A. 1987. Jäteveden maasuodatuksen ja imeytyksen tukkeutuminen. *Vesitalous*, 28. vsk., nro 6, s. 6-10. ISSN 0505-3838

LATVALA, A. 1989. Fosforinpoisto jäteveden maasuodatuksessa. *Vesitalous*, 30. vsk., nro 1, s. 11-16. ISSN 0505-3838.

RANTALA, P., SANTALA, E. & VIKMAN, H. (toim.) 1983. *Proceedings of the International Conference on New Technology for Wastewater Treatment and Sewerage in Rural and Suburb Areas*, 3. - 6.10.1983 Hanasaari, Finland. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Vesitekniikka, julkaisuja 19. ISBN 951-720-883-9, ISSN 0357-8860.

REED, S.C. & BROWN, S.B. 1992. *Constructed wetland design - the first generation*. *Water Environment Research* 64:6, s. 776 - 781.

REKOLAINEN, S. & KAUPPI, L. (toim.) 1992. *Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportti*. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallitus. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359. ISSN 0783-3288.

STENSTRÖM, T.A. 1985. *Infiltration i mark. Mikro-organismernas transport och överlevnad*. Solna, Statens naturvårdsverk. 52 s. Naturvårdverket, Rapport, pm 3051. ISBN 91-620-3051-5, ISSN 0282-7298.

TANSKANEN, J - H. 1993. Juurakkopuhdistamon toimintaperiaatteet ja käyttö kaatopaikkojen suotovesien sekä asumisjätevesien käsittelyssä. Vesi- ja ympäristöhallitus. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 511. ISSN 0783-3288.

TUUSA, J. 1994. Pelto-oja uomien sortumisen estäminen. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Vesi- ja ympäristötekniikan laitos. Erikoistyö.

WECKSELL, R. 1991. Juurakkopuhdistamo - ratkaisu haja-asutusalueiden jätevesiongelmien ja kaatopaikan suotovesille. Vesitalous 32:3, s. 23 - 25.

WILE, I., MILLER, G. & BLACK, S. 1985. Design and Use of Artificial Wetlands. In Ecological Considerations in Wetland Treatment of Municipal Wastewaters, eds. Godfrey, P.J., Kaynor, E.R., Pelczarski, S. and Benfodaro, J. New York: Van Nostrand Reinhold Company. pp. 26-37.

Avloppsvatteninfiltration - Förutsetningar, funktion, miljökonsekvenser, 1985. Stockholm. 146 s. Nordisk Samproduktion, Naturvårdsverket - Nordiska ministerrådet. Naturvårdsverket informerar. ISBN 91-7590-221-4.

En rikare å - ett rikare landskap, 1994. Information om Höje å projektet. Projektkatalog 1991 -1993. Ekologgruppen på uppdrag av Höje å Vattendragsförbund.

EWPCA 1990. European design and operations guidelines for reed bed treatment systems. Report prepared by the EC/EWPCA Emergent Hydrophyte Treatment Systems Expert Contact Group (ed. Cooper, P.F.), August 1990, ix + 25 s.

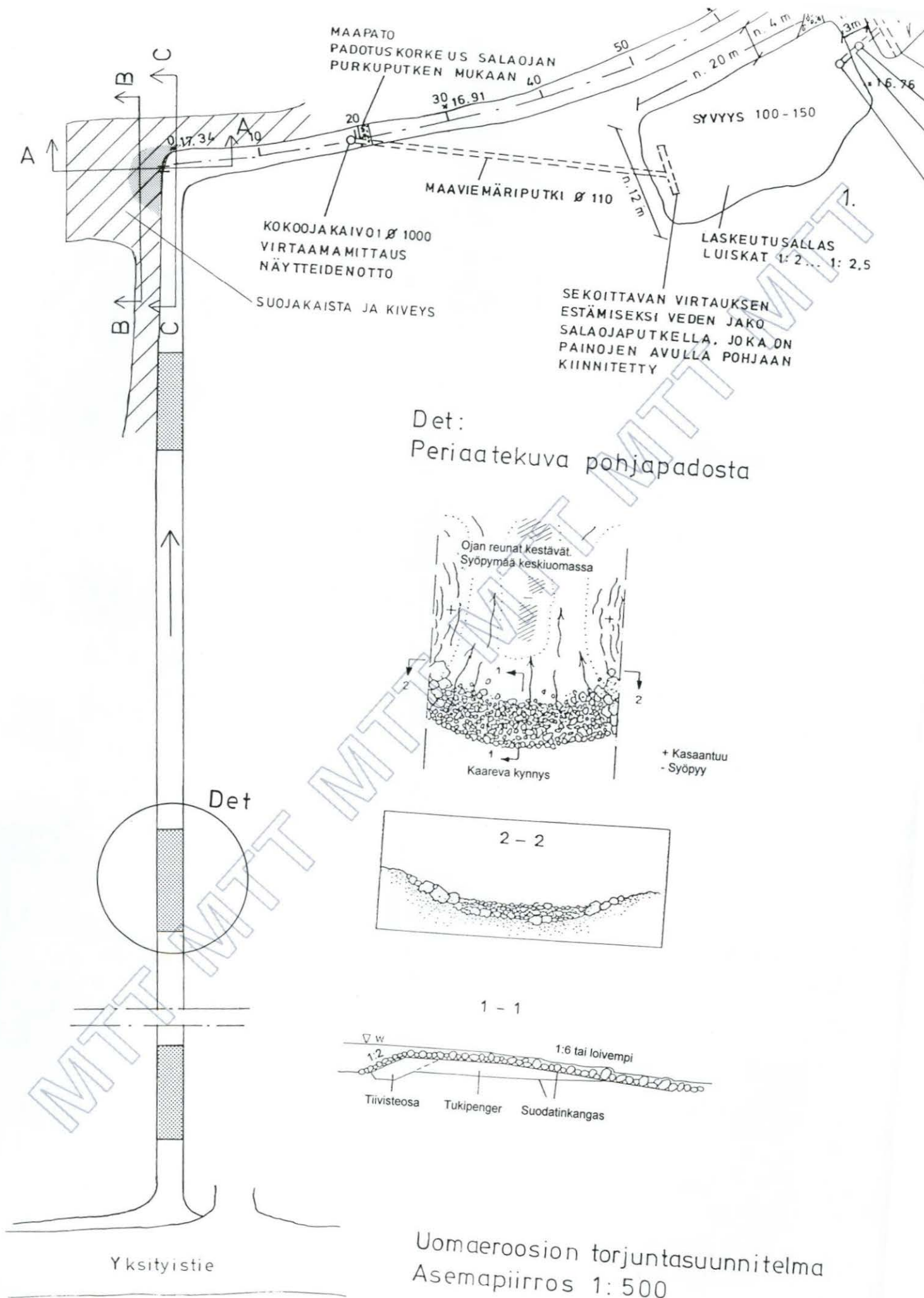
Kleinkläranlagen zur Behandlung häuslicher Abwässer, 1993. Bauwesen und Tierhaltung. Bauen in ländlichen Raum. Sonstige bauliche und technische Anlagen. KTBL-Arbeitsblatt nr 1092.

Små avloppsanläggningar - Hushållsspillvatten från högst 5 hushåll, 1987. Solna. Naturvårdsverket. Almänna råd 87:6. 83 s. ISBN 91-620-0022-5, ISSN 0282-7271.

Småvatten och våtmarker i Svedala kommun, 1993. Sammanställning och fältinventering. Ekologgruppen i Landskrona Ab.

Statens forurensningstilsyn. 1986. Veiledning ved bygging of drift av større jordrenseanlegg. Oslo, Statens forurensningstilsyn. 75 s. TA 611. (Lisäpääntos: Nordisk Ministerråd, VA-rapport 1988:1. København. ISBN 91-7996-056-1.)

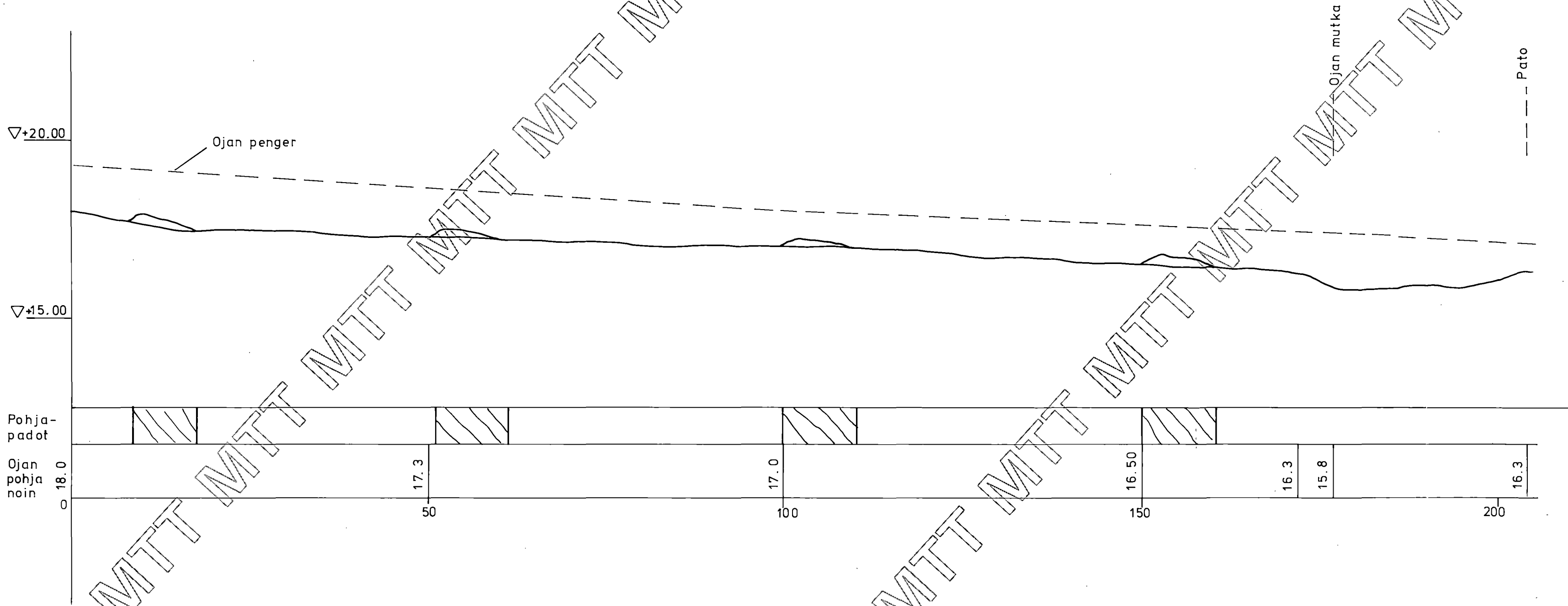
Vattendrag i Malmöhus län. Koncentration och transport av fosfor och kväve. Länsstyrelsen i Malmöhus län. Miljövårdsenheten. Meddelande nr 1992:4. ISSN 1101-1076.



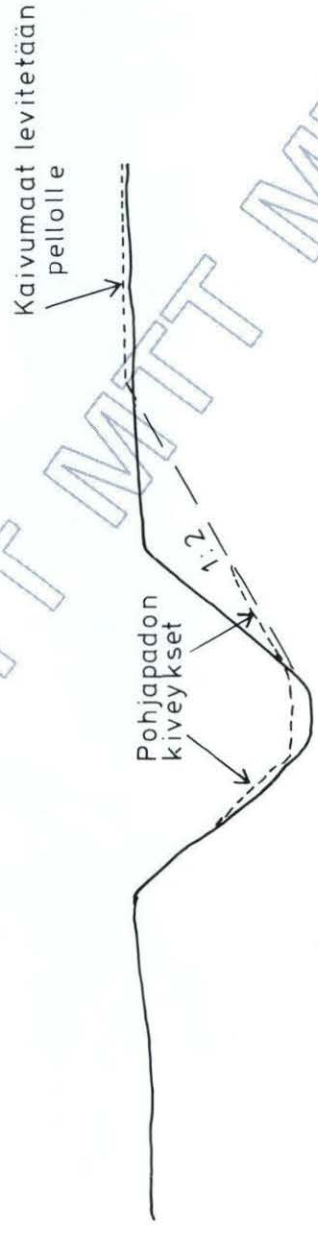
Uomaerosion torjuntasuunnitelma
 Asemapiirros 1:500

Uomaerosion torjuntasuunnitelma

Ojan pituusleikkaus 1:500 / 1:100

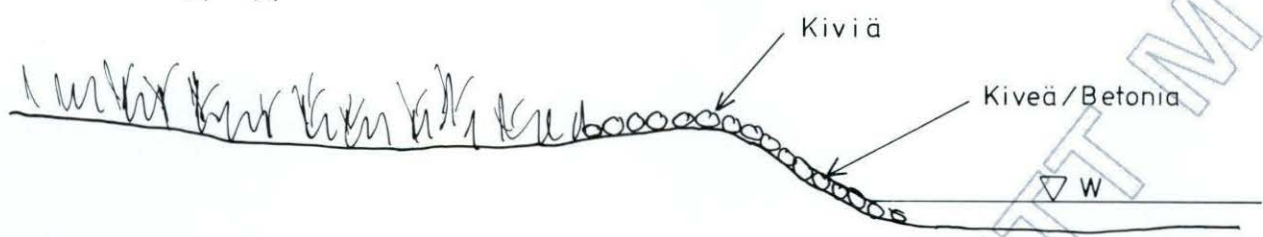


Uomaerosion torjuntasuunnitelma
Ojan poikkileikkaus 1:50

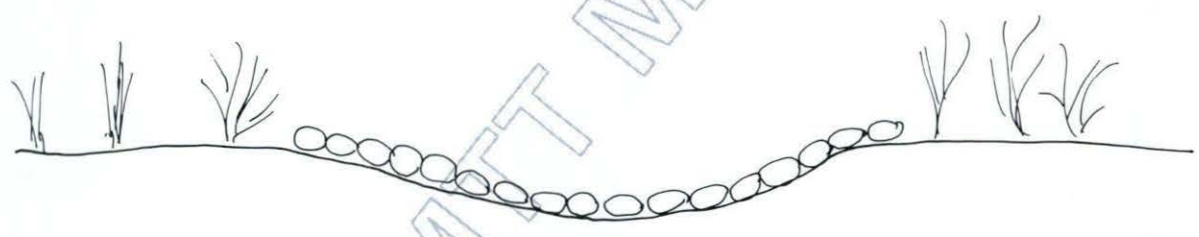


Ojamutkan luiskavahvistukset Periaatepiirros

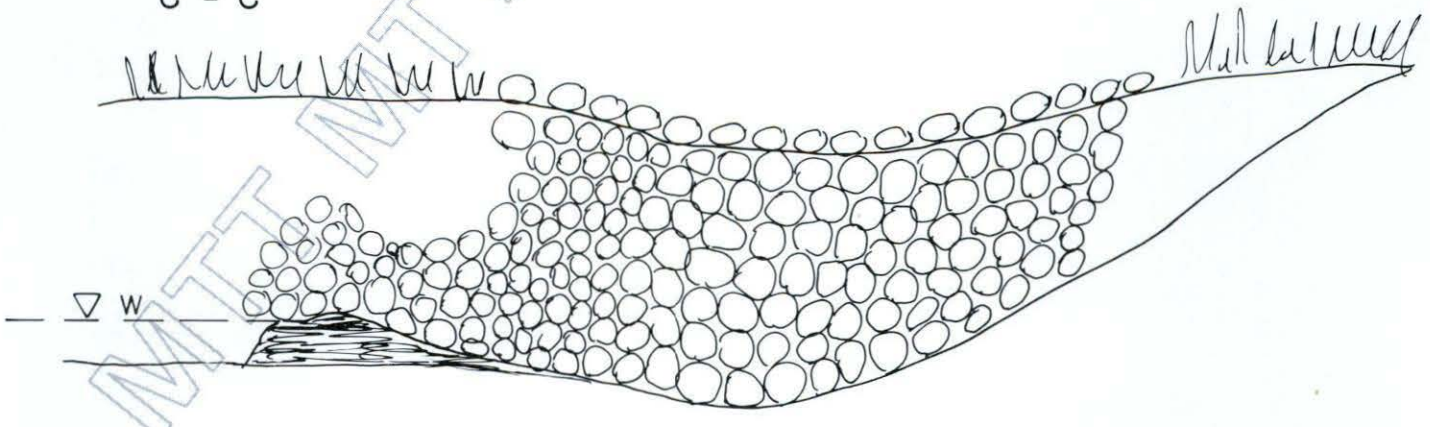
A - A

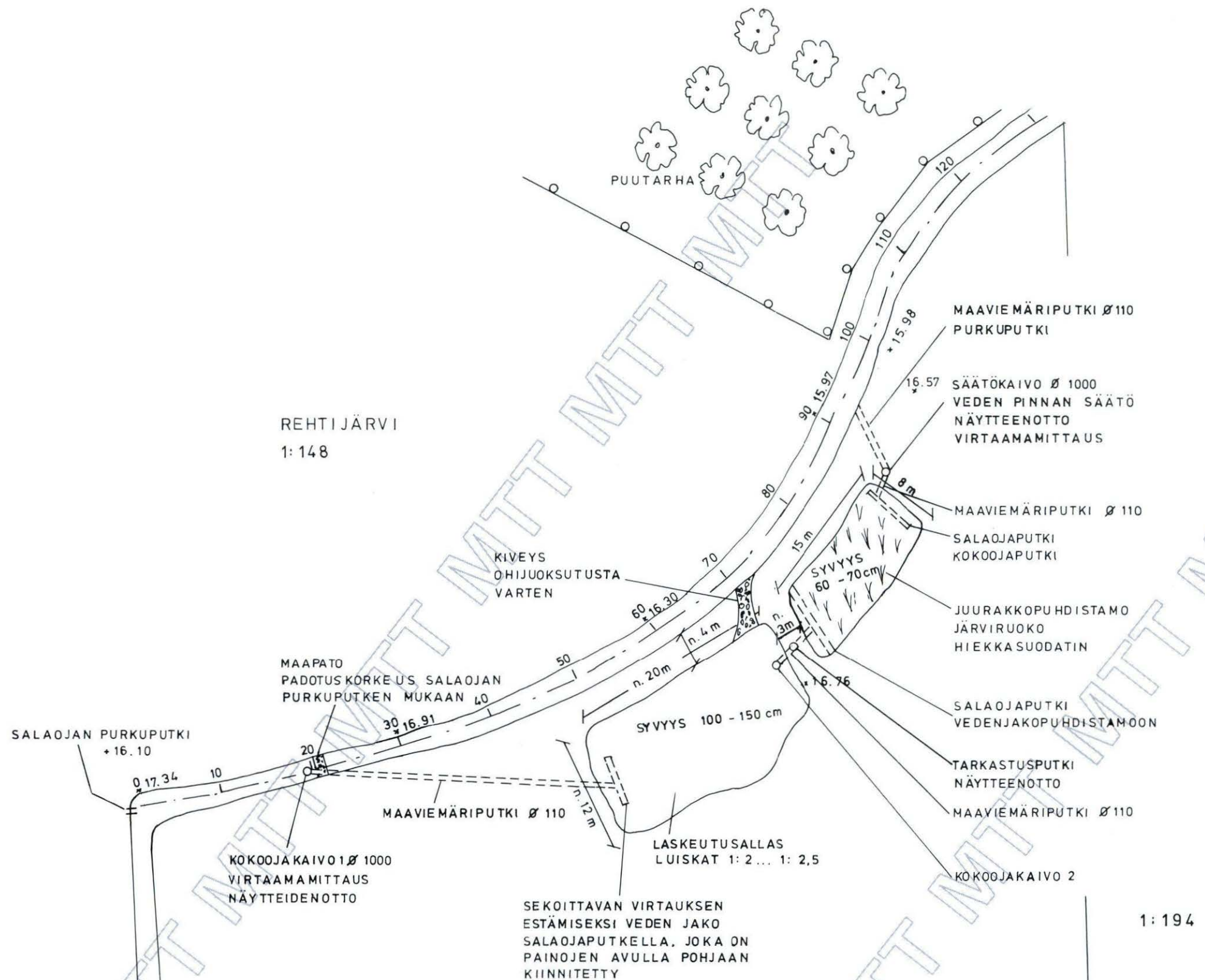


B - B



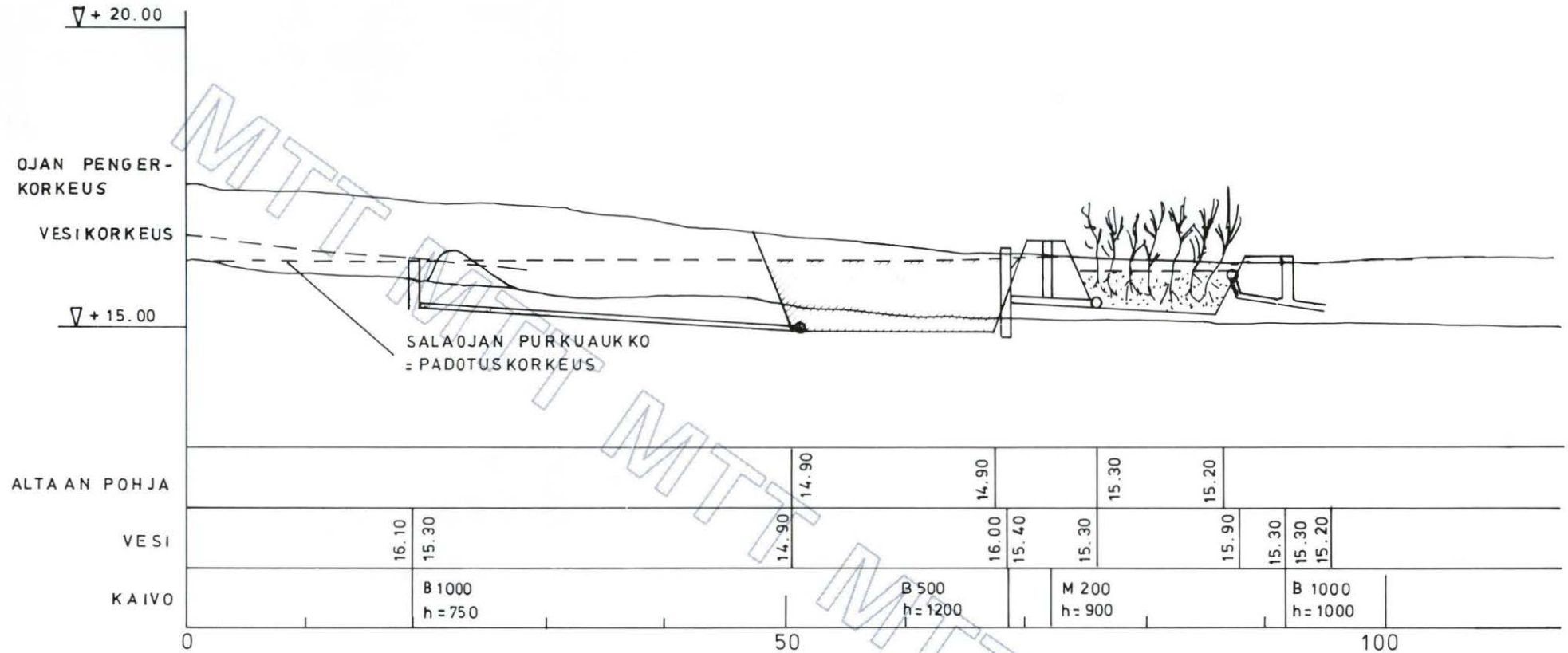
C - C






- VAAITUS SIDOTTU RAJAPYYKKIIN NO 44 OJALANTIEN VASTAKKAISELLA PUOLELLA KORKEUDEKSI ANNETTU +20.00, EI SIDOTTU N₆₀-JÄRJESTELMÄÄN
- YLIJÄÄMÄ KAIVUMASSAT AJETAAN N. 300 M ETÄISYYDELLÄ OLEVALLE MAANKAATOPAIKALLE

Kylä Rehtijärvi	Tila Rehtijärvi	Rn:o 1:148	
Rakennuskohteen nimi ja osoite Rehtijärvi- Valumavesien puhdistus			Piirustuslaji Pääpiirustus 1(2)
			Piirustuksen sisältö Asemapiirros
			Mittakaavat 1:500
Suunnittelijan nimi, päiväys ja allekirjoitus Vihri 10.5.1994 DI Maarit Puumala			

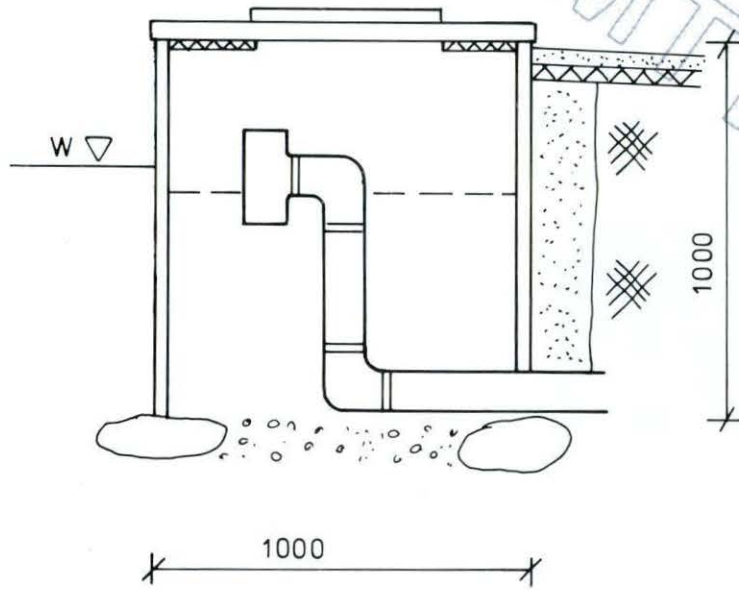


Kylä Rehtijärvi	Tila Rehtijärvi	Rn:o 1:148	
Rakennuskohteen nimi ja osoite Rehtijärvi projekti Valumavesien puhdistus		Piirustuslaji Pääpiirustus 2 (2)	Mittakaavat 1:500/ 1:100
Suunnittelijan nimi, päiväys ja allekirjoitus Vihti 10.5.1994  DI Maarit Puumala			9

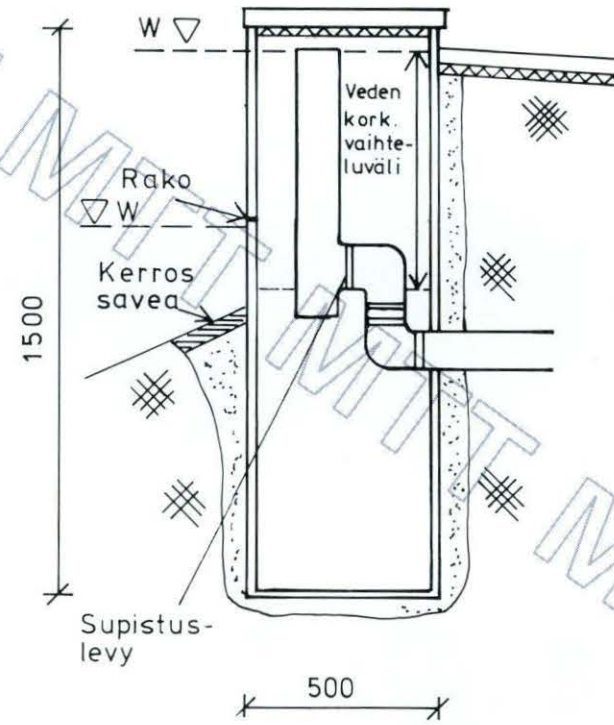
Rehtijärven kaivot

1:20

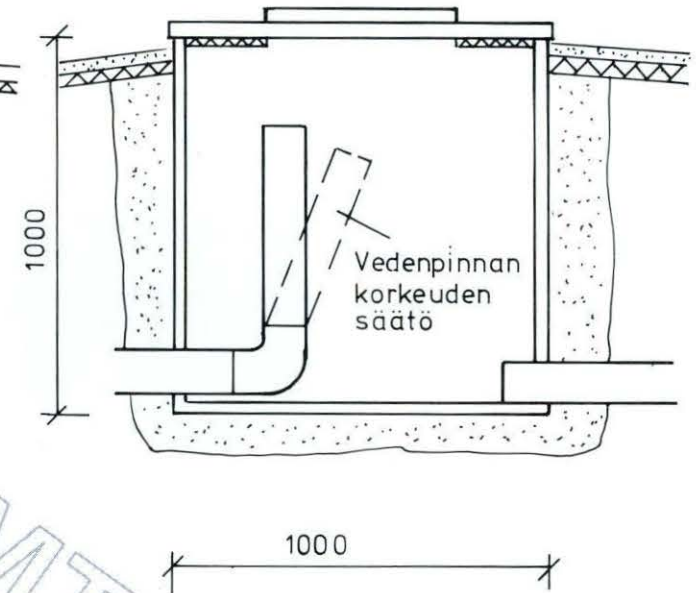
Kokoojakaivo 1



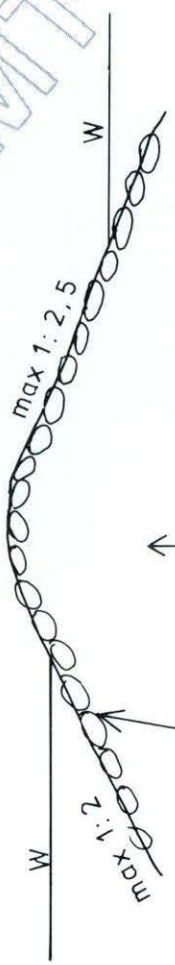
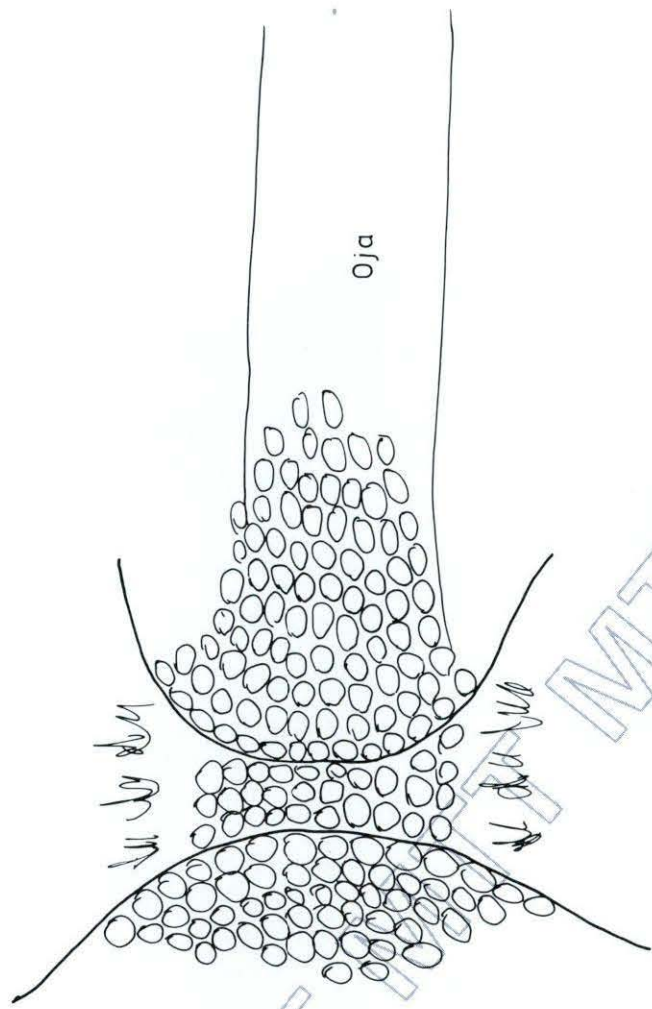
Kokoojakaivo 2



Säätökaivo



Homogeeninen maapato
Ylivirtauspato, periaatepiirros



Kiviheitoke
Savea, silttiä, hiekkaa, moreenia
Veden läpäisevyys alle 10^{-4} cm/s



VAKOLAn tutkimuseloituksia

41. Lietelannan kompostointilämmön talteenotto. 1986.
42. Kasviöljyt dieselmoottorin polttoaineena. 1986.
43. Traktorin polttoaineenkulutukseen vaikuttavia seikkoja. 1986.
44. Alipaineilmanvaihto kotieläinsuojissa. 1986.
45. Kompostoinnin vaikutus lietelannan laatuun ja käsittelyyn. 1986.
46. Käyttökokemuksia 80-luvulla rakennetuista kalustovajoista, varastokuivureista ja pihatoista. 1987.
47. Lannoitteenlevityksen tasaisuus. 1987.
48. Jauhatuksen tilantarve ja pölyhaittojen vähentäminen. 1987.
49. Maatalouskoneiden tietokanta. 1988.
50. Lannanpoistolaitteiden toiminta ja kestävyys. 1988.
51. Pienten pihatoiden ilmanvaihdon erityisvaatimukset. 1988.
52. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. 1988.
53. Hellävarainen perunankorjuu. 1989.
54. Syyskyntöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätvehnän satoon 1975-1988. Pitkäaikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hiepusaven rakenteeseen ja viljavuuteen. 1989.
55. Ei julkaisua
56. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989.
57. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990.
58. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990.
59. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990.
60. Heinän varastokuivaus. 1991.
61. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992.
62. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991.
63. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset. 1992.
64. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.
65. Hellävarainen perunan kauppakunnostus. 1993.
66. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993.
67. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1993.
68. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. 1994.
69. The effect of ground profile and plough gauge wheel on ploughing work with a mounted plough. 1994.
70. Järeän sahatavaran mekaaniset ominaisuudet. 1995.

VAKOLAn rakennusratkaisuja

- 1/1994 Kylmä osakuivikepohjainen emolehmäkasvattamo.
2/1995 Rehtijärven keinokosteikko

VAKOLAn tiedotteita

- 42/88 Lannanpoistolaitteiden toimivuus ja kestävyys.
43/88 Käytännön ohjeita konevaraston hankintaa suunnittelevalle.
44/89 Pohjoismaiset lypsykone- ja laiteohjeet
45/89 Säilörehun korjuu pyöröpaalaimella
45 S/89 Rundbalsensilering
46/90 Kevytsora lietesäiliön katteena
47/90 Lietelannan kompostointi
48/90 Turvallinen ja nopea työkonoiden kytkentä
49/91 Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina
50/91 Pölyn ja roskien talteenotto lämminilmakuivamossa
51/92 Viherkesannon perustaminen ja hoito
52/92 Kaasut ja pöly eläinsuojien ilmanvaihdossa
53/93 Lannoitteenlevittimien levitystasaisuus
54/93 Maaseudun koerakentamisen ohjelmointi
55/93 Pyöröpaalisäilörehun korjuu, varastointi ja laatu
56/93 Maaseuturakentamisen ideakilpailu
57/93 Syyskylvöjen varmentaminen
58/93 Maatilan ja maatilamatkailun jätehuolto
59/93 Maatilamyymälätoiminta vanhassa maatilan asuinrakennuksessa
60/93 Tyhjien maatilarakennusten uusi käyttö
61/94 Lietelannan varastointi ja levitys
62/94 Tuotantorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita
63/94 Turvallinen puunpilkonta
64/94 Itkupinta-tuloilmalaitteen vaikutus eläinsuojassa
65/94 Oksainen hake pienpolttimissa
66/94 Pako- ja savukaasujen analysointi
67/94 Käyttökokemuksia jyräkylvölannoittimista
67S/94 Bruksfarenheter av vältkombisåmaskiner
68/94 Käsikäyttöisten liekittimien käyttöominaisuuksia
69/95 Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen
70/95 Hakkeen kuivaus imuilmalla
71/95 Klapikattiloiden käyttöominaisuudet

