

Selvitys vesien nykytilasta

Metsätalouden vaikutukset vesiin

18.12.2025

Metsäteollisuus ry & Sahateollisuus ry

Tapio Palvelut Oy (jäljempänä Tapio) vastaa palvelun toteuttajana ja raportin laatijana siitä, että raportti on laadittu ammattitaitoisesti, huolellisesti ja alalla vallitsevaa hyvää ammattikäytäntöä noudattaen. Raportti vastaa tilannetta sen antamishetkellä, eikä Tapio siten ole vastuussa myöhemmin esim. olosuhteiden muuttumisesta johtuneista seikoista. Toimeksiannon suorittamista varten Tapio on saanut toimeksiantajalta tai kolmansilta aineistoa ja laskentamalleja, joiden oikeellisuuteen ja todenmukaisuuteen Tapio on luottanut ilman eri tutkimusta tai todentamista, ellei kyse ole aineistosta, jonka oikeellisuuden tai todenmukaisuuden selvittäminen on nimenomaisesti kuulunut toimeksiantoon.

Tapio ei vastaa missään tapauksessa raportin välillisistä eikä epäsuorista vahingoista. Tapion vastuu rajoittuu kaikissa tapauksissa sille toimeksiannosta maksettuun määrään, ellei Tapion osoiteta menetelleen tahallisesti tai törkeän tuottamuksellisesti. Kolmannella taholla on oikeus luottaa lausuntoon vain siinä tarkoituksessa, mihin lausunto on nimenomaisesti pyydetty. Tapion vastuu kolmatta tahoa kohtaan ei voi olla suurempi, kuin mitä se on lausunnon pyytäneellä taholla kohtaan.

Sisällysluettelo

JOHDANTO.....	3
1. METSÄTALouden TOIMENPITEET	4
1.1. METSÄTALouden VAIKUTUS VESIEN LAATUUN JA NYKYTILAA.....	4
1.2. MUIDEN MAANKÄYTTÖMUOTOJEN VAIKUTUS VESIEN LAATUUN JA NYKYTILAA.....	4
1.2.1. Maatalous.....	5
1.2.2. Yhdyskunnat ja teollisuus	5
1.2.3. Uusiutuva energia.....	7
1.3. VESISTÖIHIN VAIKUTTAVAT METSÄTALouden TOIMENPITEET	8
1.3.1. Hakkuut ja puunkorjuu	8
1.3.2. Maanmuokaus	9
1.3.3. Kunnostusojitus	9
1.3.4. Lannoitukset	10
1.3.5. Metsäteiden rakentaminen	11
1.3.6. Metsätalouden toimenpiteiden kuormitusarviot	11
1.4. TAVALLISIMMAT VESIENSUOJELUMENETELMÄT	14
1.4.1. Kuormituksen ennaltaehkäisy	15
1.4.2. Laskeuttavat rakenteet.....	16
1.4.3. Padottavat rakenteet.....	17
1.4.4. Suodattavat rakenteet.....	17
1.4.5. Muut vesiensuojelumenetelmät.....	18
1.4.6. Arviot vesiensuojelumenetelmien pidätystehoista, hyödyistä ja epävarmuuksista.....	20
1.5. POHJAVEDET	22
2. SISÄ- JA PIENVESIEN LAATU JA NYKYTILA.....	24
2.1. VESIEN LAATU JA NYKYTILA.....	24
2.1.1. Metsätalousvaltaisten valuma-alueiden vesistöjen ekologinen tila vesienhoitoalueilla.....	25
2.1.2. Pienten uomien luonnontilan muuttuneisuus ja metsätalouden maankäyttö pienillä valuma-alueilla.....	33
2.2. ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET HYDROLOGIAAN JA VESISTÖJEN KUORMITUKSEEN	35
3. KEHITYSSUUNNAT JA PULLONKAULAT	37
3.1. POSITIIVISET KEHITYSSUUNNAT METSÄTALouden VESISTÖVAIKUTUKSIIN	37
3.1.1. Metsätalouden menetelmien kehittyminen	37
3.1.3. Metsäsertifiointijärjestelmien kehittyminen	40
3.1.4. Metsänhoidon suositusten päivittäminen	41
3.1.5. Tukijärjestelmät.....	41
3.1.6. Paikkatieto.....	42
3.1.7. Metsäalan organisaatioiden monimuotoisuustoimet.....	42
3.1.8. Muut positiivisesti vaikuttavat tekijät.....	43
3.2. VESIENSUOJELUN PULLONKAULAT.....	45
3.2.1. Osaamisvaje	45
3.2.2. Yhteishankkeiden vaikeudet	46
3.2.3. Muut keskeiset pullonkaulat	46
4. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET JATKOTOIMIKSI	48
KIRJALLISUUS	50

Johdanto

Metsätaloudessa on jo yli 30 vuoden kokemus erilaisten luontoon sopivien vesiensuojelurakenteiden soveltamisesta metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä. Vesiensuojelu perustuu tutkittuun tietoon ja yhteisesti sovittuihin sekä käytännön toiminnassa testattuihin suosituksiin. Sekä metsäyrittäjien että yksityisten maanomistajien mailla noudatetaan pääsääntöisesti Tapion laatimia vesiensuojelusuosituksia, joita on laadittu ja aika-ajoin päivitetty 1990-luvun alusta lähtien. Valtionmaita koskevat vesiensuojeluohjeet vastaavat hyvin pitkälle yksityismaiden suosituksia ja ne on kuvattu Metsähallituksen julkaisemassa Ympäristöoppaassa. Vesiensuojelumenetelmiä on kehitetty siten, että ne olisivat toimintaperiaatteeltaan maastoon soveltuvia, mutta mahdollisimman yksinkertaisia eivätkä edellytä toimiakseen ulkopuolista energiaa tai jatkuvaa huoltoa. Osalla käytetyistä menetelmistä päähuomio on kiinnitetty valumaveden kiintoainespitoisuuden vähentämiseen. Samalla on voitu vähentää kiintoaineeseen sitoutuneiden ravinteiden ja muiden aineiden kuormitusvaikutuksia. Osalla menetelmistä voidaan myös vähentää veteen liuenneiden ravinteiden kuormitusta.

Tapio on laatinut tämän raportin Metsäteollisuus ry:n ja Sahateollisuus ry:n tilauksesta. Raportissa käydään läpi metsätalouden ja muiden maankäyttömuotojen kuormitusvaikutuksia vesistöihin sekä kuvataan keskeiset vesiensuojelumenetelmät. Raportissa pohditaan, mitkä tekijät vaikuttavat vesiensuojelun kehittämiseen haasteitakaan unohtamatta. Raportti sisältää yhteenvedon Luonnonvarakeskuksen laatimasta selvityksestä, jossa on tarkasteltu metsätaloustoimenpiteiden kuormitusvaikutuksia sekä erilaisten vesiensuojelutoimenpiteiden mahdollisuuksia vähentää kuormitusta. Raportti sisältää myös keskeimmät tulokset Suomen ympäristökeskuksen laatimasta katsauksesta vesien laatuun ja nykytilaan. Sekä Luken että Syken raportit ovat tämän raportin liitteinä.

1. Metsätalouden toimenpiteet

1.1. Metsätalouden vaikutus vesien laatuun ja nykytilaan

Metsät peittävät suurimman osan Suomen maapinta-alasta ja valtaosa metsistä on metsätalouden piirissä. Laaja-alaisuutensa takia metsätaloudella onkin väistämättä vaikutuksia vesistöihin. Metsien käytöstä aiheutuu muun muassa ravinne-, hiili- ja kiintoainekuormitusta. Välittömän kuormituksen lisäksi metsätaloustoimet ovat muokanneet etenkin pienvesien hydrologista ja fyysistä tilaa ajan saatossa, kun puroja ja jokia on suoristettu ja perattu metsämaiden kuivatukseen tehostamiseksi ja puutavaran uiton mahdollistamiseksi.

Vaikka metsätalous on pinta-alaltaan ylivoimaisesti suurin maankäyttömuoto, aiheuttaa se huomattavasti muita maankäyttömuotoja vähemmän vesistökuormitusta hehtaaria kohden. Tämä johtuu osittain siitä, että vuosittain käsittelyn kohteena on vain pieni osa kaikista metsätaloustoiminnassa olevista alueista, kun taas esimerkiksi maatalous on huomattavasti intensiivisempää. Metsätalouden vaikutus kokonaiskuormitukseen on kuitenkin huomattava niillä valuma-alueilla, joilla metsätalous on vallitseva maankäyttömuoto, pääasiassa siis Oulun pohjoispuolisessa Suomessa, jossa maatalouden edellytykset ovat heikot. Luvussa 2. Sisä- ja pienvesien laatu ja nykytila kuvataan tarkemmin metsäisille alueille sijoittuvien vesistöjen nykytilaa ja metsätalouden vaikutusta siihen.

1.2. Muiden maankäyttömuotojen vaikutus vesien laatuun ja nykytilaan

Ravinnekuormitus aiheuttaa purojen, järvien, jokien ja rannikkovesien rehevöitymistä. Rehevöityminen on yleisin syy siihen, että jokin vesimuodostuma ei saa hyvää arvosanaa ekologisen tilan luokittelussa. Monet vedet kärsivät rehevöitymisestä, jota aiheuttavat valuma-alueelta tuleva typpi- ja fosforikuormitus. Suurin osa kuormituksesta on seurausta ihmisen toiminnasta; noin kolme neljäsosaa fosforikuormasta ja kaksi kolmasosaa typpikuormasta. Ihmistoiminnasta johtuvaa kuormitusta pyritään vähentämään vesien tilan parantamiseksi. Metsätalouden lisäksi kuormitusta aiheutuu lähes kaikesta muustakin ihmistoiminnasta, tässä luvussa kuvataan lyhyesti maatalouden, yhdyskuntien ja teollisuuden sekä uusiutuvan energian rakentamisen aiheuttaman kuormituksen syntymekanismit.

Pistekuormitusta on saatu vähennettyä tehokkailla keinoilla, mutta hajakuormitus on edelleen suurta. Erityisesti tehtaiden ja asutuskeskusten jätevesien käsittelyn tehostuminen ja teollisuusprosessien parantaminen ovat vähentäneet pistekuormitusta. Hajakuormitusta on huomattavasti vaikeampaa hallita kuin pistekuormitusta, koska päästölähteet sijaitsevat hajallaan ympäri valuma-aluetta. Tehokkaimpia keinoja olisivat maatalouden ja metsätalouden toimintatapojen kehittäminen sekä valuma-aluekohtainen vesienhallinta.

Nykyisin pistekuormituksen osuus kaikesta ihmisen aiheuttamasta fosforikuormasta on noin 10 prosenttia ja typpikuormasta noin 20 prosenttia. Hajakuormituksen osalta fosfori- ja typpikuorma ovat pysyneet viime vuosina suunnilleen ennallaan. Vuosittainen kuormitus vaihtelee paljon, koska ravinteiden huuhtoutumiseen vaikuttavat sääolot, kuten sateisuus ja lämpötila.

Kuormituksen määrä ja lähteet vaihtelevat huomattavasti vesienhoitoalueittain sekä paikallisesti niiden sisällä. Jossakin pistekuormituksella voi olla suuri merkitys, toisaalla taas maatalous tai haja-asutus voi olla suurin kuormituslähde.

1.2.1. Maatalous

Maatalous on koko maan tasolla suurin hajakuormituksen lähde. Se aiheuttaa valtakunnallisesti noin kolme neljäsosaa typen ja fosforin hajakuormituksesta. Varsinkin viljelyalueiden pienvedet sekä pienet ja matalat järvet kärsivät usein rehevöitymisestä. Haitallisia muutoksia on nähtävissä myös isoissa järvissä ja rannikkovesissä.

Maatalouden ravinnekuormitus on peräisin pääosin peltojen lannoituksesta ja muokkauksesta, eroosiosta sekä kotieläinten lannan käsittelystä. Maatalouden kuormitus on vähentynyt jo pitemmän aikaa, mutta toimenpiteitä tulee kuitenkin jatkaa sekä tehostaa ja edelleen kehittää.

Erityisesti Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueella maatalouden kuormitusosuus on merkittävä. Kuormituksen vähentämiseen panostetaan muun muassa Petteri Orpon hallitusohjelmaan kirjatun Saaristomeri-ohjelman toimenpiteiden avulla.

1.2.2. Yhdyskunnat ja teollisuus

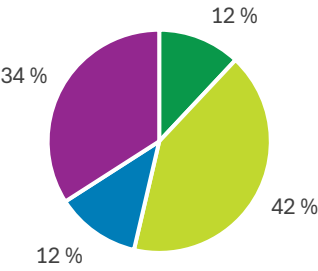
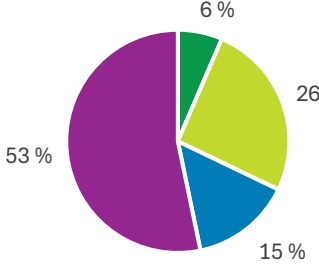
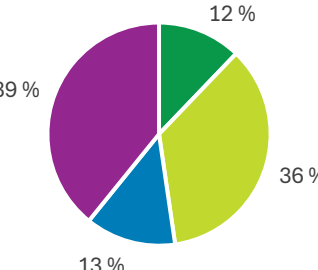
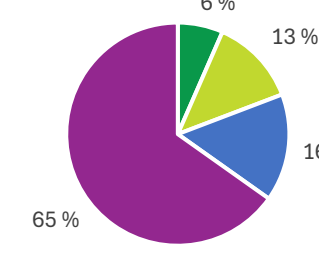
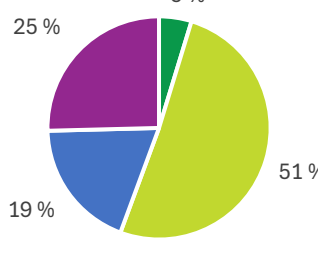
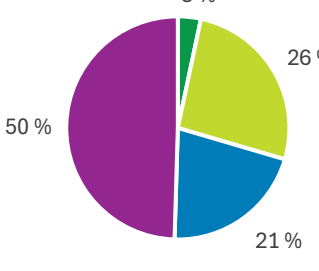
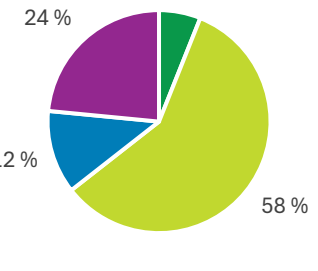
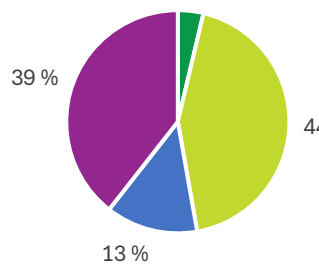
Kaupunki- ja taajama-alueiden laajentuminen on vaikuttanut merkittävästi vesistöjen tilaan. Maankäyttö on sekä muuttanut tai hävittänyt vedestä riippuvaisia elinympäristöjä, kuten soita, kosteikkoja, lähteitä, ranta-alueita ja puroja että lisännyt niiden kokonaiskuormitusta. Yhdyskuntien hulevedet aiheuttavat kiintoaineen, ravinteiden ja raskasmetallien kuormitusta sekä muuttavat paikallisesti valuma-alueiden vesitasapainoa ja vesiluontoa.

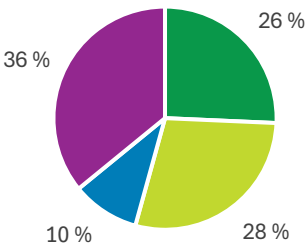
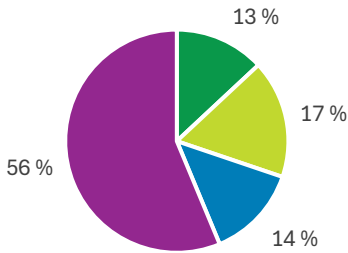
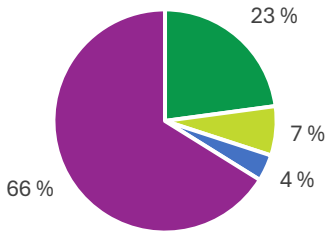
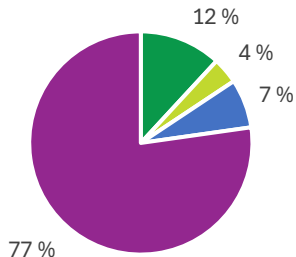
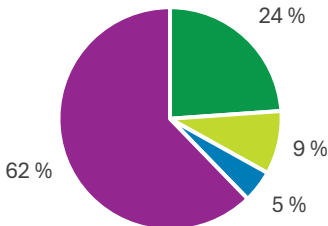
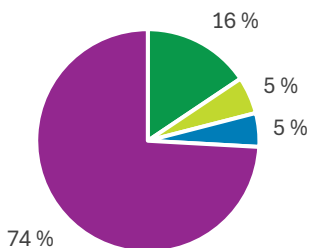
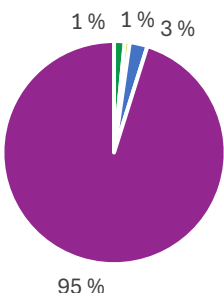
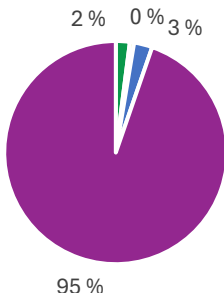
Yhdyskuntien vesistökuormituksen vähentämisessä ja jätevesien puhdistamisessa keskeistä on ollut tekniikan kehittyminen ja vaatimusten kiristyminen. Keskitetty ja tehokas vesienpuhdistus sekä viemärointi-alueen laajentuminen ovat vähentäneet erityisesti fosforipäästöjä. Toisaalta hulevesien ja ylivuotojen hallinnassa on edelleen kehitettävää.

Teollisuuden vesistökuormituksen kannalta keskeisiä toimialoja ovat erityisesti puunjalostusteollisuus, kemianteollisuus, metalliteollisuus, kaivosteollisuus ja elintarviketeollisuus. Suuret teollisuuslaitokset voivat olla paikallisesti merkittäviä kuormittajia. Ravinne- ja kiintoainekuormituksen lisäksi teollisuudesta pääsee rannikkovesiin orgaanisia klooriyhdisteitä, raskasmetalleja ja öljyä.

Teollisuus on onnistunut vähentämään vesistökuormitusta merkittävästi viime vuosikymmenten aikana lisääntyneen tiedon ja kehittyneiden tekniikoiden avulla. Tätä on vauhdittanut myös kiristyneet ympäristöluvut. Haasteita tulevaisuudessa kuitenkin aiheuttaa erityisesti kaivosteollisuuden vesien hallinta.

Taulukko 1 Typen ja fosforin kuormituksen jakautuminen lähteittäin vesienhoitoalueittain.
Värien selitteet: ● metsätalous, ● maatalous, ● yhdyskunnat ja teollisuus sekä ● luonnonhuuhtouma. Lähde: VEMALA-mallin-
nukset jaksolle 2015-2024. Kirjallinen tiedonanto Suomen Ympäristökeskukselta.

Vesienhoitoalue	Fosfori	Typpi
Koko Suomi P= 5 500 t/v N= 118 728 t/v		
Vuoksen vesienhoitoalue (VHA1) P= 891 t/v N= 21 310 t/v		
Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalue (VHA2) P= 1 138 t/v N= 25 198 t/v		
Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalue (VHA3) P= 1 836 t/v N= 39 802 t/v		

Oulujoen-lijoen vesienhoitoalue (VHA4) P= 968 t/v N= 19 797 t/v		
Kemijoen vesienhoitoalue (VHA5) P= 478 t/v N= 8 611 t/v		
Tornionjoen vesienhoitoalue (VHA6) P= 114 t/v N= 2 035 t/v		
Tenon-Näätämöjoen- Paatsjoen vesienhoitoalue (VHA7) P= 73 t/v N= 1 971 t/v		

1.2.3. Uusiutuva energia

Uusiutuvan energian hankkeiden vaikutukset vesiin voivat olla tilapäisiä, pitkäaikaisia tai pysyviä. Vaikutukset voivat lisäksi kohdistua rakentamisvaiheeseen, toimintavaiheeseen tai voimala-alueen purkamiseen. Vesistöjen näkökulmasta keskeistä on tunnistaa kuormitusriskiä hankealueella aiheuttavat toimenpiteet sekä niiden laatu, laajuus ja sijoittuminen.

Tuuli- ja aurinkovoimalarakentaminen sijoittuvat usein metsätalousvaltaisille alueille sekä turvetuotannosta poistuneille alueille. Voimalarakentamiseen liittyvät maarakennustyöt, ojitukset ja

maankuivatukset aiheuttavat riskin lyhyt- ja pitkäaikaiselle vesistökuormitukselle. Vesistökuormitusta aiheuttavat kiintoaineen, ravinteiden, orgaanisen aineksen ja mahdollinen happaman kuormituksen lisääntyminen. Lisäksi uusiutuvan energian hankealueille mahdollisesti rakennettavat huoltotiet vaikuttavat veden kulkuun ja virtaamiin (ks. Luku 1.3.5. Metsäautoteiden rakentaminen).

1.3. Vesistöihin vaikuttavat metsätalouden toimenpiteet

1.3.1. Hakkuut ja puunkorjuu

Harvennus-, uudistus- ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen hakkuut ja näihin olennaisesti liittyvä puunkorjuun maastokuljetus vaikuttavat vesistöihin monilla tavoin. Hakkuut ja maastokuljetus tehdään tavallisin raskailla koneilla, joilla liikkuminen aiheuttaa maanpinnan rikkoutumista, etenkin sulan maan aikana toteutettavissa hakkuissa, jolloin routa ja lumipeite eivät suojaa maata. Ajourista voi huuhtoutua kiintoainesta, joka etenkin vesistöjen lähellä toimittaessa voi aiheuttaa kuormitusta alapuolisille vesistöille (Joensuu ym. 2019). Puunkorjuussa voi olla myös toisinaan tarpeen ylittää vesistöjä tai etenkin turvemailla oja. Nämä ylitykset voivat aiheuttaa riskin ylimääräiselle kiintoaineen kuormitukselle vesistöihin esimerkiksi penkkujen sortumisen yhteydessä. Ylitysten seurauksena muodostuneet ajourat johtavat suoraan ylitettyyn ojaan tai vesistöön, jolloin uraa pitkin mahdollisesti virtaavat valumavedet kulkeutuvat suoraan ojaan tai vesistöön. Purojen ylitykset voivat myös muuttaa näiden uomageometriaa ylityspaikan kohdalta, millä saattaa olla vaikutuksia uoman luonnontilaan sekä eliöstöön. Ylitysten negatiivisia vaikutuksia voidaan lieventää suunnittelemalla ylityspaikka kohtaan, jossa maa on mahdollisimman kantavaa tai tarvittaessa käyttämällä väliaikaisia siltarakenteita.

Päätehakuissa alueelle jäävistä hakkuutähteistä ja hakatun puuston juuristosta vapautuu niiden hajotessa ravinteita, samalla kun puuston ja kasvillisuuden ravinteiden otto vähenee merkittävästi hakkuun seurauksena (Sarkkola ym. 2022). Nämä vapautuvat ravinteet voivat liukoissa muodossaan huuhtoutua valumavesien mukana alapuolisiin vesistöihin, aiheuttaen niissä ravinnekuormitusta. Ravinteiden määrää voidaan kuitenkin jossain määrin pienentää latvusmassan korjuulla (Joensuu ym. 2012).

Päätehakuut lisäksi poistavat alueelta puuston biologisen haihdutuksen vaikutuksen, mikä voi turvemaiden metsissä johtaa vedenpinnan nousuun lähelle turpeen pintaa. Veden pinnan nousu pintaturpeen voi johtaa kasvaneisiin fosforin ja liukoisten orgaanisten aineiden huuhtoumiin hakatulta alueelta (Kaila ym. 2014 ja Nieminen ym. 2015).

Harvennushakkuiden vaikutus vesistökuormitukseen on valitettavan heikosti tunnettua, mutta tämän voidaan olettaa olevan päätehakkuuta pienempää. Harvennuksessa ei synny yhtä paljon hakkuutähteitä ja harvennetuille kohteille jää käsittelynkin jälkeen puustoa ja kasvillisuutta sitomaan näistä vapautuvia ravinteita (Sarkkola ym. 2022).

Päätehakkuiden aiheuttaman kuormituksen suuruus on myös vahvasti sidoksissa siihen, kuinka suuri osa tietyn vesistön valuma-alueesta on käsitelty. Mitä suurempi käsitellyn alan osuus, sitä suurempi ja pitkäkestoisempi vaikutus sillä on kuormitukseen (Palviainen ym. 2013).

Jatkuvapeitteisen kasvatuksen vesistövaikutukset ovat kokonaisuudessaan heikosti tunnettuja, mutta näiden voidaan olettaa vertautuvan harvennushakkuiden vaikutuksiin näiden yhtäläisyyksien takia. Turvemaiden metsissä jatkuvapeitteinen kasvatusta parempi vaihtoehto, jos tällä vältytään kunnostusojitusten tarpeelta ja päätehakkuiden jälkeiseltä veden pinnan nousulta (Saarinen ym. 2020). Jatkuvapeitteinen kasvatusta soveltuu parhaiten reheville turvemaille, joilla on tyypillisesti hyvä luontainen uudistumispotentiaali ja jo olemassa olevaa puuston rakennevaihtelua (Saarinen ym. 2020 ja Virta 2025).

1.3.2. Maanmuokkaus

Maanmuokkauksen tavoitteena on luoda siemenille tai istutettaville taimille otolliset kehitymisolot ja parantaa näiden kasvua ensimmäisten vuosien aikana. Käytössä on useita eri maanmuokkausmenetelmiä, jotka voidaan jakaa kahteen pääluokkaan: maanpintaa paljastavat (esim. laikutus) ja kohoumia muodostavat menetelmät (esim. mätästyksiset) (Metsänhoidon suositukset, 2025).

Maanmuokkaus lisää riskiä ravinteiden ja kiintoaineksen huuhtoutumiselle muokatulta alueelta, sillä se vaikuttaa elävän ja kuolleen orgaanisen aineen jakautumiseen alueella ja paljastaa huuhtoutumiselle altista kivennäismaata (Piirainen 2019). Maanmuokkauksen aiheuttaman vesistökuormituksen määrä riippuu kaikista eniten muokkauksen intensiteetistä, eli paljastuneen kivennäismaan määrästä. Vesistövaikutusten minimoimiseksi maanmuokkaus tulisi tehdä siten, että maanpintaa rikotaan mahdollisimman vähän, jolloin alueelle jää mahdollisimman paljon kasvillisuutta sitomaan ravinteita (Piirainen 2019). Lisäksi vesistöjen ja pienvesien varrelle tulee jättää muokkaamattomat suojavyöhykkeet, mikä vähentää kiintoaineksen huuhtoutumisriskiä.

Suurimmat riskit vesistökuormituksen syntymiselle on navero- ja ojitusmätästyksissä, joissa kummassakin kaivetaan vettä ohjaavia uomia. Kaivuumaita hyödynnetään mättäinä. Näistä menetelmistä ojitusmätästys on voimakkaampi toimenpide ja on toteutukseltaan ja vesistövaikutuksiltaan verrattavissa kunnostusojitukseen. Naveromätästyksessä veden vaivaamalle alueelle kaivetaan matalia, pintavesien ohjailuun tarkoitettuja uomia, naveroita. Naverotkin voivat olla alttiita eroosiolle ja tätä kautta aiheuttaa kiintoainespäästöjä, etenkin jos ne kaivetaan rinteen suuntaisesti (Metsänhoidon suositukset 2025). Naveroita ei kuitenkaan tavallisesti johdeta suoraan ojiin, jolloin niiden kuormitusta aiheuttava vaikutus jää pieneksi. Ojitus- ja naveromätästyksiä suunniteltaessa tulee käyttää tarkkaa tarveharkintaa ja näihin ryhdyttäessä hyödyntää tarvittavia alueelle soveltuvia vesiensuojelumenetelmiä, kuten kaivukatkoja, lieteuoppia, laskeutusaltaita ja pintavalutusta.

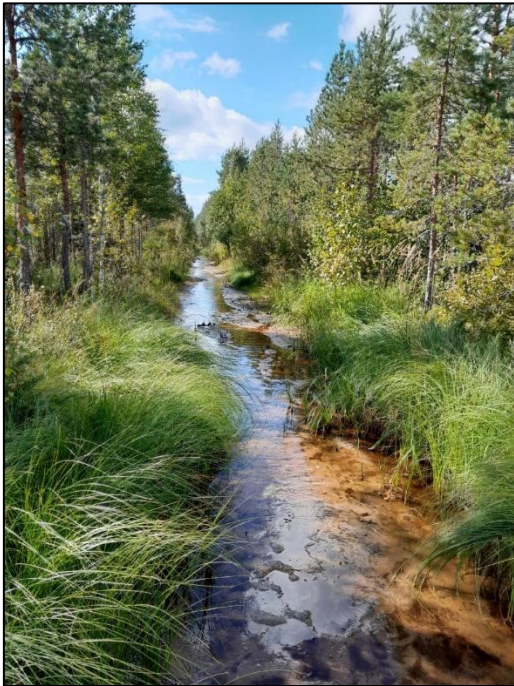
1.3.3. Kunnostusojitus

Kunnostusojituksella tarkoitetaan vanhojen kuivatusojien perkaamista tai uusien täydennysojien kaivamista ojitetulle suolle. Kunnostusojitusten tavoitteena on lisätä ojaverkoston kuivatustehoa, parantaen juuriston elinvoimaa ja puuston kasvua (Metsänhoidon suositukset 2025).

Kunnostusojitukset kuitenkin altistavat alapuoliset vesistöt kiintoaines- ja ravinnekuormitukselle. Ojien kunnostus saa ensimmäisinä kunnostuksen jälkeisinä vuosina aikaan kiintoainekuormitusta peratuista ojista ja niiden paljailta luiskilta (Joensuu ym. 1999). Kiintoainekuormitusvaikutus ja sen kesto riippuvat ojaverkoston maalajikoostumuksesta. Pitkäkestoisin vaikutus, yli 20 vuotta, on alueilla, joissa ojien pohjamaalajina on runsaasti savea. Paksuturpeisilla alueilla, joissa ojat eivät leikkaa kivennäismaata, vaikutukset kiintoainespitoisuuteen ovat vähäiset (Joensuu 2002, Metsänhoidon suositukset 2025), maksimissaan runsaat viisi vuotta. Karkeilla mailla kiintoainekuormitusvaikutus jää 2–3 vuoteen. Ojien kunnostus voi myös kiihdyttää turpeen hajoamista, kun turpeen kuivana oleva kerros kasvaa. Hajoavasta turpeesta vapautuu liukoissa muodossa olevia ravinteita ja ylimääräiset ravinteet, joita puusto ei käytä kasvuunsa voivat huuhtoutua valumavesien mukana alapuolisiin vesistöihin aiheuttaen rehevöitymistä (Ojanen ym. 2020).

Metsävesi -hankkeella vuosittaiseksi koko maan metsistä ja soilta tulevaksi typen kokonaishuuhtoumaksi arvioitiin 44 600 tonnia ja fosforin 1 760 tonnia. Metsätalouden kuormituksen osuus metsistä tulevasta typen kokonaishuuhtoumasta on hankkeella tehdyn arvion mukaan 16 % (7300 tonnia/vuosi) ja fosforin huuhtoumasta 25 % (440 tonnia/vuosi). Hankkeen tulosten mukaan pitkäaikaisseurannan typpipitoisuus ja -kuormitus ovat kasvaneet. Metsäojitus selittää merkittävän osan metsistä tulevasta ravinne- ja orgaanisen hiilen kuormituksesta (Finér ym. 2019). Tällä hetkellä arvioidaan, että ensiojituksella ja ojien kunnostuksilla olisi pitkäaikaista ravinnekuormitusta lisäävää vaikutusta. Tästä ilmiöstä on alettu käyttää

termiä ojituslisä (Nieminen & Sallantaus 2020). Ojituslisän mukaan ottamisen myötä ojitusten vaikutus vesistöjen ravinnekuormitukseen on koko maan tasolla merkittävästi aiemmin arvioitua suurempi. Koko maan tasolla suometsätalouden typpikuormitukseksi on arvioitu 8500 tonnia ja fosforikuormitukseksi 590 tonnia. Ojituslisän osuus näistä on 8000 tonnia ja 500 tonnia (Nieminen & Sallantaus 2020). Taulukon 1 kuvaajissa ojituslisä on sisällytetty metsätalouden osuuteen typen ja fosforin kuormituksista.



Kuva 1 Yläpuolisten ojitusten seurauksena suon läpi kulkeva oja on käytännössä tukkeutunut suurista määristä hienojakoista kivennäismaata. Pudasjärvi. Kuva: Matias Virta

Kiintoaines- ja ravinnekuormitusta aiheuttavan vaikutuksensa lisäksi ojitukset voivat vaikuttaa vesistöihin myös fyysisesti muuttamalla veden valunta- ja virtausolosuhteita valuma-alueella. Tämä voi aiheuttaa muutoksia etenkin herkissä pienvesissä, esimerkiksi äärevöittämällä näiden virtaamia.

1.3.4. Lannoitukset

Lannoitusten tavoitteena on parantaa puuston kasvua kivennäis- ja turvemailla. Lannoitukset voidaan jakaa kasvatus- ja terveyslannoituksiin, jolloin käytettävät lannoitteet ja lannoituksen tavoitteet ovat erilaiset. Kasvatuslannoituksissa kivennäismailla käytetään tyypillisesti typpilannoitteita (N), turvemailla puolestaan tpeystä on harvoin pulaa, joten lannoitteina käytetään fosforia (P) ja kaliumia (K) sisältäviä lannoitteita, tavallisimmin tuhkalannoitteita (Ilvesniemi & Kukkola 2018). Terveyslannoituksissa kivennäis- ja turvemailla käytetään tyypillisesti booria sisältäviä valmisteita. Aiemmin mainitussa Metsävesi -hankkeessa havaittiin pitkäaikaisseurantojen fosforipitoisuuden ja -kuormituksen laskeneen 1970-luvun tasosta. Yhtenä syynä arvioitiin olevan fosforilannoitusten määrän väheneminen ja toisaalta fosforin kertyminen syntyneeseen puustobiomassaan.

Suosituksen mukaisesti levitetystä kivennäismaiden typpilannoituksista ei ole todettu merkittäviä ravinehuuhtoutumia. Samoin turvemaiden suositusten mukaisesti toteutetuista tuhkalannoituksista aiheutuva fosforikuormituksen lisääntyminen on vähäistä. Lannoitteita levitettäessä tulee jättää suojavyöhykkeet vesistöjen ja ojien varsille, jotta vältetään lannoitteiden päätyemiseltä suoraan veteen (Metsänhoidon suositukset 2025).

1.3.5. Metsäteiden rakentaminen

Suomen metsissä on yhteensä noin 160 000 kilometriä metsätalouden tarpeisiin rakennettuja metsäautoteitä. Tällä hetkellä rakennetaan enää hyvin vähän uusia metsäteitä ja päähuomio onkin nykyisen tieverkon perusparantamisessa. Suurimmat kuormitusvaikutukset syntyvät metsäteiden rakentamis- ja perusparantamisvaiheessa, jolloin tierungon muotoilussa ja sivuojien kaivun yhteydessä liikutellaan maa-massoja. Teiden sivuoissa virtaavien vesien mukana voi kulkeutua kaltevilla paikoilla runsaastikin kiintoainesta, mikäli maaperä on hienoaaineksista. Sivuojien pituuskaltevuuksiin voidaan vaikuttaa hyvällä tielinjausten suunnittelulla, jolloin vältetään riski hienojakoisen maa-aineksen liikkeellelähdistä. Suositusten mukaan toimittaessa, sivuojia ei myöskään johdeta suoraan vesistöön. Tärkeätä on myös, että rumuista ei muodostu esteitä kalojen kululle.

Metsäteillä voi olla vaikutusta vesien virtausreitteihin valuma-alueella ja sitä kautta alapuolisten vesistöjen, etenkin herkkien pienvesien, tilaan. Metsätien rakentaminen voi katkaista veden luontaiset pintavaluntareitit valuma-alueella ja ohjata ne kulkemaan vain muutamien pisteiden kautta paikoissa, joissa mahdolliset rummut alittavat tien. Vaikutus on verrattavissa ojituksen virtausreittejä muokkaavaan vaikutukseen. Metsäteiden määrään nähden niiden vesistövaikutuksista löytyy erittäin vähän tutkittua seurantatietoa

1.3.6. Metsätalouden toimenpiteiden kuormitusarviot¹

Turvemaiden hakkuiden kuormitusarvio perustuu kunnittaisiin keskimääräisiin hakkuumääriin ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{vuosi}$) vuosilta 2020–2024 sekä poistettuun puustoon suhteutettuihin typen ja fosforin kuormitusmalleihin (kg/ha), jotka on esitetty julkaisussa Nieminen ym. (2023). Kuormitusmallit perustuvat mitattuihin aineistoihin, joissa kuormitus lisääntyy hakkuumäärän (poistetun puuston määrän) kasvaessa. Esimerkiksi $100 \text{ m}^3/\text{ha}$ hakkuu aiheuttaa yhtälöiden perusteella n. $1,55 \text{ kg}/\text{ha}/\text{vuosi}$ lisäyksen typpikuormitukseen ja $0,06 \text{ kg}/\text{ha}/\text{vuosi}$ lisäyksen fosforikuormitukseen. Vastaavasti esimerkiksi $200 \text{ m}^3/\text{ha}$ hakkuu aiheuttaisi $4,86 \text{ kg}/\text{ha}/\text{vuosi}$ lisää typpikuormitusta ja $0,35 \text{ kg}/\text{ha}/\text{vuosi}$ fosforikuormitusta. Turvemaiden hakkuiden oletettiin lisäävän kuormitusta viiden vuoden ajan.

Kangasmaan uudistushakkuun katsotaan aiheuttavan vesistökuormitusta hakkuuta seuraavan 10 vuoden ajan (Finér ym. 2010). Toisin sanoen alueellisissa tarkasteluissa kunkin vuoden metsätalouden aiheuttaman kuormituksen määrään sisältyy edellisvuosien hakkuiden vaikutuksia edeltävän 10 vuoden ajalta. Uudistushakkuiden kuormitusarviot perustuvat pitkään käytössä olleisiin ominaiskuormituslukuihin: hakkuun aiheuttaman typpikuormituksen lasketaan olevan 10 vuoden aikana yhteensä $10,1 \text{ kg}/\text{ha}$ ja fosforikuormituksen $1,33 \text{ kg}/\text{ha}$. Kuormitusluvut perustuvat Nieminen ym. (2023) julkaisuun, jossa aiempia ominaiskuormituslukuja on päivitetty uudella aineistolla.

Kangasmaiden kasvatuslannoitusten arvioidaan aiheuttavan typpikuormitusta (kahden vuoden kestona yhteensä $15 \text{ kg}/\text{ha}$ eli $7,5 \text{ kg}/\text{ha}/\text{vuosi}$) ja turvemaiden terveyslannoituksen fosforikuormitusta (viiden vuoden kestona yhteensä $1,35 \text{ kg}/\text{ha}$ eli $0,27 \text{ kg}/\text{ha}/\text{vuosi}$) (ks. Finér ym. 2010 ja viitteet). Turvemaiden lannoituksissa fosforikuormitusta syntyy lähinnä sen johdosta, että lannoitetta päätyy levityksessä ojiin. Varsinaisista saroille levitetystä lannoitteesta, joka turvemaidella on nykyisin lähes yksinomaan puu- tai puu- ja turvetuhkaa, ei itsessään odoteta aiheuttavan vesistökuormitusta (ks. Piirainen ym. 2013).

Ominaiskuormituslukujen perusteella ojitus aiheuttaa (ilman vesiensuojelua) 10 vuoden aikana kiintoainekuormitusta yhteensä $1\,390 \text{ kg}/\text{ha}$ (Finér ym. 2010). Kiintoaineen laskettiin sisältävän tietty määrä

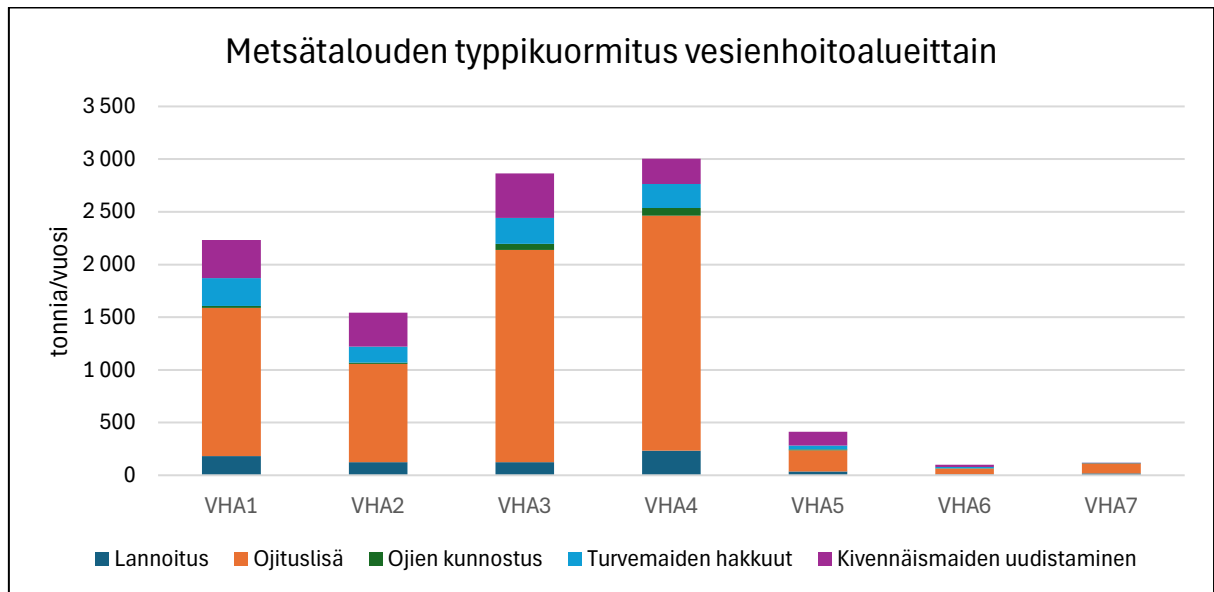
¹ Lähde: Arviot keskeisten metsätalouden toimenpiteiden vesistökuormituksesta ja synteisi vesiensuojelumenetelmien tehokkuudesta, selvitysraportti 2025. Sakari Sarkkola, Leena Stenberg & Mika Nieminen; Luonnonvarakeskus. Raportti liitteinä.

typpeä (0,666 %) ja fosforia (0,048 %). Luvut perustuvat Luonnonvarakeskuksen toistaiseksi julkaisemattomaan aineistoon metsävaluma-alueilta huuhtoutuvan kiintoaineksen ravinnepitoisuuksista. Tämän perusteella ojen kunnostuksen aiheuttama typpikuormitus 10 vuodelta yhteensä oli 9,3 kg/ha ja fosforikuormitus 0,7 kg/ha.

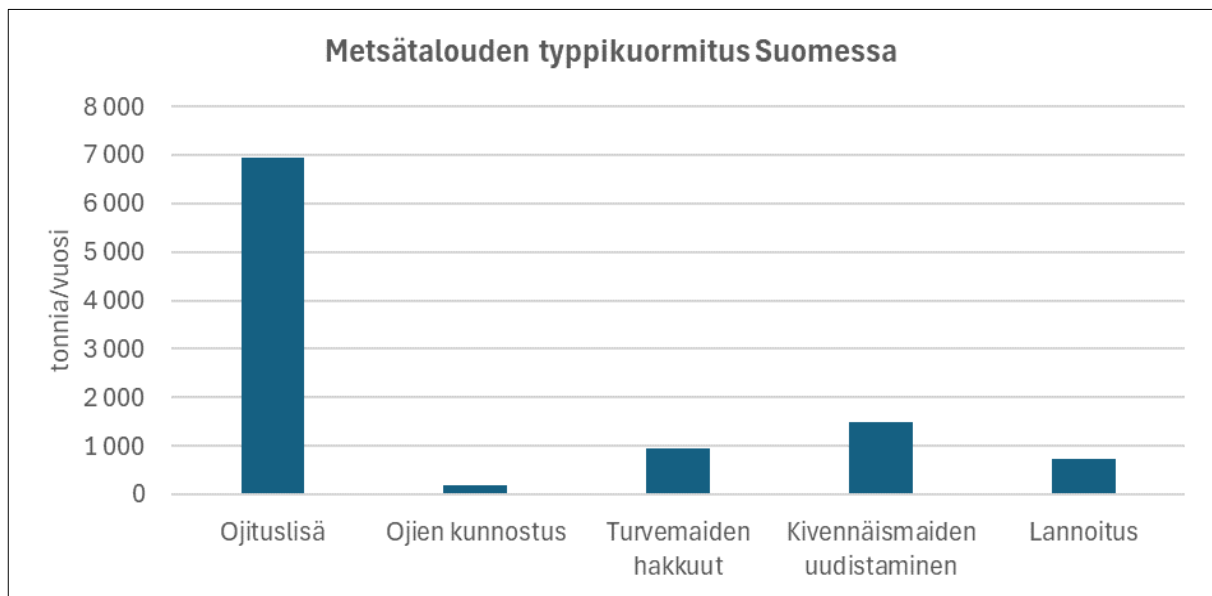
Ojituslisällä tarkoitetaan metsäojituksen aiheuttamaa pitkäaikaista ravinnekuormitusta, joka aiheutuu siitä, että kasvupaikka on alun perin kuivattu ojittamalla ja sen voidaan katsoa olevan pääosin riippumaton nykyisistä metsätaloustoimenpiteistä (Nieminen ym. 2020a). Tässä raportissa arvioitiin ojituksen pitkäaikaisvaikutuksia typen ja fosforin osalta maakunnittain (kg/ha/vuosi) tilastollisten ojituslisäyhtälöiden avulla. Ojituslisäyhtälöt perustuvat 99 metsäiseltä valuma-alueelta kerättyihin pitoisuusaineistoihin, joita on mitattu valuma-alueesta riippuen 2–31 vuoden ajalta (Nieminen ym. 2020a). Yhtälöiden selittävinä muuttujina käytettiin lämpösummaa ja valuma-alueen ojitusprosenttia.

Laskelmissa hyödynnettiin maakuntakohtaisia keskimääräisiä lämpösummia sekä niiden perusteella arvioitua valuntaa (Finér ym. 2020), joiden avulla määritettiin ojituslisän aiheuttama ravinnekuormitus. Vesienhoitoalueittainen vuotuinen kokonaiskuormitus (kg/vuosi) laskettiin VMI13:n mukaisten ojitetujen soiden pinta-alojen perusteella (tarkastelujakso 2020-2024). Ojituslisät kohdennettiin vesienhoitoalueittain olettaen, että ojitukset jakautuvat tasaisesti maakunnan sisällä. Maakunnittain lasketut kuormitusarvot jyvitetiin vesienhoitoalueille maakunta- ja vesienhoitoaluerajojen mukaisesti.

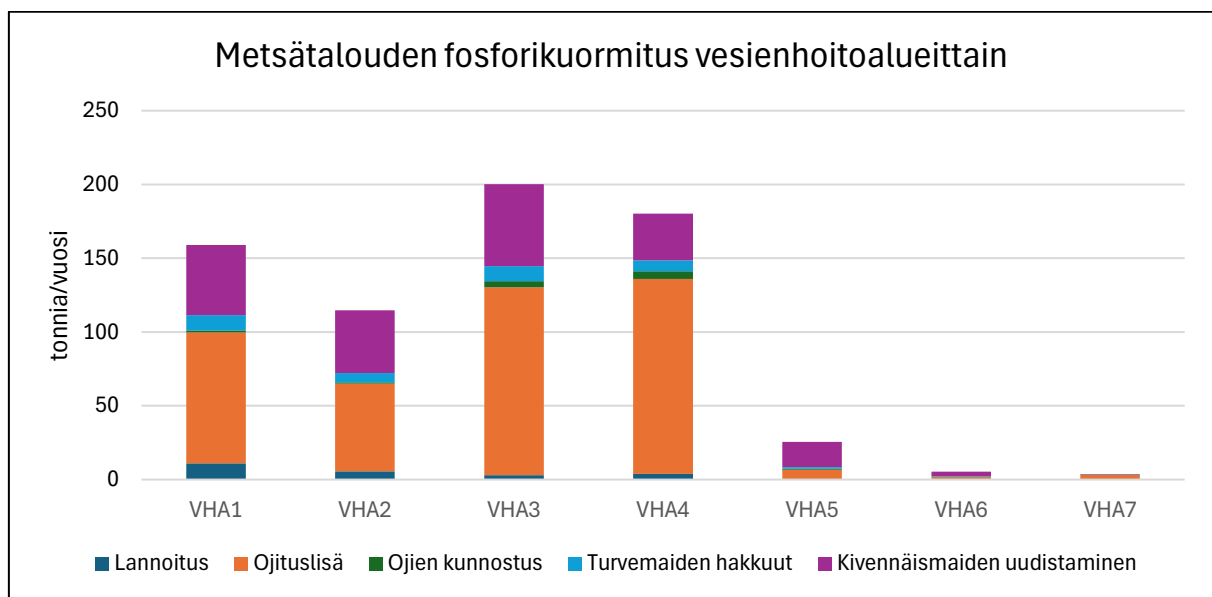
Vesienhoitoalueittaiset kuormitukset typelle ja fosforille esitetään kuvissa 2 ja 4. Koko Suomen Typpi- ja fosforikuormitus eritellään kuvissa 3 ja 5. Kuvassa 6 puolestaan esitetään ojen kunnostuksen aiheuttama kiintoainekuormitus vesienhoitoalueittain vuosina 2019-2023.



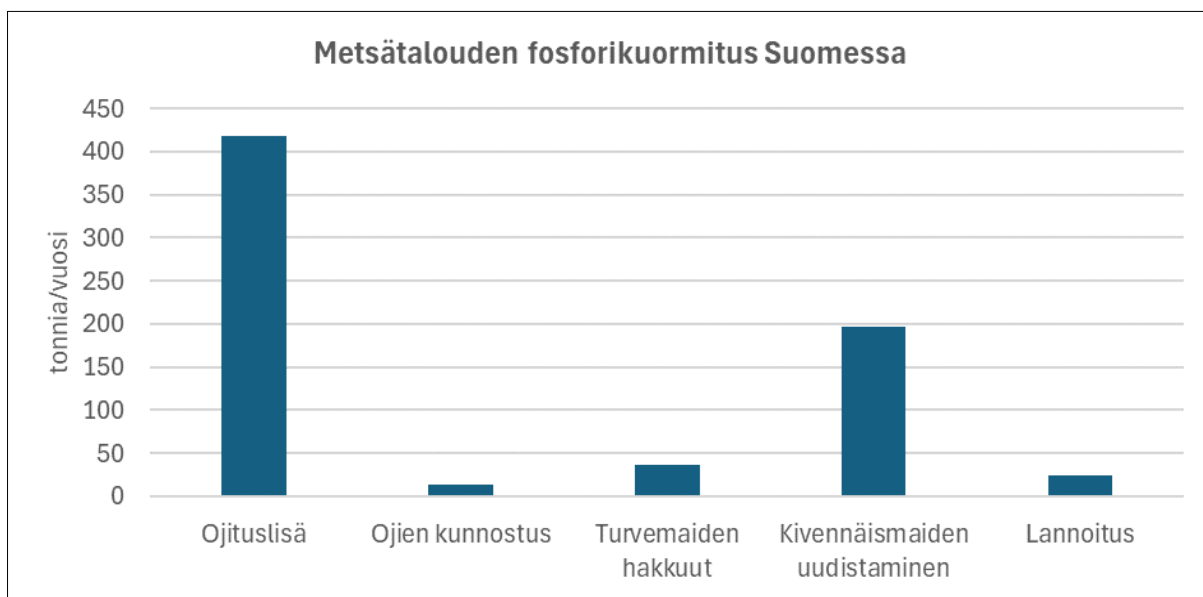
Kuva 2 Metsätalouden keskimääräinen vuotuinen typpikuormitus toimenpiteittäin vesienhoitoalueittain (nykytila). Pylväissä toimenpiteiden kumulatiiviset kuormat.



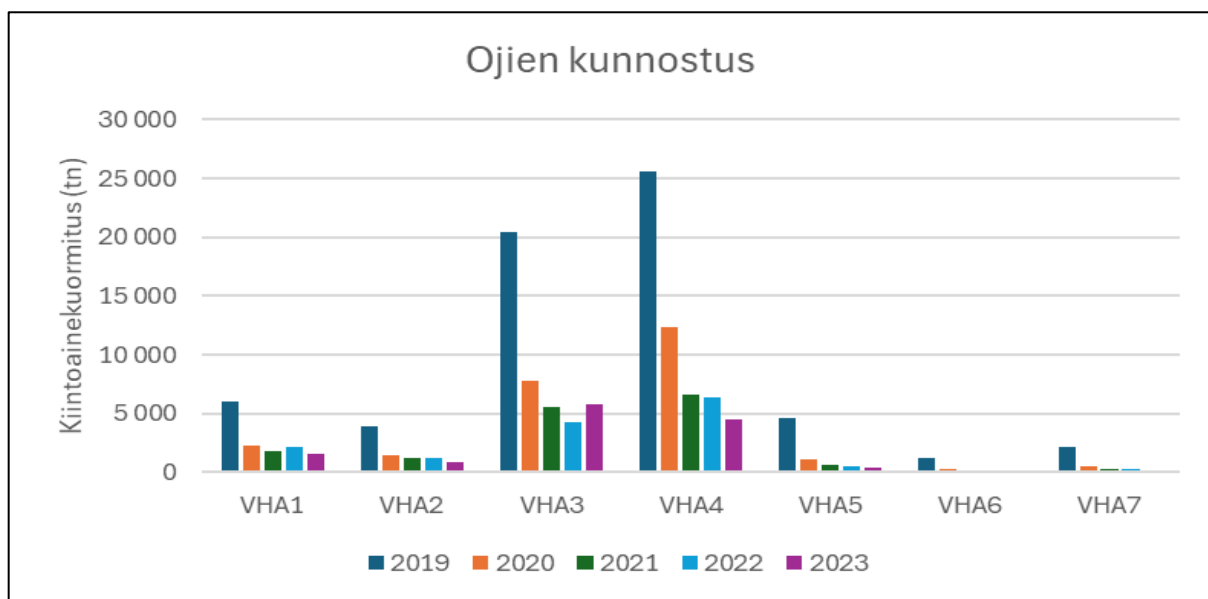
Kuva 3 Metsätalouden vuotuinen typpikuormitus valtakunnallisesti, laskettu viimeisen viiden vuoden keskiarvona



Kuva 4 Metsätalouden keskimääräinen vuotuinen fosforikuormitus toimenpiteittäin vesienhoitoalueittain (nykytila). Pylväissä toimenpiteiden kumulatiiviset kuormat.



Kuva 5 Metsätalouden vuotuinen fosforikuormitus valtakunnallisesti, laskettu viimeisen viiden vuoden keskiarvona



Kuva 6 Kunnostusojitusten aiheuttamat vesienhoitoalueittaiset vuotuiset kiintoainekuormitukset vuosina 2019-2023

1.4. Tavallisimmat vesiensuojelumenetelmät

Metsätalouden toimenpiteitä suunniteltaessa pyritään yhteensovittamaan vesistövaikutusten huomiointi toimenpiteiden puuntuotannollisiin tavoitteisiin. Käytännössä toimenpiteissä pyritään ehkäisemään vesistökuormituksen syntymistä suunnittelemalla ne siten, että haluttuun lopputulokseen päästään pienimmällä mahdollisella lisäkuormituksella. Kuormituksen ennaltaehkäisyn hyvällä suunnittelulla ja toimenpiteiden tarkoituksenmukaisella mitoittamisella tulisi olla aina vesiensuojelun ensisijainen keino. Kuormituksen ennaltaehkäisyn peruseräitä kuvataan tarkemmin luvussa 1.2.1.

Kuormituksen syntymisen ennaltaehkäisy ei kuitenkaan aina ole mahdollista. Tällöin tarvitaan erinäisillä vesiensuojelurakenteilla toteutettavaa valumavesien jälkikäsittelyä, jolla vesistä pidätetään jo liikkeelle lähtenyt kiintoainesta ja ravinteita. Metsätalouden vesiensuojelumenetelmiä ja -rakenteita

kehitetessä peruslähtökohtana on ollut, että toimenpide olisi mahdollisimman luonnonmukainen eikä menetelmä tarvitsisi toimiakseen ulkopuolista energiaa tai sellaisia rakenteita, joita pitäisi useasti huoltaa. Poikkeuksena ovat mahdolliset laskeutusaltaiden tyhjentämiset ja patorakenteiden korjaukset. Seuraavissa luvuissa metsätalouden vesiensuojelumenetelmät jaotellaan laskeuttaviin, padottaviin ja suodattaviin rakenteisiin, näiden lisäksi esitellään menetelmiä, jotka eivät kategorisoidu mihinkään näistä luokista.

Rakenteiden toimintaperiaate perustuu veden virtausnopeuden hidastamiseen ja siten ylivirtaaman aikaisen uomaerosion estämiseen sekä veden mukana kulkeutuvan hiukkasen tai aineen laskeuttamiseen tai suodatuksen. Laskeuttamiseen perustuvissa menetelmissä virtaaman tuntemus ja veden virtausnopeuden hallinta ovat tärkeitä. Mitä kauemmin vesi saadaan viipymään rakenteessa, esimerkiksi laskeutusaltaassa, sitä parempi aineksen pidäytyminen saadaan aikaan. Laskeuttamiseen perustuvia menetelmiä ovat lietekuopat, laskeutusaltat ja sen lisäksi uomaerosiota estävät virtaaman hallintaan perustuvat menetelmät, kuten erilaiset patorakenteet. Pelkästään laskeuttamiseen perustuvilla menetelmillä ei käytännössä pystytä pidättämään kaikkia veden mukana kulkeutuvia hiukkasia. Esimerkiksi laskeutusaltaiden mitoituksessa lähdetään siitä, että altaalla pystytään pidättämään hienoa hietaa ja sitä karkeampia hiukkasia tulvajaksonkin aikana.

Suodatuksen perustuvilla menetelmillä pystytään pidättämään hienojakin aineksia, kuten savesta tai turvehiukkasia. Samoin ravinteiden pidäytyminen näihin rakenteisiin toimii. Suodatuksen perustuvia menetelmiä ovat muun muassa pintavalutuskentät ja kosteikot. Parhaat vesiensuojelun tulokset metsätaloudessa saadaan yhdistelemällä erilaisia rakenteita toistensa kanssa maasto-olosuhteisiin sopeutuen.

Selvityksessä on listattu metsätalouden käytössä olevia vesiensuojelumenetelmiä, mutta vesiensuojelua on kuitenkin tärkeä tarkastella kokonaisuutena, eikä niinkään yksittäisinä rakenteina. Kullakin esitellyistä menetelmistä on omat käyttökohteensa, etunsa ja rajoitteensa, jotka vesiensuojelun järjestelyä suunniteltaessa on tärkeä tuntea. Vesiensuojelullisesti parhaaseen lopputulokseen päästään, kun eri menetelmiä sovelletaan siten, että ratkaisut tukevat toinen toistaan ja täydentävät toistensa ominaisuuksia.

1.4.1. Kuormituksen ennaltaehkäisy

Kuormituksen syntymisen ennaltaehkäisy on vesiensuojelun lähtökohta, sillä se on käytännössä aina helpompaa, kuin jo veteen päätyneiden päästöjen kiinniottaminen. Siinä missä etenkin karkearakeinen kiintoaines ja siihen sitoutuneet ravinteet voidaan hyvinkin tehokkaasti pidättää laskeuttamalla tai suodattamalla, veteen liuenneiden ravinteiden pidättäminen on haastavaa (Nieminen & Sallantaus 2020).

Erityisesti suometsissä hajoavasta turpeesta vapautuu huuhtoutumiselle alttiita liukoisia ravinteita, joita puusto ei kykene täysin hyödyntämään. Turpeesta vapautuu erityisesti typpeä, mutta vähemmän muita ravinteita, jolloin kivennäisravinteiden puute rajoittaa puuston kykyä käyttää hyväkseen vapautuvaa typpeä. Tämä ylimääräinen typpi huuhtoutuu herkästi alapuolisiin vesistöihin. Tähän voidaan jossain määrin vaikuttaa korjaamalla ravinne-epätasapainoa tuhkalannoituksin (Nieminen & Sallantaus 2020).

Metsätaloustoimenpiteiden hyvä suunnittelu on tärkeä osa kuormituksen ennaltaehkäisyä. Suunnittelijoiden käytössä olevat paikkatietoaineistot mahdollistavat toimenpiteiden suunnittelun siten, että eroosiohaitat saadaan minimoitua ja herkimmat alueet tulevat huomioiduiksi toimenpiteissä. Esimerkiksi rinnemaiden muokkauksesta syntyvää eroosioriskiä voidaan hallita käyttämällä avoimesti saatavilla olevia eroosioriskiaineistoja, joiden avulla eroosioalttiille maille voidaan kohdentaa kevyempiä muokkaustoimia. Lisäksi rinnemaiden muokkauksessa ja puunkorjuussa on tärkeä välttää rinteiden kaltevuuden suunnastaisten uomien, ajourien tai naveroiden, muodostumista ja tekoa. Aineistot auttavat myös vesitalouden hallintaa kokonaisuudessaan. Samoin esimerkiksi ojaverkoston suunnittelussa paikkatietoaineistojen

avulla voidaan arvioida ojaverkoston kunnan perusteella välttämättömien ojien perkaustarve ja siten minimoida kaivutöiden aiheuttamaa kuormitusriskiä. Samalla periaatteella esimerkiksi ajourat voidaan paikkatiedon avulla suunnitella mahdollisimman kantaviin maastonkohtiin, jolloin voidaan välttyä tarpeettomalta maanpinnan rikkoutumiselta. Muutenkin puunkorjuu on suunniteltava ja ajoitettava kohteen maaperäominaisuuksien mukaan siten, että sääolosuhteiden ja vuodenaikojen vaikutus maaperän kantavuuteen on huomioitu.

1.4.2. Laskeuttavat rakenteet

Tavallisimpia metsätalouden vesiensuojelussa käytettäviä laskeuttavia rakenteita ovat laskeutusaltaat ja ojakohtaisena rakenteena käytettävät lietekuopat. Lietekuopat ovat ojiin vähintään noin 100 metrin väleihin kaivettavia syvennyksiä, joihin pidättyy lähinnä kaivuuajana pohjakulkeumana liikkuvaa karkeaa kiintoainetta. Lietekuopan koko on noin 1–2 kuutiometriä. Lietekuopat ovat kuivatusojakohtaisia vesiensuojelurakenteita, joita ei yleensä tyhjennetä niiden täytyttyä. Lietekuopat eivät ole yksinään riittävä ratkaisu metsätalouden vesiensuojelussa, mutta vesiensuojelun kokonaisuutta täydentävinä rakenteina niitä kannattaa kuitenkin käyttää.

Laskeutusaltaat (kuva 7) ovat olleet kunnostusojitushankkeissa yleisesti käytettyjä vesiensuojeluratkaisuja. Laskeutusaltaiden toiminta perustuu veden virtausnopeuden hidastamiseen ja ojan pohjalla kulkeutuvien hiukkasten laskeutumiseen altaan pohjalle (Joensuu 2002). Laskeutusaltaat soveltuvat myös laajempien ojustokokonaisuuksien pidempiaikaiseen vesiensuojelun järjestämiseen, mutta ensisijaisesti näitä tulisi käyttää yhdessä suodattavien ja padottavien vesiensuojeluratkaisujen, kuten pintavalutus- kenttien ja putkipatojen kanssa (Metsänhoidon suositukset 2025). Laskeutusallasta suunniteltaessa on myös hyvä huomioida, että ne soveltuvat kohteille, joilla ojien pohjamaa on keskikarkeaa tai karkeara- keista. Hienojakoisille maalajeille ja pitkälle maatuneelle turpeelle laskeutusaltaat eivät sovellu, sillä hie- nojakoiset partikkelit eivät altaassa laskeudu tehokkaasti ja altaan seinämien eroosion takia allas voi al- kaa toimia itsessään kuormituslähteenä (Joensuu ym. 1999, Joensuu 2002).



Kuva 7 Laskeutusallas mitoitetaan vesimäärälaskelmien mukaisesti. Altaalle on varattava hakkuiden yhteydessä riittävästi tilaa, jotta altain kaivuunmassat voidaan maisemoida huolellisesti. Lisäksi altaat kaivetaan kohtiin, joihin on järjestettävissä kulkuyh- teys altain tyhjennystä varten. Kuva: Samuli Joensuu

Laskeutusaltailla voidaan kerätä kiintoainesta ja kiintoainekseen sitoutuneita ravinteita. Laskeutusaltaat eivät pidätä veteen liuenneita ravinteita. Pidätyskykyä edistää, mikäli altaisiin on muodostunut ravinteita sitovaa kasvillisuutta. Laskeutusaltaat eivät sovellu metsätalouden yksinomaisiksi vesiensuojelurakenteiksi. Altaat ovat kuitenkin tärkeitä lisäelementtejä muiden vesiensuojelurakenteiden yhteydessä. Altaista kehittyvä vähitellen kasvillisuus sisältäviä pienimuotoisia kosteikkoja.

Metsätalouden vesiensuojeluun perustetut kosteikot ovat aiemmin mainittuja harvinaisempia rakenteita. Metsätalouden vesiensuojelussa kosteikolla tarkoitetaan patoamalla tai kaivamalla tehtyä osittain avovesipintaista vesiensuojelurakennetta. Oikein perustetussa ja riittävän kookkaassa kosteikossa kiintoaines laskeutuu tehokkaasti ja vedestä poistuu ravinteita erinäisten kemiallisten reaktioiden ansiosta. Myös kosteikkoihin syntyvä kasvillisuus, etenkin puuvartistet kasvit, sitovat itseensä kosteikolle tulevia ravinteita ja tätä voidaan tehostaa kosteikon hoitotoimilla (Puustinen ym. 2007). Kosteikot ovat ainakin runsaamman virtaaman aikana veden peitossa ja ne pysyvät myös muun ajan märkinä tai kosteina. Kosteikoiden avulla pyritään vähentämään metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamaa kiintoaines- ja ravinnekuormitusta. Niillä voidaan vähentää myös happamista sulfaattimaista aiheutuvaa happo- ja metallikuormitusta. Kosteikot myös lisäävät luonnon monimuotoisuutta ja niillä voi olla riistanhoidollista arvoa.

Esisijaisesti kosteikkoja tulisi perustaa luontaisesti kosteille paikoille, kuten erilaisiin painanteisiin, vanhoihin lampikuivioihin sekä herkästi tulviville alueille. Mieluiten kosteikko sijoitetaan paikkaan, johon se voidaan perustaa padottamalla ja pengertämällä. Tällöin vältetään huomattavalta kaivamiselta, joka jo itsessään voi aiheuttaa kiintoaineksen ja ravinteiden huuhtoutumista. Kokonaan kaivamalla tehtyjä kosteikkoja voidaan suunnitella tilanteissa, joissa kaltevuussuhteet eivät salli pengertämisestä aiheutuvaa vedenpinnan nostamista ja muut edellytykset ovat hyvät. Mikäli alue on maalajiltaan savea, hienojakoista tai muuten maarakennusteknisesti haasteellista, eikä kosteikon mitoitusvaatimus täyty, ei kosteikkoa tule suunnitella kyseiselle paikalle.

Allasrakenteiden ja kosteikkojen mitoitus perustuu pääsääntöisesti vesimäärälaskelmiin. Rakenteen yläpuolisen valuma-alueen ominaisuuksien perusteella arvioidaan kulloisessakin tilanteessa kevään keskiylivirtaama, jonka perusteella toimenpiteen dimensiot ja tarvittava pinta-ala määräytyvät. Keskiylivirtaaman määrittämiseen on tavallisesti käytetty Seunan (1983) esittämiä metsäisiä valuma-alueita koskevia yhtälöitä.

1.4.3. Padottavat rakenteet

Metsätalouden käytössä on useita patorakenteita, jotka poikkeavat toisistaan rakenteeltaan ja toteutustavaltaan. Eri kokoisten ja näköisten patojen toiminnan logiikka on kuitenkin sama; pato hidastaa veden virtausta hetkellisesti, jolloin kiintoaines laskeutuu altaan tai ojan pohjalle. Pato sijoitetaan tavallisesti laskeutusaltaan tai kosteikon purkupisteelle (Metsänhoidon suositukset 2025). Erilaisia käytössä olevia patorakenteita ovat muun muassa putki-, setti-, munkki-, pohja- ja v-padot.

Patorakenteita voidaan lisäksi sijoittaa ojiin, jolloin ne virtaamaa hidastamalla ehkäisevät uomaeroosiota ja tästä aiheutuvaa kiintoaineskuormitusta. Tähän käyttötarkoitukseen soveltuvat osin myös ojiin jätettävät kaivu- ja perkauskatkot, jotka hidastavat veden virtausta ja jossain määrin pidättävät kiintoainesta ja ravinteita vesien suotautuessa perkaamattoman kohdan kasvillisuuden läpi.

1.4.4. Suodattavat rakenteet

Metsätalouden vesiensuojelussa pintavalutuskenttänä hyödynnetään yleensä tasaista heikosti viettävää ja heikkotuottoista aluetta, jolle metsänkäsittelyalueen valumavedet ohjataan. Pintavalutus kentillä pysytään pidättämään valumavesistä kiintoainesta ja ravinteita. Pintavalutukseen soveltuu alue, jossa

vedet saadaan suodattumaan pintamaakerroksen, yleensä turpeen ja kasvillisuuden läpi, veden liike hidastuu ja vedet leviävät tasaisesti laajalle alueelle. Pintavalutuskentiksi soveltuvat parhaiten ojittamattomat suot. Pintavalutuskenttänä ei saa käyttää metsälain 10 §:n mukaista erityisen tärkeää elinympäristöä. Myös aiemmin ojitetuja, metsätalouden ulkopuolelle jääviä heikkotuottoisia soita käytetään pintavalutukseen. Joissakin tilanteissa myös kivennäismaat voivat olla soveltuvia (Metsänhoidon suositukset 2025).

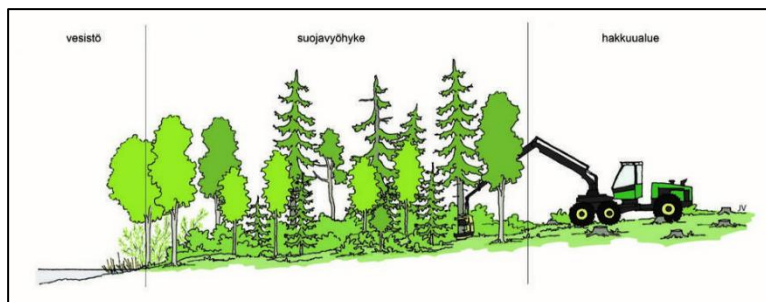
Pintavalutuskentän koko, hyötyala, kentälle tulevan veden määrä, oikovirtaukset sekä kentän kaltevuus, kasvillisuus ja turvekerroksen paksuus vaikuttavat veden puhdistustulokseen. Hyvin toimiville pintavalutuskentille jää 70–90 % kiintoaineksesta (Joensuu ym. 2008). Vuosina 2021–2023 toteutetun TurVI -hankkeen tulokset osoittivat, että hyvin toimivalla pintavalutuskentällä voidaan pidättää jopa yli 90 % kentälle tulevasta tpeestä ja fosforista (TurVI -loppuraportti 2023, Hynninen 2010). Pintavalutuskentän tulisi olla niin suuri, että se hidastaa oleellisesti veden virtausta ja vesi suodattuu maan (turpeen) pinta-kerroksen ja sen kasvillisuuden läpi. Kentän suositeltava koko on siten vähintään 1 % kentän yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta, jolloin voidaan olettaa, että noin 75 % kiintoaineksesta pidättyy kentälle (Nieminen ym. 2005, Tapio Oy:n ja Luken aineisto).

Jo ensiojitusten yhteydessä ojitusalueiden vesiä johdettiin jonkin verran heikkotuottoisille ojittamattomille soille. Usein soiden reuna-alueiden ojituksilla on katkaistu vesien luontaiset virtausreitit, minkä seurauksena suon ojittamaton osa on alkanut kuivua ja karuuntua. Viimeisen kymmenen vuoden aikana ulkopuolisten ojitusalueiden vesiä on alettu systemaattisesti johtamaan ojitusten johdosta kuivahtaneille suojelualueiden soille. Menettely on parantanut kustannustehokkaasti suojelualueen suon kuivahaneen osan elinympäristön tilaa, ja samalla ympäröivän alueen metsätalous on hyötynyt vesiensuojelun osalta. Tätä win-win-periaatetta onkin haluttu laajentaa merkittävästi yksityismaiden suuntaan.

Johtamalla ojitusalueiden vedet pintavalutukseen tällaiselle ojittamattomalle suolle voidaankin saavuttaa merkittäviä synergiaetuja metsätalouden vesiensuojelun ja luonnonhoidon välillä. Tällöin toimenpiteestä käytetään termiä veden palauttaminen (Granqvist 2024). Veden palauttamiseen on parhaat mahdollisuudet aapasoilla, joilla on luontaista kaltevuutta suon reunoilta keskiosia kohden. Aapasoita esiintyy pääasiassa Pohjanmaalla ja tätä pohjoisemmassa Suomessa. Etelä-Suomen keidassoilla, joiden keski-osat ovat reunoja korkeammalla mahdollisuudet vesien palauttamiseen ovat rajallisemmat.

1.4.5. Muut vesiensuojelumenetelmät

Edellä mainittujen menetelmien lisäksi metsätalouden käytössä on useita vesiensuojelun menetelmiä ja keinoja, jotka eivät kategorisoidu selkeästi edellä esiteltyihin luokkiin. Näistä tavallisin on hakkuiden yhteydessä käsittelemättömien suojavyöhykkeiden (Kuva 8) jättäminen vesistöjen ja pienvesien varsille ja rannoille. Kiintoaineksen ja ravinteiden pidätyksen osalta suojavyöhykkeet toimivat samalla periaatteella kuin pintavalutuskentät. Suojavyöhykkeen pidätyskyky riippuu sen leveydestä, pintaveden liikkumisesta ja määrästä sekä maanpinnan kaltevuudesta ja maalajista.

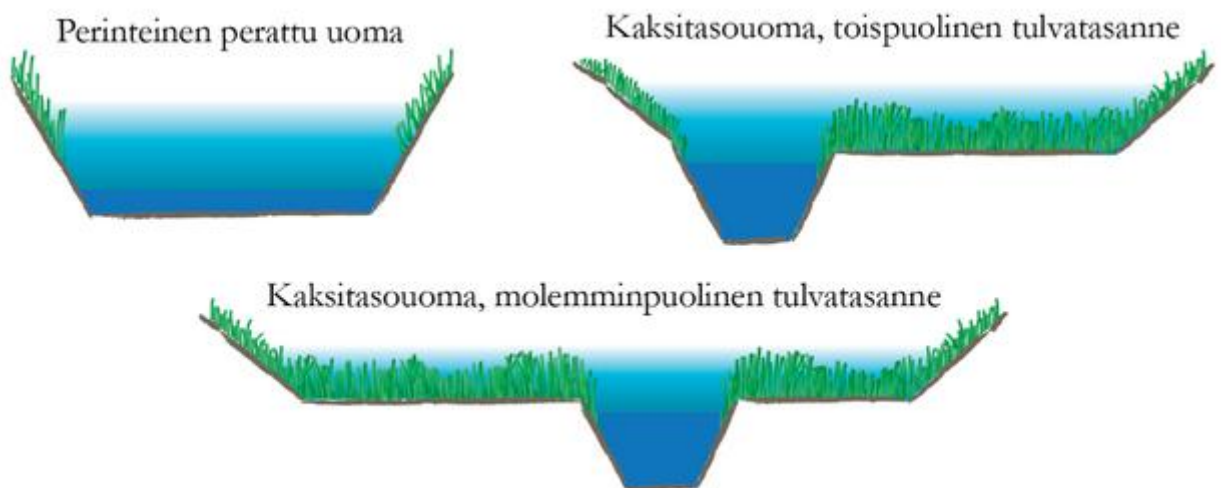


Kuva 8 Suojavyöhyke jätetään hakattavan alueen ja vesistön väliin. Koneilla ajamista suojavyöhykkeellä vältetään, mutta sovellettavasta sertifiointijärjestelmästä riippuen siltä voidaan poimia ainespuuta. Kuva: Metsänhoidon suositukset, Juha Varhi

Kiintoaineksen ja ravinteiden pidätyksen ohella suojavyöhykkeiden tärkeä tehtävä on säilyttää uoman ympäristöstään poikkeava varjostus, pienilmasto ja muut olosuhteet. Suojavyöhykkeelle jätettävä puusto ja pensaskerros varjostaa uomaa tai vesistön rantavyöhykettä, säilyttäen sen valo- ja lämpöolosuhteet entisellään ja puustosta uomaan päätyvä karike puolestaan muodostaa vesieliöstölle tärkeän ravintolähteen (Metsänhoidon suositukset 2025). Sovelletavan sertifiointijärjestelmän mukaan, suojavaikkeitä voidaan puustoa poistaa poimintahakkuin, mutta muutoin ne jätetään metsätaloustoimien ulkopuolelle, eikä niiden läpi tule ajaa puutavaraa kuljetettaessa tai kohteelle siirryttäessä (Joensuu ym. 2012). Suojavyöhykkeillä ei myöskään tehdä maanmuokkausta, mikä vähentää vesistön välittömässä läheisyydessä olevan huuhtoutumisalttiin maa-aineksen määrää.

Metsälaissa ei oteta kantaa suojavyöhykkeiden leveyden metrimäärään, mutta Metsälain 10§ erityisen tärkeiden elinympäristöjen, tai niiden välittömän luonnontilaisen tai luonnontilaisen kaltaisen lähiympäristön tilaa ei saa heikentää. Suositusten mukaan suojavyöhykkeen leveys voi vaihdella kymmenestä kolmeen kymmeneen metriin (Metsänhoidon suositukset 2025). Tavoitteena olisi, että suojavyöhykkeen leveys olisi vaihteleva maasto-olosuhteiden mukaisesti. Eri sertifiointijärjestelmillä on omat kriteerinsä suojavyöhykkeiden leveyksille.

Harvinaisempia vesiensuojelumenetelmiä puolestaan ovat kaksitasouomat (Kuva 8) ja puutavaran lisääminen ojaverkostoon ja allasrakenteisiin. Kumpikaan menetelmä ei toistaiseksi ole vakiintunut yleiseksi toimintatavaksi metsäalalla, eikä näiden tehosta ole saatavilla juurikaan tutkimustietoa. Maatalousmaille perustetuista kaksitasouomista on kuitenkin kertynyt lupaavia tuloksia (esim. Västilä & Järvelä 2015, Västilä ym. 2021). Kaksitasouomaa perustettaessa valtaosan luiskaan kaivetaan mitoitusohjeiden mukaisesti lähelle kesävesipinnan tasoa muutaman metrin levyinen tasanne, jolle vesi nousee tulva-aikoina. Veden levitessä tasanteelle sen virtausnopeus hidastuu ja veden mukana kulkeutuvaa kiintoainesta sedimentoituu tasanteelle. Tasanteelle syntyvä kasvillisuus hidastaa osaltaan virtausnopeutta ja voi myös pidättää ravinteita.



Kuva 8 Kaksitasouomaratkaisussa pääuomaan kaivetaan tulvatasanne noin keskivirtaamaa vastaavalle vedenkorkeudelle, kun taas perinteisessä ylläpitoperkauksessa pääuoma kaivetaan pohjaltaan leveäksi ja usein kaltevuudeltaan tasaiseksi. Kuva: Västilä & Järvelä 2015.

Metsätaloudessa soveltuvia kaksitasouomien paikkoja ovat vähän viettävät laskuojan varret, joille on suunniteltu piennarteita. Kaksitasouoman kaivuumaista voidaan hyödyntää piennartien materiaalina. Kaksitasouoman alapuolelle voidaan rakentaa myös putkipato varmistamaan veden nousu tasanteelle.

Puumateriaalin käyttäminen vesiensuojelukeinona puolestaan perustuu veden alla olevan puuaineksen pintaan kehittyvän mikrobiyhteisön, eli biofilmin, ravinteiden ottoon. Esimerkiksi laskeutusaltaisiin voidaan upottaa rankanippuja, joiden pinnalle tämä biofilmi kehittyy. Ojastoon tai laskeutusaltaisiin lisätty puumateriaali myös jonkin verran hidastaa veden virtausnopeutta, tehostaen kiintoaineksen laskeutusta ja ehkäisten uomaeroosiota (Metsänhoidon suositukset 2025). Tästä on kuitenkin toistaiseksi saatavilla vain niukasti tutkittua tietoa.

1.4.6. Arviot vesiensuojelumenetelmien pidätystehoista, hyödyistä ja epävarmuuksista²

Suomen olosuhteissa vesiensuojeluratkaisujen teho on rajallinen, sillä suurin osa valunnasta ja ravinnekuormituksesta tapahtuu kasvukauden ulkopuolella – erityisesti talvisina sulamisjaksoina. Tällöin esimerkiksi biologiset puhdistusmenetelmät eivät toimi yhtä tehokkaasti. Lisäksi metsätalouden kuormitus koostuu suurelta osin liuenneista epäorgaanisista ja orgaanisista yhdisteistä, joiden pidättäminen on huomattavasti haastavampaa kuin kiintoaineen ja siihen sitoutuneiden ravinteiden. Perinteiset vesiensuojelumenetelmät ovat kuitenkin keskittyneet pääasiassa juuri partikkelimuotoisen kuormituksen vähentämiseen.

Turpeen maatumisen heikentää vesiensuojeluratkaisujen tehoa turvemaametsissä. Alkuvaiheessa turveaines on karkeaa ja eroosiota kestävä, mutta maatumisen myötä siitä tulee hienojakoisempaa ja herkemmin huuhtoutuvaa (Tuukkanen ym. 2014). Nykyisillä ojitusalueilla turve on usein jo pitkälle maatunut, mikä lisää eroosioriskiä paitsi ojituksessa myös kaivamiseen perustuvissa vesiensuojelumenetelmissä (laskeutusaltaat, lietekuopat). Lisäksi turvekerroksen ohentuminen kasvattaa riskiä, että kaivutyöt ulottuvat eroosioherkkään pohjamaahan, erityisesti ohutturpeisilla soilla (Nieminen ym. 2017b).

Mikäli kunnostusojitus katsotaan kohteella tarpeelliseksi toteuttaa, osana vesiensuojelun kokonaisratkaisua olisi tarkoituksenmukaista, että ojitustoimet ajoitettaisiin kuivaan aikaan ja toteutetaan valuma-alueen yläosista alaspäin, jolloin kuormitus voi pidäytyä alempiin, vielä perkaamattomiin ojiin. Kaivukatkojen jättäminen perattaviin ojiin on hyvin suositeltavaa ojaeroosion vähentämisen kannalta (Haahti ym. 2018).

Maanmuokkauksessa olisi tarpeen välttää uusien vesiuomien syntyä ja minimoida pintakasvillisuuden tuhoutuminen, sillä se suojaaa maata eroosiolta ja sitoo ravinteita (Palviainen ym. 2014). Tämänhetkisen ymmärryksen perusteella keskeisiä vaikuttavimpia toimenpiteitä kunnostusojitusten kuormituksen vähentämiseksi olisi koittaa välttää ojien syventämistä erityisesti pohjamaalajitteiltaan hienojakoisilla mailla.

Laskeutukseen perustuvat menetelmät

Yleisimmät vesiensuojeluratkaisut, kuten laskeutusaltaat ja virtaamansäätöpadot, toimivat parhaiten eroosion ollessa hyvin suurta. Parhaimmillaan kiintoaineen, kokonaistypen ja fosforin pidätys on kokeellisissa tutkimuksissa ollut yli 50 % (Marttila & Klöve 2010). Keskimääräisillä kuormitustasoilla laskeutusaltaiden ja virtaamansäätöpadon pidätysteho voi kuitenkin jäädä heikoksi (Nieminen ym. julkaisematon). Siten padotusratkaisuja olisi tarkoituksenmukaista käyttää kohdennetusti, esimerkiksi voimakkaasti syöpyvissä valtaojissa, eikä sitä olisi tarpeen tehdä rutiininomaisesti kaikilla ojitusalueilla. Myös padotuksen toteutustapaan ja mitoitukseen pitäisi kiinnittää huomiota. Edellä mainituista on kuitenkin vielä hyvin niukasti tutkittua tietoa.

Laskeutusaltaat ja muut laskeuttamiseen perustuvat menetelmät, kuten lietekuopat, ovat olleet valtavirtaa metsätalouden vesiensuojelussa jo pitkään ja niitä toteutetaan lähes rutiininomaisesti. Kiintoaineen pidätyksessä voidaan parhaimmillaan päästä yli 50 % pidätystehoon suurissa altaissa (Nieminen ym. 2018bc, Miettinen ym. 2020). Toisaalta väärään paikkaan, kuten syöpymisherälle kohteelle sijoitettuna,

² Lähde: Arviot keskeisten metsätalouden toimenpiteiden vesistökuormituksesta ja synteesi vesiensuojelumenetelmien tehokkuudesta, selvitysraportti 2025. Sakari Sarkkola, Leena Stenberg & Mika Nieminen; Luonnonvarakeskus. Raportti liitteinä.

allas voi myös lisätä kuormitusta (Joensuu 1999). Mallinnustarkastelussa altaisiin pidättyi keskimäärin vain noin 6 % kiintoaineksesta (Haahti ym. 2018). Liukoisia ravinteita altaat pidättävät heikosti tai jopa ei lainkaan. Lietekuoppien tehosta ei ole käytettävissä julkaistua kokeellista tutkimusta, mutta mallinuksissa niiden toimivuus on osoittautunut heikoksi (Haahti ym. 2018). Tämä johtuu siitä, että vaikka lietekuopat pidättävätkin kaivuukaista ja heti sen jälkeen ojista huuhtoutuvaa ainesta, niiden sakkapesän tilavuus on pieni ja niitä ei yleensä tyhjennetä, ja lisäksi kuopista itsessään lähtee liikkeelle kiintoainesta minkä riski kasvaa entisestään, jos kuoppa ulottuu alapuoliseen kivennäismaahan. Mutta empiiristä tietoa tarvittaisiin näistä lisää, jotta niiden todelliset vaikutukset pystyttäisiin todentamaan ja siten myös käytännön suosituksia tarkentamaan. On kuitenkin hyvä myös huomioda, että lietekuopat eivät yleensä ole, eikä missään vaiheessa suositeltukaan käytettävän ainoana vesiensuojelumenetelmänä.

Kosteikot ja pintavalutuskentät

Laajat pintavalutuskosteikot, kuten luonnontilaiset suot, ovat kuormitusta hillitsevien toimien ohella nykykäsityksen mukaan tehokkain vesiensuojeluratkaisu metsätaloudessa. Pitkä veden viipymä laajoilla kosteikoilla mahdollistaa ravinteiden pidätyksen kasvillisuuteen ja turpeeseen. Pitkä veden viipymä mahdollistaa myös sen, että talvikaudella kosteikolle huuhtoutuneet ravinteet ovat kosteikolla edelleen, kun ravinteita pidättävät prosessit käynnistyvät lämpimään aikaan (Vuori ym. 2021).

Useimpien laskeutukseen perustuvien vesiensuojeluratkaisujen, kuten laskeutusaltaiden ja kaksitasouomien, veden viipymä on lyhyt, mikä rajoittaa niiden puhdistustehoa. Sen sijaan kosteikkoihin tai pintavalutukseen perustuvilla menetelmillä veden viipymää voidaan lisätä merkittävästi. Jo varhaisimpien metsätalouden pintavalutuskenttiä koskevien tutkimusten perusteella on voitu päätellä, että tehokas tyyppinen ja fosforin pidätys edellyttää, että kentän pinta-ala on vähintään 1 % yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta (Silvan 2004, Väänänen 2008, Hynninen 2011). Nykykäsityksen mukaan kentän tulisi kuitenkin olla mieluiten huomattavasti suurempi – jopa useita prosenttiyksiköitä valuma-alueen pinta-alasta (Miettinen ym. 2012; Nieminen ym. 2025). Fosforiin verrattuna kosteikot pidättävät vähemmän esimerkiksi orgaanista hiiltä ja typpeä, joskus ne voivat jopa lisätä orgaanisen hiilen huuhtoutumista. Niiden käyttö olisikin vaikuttavinta tilanteissa, joissa valuma-alueelta huuhtoutuu paljon fosforia. Pienialainenkin kosteikko/pintavalutuskenttä sinänsä voi kyllä pidättää ravinteita, mutta verrattuna suurempiin kenttiin, riskinä ovat mm. oikovirtausten muodostuminen ja tulviminen ylivaluntatilanteissa mitkä vähentävät veden viipymää ja aineiden pidättymistä pintakasvillisuuteen ja maaperään. Pienialaiset voimakkaasti vettyneet kentät voivat alkuvaiheessa jopa lisätä nettokuormitusta (Nieminen ym. 2020c). Edellä mainittujen aiempien julkaisujen sekä myös Tapio Oy:n vetämän TurVI-hankkeen tulosten perusteella voidaan todeta, että ihanteellisimmin pintavalutuskenttä kuormituksen pidättymisen tehokkuuden ja kentän rakentamisen jälkiseurauksen minimoinnin kannalta olisi suhteellisen suuri luonnontilainen tai luonnontilaisen kaltainen suoalue, jolle kentän perustaminen aiheuttaa vain vähän vettymistä seuraavia ekohydrologisia muutoksia, ja vesi levittyy kentälle mahdollisimman tasaisesti, jolloin kentän tehollinen pinta-ala on suuri ja veden viipymä pitkä. Luonnontilaisia tai ennallistettuja kosteikkoja voitaisiin käyttää nykyistä enemmän myös maa- ja metsätalouden vesiensuojelun yhteisratkaisuna (ns. integroidut vesiensuojeluratkaisut).

Vesien palautus soille

Viime vuosina vesien palautus ojitusten takia kuivahtaneille luonnontilaisille soille on saanut paljon huomiota. Paitsi että se parantaa suon luonnontilaa, vesien palautus myös luo soista vesiensuojelukosteikkoja ja voi siksi merkittävästi vähentää vesistökuormitusta kohdevaluma-alueelta. Vesienpalautuksen kuormitusvaikutuksista ei ole olemassa kokeellista tutkimustietoa, mutta tämänhetkinen tietämys luonnontilaisista soista kuormituksen hillitsemisessä (esim. Sallantaus ym. 2022) tukee vahvasti vesienpalautuksen käyttöä myös vesiensuojelumenetelmänä. Tyypilliset vesienpalautuskohteet ovat myös usein taloudellisesti vähäarvoisia ja vaikka vesienpalautus lisää vedenpinnan nousun riskiä niiden viereisillä metsäalueilla, sen vaikutus kohteiden puuntuotokseen on todettu olevan vähäinen (Joensuu ym. 2024). Nämä tekijät vähentävät myös vesiensuojelun välillisiä kustannuksia.

Soiden ennallistaminen

Luonnontilaisten soiden määrä on vähentynyt ojitusten myötä, ja ojitettujen soiden ennallistamisen ts. vesitalouden ja kasvillisuuden palauttamisen luonnontilaisen kaltaiseksi on ajateltu tuottavan merkittäväkin vesiensuojeluhuotyjä. Ennallistaminen voi kuitenkin aluksi lisätä kuormitusta (Vasander ym. 2003; Nieminen ym. 2020b). Fosforikuormitus voi kaiken kaikkiaan olla 1–3 kg/ha (ennallistamisen nettokuormitus sen vaikutusaikana), mutta suurempiakin kuormia on raportoitu varsinkin hyvin runsasravinteisten turvekankaiden ennallistamisissa (Koskinen ym. 2011, 2017). Kyseessä on kuitenkin kertaluonteinen kuormituksen kasvu ja pitemmällä aikavälillä ennallistaminen vähentää kuormitusta, erityisesti fosforikuormaa (Nieminen ym. 2020a; Miettinen ym. 2012). On kuitenkin huomattava, että tutkimustietoa ennallistamisen pitkäaikaisvaikutuksista on kuitenkin vielä hyvin niukasti. Vielä ei tiedetä tarkkaan mm. sitä kuinka kauan kuormituksen palautuminen luonnontilaisen suon kuormitustasolle kestää ja esiintyykö tässä kohdekohtaisia eroja. Parhaimmillaan ennallistamisen kuormitushyötyjä voidaan saavuttaa jo muutamassa vuodessa, kuten erityisesti niukkaravinteisilla kasvupaikoilla (Koskinen ym. 2017). Mutta tietoa näistä tarvittaisiin välttämättä lisää, jotta ennallistamistoimia voitaisiin kohdentaa vesiensuojelun kannalta tarkoituksenmukaisella tavalla.

Suojavyöhykkeet

Tyypillisen, 10–15 m levyisen suojavyöhykkeen jättäminen vesistöjen varsille vähentää kuormitusta keskimäärin noin 10–15 % (Miettinen ym. 2012). Suojavyöhykkeen pidätyskyky ei suoraviivaisesti parane sen leveyden kasvaessa, vaan sen teho riippuu myös paikallisista olosuhteista, kuten maalajista (eroosioherkkyys), yläpuolisen maaston kaltevuudesta ja siitä onko tai muodostuuko suojavyöhykkeelle vettä helposti johtavia uomastoja (ks. Ring 2018). Kiintoaineen pidätys voi olla selvästi tehokkaampaa kuin liuenneiden ravinteiden (Shah ym. 2022). Suojavyöhykkeillä on kuitenkin tärkeä rooli luonnon monimuotoisuuden ylläpitämisessä sekä metsissä, että pienvesistöissä (Mykrä ym. 2023), mikä tekee niiden jättämisestä perusteltua, vaikka niiden varsinainen vesiensuojelullinen merkitys olisikin pieni.

Muut menetelmät

Biologisen puhdistuksen tehostamista on viime vuosina kokeiltu lisäämällä puuainesta altaisiin ja ojiin, jolloin vedenalaisille pinnoille kehittyvä kasvusto sitoo ravinteita, ja osa ravinteista poistuu ravintoketjun kautta (esim. Vuori ym. 2021). Menetelmä toimii kuitenkin vain lämpiminä ja vähävetisinä jaksoina, ja niiden toiminnassa on merkittäviä haasteita suurimman ravinnekuormituksen aikaan syksyllä, talvella tai keväällä. Siksi on olemassa riski, että menetelmän vaikutus kokonaiskuormitukseen jää pieneksi. Tietoa näiden menetelmien pitkäaikaisvaikutuksista tarvittaisiin kuitenkin lisää ennen kuin voidaan antaa tarkempia arvioita menetelmien kokonaistehokkuudesta.

Myös ravinteita sitovia materiaaleja, kuten biohiili- ja hakesuodattimia, on testattu, mutta nekin näyttävät olevan tehokkaita lähinnä vain lämpimään aikaan, talvella rakenteet jäätyvät, ja kevättulvien aikaan ne eivät välttämättä toimi. Lisäksi huokoiset materiaalit tukkeutuvat helposti metsäkarikkeesta, kiintoaineesta ja humuksesta. Kenttäkokeissa näillä materiaaleilla ei ole saavutettu merkittävää hyötyä metsätalousalueilla, ja ne toimivat parhaiten vain korkeiden pitoisuuksien ja pienten virtaamien olosuhteissa, kuten pistekuormittajien tapauksessa (Karosto 2016; Mosquera ym. 2024). Biologisten puhdistusmenetelmien pitkäaikaisvaikutuksista tarvittaisiin kuitenkin lisää tutkimustietoa ennen kuin niiden todellista vaikutusta valumavesien laatuun voitaisiin luotettavasti määrittää.

1.5. Pohjavedet

Luokiteltuja pohjavesialueita on Suomen pinta-alasta 4% (Britschgi ym. 2022) ja niiden kokonaisala on 12 740 km². Pohjavesialueista metsämaata on 8599 km² (67%), turvemaata 1 563 km² (12%) ja turve-metsämaata 927 km² (7%), yhteensä tämä vastaa noin 5 % Suomen metsätalouskäytössä olevasta pinta-alasta. Pohjavesialueilla harjoitetaan laajasti metsätaloutta. Metsikön sijainti pohjavesialueella ei rajoita

puuston käsittelyä. Hakkuissa ja muissa metsätalouden toimenpiteissä tulee kuitenkin noudattaa pohjavesien määrän ja hyvän laadun turvaavia suosituksia. Näin vältetään rikkomasta vesilain (587/2011) pohjaveden muuttamiskieltoa ja ympäristönsuojelulain (527/2014) pohjaveden pilaamiskieltoa. Sertifiointijärjestelmillä on omat kriteerinsä pohjavesialueilla toimimiselle.

Pohjavesialueiden luokitus perustuu Lakiin vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain muuttamisesta (1263/2014).

1-luokkaan kuuluvat vedenhankintaa varten tärkeät pohjavesialueet, joita käytetään tai on tarkoitus käyttää yhdyskunnan vedenhankintaan taikka talousvetenä enemmän kuin keskimäärin 10 kuutiometriä vuorokaudessa tai yli viidenkymmenen ihmisen tarpeisiin.

2-luokkaan kuuluvat muut vedenhankintakäyttöön soveltuvat pohjavesialueet, jotka soveltuvat 1-luokassa tarkoitettuun käyttöön.

E-luokkaan luokitellaan pohjavesialue, jonka pohjavedestä pintavesi- tai maaekosysteemi on suoraan riippuvainen.

Lähde: Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain muuttamisesta (1263/2014)

Erityisesti pohjavesialueella tehtävässä konetyössä on olennaista estää öljyn ja polttoaineen pääsy maaperään. Öljyvahinkojen ympäristöhaittoja voidaan pienentää käyttämällä mineraaliöljyn sijaan biohajotavia öljyjä. Koneissa on lisäksi aina oltava mukana öljyntorjuntaa varten liittyvää imeytyskalustoa. Työkohteiden huoltopaikat ja polttoainevarastot on suositeltavaa sijoittaa pohjavesialueiden ulkopuolelle.

1 ja 2 luokan pohjavesialueilla ei suositella metsänhoidollista kulotusta, torjunta-aineiden käyttöä eikä kantojen nostoa. Luonnonhoidollisia kulotuksia voidaan kuitenkin toteuttaa, kun aiheesta keskustellaan ELY-keskusten pohjavesiasiantuntijoiden kanssa. Myöskään lannoituksia ei pääsääntöisesti suositella, mutta metsän terveyden ylläpitämiseksi tarpeelliset lannoitukset ovat mahdollisia.

Pohjavesialueilla maanmuokkaus jakaa tällä hetkellä mielipiteitä ja muokkauksen vaikutuksista on erittäin vähän tutkimustietoa. 1 ja 2 luokan pohjavesialueille suositellaan vain kevennettyä maanmuokkausta, kuten kivennäismaan pintaa mahdollisimman vähän paljastavia menetelmiä. Maanmuokkauksessa on syytä välttää menetelmiä, joissa syntyy vettä johtavia ja eroosiota aiheuttavia uomia. Sopivia ovat esimerkiksi laikutus ja katkonainen äestys. Jos E-luokan pohjavesialueella tarvitaan voimakkaampia muokkaustapoja, on suositeltavaa kysyä ohjeet alueellisesta ELY-keskuksesta. Mikäli pohjavesialueella maanpintaa peittää moreenikerros, alueella voidaan käyttää myös laikku- ja kääntömätästystä, sillä edellytyksellä, että muokkausjälki ei ulotu moreenikerroksen läpi. Turvemaiden pohjavesialueilla voidaan tehdä naveromätästystä, jos naverot eivät ulotu kivennäismaahan asti. Myös kääntömätästys on turvemailla suositeltava menetelmä.

Ojitukset saattavat vaarantaa pohjaveden laatua etenkin alueilla, joilla pohjaveden pinta on lähellä maanpintaa. Aiemmin ojitetuilla turvepinta-alueilla pohjavesialueen osilla voidaan usein perata oja aiheuttamatta pohjavesihaittoja, kun perkausta ei uloteta alkuperäistä kuivatussyvyyttä syvemmälle. Tällöin varmistetaan, että vanha kuivatus ei ole aiheuttanut pohjaveden purkautumista. Mikäli ojasyvyyden lisääminen olisi välttämätöntä vesien johtamisen takia, varmistetaan asiantuntija-arviolla, että

pohjaveden purkaantumista syvennettäviin ojiin ei voi tapahtua. Arviointiapua voi kysyä esimerkiksi alueellisesta ELY-keskuksesta. Toimenpiteestä tehdään aina ojitussilmoitus.

Metsäteiden perusparannusten yhteydessä maa-aineksen ottoapaikoille on jätettävä riittävä suojakerros pohjavesipinnan yläpuolelle. Suoalueiden pinta- ja pohjavesien pääsy pohjavesialueille on estettävä ja suovesien virtausmuutoksia on vältettävä.

Metsätalouden pohjavesivaikutukset (MEPO) -hankkeessa koostettiin aiheesta saatavilla olevaa tutkimustietoa (Britschgi ym. 2022). Esimerkiksi Kokkolan Patamäen pohjavesialueella toteutettujen metsätaloustoimenpiteiden seurannan perusteella hakkuut voivat nostaa pohjaveden pintaa ja toisaalta uudistamiseen liittyvä maanmuokkaus voi lisätä pohjaveden purkautumista reuna-alueilla. Pohjavesialueilla tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että nitraattityypipitoisuudet voivat kasvaa pohjavedessä hakkuiden jälkeen (Rusanen ym. 2004). Sama ilmiö on havaittu myös moreenimaiden pohjavedessä (Kubin 1998, Mannerkoski ym. 2005). Mitatut pitoisuudet ko. tutkimuksissa eivät ole ylittäneet Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (401/2001) mukaista talousveden sallittua maksimirajaa. Tutkimustuloksia siitä, kuinka maanmuokkaus tai erilaiset maanmuokkausmenetelmät vaikuttavat pohjaveden laatuun tai määrään, ei ole.

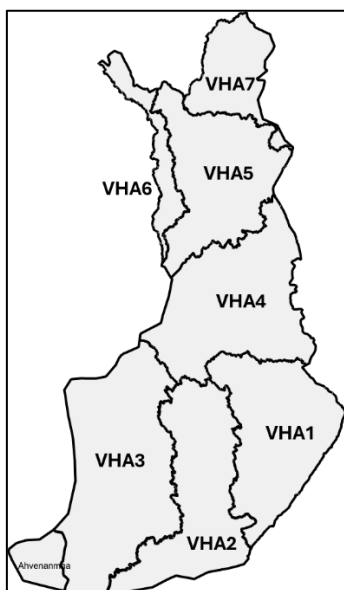
2. Sisä- ja pienvesien laatu ja nykytila

Luvussa 1.3. kuvatut metsätalouden toimenpiteet aiheuttavat kiintoaines- ravinne- ja hiilikuormitusta vesistöihin, aiheuttaen muutoksia vesistöjen fyysiseen ja kemialliseen tilaan. Esimerkiksi ravinteiden liittäminen vesistöissä voi aiheuttaa muutoksia sen kasvi- ja eliöyhdyskuntien koostumuksessa. Vesistön pohjaan kertyvä kiintoaines puolestaan muuttaa pohjan olosuhteita ja tätä kautta muokkaa pohjaeläimistöä ja kasvillisuutta. Orgaaninen hiili taas voi aiheuttaa vesistön tummumista ja sitä kautta muutoksia näkösyvyydessä ja lämpöoloissa. Kaikki nämä vaikutusmekanismit voivat johtaa myöhemmin tässä luvussa kuvattujen laatutekijöiden poikkeamiin vertailuarvoista ja tätä kautta vesistön tilaluokituksen heikkenemiseen.

2.1. Vesien laatu ja nykytila³

Suomen ympäristökeskuksen tuottamaan katsaukseen vesien laadusta ja tilasta koottiin saatavilla olevista seuranta-aineistoista biologisten laatutekijöiden ekologiset tilaluokat sekä fysikaaliskemialliset tilaluokat metsätalousvaltaisilla valuma-alueilla vesienhoitoalueittain (Kuva 9) lukuun ottamatta Tenojoen-Näätämojoen-Paatsjoen (VHA7) vesienhoitoaluetta. Katsauksessa on kuvaus myös pienten virtavesiuomien luonnontilaisuuden mallinnuksesta sekä tähän liittyen metsätalouden maankäytöstä vesienhoitoalueilla. Selvitys menetelmineen ja aineiston kuvauksineen on tämän raportin liitteenä.

³ Lähde: Metsätalouden vaikutukset vesistöjen ekologiseen tilaan vesienhoitoalueilla 2025, Heikki Mykrä, Suomen Ympäristökeskus. Raportti liitteenä.



Pintavesien ekologinen tila luokitellaan ensisijaisesti biologisten laatu-tekijöiden avulla. Näitä ovat kasviplankton, päällyksyvät, makrolevät, muu vesikasvillisuus, pohjaeläimistö ja kalasto. Ekologisen tilan luokittelu on viisiportainen (Erinomainen – huono) ja tätä mitataan poikkeamana erinomaisen tilaluokan vertailuarvoista. Vesistön ekologinen tilaluokka määräytyy laatu-tekijöiden keskiarvon mukaan.

Lisäksi tilaluokittelussa huomioidaan fysikaaliskemiallisia tekijöitä, joita ovat mm. näkösyvyys, lämpö- ja happiolot sekä suolaisuus ja ravinneolot. Näiden tekijöiden luokittelu on kaksiportainen: hyvä, tai hyvää huonompi.

Vesienhoidon neljännellä luokittelukaudella (2028–2033) Suomessa siirrytään EU:n vesipuitedirektiivin yleiseurooppalaiseen, heikoimman tekijän mukaiseen luokitteluun. Tällöin tilaluokka ei määräydy tekijöiden keskiarvon mukaan, vaan heikoimmassa tilassa oleva tekijä määrää koko vesimuodostuman tilaluokan.

Lähde: Aroviita ym. (2019)

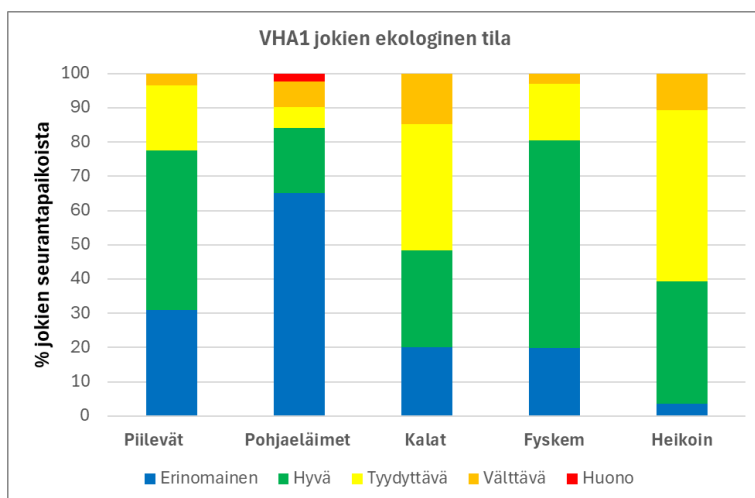
Kuva 9 Suomen vesienhoitoalueet. VHA1 = Vuoksen vesienhoitoalue, VHA2 = Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalue, VHA3 = Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalue, VHA4 = Oulujoen-lijoen vesienhoitoalue, VHA5 = Kemijoen vesienhoitoalue, VHA6 = Tornionjoen vesienhoitoalue, VHA7 = Tenojoen, Näätämöjoen ja Paatsjoen vesienhoitoalue. Ahvenanmaa = VHA8.

2.1.1. Metsätalousvaltaisten valuma-alueiden vesistöjen ekologinen tila vesienhoitoalueilla

VHA 1 Vuoksen vesistöalue

Joet

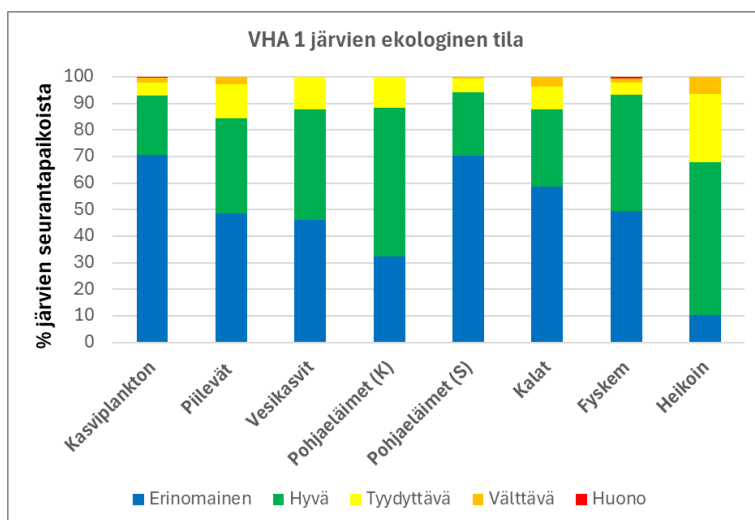
Vuoksen vesienhoitoalueella jokien piilevien ja pohjaeläinten ekologinen tila on pääasiassa joko hyvä tai erinomainen (Kuva 10). Kalojen perusteella hyvässä tai erinomaisessa tilassa on 48 % jokien seurantapaikoista. Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella 81 % jokien vesimuodostumista on vähintään hyvässä tilassa. Biologisten laatu-tekijöiden ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden heikoimman tuloksen perusteella hyvässä tai erinomaisessa tilassa on 40 % jokipaikoista (Kuva 10).



Kuva 10 Jokien biologisten laatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden tila Vuoksen vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden jokien seuranta-paikoilla. Heikoin ekologinen tila on määritetty kaikkien biologisten ja fysikaalis-kemiallisten laatutekijöiden luokitusten perusteella (tulokset 28 seuranta-paikalta).

Järvet

Vuoksen vesienhoitoalueella järvien kaikki biologiset laatutekijät ilmentävät hyvää tai erinomaista tilaa (Kuva 11). Myös fysikaalis-kemialliset tekijät ilmentävät hyvää tai erinomaista tilaa. Neljän biologisen laatutekijän ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden heikoimman luokituksen perusteella hyvässä tai erinomaisessa tilassa on 68 % vertailuun valituista järvistä (Kuva 11).



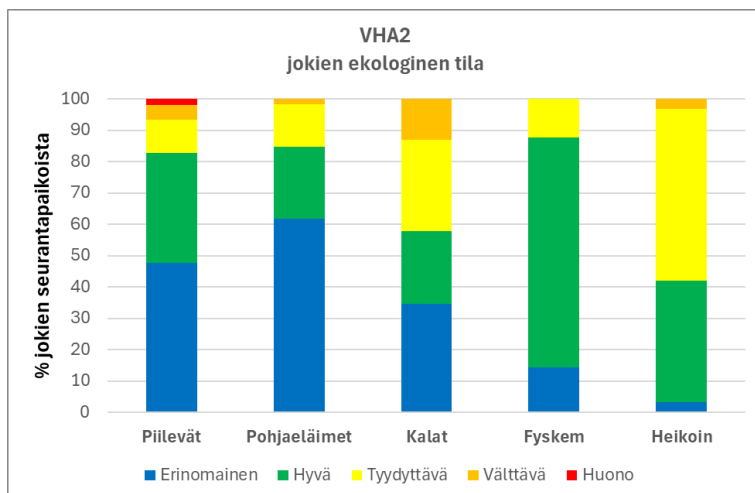
Kuva 11 Järvien biologisten laatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden tila Vuoksen vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden seuranta-järvissä. Heikoin ekologinen tila on määritetty vähintään neljän biologisen laatutekijän ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden luokitusten perusteella (tulokset 78 seuranta-järvestä). [Järvien pohjaeläimiä seurataan sekä kivikkorannoilla (K) että syvänteissä (S).]

VHA2 Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalue

Joet

Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueella jokien ekologinen tila on kaikilla biologisilla laatutekijöillä pääasiassa joko hyvä tai erinomainen, joskin kalojen ekologinen tila on selvästi heikompi verrattuna

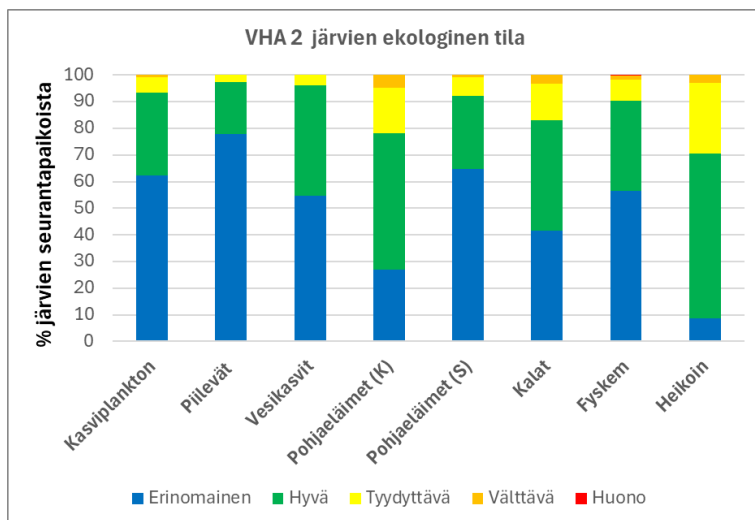
piileviin ja pohjaeläimiin myös tällä vesienhoitoalueella (Kuva 12). Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella 87 % jokien vesimuodostumista on vähintään hyvässä tilassa. Heikomman tekijän perusteella hyvässä tai erinomaisessa tilassa on 42 % jokipaikoista (Kuva 12).



Kuva 12 Jokien biologisten laatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden tila Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden jokien seuranta-apaikoilla. Heikoin ekologinen tila on määritetty kaikkien biologisten laatutekijöiden ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden luokitusten perusteella (tulokset 31 seuranpaikalta).

Järvet

Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueella järvien kaikki biologiset laatutekijät ilmentävät pääasiassa hyvää tai erinomaista tilaa (Kuva 13). Myös fysikaalis-kemiallisiin tekijöihin perustuva tila on pääasiassa erinomainen tai hyvä. Heikoimman luokituksen perusteella hyvässä tai erinomaisessa tilassa on 71 % järvistä (Kuva 13).

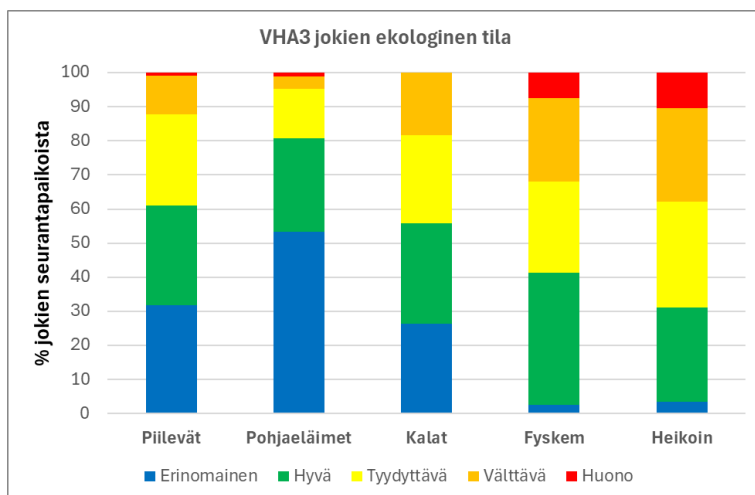


Kuva 13 Järvien biologistenlaatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden tila Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden seuranta-järvissä. Heikoin ekologinen tila on määritetty vähintään neljän biologisen laatutekijän ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella (tulokset 34 seuranta-järvestä). Pohjaeläimiä seurataan sekä kivikkorannoilla että syvänteissä.

VHA 3 Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalue

Joet

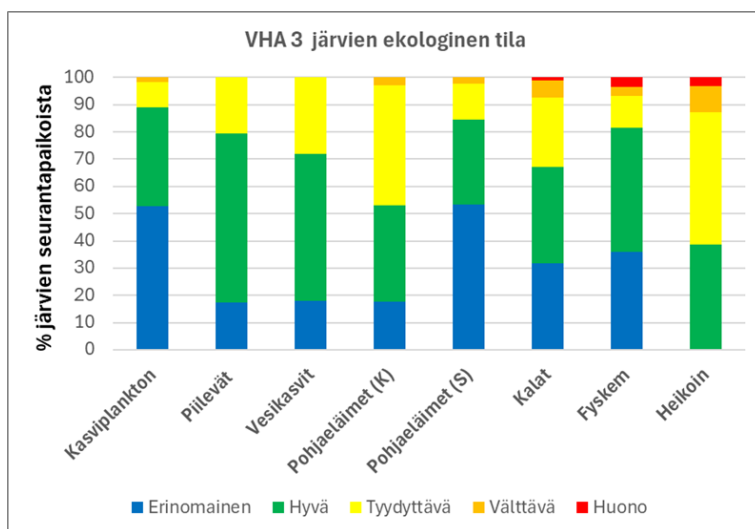
Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueella jokien ekologinen tila on kaikilla laatutekijöillä pääsääntöisesti joko hyvä tai erinomainen, mutta tyydyttävässä tai sitä heikommassa tilassa olevien jokien osuus on alueella selvästi kohonnut (Kuva 14). Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella 42 % alueen jokivesimuodostumista on vähintään hyvässä tilassa. Heikoimman tekijän perusteella Hyvään tai erinomaiseen ekologiseen tilaan luokituu vain 31 % seuranpaikoista (Kuva 14).



Kuva 14 Jokien biologistenlaatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden tila Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden jokien seurantapaikoilla. Heikoin ekologinen tila on määritetty kaikkien biologisten laatutekijöiden ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden luokitusten perusteella (tulokset 29 seuranpaikalta).

Järvet

Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueella järvien ekologinen tila on kaikilla laatutekijöillä pääsääntöisesti (<50 % järvistä) joko hyvä tai erinomainen, mutta myös järvissä tyydyttävässä tai sitä heikommassa tilassa olevien seurantajärvien osuus on alueella selvästi kohonnut (Kuva 15). Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella 81 % järvistä luokituu vähintään hyvään tilaan. Heikoimman luokituksen perusteella 39 % järvistä on hyvässä tilassa. Erinomaiseen tilaan ei tässä vertailussa luokitu järviä lainkaan (Kuva 15).

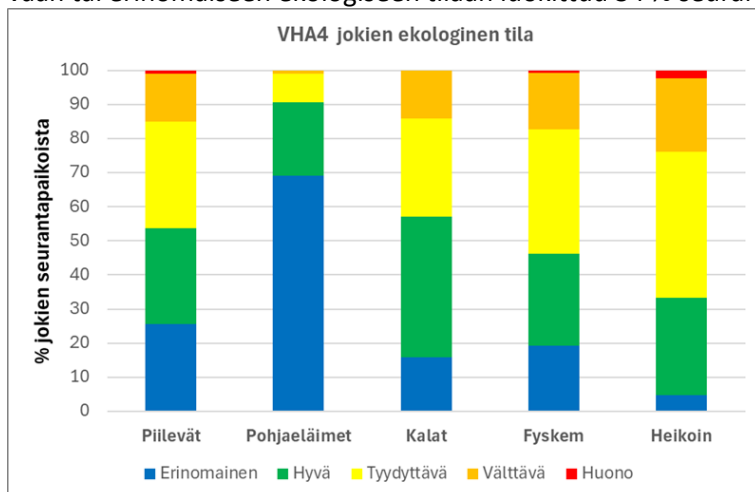


Kuva 15 Järvien biologisten laatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden tila Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden seurantajärvisissä. Heikoin ekologinen tila on määritetty vähintään neljän biologisen laatutekijän ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella (tulokset 31 seurantajärvestä). Pohjaeläimiä seurataan sekä kivikkorannoilla että syvänteissä.

VHA4 Oulujoen-lijoen vesienhoitoalue

Joet

Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueella jokien ekologinen tila on kaikilla laatutekijöillä pääsääntöisesti joko hyvä tai erinomainen, mutta tyydyttävässä tai sitä heikommassa tilassa olevien jokien osuus on tälläkin vesienhoitoalueella alueella selvästi kohonnut (Kuva 16). Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella 46 % alueen jokivesimuodostumista on vähintään hyvässä tilassa. Heikoimman tekijän perusteella hyvään tai erinomaiseen ekologiseen tilaan luokituu 34 % seuranpaikoista (Kuva 16).

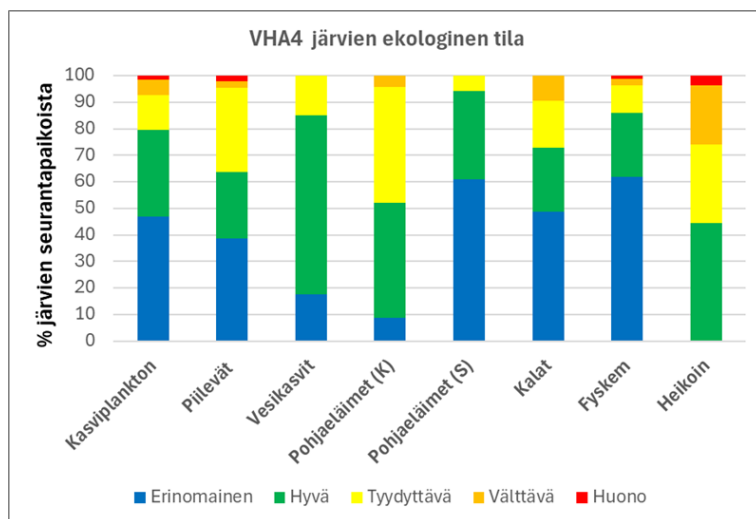


Kuva 16 Jokien biologistenlaatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallinen tila Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden jokien seurantapaikoilla. Heikoin ekologinen tila on määritetty kaikkien biologisten laatutekijöiden ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden luokitusten perusteella (tulokset 42 seuranpaikalta).

Järvet

Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueella järvien ekologinen tila on kaikilla laatutekijöillä pääsääntöisesti joko hyvä tai erinomainen, mutta tyydyttävässä tai sitä heikommassa tilassa olevien järvien osuus on kohonnut syvänteiden pohjaeläimiä lukuun ottamatta kaikilla laatutekijöillä (Kuva 17). Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella 86 % järvistä tai niiden osa-altaista on vähintään hyvässä tilassa. Heikoimman

luokituksen perusteella vähintään hyvässä tilassa on 44 % järvistä. Erinomaiseen tilaan ei tässä vertailussa luokitettu järviä lainkaan (Kuva 17).

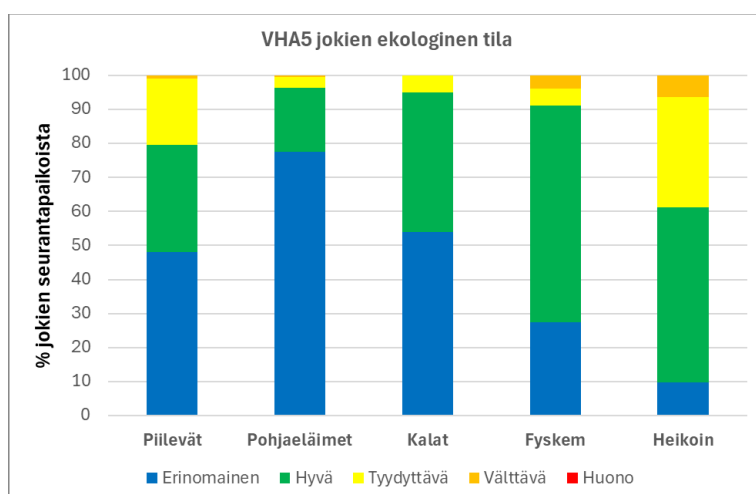


Kuva 17 Järvien biologisten laatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden tila Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden seurantajärvisissä. Heikoin ekologinen tila on määritetty vähintään neljän biologisen laatutekijän ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella (tulokset 27 seurantajärvestä). Pohjaeläimiä seurataan sekä kivikkorannoilla että syvänteissä.

VHA5 Kemijoen vesienhoitoalue

Joet

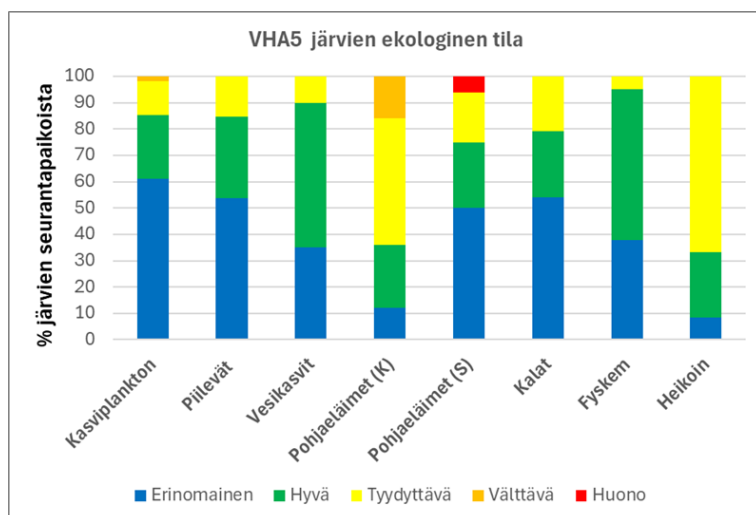
Kemijoen vesienhoitoalueella jokien ekologinen tila on pääasiassa hyvä tai erinomainen. Erinomainen ekologien tila on vallitseva kaloilla ja pohjaeläimillä, mutta myös piilevillä lähes puolet (48 %) seurantapaikoista luokituu erinomaiseen tilaan (Kuva 18). Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella 91 % seurantapaikoista on vähintään hyvässä tilassa. Heikoimman tekijän perusteella 62 % seurantapaikoista luokituu hyvään tai erinomaiseen tilaan (Kuva 18).



Kuva 18 Jokien biologisten laatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallinen tila Kemijoen vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden jokien seurantapaikoilla. Heikoin ekologinen tila on määritetty kaikkien biologisten laatutekijöiden ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden luokitusten perusteella (tulokset 31 seurantapaikalta).

Järvet

Kemijoen vesienhoitoalueella järvien ekologinen tila on kaikilla laatutekijöillä kivikkorantojen pohjaeläimiä lukuun ottamatta joko hyvä tai erinomainen (Kuva 19). Kivikkorantojen pohjaeläinten perusteella hyvässä tai erinomaisessa tilassa on vain 36 % seurantapaikoista. Tulos on hyvin poikkeava ja saattaa pääosin johtua pohjoisiin järviin liittyvistä luontaisista tekijöistä. Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella 95 % järvistä on vähintään hyvässä tilassa. Kivikkorantojen pohjaeläinten vuoksi heikoimman luokituksen perusteella vähintään hyvässä tilassa on vain 33 % järvistä (Kuva 19). Yhdenmukaista luokitte-
luaineistoa tässä vertailussa oli vain 12 järvestä.

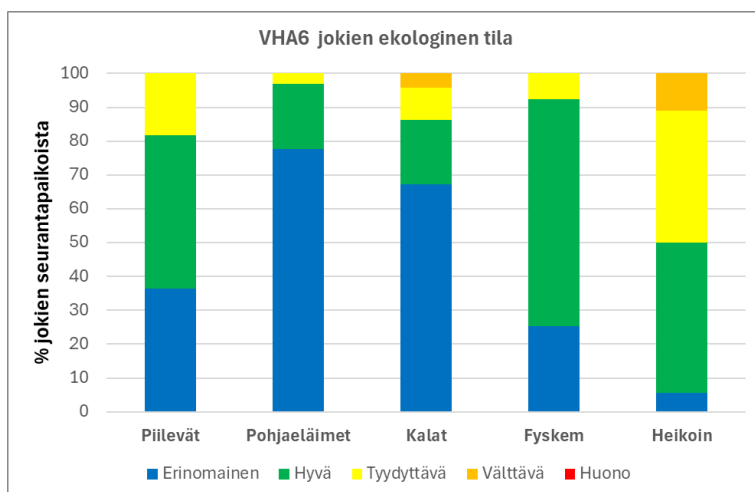


Kuva 19 Järvien biologisten laatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden tila Kemijoen vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden seurantajärvissä. Heikoin ekologinen tila on määritetty vähintään neljän biologisen laatutekijän ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella (tulokset 12 seurantajärvestä). Pohjaeläimiä seurataan sekä kivikkorannoilla että syvänteissä.

VHA6 Tornionjoen vesienhoitoalue

Joet

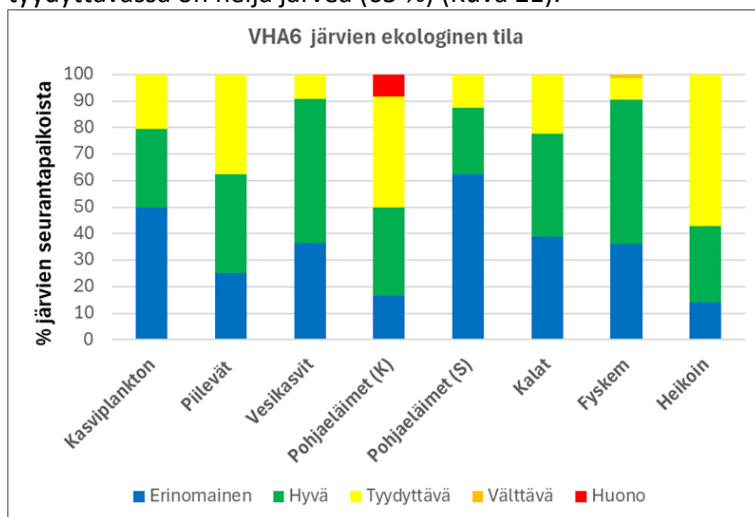
Tornionjoen vesienhoitoalueella jokien ekologinen tila on pääasiassa hyvä tai erinomainen. Erinomainen ekologien tila on vallitseva pohjaeläimillä ja kaloilla laatutekijöillä ja piilevilläkin 36 % paikoista luokituu erinomaiseen tilaan (Kuva 20). Fysikaaliskemialliset tekijät ilmentävät myös vähintään hyvää ekologista tilaa. Heikoimman tekijän perusteella 50 % seurantapaikoista luokituu hyvään tai erinomaiseen tilaan (Kuva 20). Yhdenmukaista luokittelua-aineistoa oli tässä vertailussa saatavilla vain 18 seurantapaikalta.



Kuva 20 Jokien biologisten laatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallinen tila Kemijoen vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden jokien seuranta-alueilla. Heikoin ekologinen tila on määritetty kaikkien biologisten laatutekijöiden ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden luokitusten perusteella (tulokset 18 seuranta-alueelta).

Järvet

Tornionjoen vesienhoitoalueella järvien ekologinen tila on kaikilla laatutekijöillä kivikkorantojen pohjaeläimiä lukuun ottamatta joko hyvä tai erinomainen (Kuva 21). Kivikkorantojen pohjaeläinten perusteella hyvässä tai erinomaisessa tilassa on 47 % seuranta-alueista. Tulos voi tälläkin vesienhoitoalueella liittyä muihin tekijöihin kuin maankäytöstä johtuviin muutoksiin. Biologisten laatutekijöiden aineistoa oli kasviplanktonia lukuun ottamatta heikosti saatavilla, joten tulosten yleistettävyyden on heikko. Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella 90 % järvistä on vähintään hyvässä tilassa. Heikoimman tekijän luokituksiin oli aineistoa vain seitsemästä järvestä. Näistä vähintään hyvässä tilassa on kolme järveä (35 %) ja tyydyttävässä on neljä järveä (65 %) (Kuva 21).



Kuva 21 Järvien biologisten laatutekijöiden ekologinen tila ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden tila Kemijoen vesienhoitoalueen metsätalousvaltaisten valuma-alueiden seuranta-järvissä. Heikoin ekologinen tila on määritetty vähintään neljän biologisen laatutekijän ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella (tulokset 7 seuranta-järvestä). Pohjaeläimiä seurataan sekä kivikkorannoilla että syvänteissä.

2.1.2. Pienten uomien luonnontilan muuttuneisuus ja metsätalouden maankäyttö pienillä valuma-alueilla

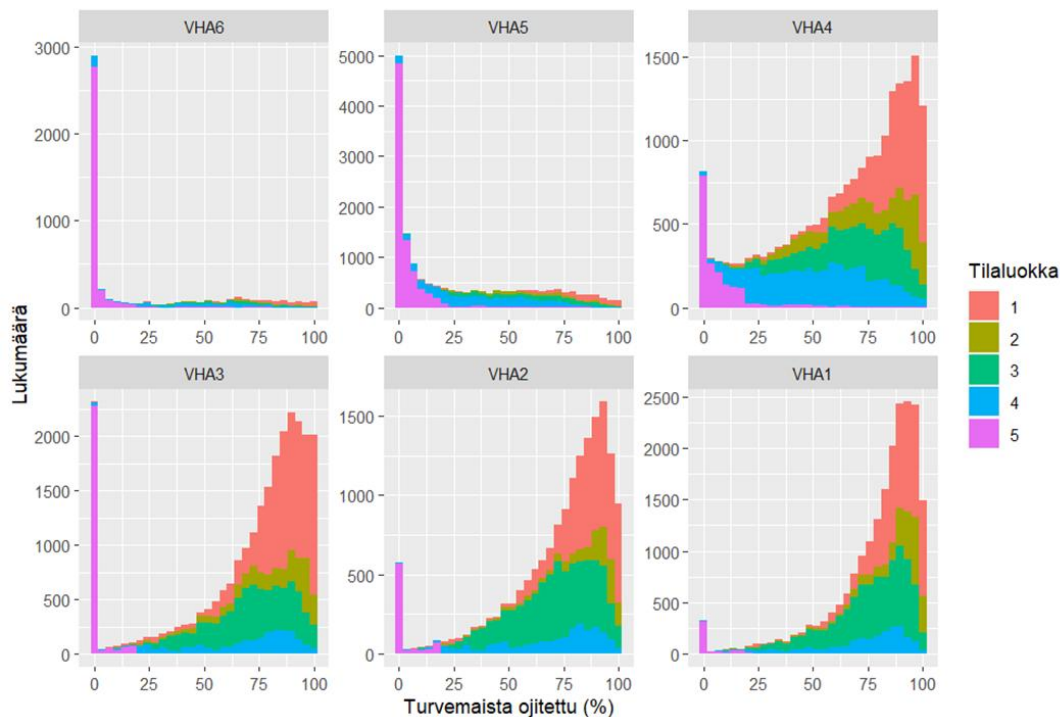
Valtakunnalliset ennusteet luonnontilan muuttuneisuudesta tuotettiin kaikille hankkeessa muodostetuille Ranta10 aineiston uomille. Ennusteista rajattiin pois hyvin pienet uomat (valuma-alue < 5 hehtaaria) sekä valuma-alueet, joilla oli turvemaita alle 5 % niiden pinta-alasta. Ennusteita ei tuotettu lainkaan Teno-, Näämön- ja Paatsjoen vesienhoitoalueelle. Pohjoisilla vesienhoitoalueilla (Kemijoki ja Tornionjoki VHA 5 ja 6) yli puolet uomista ennustettiin luonnontilaisiksi, kun taas eteläisillä alueilla (VHA 1 -3) luonnontilaisiksi ennustettuja uomia oli vain prosentti kaikista uomista (Taulukko 2). Kaikkein heikoimpaan luokkaan ennustettujen uomia oli eteläisillä alueilla (38–50 % uomista). Toisaalta vähän (luokka 4) tai kohtalaisesti muutettuja (luokka 3) uomia on eteläisilläkin vesienhoitoalueilla runsaasti (Taulukko 2).

Taulukko 2 Purouomien ennustettu luonnontilan muuttuneisuus vesienhoitoalueilla. L1 on täysin muutetut uomat ja L5 edustaa luonnontilaisia uomia.

Vesienhoitoalue	L1 %	L2 %	L3 %	L4 %	L5 %	N uomia
VHA1	38	14	36	11	1	18 755
VHA2	39	10	37	12	1	13 058
VHA3	50	15	25	9	1	19 529
VHA4	30	16	22	25	8	19 163
VHA5	8	6	10	25	51	15 966
VHA6	9	4	7	18	62	4 601

Ojitettujen turvemaiden osuus turvemaiden pinta-alasta

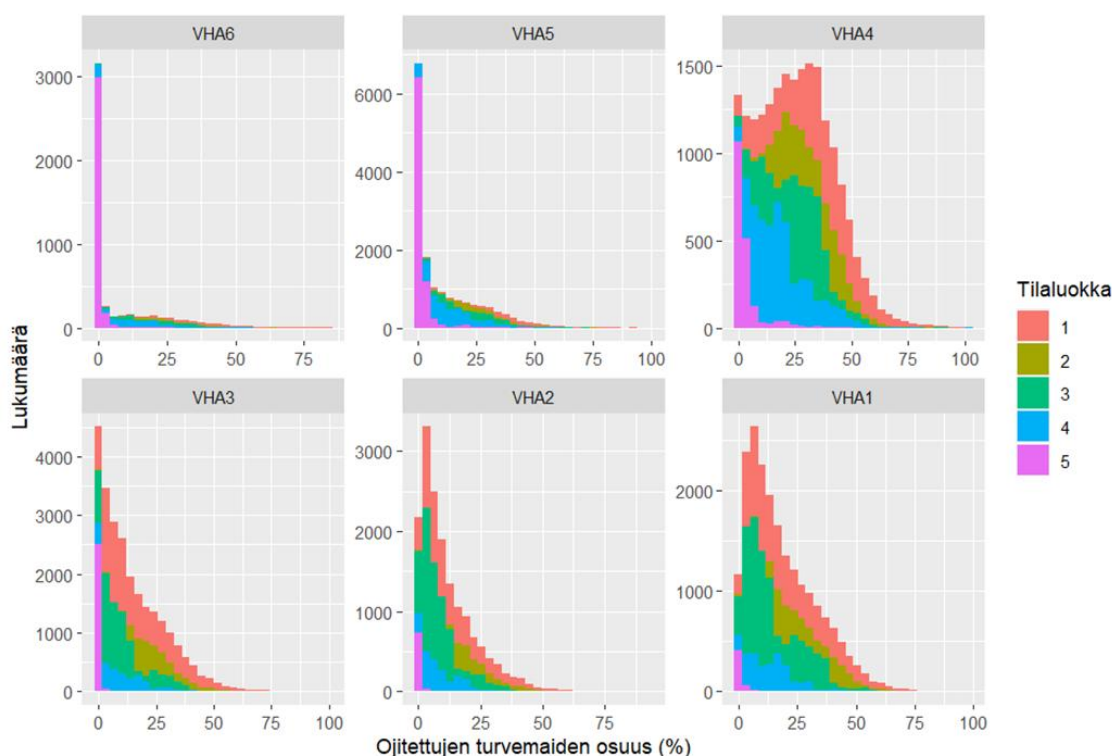
Ojitettujen turvemaiden osuus turvemaiden pinta-alasta vaihtelee suuresti vesienhoitoalueittain. Valtaosa eteläisten vesienhoitoalueiden turvemaista on erittäin voimakkaasti ojitettu ja ojitettuja turvemaita on runsaasti etenkin Vuoksen vesienhoitoalueella (VHA1). Myös Kokemäenjoen- ja Kymijoen vesienhoitoalueilla (VHA3 ja 2) on runsaasti ojitettuja turvemaita. Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueella (VHA 4) on myös runsaasti ojitettuja turvemaita, mutta alueella on eteläisiin vesienhoitoalueisiin verrattuna enemmän vähän ojitettuja tai täysin ojittamattomia turvemaita. Ojitettujen turvemaiden osuus turvemaiden kokonaispinta-alasta on pienin Tornionjoen (VHA6) ja Kemijoen (VHA5) vesienhoitoalueilla. Ojitettujen turvemaiden osuus turvemaiden pinta-alasta on tärkeä selittävä muuttuja purouomien luonnontilaisuuden mallinnuksessa. Luonnontilaisin habitaattiluokka 5 painottuukin lähinnä täysin ojittamattomiin alueisiin ja järjestyksessä seuraavat luokat painottuvat kohti täysin ojitettuja turvemaita (Kuva 23).



Kuva 23 Valuma-alueiden lukumäärän ja ojitettujen turvemaiden osuuden suhde purouomien mallinnetuissa luonnontilan muuttuneisuusluokissa vesienhoitoalueittain. Kuvaajista näemme, että erinomaisessa tilassa olevia puroja esiintyy käytännössä ainoastaan silloin, kun valuma-alueen turvemaista on ojitettu alle 25 % prosenttia. Vastaavasti heikoimmassa tilassa olevia puroja esiintyy eniten silloin, kun yli 75 % valuma-alueen turvemaista on ojitettu. Tilaluokka 1: Täysin muutettu uoma, 2: Voimakkaasti muutettu uoma, 3: Kohtalaisesti muutettu uoma, 4: Vähän muutettu uoma, 5: Luonnontilainen uoma

Ojitettujen turvemaiden osuus valuma-alueiden pinta-alasta

Ojitetun turvemaan osuus valuma-alueen pinta-alasta on alhaisin pohjoisilla vesienhoitoalueilla, mutta suurimmat ojitusalat löytyvät Oulujoen-lijoen sekä Vuoksen vesienhoitoalueilta. Myös ojitetun turvemaan osuus valuma-alueen pinta-alasta oli tärkeä selittävä muuttuja purouomien luonnontilaisuuden mallissa. Luonnontilaisuusluokat jakautuvat melko selkeästi järjestyksessään muuttuneisuuden mukaan ojittamattomien ja ojitettujen valuma-alueiden välille. Luonnontilaisimman luokan osuudet sijoittuvat enimmäkseen täysin ojittamattomille tai vähän ojitetuille valuma-alueilla, kun taas muutetuimman luokan valuma-alueet painottuvat voimakkaimmin ojitetuille valuma-alueille (Kuva 24).



Kuva 24 Valuma-alueiden lukumäärän ja ojitettujen turvemaiden osuuden valuma-alueen pinta-alasta suhde purouomien mallinnetuissa luonnontilan muuttuneisuusluokissa vesienhoitoalueittain. Huomaa ero kuvaan 23; Kuvassa 23 x-akselilla ojitettujen alueiden osuus valuma-alueiden turvemaapinta-alasta, kuvassa 24 x-akselilla ojitettujen turvemaiden osuus valuma-alueiden kokonaispinta-alasta.

2.2. Ilmastonmuutoksen vaikutukset hydrologiaan ja vesistöjen kuormitukseen⁴

Ympäristöministeriön BIOMON-ohjelman rahoittamassa Syken VESIBIO-hankkeessa tuotettiin arviot sisävesien lajiston monimuotoisuudessa tapahtuneista muutoksista. Hankkeessa tuotettiin lisäksi arvioita ilmastonmuutoksen mahdollisista vaikutuksista jokien hydrologiaan, vesistökuormitukseen ja pohja-eläinlajiston monimuotoisuuteen. Ilmastonmuutoksen mahdollisten vaikutusten arvioinnissa hyödynnettiin Syken WSFS-Vemala mallia. Vemala-malli on koko Suomen kattava vesistöjen kuormitusmalli. Se simuloi ravinteiden huuhtoutumista, kulkeutumista ja prosesseja maalla, joissa ja järvissä. Tähän selvitykseen on koottu hankkeessa tuotetut ravinteiden ja hiilen skenaariot 609 metsätalousvaltaisten valuma-alueiden jokien seurantapaikalle.

Syken tuottamien ilmastonmuutoskenaarioiden koosteisiin valikoitui jokien seurantapaikkoja suhteellisen edustavasti kaikilta vesienhoitoalueilta. Aineistossa on sekä pieniä (valuma-alue < 100 km²) että keskisuuria (valuma-alue 100–1000 km²), mutta keskimääräinen valuma-alueen pinta-ala on lähempänä pienten jokien pinta-alaa. Skenaario laadittiin ajanjaksolle 2040-2070 ja sen tuloksia verrataan ajanjaksoon 1999-2020.

Metsätalouden vaikutukset (1999-2020) ovat nähtävissä valuma-alueen ojituksissa ja simuloiduissa ravinteiden pitoisuuksissa (Taulukko 4). Ravinnepitoisuudet ovat keskimäärin korkeampia kuin varsinaisilta seurantapaikoilta mitatut pitoisuudet. Valuma-alueen ojitusprosentit ovat eteläisillä valuma-alueilla jonkin verran korkeampia verrattuna pienten valuma-alueiden aineistoon, mutta ero eteläisten ja

⁴ Lähde: Metsätalouden vaikutukset vesistöjen ekologiseen tilaan vesienhoitoalueilla 2025, Heikki Mykrä, Suomen Ympäristökeskus. Raportti liitteenä.

pohjoisten alueiden välillä on selvä. Kokemäenjoen vesienhoitoalueen peltoprosentti on selvästi korkeampi kuin muilla vesienhoitoalueilla, mikä näkyy myös ravinnepitoisuuksissa (Taulukko 3).

Taulukko 3 Ilmastonmuutosskenaarioiden koosteisiin valittujen jokien seurantapaikkojen keskimääräiset valuma-alueen koot, simuloitujen ravinteiden ja hiilen pitoisuudet (1991–2020) sekä valuma-alueen maankäyttöä kuvaavat muuttujat.

VHA	N	Valuma- alue (km ²)	Kok. P (µg/l)	Kok. N (mg/l)	TOC (mg/l)	Ojitus (%)	Pelto (%)	Metsä (%)
VHA1	80	150	31,8	0,61	18,5	28,5	3,2	86
VHA2	54	103	24,4	0,57	16,0	17,1	2,7	83
VHA3	128	213	48,6	1,10	22,3	29,1	10,0	79
VHA4	219	103	22,9	0,42	14,6	22,4	1,6	84
VHA5	81	157	19,3	0,32	14,1	13,3	0,4	81
VHA6	47	108	12,2	0,19	10,1	5,5	0,2	87

Jokien keskivirtaama

Muuttuva ilmasto vaikutti skenaarioissa (2040-2070) jokien keskivirtaamiin suhteellisen vähän. Virtaamat olivat suunnilleen samalla tasolla kuin nykypäivänä tai jonkin verran korkeampia. Suurinta virtaamien kasvu oli Kokemäenjoen (VHA3) vesienhoitoalueella. Virtaaman muutokset liittyvät pääasiassa sadannan ja lämpötilan muutoksiin. Lisäksi tässä vaikuttavat lumen vesiarvo ja haihdunta. Näiden tekijöiden seurauksena valunta muuttuu, mikä näkyy virtaamisissa. Suurin muutos tapahtuu valunnan vuodenaikaisuudessa siten, että kevään tulvat pienenevät, mutta talviaikainen valunta lisääntyy.

Jokien alivirtaaman suhde keskivirtaamaan

Jokien alivirtaaman (virtaama vähävetisenä aikana) suhde keskivirtaamaan (vuotuisen virtaaman keskiarvo) kasvoi skenaarioissa (2040-2070) pohjoisilla vesienhoitoalueilla, mutta eteläisillä alueilla muutos oli vaihtelevampi ja siinä on sekä alenemista että kasvua. Tämä voi viitata kesällä voimistuviin kuiviin jaksoihin.

Veden fosforipitoisuus

Veden fosforipitoisuuksien skenaarioissa (2040-2070) oli myös vaihtelua vesienhoitoalueiden välillä. Voimakkaimmin pitoisuudet kasvoivat Kokemäenjoen vesienhoitoalueella, missä pitoisuudet toisaalta myös alenivat osassa seurantapaikkoja. Veden fosforipitoisuuksien kasvu johtuu talviaikaisen kuormituksen lisääntymisestä.

Veden typpipitoisuus

Typen kokonaispitoisuudet olivat skenaarioissa (2040-2070) hieman korkeampia nykypäivään verrattuna kaikilla vesienhoitoalueilla. Kokemäenjoen vesienhoitoalueella korkeimmat pitoisuudet olivat skenaariossa kuitenkin merkittävästi alhaisempia nykypäivään verrattuna. Typpipitoisuuksien kasvu johtuu talviaikaisen kuormituksen lisääntymisestä.

Orgaanisen hiilen pitoisuus

Orgaanisen hiilen kokonaispitoisuudet (TOC) olivat skenaarioissa (2040-2070) pääsääntöisesti joko samalla tasolla tai korkeampia nykypäivään verrattuna kaikilla vesienhoitoalueilla. Tämä johtuu talviaikaisen kuormituksen lisääntymisestä, mikä näkyy veden pitoisuuksien kasvuna.

3. Kehityssuunnat ja pullonkaulat

3.1. Positiiviset kehityssuunnat metsätalouden vesistövaikutuksiin

Metsätalouden vesiensuojelu on edennyt etenkin lainsäädännön ja metsäsertifioinnin kehittyessä 1990-luvun lopulta lähtien. Liittyminen Euroopan unioniin toi sekä uusia velvoitteita, mutta myös rahoitusta metsätalouden vesiensuojelun edistämiseen. Vesistövaikutusten tutkimus on ollut avainasemassa säädösten ja vesien-suojelumenetelmien kehittämisessä. Ilmastomuutoksen eteneminen on tuonut uusia haasteita metsätalouden vesiensuojelulle.

Metsätalouden kielteisiin vesistövaikutuksiin alettiin kiinnittää laajamittaisempaa huomiota 1980-luvulla (Ahti 1975, Heikurainen ym. 1978). Etenkin Nurmes -hankkeesta saadut tulokset osoittivat tarpeen metsätalouden vesiensuojelun kehittämiseksi (Ahtiainen 1988 & Ahtiainen 1990). Tätä ennen metsätalouden toimenpiteissä ei juurikaan tehty vesiensuojelun suunnittelua tai toteutettu vaikuttavia vesiensuojeluratkaisuja ojituksen tai maanmuokkauksen yhteydessä ja vedet johdettiin suoraan vesistöihin. Rantametsien puut voitiin hakata kokonaan pois tai puustoiset suojavyöhykkeet olivat hyvin niukat. Myös pienvesien, purojen, norojen tai lähteiden suojaavaa lähimetsää ei tarvinnut säästää.

3.1.1. Metsätalouden menetelmien kehittyminen

Metsänkäsittelymenetelmät ovat viimeisten vuosikymmenten aikana muuttuneet monin tavoin. Yhteisesti sovitut metsänhoidon suositukset ohjaavat toimintaa. Luonnon- ja vesienhoito kuuluu olennaisena osana jokaisen metsänkäsittelytoimenpiteen yhteyteen. Alueille suositellaan jätettävän säästöpuuryhmiä ja vesistöjen ja vesiluontokohteiden, kuten lähteiden ja norojen, ympärille suojavyöhykkeitä. Myös sertifikaattien kriteerit ja kohteesta riippuen metsä- tai vesilaki voivat velvoittaa näihin toimenpiteisiin. Suometsien käsittelyssä suositellaan jatkuvapeitteisen kasvatuksen hyödyntämistä niillä alueilla, joille menetelmä soveltuu. Uudistamisen yhteydessä puulajivalintaan kiinnitetään huomiota ja pyritään lisäämään sekapuustoisuutta. Sekametsien kasvatuksesta on myös omat suosituksensa (Metsänhoidon suositukset 2025).

Suosituksien mukaisessa puutavaran korjuussa ajouraverkoston suunnitteluun kiinnitetään huomiota ja hyödynnetään kehittyneitä paikkatietoaineistoja. Käytössä olevat korjuukelpoisuusaineistot ohjaavat korjuuajankohdan ja ajoreittien suunnittelua. Tavoitteena on, että korjuujälkiä syntyy mahdollisimman vähän. Suositusten ja sertifiointikriteerien mukaista korjuujälkien toteutumista seurataan otannalla toteutettavalla laadunseurannalla.

Metsätalouden vesiensuojelumenetelmien kehittäminen alkoi 1980-luvun lopulla ja vesiensuojelurakenteiden suunnittelussa, valinnassa ja kohdentamisessa on edetty huomattavasti etenkin viime vuosikymmeninä. Aiempien pelkkien laskeutusaltaiden ja lietekuoppien rinnalle on otettu käyttöön tehokkaampia vesiensuojeluratkaisuja kuten pintavalutuskenttiä, kosteikkoja sekä virtaamansäätöratkaisuja. Tietoa rakenteiden vaikuttavuudesta on kertynyt muun muassa metsätalouden vedenlaadun seurantaverkon tulosten ja muun tutkimuksen avulla.

Vesien johtaminen heikkotuottoisille soille sekä vesien palauttaminen kuivuneille soille on otettu käyttöön viime vuosina uutena menetelmänä, joilla voidaan pidättää vesiä tehokkaasti valuma-alueella ja hallita myös tulvimista. Puunippujen sijoittamista laskeutusaltaihin tai ojiin on käytetty ravinteiden pidättämiseen sekä vesieliöstön ravinto- ja elinpaikoiksi. Kunnostusojitustarvetta arvioidaan nykyisin entistä tarkemmin ja pyritään kunnostamaan vain ne ojat, joilla tämä on todettu tarpeelliseksi. Ojien tukkiminen tai niiden jättäminen umpeutumaan voi olla paras vaihtoehto puuntuotannollisesti

heikkotuottoisilla soilla. Heikkotuottoisten soiden oijen tukkiminen tai umpeutumaan jättäminen edistää samalla myös vesiensuojelua, kun kunnostusojitusten negatiivisilta vesistövaikutuksilta vältytään ja ajan myötä ojituksen kuormittava pitkäaikaisvaikutus päättyy.

Avohakkuu on ollut pitkään päämenetelmä metsän uudistamiseksi. Avohakkuun jälkeen valittu maanmuokkausmenetelmä on vaikuttanut ravinteiden ja kiintoaineen huuhtoutumiseen ja edelleen päätymiseen ojiin tai vesistöihin. Maanmuokkausmenetelmät ovat olleet varsin voimakkaita etenkin Pohjois-Suomessa toteutettu auras ja soistuneilla mailla ja turvemailla toteutettu ojitusmätästys. Myös äestysessä maanpintaa rikkoutuu laajalta alueelta. Maanmuokkausmenetelmissä onkin siirrytty näitä kevyempiin ja vähemmän maanpintaa rikkoviin menetelmiin. Laikutus, laikku- tai kääntömätästys ovat nykyisin yleisimpiä maanmuokkausmenetelmiä. Ojitusmätästyksestä puolestaan on siirrytty naveromätästykseen, jossa ojasyvyys on aiempaa ojitusmätästystä matalampi.

Tällä hetkellä pyritään välttämään syviä yhtenäisiä uomia tuottavia maanmuokkausmenetelmiä, jolloin pystytään vähentämään eroosiohaittoja. Tavoitteena on vähentää uudistusallalla muokkausjälkien käsittelemää eroosiolle altista pinta-alaa.

Metsäalan toimihenkilöt ja urakoitsijat ovat keskeisessä roolissa suunnitellessaan ja toteuttaessaan metsänhoidon toimenpiteiden vesiensuojelua. Vesistövaikutuksiin tulisi kiinnittää sitä enemmän huomiota mitä lähempänä vesistöä tai pienvettä toimitaan tai, kun on tarve johtaa vesiä pois metsäalueelta. Metsäalan toimijoille ja urakoitsijoille on järjestetty monipuolista koulutusta metsätalouden vesiensuojelusta ja pienvesikohteiden tunnistamisesta. Vesienhallinnan osaaminen on vahvistunut ja organisaatioissa on panostettu myös vesienhallinnan erikoisosaamiseen.

Metsäalan oppilaitoksissa opetuksen keskeisiä sisältöjä ovat metsätalouden ympäristövaikutusten arviointi sekä talousmetsien luonnonhoidon ja vesiensuojelun keinot. Vesiensuojelun huomioimista opiskellessaan niin teoriassa kuin käytännön työkohteilla sekä harjoitteluissa.

3.1.2. Poliittiset ohjauskeinot

Metsälaki (1093/1996), vesilaki (587/2011) ja vesiasetus (1560/2011), ympäristönsuojelulaki (527/2014) ja luonnonsuojelulaki (9/2023) ohjaavat metsätalouden vesiensuojelua. Laki vesien- ja merenhoidosta (1299/2004) asettaa myös toimenpidetarpeita metsätalouden vesiensuojeluun. Metsillä ja metsätaloudella on myös tärkeä merkitys tarkasteltaessa huoltovarmuutta, ilmastonmuutoksen vaikutuksia tai luontokatoa. Maa- ja metsätalousministeriö ohjaa valtakunnan metsäpolitiikkaa. Tavoitteena on pitkäjänteinen metsäpolitiikka, jossa luodaan puitteet kestäväälle metsänhoidolle sekä talousmetsien luonnonhoidolle ja vesiensuojelulle metsien virkistyskäyttöä unohtamatta.

Metsälaki (1093/1996)

Vuonna 1997 voimaan tulleen ja 2014 uudistettuun metsälain 10 pykälään kirjattiin velvoite erityisen arvokkaiden elinympäristöjen ominaispiirteiden säilyttämisestä. Metsälaki velvoittaa muun muassa luonnontilaisten lähteiden, purojen ja pysyvän vedenjuoksu-uoman muodostavien norojen sekä pienten lampien välittömien lähiympäristöjen ominaispiirteiden säilyttämistä.

Metsäkeskuksen julkaisemalla metsälain 10 pykälän tulkintasuosituksella on ohjeistettu pienvesien rajaamista molemmiin puolin vähintään pää- ja lisävaltapuiden pituuden laajuusena. Vuonna 2024 tulkintasuosituksen täsmennyksellä pienvesikohteiden välittömän lähiympäristön rajausta täytyy tehdä tulkintasuosituksessa mainittua minimiä laajemmaksi, kun kohteen metsälaissa mainittujen ominaispiirteiden säilyminen sitä vaatii.

Metsälain erityisen tärkeisiin elinympäristöihin kuulu myös joukko suoelinympäristöjä, joiden yhteinen ominaispiirre on luonnontilainen tai luonnontilaisen kaltainen vesitalous. Metsälailla turvattuja suoelinympäristöjä ovat lehto- ja ruohokorvet, yhtenäiset metsäkorte- ja muurainkorvet, letot, vähäpuustoiset jouto- ja kitumaan suot sekä luhdet.

Metsälain vuonna 2014 voimaan tulleen uudistuksen myötä uudistushakkuun ikä- ja järeyshkriteerit poistuivat. Metsää voi kasvattaa tasaikäisrakenteisena tai eri-ikäisrakenteisena, joka mahdollistaa muun muassa suometsissä jatkuvapeitteisen metsänkäsittelyn, jolloin avohakkuun vaatimaa maanmuokkaus ja ojitustarvetta ei synny.

Vesilaki (587/2011)

Vesilaki suojaa vesiuomaa, kun taas metsälaki suojaa uoman lähiympäristöä. Näin ne täydentävät toisiaan ilman päällekkäisyyksiä. Vesiluontotyyppien suojelu on yksi vesilain keskeinen tavoite. Vesilaki suojelee vesiuomia ja -altaita sekä niiden reuna-alueita. Esimerkiksi puron luonnontilan vaarantaminen vaatii vesilain mukaisen luvan.

Vaikka maanomistajalla on oikeus ojitaa omalla maallaan, vesilaki rajoittaa ojitusta, jos siitä aiheutuu haittaa alapuolisille alueille. Ojitusilmoitus on tehtävä ELY-keskukselle. Ojien kunnostuksen tai metsäautoteiden rakentamisen yhteydessä on tarvittaessa tehtävä vesilain mukainen ilmoitus vähintään 60 päivää ennen toimenpidettä siihen ELY-keskukseen, jonka alueella toimenpide toteutetaan. Myös ojitustästäys tai laajemman piennartiestön rakentaminen voivat olla vaikutuksiltaan ojituksen kaltaisia, jolloin niistäkin tulee tehdä ojitusilmoitus. Vesilaki velvoittaa toteuttamaan riittävät vesiensuojelurakenteet.

Vesiasetus (1560/2011) sisältää tarkemmat ohjeet muun muassa ojitussuunnitelman sisältövaatimukselle.

Ympäristönsuojelulaki (527/2014)

Ympäristönsuojelulain päätavoite on ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja. Erityistä huomiota tulee kiinnittää pohjavesialueisiin. Pohjaveden pilaamiskielto kieltää toiminnan, jolla pohjaveden laatu voi muuttua.

Keskeisiin lain periaatteisiin kuuluu pilaantumisen ehkäisy, jossa toiminnanharjoittajalla on velvollisuus ehkäistä ja rajoittaa ympäristön pilaantumista ennakolta. Selvilläolovelvollisuus velvoittaa, että jokaisen on oltava tietoinen toimintansa ympäristövaikutuksista. Laki velvoittaa myös parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöön, jolloin päästöjen hallinnassa on käytettävä teknisesti ja taloudellisesti parhaita menetelmiä.

Luonnonsuojelulaki (9/2023)

Luonnonsuojelulain tavoitteena on turvata luonnon monimuotoisuus ja edistää ilmastonmuutokseen sopeutumista, mikä liittyy suoraan vesien tilan säilyttämiseen. Laki vaikuttaa metsätalouteen erityisesti silloin, kun metsätalouden toimenpiteet voivat vaikuttaa suojeltuihin luontotyypeihin tai vesistöihin.

Luonnonsuojelulailla turvataan sekä Euroopan unionin Natura 2000 –verkostoa, luonnonsuojelualueita, luontotyypejä ja uhanalaisia eliölajeja. Lain avulla turvataan muun muassa suoluonnon ja sen lajiston säilymistä luonnontilaisena niin, ettei vesistöjen kuormittumista aiheudu.

Laki vesien- ja merenhoidosta (1299/2004)

Laissa säädetään vesienhoidon järjestämisestä ja siihen liittyvästä selvitystyöstä, yhteistoiminnasta ja osallistumisesta vesienhoitoalueella sekä kansainvälisestä yhteistyöstä vesienhoidon järjestämisessä. Vesienhoidon järjestämisen yleisenä tavoitteena on suojella, parantaa ja ennallistaa vesiä niin, ettei pintavesien ja pohjavesien tila heikkene ja että niiden tila on vähintään hyvä.

Laki vesien- ja merenhoidon järjestämisestä vaikuttaa metsänhoitoon erityisesti vesiensuojelun ja vesistöjen tilan parantamisen kautta. Sen tavoitteena on varmistaa vesien hyvä tila ja kestävä käyttö, mikä heijastuu suoraan metsätalouden käytäntöihin.

Vesien kemialliselle ja ekologiselle tilalle asetetuista ympäristötavoitteista ja niistä poikkeamisesta säädetään vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetussa laissa ja sen nojalla.

Kansallinen metsästrategia

Kansallinen metsästrategia 2035 on metsäpolitiikan ohjaukseen tarkoitettu lakisääteinen metsäohjelma vuosille 2025–2035, jonka maa- ja metsätalousministeriö on laatinut yhteistyössä muiden ministeriöiden, metsäalan edustajien ja muiden sidosryhmien kanssa. Metsästrategiassa luonnonhoito ja vesiensuojelu ovat merkittävässä osassa. Strategiassa on otettu huomioon, että metsiin kohdistuu yhä enemmän käytön rajoitteita ja erilaisia suojelupaineita. Noin neljännes Suomen puuntuotannon metsämaasta on suometsiä. Suometsillä onkin tärkeä rooli ohjelmassa ilmaston, monimuotoisuuden ja vesistövaikutusten kannalta. Metsästrategiassa nostetaan esille suometsien hoitoon ja vesiensuojelun kehittämiseen sekä turvemaiden puunkorjuuseen liittyvien teknologioiden kehittämiseen liittyviä tarpeita. Suometsiin liittyvän osaamisen ylläpitäminen ja kehittäminen on ohjelman mukaan tärkeitä. Metsäpolitiikan ohjaavia välineitä ovat erilaiset tukijärjestelmät.

EU-lainsäädäntö

EU:n lainsäädäntö ohjaa vahvasti myös metsätalouden toimia. Vesipuitedirektiivi määrittelee puitteet, miten eri maankäyttösektorien vesienhoitoa edistetään. Kansallisella tasolla toiminta kanavoituu vesienhoitoalueilla laadittujen vesienhoitosuunnitelmien kautta. Vesienhoidon ohjauskeinoilla on vaikutusta myös metsänhoitosuosituksiin sisältyvien vesiensuojelusuositusten sisältöön. Luontodirektiivissä taas määritellään erityisen tärkeinä pidetyt luontotyytit ja niiden suotuisan suojelun taso.

3.1.3. Metsäsertifiointijärjestelmien kehittyminen

Metsäsertifiointijärjestelmien PEFC ja FSC käyttöönotto ovat edistäneet talousmetsien luonnonhoitoa ja vesiensuojelua. PEFC-sertifiointi tuli käyttöön Suomessa vuonna 2000. Siitä lähtien järjestelmä on ollut keskeinen osa suomalaista metsätaloutta, jonka piirissä on yli 80 % talousmetsistä. Kansallinen FSC-metsästandardi saatiin valmiiksi vuonna 2011, ja sen jälkeen FSC-sertifiointi alkoi yleistyä suomalaisissa metsissä.

PEFC-sertifioinnissa vaatimuksena on huolehtia vesistöjen ja pienvesien läheisyydessä toimittaessa vesiensuojelusta ja luonnonhoidosta, turvata pohjavesien laatu metsätalouden toimenpiteissä sekä huolehtia vesiensuojelurakenteista. Uudistetun metsänhoitostandardin käyttöönotto vuonna 2023 edisti merkittävästi myös vesiensuojelua. Keskeinen uudistus vesiensuojeluun oli vesistöjen suojavyöhykkeiden minimileveyden kasvaminen. Vesistöjen varsille jätettävät suojavyöhykkeet levenevät viidestä metristä keskimäärin vähintään kymmenen metriin. Jatkossa suojavyöhykkeillä voidaan tehdä vain poimintahakkuita. Sama vaatimus koskee perattuja uomia, joissa on lohikalakanta. Muille peratuille uomille on jätettävä viiden metrin suojavyöhyke, josta voidaan runkopuut poistaa. Erityistä huomiota tulee

kiinnittää uomien ylityksiin. Uudistusaloilla, joilta johdetaan vettä laskuojaan, tulee toteuttaa tarkoituksenmukaiset vesiensuojelutoimenpiteet.

PEFC-sertifioinnissa luonnontilaisten soiden säilyminen turvataan vesitaloudeltaan luonnontilaisten soiden uudisojituskiellolla. Suometsien hoidossa huolehditaan vesiensuojelusta sekä edistetään ilmastoystävällisiä käytäntöjä. Kunnostusojituksia tehdään vain sellaisilla alueilla, joilla ojitus on lisännyt selvästi puuston kasvua. Puuntuotannollisesti vähätuottoiset ojitetut suot jätetään ennallistumaan. Kunnostusojitus suunnitelman tulee sisältää vesien-suojelusuunnitelma, johon sisältyvät vesiensuojelutoimenpiteet on toteutettu tarkoituksenmukaisella tavalla. Vähäistä suuremmasta kunnostusojitus- ja ojitusmätästys-hankeesta, silloin kun vettä johdetaan alapuoliseen vesistöön, on tehtävä vesilain mukainen ilmoitus ELY-keskukselle. Toimijoilla on oltava käytössään suometsien hoitoon soveltuva ohjeistus tarkoituksenmukaisista maanmuokkaus-, ojitus- ja hakkuumenetelmistä. Ohjeistus perustuu ajantasaiseen tietoon ja sen laadinnassa on otettu huomioon soiden käsittelyn ilmastovaikutukset.

Avosoiden sekä ennallistumaan jätettävien soiden reunaan jätetään selkeästi muusta maastosta erottuvilla vaihettumisvyöhykkeillä vähintään 10 metriä leveä suojavyöhyke, jolla sallittuja ovat vain poimintahakkuut ja johdeojan kaivu vesienpalauttamistarkoituksissa ojitusten vuoksi kuivahtaneelle suojelu- tai muulle luonnontilaiselle suolle. Sertifiointi velvoittaa lakisääteisesti turvattujen suolin ympäristöjen lisäksi turvaamaan tiettyjä tarkemmin määriteltyjä luonnonsuojelullisesti arvokkaita suolin ympäristöjä ja niiden ominaispiirteitä kuten ojittamattomia korpia.

FSC-sertifiointi velvoittaa leveämpien suojavyöhykkeiden jättämistä vesistöjen ympärille. Suojavyöhykkeille ja niiden käsittelylle on omat vesistö- ja pienvesikohtaiset minimivaatimukset. Suojavyöhykevaatimuksia on myös esimerkiksi aina säästettävien suolin ympäristöille kuten korville. Turvemaidella ei tehdä uudisojitusta olemassa olevan ojaverkon rajaaman alueen ulkopuolella eikä muita vesitalouden järjestelytoimenpiteitä, ellei metsälaki sitä metsän uudistamisen yhteydessä edellytä. Ojitettua aluetta ei saa laajentaa. Kunnostusojitukset perustuvat kunnostusojitus suunnitelmaan, joka sisältää tiedot vesien-suojeluratkaisuista. Kunnostusojitusten yhteydessä estetään valumavesien ohjautuminen suoraan vesistöön tai pienveteen. Missä toteutetut toimenpiteet eivät turvaa vesistöjen ja pienvesien veden määrää tai laatua, tai ne ovat heikentyneet aikaisempien toimien vuoksi, ennallistamis- tai muita lieventäviä toimia toteutetaan muiden metsätaloustoimien yhteydessä.

3.1.4. Metsänhoidon suositusten päivittäminen

Metsänhoidon suosituksia ylläpidetään ja laaditaan metsä-, ympäristö- ja ilmastoalan tutkijoiden, asiantuntijoiden ja tiedon käyttäjien yhteistyönä. Metsänhoidon suositukset ovat laajasti metsäalan toimijoiden käytössä ja myös metsänomistajien hyödynnettävissä.

Metsänhoitosuosituksien sisältöosa vesiensuojelu metsänkäsittelyssä jakaa tietoa muun muassa siitä millaisia vaikutuksia metsänkäsittelyn eri vaiheissa voi aiheutua pienvesille, vesistöille tai pohjavesille. Metsänhoidon suosituksiin on koottu ohjeita vesiensuojelun toimenpiteiden suunnitteluun ja vesiensuojelurakenteisiin ja -ratkaisuihin. Ohjeistusta on lisäksi vesienpalautuksen toteutukseen kuivuneille soille sekä kosteikkojen perustamiseen. Metsänhoidon suosituksiin on koottu suositukset rantametsien käsittelyyn sekä suojavyöhykkeiden rajaamiseen.

3.1.5. Tukijärjestelmät

Metsänhoitoa ja suometsätaloutta on vuosikymmenten aikana säädelty erillisen rahoituslainsäädännön avulla. Valtio tukee yksityismetsätaloutta Suomessa monin tavoin. Metsänomistajien neuvontaan on panostettu ja suoranaista rahoitustukea on myönnetty taimikon- ja nuorenmetsän hoitoon, metsän terveystalouksiin ja metsäteiden rakentamiseen sekä niiden perusparantamiseen. Vuosina 1929–1996 oli voimassa metsänparannuslaki, jota muutettiin ja päivitettiin useaan eri otteeseen. Vuonna 1996

säädettiin Kestävän metsätalouden rahoituslaki (KEMERA), joka oli voimassa vuoteen 2023. Tätäkin lakia päivitettiin välillä. Uusi Metsätalouden kannustejärjestelmä (Metka) tuli voimaan vuoden 2024 alusta. Kannustejärjestelmän tavoitteena on, että metsien kasvua lisätään, turvataan ja lisätään metsien biologista monimuotoisuutta, edistetään metsien vesiensuojelua, hillitään ilmastonmuutosta, edistetään metsien sopeutumista ilmastonmuutokseen ja pidetään yllä metsätalouden tieverkkoa.

Metsätalouden tukijärjestelmillä on ollut keskeinen vaikutus sekä kunnostusojituksen yhteydessä tehtävien vesiensuojelurakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa että aikaisemmin toteutetuista metsäojituksista aiheutuneiden vesistöhaittojen estämiseksi tai korjaamiseksi luonnonhoitohankkeena.

Kemera-tuettuihin kunnostusojitushankkeisiin on vaadittu tukihakemuksen yhteydessä vesiensuojelusuunnitelma ja toimenpidesuunnitelmat on hyväksytetty alueellisissa ELY-keskuksissa. Vesiensuojelua edistävät luonnonhoitohankkeet tulivat mahdollisiksi vuoden 1997 kemera-rahoituslakiin.

Vuonna 2023 tuli voimaan laki metsätalouden määräaikaisesta kannustejärjestelmästä (Metka). Merkittävin muutos aiempaan kemera-lakiin verrattuna koskee suometsänhoitoa. Suometsänhoitoon tulee tehdä kokonaisvaltainen suoalueen tai osavalueen suunnitelma, jossa huomioidaan suometsänhoitotarpeet, luonnonhoito, vesitalouden järjestely ja vesiensuojelu sekä ilmasto. Nykyinen voimassa oleva metsätalouden kannustejärjestelmä ei tue enää kunnostusojituksen toteutusta. Tukea myönnetään kokonaisvaltaiseen suometsänhoidon suunnitteluun sekä vesiensuojelun tehostamistoimiin. Tietoisuus ojitusten ympäristö- ja ilmastovaikutuksista on vähentänyt merkittävästi kunnostusojitusten toteuttamista.

Metsätalouden tukijärjestelmällä tuetaan suometsien tuhkalannoitusta. Tuhkalannoitus lisää puuston kasvua ja niiden kautta tapahtuvaa haihduntaa, potentiaalisesti vähentäen ojien kunnostustarvetta.

3.1.6. Paikkatieto

Suunnittelussa ja toimenpiteiden toteutuksessa hyödynnetään tällä hetkellä paikkatietoaineistoja, laserkeilausaineistoja ja niihin pohjautuvia malleja. Vesiin liittyvää paikkatietoaineistoa on kehitetty etenkin viimeisen kymmenen vuoden aikana eri tahojen toimesta tai yhteistyössä. Keskeisimpiä paikkatietotyökaluja vesiensuojelun suunnitteluun ovat valuma-alueen määrittäjätyökalu sekä vesiensuojelurakenteiden mitoitus työkalu. Lisäksi on avoimesti saatavilla erilaisia paikkatietoaineistoja, joiden avulla voidaan saada tietoa muun muassa maaperän kosteudesta, vesien virtausnopeudesta ja määrästä uomissa, uomien ja vesistöjen rantavyöhykkeiden eroosioherkkyydestä tai pohjavesialueista.

Paikkatietoaineistojen ja työkalujen avulla voidaan esimerkiksi suunnitella ajouraverkostoa, maanmuokausmenetelmiä, vesistön suojavyöhykkeitä tai valita tehokkain vesiensuojelurakenne parhaaseen paikkaan. Paikkatietoaineistojen avulla voidaan kohdentaa maastosuunnittelu vesiensuojelun osalta herkimille ja toimenpiteitä vaativille alueille. Paikkatietoaineistot ja -työkalut eivät korvaa suunnittelijan maastotyötä, mutta auttavat täsmentämään kohdevalintaa ja esimerkiksi kullekin kohteelle sopivan vesiensuojeluratkaisun tai niiden yhdistelmän löytämisessä.

3.1.7. Metsäalan organisaatioiden monimuotoisuustoimet

Metsäalan organisaatiot haluavat toimia niin, että metsätaloudesta aiheutuisi mahdollisimman vähän vesistövaikutuksia. Vesiensuojeluun liittyviä tavoitteita on esitetty muun muassa eri tahojen monimuotoisuusjulkaisuissa.

Puuta jalostavan teollisuuden monimuotoisuustiekartta

- Vesistöjen suojavyöhykkeet: Vesistöjen ja pienvesien reunoille jätetään suojavyöhykkeitä vesiensuojelun, metsä- ja vesiluonnon monimuotoisuuden sekä maiseman vuoksi. Suojavyöhykkeillä on usein ympäröivästä metsästä poikkeavaa lajistoa, ja niihin syntyy ajan myötä myös järeitä puuyksilöitä sekä lahoppua.
- Arvokkaat elinympäristöt: Arvokkaat elinympäristöt ovat yleensä luontaisesti pienialaisia alueita, joissa vallitseviin olosuhteisiin on asettunut oma, muusta metsäympäristöstä poikkeava lajiston. Ne poikkeavat etenkin vesi- ja ravinnetaloudeltaan selvästi muusta metsästä. Näitä elinympäristöjä ovat muun muassa lähteiden ja purojen lähiympäristöt sekä tietyt lehtolaikut. Arvokkaiden elinympäristöjen turvaamisella ylläpidetään lajeja, joiden esiintyminen rajoittuu tai selkeästi painottuu näihin kohteisiin.
- Vuonna 2024 julkaistu Metsäammattilaisen pienvesiopas, on osa puuta jalostavan teollisuuden monimuotoisuustiekartan toimeenpanoa.

MTK:n ja SLC:n monimuotoisuustiekartta:

- Suojavyöhykkeet: Varmistetaan metsien käsittelyssä vesistöille ja pienvesille vaihtelevan levyiset, keskimäärin vähintään 10 metrin vyöhykkeet.
- Monipuoliset metsänkasvatustavat: Metsän ominaisuudet huomioidaan metsän kasvatuksessa. Potentiaaliset jatkuvan kasvatuksen kohteet tunnistetaan.
- Suometsät: Suometsiä tarkastellaan ja niiden käsittelyä suunnitellaan kokonaisuuksina. Panostetaan maanomistajien yhteistyöhön.

Metsäteollisuusyritykset ovat myös osallistuneet rahoitushauilla tai omalla rahoituksella muun muassa vesistöjen ja pienvesien kunnostuksiin sekä kosteikkojen perustamiseen sekä omistamallaan mailla että muiden tahojen omistamalla mailla.

3.1.8. Muut positiivisesti vaikuttavat tekijät

Erilaisilla kehittämishankkeilla kehitetään hyviä ratkaisuja vesiensuojelun edistämiseksi. Aiempaa enemmän on alettu kiinnittää huomiota vesistökokonaisuuteen. Kokonaisvaltainen valuma-alueuunnittelu tähtää siihen, että saataisiin eri maankäyttösektorien maanomistajat kiinnostumaan oman vesialueen tilasta ja kokoontumaan yhteen miettimään valuma-alueella sopivia ratkaisuja vesien tilan parantamiseksi. Tämä edellyttää onnistuakseen vastuullista organisointia ja hyvää toimintamallia. Näitä malleja on kehitetty useissa EU-osarahoitteisissa hankkeissa ja kehitystyötä jatketaan esimerkiksi vuosina 2026–2033 toteutuvalla ACWA life -hankkeella.

Vuonna 2008 käynnistynyt METSO-suojeluohjelma ja vuonna 2021 käynnistynyt Helmi-elinympäristöohjelmissa toteuttavat toimenpiteitä, joilla on vaikutusta etenkin elinympäristöihin, mutta myös vesien tilaan. Soiden suojelu ja ennallistaminen vahvistaa suoluonnon monimuotoisuutta, hillitsee ilmastonmuutosta ja parantaa vesistöjen tilaa.

METSO-ohjelmassa on suojeltu arvokkaita suoluontokohteita ja myös ennallistettu ojitettuja soita ja kunnostettu pienvesiä sekä tehty vesiensuojelutoimia pienvesien valuma-alueilla. Helmi-ohjelman käynnistyttyä luonnonhoidon toteutuksen määrät ovat lisääntyneet. Helmi-ohjelmassa toteutetaan myös soiden suojelua muun muassa soiden suojelun täydennysehdotuksen suokohteilla. Lisäksi tehdään soiden ennallistamista, pienvesien ja rantaluonnon kunnostuksia ja hoitoa. Helmi-ohjelmaan kuuluvalla

SOTKA-hankkeella tehdään kosteikoita, rakennetaan linnustolle levähdysalueverkostoa, kunnostetaan soita ja valuma-alueita sekä pyydetään pienpetoja.

Hankkeiden rooli on ollut merkittävä myös metsänomistajien tietoisuuden lisäämisessä metsätalouden vesistövaikutuksista sekä metsäalan toimijoiden vesienhallinnan ja vesiensuojelun osaamisen vahvistamisessa. Hankerahoitus on voinut mahdollistaa myös konkreettisten vesiensuojelutoimenpiteiden kuten kosteikkojen suunnittelua ja rakentamista.

Metsätalouden vesiensuojeluun on laadittu eri tahojen toimesta monia ohjeita ja oppaita. Merkittävimpiä ovat muun muassa valuma-aluetason suunnittelun oppaat, havainnekuvat ja ohjeet erilaisten vesiensuojelurakenteiden kuten putkipatojen tai kosteikkojen tekemiseen. Lisäksi on omat ohjeet metsätalouden vesistövaikutusten minimoimiseen metsätalouden toimenpiteisiin kuten lannoitukseen tai maanmuokkaukseen.

Ohjeistukset ja oppaat ovat helposti ja avoimesti saatavilla eri organisaatioiden verkkosivuilta. Lisäksi on tuotettu verkko-oppimisympäristöjä ja videomateriaalia. Ohjeita ja oppaita hyödynnetään metsäalan oppilaitoksissa, metsäammattilaisten koulutuksissa, metsänhoidon toimenpiteiden suunnittelussa ja metsänomistajien neuvonnassa. Metsänomistajien neuvonta on painottunut viime vuosina yhä enemmän metsänhoidon rinnalla luontoarvojen turvaamiseen ja myös vesistövaikutusten estämiseen. Metsänomistajia palvelevat organisaatiot tarjoavat metsänomistajille monipuolisesti neuvontaa niin toimipisteissään, verkossa, messuilla kuin metsätilakäynneillä. Lähes kaikki metsäalan toimijat ovatkin liittyneet metsäsertifiointijärjestelmään, jonka kautta näille tulee velvoite metsänomistajien osaamisen monipuoliseen edistämiseen.

On tärkeää, että esimerkiksi maa- ja metsätalouden toimijat keskustelisivat yhdessä vesiensuojeluun liittyvistä toimista nykyistä paljon enemmän. Metsäalueelta tulevat vedet kulkevat yleensä alapuolisten ojitussyhteisöjen hallinnassa olevien viljelysvaltaojien kautta vesistöihin. Valuma-aluekohtaisen yhteistyön tuloksena saataisiin aikaan kokonaisvaltainen suunnitelma, johon olisi koottu valuma-alueella soveltuvat vesiensuojeluratkaisut yhteen. Koordinaatio on tässäkin yhteydessä tärkeä ja osakokonaisuudet voidaan toteuttaa erikseen kohteille soveltuvilla rahoituksilla.

Vesien ja kuivuuden hallinta korostuu tulevaisuudessa entistä enemmän ilmastonmuutoksen seurauksena. Sään ääri-ilmiöiden lisääntyminen edellyttää vesiensuojelumenetelmien mitoituksen kehittämiseen panostamista. Samoin pitkään jatkuvien hellejaksojen aiheuttamiin kuivuusriskeihin on varauduttava. Suometsien hoitohankkeiden yhteydessä ojen kuntoa ja olemassa olevan puuston haihdutuskkyä hyödynnetään tarvittavan kuivavaran arvioinnissa. Vesien hallinnassa hyödynnetään vesien haitattomia varastointimahdollisuuksia rakentamalla putkipatoja tai johtamalla vesiä entistä enemmän kosteikoihin ja pintavalutukseen ojittamattomille soille tai ojitetuille kitu- ja joutomaille. Ennallistamisasetuksen mukaisen kansallisen ennallistamissuunnitelman toimeenpano vuoden 2027 jälkeen tulee lisäämään entistä enemmän ennallistettavaa pinta-alaa. Ennallistamisen ja metsätalouden yhteistyö avaa tällöin aivan uusia mahdollisuuksia vesiensuojelun osalta.

Taulukko 4 Metsätalouden vesistövaikutusten positiivisten kehityssuuntien ajurit.

Vesiensuojelua ohjaavan lain-säädännön uudistuminen	Metsäsertifiointijärjestelmien kehittyminen	Metsänhoidon suositusten päivittäminen	METSO- ja Helmi-ohjelmien toteuttaminen	Ennallistamissuunnitelman laatiminen ja toteuttaminen	Alueellisen vesienhoidon kehittyminen
Metsätalouden tukijärjestelmien tuet vesiensuojelulle	Hankerahoitus vesiensuojelun edistämiseen	Paikkatietoaineistojen kehittäminen ja käyttö	Vesiensuojeluohjeiden ja -oppaiden laatiminen	Vesiensuojelurakenteiden kehittyminen ja käyttöönotto	Maanmuokausmenetelmien keventyminen
Vesistökunnostusten toteuttaminen	Vesien tilan seurannan ja tutkimuksen eteneminen	Metsäalan organisaatioiden monimuotoisuustoimet	Vesiensuojelun yhdistys- ja järjestötoiminta	Metsänomistajien neuvontaan panostaminen	Metsäalan suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kouluttaminen

3.2. Vesiensuojelun pullonkaulat

Metsätalouden vesiensuojelussa on jo otettu käyttöön monia hyviä käytäntöjä, mutta on yhä merkittäviä haasteita, jotka voivat hidastaa tai estää toimenpiteiden tehokasta toteutusta. On myös huomiotava, että vesistökuormitusta on syntynyt pitkällä aikajaksolla. Vesistöjen tila ei parane nopeasti, vaikka kuormitusta vähennettäisiin tai kunnostustoimia toteutetaan. Vesistöihin kertynyttä kiintoainetta ja humusta on vaikea poistaa tai tummuneita vesiä kirkastaa.

Oma haasteensa on ilmastonmuutos, joka lisää talviaikaisia sateita ja ilmaston ääri-ilmiöitä kuten rankkasateita. Talviaikainen valunnan lisääntyminen ja tulvat vaikuttavat vesistöjen laatuun, vaikka metsätaloustoimenpiteitä ei tehtäisi lainkaan.

3.2.1. Osaamisvaje

Osaamisvajetta esiintyy etenkin vesiensuojelun toimenpiteiden toteutuksessa ja pienvesikohteiden tunnistamisessa. Osaltaan tämä on seurausta työelämämuutoksesta, jonka seurauksena toimenpiteet toteuttavan konekuskin vastuulla on aiempaa enemmän itsenäisiä, tilanteessa tehtäviä päätöksiä. Toisaalta tämä liittyy myös osin laajempaan, koko metsäkonealaa vaivaavaan osaajavajeeseen.

Aiempina vuosikymmeninä, jolloin tehtiin paljon ojituksia ja rakennettiin metsäteitä, tarvittiin paljon tekijöitä. Syntyi oma ammattikunta, urakoitsijat, ns. raskaiden työläjien toteuttamiseen. Työmaiden suunnittelu ja toteutusten työjohto oli maastopainotteista ja vuorovaikutus urakoitsijoiden kanssa oli intensiivistä. Urakoitsija ei joutunut yksin tekemään päätöksiä toimenpiteiden toteutuksista. Päätökset tehtiin työjohdon kanssa keskustellen ja siten vastuuta jakaen. Organisaatiot huolehtivat myös sekä työjohdon että urakoitsijoiden koulutuksista.

Viimeisen parinkymmenen vuoden aikana työelämämuutos on ollut erittäin voimakas. Edellä kuvattu työjohtaja – urakoitsija tiivis vuorosuhde on vaihtunut pääosin erilaisten sähköisten viestinten kautta tapahtuvaksi kommunikoinniksi etänä. Metsäkoneen tai kaivurin kuljettaja joutuu tällä hetkellä tekemään huomattavasti aiempaa enemmän itsenäisiä päätöksiä eteen tulevien tilanteiden osalta. Tämä asettaa kuljettajalle usein suuria haasteita ja edellyttää myös aiempaa enemmän hyvää taustatiedon osaamista.

Aiemman sukupolven metsässä työskentelemään tottunut urakoitsijasukupolvi on eläköitynyt tai eläköitymässä. Tarvitaan uutta innostunutta osaaajajoukkoa, joka kiinnostuisi koneurakoinnin vaihtelevista ja usein haastavista olosuhteista eri vuodenaikoina. Vaikka koneenkuljettajakoulutukseen saataisiin koulutuspaikat täyttäviä määriä opiskelijoita, nykyajan haaste on saada nuoria pysymään pitkäaikaisessa työsuhteessa metsätöiden haastavissa olosuhteissa. Osa voi kokea työn myös osaamistarpeineen liian haastavana. Tällä hetkellä raskaiden konetöiden ja vesiensuojelun toteutuksen osajista onkin pulaa.

3.2.2. Yhteishankkeiden vaikeudet

Vesiensuojelu ja vesien hallinta on mitä suurimmassa määrin myös ihmisten välistä vuorovaikutusta ja yhteistoimintaa. Yhteistoiminnan aikaansaaminen on etu, mutta paikoin myös suuri haaste. Kitka naapurusten väliseen vuorovaikutukseen on voinut syntyä jo sukupolvia aikaisemmin. Tämä heijastuu nykypäivään ja voi olla esteenä yhteishankkeisiin osallistumiselle ja yhteistoiminnan syntymiselle. Ison haasteen tuo myös rahoituksen hankaluudet ja puute. Esimerkiksi viljelijä - maanomistajat voivat maatalouden heikon kannattavuuden vuoksi vetäytyä yhteisestä suunnitelmasta vaikean rahoitustilanteensa vuoksi. Tämä voi estää koko hankkeen toteutumisen. Myös pettymykset rahoituspäätöksissä murentavat luottamusta.

Hankkeiden syntymistä rajoittavina tekijöinä voidaan vielä tuoda esille eri rahoitusinstrumenttien byrokrattisuus ja rahoitusehtojen monimutkaisuus. Laajoihin yhteishankkeisiin liittyvät mahdolliset luvitukset ja niiden vaatima lainsäädännön hallinta voivat osaltaan olla esteenä tai ainakin hidastaa hankeaikatauluja.

3.2.3. Muut keskeiset pullonkaulat

- **Metsänomistajien ja kiinteistöjen suuri määrä.**
Valuma-alueen suunnittelu vaatii aikaa ja resursseja metsänomistajien tavoittamiseen sekä vesiensuojelutoimenpiteiden suostumusten hankintaan yhteishankkeen aikaansaamiseksi.
- **Neuvonnan ja tiedottamisen puutteet ja resurssit.**
Metsänomistajat eivät aina saa riittävästi tietoa metsätalouden vesistövaikutuksista, vesiensuojelun menetelmistä tai niiden hyödyistä.
- **Vesiensuojelun suunnittelun puutteelliset resurssit.**
Ojitusten ja maanmuokkausten nykyistä tarkemmalle suunnittelulle tarvitaan riittävästi aikaa.
- **Tietopohjan puutteet, paikkatietoaineistoja ja työkaluja ei käytetä.**
Paikallisten olosuhteiden, kuten maaperän eroosioherkkyyden ja vesistöjen virtausmallien, tuntemusta ei ole riittävästi suunnittelun tueksi.
- **Suunnittelijoiden ja toteuttajien osaamisvaje.**
Vesienhallinnan suunnitteluun ei ole riittävää osaamista tai toteutusta ei ohjata riittävän hyvin.
- **Toimenpiteiden kohdentamisen vaikeus.**
Vesiensuojelutoimia ei aina osata tai voida kohdentaa tehokkaimmin riskialueille, kuten eroosioherkille rinteille tai vesistöjen läheisyyteen.
- **Maantieteelliset ja topografiset rajoitteet.**

Tehokkaan vesiensuojelurakenteen toteuttaminen on haastavaa, mikäli alueella ei ole edellytyksiä hyödyntää esimerkiksi pintavalutusta.

- **Ojitusyhteisöjen huomioiminen.**
Ojitusyhteisöjen selvittäminen ja kuuleminen lisää työtä ja vaatii aikaa sekä voi aiheuttaa haasteita vesiensuojelurakenteiden mitoittamiseen tai sijoittamiseen.
- **Ojitusten ja maanmuokkauksen riskit.**
Uusien tai kunnostettavien ojien kaivaminen sekä maanmuokkaus voi aina lisätä kuormitusta, etenkin, jos sitä toteutetaan maanomistajalähtöisesti tai ilman riittävää vesienhallinnan osaamista.
- **Puunkorjuolosuhteiden muutokset**
Ilmastonmuutoksen seurauksena leudot talvet ja runsaat sateet aiheuttavat lisääntyntä puunkorjuusta syntyvää vesistökuormitusta.
- **Metsälain ja vesilain tulkinta ja tietopuutteet.**
Lainsäädännöllä turvattujen elinympäristöjen tunnistaminen voi olla hankalaa ja kaikki elinympäristöt eivät ole paikatiedossa. Vesilain vähäistä suuremman ojituksen määrittäminen ja luvan tarpeen arviointi voi olla haastavaa.
- **Sertifiointikriteerien tunteminen ja tulkinta.**
Suojavyöhykkeiden leveys ja käsittely vaihtelee sertifiointijärjestelmissä, mikä voi aiheuttaa epäselvyyksiä tai tulkinnaa vaikeutta käytännön toteutuksessa.
- **Toimenpiteiden hidas vaikuttavuus**
Vesistöjen tila ei parane nopeasti, vaikka kuormitusta vähennettäisiin, mikä voi lannistaa toimijoita ja vähentää uskoa menetelmien vaikuttavuuteen.
- **Tukijärjestelmien monimutkaisuus.**
Taloudelliset kannustimet voivat olla vaikeasti hahmotettavia tai riittämättömiä parhaiden ja vaikuttavien vesiensuojelutoimien toteuttamiseksi.
- **Pitkäjänteisen tutkimuksen ja seurannan resurssit.**
Metsätalouden ja vesiensuojelun toimenpiteiden toteuttamista ja vaikutuksia vesien tilaan on seurattava pitkäjänteisesti. Vaadittavien koejärjestelyjen monimutkaisuuden ja seurantojen pitkäaikaisuuden takia tämänhetkinen tutkimustieto perustuu osittain jopa 30 vuotta vanhoihin tutkimustuloksiin. Tässä ajassa käytetyt metsänhoidon menetelmät ovat kehittyneet ja niiden vaikutukset ovat voineet muuttua. Seurantaan ja tutkimukseen tarvitaan riittävät resurssit, jotta saatavilla olisi ajantasaista tutkittua tietoa.

Taulukko 5 Vesiensuojelutyötä haastavat tekijät

Metsänomistajien ja kiinteistöjen suuri määrä	Neuvonnan ja tiedottamisen puutteet ja resurssit	Vesiensuojelun suunnittelun puutteelliset resurssit	Tietopohjan puutteet, paikkatietoa ja työkaluja ei hyödynnetä	Suunnittelijoiden ja toteuttajien osaamisvaje
Toimenpiteiden kohdentamisen vaikeus	Maantieteelliset ja topografiset haasteet	Ojitusyhteisöjen huomioiminen	Ojitusten ja maanmuokkausten riskit	Puunkorjuun olosuhteiden muutokset
Metsälain ja vesilain tulkinta ja tietopuutteet	Sertifioinnin kriteerien tunteminen ja tulkinta	Toimenpiteiden hidas vaikuttavuus	Tukijärjestelmien monimutkaisuus	Pitkäjänteisen tutkimuksen ja seurannan resurssit

4. Yhteenveto ja suositukset jatkotoimiksi

Vaikka vesien huomiointi ja suojele metsätaloudessa on kehittynyt merkittävästi viimeisten vuosikymmenten aikana, tulee kehittämistyötä ja parhaiden käytäntöjen jalkauttamista jatkaa. Tulevaisuudessa paikkatietomenetelmien kehittyminen ja jatkuvasti lisääntyvä tutkimustieto mahdollistavat entistä paremman vesiensuojelullisen tehon saavuttamisen. Tämä kuitenkin edellyttää metsäsektorilta jatkuvaa panostusta tutkimus- ja kehitystyöhön sekä menetelmien käyttöönoton aktiivista edistämistä.

Tutkimustietoa tarvitaan lisää. Vaikka tieto metsätalouden vaikutuksista vesien tilaan on lisääntynyt merkittävästi 2000-luvulla, on tiedossa edelleen aukkoja. Merkittäviä tietopuutteita on muun muassa kangasmaiden hakkuiden, etenkin harvennusten, vaikutuksista sekä maanmuokausmenetelmien välisistä eroista. Harvennushakkuiden kuormittavan vaikutuksen on oletettu olevan hyvin vähämerkityksistä, mutta julkaistuja tutkimuksia aiheesta on saatavilla vain vähän. Myös ymmärrys kangasmaiden uudistamishakkuiden kuormittavasta vaikutuksesta perustuu pääosin yli 20 vuotta vanhaan tietoon. Aiemmissä tutkimuksissa ei ole myöskään kyetty erittelemään maanmuokkausten kuormitusvaikutusta metsänuudistamisen aiheuttamasta kokonaiskuormasta. Nämä tiedot olisivat erittäin arvokkaita metsätalouden kehittämiseksi entistä vesistöystävällisempään suuntaan.

Paikkatietoa ja sitä hyödyntäviä järjestelmiä on ylläpidettävä ja kehitettävä jatkuvasti. Paikkatietomenetelmät, laserkeilausaineistot ja niiden käsittelyyn kehitetyt mallisovellukset parantavat mahdollisuuksia tuottaa metsätaloussuunnittelijoiden käyttöön maastosuunnittelua helpottavia apuvälineitä. Hyväkään paikkatieto tai hyvillä työkaluilla tuotettu analyysi ei kuitenkaan korvaa maastosuunnittelua. Aineistot helpottavat kokonaiskuvan hahmottamista, mutta parhaatkaan aineistot eivät paljasta sellaisia yksityiskohtia, joita vain maastosuunnittelussa voidaan havaita. Aineistot osoittavat suunnittelijalle erityistä huolellisuutta vaativat maastokohdat. Tärkeät kohteet on aina tarkistettava maastossa.

Metsätalouden vesiensuojelumenetelmien kehittämiseen on edelleen tarvetta panostaa. Erilaisten vesien viivyttämiseen ja varastointiin liittyvien tekniikoiden kehittämiseen ja mitoituksen täsmentämiseen kannattaa panostaa. Ilmastonmuutoksen eteneminen lisää tarvetta kehittää mitoituslaskelmia vastaamaan ääri-ilmiöiden mukanaan tuomia haasteita.

Valuma-aluekohtaiseen suunnitteluun ja vesien hallintaan valuma-alueella tulee jatkossa panostaa. Kokonaisvaltaisen valuma-alesuunnittelun tulisi lisääntyä jatkossa. Tällöin suunnittelussa otetaan

huomioon metsien käytön, tarpeellisten kuivatustoimien ja vesiensuojelurakenteiden muodostama kokonaisuus ja kytkentä toisiinsa valuma-alueella. Tämä edellyttää myös yhteistoiminnan lisääntymistä eri maankäyttösektorien ja maanomistajien kesken. Vuoropuhelu ja selkeä koordinointi valuma-alue suunnittelun yhteydessä mahdollistaa hyvän suunnittelun ja myös osakokonaisuuksien aikataulunmukaisen toteuttamisen. Hyvän koordinaation kehittämiseen onkin panostettava. Ilmastonmuutoksen kasvattamien kuivuusriskien takia ajattelutavan tulee muuttua kuivatuksen maksimoimisesta vesien hallittuun viivyttämiseen valuma-alueella. Vesien viivyttämistä ja varastointia tulee kehittää siten, että haitat voidaan välttää ja toimenpiteet ovat kaikkien hyväksyttävissä. Vesien viivyttämis- ja varastointimahdollisuudet lisääntyvät Ennallistamisasetuksen mukaisen ennallistamissuunnitelman toimeenpanon yhteydessä. Metsätalouden ja ennallistamisen yhteistyö tuottaa hyvin organisoituna ja suunniteltuna parhaan tuloksen vesiensuojelun kannalta.

Koulutukseen on panostettava. Uudet paikkatietomenetelmät edellyttävät toimijoiden osaamisen kehittämistä ja jatkuvaa ylläpitoa. Lisäksi vesiensuojelu- ja vesitekniikan osaamista on jatkettava työelämässä jo olevien osalta. Jatkuvuuden kannalta on tärkeää, että vesiensuojeluun, vesien hallintaan ja suometsien erityiskysymyksiin panostetaan ammatillisen kouluasteen, ammattikorkeakoulujen ja yliopistojen koulutustarjonnassa. Eläköityvien urakoitsijoiden tilalle tarvitaan pysyvää ja osaavaa nuorta yrittäjäpolvea toteuttamaan vesiensuojelutoimenpiteitä. On tärkeää myös vahvistaa ja lisätä metsänomistajien osaamista ja tietoisuutta metsätalouden vesistövaikutuksista ja vesiensuojelun keinoista. Viime kädessä metsänomistaja itse päättää metsissään tehtävistä toimenpiteistä. Tämän takia onkin tärkeää, että metsänomistajat ymmärtävät laadukkaan ja oikein kohdennetun vesiensuojelun merkityksen.

Kirjallisuus

Aaltonen, H., Tuukkanen, T., Palviainen, M., Laurén, A., Tattari, S., Piirainen, S., Mattsson, T., Ojala, A., Launiainen, S. & Finér, L. 2021. Controls of Organic Carbon and Nutrient Export from Unmanaged and Managed Boreal Forested Catchments. *Water* 13 17: 16 s.

Ahti, E. 1975. Ajatuksia metsäojituksen tulvavaikutusten arvioimisesta. *Suo*26 (1): 9-13.

Ahtiainen, M. 1988. Effects of clear-cutting and forestry drainage on water quality in the Nurmes-study. Symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions vol. 1, Joensuu, Finland 6-8 June 1988, The Publications of the Academy of Finland 4/1988, 206-219.

Ahtiainen, M. 1990. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Summary: The effects of clear-cutting and forestry drainage on water quality of forest brooks. *Vesi ja ympäristöhallinnon julkaisuja-sarja A* 45: 1-122.

Ahtiainen, M. & Huttunen, P. 1999. Long-Term Effects of Forestry Managements on Water Quality and Loading in Brooks. *Boreal Environment Research* 4:101-114.

Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen, S. (toim.). 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 37. 177 s.

Asmala, E., Carstensen, J. & Räike, A. 2019. Multiple anthropogenic drivers behind upward trends in organic carbon concentrations in boreal rivers. *Environmental Research Letters* 14. 10 s. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4fa9>.

Britschgi, R., Piirainen, S., Joensuu, S., Juvonen, J., Ala-aho, P., Karvonen, T., Kauppila, M., Keränen, J., Marttila, H., Nieminen, M., Nieminen, T.M., Rintala, J., Ronkainen, T., Ronkanen, A.-K., Rossi, P., Räsänen, T. & Tuominen, S. 2022. Metsätalouden pohjavesivaikutukset. MEPO-hankkeen loppuraportti 2021. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:4. 183 s.

Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiahio, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola, S. & Vuollekoski, M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. Suomen ympäristö 10/2010. 33 s. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/37973>

Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Härkönen, L., Huttunen, M., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sallantausta, T., Sarkkola, S., Tattari, S. and Ukonmaanaho, L. 2021. Drainage for forestry increases N, P and TOC export to boreal surface waters. *Science of the Total Environment*. Volume 762, 2021.

Fleming, V., Berninger, K., Aikola, T., Huttunen, M., Iho, A., Kuosa, H., Niskanen, L., Piiparinen, J., Räike, A., Salo, M., Sarkkola, S., & Valve, H. 2023. Rannikkovesien ravinteiden kuormituskatot ja kuormituksen vähentämisen keinoja: Loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2023:45. Valtioneuvoston kanslia. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-325-8>

Granqvist, A.-L. 2024. Vesienpalautus suojelusoille – Opas käytännön toimijoille. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 67 s.

Hahti K, Nieminen M, Finér L, Marttila H, Kokkonen T, Leinonen A, Koivusalo H. 2018. Model-based evaluation of sediment control in a drained peatland forest after ditch network maintenance. *Canadian Journal of Forest Research* 48: 130–140. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0269>

Heikurainen, L., Kenttämies, K. & Laine, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. Suo 29: 49-58.

Hynninen, A., Saari, P., Nieminen, M. & Alm, J. 2010. Pintavalutus metsätaloustoimien valumavesien puhdistamisessa – kirjallisuustarkastelu. Suo 61: 77-85.

Hynninen, A. 2011. Use of wetland buffer areas to reduce nitrogen transport from forested catchments: Retention capacity, emissions of N₂O and CH₄ and vegetation composition dynamics. Dissertationes Forestales 129. 53 s. <https://www.dissertationesforestales.fi/pdf/1916>

Härkönen, L. H., Lepistö, A., Sarkkola, S., Kortelainen, P., Räike, A. 2023. Reviewing peatland forestry: Implications and mitigation measures for freshwater ecosystem browning. Forest ecology and management 531: 120776 . <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120776>

Hökkä H., Laurén A., Stenberg L., Launiainen S., Leppä K., Nieminen M. 2021. Defining guidelines for ditch depth in drained Scots pine dominated peatland forests. Silva Fennica vol. 55 no. 3 article id 10494. <https://doi.org/10.14214/sf.10494>

Ilvesniemi, H. & Kukkola, M. 2018. Metsänlannoitus. Julkaisussa: Rantala, S. (toim.) Tapion taskukirja. Metsäkustannus Oy. Helsinki. s. 121-125.

Joensuu, S., Ahti, E. & Vuollekoski, M. 1999. The effects of peatland forest ditch maintenance on suspended solids in runoff. Boreal environment research 4: 343-355.

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. Kopijyvä Oy, Jyväskylä. 140 s.

Joensuu, S., Kauppila, M., Linden, M. & Tenhola, T. 2019. Metsänhoidon suositukset vesiensuojeluun, työopas. Tapion julkaisu

Joensuu, S., Kauppila, M., Hyvärinen, A., Virta, M., Pänkäläinen, M., Sarkkola, S., Jämsén, J. 2024. Vesienpalautuksen vaikutukset talousmetsien hiilensidontaan, Tapion julkaisu, 31 s.

Kaila A., Sarkkola S., Laurén A., Ukonmaanaho L., Koivusalo H., Xiao L., O’Driscoll C., Asam Z., Tervahauta A. & Nieminen M. 2014. Phosphorus export from drained Scots pine mires after clear-felling and bioenergy harvesting. Forest Ecology and Management 325: 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.025>.

Karosto, K. (toim.). 2016. Biosuodattimet metsätalouden vesiensuojelussa. Mikkelin ammattikorkeakoulu, D: Vapaamuotoisia julkaisuja 85, 79 s. ISBN: 978-951-588-580-7 (PDF)

Koskinen M, Sallantausta T, Vasander H. 2011. Post-restoration development of organic carbon and nutrient leaching from two ecohydrologically different peatland sites. Ecological Engineering 37: 1008-1016. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.036>

Koskinen, M., Tahvanainen, T., Sarkkola, S., Walle-Menberu, M., Laurén, A., Sallantausta, T., Marttila, H., Ronkanen, A-K., Parviainen, M., Tolvanen, A., Koivusalo, H. & Nieminen, M. 2017. Restoration of nutrient-rich forestry-drained peatlands poses a risk for high exports of dissolved organic carbon, nitrogen, and phosphorus. Science of the Total Environment 586: 858-869.

Kubin, E., 1998. Leaching of nitrate nitrogen into the groundwater after clearfelling and site preparation. Boreal Environment Research 3, 1-8.

Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain muuttamisesta. 1263/2014. Finlex. Viitattu 29.10.2025

Laurén, A., Palviainen, M., Launiainen, S., Leppä, K., Stenberg, L., Urzainki, I., Nieminen, M., Laiho, R., Hökkä, H. 2021a. Drainage and stand growth response in peatland forests - Description, testing, and application of mechanistic peatland simulator SUSI. *Forests* 12: 293, p 23. <https://doi.org/10.3390/f12030293>

Laurén A, Palviainen M., Laiho R., Leppä K., Launiainen S., Hökkä H., Nieminen M., Urzainki I., Stenberg L. 2021b. Suosimulaattori (SUSI) – uusi mekanistinen simulointimalli suometsien hoidon suunnitteluun. *Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2021 artikkeli 10575*. <https://doi.org/10.14214/ma.10575>

Mannerkoski, H., Finér, L., Piirainen, S., Starr, M., 2005. Effects of clear-cutting and site preparation on the level and quality of groundwater in some headwater catchments in eastern Finland. *Forest Ecology and Management* 220, 107-117.

Marttila, H. & Kløve, B. 2010b. Managing runoff, water quality and erosion in peatland forestry by peak runoff control. *Ecological Engineering* 36: 900–911. doi:10.1016/j.ecoleng.2010.04.002.

Marttila, H., Karjalainen, S.-M., Kuoppala, M., Nieminen, M.L., Ronkanen, A.-K., Kløve B. & Hellsten, S. 2018. Elevated nutrient concentrations in headwaters affected by drained peatland. *Science of the Total Environment* 643: 1304–1313. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.278>.

Mattsson, T, Finér, L., Kortelainen, P. & Sallantausta, T. 2003. Brookwater quality and background leaching from unmanaged forested catchments in Finland. *Water, Air, and Soil Pollution* 147: 275–297. <https://doi.org/10.1023/A:1024525328220>.

Miettinen, J., Ollikainen, M., Finer, L., Koivusalo, H., Lauren, A., & Valsta, L. 2012. The optimal rotation age and buffer zone size. *Forest Science*, 58(4), 342-352. <https://doi.org/10.5849/forsci.10-070>

Miettinen, J., Ollikainen, M., Nieminen, M., Valsta, L. 2020. Cost function approach to water protection in forestry. *Water Resources and Economics* 31: 100150. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2019.100150>.

Mosquera, V., Gundale, M. J., Palviainen, M., Laurén, A., Laudon, H., & Maher Hasselquist, E. (2024). Bio-char as a potential tool to mitigate nutrient exports from managed boreal forest: A laboratory and field experiment. *Global change biology. Bioenergy*, 16(3), Article e13131. <https://doi.org/10.1111/gcbb.13131>

Mykrä H, Annala M, Hilli A, Hotanen J-P, Hokajärvi R, Jokikokko P, Karttunen K, Kesälä M, Kuoppala M, Leinonen A, Marttila H, Meriö L-J, Piirainen S, Porvari P, Salmivaara A, Vaso A (2023) GIS-based planning of buffer zones for protection of boreal streams and their riparian forests. *Forest Ecology and Management* 528: 120639. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120639>.

Nieminen, M. 2003. Effects of clear-cutting and site preparation on water quality from a drained Scots pine mire in southern Finland. *Boreal Environment Research* 8: 53-59.

Nieminen, M., Sallantausta, T., Ukonmaanaho, L., Nieminen, T.M., Sarkkola, S. 2017a. Nitrogen and phosphorus concentrations in discharge from drained peatland forests are increasing. *Science of the Total Environment* 609: 974–981. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.210>.

Nieminen M., Koskinen M., Sarkkola S., Laurén A., Kaila A., Kiikkilä O., Nieminen T. & Ukonmaanaho L. 2015. Dissolved organic carbon export from harvested peatland forests with differing site characteristics. *Water, Air, & Soil Pollution* 226 article 181. 12 s. <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2444-0>.

Nieminen, M., Sarkkola, S. & Laurén, A. 2017b. Impacts of forest harvesting on nutrient, sediment and dissolved organic carbon exports from drained peatlands: A literature review, synthesis and suggestions for the future. *Forest Ecology and Management* 392: 13–20.

Nieminen, M., Sarkkola, S., Hellsten, S., Marttila, H., Piirainen, S., Sallantausta, T. & Lepistö, A. 2018a. Increasing and decreasing nitrogen and phosphorus trends in runoff from drained peatland forests – Is there a legacy effect of drainage or not? *Water, Air, and Soil Pollution* 229(8). doi: 10.1007/s11270-018-3945-4

Nieminen, M., Palviainen, M., Sarkkola, S., Laurén, A., Marttila, H. & Finér, L. 2018b. A synthesis of the impacts of ditch network maintenance on the quantity and quality of runoff from drained boreal peatland forests. *Ambio* 47: 523–534. doi: 10.1007/s13280-017-0966-y.

Nieminen, M., Piirainen, S., Sikström, U., Löfgren, S., Marttila, H., Sarkkola, S., Laurén, A. & Finér, L. 2018c. Ditch network maintenance in peat-dominated boreal forests: Review and analysis of water quality management options. *Ambio* 47: 535–545. doi: 10.1007/s13280-018-1047-6

Nieminen, M., Sarkkola, S., Haahti, K., Sallantausta, T., Koskinen, M., Ojanen, P. 2020a. Metsäojitettujen soiden typpi- ja fosforikuormitus Suomessa. *Suo* 71(1): 1–13.

Nieminen, M., Launiainen, S., Ojanen, P., Sarkkola, S. & Laurén A. 2020b. Metsätalouden vesistökuormitus: nykykäsitys ja tulevaisuuden menetelmäkehitys. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020–10336. Katsaus. 9 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10336>

Nieminen, M., Sarkkola, S., Tolvanen, A., Tervahauta, A., Saarimaa, M., Sallantausta, T. 2020c. Water quality management dilemma: Increased nutrient, carbon, and heavy metal exports from forestry-drained peatlands restored for use as wetland buffer areas. *Forest Ecology and Management* 465: 9 s.

Nieminen, M., Hasselquist, E. M., Mosquera, V., Ukonmaanaho, L., Sallantausta, T., Sarkkola, S. 2022. Post-drainage stand growth and peat mineralization impair water quality from forested peatlands. 2022. *J Environ Qual.* 51(6):1211–1221. doi: 10.1002/jeq2.20412.

Nieminen, M. & Sallantausta, T. 2020. Metsäojitettujen soiden vesistökuormitus. *Suo* 71(2): 205–209.

Nieminen M., Pukkala T., Stenberg L., Sarkkola S., Vihonen A., Valkeapää A. 2023. Jatkuvan kasvatuksen ja tasaikäismetsätalouden vaikutus metsäisten valuma-alueiden vesistökuormitukseen Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2023* artikkeli 22001. <https://doi.org/10.14214/ma.22001>

Nieminen M., Stenberg L., Leppä K., Lohila A., Minkkinen K., Ojanen P., Korkiakoski M., Penttilä T. & Sarkkola S. 2024. Effect of partial harvesting on exports of dissolved organic carbon and nutrients from drained boreal pine mires. *Boreal Env. Res.* 29: 65–76.

Nieminen, M., Ahtikoski, A., Järvenranta, K., Lehtonen, E., Lemola, R., Liimatainen, M., Lipponen, A., Löjtö, T., Niemi, M., Piirainen, S., Rätty, M., Salmivaara, A., Stenberg, L., Uusitalo, R., Uusi-Kämppe, J., Virkajärvi, P. & Sarkkola, S. 2025. Kustannustehokasta ja toimivaa vesiensuojelua – yhteistoimin kuormituksen vähentämiseen maa- ja metsätaloudessa (Vesipolku). Loppuraportti. Luonnonvarakeskus. https://mmm.fi/documents/1410837/95452615/VESIPOLKU_loppuraportti.pdf/d8a7f421-4b42-8a23-7169-418e2f471384/VESIPOLKU_loppuraportti.pdf?t=1742306077377

Ojanen P., Aapala K., Hotanen J.-P., Kokko A., Kortelainen P., Marttila H., Nieminen M., Nieminen T. M., Puntila P., Rehell S., Sallantausta T., Sarkkola S., Tiainen J., Turunen J., Valpola S., Vasander H., Vähäkuopus T. & Minkkinen K. 2020. Ojituksen vaikutus luonnon monimuotoisuuteen, ilmastoon ja vesistöihin – yhteenveto. *Suo* 71(2): 93–114 — Ojitettujen soiden kestävä käyttö. <http://www.suo.fi/article/1059>

Palviainen, M., Finér, L., Laurén, A., Launiainen, S., Piirainen, S., Mattson, T. & Starr, M. 2013. Nitrogen, Phosphorus, Carbon, and Suspended Solids Loads from Forest Clear-Cutting and Site Preparation: Long-Term Paired Catchment Studies from Eastern Finland. *AMBIO* 43, 218–233 (2014). <https://doi.org.libproxy.helsinki.fi/10.1007/s13280-013-0439-x>

Palviainen, M., Pumpanen, J., Mosquera, V., Maher Hasselquist, E., Laudon, H., Ostonen, I., Kull, A., Renou Wilson, F., Peltomaa, E., Könönen, M., Launiainen, S., Peltola, H., Oja-la, A. & Laurén, A. 2024. Extending the SUSI peatland simulator to include dissolved organic carbon formation, transport and biodegradation - Proper water management reduces lateral carbon fluxes and improves carbon balance. *Science of the Total Environment* 950, 175173. DOI:10.1016/j.scitotenv.2024.175173

Piirainen, S., 2002. Nutrient fluxes through a boreal coniferous forest and the effects of clear-cutting. Finnish Forest Research Institute, Research Papers. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 859, 50 s. + liitteet

Piirainen, S., Domisch, T., Moilanen, M., Nieminen, M. 2013. Long-term effects of ash fertilization on runoff water quality from drained peatland forests. *Forest Ecology and Management* 287: 53-66. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.014>.

Piirainen, S. 2019. Maanmuokkauksen vaikutukset vesistöihin. Julkaisussa: Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.). *Metsämaan muokkaus: kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyYTEEN*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 50-54.

Puustinen, M., Koskiaho, J., Jormola, J., Järvenpää, L., Karhunen, A., Mikkola-Roos, M., Pitkänen, J., Riihimäki, J., Svensberg, M. & Vikberg, P. 2007. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. *Suomen Ympäristö* 21.

Ring, E., Widenfalk, O., Jansson, G., Holmström, H., Högbom, L., & Sonesson, J. 2018. Riparian forests along small streams on managed forest land in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 33: 133-146

Rusanen, K., Finér, L., Antikainen, M., Korkka-Niemi, K., Backman, B., Britschgi, R., 2004. The effects of forest cutting on the quality of groundwater in large aquifers in Finland. *Boreal Environment Research* 9, 253-261.

Räike, A., Taskinen, A. & Knuuttila, S. 2020. Nutrient export from Finnish rivers into the Baltic Sea has not decreased despite water protection measures. *Ambio* 19: 460-472. doi:10.1007/s13280-019-01217-7.

Räike, A., Taskinen, A., Härkönen, L.H., Kortelainen, P., Lepistö, A. 2024. Browning from headwaters to coastal areas in the boreal region: Trends and drivers. *Science of The Total Environment* 927: 171959. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171959>.

Saarinen M., Valkonen S., Sarkkola S., Nieminen M., Penttilä T. & Laiho R. (2020). Jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen mahdollisuudet ojitetuilla turvemailla. *Metsätieteen aikakauskirja* 2020-10372. Katsaus. 21 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10372>

Sarkkola, S., Nieminen, M., Laudon, H., Clarke, N., Hasselquist, E.M. 2025. Water Quality. Teoksessa: Rautio, P., Routa, J., Huuskonen, S., Holmström, E., Cedergren, J., Kuehne, C. (toim.) *Continuous Cover*

Forestry in Boreal Nordic Countries. Managing Forest Ecosystems, vol 45. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-70484-0_14

Sarkkola, S., Nieminen, M. & Piirainen, S. 2022. Vesistökuormitus metsätaloudessa – Uusia kuormitusmittareita Kansallisen metsästrategian seurantaan: Asiantuntijaselvitys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 96/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 41 s

Seuna, P. 1983. Small basins – A tool in scientific and operational hydrology. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 51. Helsinki. 61 s.

Shah, N. W., Baillie, B.R., Bishop, K., Ferraz, S., Högbom, L., Nettles, J. 2022. The effects of forest management on water quality. Forest Ecology and Management 522: 120397.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120397>.

Silvan, N. 2004. Nutrient retention in a restored peatland buffer. Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, metsäekologian laitos. ISBN: 952-10-1973-5. <http://hdl.handle.net/10138/20632>. 51 s.

Škerlep, M. 2021. Changing land cover as a driver of surface water browning. Academic Dissertation. Lund University. 65 s.

Tapio Oy. 2025. Metsänhoidon suositukset. Saatavilla: www.metsanhoidonsuosituksset.fi

Tuukkanen, T., Marttila, H. & Kløve, B. 2014. Effect of soil properties on peat erosion and suspended sediment delivery in peat extraction sites. Water Resources Research 50: 3523–3535.
doi:10.1002/2013WR015206.

Vasander, H., Tuittila, ES., Lode, E. ym. 2003. Status and restoration of peatlands in northern Europe. Wetlands Ecology and Management 11: 51–63. <https://doi.org/10.1023/A:1022061622602>

Virta, M. 2025. Korpikuusikoiden kaistalehakkuiden luontainen uudistuminen. Maisterintutkielma. 52 s.

Vuori, K-M., Leppänen, M., Koljonen, S., Jämsén, J., Vaso, A., Keskinen, E., Hämäläinen, H., Nieminen, M., Huotari, E. & Soimasuo, J. 2021. Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökunnostuksiin PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti.

Västilä, K. & Järvelä, J. 2015. Kaksitasouomien mahdollisuudet pyrittäessä ympäristöystävällisempään maankuivatukseen. Vesitalous 6/2015.

Västilä, K., Väisänen, S., Koskiahho, J., Lehtoranta, V., Karttunen, K., Kuussaari, M., Järvelä, J., & Koikkalainen, K. 2021. Agricultural Water Management Using Two-Stage Channels: Performance and Policy Recommendations Based on Northern European Experiences. Sustainability, 13(16), 9349.
<https://doi.org/10.3390/su13169349>

Väänänen R. 2008. Phosphorus retention in forest soils and the functioning of buffer zones used in forestry. <https://doi.org/10.14214/df.60>



Maistraatinportti 4 A

00240 Helsinki

tapio@tapio.fi

www.tapio.fi