

Peruskuivatuksen suunnittelu



Peruskuivatus

- Peruskuivatuksella tarkoitetaan maan kuivattamiseksi suoritettavaa valtaojan perkausta ja puron virtausolosuhteiden parantamista sekä kuivatettavan alueen pengerrystä.
- Peruskuivatuksella mahdollistetaan tarvittava paikallisojitus, ja siihen voi kuulua myös tulvan alentaminen tai poistaminen.

Maankuivatusta koskeva lainsäädäntö (1/2)

- Uusi vesilaki voimaan 1.1.2012
- Ojituksesta ja ojitustoimituksesta säädetty vesilain 5 luvussa
- Ojitus on toteutettava ja kunnossapidettävä siten, ettei toiselle kuuluvalla alueella aiheudu vahingollista vettymistä tai muuta vahinkoa
- Toisen maalle tehtävä oja on sijoitettava niin, että siitä on maanomistajalle mahdollisimman vähän haittaa
- Kaikki ojituksesta johtuvat vahingot on korvattava
- Ojan kunnossapitoa tarkastellaan uuden ojan tekemisenä, jos ojan kokonaisuutena tarkasteltuna voidaan katsoa muuttuneen luonnontilaiseksi uomaksi

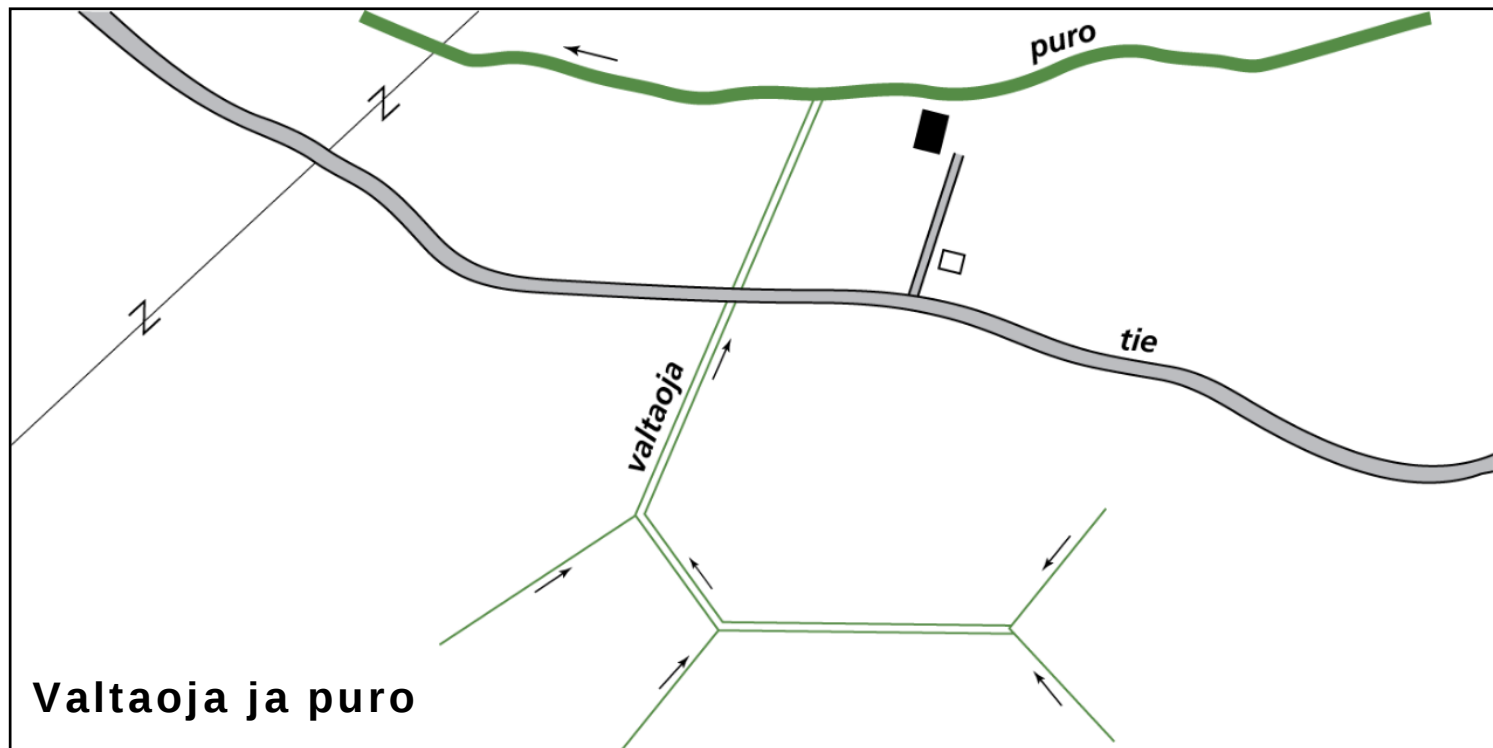
Maankuivatusta koskeva lainsäädäntö (2/2)

Ympäristölupaviraston lupa tarvitaan, jos ojitus

- muuttaa vesistön asemaa, syvyyttä, vedenkorkeutta, vedenjuoksua tai muuttaa vesiympäristöä siten, että siitä aiheutuu vahinkoa tai haittaa yleiselle tai yksityiselle edulle
- haittaa toisen pohjaveden hankintaa
- voi aiheuttaa ympäristönsuojelulain 3 §:n 1 momentin 1 kohdassa tarkoitetun pilaantumisen vesialueella

Valtaoja ja puro

Valtaoja on kaivamalla tehty uoma, jolla vedet kuivatettavalta alueelta johdetaan edelleen. Puro voi olla luontainen tai perattu uoma, joka on jokea vähäisempi virtaavan veden vesistö. Valtaoja on pääosan vuotta kuiva, kun taas purossa on suurimman osan vuotta tai aina virtausta.



Virtausyhtälöt

Uoman vedenjohtokyky riippuu uoman poikkileikkauksesta ja pituuskaltevuudesta sekä uoman virtausominaisuuksiin vaikuttavasta pohjan ja luiskien karkeudesta.

Valtaojan mitoitukseen käytetään yleisesti **Manningin tasaisen virtauksen kaavaa**

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

joka perustuu **Chezyn tasaisen virtauksen kaavaan**

$$v = C \cdot R^{1/2} \cdot I^{1/2}$$

Chezyn kerrointa C vastaa Manningin kaavassa $R^{1/6}n^{-1}$. Vastuskertoimella n, jonka sijasta on yleisesti käytössä myös $M = 1/n$, on siis määräävä vaikutus virtausnopeuteen. Tämä käy erityisesti ilmi matkalla L syntyvän **putoushäviön** kaavasta (jatkuu)

Valtaojan mitoitus

$$h_f = \frac{n^2 \cdot v^2 \cdot L}{R^{4/3}} = \frac{n^2 \cdot Q^2 \cdot L}{A^2 \cdot R^{4/3}}$$

v = veden nopeus (m s^{-1})

R = hydraulinen säde (m) = A/p

p = märkäpiiri (m)

h_f = putoushäviö (m)

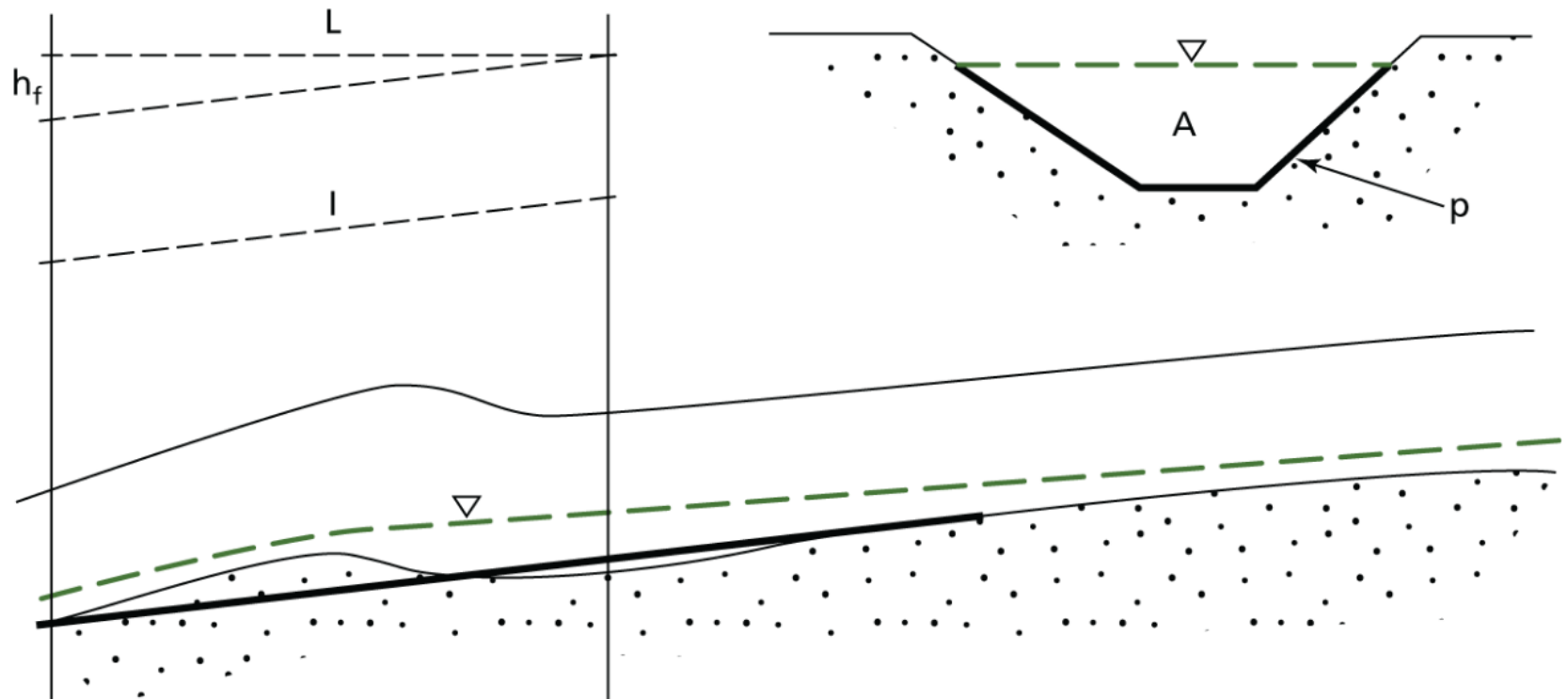
L = matka (m)

n = uoman vastuskerroin

A = vesipoikkipinta-ala (m^2)

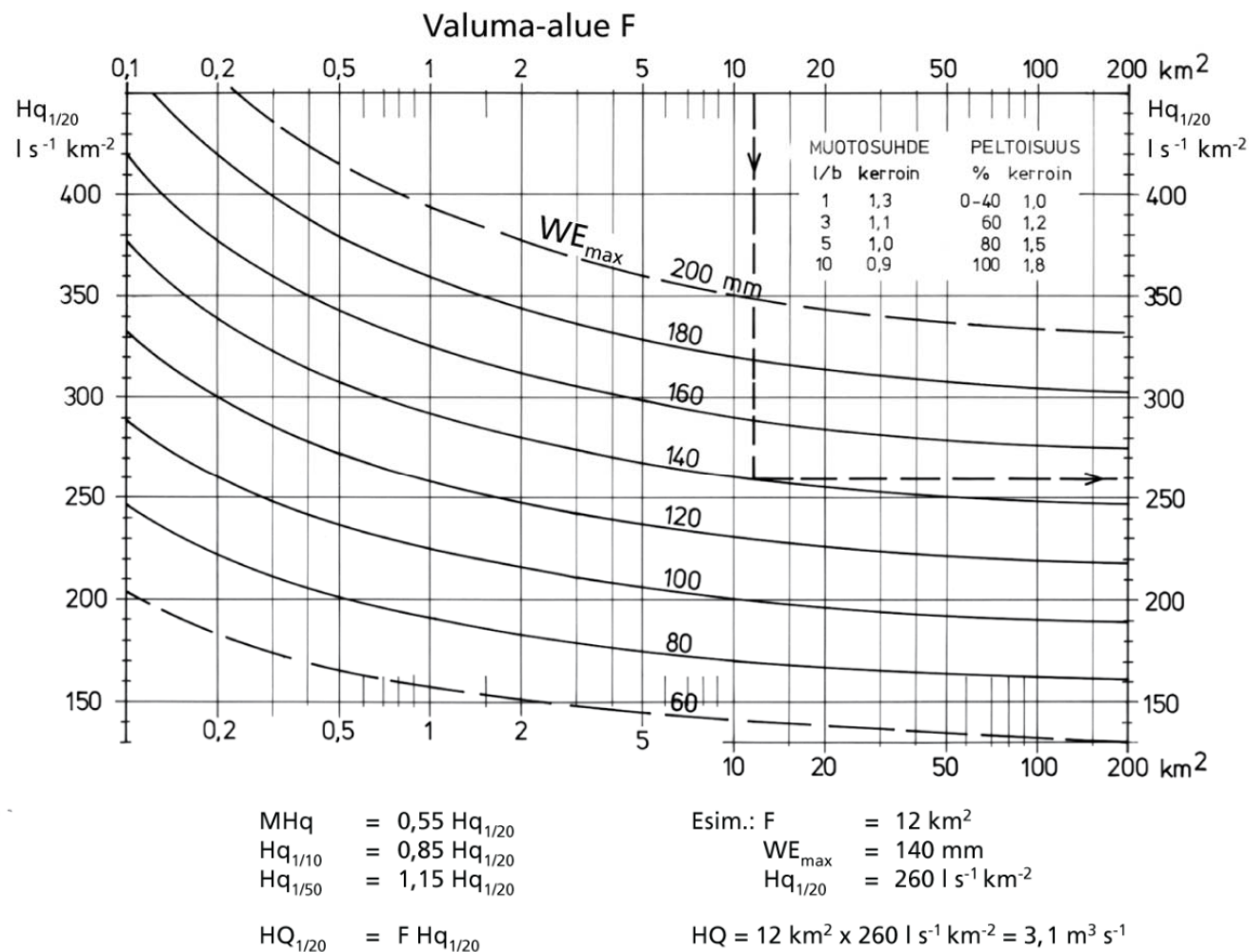
I = uoman pituuskaltevuus

Q = virtaama ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)



Uoman pituus- ja poikkileikkaus

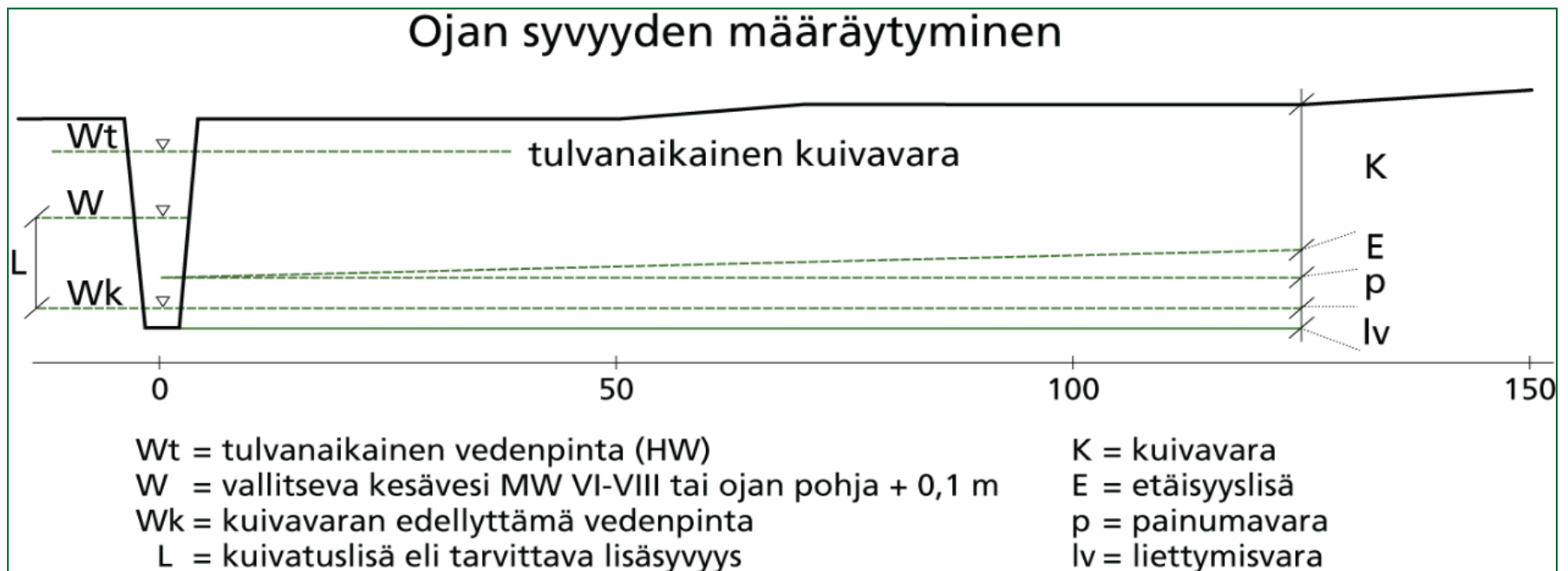
Mitoitusvirtaama



Järvettömän valuma-alueen ylivaluman $Hq_{1/20}$ nomogrammi (Nissinen).
 WE_{max} on lumen maksimivesiarvo

Ojan syvyys ja kaltevuus

- Ojan syvyyden tulee olla sellainen, että tarvittava kuivatus toteutuu sekä peruskuivatuksen että tulvien kannalta
- Valtaojan syvyys määräytyy kuivavarasta sekä etäisyys-, painumis- ja liettymisvaran tarpeesta

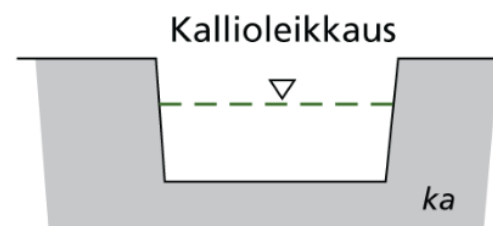
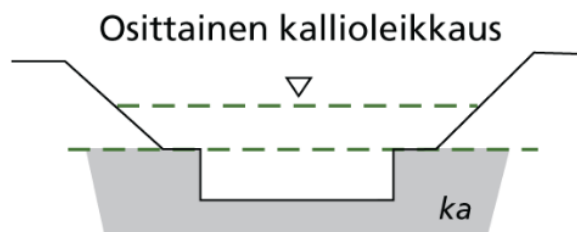
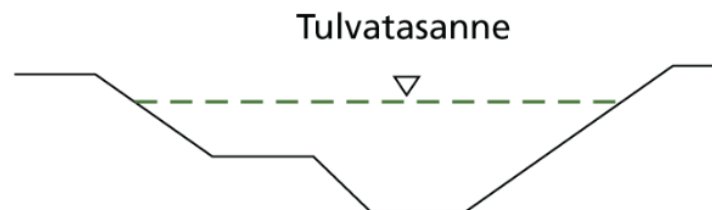
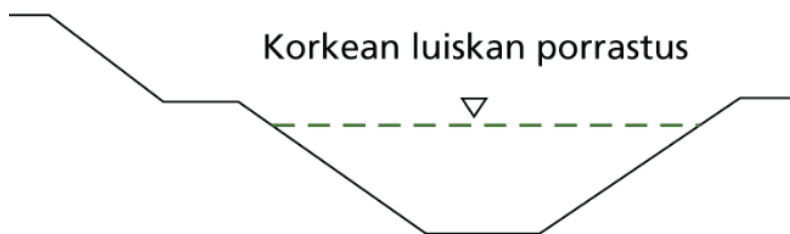
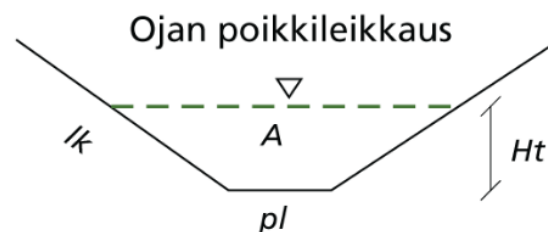


Ojan poikkileikkaus

Kun ylivirtaama määrää ojan mitoituksen, poikkileikkaukseen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- mitoitusvirtaama..... $HQ_{1/20}$
- tasausviivan kaltevuus..... l
- vesisyvyys H_t
- pohjan leveys..... pl
- vesipoikkileikkauksen ala A
- luiskankaltevuus lk

Mitoitus pituuskaltevuuden mukaan



Ojan poikkileikkaus

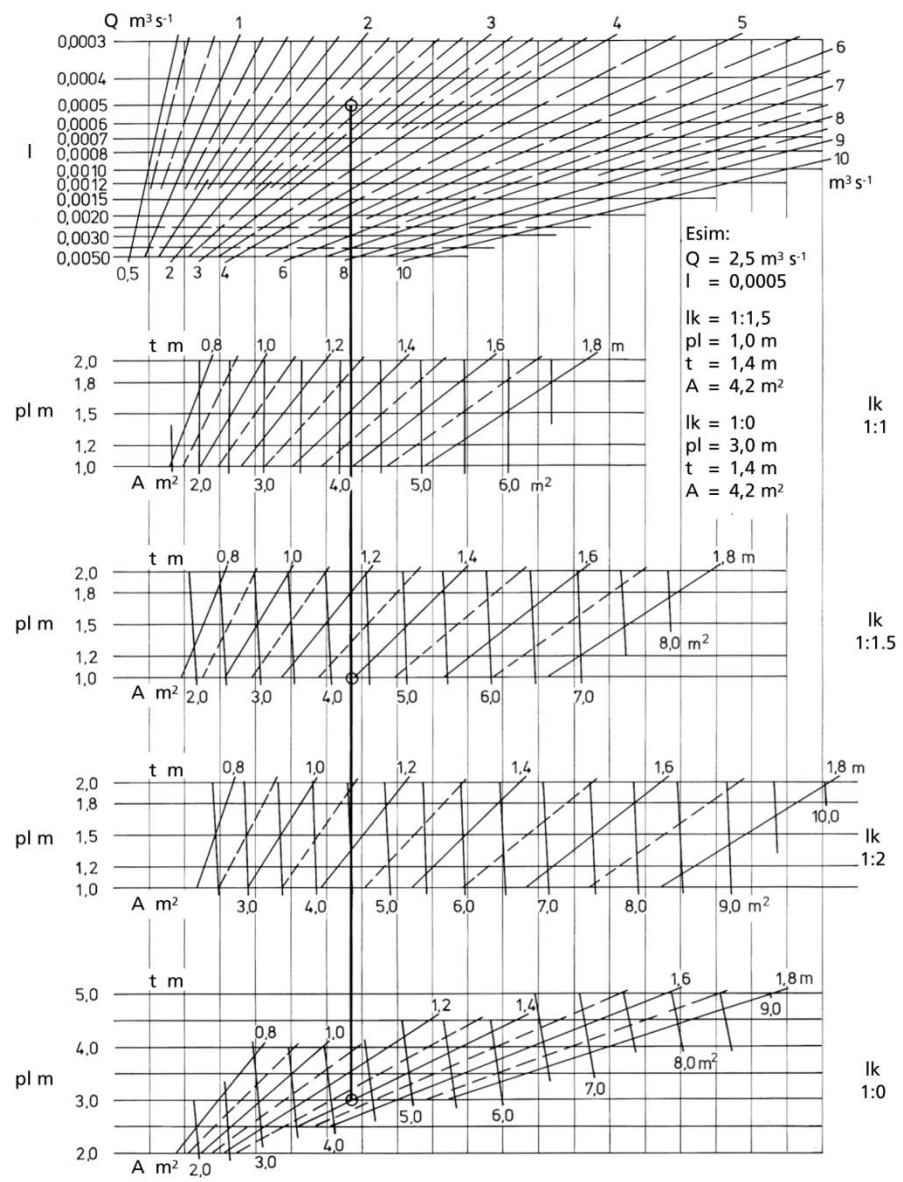
Valtaojan luiskan kaltevuus

Maalaji	Luiskan kaltevuus kaivussyvyyden ollessa			
	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m
Maatumaton turve	1:0,75	1:1,00	1:1,50	1:1,50
Maatunut turve	1:1,00	1:1,50	1:2,00	1:2,00
Savi	1:1,50	1:1,75	1:2,00	1:2,00
Siltti ja hiekka	1:1,75	1:2,00	1:2,25	1:2,25

Erilaatuisten uomien suurimmat sallitut keskimääräiset virtausnopeudet

Maalaji tai verhoustapa	$v_{\max}$
Siltti, liejusavi	0,30
Hieno hiekkamaa	0,35
Konsolidoitumaton savimaa, maatunut turve	0,40
Karkea hiekkamaa	0,45
Hieno soramaa	0,60
Raaka turvema	0,70
Karkea soramaa	0,80
Konsolidoitunut lihava savimaa	1,15
Tiivis moreenimaa	1,20
Kivikko	1,50
Hyvin juurtunut nurmi	1,80
Betoniverhous	4,00

Valtaojan mitoitus / nomogrammit



Perkausmitoitus Nissisen nomogrammilla. Uoman pohjanleveys (pl) 1,0 -2,0 m.

Rummut, sillat, putkiojat ja pohjakynnykset

- Ojitushankkeessa rummut ja sillat on tarpeen mukaan muutettava tai uudestaan rakennettava siten, että suunniteltu kuivatus voidaan saavuttaa.
- Yleensä valtaojissa riittää rumpu tai kaksoisrumpu.
- Ojitushankkeessa putkiojan tekeminen voi tulla kysymykseen. Jos joudutaan johtamaan kuivatusvesiä toisen maa-alueen läpi, niin putkiojasta on vähemmän haittaa kuin avo-ojasta.
- Ojituksen yhteydessä voi olla tarpeen rakentaa pohjakynnys matalaksi padoksi. Pohjakynnyksellä turvataan riittävä alivesi, mikä voi estää luiskan sortumia tai vähentää kiinto-aineksen kulkeutumista tai olla tarpeen maisemallisista syistä. Pohjakynnyksiä voidaan käyttää myös tulvavesien viivyttämiseen ja kasteluveden varastointiin sekä happamuuden torjuntaan sulfaattipitoisilla mailla. Koskimaisella pohjakynnyksellä voidaan myös mahdollistaa kalan nousu puroissa.

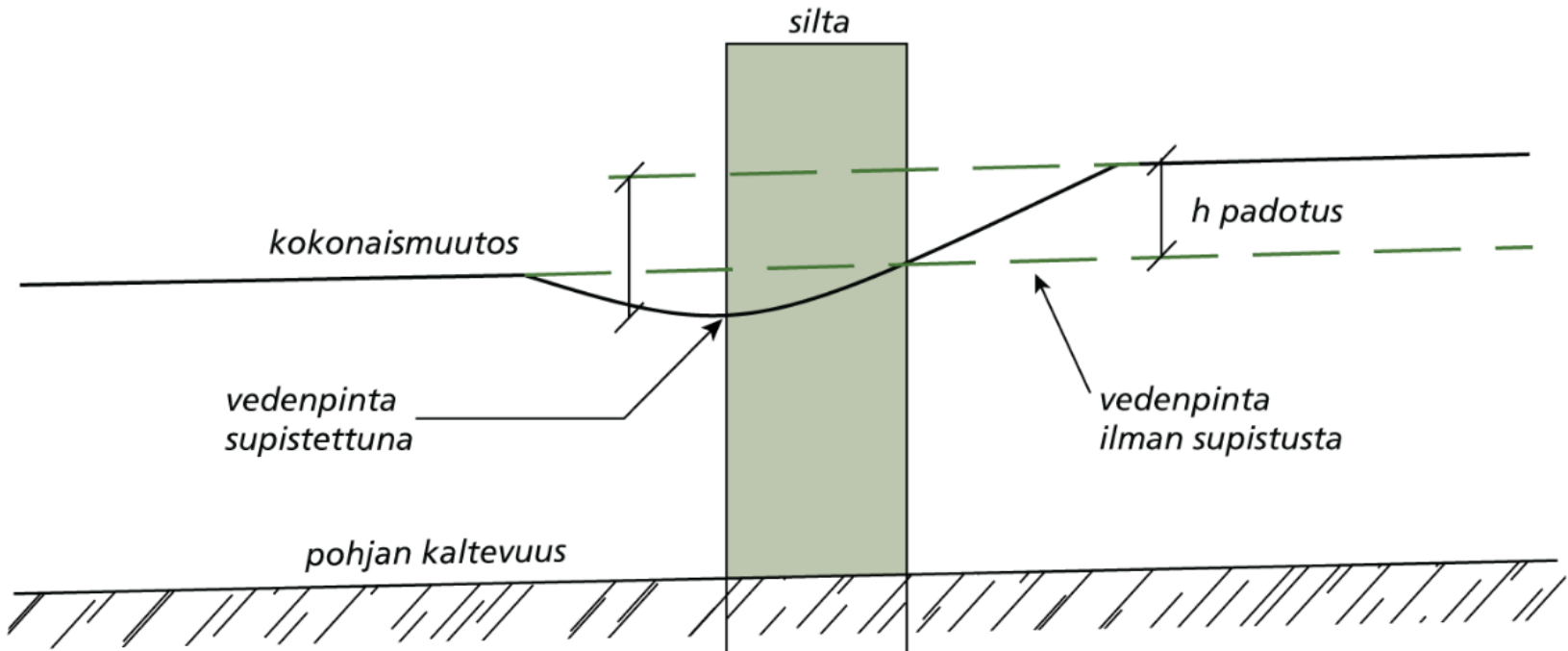
Pumppaamot ja penkereet

- Ojitushankkeessa on tarpeen rakentaa pumppaamo penkereineen silloin, kun alue sijaitsee vesistön rannalla eikä sen vedenkorkeuksia voida riittävän kuivatuksen saamiseksi alentaa.
- Pumppaamo saattaa olla käyttökelpoisin ratkaisu myös silloin, jos alapuolisen uoman perkaus täyteen syvyyteen on vaikeaa tai muutoin kallista.
- Pumppaamot ja penkereet ovat tarpeen kuivatuksen järjestämiseksi myös hankkeissa, joissa vedenpintaa nostetaan vesistön kunnostamiseen tai kosteikon tekemiseen liittyen.
- Pengerryskuivatus on usein käyttökelpoinen ja joskus ainoa mahdollisuus alavien maiden kuivatuksen turvaamiseksi.

Uoman vahvistukset

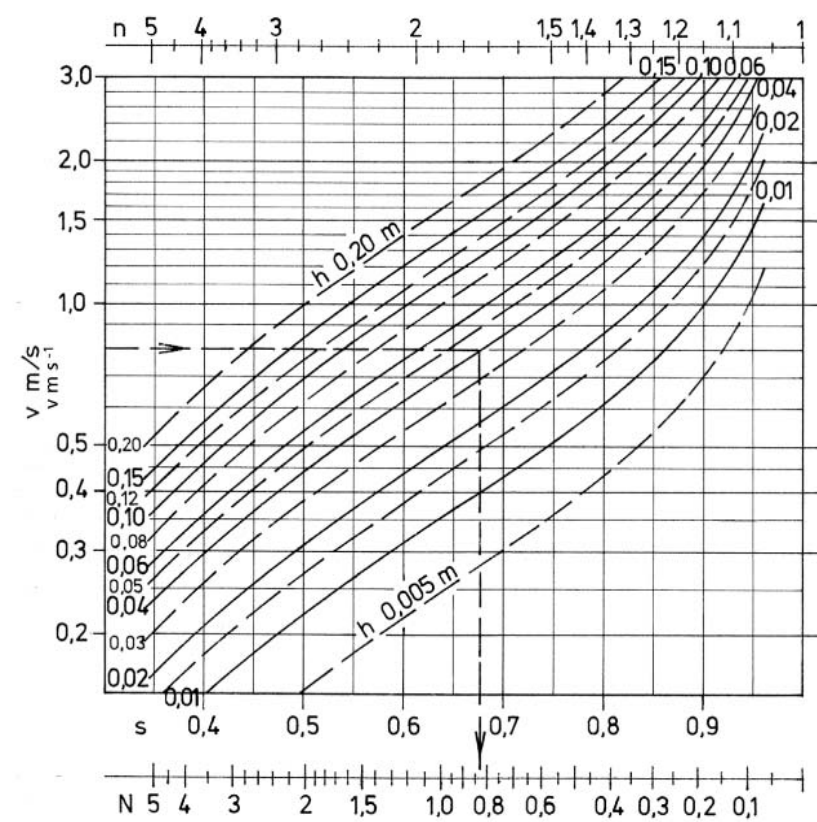
- Uoman vahvistamistarpeet riippuvat lähinnä maan geoteknisistä olosuhteista, mutta myös uoman hydrauliset olosuhteet saattavat edellyttää vahvistamista.
- Maastotutkimuksilla ja hyvällä suunnittelulla voidaan vähentää avo-ojan vahvistamistarpeita oleellisesti.
- Silloin kun vahvistamistoimenpiteisiin on tarpeen ryhtyä, ne on syytä harkita huolella. Samalla voidaan ottaa huomioon valtaojan mitoituksen ja ympäristöön sopivan ratkaisun ohella rakenteen luonnonmukaisuus.

Rummut ja sillat



Silta-aukon aiheuttama vedenpinnan muutos

Rummut ja sillat



Esim.: $v = 0,80 \text{ m s}^{-1}$ $v = 0,80 \text{ m s}^{-1}$
 $h = 0,04 \text{ m}$ $s = 0,68$ ($v_a = 1,18 \text{ m s}^{-1}$)
 $s = 0,68$ $h = 0,04 \text{ m}$ ($N = 0,83$)

Huom! 2-rumpu $s_2 = 1,10 \times 0,68 = 0,75$
tai muuten $h = 0,06 \text{ m}$ ($s = 0,62$)

Ylivirtaama HQ, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	Rumpukoko d (m), kun ojanpohjan kaltevuus l on				
	0,0005	0,0010	0,0020	0,0050	0,0100
0,1	0,6	(0,5)	(0,5)	(0,5)	(0,5)
0,2	0,8	0,6	0,6	0,6	(0,5)
0,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
0,4	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
0,5	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
0,6	1,2	1,0	1,0	1,0	0,8
0,8	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
1,0	1,4	1,2	1,2	1,2	1,0
1,2	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2
1,5	1,6	1,6	1,4	1,4	1,2
1,8	1,8	1,8	1,6	1,4	1,4
2,2	2,0	1,8	1,8	1,6	1,6
2,6	(2,2)	2,0	2,0	1,8	1,8
3,0	(2,3)	(2,2)	2,0	1,8	1,8
padotus	2–3 cm	3–4 cm	4–5 cm	6–8 cm	< 10 cm
supistuma	55–35 %	45–25 %	40–20 %	35–15 %	
(d > 0,8 m)					

Ohjeelliset rumpukoot valtaojissa

Putkiojat

Putkiojan vedenjohtokyky riippuu putken halkaisijasta ja sen pinnan karkeudesta sekä putken tai sen päiden vedenpintojen välisestä pituuskaltevuudesta.

Putkiojan mitoitus voi perustua Manningin tasaisen virtauksen kaavoihin. Putken virtaama on

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

Q = virtaama ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

A = vesipoikkipinta-ala (m^2)

p = märkäpiiri (m)

n = putken vastuskerroin

R = hydraulinen säde (m) = A/p

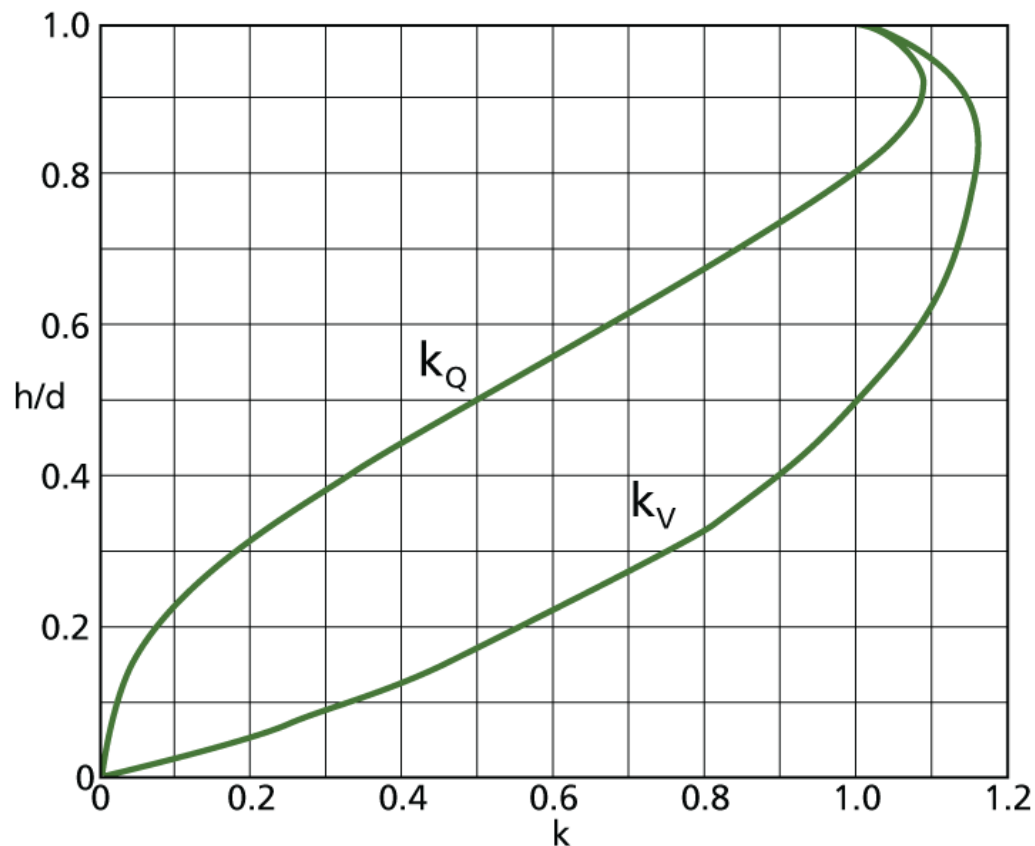
I = putken pituuskaltevuus

Putkiojat, mitoitus

Käytännössä putken mitoitus tapahtuu nomogrammien avulla täyden putken virtaaman mukaan. Tarvittaessa voidaan tarkistaa vajaan putken virtaama, joka määräytyy vapaassa vietossa täyttöasteen mukaan.

h/d	k_Q	k_v
0,85	1,00	1,16
0,70	0,85	1,13
0,60	0,68	1,08
0,50	0,50	1,00
0,40	0,33	0,90
0,30	0,18	0,75
0,15	0,04	0,45

Vajaan putken virtaama (Rinne 1945)



Pyöreän putken täyttökäyrät, k_Q on virtaamakerroin ja k_v virtaamakerroin

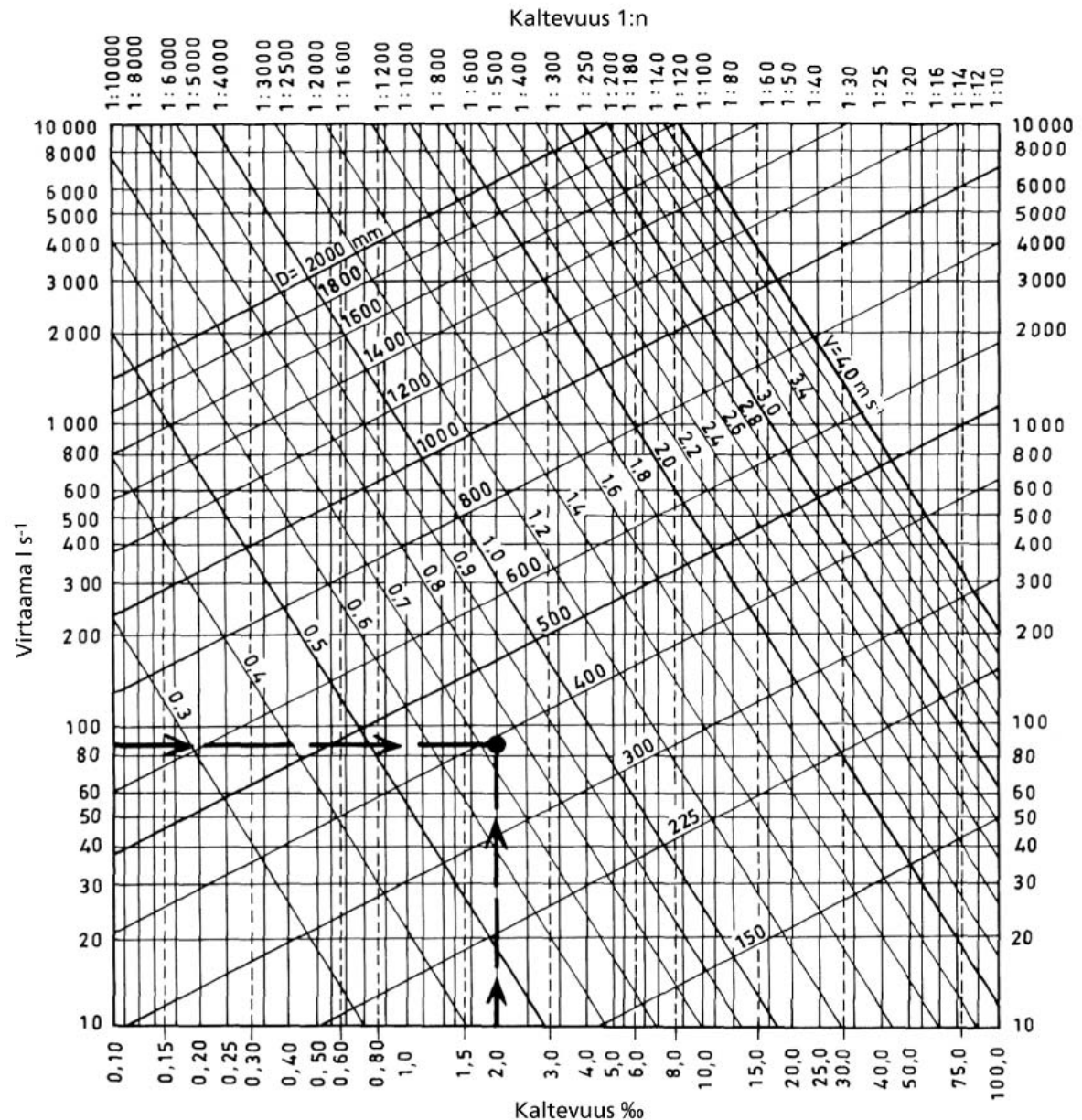
Putkien mitoitus / nomogrammit

Putkien vastuskertoimet

Materiaali	Vastuskerroin
muovi (sisäpinta sileä)	0,009
muovi (sisäpinta korrugoitu)	0,016
teräs (aallotettu)	0,025
teräs (kierresaumattu)	0,020–0,030
betoni	0,015
teräs	0,012

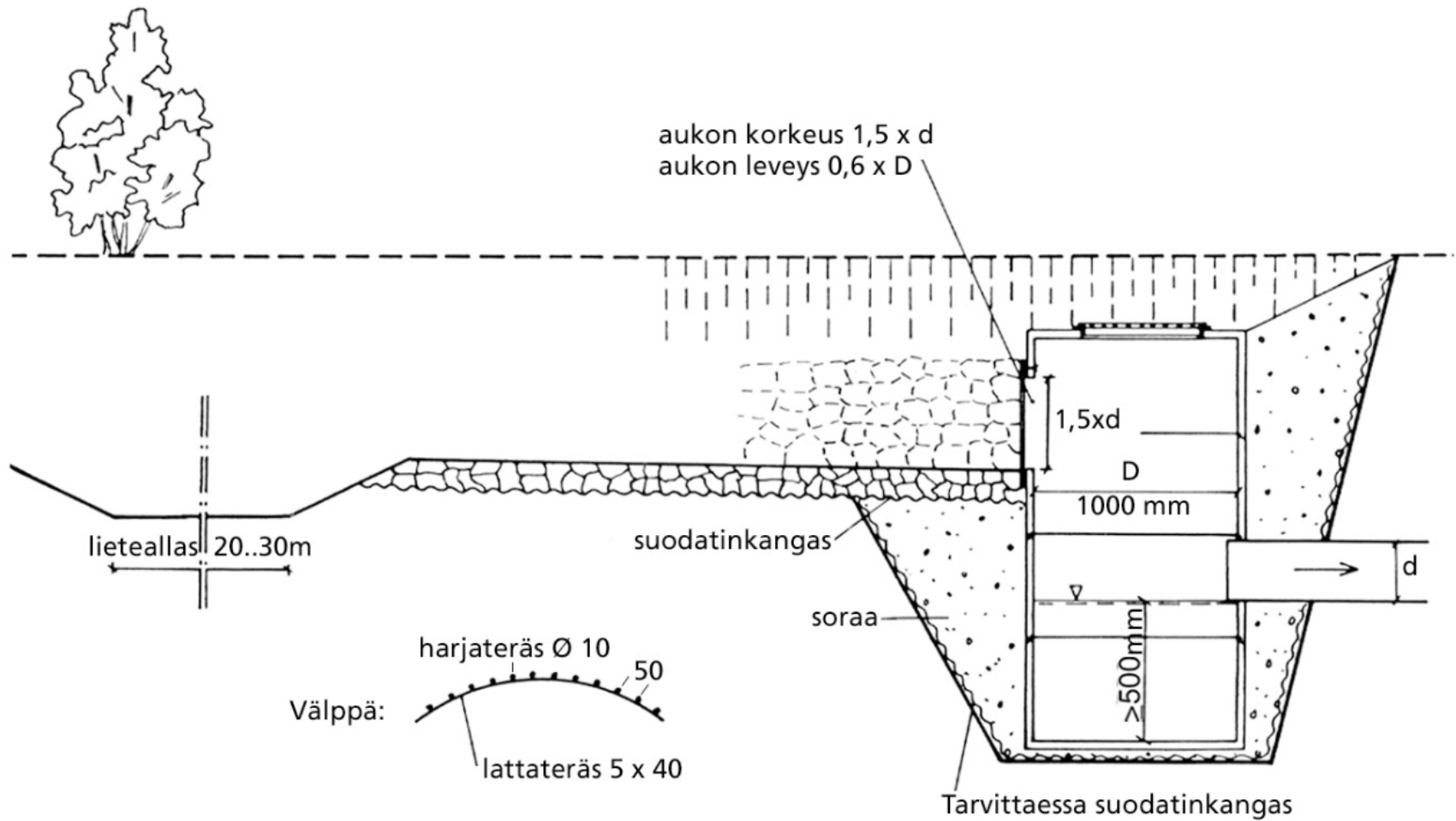
Putkiojan suositeltavat kaltevuudet

Putken nimelliskoko tai sisähalkaisija (mm)	Minimikaltevuus	
	l	% (m/100m)
80	0,0018	0,18
100	0,0015	0,15
130–160	0,0010	0,10
200–250	0,0007	0,07
300–	0,0005	0,05



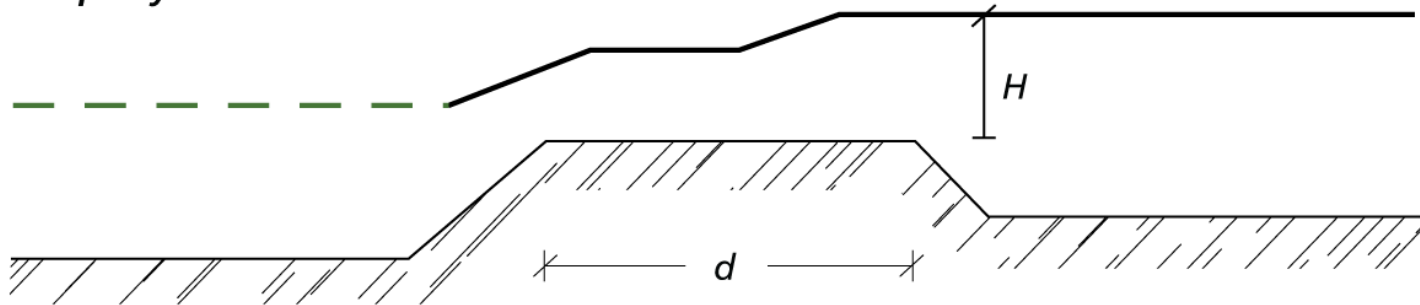
Mitoitusnomogrammi betoniputkelle

Välpällinen niskakaivo

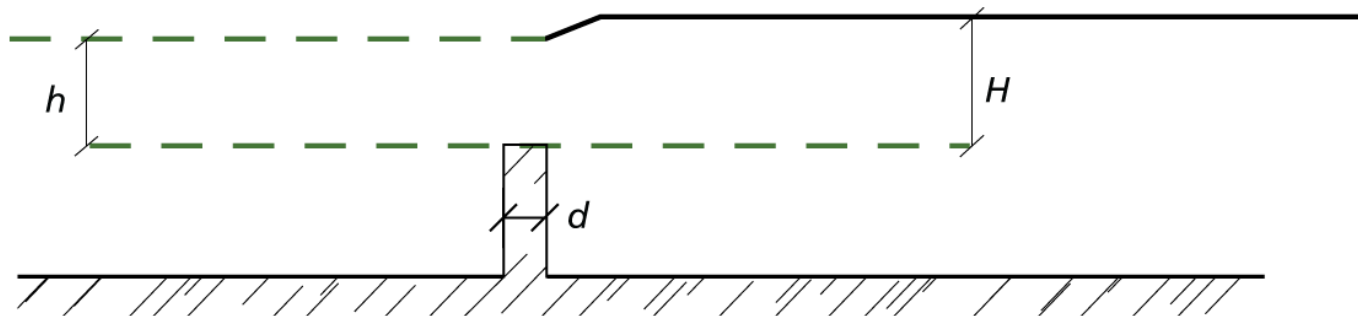


Pohjakynnykset

vapaa ylivirtaus

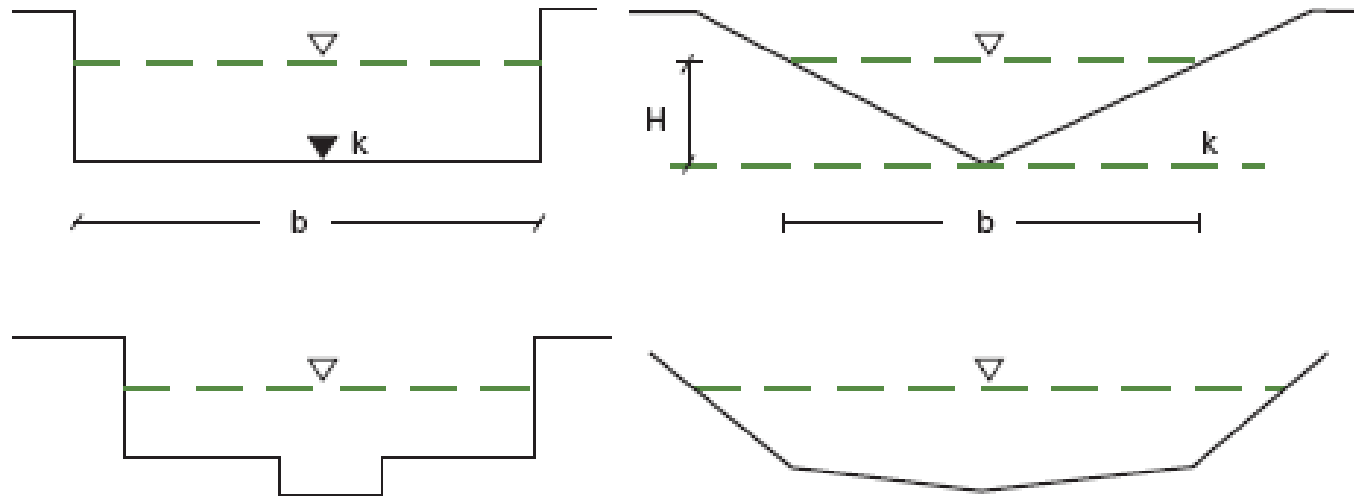


rajoitettu ylivirtaus



Leveäharjainen ja teräväharjainen pohjakynnyks. h = alaveden vedenpinnan ja kynnyksen korkeusero ja H = yläveden vedenpinnan ja kynnyksen korkeusero

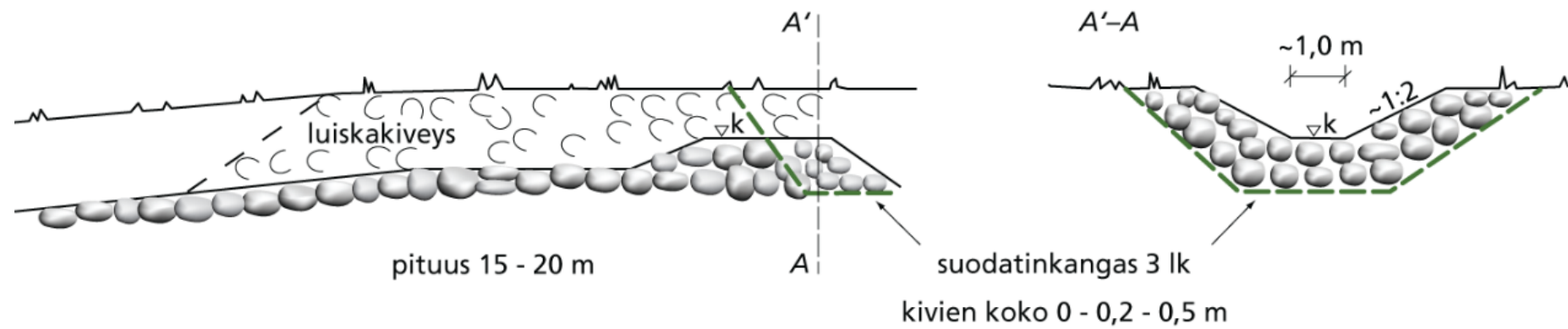
Pohjapadot



H = painekorkeus
 b = kynnyksleveys
 k = kynnyksen alin taso

Pohjapadon poikkileikkauksia.

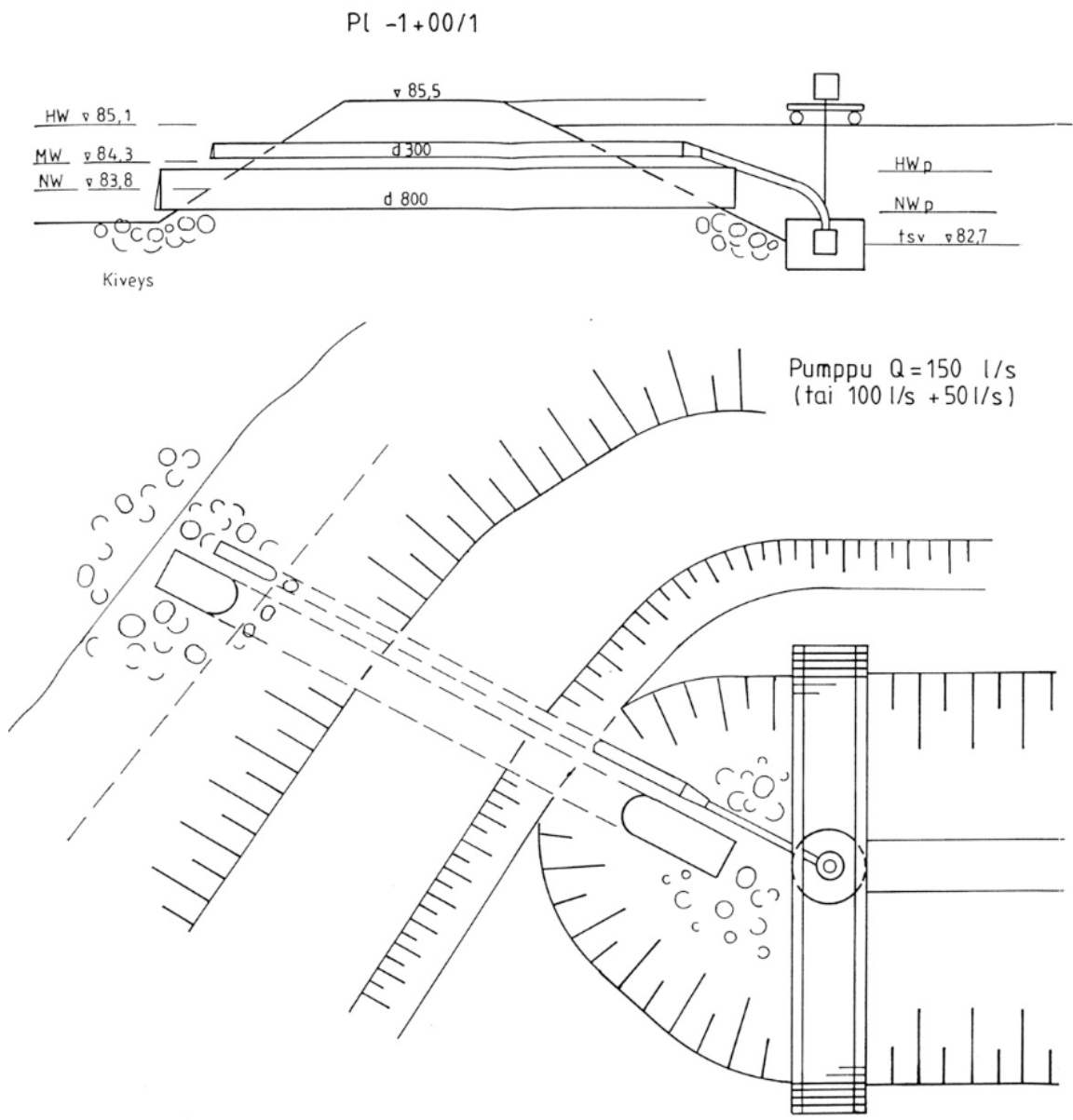
Koskimainen pohjakynnys



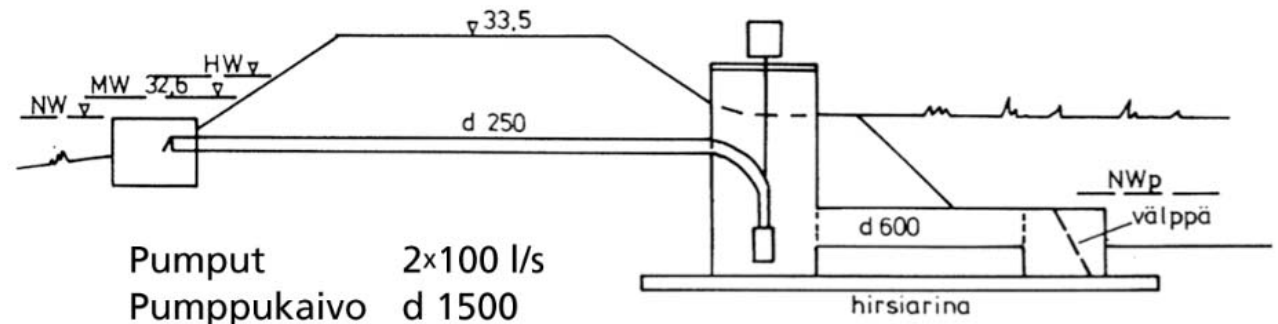
Pumppaamot ja penkereet

- Järven, meren tai joen ja puron rantapengerryksissä on yleensä tarpeen rakentaa sekä penger että pumppaamo.
- Sen sijaan alapuolisen perkauksen korvaava pumppaamo ei yleensä edellytä penkereiden tekemistä.
- Meren rannalla, jossa äkilliset vedenkorkeusvaihtelut ovat yleisiä, kuivatusta voidaan parantaa myös suojapenkereellä ja sulkuluukulla, joka sulkeutuu meriveden noustessa ja virratessa ojaan päin.

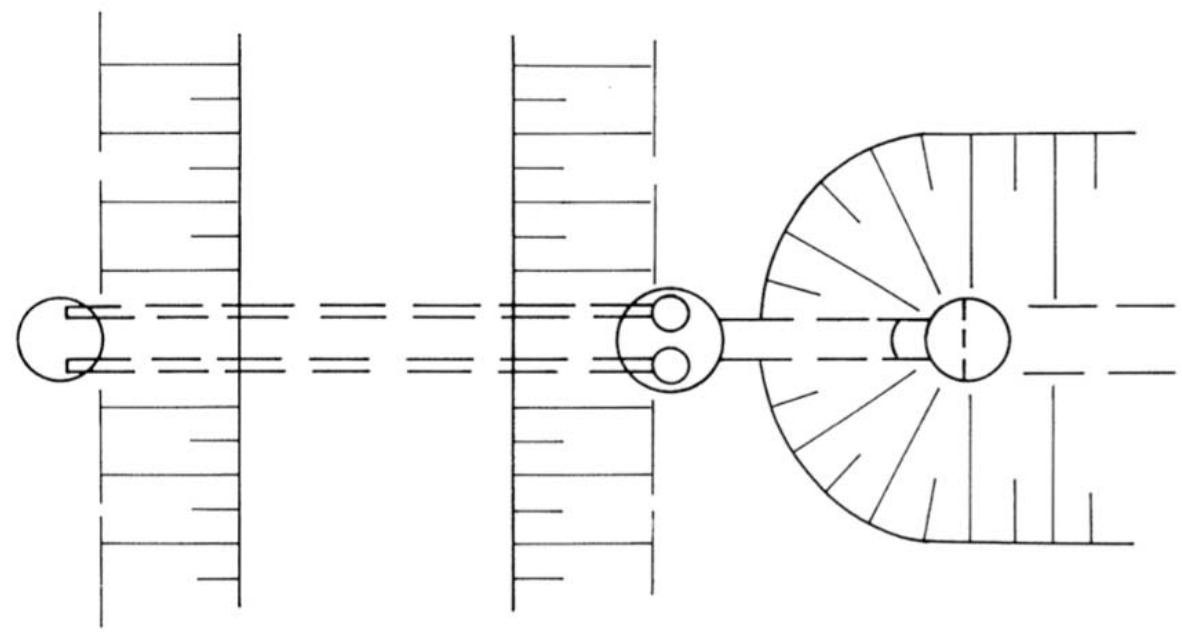
Hoitosiltapumppaamo, jossa osa vedestä johdetaan pumppaamon ohi vapaavirtauksena



Kaivopumppaamo, jossa kaikki vedet pumpataan

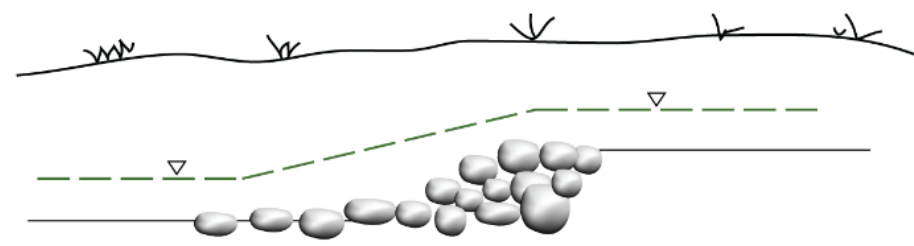


Pumput	2x100 l/s
Pumppukaivo	d 1500
Välpäkaivo	d 1200
Poistokaivo	d 1200

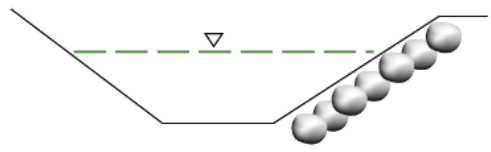


Uomien vahvistusrakenteita

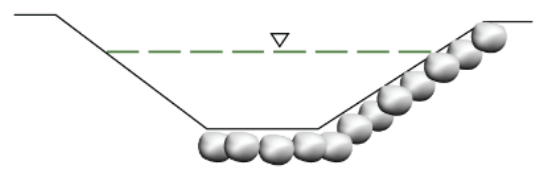
Putousporras



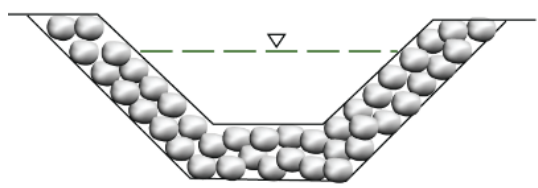
Luiskan verhous



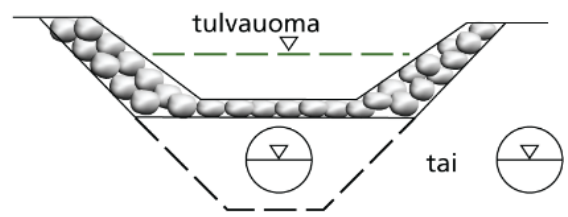
Luiskan tuenta



Massanvaihto



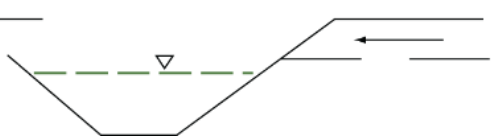
Putkitus



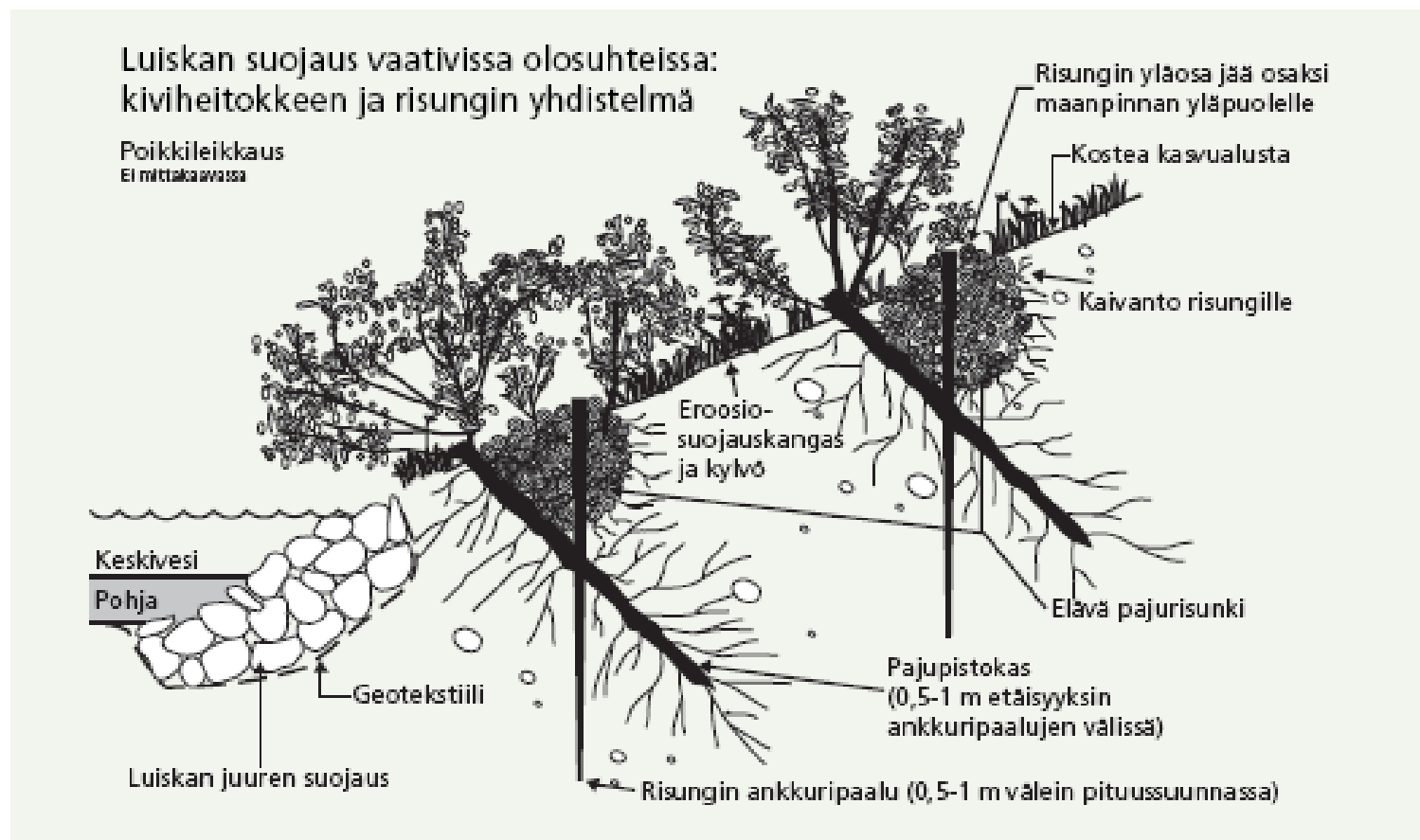
Kevennysleikkaus



Reunaojitus

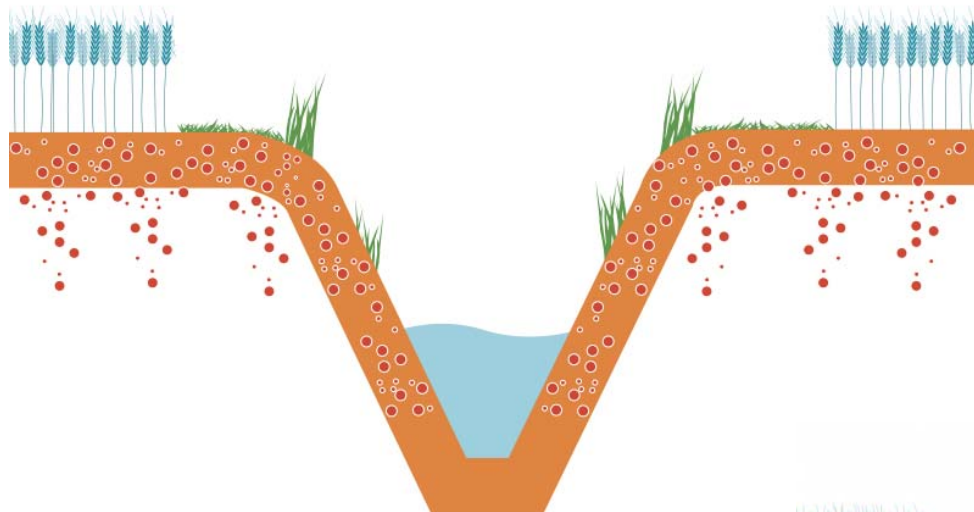


Luonnonmukaiset materiaalit uomien suojaamisessa ja vahvistamisessa



Peruskuivatuksen vesiensuojelu ja ympäristöhoito

PERINTEINEN SUORALUISKAINEN VALTAOJA



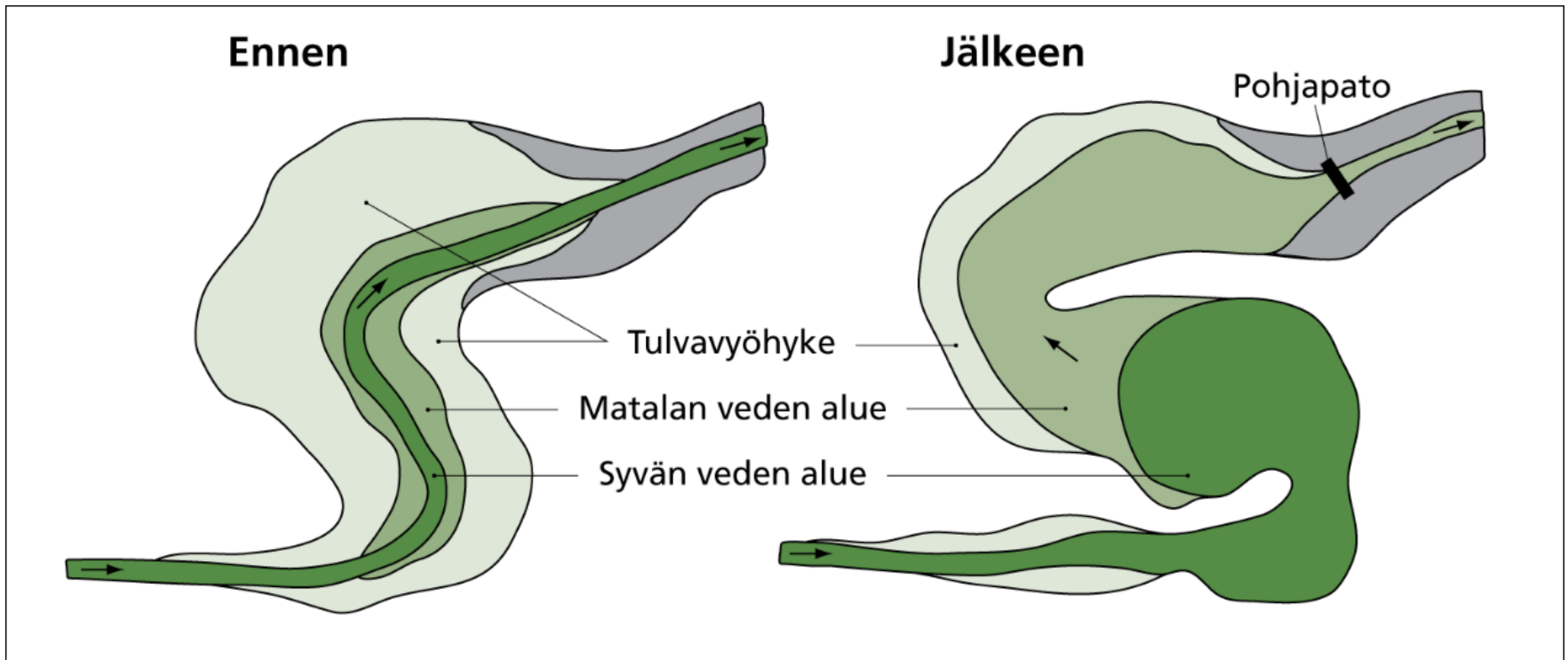
LUONNONMUKAINEN PERUSKUIVATUSUOMA



Suojakaistat ja suojavyöhykkeet

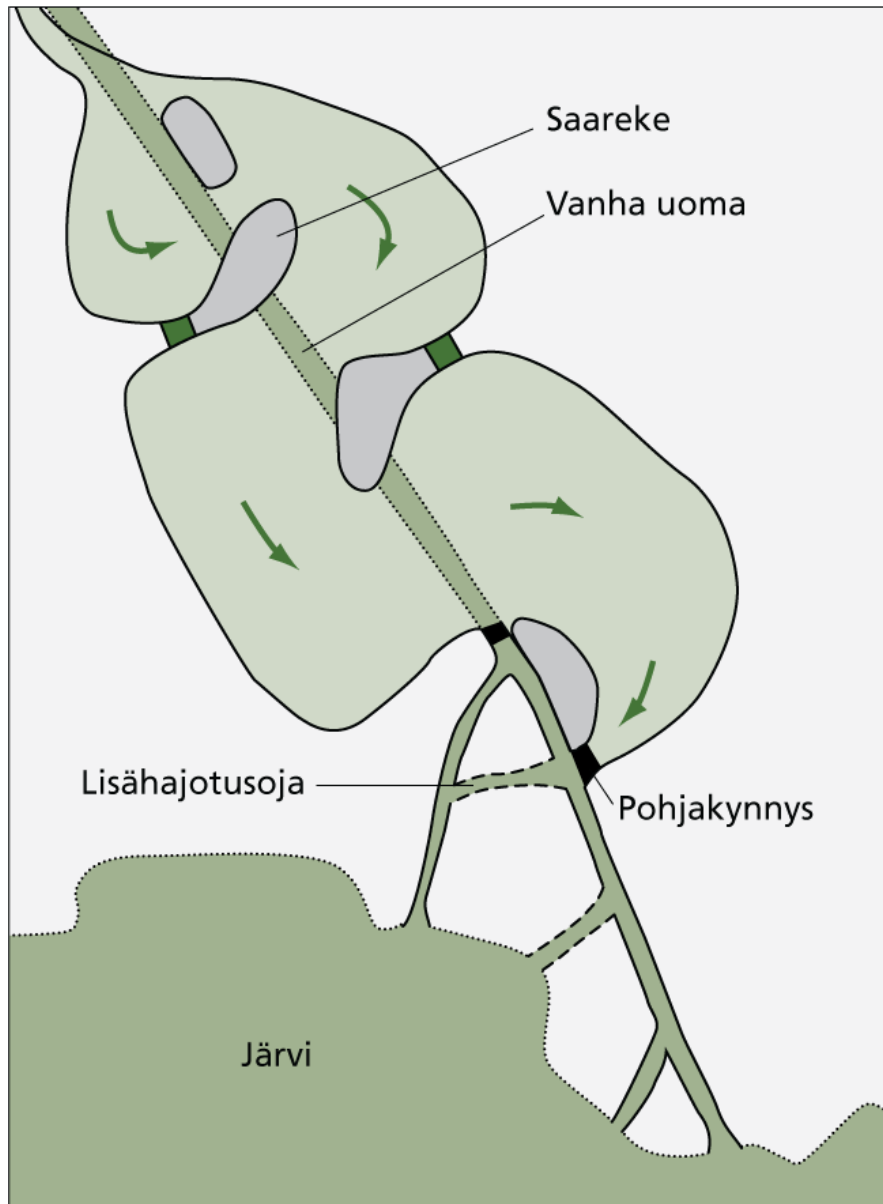
- Suojakaistat ja -vyöhykkeet ovat uoman ja pellon välisissä olevia monivuotisen kasvillisuuden peittämiä alueita, joita ei lannoiteta eikä käsitellä kasvinsuojeluaineilla.
- Maatalouden ympäristötukia koskevien ohjeiden mukaan suojakaistan leveys on vähintään keskimäärin kolme metriä ja suojavyöhykkeen keskileveys vähintään 15 metriä.
- Kasvusto voi olla suojaviljaa, nurmea tai viherkesantoa sekä puita ja pensaita.
- Suojakaistoilla ja suojavyöhykkeillä pyritään ennen kaikkea vähentämään pelloilta pintavalunnan mukana tulevaa kiintoaine- ja ravinnekuormitusta. Kiintoainetta pidättyy kasvustoon pintavalunnan hidastuessa ja osan imeytyessä maaperään.

Laskeutusaltaat ja koskeikot



Periaatekuva puroon patoamalla ja kaivamalla rakennettavasta laskeutusaltaasta tai kosteikosta

Laskeutusallas



Tuusulan Mäyränojaan rakennetun monimuotoisen laskeutusaltan periaatepiirros.

Allas on rakennettu vanhalle osittain metsittyneelle peltoalueelle. Altaassa on kasvillisuuden peittämiä saarekkeitä, avovesialueita ja pohjakynnyksiä. Virtaus järveen tapahtuu useiden hajotusojien kautta. Altaan pintaala tulva-alueineen on noin 0,15 % sen yläpuolisesta valuma-alueesta (16 km²). Vesisyvyys vaihtelee välillä 0,4-1,3 m keskiveden vallitessa.

Mäyränojan laskeutusallas



Mäyränojan laskeutusallas yläjuoksulle seitsemän vuotta rakentamisen jälkeen (toukokuu 2009)

Työnaikainen ympäristöhoito (1/3)

- Ojituksen työnaikaiseen ympäristöhoitoon kuuluu työn haittavaikutusten rajoittaminen.
- Työn suorittamisessa on ajankohdan valinnassa ja työjärjestelyissä kiinnitettävä huomiota myös siihen, että työstä johtuvat haitat ja häiriöt jäävät mahdollisimman vähäiseksi sekä työalueella että sen ulkopuolella ja varsinkin ojitusalueen alapuolisessa vesistössä.
- Ojitustyön yhteydessä on yleensä tarpeen rajoittaa kaivamisesta johtuvaa kiintoaineksen kulkeutumista ja veden samentumista. Lisäksi saattaa olla tarpeen virtauksen sulkeminen tai rajoittaminen sekä tarvittaessa erilaisten tukirakenteiden käyttö rummun tai pohjakynnyksen tai muun rakenteen tekemiseen liittyen.

Työnaikainen ympäristöhoito (2/3)

- Ojitustyön ympäristöhoitoon kuuluu myös työn johdosta vaurioituneiden rakenteiden ja kulkuyhteyksien korjaus tai kunnostus vähintään entisen veroiseksi sekä työkohteiden viimeistely ympäristöolosuhteet huomioon ottaen.
- Työn viimeistelyyn liittyen voidaan samalla tehdä tarvittavia maisemointitöitä ympäristön parantamiseksi.
- Kaivumaat on pyrittävä levittämään tai muuten sijoittamaan heti kaivun yhteydessä, mikä on myös maankäytön kannalta yleensä mahdollista, jotta ympäristöhaitat jäisivät mahdollisimman vähäisiksi.

Työnaikainen ympäristöhoito (3/3)

- Edullisinta on toteuttaa työ vähävetisenä aikana ja tarvittaessa maan ollessa roudassa sekä olosuhteiden niin vaatiessa kulkuyhteyksien ja työkohteiden jäädyttämiseen turvautuen.
- Mikäli sääolot muuttuvat työn kannalta huonoiksi, työ on syytä keskeyttää ja jatkaa vasta olosuhteiden parannuttua.
- Työnajoituksella ja konevalinnoilla ja muilla työnaikaisilla järjestelyillä voidaan oleellisesti vaikuttaa ojitustyön ympäristöhoitoon ja sen laadullisesti hyvään toteutukseen.