



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 64/2020

Ohjeita vesiensuojelurakenteiden toteutukseen suometsissä ja veden pidättämiseen metsäalueilla

Leena Finér, Laura Härkönen, Juha Jämsén, Samuli Joensuu,
Antti Leinonen, Elisabet Andersson, Anneli Ågren, Dovilė
Čiuldienė, Zane Lībiete, Anja Lomander, Edward Pierzgalski,
Eva Ring ja Ulf Sikström

Ohjeita vesiensuojelurakenteiden toteutukseen suometsissä ja veden pidättämiseen metsäalueilla

Leena Finér, Laura Härkönen, Juha Jämsén, Samuli Joensuu, Antti Leinonen,
Elisabet Andersson, Anneli Ågren, Dovilė Čiuldienė, Zane Lībiete, Anja Lomander,
Edward Pierzgalski, Eva Ring ja Ulf Sikström



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND

WAMBAF Tool Box

Viittausohje:

Finér, L., Härkönen, L., Jämsén, J., Joensuu, S., Leinonen, A., Andersson, E., Ågren, A., Čiuldienė, D., Lībiete, Z., Lomander, A., Pierzgalski, E., Ring, E. & Sikström, U. 2020. Ohjeita vesiensuojelurakenteiden toteutukseen suometsissä ja veden pidättämiseen metsäalueilla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 64/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 38 s.

Leena Finér, ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0001-7623-9374>



ISBN 978-952-380-040-3 (Painettu)

ISBN 978-952-380-041-0 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-041-0>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Leena Finér, Laura Härkönen, Juha Jämsén, Samuli Joensuu, Antti Leinonen, Elisabet Andersson, Anneli Ågren, Dovilė Čiuldienė, Zane Lībiete, Anja Lomander, Edward Pierzgalski, Eva Ring ja Ulf Sikström

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisuvuosi: 2020

Kannen kuva: Ilze Pauliņa

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Leena Finér¹⁾, Laura Härkönen^{2,3)}, Juha Jämsén⁴⁾, Samuli Joensuu³⁾, Antti Leinonen⁴⁾,
Elisabet Andersson⁵⁾, Anneli Ågren⁶⁾, Dovilė Čiuldienė⁷⁾, Zane Lībiete⁸⁾, Anja Lomander⁵⁾,
Edward Pierzgałski⁹⁾, Eva Ring¹⁰⁾ ja Ulf Sikström¹⁰⁾

¹⁾Luonnonvarakeskus (Luke)

²⁾Suomen ympäristökeskus (SYKE)

³⁾Tapio Oy

⁴⁾Suomen metsäkeskus

⁵⁾The Swedish Forest Agency, Ruotsi

⁶⁾Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Ruotsi

⁷⁾Lithuanian Centre for Agriculture and Forestry (LRCAF), Liettua

⁸⁾Latvian State Forest Research Institute (Silava), Latvia

⁹⁾Forest Research Institute (IBL), Puola

¹⁰⁾The Forestry Research Institute of Sweden (Skogforsk), Ruotsi

Ojia kunnostetaan suometsissä puuston kasvun ylläpitämiseksi ja/tai sen lisäämiseksi. Ojien kunnostaminen parantaa kuivatustilaa alueilla, joissa korkealla oleva pohjavesipinta heikentää puuston kasvua. Ojien kunnostuksen tulee olla taloudellisesti kannattavaa ja sen haitalliset vesistövaikutukset tulee minimoida. Vesiensuojelu on huomioitava jo ojien kunnostustarvetta arvioitaessa. Tässä julkaisussa annetaan ohjeita vesiensuojelurakenteiden toteutukseen ja materiaalien valintaan. Vesiensuojelurakenteet on tarkemmin kuvattu julkaisussa ” WAMBAF – Hyvät käytännöt kunnostusojituksen vesiensuojeluun Itämeren alueelle” (Finér ym. 2019). Vesiensuojelurakenteiden tarkoituksena on vähentää kiintoaineen sekä typen ja fosforin huuhtoutumista vesistöihin ojien kunnostuksen aikana ja sen jälkeen. Tässä julkaisussa annetaan myös esimerkkejä rakenteista, joita voi käyttää veden pidättämiseen metsäalueilla. Veden pidättämisen tarpeen on arvioitu lisääntyvän tulevassa ilmastossa.

Alkusanat

Nämä ohjeet tuotettiin WAMBAF (Water Managementin Baltic Forests) Tool Box –projektissa, jota on rahoitettu EU:n Itämeri Interreg –ohjelmasta huhtikuusta 2019 helmikuuhun 2021. WAMBAF Tool Box –projekti on jatkoa WAMBAF –projektille, jota toteutettiin maaliskuusta 2016 helmikuuhun 2019 ja joka käynnistettiin ratkaisemaan metsätalouden vesiensuojelukysymyksiä Itämeren alueella. Antti Leinonen kirjoitti kappaleiden 1.3.1. ja 1.3.5. ensimmäiset versiot, Laura Härkönen ja Samuli Joensuu kappaleiden 1.3.2. ja 1.3.6. ensimmäiset versiot ja Juha Jämsén kappaleen 1.3.4. ensimmäisen version. Kappaleen 2 kirjoitti Edward Pierzgalski. Leena Finér kokosi ja muokkasi ohjeet. Kaikki kanssakirjoittajat osallistuivat tekstin työstämiseen. Nämä ohjeet ilmestyivät ensin englanniksi otsikolla ”Manual for constructing water protection structures at ditch network maintenance sites and for water retention in forests” (Finér ym. 2020). Leena Finér, Laura Härkönen, Juha Jämsén, Antti Leinonen ja Samuli Joensuu käänsivät englanninkielisen version suomeksi.

Asiasanat: kosteikko, laskeutusallas, ojien kunnostus, perkaamaton oja, pintavalutuskenttä, pohjapato, putkipato, vedenpidätys, vedenpidätysallas, vesiensuojelu

Summary in English

Ditch network maintenance (DNM) is carried out in order to sustain or increase tree growth. DNM includes operations aimed at improving drainage when a high groundwater level impairs tree growth. DNM should be financially justifiable and its harmful impacts on water quality should be minimized. Water protection should be considered when the suitability of DNM is assessed. In the present manual, technical instructions and materials required for constructing water protection structures are presented. The structures in question are fully described in the report “Good practices for ditch network maintenance to protect water quality in the Baltic Sea Region” (Finér et al. 2018). The purpose of these water protection structures is to reduce the transport of suspended solids (SS), nitrogen (N) and phosphorus (P) to downstream watercourses during and after DNM on forest land. In addition to the water protection structures used in DNM, examples of structures used to increase water retention in forest landscapes are briefly presented in the manual. It should be emphasized that the need for retaining water in forests is expected to increase due to climate change. This report is originally published in English by Finér et al. (2020).

Sisällys

1. Vesiensuojelu ojien kunnostuksessa	7
1.1. Johdanto	7
1.2. Vesiensuojelurakenteiden suunnittelu	7
1.2.1. Ojien kunnostustarpeen määrittäminen.....	7
1.2.2. Kohteen kartoitus.....	8
1.2.3. Vesiensuojelurakenteiden suunnittelu	10
1.2.4. Suunnitelma ja sen esittely	10
1.3. Ojien kunnostusalueen vesiensuojelurakenteet.....	10
1.3.1. Kaivukatkot ja ojien jättäminen kunnostamatta.....	11
1.3.2. Lietekuopat	12
1.3.3. Pohjapadot.....	13
1.3.4. Virtaamansäätöpadot	15
1.3.5. Pintavalutuskentät	20
1.3.6. Laskeutusaltaat	22
2. Virtaamansäätö ja veden pidättäminen.....	28
2.1. Johdanto	28
2.2. Patorakenteet	28
2.2.1. Pohjaveden pinnan vakioivat patorakenteet	28
2.2.2. Patorakenteet, jotka säätelevät vedenpintaa.....	31
2.2.3. Patoaltaat.....	32
2.2.4. Ojitettujen soiden ja kosteikkojen hydrologian ennallistaminen.....	33
Käsitteitä	35
Viitteet	37
Liite	38

1. Vesiensuojelu ojien kunnostuksessa

1.1. Johdanto

Ojia kunnostetaan suometsissä puuston kasvun ylläpitämiseksi ja/tai parantamiseksi. Ojien kunnostuksen tulee olla taloudellisesti kannattavaa ja sen haitalliset vesistövaikutukset on pyrittävä minimoimaan. Vesiensuojelu tulee huomioida jo ojien kunnostustarvetta arvioitaessa. Ojien kunnostustarpeen arvioinnissa on useita vaiheita, jotka on esitetty liitteessä 1 ja tarkemmin julkaisussa Finér ym. (2018).

Tässä julkaisussa annetaan ohjeita vesiensuojelurakenteiden toteutukseen ja materiaalien valintaan. Vesiensuojelurakenteet on tarkemmin kuvattu julkaisussa ”WAMBAF – Hyvät käytännöt kunnostusojituksen vesiensuojeluun Itämeren alueelle” (Finér ym. 2019). Vesiensuojelurakenteiden tarkoituksena vähentää kiintoaineen sekä typen ja fosforin huuhtoutumista vesistöihin ojien kunnostuksen aikana ja sen jälkeen.

Ojien kunnostusta suunniteltaessa ja toteutettaessa on huomioitava lainsäädännön asettamat velvoitteet ja sertifioiduissa metsissä myös sertifiointistandardien asettamat vaatimukset.

Nämä ohjeet on tarkoitettu kaikkien niiden metsä- ja ympäristöalan ammattilaisten käyttöön, jotka joutuvat päivittäisessä työssään tekemisiin ojien kunnostuksen ja vesiensuojelun kanssa. Käytetyt käsitteet on esitetty julkaisun lopussa.

1.2. Vesiensuojelurakenteiden suunnittelu

Kiintoaineen ja ravinteiden huuhtoutumista voidaan vähentää ojien kunnostuksen yhteydessä seuraavasti: i) vaikuttamalla ojitusintensiteettiin mm. säätelemällä kunnostettavien ojien ja mahdollisten täydennysojien pituutta, syvyyttä, leveyttä ja kaltevuutta, ii) vähentämällä veden virtausnopeutta ja eroosivoimaa, iii) pidättämällä ojien kunnostuksessa liikkeelle lähtenyt kiintoainetta ja ravinteita ennen kuin ne kulkeutuvat vesistöön. Eroosion välttäminen on ensiarvoisen tärkeää, koska jo liikkeelle lähteneen kiintoaineen pidättäminen on vaikeaa. Ojitusintensiteettiä, veden virtausnopeutta ja eroosivoimaa voidaan säädellä jättämällä osa ojista tai ojanpätkistä kunnostamatta ja välttämällä kunnostettavien ojien syventämistä. Veden virtausnopeutta ja eroosivoimaa voi säädellä myös rakentamalla pohjapatoja ja putkipatoja. Putkipadot voivat lisäksi pidättää kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Lietekuopat ja laskeutusaltaat voivat pysäyttää karkean ja keskikarkean kiintoaineen kulkeutumisen. Pintavalutuskentät voivat pidättää myös veteen liuenneita ravinteita. Aina kun mahdollista ojien kunnostusalueella tulee käyttää useampia vesiensuojeluratkaisuja ja -rakenteita. Vesiensuojeluun tulee kiinnittää erityistä huomiota kohteilla, joista vesi johdetaan vesistöön. Vesiensuojelun suunnittelussa tulisi käydä läpi seuraavat neljä vaihetta, jotka on esitelty kappaleissa 1.2.1.–1.2.4. Vaikka näistä vaiheista ojien kunnostustarpeen määrittäminen ja kohteen kartoitus ovat osin vuorovaikutteisia ja toisistaan riippuvaisia toimenpiteitä, seuraavissa kappaleissa ne kuvataan erikseen.

1.2.1. Ojien kunnostustarpeen määrittäminen

Ojien kunnostustarve tulee määrittää huolellisesti. Ojat on kunnostettava vain kohteissa, joissa ne tarvitaan ylläpitämään ja/tai lisäämään puuston kasvua, ja niiden kunnostaminen on taloudellisesti perusteltua. Ojien kunnostustarve voidaan määrittää käyttämällä apuna liitteessä 1 esitettyä kaaviota. Kaavion käyttöohjeet, ja se kuinka ojien kunnostustarve määritetään, on esitetty tarkemmin julkaisuissa Finér ym. (2018, 2019).

On suositeltavaa, että pohjaveden pinta olisi vähintään 35–40 cm syvyydessä maanpinnasta kasvu-kauden loppuvaiheessa (Finér ym. 2018, 2019). Jos se on lähempänä maanpintaa, ojien kunnostus voi olla tarpeen.

1.2.2. Kohteen kartoitus

Valuma-alueen rajat ja vesistöjen sijainti

Ojien kunnostuskohde ja sen koko valuma-alue rajataan peruskartalle (kuva 1). Valuma-alueen voi rajata peruskartan korkeuskäyrien ja ojaverkoston avulla tai käyttämällä digitaalisia valuma-alueen rajaustyökaluja. Maastonmuotoja korostava vinovalovalovarjoste-karttataso yhdessä peruskartan kanssa helpottaa valuma-alueen rajaamista. Kun koko valuma-alue ja kunnostettavaksi suunniteltu kohde on rajattu kartalle, kartoitetaan kaikkien ojien ja vastaanottavien vesistöjen sijainti. Kartoituksessa voivat olla avuksi GIS-työkalut, saatavissa olevat kartat, vanhat ojitussuunnitelmat ja ilmakuvat. Ojaverkoston toimivuus tarkastetaan maastossa. Vastaanottavien vesistöjen sijainti ja suojelutarve selvitetään.

Kokoojaojat ja kuivatusojat

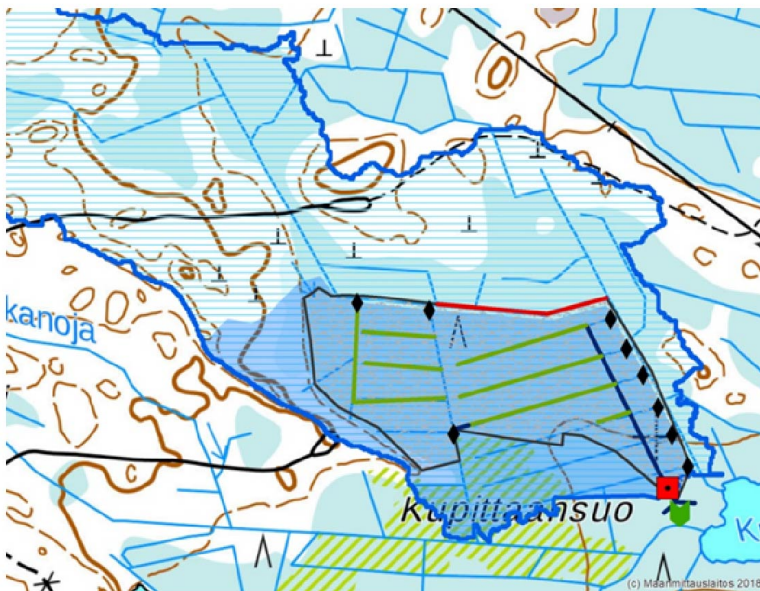
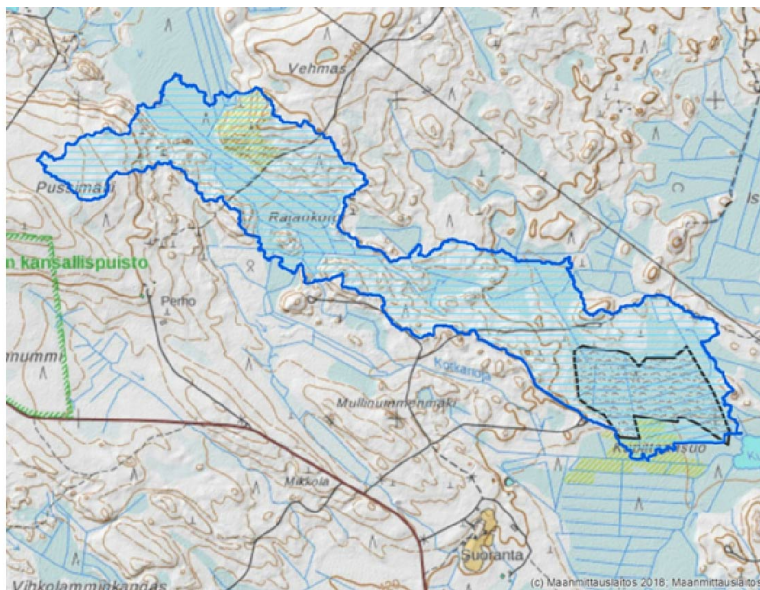
Vesiensuojelurakenteiden tyyppin, lukumäärän ja sijoittelun vuoksi on tärkeä luokitella ojat kokoojajoihin, kuivatusojoihin ja laskuojoihin (kuva 1). Kuivatusojien avulla pohjaveden pinta saadaan laskemaan saroilla ojien välittömässä läheisyydessä. Kokoojaojat keräävät kuivatusojista valuvan veden pois ojitetulta alueelta. Laajoilla ojitusalueilla kuivatusojat ja kokoojaojat muodostavat verkoston, josta vedet johdetaan laskuojan kautta pois alueelta. Edellisten lisäksi ojitetulla alueella voi olla erottajaojia, jotka ohjaavat yläpuolisilta alueilta valuvan veden kunnostettavan alueen ohi. Vesiensuojelurakenteisiin johdetaan pääsääntöisesti vain kunnostettavien ojien vesiä.

Sarkaleveys ja ojien suunta suhteessa maaston kaltevuuteen










Ojien valuma-alue ja pituuskaltevuus sekä ojien pohjien ja penkköjen maalaji ja sen lajitekoostumus määritetään (katso taulukko s. 36). Näitä tietoja tarvitaan vesiensuojelun suunnittelussa. Maalajin tarkempi määrittäminen on syytä tehdä maastossa koska useimpien maalajikarttojen tarkkuus ei ole riittävä. Esimerkiksi jos ojan pohjan pituuskaltevuus on suurempi kuin maalajin rajanopeus, eroosioriski kasvaa merkittävästi. Rajanopeudella tarkoitetaan sitä veden virtausnopeutta, jonka ylittyessä oja syöpyy merkittävästi. Ojien tehollinen kuivatusalue riippuu myös alueen maalajin vedenjohtokyvystä eli sen kyvystä läpäistä vettä.

Riittävä kuivatusteho saavutetaan keskimäärin 20–25 m etäisyydellä kuivatusojan molemmin puolin. Jos sarkaleveys on yli 80 m ja täydennysojia ei voi kaivaa, on todennäköistä, että kuivatusteho ei ole riittävä. Yksittäisten ojien kunnostaminen ei ole suositeltavaa, koska niiden kuivatusteho rajoittuu vain niiden välittömään läheisyyteen. Nämä ojat on myös usein kaivettu paikkoihin, joissa ne johtavat vettä suuremmilta alueilta ja voivat siten aiheuttaa suuren eroosioriskin. Mikäli nämä yksittäiset ojat johtavat suuria vesimääriä, niiden vedenjohtokyky säilyy yleensä riittävänä eikä kunnostusta tarvita.

Ojien suunta suhteessa maaston kaltevuuteen tulee myös ottaa huomioon ojien kunnostusta suunniteltaessa. Pääkaltevuuden suuntaisesti (eli kohtisuoraan korkeuskäyriä vastaan) kaivettujen ojien kuivatusteho on heikkoja ja suuri kaltevuus kasvattaa veden virtausnopeutta ja eroosioriskiä. Optimaalisen kuivatustehon saavuttamiseksi kuivatusojien tulisi sijaita vinosti korkeuskäyriä vastaan ja niiden pituuskaltevuuden tulisi olla 0,2–0,5 %. Mikäli ojien kuivatusteho ei ole hyvä ja eroosioriski on suuri, tulee harkita tarkasti ojien kunnostuksen aiheellisuutta.



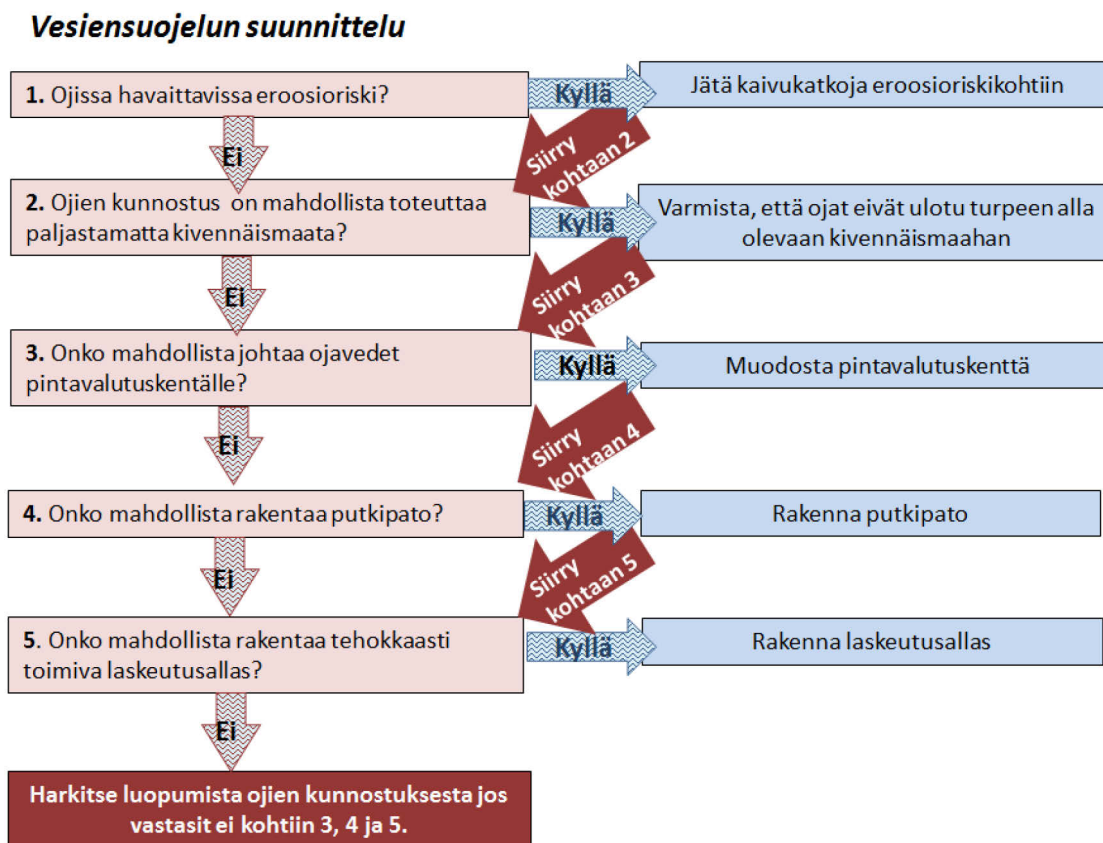
Rakenteet ja ojat

- | | |
|--|---|
|  Pintavalutus |  Erottajaoja |
|  Laskeutusallas |  Avohakkuu ja ojien kunnostusalue |
|  Tukittu oja |  Valuma-alueen raja ojien kunnostuksen jälkeen |
|  Kuivatusoja |  Koko valuma-alueen rajat |
|  Kokoojaoja | |

Kuva 1. Yläkuvassa olevassa kartassa (merkitty sinisellä) Etelä-Suomessa sijaitseva valuma-alue ja sen sisällä sijaitseva (mustat pilkkuviivat) Kupittaaansuon ojien kunnostus- ja avohakkuualue. Alakuvassa Kupittaaansuon kartta. Siinä ojat ja vesiensuojeluratkaisut on esitetty erilaisin symbolein. Kartat Maanmittauslaitos, Metsähallitus ja Antti Leinonen.

1.2.3. Vesiensuojelurakenteiden suunnittelu

Kuvassa 2 on esitetty vesiensuojelurakenteiden suunnittelukaavio.



Kuva 2. Kuvassa järjestys, jonka mukaan vesiensuojelurakenteiden suunnittelussa voidaan edetä sen jälkeen, kun ojien kunnostus on todettu tarpeelliseksi. Kaavio on kuvattu tarkemmin julkaisussa Finér ym. (2019).

1.2.4. Suunnitelma ja sen esittely

Kunnostettavat ojat ja vesiensuojelurakenteet merkitään kunnostettavan alueen karttaan (kuva 1). Kartta ja ojien kunnostuksen toteutusohjeet annetaan koneenkuljettajalle hyvissä ajoin ennen työn käynnistymistä. Yleisperiaate on, että kiintoainetta pidättävät rakenteet tehdään ennen ojien kunnostusta. Ojien kunnostusta ei tule tehdä suuren virtaaman aikana. Mahdolliset hakkuut tulisi toteuttaa ojien kunnostuksen yhteydessä. Hakkuissa puut kaadetaan pois ojalinjoilta ja ojien kunnostuksen yhteydessä ojiin joutuneet hakkuutähteet poistetaan ojista.

1.3. Ojien kunnostusalueen vesiensuojelurakenteet

Kappaleissa 1.3.1.–1.3.6. esitellään vesiensuojelurakenteiden toteutusohjeet ja tarvittavat tarvikkeet. Sen lisäksi esitellään vesiensuojelurakenteiden toimintaperiaatteet ja annetaan ohjeita rakenteiden sijoittamiseen ojitusalueelle. Ohjeita annetaan myös rakenteiden toiminnan seurantaan ja ylläpitoon.

Tietämys kaivukatkojen, kunnostamattomien ojien, lietekuoppien ja pohjapatojen tehosta kiintoaineen ja ravinteiden pidättäjänä perustuu pääosin käytännön kokemuksiin. Putkipatojen, pintavalutuskenttien ja laskeutusaltaiden tehoa on sen sijaan selvitetty useissa tutkimuksissa (katso Finér ym. 2018, 2019 ja Nieminen ym. 2019).

1.3.1. Kaivukatkot ja ojien jättäminen kunnostamatta

Toimintaperiaate

Kaikkien ojien kunnostustarve on arvioitava erikseen, jotta eroosiota ja kiintoainekuormitusta voidaan välttää. Riittävä kuivatusteho voidaan saavuttaa, vaikka osa ojista jätettäisiin kunnostamatta ja käytettäisiin kaivukatkoja (kuva 3). Kaivukatkojen ja kunnostamattomien ojien tarkoitus on pienentää veden virtausnopeutta ja sen myötä myös kiintoainekuormitusta.

Sijoittelu kunnostettavalle ojitusalueelle

Ojien kunnostustarpeen arvioinnissa on hyötyä ojien luokittelusta kuivatusojiin, kokoojaojiin ja laskuojiin (katso kappale 1.2.2. ja kuva 1). Alla on lueteltu ohjeet ojien kunnostustarpeen arviointiin.

Kuivatusojat:

- Jos pohjaveden pinta on 20–25 m etäisyydellä ojasta syvemmillä kuin 35–40 cm maanpinnasta ennen kunnostusta, on harkittava voiko ojan jättää kunnostamatta.
- Kaivukatkoja jätetään ojiin, joissa pituuskaltevuus on yli 0,5 % tai jos ojan pohjassa ja penkassa on merkkejä eroosiosta.
- On harkittava kaivukatkon jättämistä kuivatusojaan ennen kuin se yhtyy kokoojaojaan.
- Kaivukatkon tulisi olla vähintään 10 m pitkä, muuten on olemassa riski, että se huuhtoutuu pois.
- On kuitenkin muistettava, että kaivukatkot voivat nostaa veden pinnan korkeutta kuivatusojassa, mikä voi paikallisesti nostaa pohjaveden pintaa ja vaikuttaa puuston kasvuun.
- Eroosioriskin minimoimiseksi kuivatusojiin ei tule johtaa vettä ojitusalueen ulkopuolelta (esim. tieojista, pelloilta, vanhoista ojista ojitusalueen ulkopuolelta yms.).



Kuva 3. Ruotsalainen esimerkki kuivatusojasta (vasemmalla) ja kokoojaojasta (oikealla) alueella, jossa ojitus on lisännyt puuston kasvua. Ojiin on jätetty kaivukatkoja ja niihin on kaivettu lietekuoppia 100–200 m välein. Valokuvat Bo Leijon.

Kokoojaojat:

- Kunnostettavien kuivatusojien vedet kootaan kokoojaojiin.
- Kokoojaojissa virtaavat vesimäärät ovat yleensä suurempia kuin kuivatusojissa, joten myös eroosioriski on suurempi kuin kuivatusojissa.
- Kokoojaojien tunnistamisessa voi käyttää apuna paikkatietoaineistoja, jotka näyttävät kuinka vesi kertyy ja virtaa uomaverkostossa.
- Laajemmilla ojitusalueilla kokoojaojista vedet johdetaan laskuojien kautta pois alueelta.
- Kokoojaojiin ei yleensä tehdä kaivukatkoja eikä niitä jätetä kunnostamatta, vaan niissä käytetään muita vesiensuojeluratkaisuja.

Laskuojat

- Laajojen ojaverkostojen yhteydessä kuivatusojat yhdistetään ensin kokoojaojiin ja useiden kokoojaojien vedet taas johdetaan alueen alavimmassa kohdassa sijaitsevaan laskuojaan.
- Yleinen sääntö on, että laskuojia ei kunnosteta, koska tarvittava kuivatusteho saavutetaan kuivatusojien avulla. Varsinkin jos laskuoja johtaa vettä ojitusalueen läpi, se tulisi jättää kunnostamatta. Jos laskuojan kunnostamista ei voi välttää, vain sellaiset kohdat kunnostetaan, jotka ovat välttämättömiä pitämään kasvukauden aikana ojitusalueen pohjaveden pinta 35–40 cm syvyydessä maanpinnasta.
- Lumen sulamisaikaan ja rankkasateella vesipinta voi nousta laskuojaojissa ilman, että sillä on vaikutusta puuston kasvuun ojitusalueella.
- Myös laskuojien tunnistamisessa voi käyttää apuna paikkatietoaineistoja, jotka näyttävät kuinka vesi kertyy ja virtaa uomaverkostossa.

1.3.2. Lietekuopat

Toimintaperiaate ja sijoittelu ojien kunnostusalueelle

Lietekuopat ovat pieniä kuoppia, joita kaivetaan kunnostettaviin kuivatusojiin (kuva 4). Niitä kaivetaan noin 100 m välein ja ennen kuivatusojien risteyskohtia. Lietekuoppien tilavuus on yleensä 1–2 m³. Lietekuopat voivat pidättää karkeaa kiintoainetta ojien kunnostuksen aikana ja sen jälkeen. Koska lietekuopat ovat pieniä, niiden pidätyskyky on pieni ja sedimentoitunut kiintoaine voi lähteä uudelleen liikkeelle esimerkiksi suuren virtaaman aikana. Tämän vuoksi on huolella harkittava ovatko lietekuopat tarpeen.

Rakentaminen ja tarvittavat materiaalit

Lietekuoppien rakentaminen tehdään kaivinkoneella eikä erillisiä materiaaleja tarvita.

Toimivuuden seuranta ja ylläpito

Toimivuuden seuranta ja ylläpitoa ei tarvita. Lietekuopat voivat pidättää karkeaa kiintoainetta ojien kunnostuksen aikana.



Kuva 4. Lietekuoppia kuivatusojissa Etelä-Ruotsissa. Valokuvat Eva Ring (vasen) ja Anja Lomander (oikea).

1.3.3. Pohjapadot

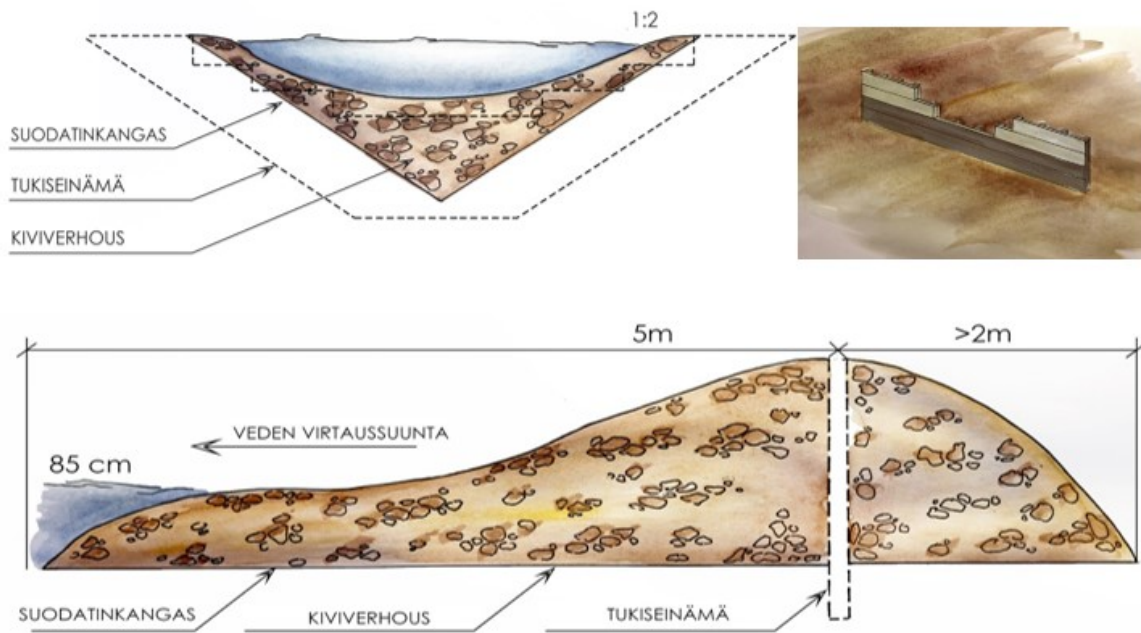
Toimintaperiaate ja sijoittelu ojien kunnostusalueelle

Pohjapatojen tarkoituksena on pienentää ojan pohjan pituuskaltevuutta ja sitä kautta veden virtausnopeutta. Näin pienennetään eroosioriskiä ja lisätään liikkeelle lähteneen kiintoaineen sedimentoitumistodennäköisyyttä. Pohjapadot rakennetaan laittamalla kiviä, puuta tai muuta materiaalia koojajoihin (kuva 5).

Pohjapatoja käytetään yleensä alueilla, jotka ovat eroosioherkkiä. Veden virtausnopeutta voidaan pienentää myös kaivukatkojen avulla (katso kappale 1.3.1). Myös väliaikaisia, hakkuutähteistä tehtyjä patoja voidaan käyttää ojissa kunnostuksen aikana pienentämään eroosiota ja vähentämään veden virtausnopeutta. Nämä väliaikaiset padot on kuitenkin poistettava ojien kunnostuksen jälkeen.

Rakentaminen

Ojiin, joissa veden virtausnopeus on pieni, pohjapato voidaan rakentaa yksinkertaisesti käyttämällä suodatinkangasta ja kiviä tai mursketta. Ojissa, joissa veden virtausnopeus on suuri, tarvitaan myös tukiseinämä (kuvat 5 ja 6). Tukiseinämä voidaan rakentaa ponttilankuista tai vesivanerista.



Kuva 5. Pohjapadon poikkileikkaus suhteessa 1:2 (ylhäällä vasemmalla) ja pituusleikkaus (alla) sekä tukiseinämä ennen kuin kiviverhous on asetettu sen ympärille (ylhäällä oikealla). Kuvat Ilze Pauliņa.



Kuva 6. Vasemmassa kuvassa on toiminnassa oleva pohjapato. Kuva Leena Finér. Oikealla olevassa kuvassa on rakenteilla oleva tukiseinämä, joka on sijoitettu ojan poikki keskelle pohjapatoa missä veden virtausnopeuden on arvioitu olevan suuri. Kuva Matti Seppälä.

Pohjapadot tulisi rakentaa kesällä kuivan jakson aikana. Rakennusmateriaali on kuitenkin hyvä kuljettaa paikalle silloin kun maa on jäässä, jotta maaperävauriot jäisivät vähäisiksi. Kivien ja murskeen tulisi olla isorakeista (partikkelikoko 200–400 mm). Materiaalivalinnassa tulee huomioida veden virtausnopeus. Rakentamisessa käytetty materiaali ei saa lähteä liikkeelle veden mukana.

Pohjapadon rakentaminen etenee seuraavasti:

- Ensimmäiseksi tehdään padon luiska kaivinkoneella.
- Tukiseinämä rakennetaan pohjapadon keskelle ojan poikki siten, että se ulottuu syöpmättömään kivennäismaahan sekä riittävän pitkälle uoman reunojen yli.
- Seuraavaksi suodatinkangas levitetään ojan pohjan, luiskien ja tukirakenteiden yli.

- Kangasvuodot asetetaan poikittain ojan pituussuuntaan nähden. Kankaat limitetään siten, että veden kulkusuunnassa ylemmän kankaan helma on aina alemman päällä. Ylimmästä kankaasta asetellaan kaivinkoneen avulla maahan noin 50 cm:n lieve kohtisuoraan alaspäin estämään veden kiertämistä padon alle.
- Kivilouhe asetellaan kaivinkoneella muotoillen kankaan päälle; kiviverhoilun tulisi ulottua riittävän pitkälle alajuoksulle.

Tarvittavat materiaalit

- Kaivinkone
- Puutavaraa tai vesivaneria tukiseinämää varten
- Suodatinkangas
- Kiviä tai kivimursketta (raekoko 200–400 mm)

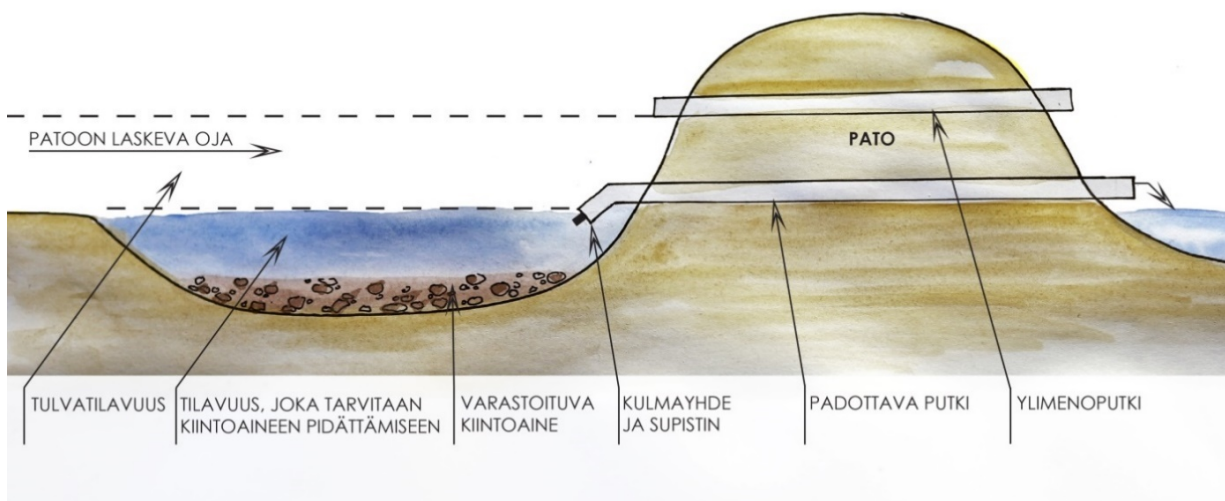
Toimivuuden seuranta ja ylläpito

- Pohjapadon toimivuus tulee tarkistaa kun pato on saatu valmiiksi.

1.3.4. Virtaamansäätöpadot

Toimintaperiaate

Virtaamansäätöpadojen tehtävänä on estää ja vähentää maa-ainesten irtoamista ojia kunnostettaessa sekä tehostaa liikkeelle lähteneen maa-aineksen laskeutumista uudelleen ojien pohjalle ja vesien-suojelurakenteisiin (kuva 7). Padot pienentävät veden virtausnopeutta yläpuoleisessa ojaverkostossa patoamalla sinne valumavesiä virtaamahuippujen ajaksi ilman, että sillä vaikutetaan kuivatustehoon ja puiden kasvuun (kuvat 7 ja 8). Virtaamansäätöpadot pidättävät keskimäärin 61 % niihin tulevasta kiintoaineesta, 45 % kokonaistypestä ja 47 % kokonaisfosforista (Marttila 2010). Ylivirtaamajaksojen aikana veden mukana kulkeutuvasta kiintoaineesta ja ravinteista voi pidäytyä jopa 90 %.



Kuva 7. Putkipato esimerkkinä virtaamansäätöpadoista. Alempi padottava putki asennetaan tasolle, joka takaa tavoitellun kuivatustason yläpuolisella ojien kunnostusalueella. Tämä taso on yleensä sama kuin patoon laskevan ojan pohjan taso. Ylempi, ylimenoputki asennetaan 30–40 cm ympäröivän maanpinnan tason alapuolelle. Putkien asennuksessa on oltava huolellinen, että vesi ei pääse virtaamaan putkien ohi ja aiheuttamaan padon seinämän eroosiota. Kuva Ilze Pauliņa.



Kuva 8. Putkipatorakenteita kahdella WAMBAF-demonstraatioalueella. Vasemmassa kuvassa Keski-Ruotsissa sijaitsevalla Tobon alueella näkyy kaksi putkea. Valokuva Lars Högbom. Oikealla olevassa kuvassa Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsevalla Vengasojan alueella alempi padottava putki on veden alla. Valokuva Leena Finér.

Sijoittelu ojien kunnostusalueelle

Virtaamansäätömenetelmää suositellaan käytettäväksi ojastoissa, joiden kaltevuus on vähäinen ja rakenteen padotusvaikutus ulottuu mahdollisimman suuren osaan sen yläpuolella kunnostetuista ojista. Rakenne ei sovellu kohteille, joissa yläpuoleisen ojaston pituuskaltevuus on suuri.

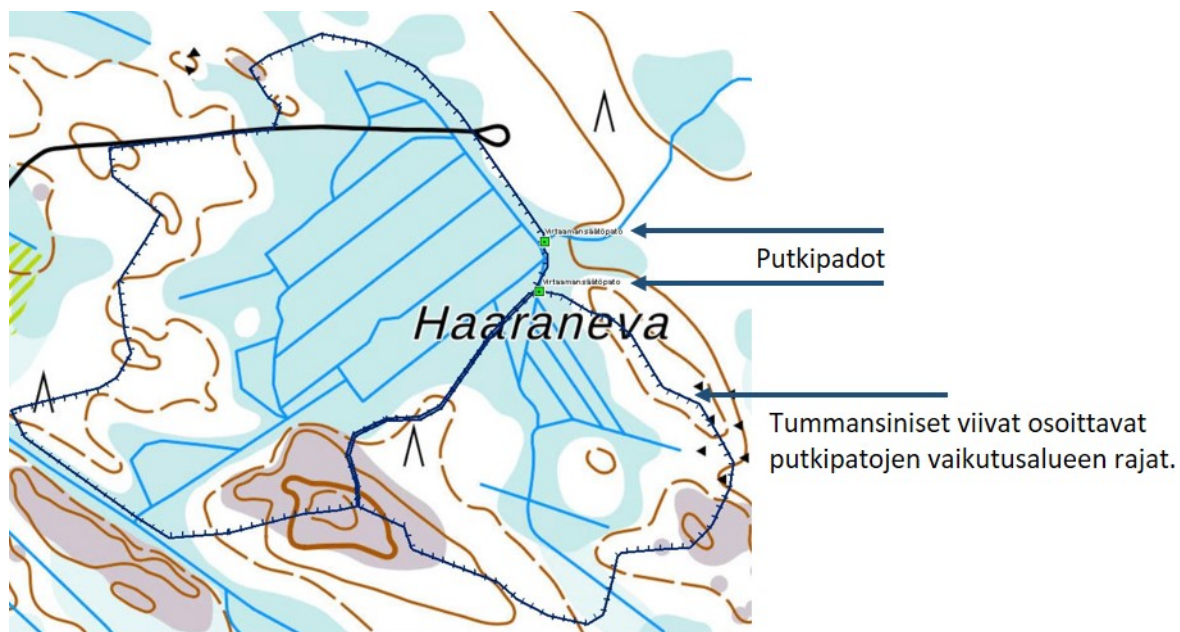
Patojen rakentamiskohtien kartoitus voidaan tehdä tutkimalla alueen karttoja, joista näkyvät maaston korkeussuhteet, maankäyttö ja ojitusalueet. Apuna voidaan käyttää maanpintamallia ja siitä valmistettuja aineistoja, kuten korkeuskäyrästä ja maanpinnan kaltevuusprofiilia. Putkipatojen tehokkuuden arviointiin on olemassa myös paikkatietotyökalu, jonka avulla voidaan alustavasti arvioida virtaamansäädön soveltuvuutta valitulle kohteelle. Tehokas padotusvaikutus saavutetaan yleisimmin kokoojajojissa ja niiden risteyskohdissa (kuva 9).

Rakentaminen

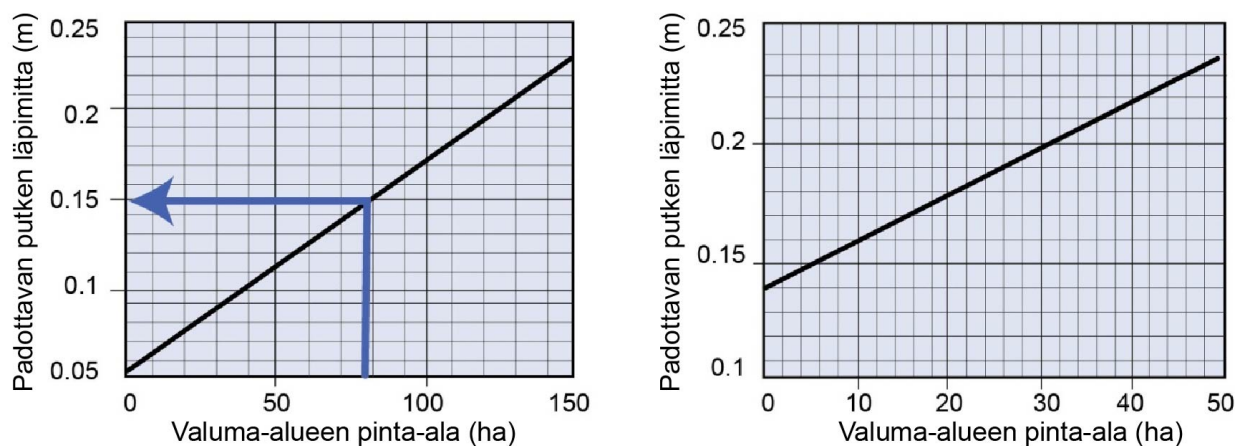
Virtaamansäätörakenteen mitoittamisessa tarvitaan tieto yläpuoleisen valuma-alueen pinta-alasta, rakenteelle tulevan valunnan määrästä ja valuntahuippujen voimakkuudesta.

- Yläpuoleisen valuma-alueen pinta-alan arviointi voidaan tehdä karttatarkasteluna tai käyttämällä apuna valuma-alueen määrittäjätyökaluja.
- Valunnan määrittämiseen on olemassa nomogrammeja (katso kappale 1.3.6. ja Marttila 2010), mikäli suunnittelijalla ei ole käytettävissä ohjelmistoa valunnan määrittämiseen.

Virtaamansäätöpatojen mitoitus perustuu sen padottavaan vaikutukseen. Tavoitteena on padottaa vesiä ylivirtaamien aikana siten, että siitä ei aiheudu haittaa kasvatettavalle puustolle. Putken tai padossa käytettävän muun veden kulkua säätelevän rakenteen osalta täytyy olla tiedossa, kuinka paljon se läpäisee vettä eri olosuhteissa. Putkien läpäisyn arviointi voidaan tehdä läpäisytaulukoiden tai läpäisykaavojen avulla. Putkipatojen mitoittamiseen on Keski-Suomen alueelle ja vastaaviin olosuhteisiin olemassa nomogrammi, jota käyttämällä putken mitoittaminen tehdään rakenteen yläpuoleisen valuma-alueen perusteella (kuva 10). Nomogrammia voi käyttää myös muilla alueilla suhteuttamalla se kohdealueen valumiin.



Kuva 9. Haaranevan oijen kunnostusalue Keski-Suomessa. Putkipadot (vihreät neliöt) on rakennettu ojastojen purkupisteisiin. Kartta Maanmittauslaitos ja Juha Jämsén.



Kuva 10. Nomogrammeja, joita käytetään padottavan putken läpimitan määrittämiseen (Marttila 2010). Vasemmanpuoleinen nomogrammi on tarkoitettu ojien kunnostusalueille, joilla on laaja ulkopuoleinen valuma-alue. Oikeanpuoleinen nomogrammi on tarkoitettu alueille, jotka ovat kokonaan ojitusaluetta ja/tai joilla on rakenteen alapuolista padotusta. Esimerkissä valuma-alueen koko pinta-ala on 80 ha. Nomogrammin mukaan padottavan putken sopiva läpimitta on 0,15 m.

Putkipadon rakentaminen tehdään kaivinkoneella (kuva 11) ennen ojien kunnostamista. Patopenkka pyritään rakentamaan paikalla olevista materiaaleista. Routivilla ja syöpyvillä mailla voidaan joutua käyttämään apuna suodatinkangasta ja/tai kiveystä. Padottavaan putkeen tarvitaan kulmayhde, joka estää veden mukana liikkuvien isojen partikkelien kulkeutumisen putkeen tukkimaan sitä (kuva 12). Usein tarvitaan myös supistinta, jonka avulla putken läpimitta saadaan sovitettua sopivaksi (kuvat 10 ja 12).

Tarvittava materiaali

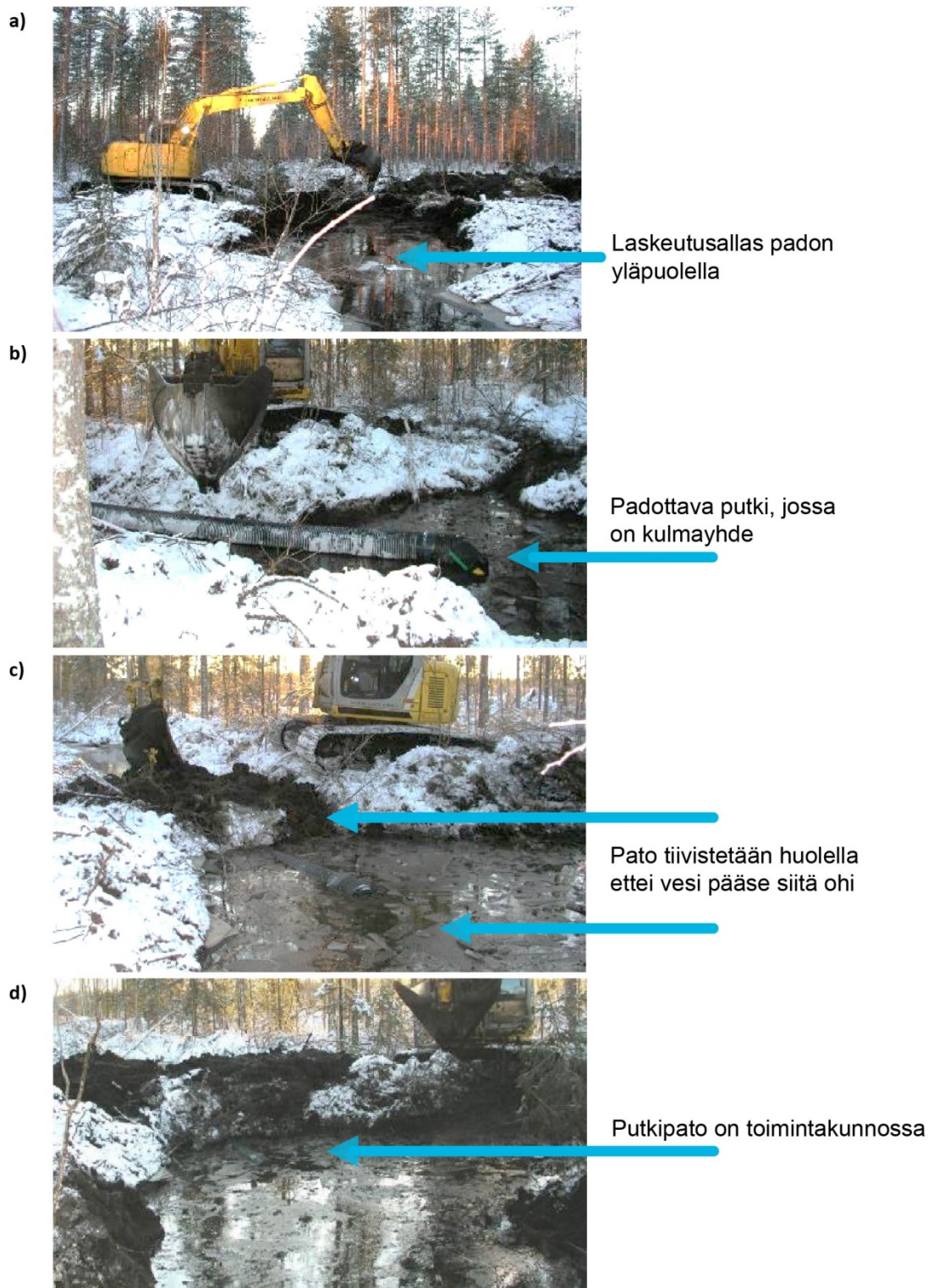
- Rumpuputkia, pituus vähintään 6 m, ulkoläpimitta vähintään 200 mm.
- Kulmayhteitä, jotka pitävät putken pään veden pinnan alla padon yläpuolella ja estävät veden mukana liikkuvien isojen partikkelien kulkeutumisen putkeen tukkimaan sitä (kuva 12). Kulmayhteitä on useimpiin putkiin saatavilla valmiina. Valmiita kulmayhteitä voi tilata myös mittojen mukaan putkivalmistajilta.
- Supistajia, jotka kiinnitetään kulmayhteisiin, jotta putkien läpimitta saadaan sopivan kokoiseksi (kuvat 10 ja 12). Supistajia on myös valmiina saatavilla joihinkin kulmayhteisiin. Supistuksen voi tehdä myös putkeen asennettavasta kannesta tekemällä siihen mitoituksen mukainen aukko.

Rakentamisessa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin

- Kulmayhde tulee asentaa tiukasti kiinni putkeen, apuna voidaan käyttää esim. ruuveja.
- Putken pään ja altaan pohjan välille jätetään mahdollisimman paljon tyhjää tilaa, vähintään 60 cm.
- Putki asetetaan tasaisesti, eikä sen alle saa jäädä kiviä. Putken ympärökset tiivistetään huolellisesti, ettei vesi pääse virtaamaan putken ohi. Tiivistyksessä käytetään mieluiten turvetta.
- Pato rakennetaan 10–30 cm ympäröivää maastoa korkeammaksi ja tiivistetään huolellisesti. Tiivistämiseen suositellaan käytettäväksi turvetta. Padon rakennusmateriaalina vältetään käyttämästä syöpymisherkkää kivennäismaata.
- Padon reunat luiskataan ja tiivistetään huolellisesti.

Toimivuuden seuranta ja ylläpito

Putkien tukkeutumisriski on suuri ojien kunnostustöiden aikana, jolloin ojista voi irrota esimerkiksi turvepaakkuja. Rakenteen toimintaa on seurattava toteutuksen aikana ja varmistettava sen toimintakunto töiden jälkeen. Pato pysyy yleensä hyvin toimintakuntoisena, mutta se kannattaa kuitenkin tarkistaa kaivutöiden jälkeisenä keväänä ja vuosittain sen jälkeen. Toimintakunnon selvittämiseen ja varmistamiseen riittää yleensä putkien läpäisyn tarkistaminen ja mahdollisten tukkeiden poistaminen putkien suulta.



Kuva 11. Putkipadon rakentaminen ojien kunnostusalueelle Keski-Suomeen. a) padon yläpuolelle tuleva allas kaivetaan, b) padottava putki asetetaan perustusten päälle, c) pato tiivistään ja d) pato on toimintakunnossa. Valokuvat Juha Jämsén.



Supistin on asennettu kulmayhteen päähän

Kuva 12. Esimerkki kulmayhteestä, johon on asennettu supistin. Kuvassa kulmayhteen kulma on 45 astetta. Kulma voi olla myös 90 astetta, jos kyseisiä kulmayhteitä on helpommin saatavissa. Valokuva Juha Jämsén.

1.3.5. Pintavalutus Kentät

Toimintaperiaate

Pintavalutus kenttien tarkoitus on ohjata ojaverkostosta tulevat vedet pintavalutukseen ennen kuin ne valuvat vesistöön (kuva 13). Kunnostusojituksen yhteydessä pintavalutus kenttä rakennetaan yleensä tukkimalla kokoojaoja ja ohjaamalla vedet uutta matalaa ojaa pitkin pintavalutukseen varatulle alueelle. Pintavalutus kentän kasvillisuus pysäyttää veden mukana liikkuvaa kiintoainetta. Silloin kun vesi liikkuu hitaasti, myös liuenneita ravinteita voi pidäytyä kasvillisuuteen. Pintavalutus kentän koon tulisi olla vähintään 0,5–1 % koko valuma-alueen pinta-alasta, jotta se toimii tehokkaasti. Suotuisissa olosuhteissa merkittäviä määriä kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita voi pidäytyä pintavalutus kentälle (Nieminen ym. 2015). *Pintavalutus kentät ovat tehokkaimpia suometsien hoidon vesiensuojelurakenteita, joten niitä tulisi käyttää aina kun siihen on mahdollisuus.*

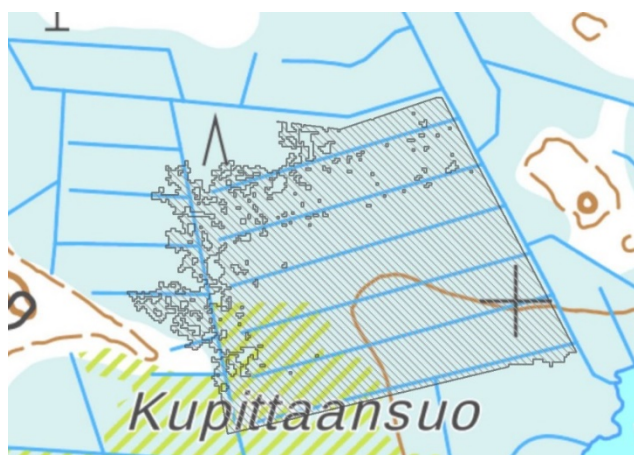
Sijoittelu ojien kunnostusalueelle

Suunnitteilla olevan pintavalutus kentän topografiasta ja pinnan tasosta tarvitaan tarkka tieto ennen lopullista rakentamispäätöstä. Pintavalutus kentät kohottavat pohjaveden pintaa yläpuolisissa ojissa (kuva 14). Pintavalutus kenttiä ei voi rakentaa täysin tasaisille alueille, koska sellaisissa kohteissa ne voivat aiheuttaa tulvimista ja haitata puuston kasvua. Parhaita pintavalutus kenttien rakentamispaikkoja ovat avosuot ja vähäpuustoiset suot, joissa korkealla oleva pohjaveden pinta ei huononna puuston kasvua ja aiheuta taloudellisia tappioita.

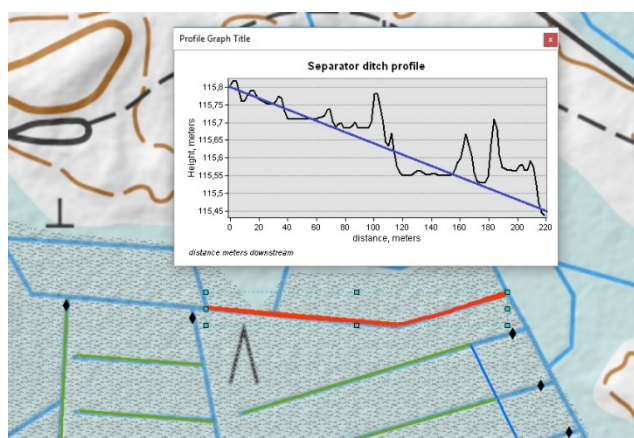
Ennen kuin kokoojaojan tukkimiskohta valitaan, pintavalutukseen johtavan ojan paikka tulee vaaita huolella. Ennakkosuunnittelu voidaan tehdä toimistolla digitaalisten maanpintamallien ja niistä johdettujen ojien pituusprofiilien avulla (kuva 15). Ne tukevat maastotyön suuntaamista potentiaalsiin pintavalutukseen sopiviin kohteisiin. Vaaitukset ja lopullinen tukkimiskohtien ja uusien kaivettavien ojien paikkojen valinta tulee tehdä maastossa käyttämällä apuna vaaituskonetta ja takymetriä.



Kuva 13. Vasemmalla pintavalutuskenttä Keski-Suomessa ja oikealla kuva, jossa ojien kunnostusalueen vesiä johdetaan luonnontilaiselle suolle Itä-Suomessa. Valokuvat Antti Leinonen.



Kuva 14. Kuvan varjostettu alue osoittaa pintavalutuskentän vaikutusalueen Kupittaansuon ojien kunnostusalueella Etelä-Suomessa. Kartta Maanmittauslaito, Juha Jämsén ja Antti Leinonen.



Kuva 15. Esimerkki ojaprofiilimallin käytöstä Kupittaansuon ojien kunnostusalueella, joka on esitetty kuvassa 1. Kuvat Maanmittauslaitos ja Antti Leinonen.

Pintavalutuskenttä

Uusi haarukkaoja



Kunnostamaton oja



Kuva 16. Vasemmalla olevassa kuvassa on kaivettu uusi haarukkaoja (Y), joka johtaa vedet pintavalutuskentälle Itä-Suomessa. Oikealla olevassa kuvassa kaivukatko kokoojaojassa ennen haarukkaojaa ja pintavalutuskenttää. Valokuvat Eva Ring.

Rakentaminen

Pintavalutuskenttä voidaan rakentaa tukkimalla kokoojaoja paikalta löytyvällä maa-aineksella tai muulla materiaalilla (esim. puun rungoilla, suodatinkankaalla), jotta vesi saadaan virtaamaan pintavalutuskentälle (kuva 16). Paras patomateriaali on heikosti maaton turve, sille se kestää veden virtausta ja sitä on helppo käsitellä. Karkearakeinen tai hienoaineksinen maa-aines, jossa on isoja kiviä tai lohkareita, soveltuu tarkoitukseen huonosti, koska vesi läpäisee sen helposti. Tukkimiskohdan tulee olla vähintään 10 m pitkä ja se tulee tukkia tiiviisti. Tukkimiskohtaa voi vahvistaa suodatinkankaalla jos veden virtausnopeus ojassa on suuri. Tukkimisessa käytetty maa-aines painuu vähitellen, joten oja tulee täyttää vähintään puoli metriä ympäröivän maanpinnan yläpuolelle.

Vesi on saatava jakautumaan tasaisesti koko pintavalutuskentälle. Tämä voi edellyttää uuden matalan ojan kaivamista, jotta vesi saadaan johdettua haluttuun kohtaan (kuva 13). Vesien jakamista pintavalutuskentälle voidaan edelleen tehostaa kaivamalla matala haarukkaoja, jonka avulla vedet jaetaan mahdollisimman laajalle pinta-valutukseen varatulle alueelle (kuva 16). Veden tasainen jakautuminen lisää sitä aikaa, jolloin kiintoaine ja ravinteet voivat pidäytyä pintavalutuskentälle. Veden johtamista vain yhteen pisteeseen tulee välttää varsinkin silloin kun veden virtausnopeus on suuri. Pintavalutuskentän suunnittelussa tulee olla erityisen huolellinen alueilla joissa pintavalutukseen kertyy vettä yli 50 ha alueelta.

Materiaalit

Paikalta löytyvää maa-ainesta käytetään ojien tukkimiseen. Tukkimisen viimeistelyyn käytetään puun rankoja tai suodatinkangasta.

Seuranta ja ylläpito

Pintavalutuskentän perustamisen jälkeen tarkastetaan, että vesi virtaa tasaisesti koko kentälle ja tarvittaessa virtausta säädetään.

1.3.6. Laskeutusaltaat

Toimintaperiaate

Laskeutusaltaiden toiminta perustuu veden virtausnopeuden hidastamiseen ja virtaavan veden mukana kulkeutuvien hiukkasten laskeutumiseen altaiden pohjalle painovoiman vaikutuksesta (kuva 17). Laskeutusaltailla pystytään pidättämään tehokkaasti vain kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita.

ta. Laskeutusaltaat ovatkin käyttökelpoinen vesiensuojelutoimenpide sellaisilla ojitusalueilla, joissa ojien pohjamaalaji vaihtelee karkean siltin ja karkean soran välillä. Tällöin laskeutusallas voi poistaa kiintoaineesta keskimäärin 30–50 % ja parhaissa tapauksissa jopa 60–70 % (Joensuu ym. 1999).

Ojien kunnostusta suunniteltaessa on huomattava, että vesiensuojelu ei voi perustua yksinomaan laskeutusaltaisiin, vaan on hyödynnettävä kaikkia alueelle soveltuvia eroosion syntymistä vähentäviä toimia, kuten virtausnopeutta hidastavia rakenteita ja kaivukatkoja syöpyvissä ojissa.

Laskeutusaltaat täydentävät muita vesiensuojelumenetelmiä. Ne eivät ole ensisijainen vesiensuojeluratkaisu varsinkaan paksuturpeisilla ojitusalueilla, joilla ojat eivät ulotu turvekerroksen alla olevaan kivennäismaahan. Laskeutusaltaat eivät pysty merkittävässä määrin pidättämään liikkeelle lähtenyt turvetta. Laskeutusaltaita ei suositella myöskään alueille, joissa ojien pohjamaalaji on pääasiassa savea. Liikkeelle lähtenyt savi ei laskeudu altaan pohjalle. Altaiden vesiensuojeluvaikutusta voidaan edistää yhdistämällä ne pintavalutuskenttään tai suojaikaistaan tai johtamalla altaan vedet perkaamalla jäävän kasvipeitteiseen laskuojaan ennen niiden johtamista alapuoliseen vesistöön. Altaiden tehoa parantaa aina myös putkipadon tai muun padottavan kynnyksen asentaminen altaan alaosaan.

Sijoittelu

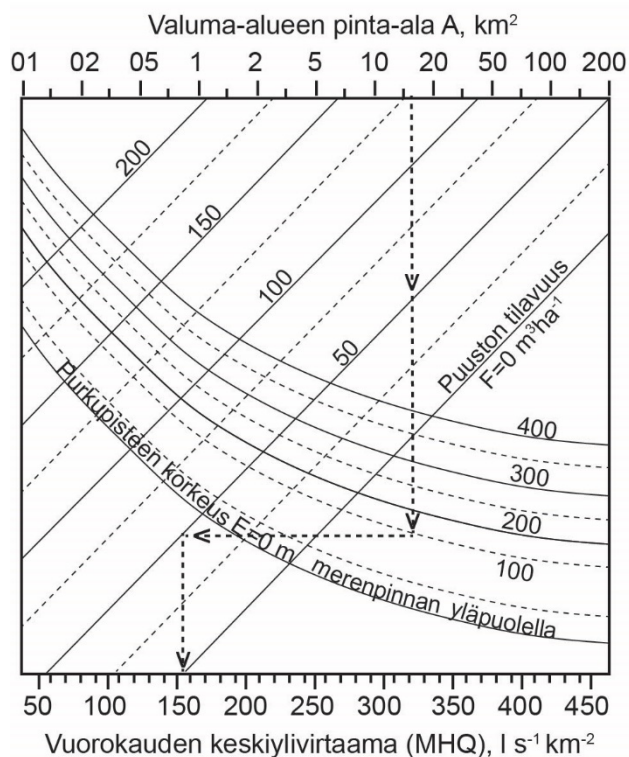
Laskeutusaltaiden koon määrittää niihin tuleva vesimäärä ja ne tulee sijoittaa ojitusalueelle siten, että ne pysyvät toimintakykyisinä. Laskeutusaltaan, jolla voidaan pidättää hienoa hietaa ja sitä karkeampaa maa-ainesta, enimmäisvaluma-alue on 40–50 ha jonka ylittyessä altaan koko kasvaa yleensä käytännön toteutuksen kannalta epäkäytännöllisen suureksi. Tämä tarkoittaa, että isommille ojitusalueille tulee sijoittaa useampia laskeutusaltaita. Ojitushankkeen ainoaan purkupisteeseen sijoitetun laskeutusaltaan sijaan tulee pyrkiä hajautettuun vesiensuojeluun, jolloin oikein mitoitettujen laskeutusaltaiden rakentaminen on mahdollista. Vesi tulee johtaa laskeutusaltaisiin vain yhdestä suunnasta, toisin sanoen laskeutusaltaita ei tulisi rakentaa usean ojan risteyskohtaan.

Laskeutusaltaiden paikan suunnittelussa tulee ottaa huomioon vesimäärien lisäksi maalaji. Altaat tulee sijoittaa ensisijaisesti sellaiselle ojitusalueen osalle, jossa maalaji on moreenia.

Laskeutusaltaita ei pidä rakentaa säännöllisesti tulviville alueille, eikä myöskään alueille, joihin tulee vesiä ojitusalueen ulkopuolelta.



Kuva 17. Vasemmassa kuvassa uusi laskeutusallas Lativassa. Valokuva Zane Lībiete. Oikealla olevassa kuvassa 20 vuotta vanha laskeutusallas Keski-Suomessa. Valokuva Tommi Tenhola.

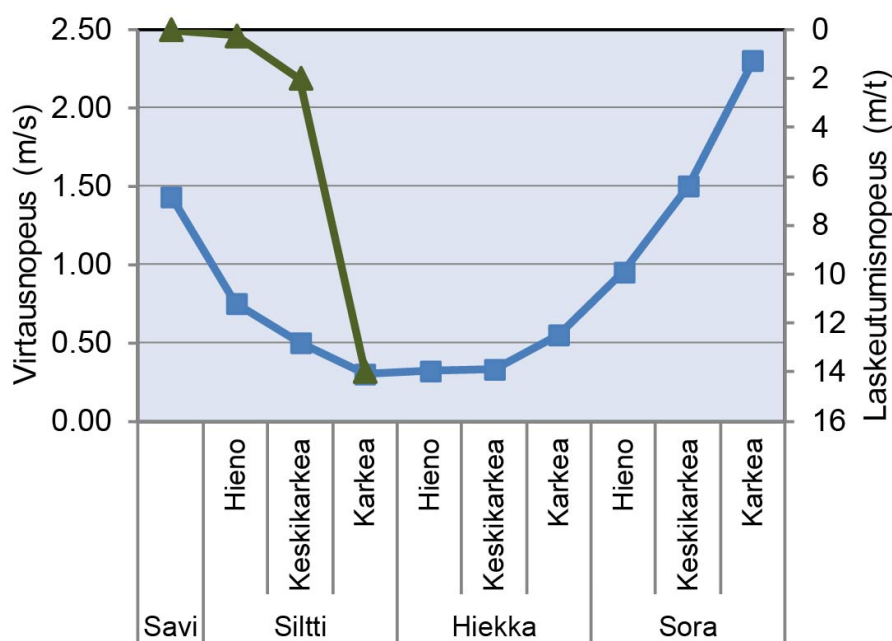


Kuva 18. Nomogrammi, jonka avulla keskiylivirtaaman (MHQ) voi määrittää. $MHQ = 113A^{-1/3} + 0.34E - 1.9F + 158$ (Seuna 1983). MHQ tarkoittaa keskiylivirtaamaa eli vuoden suurinta vuorokauden keskimääräistä virtaamaa. Nomogrammi perustuu 37 pienen eri puolilla Suomea sijaitsevan metsäisen valuma-alueen yli 10 vuoden seurantaan. Esimerkki (kulmikas pisteiviiva) osoittaa, että MHQ on 155 mm ($l/s/km^2$) ojitusalueella, jonka pinta-ala on 16 km^2 (A), purkupisteen korkeus merenpinnasta (E) on 150 m ja puuston keskitilavuus (F) on 50 m^3/ha . Kuva on muokattu Seunan (1983) mukaan.

Rakentaminen

Lasketusaltaat mitoitetaan niihin tulevan vesimäärän perusteella. Lähtökohtana vesimäärän määrittämisessä käytetään keskiylivirtaamaa (MHQ), jolla tarkoitetaan vuoden suurinta keskimääräistä vuorokausivirtaamaa. Keskiylivirtaaman määrittämiseen käytetään usein Pertti Seunan (1983) esittämää metsäisten valuma-alueiden seurannan perusteella laadittua yhtälöä (kuva 18). Altaan mitoittaminen tulvahuipun mukaisesti on perusteltua, sillä suurin osa kiintoaineesta kulkeutuu tulvahuippujen aikana.

Karkeaa silttiä käytetään altaan mitoituksessa tavoitemaalajina. Silloin altaaseen pidättyy kivennäis- maahiukkasia, joiden läpimitta on suurempi kuin 0,02 mm ja laskeutumisnopeus suurempi kuin 1 m/h (kuva 19). On kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi metsämailla tyypillinen karkea siltti- tai hiekkamoreeni sisältää aina myös jonkin verran hienompia lajitteita, jotka eivät välttämättä pidäty karkealle siltille mitoitettuun altaaseen. Altaaseen pidättyy hiukkasia, joiden laskeutumisnopeus (m/h) on yhtä suuri tai suurempi kuin altaan virtaaman ja altaan pinta-alan osamäärä (Q/A). Tätä suhdetta kutsutaan pintakuormaksi. Kun laskeutusaltaat mitoitetaan pintakuormamenetelmällä, määritetään altaaseen tuleva virtaama (Q , m^3/h) ja sitä vastaava vedenpinnan pinta-ala (A , m^2) altaassa. Keskiylivirtaamaa MHQ käytetään altaaseen tulevan virtaaman Q arvioinnissa. Altaan vedenpinnan pinta-alaan vaikuttaa altaan leveyden ja pituuden ohella luiskien kaltevuus sekä vedenpinnan taso mitoituvirtaamaa vastaavalla hetkellä. Suomen olosuhteisiin on kehitetty TASO-hankkeen yhteydessä laskentataulukko altaan yksityiskohtaista mitoitusta varten (<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B03FF2A-8680-4DDB-9B5F-8ABB7EBA7A7F%7D/91698>).



Kuva 19. Veden virtausnopeuden vaikutus eri maalajien kulkeutumiseen ja sedimentoitumiseen. Sininen viiva kuvaa sitä veden virtausnopeutta, joka saa maalajin liikkeelle. Tumman vihreä viiva osoittaa eri maalajien laskeutumisennopeuden virtaamattomassa vedessä.

Allasta mitoitettaessa huomioidaan myös maksimi virtausnopeus, joka mahdollistaa karkean siltin laskeutumisen altaan pohjalle. Veden pyörteisyyttä häiritsee maa-aineksen laskeutumista, ja sen vuoksi suurin sallittu veden virtausnopeus altaassa on 1–2 m/s. Pyörteisyyden välttämiseksi altaaseen ei rakenneta teräviä kulmia ja altaan syvyyden tulee kasvaa asteittain kohti siihen laskevaa ojaa.

Laskeutusaltaan purkupäähän jätetty tai rakennettu kynnyksen tehostaa altaan toimintaa ja lisää sen tehollista pinta-alaa. Virtaamansäätöpadon rakentaminen altaan yhteyteen on suositeltavaa aina kun mahdollista.

Veden tasainen jakaantuminen altaassa lisää altaan toimivuutta, sillä kiintoaineen laskeutumista tapahtuu ainoastaan sillä osalla allasta missä vesi vaihtuu. Laskeutusaltan leveyden ja pituuden suhteen tulisi olla välillä 1:3–1:7. Tavoitteena olevassa pitkänomaisessa altaassa vesi saadaan jakaantumaan tasaisesti koko altaan leveydelle (kuva 20). Laskeutusaltan luiskan kaltevuutta suunniteltaessa tulee huomioida altaan kaivussyvyys sekä maalajin ominaisuudet. Routivilla ja hienojakoisilla mailla altaan luiskien kaltevuus saisi olla enintään 1:2. Maatumattomaan turpeeseen tehtävien altaiden luiskien kaltevuus voi olla suurempi. Luiskia muotoillessa huomioidaan altaaseen joutuneiden eläinten poispääsy tekemällä luiskat riittävän loiviksi eläinten kavuttaviksi. Läjitysmailla varataan tilaa ja maat läjitetään riittävän kauas altaan reunasta. Näin pienennetään luiskien sortumisriskiä ja läjitysmaiden kulkeutumista takaisin altaaseen. Käytännössä läjitysmailla varataan tilaa 2-3 kertaa altaan leveyden verran. Maat tiivistetään ja maisemoidaan kaivun yhteydessä.

Altaan mitoituksessa tulee huomioida myös altaan täytyminen, mikä heikentää altaan toimivuutta. Kun allas on täytynyt riittävästi, pienemmät hiukkaset eivät pidäyntyä altaaseen virtausnopeuden kasvessa. Altaan täytyminen voidaan huomioida mitoituksessa lietevaran avulla. Liettevaralla tarkoitetaan sitä lietekeeroksen korkeutta altaan pohjasta, jonka aiheuttama vähennys altaan vesitilavuudessa ei nosta virtausnopeutta hienojakoisen maalajitteen pidättymisen kannalta liian suureksi. Pohjakulkeuman mukana liikkuvia karkeampia hiukkasia pidättyy altaaseen niin kauan, kuin altaassa on vapaata vesitilavuutta.

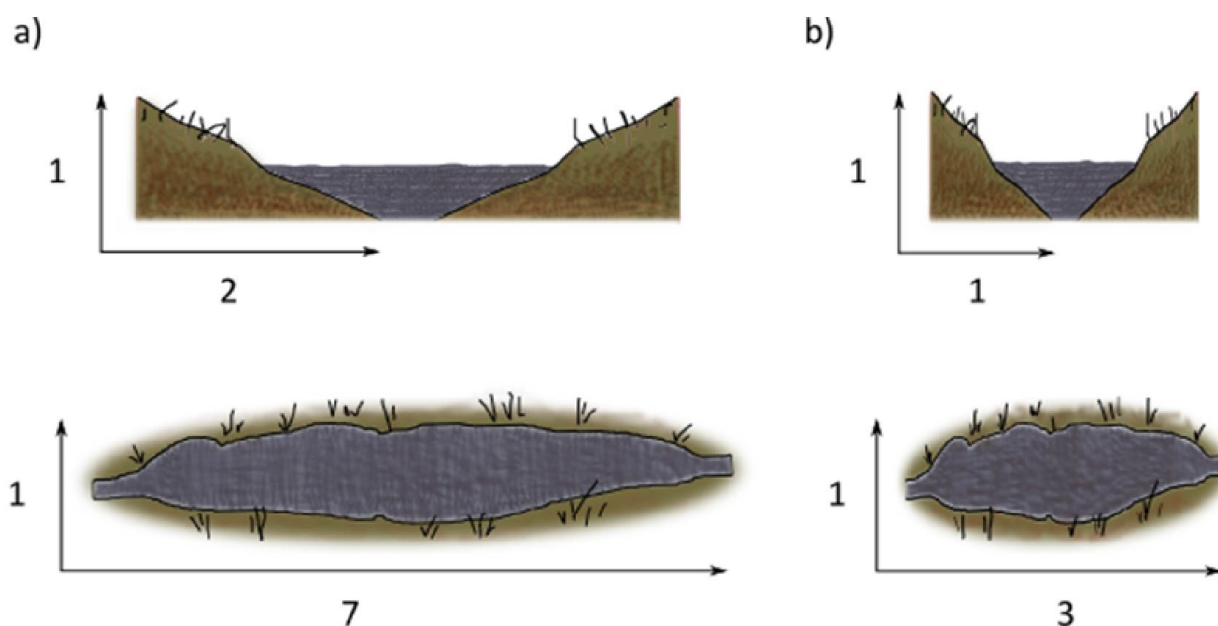
Lietevaran suuruutta arvioitaessa on hyvä huomioida altaan yläpuolisten ojien maalaji, muut eroosioalttiuteen vaikuttavat olosuhdetekijät sekä muiden, ennen laskeutusallasta käytettyjen vesiensuojelurakenteiden vaikutus altaan täyttymisnopeuteen. Mikäli altaan täyttymisnopeuden arvioidaan olevan suuri tai allas sijaitsee sellaisessa paikassa, jossa sen tyhjennys on hankalaa, kannattaa lietevara mitoittaa altaan toimivuuden ja kunnossapidon kannalta suuremmaksi kuin tilanteissa, joissa altaan täyttymisen arvioidaan olevan hidasta tai altaan tyhjennys voidaan järjestää helposti.

Materiaalit

Laskeutusaltaan rakentamiseen tarvitaan kaivinkone. Altaan rakentamisessa tarvittavat materiaalit löytyvät yleensä paikan päältä. Kynnyksen/pohjapadon rakentamisesta on kerrottu tarkemmin kappaleessa 1.3.3. ja putkipadon kappaleessa 1.3.4.

Seuranta ja ylläpito

Laskeutusaltaat tulee suunnitella aina siten, että niille on kulkuyhteys ja ne on mahdollista tyhjentää. Altaan täyttymisaste vaikuttaa merkittävästi sen toimivuuteen. Allas lakkaa toimimasta hienomman aineksen osalta jo huomattavasti ennen kuin allas on kokonaan täyttynyt. Tässä vaiheessa allas on voinut muodostua jo kuormituslähteeksi, josta huuhtoutuu sinne aikaisemmin kerrostunutta kiintoainetta. Altaan täyttymistä on seurattava säännöllisesti ja allas on tyhjennettävä ennen kuin se täyttyy. Altaan tyhjentäminen voi aiheuttaa kuormitusta. Kasvittuneista tai muuten kuormittamattomista altaista ei ole haittaa ja niitä ei ole syytä tyhjentää, vaan ne voi jättää toimimaan kosteikkoina (kuva 21).



Kuva 20. Kaavamainen esitys kahdesta laskeutusaltaasta, luiskat sivulta (ylemmät kuvat) ja altaat ylhäältä nähtynä (alemmat kuvat). a) allas alueella, jossa maalaji on eroosioherkkää (luiskien kaltevuus 1:2 ja pituus/leveys suhde 1:7); ja b) allas alueella, jossa maalaji ei ole eroosioherkkää (luiskan kaltevuus 1:1 ja pituus/leveys suhde 1:3). Kuvat Laura Härkönen.



Kuva 21. Kaksikymmentä vuotta vanha laskeutusallas, jonka kasvillisuus on jo osin vallannut. Allas toimi kuten pieni kosteikko. Valokuva Tommi Tenhola.

2. Virtaamansäätö ja veden pidättäminen

2.1. Johdanto

Joillakin kasvupaikoilla kunnossa olevat ojat ovat tarpeellisia vain ajoittain tai niillä voi ilmetä tarvetta veden pidättämiseen ojien avulla. Ilmaston muuttuessa pitkät kuivat jaksot voivat johtaa virtaamien pienenemiseen, pohjaveden pinnan laskuun ja maaperän kuivumiseen. Ilman lämpötilan nousu lisää myös kasveista sekä maan ja veden pinnasta tapahtuvaa haihduntaa ja lisää kuivuudesta aiheutuvia ongelmia. Näiden lisäksi leudot talvet pienentävät kevätvaluntaa ja vähentävät alkukesän vesivarastoja. Edellä mainitut ilmiöt näkyvät jo veden puutteena Itämeren alueen eteläisimmissä osissa. Samoilla alueilla esiintyy ajoittain myös tulvia ja tilanteita, joissa pohjavesi on korkealla. Kuivuusjaksot ovat kuitenkin paljon yleisempiä kuin märät jaksot.

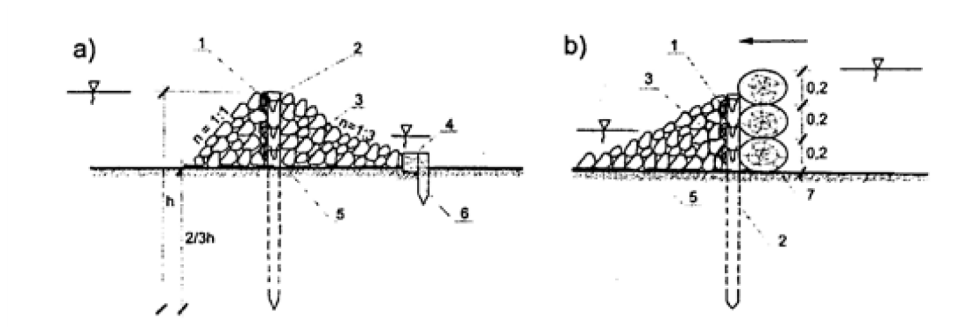
Ojien kunnostus johtaa liian veden pois metsistä. Jos ojaverkostossa ei ole veden virtauksen säätelyyn sopivia rakenteita, kuivat jaksot voivat johtaa liikakuivatukseen. Näin voi tapahtua esimerkiksi tilanteissa, joissa puuston haihdunta säätelee pohjaveden pintaa, ja ojat toimivat ja johtavat vettä pois metsästä. Ojien tulisi pystyä toimimaan kahdella eri tavalla niillä alueilla, joissa märkyys- ja kuivuusjaksot vaihtelevat. Märkinä jaksoina ojien tulisi johtaa vettä pois metsistä ja kuivina jaksoina ne voisivat toimia kastelujärjestelminä, jotka säätelevät tai pysäyttävät veden virtauksen. Ojissa ja puroissa virtauksen säätöön käytetään kahdentyyppisiä patorakenteita: rakenteita, jotka vakioivat yläpuolisen alueen pohjaveden pinnan tai patorakenteita, jotka säätelevät pohjaveden pintaa tarpeen mukaan. Seuraavissa kappaleissa kuvataan kuinka näitä virtaamansäätörakenteita käytetään Puolasassa. Virtaamansäätörakenteita esiteltiin myös kappaleissa 1.3.3. ja 1.3.4., mutta niissä esiteltyjen patorakenteiden päätarkoitus oli estää kiintoaineen ja ravinteiden huuhtoutuminen vesistöihin. Patorakenteita suunniteltaessa on huomioitava niiden vaikutus eroosioon ja luonnon monimuotoisuuteen. On myös noudatettava voimassa olevaa lainsäädäntöä ja sertifioituissa metsissä sertifiointistandardeja.

2.2. Patorakenteet

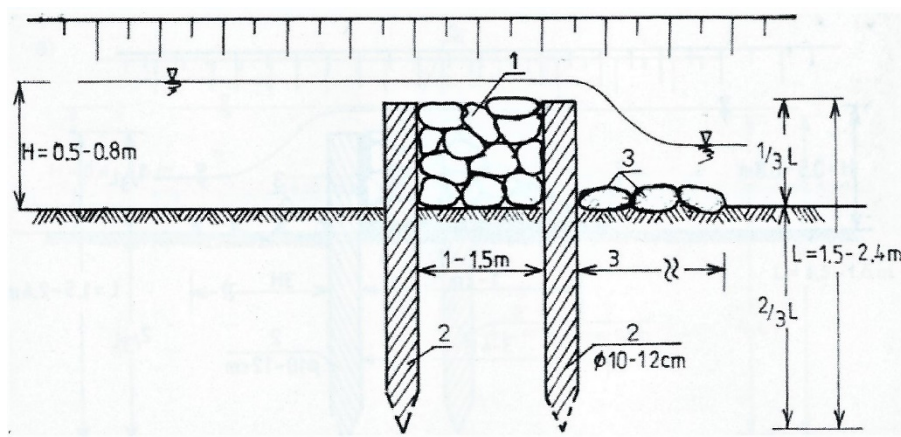
2.2.1. Pohjaveden pinnan vakioivat patorakenteet

Pohjapatoja rakennetaan ojiin tai muihin uomiin säätelemään virtaamaa ja nostamaan pohjaveden pintaa yläpuolisella alueella (kuvat 22–24). Pohjapatoja käytetään erityisesti märillä mailla, sillä niiden etuna on, etteivät ne vaadi ylläpitoa. Pohjapatoja käytetään myös alueilla, joissa pohjaveden pinta pidetään korkealla kun halutaan hidastaa orgaanisen aineen (turpeen) hajoamista.

Metsäalueilla pohjapadot rakennetaan yleensä puusta ja/tai kivistä ja puurakenteesta. Pohjapadot ovat yleensä matalia (10–50 cm korkeus). Paikalliset olosuhteet tulisi huomioida korkeutta säädettyessä. Yleisimpiä ovat alle 25 cm korkeat pohjapadot, tosin nekin muodostavat kulkuesteen joillekin kaloille ja muille eliöille. Kulkuesteen voi poistaa rakentamalla luonnonmukaisia ”kalaportaita” pohjapatojen yhteyteen (kuvat 25 ja 26). Esimerkki puroon maa-aineksista rakennetusta pohjapadosta on esitetty kuvassa 27.



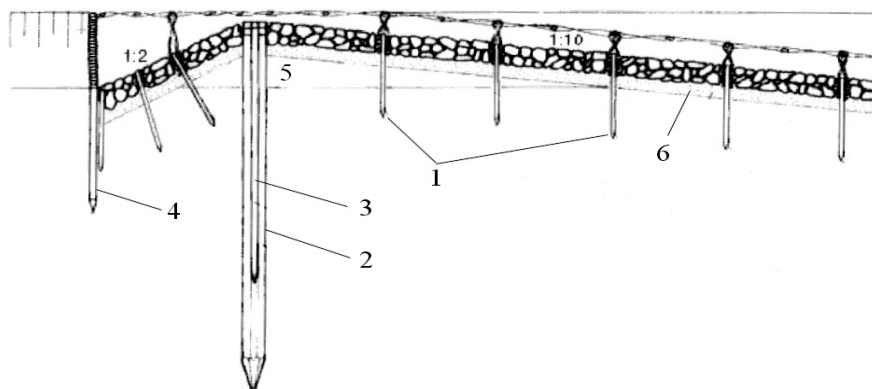
Kuva 22. Pohjapatoja, jotka on rakennettu: a) puusta ja kivistä; b) puutavarasta ja kivistä. 1 – rima, 2 – paalu, 3 – kiviä, 4 – palkki, 5 – suodatinkangas, 6 – pieni teräväkärkinen paalu, 7 – runko, h – rungon korkeus. Kuvat Jędryka.



Kuva 23. Puupaaluista ja kivistä rakennettu pohjapato: 1 ja 3 – kiviä, 2 – puupaaluja. Kuva Waldemar Mioduszewski.



Kuva 24. Puusta rakennettu pohjapato. Valokuva Andrzej Rys'.



Kuva 25. Kalaportilla varustetun pohjapadon poikkileikkauspiirros.: 1 – nippu puutappeja (1 m korkeita). 2 – puinen seinämä, 3 – paaluja (0,2 m läpimitta), 4 – puutappeja (1,3 m pitkiä), 5 – savea, 6 – kivikorimatto. Kuva Stepaniuk.



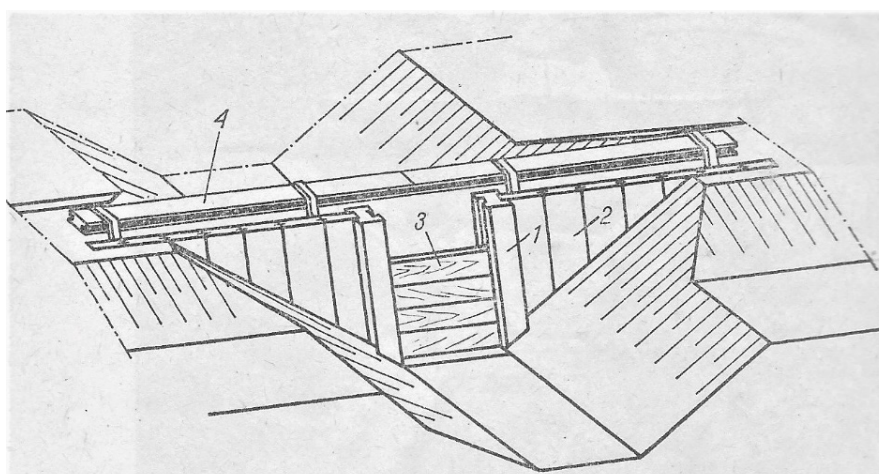
Kuva 26. Pohjapatoja, joissa on kalaportaat. Patojen kynnykset on rakennettu matalana puron koko leveydelle, jotta korkeusero puron pohjan kanssa olisi mahdollisimman pieni (FAO 2002). Valokuvat Andrzej Rys’.



Kuva 27. Puron poikki kivistä ja puumateriaalista rakennettu pato, joka on peitetty maa-aineksella. Valokuva Andrzej Rys’.

2.2.2. Patorakenteet, jotka säätelevät vedenpintaa

Patorakenteita, jotka säätelevät vedenpintaa ja kontrolloivat virtaamaa käytetään pohjaveden pinnan nostamiseen kuivien jaksojen aikana (kuivatuksen säätö). Tähän tarkoitukseen käytettävissä padossa on sulkuluukku (kuvat 28 ja 29). Patojen vedenpidätyskyky perustuu pääasiassa siihen kuinka nopeasti ojassa tai purossa oleva vesi suodattuu pohjaveteen. Joissakin tapauksissa sulkuluukuin varusteltuja patoja käytetään myös edistämään sadeveden suotautumista pohjaveteen. On kuitenkin huolehdittava, ettei vesi suotaudu liiallisesti pohjaveteen ja aiheuta maaperän kuivumista. Lisäksi on huomioitava kalojen ja vesieliöiden esteetön kulku säännöstellyssä uomassa. Joskus tavoiteltu vaikutus saavutetaan muuttamalla vain vähän veden virtaussuuntaa alueen lasku-uomassa tai laajentamalla ojaverkostoa. Molemmat toimenpiteet pienentävät veden virtausnopeutta.



Kuva 28. Pieni puinen pato, jossa on sulkuluukku. 1 – tukipuu, 2 – seinämä, 3 – laudat veden korkeuden säätelyyn, 4 – jalankulkusilta huoltoon varten. Kuva Zygmunt Rytel.



Kuva 29. Puroon rakennettu, sulkuluukulla varusteltu pato pohjavedenpinnan säätelyyn. Valokuva Michał Wróbel.

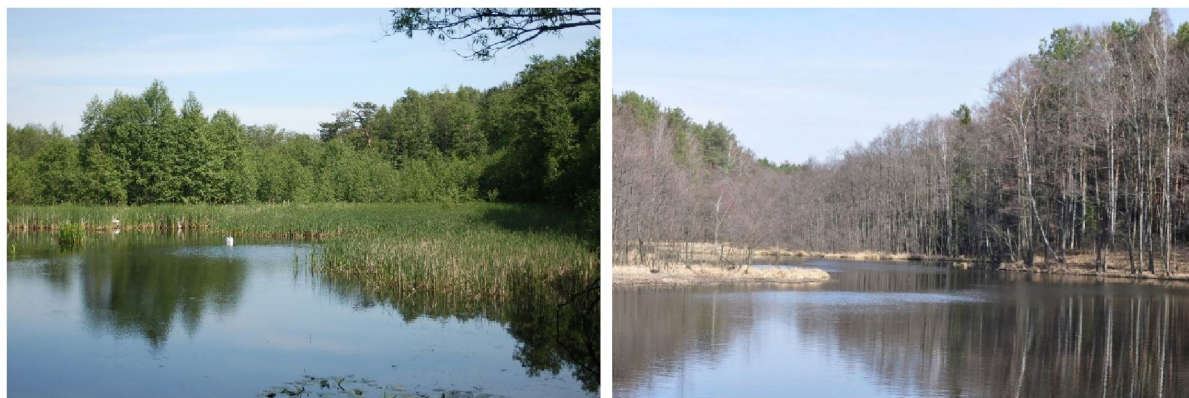
2.2.3. Patoaltaat

Patoaltaita voidaan käyttää veden pidättämiseen metsäalueilla (kuvat 30–33). Altaiden pinta-ala on yleensä pieni, muutamasta aarista muutamaan hehtaariin, yleensä ei yli 5 ha. Altaiden rakentaminen perustuu hydrologisiin laskelmiin, joissa otetaan huomioon: i) mahdollisuus täyttää allas valuma-alueelta tulevan pintavalunnan avulla ja joissakin tapauksissa myös pohjavedellä ja sadevedellä, ja ii) altaan mahdollisuus toimia sille asetetussa tehtävässä. Altaan ominaisuuksiin vaikuttaa sen koko, sijoittelu, hydrogeologiset olosuhteet, ympäröivän alueen luonnonolosuhteet ja altaaseen tulevan veden laatu. Joskus altaat keräävät vain pieniä vesimääriä ja niiden vaikutus metsiin on pieni, mutta niiden ekologinen merkitys on suuri. Ne voivat olla esimerkiksi avoimia vesipintoja metsän keskellä, lintujen ja sammakkoeläinten pesäpaikkoja ja luonnonvaraisten eläinten suojapaikkoja. Altaat säätelevät myös paikallista mikroilmastoa. Altaiden suunnittelussa tulee huomioida ympäristövaikutukset.

Altaan sijaintipaikassa tulee olla saatavilla riittävästi vettä ja maaperän tulee olla rakentamiseen so-piva, muuten perustamiskustannukset voivat nousta liian korkeiksi. Tilanteen mukaan allasta raken- nettaessa tulisi huomioida eläinten pääsy veden äärelle ja altaan helppo saavutettavuus, esimerkiksi jos altaasta otetaan vettä palontorjuntaan tai kasteluun. Altaaseen tulisi lisätä pieniä saarekkeita, jotka lisäävät altaan merkitystä vesilinnuille. Altaan muoto tulisi olla luonnonmukainen ja allas tulisi maisemoida. Allas tulisi suunnitella myös siten, että ylläpito- ja huoltotarve on mahdollisimman vä- häinen. Mikäli altaalla on käyttöä turistikohteena, myös turismin tarvitsemat rakenteet tulisi huomi- oida ja altaan veden laatua tulisi seurata. Lukuisilla pienillä altailla on suurempi ekologinen merkitys kuin yhdellä isolla altaalla.



Kuva 30. Pieni patoallas vuoristoalueella Puolassa. Valokuvat Michał Wróbel.



Kuva 31. Patoallas alankoalueen metsässä Puolassa. Valouvat Andrzej Stolarek.



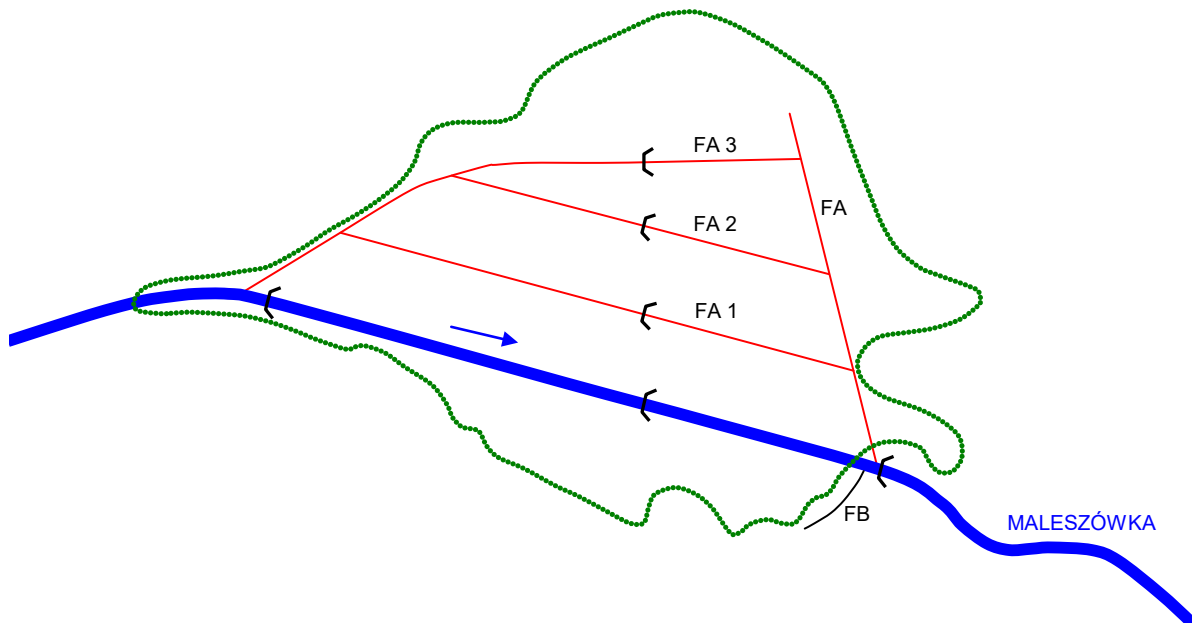
Kuva 32. Patoaltaan lasku-uomassa oleva pohjapato Puolassa. Valokuva Edward Pierzgalski.



Kuva 33. Hydraulisia rakenteita, jotka kontrolloivat veden virtausta patoaltaasta. Valokuvat Michał Wróbel.

2.2.4. Ojitettujen soiden ja kosteikkojen hydrologian ennallistaminen

Ojitettujen soiden ja kosteikkojen hydrologia voidaan ennallistaa tilanteessa, jossa tavoitteena on veden pidättäminen alueella. Ennallistamisella tavoitellaan liian kosteuden tai kuivuuden hallintaa suo- tai kosteikoalueella tai joissakin tapauksissa koko valuma-alueella. Suot ja kosteikot ovat tärkeitä luonnon monimuotoisuuden kannalta, ja tavoitellun kasvillisuussukcession käynnistämiseksi pohjaveden pinta tulisi pitää kasvupaikasta riippuen 20–40 cm syvyydessä maanpinnasta. Kuvissa 34 ja 35 on esimerkkejä kosteikoista, jotka on ennallistettu rakentamalla virtaamansäätöpadot, jotka pysäyttävät veden ulosvirtauksen.



Kuva 34. Esimerkki puolalaisesta suoalueesta, jonka ojiin on rakennettu useita virtaamansäätöpatoja pohjaveden pinnan korkeuden säätelemiseksi. Suoalueen raja on merkitty vihreällä katkoviivalla, Malaszówka joki sinisellä viivalla, ojat punaisella viivalla ja virtaamansäätöpädat mustin käyräviivoin.



Kuva 35. Kosteikko ennen (vasemmalla) ja jälkeen (oikealla) ennallistamisen. Valokuvat Katarzyna Winiczenko.

Käsitteitä

Haarukkaaja kaivetaan haarukan muotoon veden johtamiseksi tasaiseen virtaukseen pintavalutus-kentän läpi.

Ojien kunnostus (kunnostusojitus) on vanhojen ojien perkausta ja pienimuotoista täydennysojitusta. Sen tarkoituksena on puuston kasvun ylläpitäminen tai lisääminen.

Kokoojaoja kokoaa kuivatusojien vedet ja johtaa ne vesiensuojelurakenteiden kautta pois kunnostet-tavalta alueelta tai isommilla ojien kunnostualueilla laskuojaan.

Kuivatusojat (sarkaojat) johtavat vedet kokoojaojaan.

Kaivukatkot ovat ojanosia, jotka on jätetty kaivamatta ojien kunnostuksen yhteydessä. Tavoitteena on tällä tavoin vähentää veden virtausnopeutta, vähentää eroosiota itse kaivukatkon alueelta sekä pidättää liikkeelle lähtenyt kiintoainetta kaivukatkoksi jätettyyn ojanosaan.

Lietekuopat ovat levennettyjä ja syvennettyjä kuivatusojien ojanosia. Lietekuopat (tilavuus 1–2 m³) keräävät liikkeelle lähtenyt kiintoainetta ja ehkäisevät sen päätymistä alapuolisiin vesiin.

Laskeutusaltaat ovat altaita, jotka on rakennettu kokoojaojiin lähelle ojitusalueen purkupistettä. Altaissa veden virtausnopeus pienenee ja tavoite on, että liikkeelle lähtenyt kiintoaine pidättyy altaan pohjalle eikä huuhtoudu alapuolisiin vesistöihin.

Laskuojat kokoavat isommilla ojitusalueilla kokoojaojien vedet ja johtavat ne pois ojitusalueelta. Laskuojia ei yleensä kunnosteta.

Patoaltaat ovat altaita, jotka on rakennettu veden pidättämiseksi metsäalueille. Niillä on usein mer-kitystä myös luonnon monimuotoisuuden kannalta.

Virtaamansäätöpado ovat ojitusalueelle rakennettuja patoja, joilla voidaan säädellä veden virtaus-nopeutta kunnostettavan alueen ojastossa ylivirtaamakausiin, esimerkiksi padon läpi asennet-tujen putkien avulla. Virtaamansäätöpatoja, joissa virtaaman säätö tapahtuu läpivientiputkien avulla, kutsutaan myös putkipadoiksi. Virtaamansäätöpado vähentävät kiintoaineen ja partik-kelimaisten ravinteiden huuhtoutumista alapuolisiin vesistöihin. Virtaamansäätöpatoja voi-daan käyttää myös veden pidättämiseen metsäalueella kuivuuskausien varalta.

Pintavalutuskentät ovat luontaisia tai rakennettuja kenttiä, joille ojien kunnostusalueen vedet johde-taan. Pintavalutuskentän suositeltava pinta-ala on 0,5–1 % valuma-alueen pinta-alasta.

Pohjapadot ovat kunnostettavan alueen kokoojaojien pohjan poikki kivistä ja puusta rakennettuja rakenteita, joiden tehtävänä on pienentää veden virtausnopeutta ja sitä kautta edistää liikkeel-le lähteneen kiintoaineen sedimentoitumista (katso kappale 1.3.3.). Pohjapatoja voidaan käyt-tää myös pohjaveden pinnan säätelyyn metsäalueella esim. estämään liika kuivuminen ja tur-peen hajoaminen.

Taulukko 1. Kivennäismaalajitteiden luokitus kansainvälisen standardoimisjärjestön (ISO) 14688–1:2017 mukaan. Suomennos epävirallinen.

Maalajite	Alalajite	Partikkelikoko, mm
Hyvin karkearakeinen maa	Suuri lohkare	>630
	Lohkare	>200 – ≤630
	Kivi	>63 – ≤200
Karkearakeinen maa	Sora	>2.0 – ≤63
	Karkea sora	>20 – ≤ 63
	Keskikarkea sora	>6.3 – ≤20
	Hieno sora	>2.0 – ≤6.3
	Hiekka	>0.063 – ≤ 2.0
Hienorakeinen maa	Karkea hiekka	>0.63 – ≤2.0
	Keskikarkea hiekka	>0.20 – ≤0.63
	Hieno hiekka	>0.063 – ≤ 0.20
	Siltti	>0.002 – ≤0.063
Hienorakeinen maa	Karkea siltti	>0.02 – ≤0.063
	Keskikarkea siltti	>0.0063 – ≤0.02
	Hieno siltti	>0.002 – ≤0.0063
	Savi	≤0.002

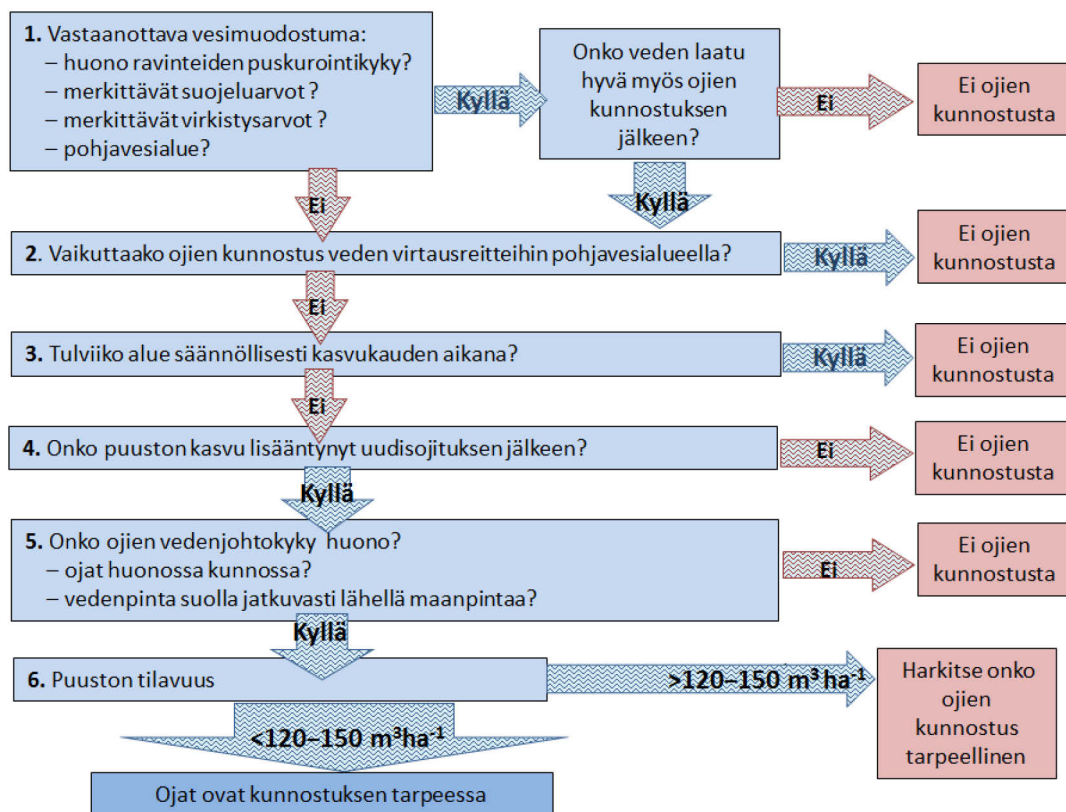
Viitteet

- FAO. 2002. FAO/DVWK: Fish passes – Design, dimensions and monitoring. Rome. 119 s.
- Finér, L., Čiuldienė, D., Lībietė, Z., Lode, E., Nieminen, M., Pierzgalski, E., Ring, E., Strand, L. & Sikström, U. 2018. WAMBAF – Good Practices for Ditch Network Maintenance to Protect Water Quality in the Baltic Sea Region. Natural resources and bioeconomy studies 25/2018. 35 s. Luonnonvarakeskus. Helsinki. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542099/luke_luobio_25_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Finér, L., Čiuldienė, D., Lībietė, Z., Lode, E., Nieminen, M., Pierzgalski, E., Ring, E., Strand, L. & Sikström, U. 2019. WAMBAF – Hyvät käytännöt kunnostusojituksen vesiensuojeluun Itämeren alueelle: Lyhennetty versio. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 19 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/543727>
- Finér, L., Härkönen, L., Jämsén, J., Joensuu, S., Leinonen, A., Andersson, E., Ågren, A., Čiuldienė, D., Lībiete, Z., Lohmander, A., Pierzgalski, E., Ring, E. & Sikström, U. 2020. Manual for constructing water protection structures at ditch network maintenance sites and for water retention in forests. Natural resources and bioeconomy studies. Painossa. Luonnonvarakeskus. Helsinki.
- International Standard ISO 14688-1:2017 Geotechnical investigation and testing -- Identification and classification of soil – Part 1.
- Joensuu, S., Ahti, E. & Vuollekoski, M. 1999. The effects of peatland forest ditch maintenance on suspended solids in runoff. Boreal Environmental Research 4: 343–355.
- Marttila, H. 2010. Managing erosion, sediment transport and water quality in drained peatlands. Acta Universita Ouluensis. C 375.
- Nieminen, M., Kaila, A., Koskinen, M., Sarkkola, S., Fritze, H., Tuittila, E-S., Nousiainen, H., Koivusalo, H., Laurén, A., Ilvesniemi, H., Vasander, H. & Sallantausta, T. 2015. Natural and restored wetland buffers in reducing sediment and nutrient export from forested catchment: Finnish experiences. In: Vymazal, J. (toim.) The role of natural and constructed wetlands in nutrient cycling and retention on the landscape. ss. 57–72. Springer, Sveitsi
- Nieminen, M., Piirainen, S., Sikström, U., Löfgren, S., Marttila, H., Sarkkola, S., Laurén, A. & Finér, L. 2018. Ditch network maintenance in peat-dominated boreal forests: Review and analysis of water quality management options. *Ambio* 47: 535–545. [Doi.org/10.1007_s13280-018-1047-6](https://doi.org/10.1007_s13280-018-1047-6).
- Seuna, P. 1983. Small basins – a tool in scientific and operational hydrology. Publications of the Water Research Institute 51. Helsinki 61 s.

Liite

Päätöksentekokaavio ojien kunnostustarpeen määrittämiseen.

Onko ojien kunnostus tarpeen?





luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000