

UPPOPUUN RAVINTEIDEN SIDONNAN
HYÖDYNTÄMINEN
METSÄOJIEN VESIENSUOJELUSSA

KALA- JA RIISTAELINYMPÄRISTÖPAINOTTEINEN
VALUMA-ALUEKUNNOSTUS VALTION ALUEILLA-hanke

Oikarinen Joni

Opinnäytetyö

Metsätalous
Metsätalousinsinööri (AMK)

2022

Metsätalous
Metsätalousinsinööri (AMK)

Tekijä	Joni Oikarinen	Vuosi	2022
Ohjaaja	Jussi Soppela		
Toimeksiantaja	Metsähallitus Eräpalvelut		
Työn nimi	Uppopuun ravinteiden sidonnan hyödyntäminen metsäojien vesiensuojelussa		
Sivumäärä	25		

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin PuuMaVesi-hankkeessa kehitettyä uppopuuhun pohjautuvan vesiensuojelumenetelmän soveltamista metsäojissa. Tavoitteena oli kehittää toimiva ja käyttökelpoinen menetelmä vesiensuojelussa käytettäväksi ja tutkia sen vaikutusta ja kustannuksia koealueilla. Nykyään käytössä olevat vesiensuojelumenetelmät keskittyvät kiintoainekuormituksen vähentämiseen, mutta uppopuuhun pohjautuva menetelmä puhdistaa veteen liuenneita ravinteita, humusta ja metalleja.

Tutkimus toteutettiin etsimällä uppopuun lisäämiselle sopivia ojituskohteita ja toteuttamalla ne käytännössä. Kohteiden toteutuksen aikana kerättiin tietoa käytännön toteutuksen haasteista, kehitysideoista ja kustannuksista. Alkuperäisen suunnitelman mukaan toteutettuja koealueita olisi seurattu silmämääräisesti useammalla maastokäynnillä ja niiden toimivuutta tutkittu vesinäyttein. Opinnäytetyön koealueet on toteuttanut Metsähallituksen Lapin Eräpalvelut Kala- ja riistaelin ympäristöpainotteinen valuma-aluekunnostus-hankkeessa.

Työn aikana havaittiin, ettei puukäsittelylle sopivia kohteita ole kaikilla ojitusalueilla. Koealueiden toteutukset viivästyivät ja siirtyivät kasvukauden loppuun, minkä vuoksi vesiensuojeluvaikutuksia ei päästy vesinäyttein tutkimaan. Koekohde toteuttaneelta työporukalta saatiin havaintoja ja kokemuksia puukäsittelyn toteutuksesta. Puutavaran valmistus ja lähikuljetus konevoimin esimerkiksi hakuiden yhteydessä arvioitiin eniten työtä nopeuttavaksi parannukseksi. Opinnäytetyön tuloksena saatiin käsitys, siitä miten puuta voitaisiin ojatasolle lisätä ja minkä hintaista se voisi käsityönä toteutettuna olla.

Forestry
Forestry Engineer

Author	Joni Oikarinen	Year	2022
Supervisor	Jussi Soppela		
Commissioned by	Metsähallitus Wildlife Service Finland		
Subject of thesis	Adding wood material to ditches as a water cleaning method		
Number of pages	25		

The aim of the thesis is experimenting and studying use of wood material as a water cleaning method for peatland draining waters. This method is included in the PuuMaVesi-project of the Finnish Environment Institute. It was found that adding wood to settling reservoirs effectively decreased the amount of nutrients and metals in water. In the test sites of the study, the method was used directly in ditches.

To study the method, three experiments were put in practice. During the study opinions on the actual work, improvement ideas and data about costs was collected. Originally the plan was to take water samples from ditches. The thesis was carried out as part of Metsähallitus Wildlife Service Finland's fish and game-based basin restoring project.

The thesis had three main goals. The first aim was to develop a suitable method for adding wood in ditches. The second aim was to study what effects treatment would have on ditch-water properties. This was planned to be carried out by taking and analysing water samples from ditches. This part was finally left out, because building the test structures was delayed from June to late October and it was presumed that biofilm, which is essential to the cleaning process, would not be formed fast enough in cold temperature to have any effects before winter. The third goal was to calculate the price for the method based on resources used in three test sites. Ideas about using and improving the method were also collected. It was found that wood can be added in loose bundles, which could resist surprisingly strong flows. Costs seemed to be reasonable, and would probably drop significantly if logs could be prepared and put in place with forestry machines. This requires that there would be logging in the same area.

Key words

biofilm, peatland, wood-treatment, water protection

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 METSÄOJITUSTEN VESISTÖVAIKUTUS	7
2.1 Vanhojen ojitusalueiden kuormitus	7
2.2 Metsäojien kuormituksen vaikutukset vesistöissä	8
2.3 Puuaineksen vaikutus vedenlaatuun	9
3 KOEJÄRJESTELY JA KOKEIDEN TULOKSET	11
3.1 Koealueiden valinta	11
3.2 Toteuttavat koealueet	12
3.2.1 Hamara-aapa	12
3.2.2 Perälampi	13
3.2.3 Tammilampi	15
3.3 Havainnot	16
3.3.1 Kustannukset	17
3.4 Käsittelyn lyhyen aikavälin vaikutukset	18
4 POHDINTA	22
LÄHTEET	24

1 JOHDANTO

Metsäojitus on avohakkuiden ohella tulenarka aihe suomalaisessa metsäkeskustelussa. Yli puolet Suomen suoalasta on ojitettu, minkä seurauksena merkittävä osa maamme suoluontotyypeistä on uhanalaistunut. Nykyään huomattava osa ojituksista on osoittautunut taloudellisesti kannattamattomiksi ja lisäksi on suuri joukko kohteita, joilla seuraavan puusukupolven kasvattaminen ei enää kannata. Toisaalta suuri osa Suomen puuvarannosta kasvaa turvemailla ja näiden merkitys metsäteollisuudelle kasvaa lähivuosina.

Viime vuosina metsätalouden ja yleisesti ihmistoiminnan ympäristövaikutuksista on ruvettu keskustelemaan. Monimuotoisuuden vähentyminen ja ilmastonmuutos ovat globaali uhka yhteiskunnille. Suomen ilmastoasioissa suot ja turvemaat ovat metsien ohella huomattavassa roolissa. Ne toimivat hiilinieluinä ja päästölähteinä ja niiden käyttö vaikuttaa luonnon monimuotoisuuteen. Erityisesti turvemaiden käsittely puhuttaa, sillä hyväkasvuiset turvemaat toisaalta sitovat hiiltä tehokkaasti, päästäen samalla hiilidioksidia ilmakehään ja ravinnepäästöjä vesiin. Uusimpien tutkimusten mukaan ravinne- ja hiilipäästöt eivät välttämättä vähenekään ajan myötä (Luonnonvarakeskus 2017) eivätkä nykyiset vesiensuojelumenetelmät ole riittävän tehokkaita erityisesti liukoisten aineiden pysäyttämiseksi. Uusia metsänkäsittelyn ja vesiensuojelun keinoja siis tarvitaan.

Puun käyttöä vesiensuojelussa on tutkittu Suomen ympäristökeskuksen vetämässä ”Puupohjaisilla uusilla Materiaaleilla tehoa Vesiensuojeluun” -hankkeessa. Hankkeessa tehtiin erittäin kattava kansainvälinen kirjallisuuskatsaus upopuun vesistövaikutuksista ja tutkittiin puun vaikutuksia vedenlaatuun ja eliöstöön usein laboratorio- ja kenttäkokein. Hankkeessa saatiin hyviä tuloksia menetelmän käytöstä laskeutusaltaissa. Tulva-aikana kiintoaineskuormitus väheni parhaimmillaan jopa 77 prosenttia ja ravinne- sekä humuspitoisuudet 40 prosenttia. Lisäksi veden kemiallinen hapenkulutus aleni, metallipitoisuudet vähenivät huomattavasti ja laskeutusaltaiden pohjaeläinten yksilö- ja lajimäärät moninkertaistuivat. (Suomen ympäristökeskus 2021b.)

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää PuumaVesi-hankkeen opeilla toimiva, kustannustehokas vesiensuojelumenetelmä ojasolla käytettäväksi. Tavoitteena on

mahdollisimman yksinkertainen menetelmä, jota voidaan toteuttaa nopeasti ja kustannustehokkaasti ilman erillistä koulutusta tai erikoiskalustoa paikan päällä olevista materiaaleista, toisin sanoen puusta. Tämänkaltaisella menetelmällä olisi kysyntää valuma-alueiden kunnostuksissa ja turvemaiden vesiensuojelussa. Parhaimmillaan menetelmää voitaisiin toteuttaa käytännössä perinteisten vesiensuojelun rinnalla.

Tutkimus- ja kehitystyö toteutetaan suunnittelemalla ja toteuttamalla kolme kohdetta. Kohteita havainnoitaisiin maastokauden aikana aistinvaraisesti ja vesinäyttein. Aluksi seulotaan mahdollisesti soveltuvia kohteita kaukokartoitusaineistoista, minkä jälkeen kohteet käydään tarkastamassa maastossa ja suunnitellaan toimenpiteet. Kohteiden toteutuksen aikana kerätään kustannustietoja ja kehitysideoita. Kohteiden toteutuksen jälkeen käydään tutkimassa rakenteiden kestävyttä, biofilmin muodostumista ja muita mahdollisia havaintoja, sekä otetaan vesinäytteet menetelmän vettä puhdistavan vaikutuksen tutkimiseksi.

- Tämän työn keskeiset tutkimuskysymykset ovat seuraavat:
- Miten puuta kannattaa lisätä ojiin?
- Minkälainen vesiensuojeluvaikutus suoraan ojaan lisätyllä puumateriaalilla saadaan?
- Kuinka paljon puun lisääminen ojiin käsityönä maksaa?

2 METSÄOJITUSTEN VESISTÖVAIKUTUS

Ensimmäiset metsätaloudelliset ojitukset Suomessa tehtiin 1900-luvun alkupuoliskolla. Sotien jälkeen ojitustahti kiihtyi ollen suurimmillaan 1960–1970-luvuilla. Käytännössä soiden ojittaminen maassamme on päättynyt parikymmentä vuotta sitten. Nykyään vanhojen ojitusalueiden kunnostusojitus on käytännössä ainoa tehtävä metsäojituksen muoto. (Finér ym. 2020, 10–11.)

Metsäojituksen vaikutukset Suomessa ovat merkittävät. Ojitukset ovat lisänneet merkittävästi metsämaata ja puuntuotantoa. Suomen metsätalousmaasta kolmannes on ojitettua suota ja turvemaita tapahtuu merkittävä osa etsien kasvusta (Korhonen ym. 2021). Toisaalta ojitukset ovat aiheuttaneet merkittäviä haittoja soiden monimuotoisuudelle. Nykyään 54 % suoelinympäristöistä on uhanalaisia. Suurin uhanalaistumisen syy on metsäojitus (Kaakinen ym. 2018, 134,143). Suomen uhanalaisista lajeista 4,5 prosenttia (120 lajia) elää soilla (Hyvärinen, Juslén, Kempainen, Uddström & Liukko 2019, 52).

2.1 Vanhojen ojitusalueiden kuormitus

Vaikka metsäojituksen huippuvuosista on aikaa vuosikymmeniä, ovat ojituksen vaikutukset edelleen läsnä. Tutkimukset ovat osoittaneet, että metsäojituksen haitalliset vesistövaikutukset jatkuvat luultua pidempään. Finér ym. (2020, 12) viittaavat Ahtiaiseen ja Huttuseen (1999) ja Lepistöön ym. (2006), joiden mukaan ojituksen vesistökuormituksen on arvioitu vähentyvän ja lopulta loppuvan itsensä noin kymmenessä vuodessa ojituksen jälkeen. Tämä on aiemmin vallalla ollut käsite. Uudemman tutkimustiedon mukaan ojitusalueiden vesistökuormitus liukoisen typen ja fosforin osalta ei lakkaa, vaan jopa kasvaa. Syynä tähän pidetään turpeen etenevää maatumista ja siitä vapautuvia ravinteita. (Luke 2017)

Metsäojitusten vesistövaikutukset näyttäisivät olevan siis huomattavasti aiemmin luultua suurempia nimenomaan vanhoilla ojitusalueilla (Luke 2017). MetsäVesi-hankkeessa havaittiin valuma-alueen ojitusprosentin korreloivan typen ja orgaanisen hiilen kuormituksen kanssa siten, että ojitettumilla alueilla ravinnevalumat

ovat suurempia (Finér ym., 53–55). Kunnostusojitukset aiheuttavat kiintoainekuormitusta erityisesti ensimmäisinä vuosina toimenpiteiden jälkeen (Joensuu ym. 2012, 15–17). Nykyään erityisesti kiintoaineen huuhtoutumista osataan ehkäistä erilaisilla vesiensuojelumenetelmillä ja uusia keinoja turvemaiden metsätalouden ympäristövaikutusten vähentämiseksi kehitellään mm. Suomen ympäristökeskuksen Työkaluja ja menetelmiä turvemaiden metsien käytön vesistö- ja ilmastovaikutusten torjuntaan- hankkeessa.

2.2 Metsäojien kuormituksen vaikutukset vesistöissä

Kiintoaineen kulkeutuminen ja sedimentaatio vesistöissä on luontainen ilmiö mutta eri syistä aiheutuva ylimääräinen kiintoaine on vahingoksi virtavesien ekosysteemeille. Liiallinen kiintoainekuormitus voi värjätä tai samentaa vettä, täyttää hitaamman virran alueet, kuten kivien taukset ja suvannot, hienolla sedimentillä. Ylimääräinen kiintoainekasutus voi kasautuessaan täyttää vesistön ekologialle tärkeitä syvänteitä ja muutoinkin tasoittaa pohjan muotoja, jolloin ekosysteemi kärsii. Kiintoaineen vaikutukset voivat siis huonontaa purolajiston elinoloja melko kokonaisvaltaisesti. Pienet vesistöt kärsivät kiintoainekuormasta eniten. (Turunen ym. 2019, 29.).

Typpi ja fosfori rehevöittävät vesistöä. Rehevöityminen lisää kasvillisuutta, muuttaa vesistön lintu-, kala- ja hyönteislajistoa sekä alentaa käyttöarvoa veden laadun heikkenemisen, hajuhaittojen ja terveyshaittojen muodossa. Rehevöityminen syö happea vedestä, mikä voi laukaista sisäisen kuormituksen, jolloin pohjasedimentin ravinteet alkavat vapautua takaisin vesistöön, mikä puolestaan edesauttaa rehevöitymistä. (Syke 2013).

Humus on pääosin metsistä ja soilta valuvaa orgaanista ainetta, joka syntyy erilaisten eloperäisten ainesten hajotessa. Humus vaikuttaa vesistöihin monella tavalla. Humus värjää vettä rusehtavaksi tai kellertäväksi, jolloin valaistusolot huononevat ja veden lämpötila nousee. Humuksen hapot voivat vaikuttaa happamoittavasti veden pH-arvoon. Humuksen hiili lisää vesistön perustuotantoa ja siten rehevöitymistä. Lisäksi humukseen sitoutuneena kulkeutuu ravinteita, kuten typpeä ja fosforia vesistöön. (Palviainen ja Finér 2013, 7, 29–30.)

2.3 Puuaineksen vaikutus vedenlaatuun

Puuaineksen on havaittu vaikuttavan luonnonvesien puhtauteen, monimuotoisuuteen ja kalakantoihin positiivisesti. Puhdistava vaikutus perustuu puun pinnalle muodostuvaan pieneliöstön ekosysteemiin, biofilmiin. (Syke 2021a.)

Puuaines pidättää ravinteita fysikaalisesti ja biologisesti. Fysikaalinen pidättäminen tarkoittaa kiintoaineksen mukana kulkevien ravinteiden ja humuksen pidättäytymistä puurakenteeseen tai huuhtoutumista pois uomasta sen vaikutuksesta lähinnä tulva-aikaan. Biologinen pidättäminen on vesiekosysteemin ravinteiden sidontaa. Biologisesti pidättyneistä ravinteista osa päätyy erilaisten ravintoketjujen mukana pois vesistöstä, kun taas osa vapautuu myöhemmin takaisin vesistöön eliöiden kuollessa ravinnekierron mukana. (Salmelin, Hämäläinen, Vuori. 2020, 6–7.)

Puupohjaisilla Uusilla Materiaaleilla Tehoa Vesiensuojeluun (PuuMaVesi)-hankkeessa on tutkittu ja pilotoitu puumateriaalin käyttöä metsätalouden vesiensuojelussa. (Syke 2021b). Hankkeen tuloksena todettiin uppopuulla olevan puhdistava vaikutus myös metsätalouden ojavesissä. Puukäsittely vaikutti monipuolisesti vähentämällä veden ravinne-, humus- ja metallipitoisuuksia. Haittavaikutuksia ei tutkimuksissa ilmennyt. (Syke 2021b). Lisätutkimukset ovat parhaillaan menossa Suomen ympäristökeskuksen ”Puupuhdistamojen valuma-alueen pilotointi maa- ja metsätalouden vesienhallinnassa” -hankkeessa (PuuValuVesi), jossa testataan puun vesiensuojelukäyttöä valuma-alueella (Syke 2021c).

PuuMaVesi- hankkeessa tutkittiin käytetyn puulajin, puun kuivuuden ja sijoitus- syvyyden vaikutusta biofilmin muodostumiseen ja pohjaeläinlajistoon. (Syke 2021). Kuusen todettiin olevan käsittelyyn paras puulaji männyn tullessa toisena. Koivu oli merkittävästi havupuuta huonompi. Biofilmiä muodostuu eniten pinnan lähetyvillä. Kuivan ja tuoreen puun välillä ei ollut merkittävää eroa. (Kirjokivi 2020. s. 22-25.). Pohjaeläinlajiston havaittiin olevan runsain ja monimuotoisin kuusella. Myös männyn pohjaeläinlajisto oli selkeästi runsaampaa kuin koivulla. Matalassa vedessä laji- ja yksilömäärät olivat syvää vettä suuremmat kaikilla puulajeilla. (Saarinen 2020. s. 40.)

PuumaVesi- hankkeessa tuotettiin myös toimintamalli puun lisäämiseksi laskeutusaltaisiin. Toimintamalli sisältää ohjeet paljonko puutavaraa altaisiin tulee laittaa, kuinka puu lisätään altaaseen (PuumaVesi 2021).

3 KOEJÄRJESTELY JA KOKEIDEN TULOKSET

Tämän työn tavoitteena oli soveltaa uppopuun käyttöä vesiensuojelussa ja kehittää keino lisätä sitä suoraan metsäoijiin. Työn suunnittelua ja käytännön toteutusta seuraamalla ja työkohteet toteuttaneita haastatteleamalla seurattiin koealueisiin kulunutta aikaa ja resursseja kustannusten laskemista varten. Samalla kerättiin esiin nousseita ajatuksia ja mielipiteitä parannusehdotusten ja lisätutkimustarpeen kartoittamiseksi. Työn kolmantena tavoitteena oli seurata koealueiden vesiensuojelullisia vaikutuksia aistinvaraisesti ja vesinäyttein, joista mitattaisiin muun muassa veden humuspitoisuuksia, väriä ja ravinteita. Näytteet oli tarkoitus ottaa ojastoissa käsiteltyjen ojien ylä- ja alapuolilta, jolloin voitaisiin verrata puunippujen läpi menevän veden pitoisuuksia ennen sen virtaamista puunippujen läpi ja sen jälkeen. Valitettavasti kohteiden toteutuksen viivästyminen esti vesiensuojeluvaikutusten tutkimisen.

3.1 Koealueiden valinta

Koealueiden valinta tapahtui kaksiosaisesti. Aluksi etsittiin sopivan näköisiä kohteita erilaisten kartta- ja kaukokartoitusaineistojen pohjalta. Esivalituille kohteille tehtiin maastokäynti, jonka jälkeen valittiin toteutettavat kohteet.

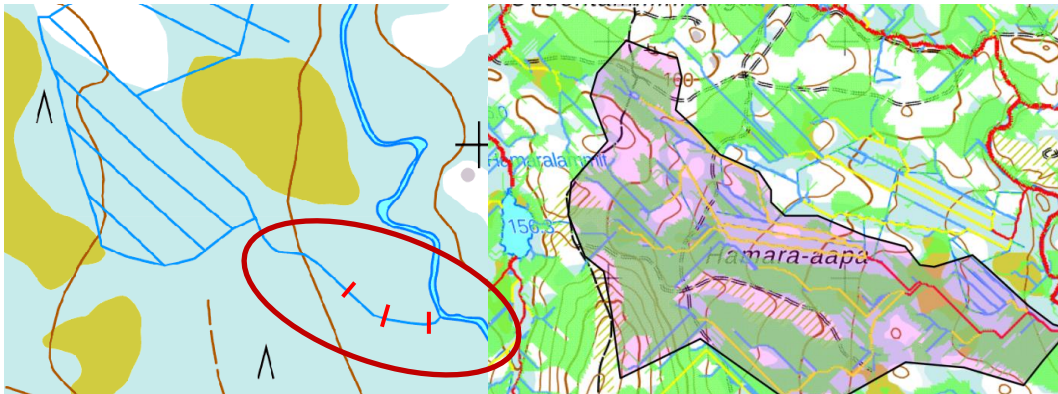
Kaukokartoitusaineistojen perusteella valittiin kymmenen kohdetta, joista kahdeksan lopulta tarkastettiin maastossa. Maastossa tarkasteltiin ojien vesimäärää, ojanvarsien puustoa ja pohdittiin miten puuta olisi järkevintä laittaa ojiin kohteella. Kaikki koealueet valittiin valuma-aluekunnostushankkeen pilottivesistöistä Rovaniemen pohjoispuolelta. Alueita valittaessa pyrittiin löytämään lähekkäiset alueet maastotöiden helpottamiseksi. Puurakenteilla voi olla padottavia vaikutuksia ja käsittelyn toiminnan kannalta voitaisiin joutua myös tarkoituksellisesti padottamaan ojia. Koealueita valitessa pyrittiin etsimään sellaisia alueita, joilla suoveden nousu ei aiheuttaisi metsätalousmaan vettymishaittaa.

3.2 Toteuttavat koealueet

Tavoitteena oli löytää 2–5 soveltuvaa koealuetta. Kaukokartoitusaineistojen perusteella esivalituista kymmenestä kohteesta seitsemään tehtiin maastokäynti ja lopulta kolme kohdetta valittiin toteutettavaksi. Kohteet on nimetty läheisten vesistöjen tai soiden mukaan.

3.2.1 Hamara-aapa

Hamara-aavalla (Kuvio 1) viiden hehtaarin metsätalouskäytössä oleva ojitusalue laski vetensä ojaan pitkin Vaattunkijokeen. Todellinen valuma-alue Metsäkeskuksen virtausmalleilla arvioituna on jopa 140 hehtaaria. Ojat ovat suhteellisen matalia, arviolta metrin leveitä ja vedenkorkeus vaihtelee ajoittain suuresti. Ojissa on erittäin voimakas ruostevaikutus, joka tulee valuma-alueen reheviltä rautavaikutteisilta soilta. Sateella voimakkaan oranssi vesi erottuu selkeästi valuessaan jokeen.



Kuvio 1. Hamara-aapa ja kohteen arvioitu valuma-alue (Maanmittauslaitos 2022; Suomen Metsäkeskus 2022)

Alempaan ojaan laitettiin kolme patoa, joiden yläpuolelle asetettiin puunippuja noin 15 metrin matkalle. Tehdyt padot on merkitty punaisella karttaan (Kuvio 1). Patojen tehtävä oli pitää puut paikoillaan, hidastaa virtaa ja nostaa vettä valumaan suon pintaa pitkin. Padon rakenne ilmenee kuviosta 2. Patojen yläpuolelle kaivettiin lapiolla navero ojanpenkan läpi, jotta vesi lähtisi menemään sieltä paremmin suota pitkin. Nipuille kaivettiin syvennys, jotta ne pysyisivät paremmin veden alla ja paikoillaan. Metsätalousmaan vettymisestä ei ollut tällä kohteella

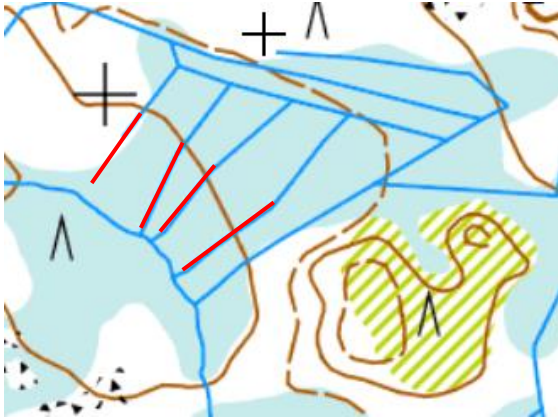
vaaraa vallitsevan korkeuseron takia. Padot rakennettiin vesivanerilevystä ja paikalta saatavasta puusta. Puunippuja ei sidottu ja niiden tekemiseen käytettiin paikalla kasvavaa ojanvarsipuustoa, joka oli pääosin mäntyä. Käytetty puutavara valmistettiin moottorisahalla karkeasti kahden metrin pölleiksi ja siirrettiin käsin paikalleen. Tällä kohteella laitettiin jokaisen padon ylle useita puunippuja pitkäksi jonoksi. Tilavuutena arvioiden puutavaraa laitettiin kohdeojaan noin kaksi kiinto-kuutiometriä.



Kuvio 2. Patorakenne ja pöllinippu Hamara-aavalta (Kuva: Sihveri Ervasti)

3.2.2 Perälampi

Perälammen kohde (Kuvio 3) oli lampeen laskevan sivupuron laaksoon viettävä ojitettu karu rinneräme. Kohteella laajan, yli 100 hehtaarin, osin ojitetun valuma-alueen vedet laskevat viittä ojaa pitkin suoraan vesistöön. Ojien kallistus on hyvin jyrkkä, mikä yhdessä eroosioalttiin maalajin kanssa on aiheuttanut huomattavaa eroosiota ojissa. Joissain ojissa eroosio jatkui edelleen, mikä aiheuttaa kiintoainekuormitusta puroille. Kahdessa ojassa oli havaittavissa rautavaikutusta (Kuvio 4). Ojien alaosat olivat tukkiutuneet huuhtoutuneesta maa-aineksesta noin kymmenen metrin matkalta ennen jokea, ja vesi meni näiltä kohdin pintavaluntana, millä ei liene merkittävää vesiensuojelullista vaikutusta.



Kuvio 3. Perälammen kohde, puuta on lisätty punaisella merkityille alueille (Maanmittauslaitos 2022)

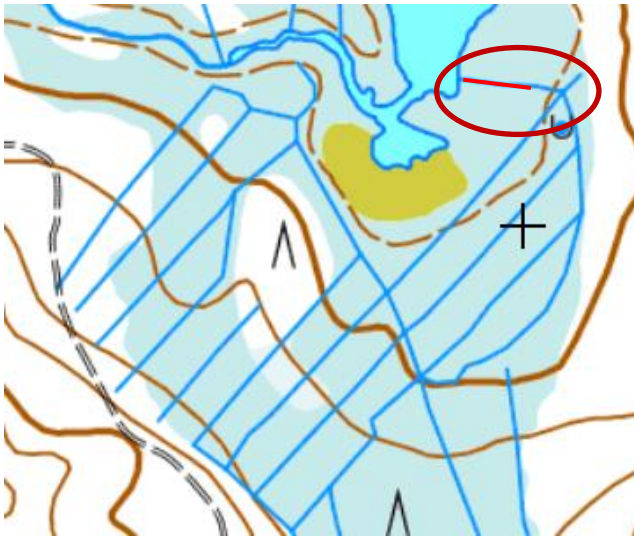
Ojien luontaisiin altaisiin ja poteroihin laitettiin pöllinippuja mahdollisuuksien mukaan. Ojia padotettiin ja poteroita kaivettiin siellä missä se oli tarkoituksenmukaista ja helposti toteutettavissa, mutta varsinaisia patoja ei alettu tekemään. Käytetty puutavara valmistettiin moottorisahalla ojanvarsipuustosta, mikä tällä kohteella oli pääosin mäntyä ja kuusta. Puusta tehtiin 1,5–2 m pöllejä, jotka siirrettiin käsin paikoilleen.



Kuvio 4. Rautapitoista lietettä ojassa Perälammella.

3.2.3 Tammilampi

Tammilammen koalue on n. 20 hehtaarin suoalue, jolla esiintyy karuhkoa rämettä, ylempänä rinteessä keskiravinteista korpea sekä itälaidassa lähteisyyttä ja ruohoisuutta. Alueen ojat olivat järven tasalla melko umpeenkasvaneita ja ylempänä rinteessä erittäin kuivia. Alueelta löytyi vain yksi riittävän vetinen oja, jossa puukäsittelyä kokeiltiin. Oja on ympyröity karttaan kuviossa 5. Tällä kohteella metsämaan vettymisestä ei ollut vaaraa, sillä käsiteltävän ojan vaikutusalueella puusto ei ojanpenkkoja lukuun ottamatta ollut juuri kasvanut.



Kuvio 5 Tammilampi. Käsitelty oja merkitty punaisella (Maanmittauslaitos 2022)

Ojaan tehtiin sitomattomia pöllinippuja ojanvarsipuustosta. Kohteen puusto oli pääosin mäntyä. Kohteella ei tehty padotustoimia tai kaivettu puulle syvennyksiä, sillä ojan todettiin pysyvän tarpeeksi vesillä läpi kesän. Puutavara valmistettiin moottorisahalla noin kahden metrin pölleiksi, jotka siirrettiin käsin paikoilleen. Tilavuutena mitaten puuta lisättiin arviolta 1,5–2 kiintokuutiometriä. Kuvioista 6 ilmenee puiden asettelutapa: pöllit asetellaan sitomatta nipuksi ojaan ja karsitut oksat laitetaan nipun yläpuolelle keräämään kiintoainesta.



Kuvio 6 käsiteltävä oja suunnitteluvaiheessa ja käsittelyn jälkeen (Kuva: Antero Mölläri).

3.3 Havainnot

Koealueita valittaessa sopivien kohteiden löytäminen valuma-alueelta osoittautui odotettua haastavammaksi. Ennakkokartoituksessa hyviä kohteita ei ollut kovin paljon ja maastotarkastuksessa moni kartalla lupaavalta näyttänyt kohde karsiutui. Yleisin syy kohteiden karsiutumiseksi oli ojien vähäinen vesimäärä korkean veden aikaan tehdyistä maastokäynneistä huolimatta. Syynä voi mahdollisesti olla alueen karkea, vettä läpäisevä maalaji ja jyrkät maastonmuodot. Menetelmän käyttöön soveltuvia kohteita löytyisi mahdollisesti enemmän alavilta ja hienojakoisilta mailta, joilla veden seisominen ojissa on tyypillistä.

Koska puun vettä puhdistava vaikutus vaatii sen pysymistä veden alla, on tärkeää löytää ojitusalueelta ne ojat, joissa vesi pysyy tarpeeksi korkealla kuivanakin aikana. Maastossa huomasin ojien olevan pääsääntöisesti kuivia ja koealueilla valtaosa kunkin ojitusalueen vedestä näytti lopulta menevän yhtä tai kahta ojaa pitkän eteenpäin. Nämä ojat olivat myös ainoat, joissa vettä oli riittävästi. Puukäsittely sijoittui siis luonnostaan keskeiseen paikkaan ja suuri osa ojaston vedestä päätyi puunippujen läpi.

Toteutusvaiheessa havaittiin puutavaran tekeminen (kaato, karsiminen, pätkiminen) ja siirtely raskaimmaksi työksi. Samoin käsin kaivaminen oli hidasta. Pöllien

sijoittelu ja patojen tekeminen oli suhteellisen joutuisaa. Työ nopeutuisi merkittävästi, mikäli puutavara saataisiin valmiiksi karsittuna ja pätkittynä paikan päälle esim. hakkuun yhteydessä. Sopivissa kohteissa ajokone voisi nostella puuniput suoraan ojiin eikä miestyötä tarvittaisi.

Puumavesi-hankkeesta poiketen pöllejä ei sidottu nipuiksi. Koealueen ojissa puut pysyivät mainiosti paikoillaan ilman sitomista huolimatta kovasta syystulvasta ja miestyönä yksittäisiä puita oli helpompi siirrellä ja asetella. Näyttäisi että pienessä ojassa 1,5–2 metriset pöllit ja rangat eivät lähde ”uimaan” alavirtaan vaan tarttuvat ja asettuvat penkkoja vasten. Toisaalta useampien vuosien aikana siirtymistä voi ilmetä. Havujen, latvusten ym. ”risujen” paikallaanpysyminen varmistettiin laittamalla päälle järeämpiä pöllejä niitä painamaan.

Hamara-aavan kohteella tehtiin vesivaneripatoja veden nostamiseksi pintavaluntaan. Padot tehtiin sen verran kauaksi joesta, että pintavalunnalla voitiin katsoa olevan vesiensuojelullista merkitystä. Syysateilla suo värjäytyikin oranssiksi laajalta alueelta rautapitoisen veden noustessa suolle. Patojen yhteyteen kaivettiin myös naverot ojanpenkkojen läpi, sillä korkeat penkat olisivat voineet estää veden pääsyyn ojalinjalta suolle. Käsityönä ojan kaivaminen todettiin raskaaksi.

3.3.1 Kustannukset

Tämän opinnäytetyön kohteet toteutettiin yksinomaan miestyönä kohteiden sijainnin, pienialaisuuden ja toimeksiantajan resurssien vuoksi. Koneellisen toteutuksen hintaa ei ole siis laskettu, koska konetyömaita ei ollut.

Taulukko 1. Käytetyt kustannukset

Metsurin tuntipalkka yrittäjälle	14
Sahakorvaus	5,04
Toimihenkilön tuntipalkka yrittäjälle	25
Vanerilevy (ei sis. Alv.)	68,4

Tuntityön hinta on laskettu lisäämällä työehtosopimusten (Metsäalan työehtosopimus 1.2.2020–31.1.2022 ja Metsäalan asiantuntijoiden työehtosopimus

11.3.2020–31.12.2022) mukaiseen bruttopalkkaan muut työnantajan kulut. Laskelma kuvaa siis kohteiden toteutuksen hintaa työnantajalle metsäalan sopimusten mukaisilla palkkakuluilla. Laskelmaan ei ole laskettu matkoja. Työnjohto ja suunnittelutyö ovat toimihenkilötyötä. Suunnittelutyöksi on laskettu kohteen suunnitteluun ja maastokäyntiin kulunut aika ilman matkoja. Toteutukseen käytettävälle puulle ei olla laskettu arvoa, koska kohteiden pienuudesta (käytettävän puun määrästä) ja käytettävän puun (energiaranka, latvukset) matalan arvon vuoksi niiden arvo ei muodostune merkittäväksi.

Tammilammen kohde oli selkeästi halvin, sillä siellä ainoastaan lisättiin puuta ojaan tekemättä muita rakenteita. Hamara-aavan vastaavan kokoinen kohde oli huomattavasti kalliimpi, sillä patojen vesivanerilevyt ja rakentamiseen kulunut työaika nostivat hintaa. Perälammen kohde oli kaikista kallein, mutta siellä puunippuja jouduttiin laittamaan suhteellisen isolle alueelle, muuttamaan ojaa, jotta saataisiin nipuille otollisia paikkoja ja ojаметrejä oli selkeästi enemmän kuin muilla kohteilla. Laskelman perusteella uppopuun lisääminen suoraan ojaan ilman muita rakenteita näyttäisi olevan melko edullista.

Taulukko 2 kohteiden laskennalliset kustannukset. Hamara-aapa 587 euroa, Perälampi 620 euroa ja Tammilampi 273 euroa.

	Metsurityö	Työnjohto ja suunnittelu	Sahatunnit	Muut kulut	Yhteensä
Hamara-aapa	18	4	6	vanerilevyt	
	252	100	30,24	205,2	
					587,44
Perälampi	30	6	10		
	420	150	50,4		620,4
Tammilampi	12	3	6		
	168	75	30,24		
					273,24

3.4 Käsittelyn lyhyen aikavälin vaikutukset

Alkuperäisen suunnitelman mukaan työkohteet olisi toteutettu kesän alussa, jolloin koealueita olisi seurattu maastokaudella ja myös tutkittu niiden vaikutuksia

vesinäyttein. Työkohteet toteutettiin lopulta vasta lokakuussa ja kävin tarkastele-
massa niitä kaksi viikkoa toteuttamisen jälkeen. Kylmyydestä ja lyhyestä tarkas-
teluvälisestä johtuen mm. biofilmin muodostumista tai muuta käsittelyn toimivuutta
ilmentävää ei voinut olettaa näkyvän. Hamara-aavalla ja kahdessa Perälammen
rautapitoisessa ojassa havaittu oranssin lietteen kertyminen ja puunippujen pai-
numinen upoksiin olivat ainoat itse puunipuissa tai vedessä havaitut muutokset.
Voimakas syystulva nosti veden Rovaniemellä lokakuussa lähes tulvakorkeu-
teen, joten rakenteiden kestävyyttä korkealla virtaamalla päästiin havainnoimaan.
Yhdelläkään koealueella ei havaittu puunippujen siirtymistä tai hajoilua ja koh-
teilla tehdyt patorakenteet olivat kestäneet virtaaman nousun.

3.5 Johtopäätökset

Opinnäytetyötä aloittaessani minulla ja toimeksiantajalla oli jonkinlainen mieli-
kuva, että koealueiksi soveltuvia kohteita olisi runsaasti. Ojitusalueita seuloessa
ja myöhemmin maastokäynneillä kävi ilmi, ettei puukäsittelylle sopivan paikan
löytyminen ole lainkaan itsestään selvää.

Havaintojen perusteella puun lisääminen ojaan voi olla melko vapaamuotoista.
PuumaVesi- hankkeen esimerkistä poiketen en nähnyt puun sitomista tarpeel-
liseksi ojissa rakenteen kestävyuden tai toiminnan kannalta. Olennaista puun si-
joituksessa on sen pysyminen veden alla ja toisaalta lähellä pintaa, mikä edes-
auttaa biofilmin muodostumista. Vedenkorkeuden vaihtelu voi olla ojissa suurta,
eikä ajoittaisen kuivahtamisen vaikutuksia biofilmiin ole tässä yhteydessä tutkittu.
Matalavetisissä ojissa veden korkeutta on mahdollista manipuloida esim. patoa-
malla, jolloin puiden upoksissa pysymistä voidaan parantaa.

Puumateriaalin lisääminen ojiin miestyönä ei mielestäni ollut kohtuuttoman kal-
lista. Valmiiksi tehtyä puutavaraa ja koneita hyödyntäen päästäisiin mahdollisesti
alhaisempiin kustannuksiin. Jos kohteella ei olla tekemässä muita toimenpiteitä,
on mahdollista, että konetyö tulee miestyötä kalliimmaksi. Menetelmää voitaisiin
mahdollisesti tehdä täysin koneellisesti hakkuiden yhteydessä, jolloin kustannuk-
set luultavasti saataisiin minimiin. Puukäsittelyn koneellisesta toteuttamisesta ja
sen kustannuksista tarvittaisiin tutkimustietoa kuivatusojien osalta.

Yksi työn tavoitteista oli soveltaa puun vesiensuojelukäyttöä kuivatusojatasolle siten, että saadaan käyttökelpoinen, kentällä toteutettava menetelmä, jota voitaisiin käyttää vesiensuojelussa. Tavoitteeseen ei mielestäni täysin päästy, sillä vesinäytteiden puuttuessa puukäsittelyn vaikutukset kohteilla jäävät hämärän peittoon. Alkuperäisenä ideana oli käsitellä kokonainen kuivatusojasto puulla, mutta käytettävissä olevan alueen ominaisuuksien vuoksi tähän sopivia koealueita ei löytynyt. Kaikilla koealueilla yksi tai useampi oja keräsi vettä suurelta osin tai kokonaan ojitetulta ojitusalueelta. Puukäsittely siis sijoittui olosuhteiden pakosta kookomaojiin. Kuitenkin saatiin mielestäni hyvä kuva siitä, miten puuta voidaan ojiin lisätä ja minkä hintaista se voisi olla sekä paljon kehitysideoita.

Opinnäytetyön aikana kertyneiden kokemusten mukaan puutavaran lisääminen ojiin sitomatta noin kahden metrin pöleinä vaikuttaisi toimivalta ja koviakin virtaamia kestävältä ratkaisulta. Opinnäytetyön tarkastelujakso on kuitenkin vain yhden maastokauden pituinen ja on mahdollista, että jäät ja tulvat saavat puuniput hajoamaan ja laskemaan alemmas ojastossa. Uppopuu kuitenkin jatkaa vedenpuhdistustaan, vaikka niput hajoaisivat, tosin tällöin mahdollinen kiintoaineen pidätysvaikutus mahdollisesti menetetään.

Kustannusarvio on laskettu opinnäytetyön kohteisiin kuluneen työajanmenekin ja materiaalien perusteella. Koska kyse on kokeiluluontoisista kohteista, on mahdollista, että niiden toteuttamiseen on kulunut jonkin verran enemmän aikaa kuin rutiininomaisesti tehtynä, mikä aiheuttaisi laskelman hintojen nousua. Koealueet toteuttaneet työntekijät olivat kuitenkin kokeneita virtavesikunnostajia, joille työkalujen käyttö on tuttua, joten pidän työnopeutta suhteellisen realistisena.

Uppopuun puhdistavaa vaikutusta ei tässä opinnäytetyössä päästy tutkimaan tarkemmin. Vaikka menetelmä teoriassa toimii, on mahdollista, että ainakin ojien ajoittainen kuivuminen voi heikentää menetelmän toimivuutta biofilmin muodostuksen katketessa. Ojien virtaama on usein huomattavasti laskeutusaltaiden virtausta voimakkaampaa ja on mahdollista, ettei puu ehdi sitoa yhtä paljon ravinteita kuin hitaamman virran oloissa. Tällöin puuta pitäisi lisätä enemmän saman vaikutuksen aikaansaamiseksi.

4 POHDINTA

Tämän työn tavoitteena oli soveltaa, ja havainnoida puun käyttöä ojatason vesiensuojelussa suunnittelemalla, toteuttamalla ja tutkimalla koealueita kentällä. Alun perin suunniteltu vesinäytteiden ottaminen jäi kohteiden myöhästyneen toteutuksen vuoksi tekemättä, joten puukäsittelyn vesiensuojeluvaikutukset jäävät täysin arvailun varaan. Aistinvaraisten havaintojen perusteella puuniput ja erityisesti havut ja risut, jotka koealueilla laitettiin myös ojaan ”filtteriksi” näyttivät kestävästi lietettä ja rautasakkaa. Koealueiden vaikutusten seuraaminen olisi tärkeää, jotta voidaan varmistua käsittelyn toimivuudesta kohteilla. Puun vettä puhdistavaa vaikutusta on tutkittu luonnonvesissä ja laskeutusaltaissa, mutta maaja metsätalouden kuivatusojista tutkimustieto puuttuu. Voidaan pitää oletettavana, että menetelmä toimii myös ojissa. Virtaus tai ojaveden laatu voi mahdollisesti vaikuttaa siihen kannattaako käsittelyä tehdä. Esimerkiksi voisiko nopeasti virtaava vesi mennä puunippujen läpi niin nopeasti, ettei puhdistumista ehdi tapahtua? Voiko ojavesi olla niin vähäravinteista, ettei puun ravinteiden sidonnasta saada oletettuja hyötyjä? Rovaniemen pohjoispuolella karuilla vaara-alueilla olen paikoin törmännyt erittäin kirkasvetisiin, lähes kasvittomiin ojiin, joiden rantakasvillisuus ilmentää vähäravinteisuutta. Tällaista kohdetta ei kuitenkaan koealueille sattunut. Asiaa koskevia tuloksia on mahdollisesti tulossa lähiaikoina lisää Suomen ympäristökeskuksen hankkeesta. Opinnäytetyön tuloksena saatiin kuitenkin käsitys siitä, miten puuta voitaisiin käyttää kuivatusojien vesiensuojelussa ja min-kälaiset kustannukset siitä voisi aiheutua.

Tätä työtä tehdessäni tulin perehtyneeksi ojitusten suunnitteluun, toimintaan, kuivatusvaikutuksiin sekä erilaisten virtaama- ja eroosiomallien käyttöön suunnittelun apuna melko syvästi. Lisäksi perehtyminen ravinteiden ja humuksen vaikutuksiin vesiekosysteemissä, ojituksen vesistövaikutuksiin, uppopuun ekologiaan ja yleisesti pienvesien ekosysteemeihin lisäsi paljon tietoa vesiensuojelusta ja sen merkityksestä. Mielestäni tietopohjan ja käytännön taitojenkin kehittyminen suometsätalouden ja vesiensuojelun suunnittelussa oli opinnäytetyön parhaita oppimiskokemuksia. Näistä kokemuksista on ollut hyötyä töissä jo ennen opinnäytetyön valmistumista.

Koska keskeinen tieto puukäsittelyn toimivuudesta jäi tässä työssä saamatta, jää opinnäytetyön hyödynnettävyys heikohkoksi. Mielestäni menetelmää ei voi perustella käytettäväksi ennen kuin tuloksia toimivuudesta saadaan. Toisaalta kustannusten ja työn toteutuksen osalta saatu tieto ja kokemukset ovat käyttökelpoisia. Menetelmän toimivuuden todentamisen lisäksi mielenkiintoinen jatkotutkimuskohde olisi menetelmän toteuttaminen mahdollisimman pitkälle koneellisesti, jolloin mahdollisesti saataisiin suuria kustannussäästöjä verrattuna käsityönä toteutukseen.

LÄHTEET

Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Antti Räike, A., Sirkka Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantausta, T. & Ukonmaanaho, L. 2020. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia.

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kempainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Helsinki: Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.

Joensuu, S., Hynninen, P., Heikkinen, K., Tenhola, T., Saari, P., Kauppila, M., Leinonen, A., Ripatti, H., Jämsén, J., Nilsson, S. & Vuollekoski, M. 2012. Metsätalouden vesiensuojelu -kouluttajan aineisto. Jyväskylä: Kopijyvä.

Joensuu, S., Kauppila, M., Lindén, M. & Tenhola, T. 2019. Metsänhoidon suositukset vesiensuojeluun, työopas. Tapion julkaisuja.

Kontula, T. & Raunio, A. 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 5/2018. Helsinki: Suomen ympäristökeskus & ympäristöministeriö, 117–170. viitattu 23.6.2021. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161233>

Kirjokivi, T. 2020. Puulajin, puun tuoreuden ja sijoitusvyvyyden vaikutus biofilmin muodostumiseen vesiympäristössä. Jyväskylän yliopisto. Ympäristötiede. Pro gradu- tutkielma. Viitattu 26.6.2021. <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/69755/1/URN%3ANBN%3Afi%3Ajyu-202006084013.pdf>

Korhonen, K.T., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hotanen, J.-P., Ihalainen, A., Melin, M., Pitkänen, J., Rätty, M., Sirviö, M., Strandström, M. (2021). Forests of Finland 2014–2018 and their development 1921–2018. *Silva Fennica* vol. 55 no. 5 article id 10662. <https://doi.org/10.14214/sf.10662>

Luke 2017. Soiden ojittaminen näkyy vesistöissä yhä enemmän. Viitattu 26.3.2021 <https://www.luke.fi/uutinen/soiden-ojittaminen-nakyy-vesistoissa-yha-enemman/>

Maanmittauslaitos. Maastokartta. Viitattu 20.5.2021. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

Metsäkeskus. Pintavesien virtausmalli. Viitattu 20.5.2021. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

Palviainen, M. & Finér, L. 2013. Kunnostusojituksen vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen. Jyväskylä: Kopijyvä.

PuumaVesi-hanke 2020. Puumateriaalin lisääminen laskeutusaltaisiin – Toimintamalli suometsien hoitoon. Metsäkeskus. Viitattu 5.6.2021. <https://www.syke.fi/fi->

FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Puupohjaisilla_uusilla_Materiaaleilla_tehoa_metsatalouden_Vesiensuojeluun_ja_vesistokunnostuksiin_PuuMaVesi

Saarinen M. 2020. Puulajin, puun tuoreuden ja sijaintisyvyyden vaikutus vesiselkärangattomien runsauteen ja monimuotoisuuteen pienvesistöissä. Jyväskylän yliopisto. Ympäristötiede. Pro gradu- tutkielma. Viitattu 26.6.2021. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/70992?show=full>

Salmelin, J., Hämäläinen, H., Vuori, K.-M., Nieminen, M. (2020). Puuaineksen li-säyksen mahdollisuudet ravinteiden pidättäjänä ja eliöstön monipuolistajana kuor-mitetuissa vesistöissä: kirjallisuuskatsaus. PuuMaVesi-hanke. Viitattu 10.3.2021. https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Puupohjaisilla_uusilla_Materiaaleilla_tehoa_metsatalouden_Vesiensuojeluun_ja_vesistokunnostuksiin_PuuMaVesi

SYKE 2013. Järven rehevöityminen. Viitattu 26.3.2021 [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aiheuttavia_tekijoita/Rehevoityminen/Jarven_rehevoityminen\(8181\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aiheuttavia_tekijoita/Rehevoityminen/Jarven_rehevoityminen(8181))

SYKE 2021a, Viitattu 26.1.2022 [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Puupohjaisilla_uusilla_Materiaaleilla_tehoa_metsatalouden_Vesiensuojeluun_ja_vesistokunnostuksiin_PuuMaVesi/Puupohjaisilla_uusilla_Materiaaleilla_te\(47841\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Puupohjaisilla_uusilla_Materiaaleilla_tehoa_metsatalouden_Vesiensuojeluun_ja_vesistokunnostuksiin_PuuMaVesi/Puupohjaisilla_uusilla_Materiaaleilla_te(47841))

SYKE 2021b. Hajakuormituksen valumavesiä voidaan puhdistaa rankapuuta hyö-dyntävän biologisen menetelmän avulla. Viitattu 26.1.2022 [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Hajakuormituksen_valumavesia_voidaan_puh\(60107\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Hajakuormituksen_valumavesia_voidaan_puh(60107))

SYKE 2021c. Maa- ja metsätalouden vesienhallintaan tehoa uppopuupuhdistamoilla. Viitattu 29.1.2022 [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Maa_ja_metsatalouden_vesienhallintaan_te\(61709\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Maa_ja_metsatalouden_vesienhallintaan_te(61709))

Turunen J., Marttila H., Kämäri M., Saari M., Heikkinen K., Postila H., Koljonen S. & Lepistö A. (toim.) 2019. Kiintoaineen eroosio ja sedimentaatio virtavesissä - luonnollisesta prosessista virtavesien ongelmaksi. Suomen Ympäristökeskus SYKE.