

Julkaisu 93/2022



Keravanjärven metsätalouden vesiensuojelusuunnitelma

Paula Luodeslampi
Mika Salmi



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Julkaisu 93/2022

Keravanjärven metsätalouden vesiensuojelusuunnitelma

21.12.2022

Paula Luodeslampi ja Mika Salmi

Tarkastaja: Heli Vahtera

Hyväksyjä: Jari-Pekka Pääkkönen

Kannen valokuvat: Paula Luodeslampi



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Julkaisu 93/2022

Keravanjärven metsätalouden vesiensuojelusuunnitelma

Paula Luodeslampi
Mika Salmi



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Julkaisun nimi	Keravanjärven metsätalouden vesiensuojelusuunnitelma		
Tekijät	Paula Luodeslampi (VHVSY) Mika Salmi (Suomen metsäkeskus)		
Sarja	Julkaisu 93/2022	ISSN 2737-2197 ISBN 978-952-7019-25-2 (pdf)	35 sivua
<p>Hyvässä ekologisessa tilassa olevan Keravanjärven valuma-alueen pinta-alasta 75 % on metsiä. Suurin osa alueesta on karkeita kivennäismaita sekä ojitettuja turvemaita. Hienojakoisia eroosioherkkiä maala-jeja, kuten hiesua ja savea, esiintyy vain vähän. Järven ravinnepitoisuudet ovat pysyneet samalla tasolla 1990-luvulta saakka, mutta ajoittain sateisina vuosina järveen tuleva fosforikuormitus voi aiheuttaa rehevöitymisriskin.</p> <p>Järveen tulevasta fosfori- ja typpikuormituksesta noin 10 % on peräisin metsätaloudesta. Suurin osa tästä ravinnekuormasta tulee vanhoilta ojitetuilta soilta. Soilta huuhtoutuu järveen myös liukoista orgaanista ainesta. Lähtökohtaisesti metsätalous ei uhkaa Keravanjärven veden laatua ja valuma-alueella on toteutettu uudistushakkuita (16 ha) suhteellisesti vähemmän kuin Uudellamaalla keskimäärin. Näistä 80 % on tehty hiekkamoreenimailla, jotka eivät ole erityisen eroosioherkkiä. Loput hakkuista on tehty turvemilla.</p> <p>Vuonna 2022 alueella on uudistuskypsiä metsiköitä 51 hehtaaria eli 13 % valuma-alueen metsäpinta-alasta. Jos kaikki aiemmin toteutumatta jääneet hakkuut toteutettaisiin vuonna 2022, niistä aiheutuva fosforikuormitus olisi noin 1,6 kg. Todennäköisesti hakkuista suurempi kuormitusriski aiheutuisi maanmuokkauksesta ja mahdollisista kunnostusojituksista.</p> <p>Keravanjärven valuma-alueella metsätaloudesta aiheutuvaa ravinne- ja humuskuormitusta voidaan vähentää mm. hyödyntämällä paikkatietoaineistoa hakkuiden suunnittelussa. Hakkuut kannattaa tehdä mahdollisimman kuivaan aikaan ja jättää uomien ja vesistöjen varsille suojakaistat. Tällä tavoin voidaan vähentää valuma-alueelta tapahtuvaa eroosiota. Turvemilla kannattaa harkita mahdollisuuksien mukaan jatkuvaan kasvatukseen siirtymistä, jolloin kunnostusojitusten tarve pienenee ja orgaanisen aineksen huuhtoutumisriski valuma-alueelta vähenee.</p> <p>Keravanjärven valuma-alueen turvemilla on tehty tehokasta ojitusta ja ojat ovat paikoittain turhankin syviä kuivatustarpeeseen nähden. Alueen kuivatustarvetta ja puiden kasvua on hyvä tarkastella ja mahdollisuuksien mukaan veden viipymää alueella voi pidentää mm. tukkimalla osan ojista ja tekemällä pohjapatoja. Mikäli alueella tehtäisiin kunnostusojituksia, kaivukatkojen avulla voidaan pidentää veden viipymää kuivatustilanteen kärsimättä. Kunnostusojitusta tehtäessä on tärkeää muistaa, että ojia ei johdeta suoraan vesistöihin, vaan ne tulisi aina johtaa pintavalutuskentän kautta. Maastokäynnin perusteella alueella ei vaikuttanut olevan soveliaita paikkoja isoille kosteikoille, mutta pintavalutuskenttien tai pienten kosteikoiden perustamismahdollisuuksia olisi järkevää kartoittaa.</p> <p>Valumavesiä voidaan puhdistaa jonkin verran myös metsäojiin lisättävien puurankanippujen avulla. Uomiin lisättävän puuaineksen avulla voidaan poistaa vedestä orgaanista ainesta ja ravinteita. Menetelmä on kevyt ja helppo toteuttaa ja kokeilemisen arvoinen myös Keravanjärven valuma-alueella. Tämän suunnitelman tarkoitus on toimia suosituksena alueen metsätaloutta koskevan kuormituksen hallintaan, antaa käytännön esimerkkejä vesistöystävällisestä metsänhoidosta ja näin tarjota metsänomistajille mahdollisuus osallistua omalta osaltaan Keravanjärven hyvän tilan säilyttämiseen.</p>			
Asiasanat	Metsätalous, metsien hoito, vesiensuojelu, veden laatu, Keravanjärvi, vesiensuojelutoimenpide, hakkuut, jatkuva kasvatusta, puusuiste		

Huomio metsien vesienhoitoon – Fokus på skogsbrukets vattenvård -hanke

Hankkeen avulla vähennetään Uudenmaan alueen metsätalouden toimenpiteiden aiheuttamia riskejä alueen herkkiin vesistöihin. Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojelu ry, Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry, Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry ja Suomen metsäkeskus toteuttivat hankkeen 1.11.2019 – 31.10.2022. Hankkeen kokonaiskustannukset olivat 190 000 € ja sen päärahoittaja oli Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto. Hanketta rahoittivat myös Uudenmaan ELY-keskus ympäristöministeriön rahoituksella sekä hankkeeseen osallistuvat vesiensuojeluyhdistykset.

Hankkeen toimenpiteet

Hankkeen tavoitteena oli metsätalouden vesiensuojelun tehostaminen ja kuormituksen vähentäminen Uudenmaan herkimillä vesistöalueilla sekä paikallisesti tärkeiden, lähes luonnontilaisten vesien säilyttäminen ja niiden hyvän ekologisen tilan turvaaminen. Tällaisia arvokkaita kohdealueita on eri puolilla Uuttamaata. Hankkeessa toteutettiin kolme vesiensuojelun yleissuunnitelmaa Uudellamaalla. Yleissuunnitelmien kohdevesistöjä olivat Särkjärvi (Loviisa) ja Hirvijärvi (Loppi, Riihimäki, Hyvinkää) sekä Lohjalla Vaherman- ja Tarkeelanjärven muodostama valuma-aluekokonaisuus. Vesistöjen valuma-alueille laadittiin vesiensuojelun yleissuunnitelmat. Lisäksi tehtiin kevyempiä selvityksiä alueen muista järvistä (Sääksjärvi, Keravanjärvi ja Särkijärvi).

Suunnitellut toimenpiteet eivät sido metsänomistajia. Toimenpide-ehdotukset tukevat metsänomistajien päätöksentekoa ja ovat metsänomistajien ja muiden toimijoiden käytettävissä metsänkäsittelypäätöksiä ja metsäsuunnitelmia tehtäessä. Hankkeessa lisättiin metsänomistajien ja metsäammattilaisten tietoutta paikallisista vesistöistä ja vesistöystävällisistä metsänhoitotavoista muun muassa koulutustilaisuuksia järjestämällä.

Hankkeen tavoitteena on tuoda nykyaikaiset vesiensuojelumenetelmät pysyvästi osaksi metsätaloustoimenpiteitä ja näin ehkäistä Uudenmaan herkimpien vesistöalueiden tilan heikkenemistä.



Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen
vesien- ja ilmansuojeluyhdistys ry.
Runeberginkatu 17, 06100 PORVOO



Föreningen vatten- och luftvård
för Östra Nyland och Borgå å r.f.
Runebergsgatan 17, 06100 BORGÅ



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



metsäkeskus



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Sisällysluettelo

1 Johdanto	7
2 Keravanjärvi	7
2.1 Vesistö ja sen tila	7
2.2 Valuma-alueen maankäyttö.....	10
2.3 Valuma-alueen puusto ja hakkuut	12
2.4 Vesistökuormitus ja kuormituksen sietokyky	15
3 Metsätalouden vesistökuormitus ja vesiensuojelu	18
3.1 Metsätalouden vesistökuormitus	18
3.2 Metsätalouden vesiensuojelun menetelmiä ja suosituksia	19
3.2.1 Toimenpiteiden ajoittaminen ja suunnittelu.....	20
3.2.2 Rantametsien käsittely ja suojavyöhykkeet	24
3.2.3 Turvemaiden vesiensuojelu ja kunnostusojitustarpeen harkinta	26
3.2.4 Vesiensuojelumenetelmät ja –rakenteet	26
3.3 Metsänomistajan muistilista.....	31
4 Yhteenveto	31
5 Lisätietoa ja hyödyllisiä linkkejä vesiensuojelun tausta- ja paikkatietoaineistoihin..	33
6 Viitteet	34

1 Johdanto

Uudenmaan ELY-keskuksen tuoreimmassa vesistöjen ekologista luokitusta koskevassa selvityksessä todetaan Uudenmaan jokien olevan pääasiassa tyydyttävässä tai välttävissä tilassa. Järvien osalta suurin osa kuuluu joko hyvään tai tyydyttävään luokkaan (Suomen ympäristökeskus 2019). Uudenmaan alueella hyvässä tai erinomaisessa tilassa olevat vesistöt sijaitsevat usein metsävaltaisilla valuma-alueilla ja niiden latvaosilla. Tällaisilla alueilla hakkuilla, maanmuokkauksella ja ojituksilla on suhteellisesti suurempi vaikutus ulkoiseen ravinne-, humus- ja kiintoainekuormitukseen kuin maatalousvaltaisilla valuma-alueilla. Järven kannalta ei ole merkitystä sillä, mistä kuormitus sinne saapuu. Siksi kaikki valuma-alueella tehtävät kuormitusta vähentävät toimet ovat tärkeitä.

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ja Suomen metsäkeskus laativat metsätalouden vesiensuojelun suunnitelman ekologisesti hyvässä tilassa olevan Keravanjärven valuma-alueelle. Keravanjärven valuma-alueen pinta-alasta 92 % on metsiä ja järven rannoilla on pääosin vapaa-ajan asutusta. Lähtökohtaisesti metsätalous ei uhkaa Keravanjärven veden laatua, sillä Metsäkeskukseen saapuneiden metsänkäyttöilmoitusten perusteella valuma-alueella on toteutettu uudistushakkuita vähemmän kuin Uudellamaalla keskimäärin. Pieni rakennetun alueen ja peltomaan pinta-ala sekä hakkuiden vähäinen määrä on varmasti vaikuttanut siihen, että Keravanjärven veden laatu on pysynyt hyvänä vuosikymmenten ajan. Toisaalta järveen tulevasta fosfori- ja typpikuormituksesta noin 10 % on peräisin metsätaloudesta ja Metsäkeskuksen metsävaratietojen tietojen mukaan alueen metsistä noin viidennes on uudistuskypsää. Huomioimalla vesiensuojelu lähivuosina mahdollisesti toteutettavien metsätalouden toimenpiteiden yhteydessä, voidaan vähentää järveen kohdistuvaa kuormitusriskiä.

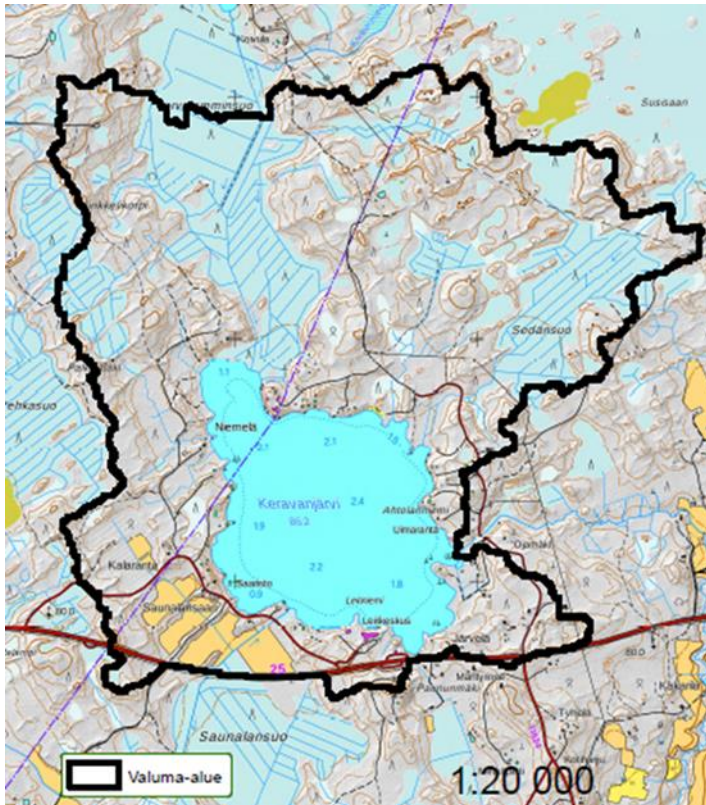
Maanomistajat päättävät hakkuiden toteutuksesta ja voivat valitsemillaan toimenpiteillä vaikuttaa metsätalouden vesiensuojelun toteutumiseen. Suunnitelman tarkoitus on toimia suosituksena alueen metsätaloutta koskevan kuormituksen hallintaan ja näin tarjota metsänomistajille mahdollisuus osallistua omalta osaltaan Keravanjärven hyvän tilan säilyttämiseen. Tässä selvityksessä annetaan taustatietoa Keravanjärven valuma-alueesta tulevien metsätalouden toimenpiteiden suunnittelua varten sekä käytännön esimerkkejä siitä, miten vesiensuojelu voidaan huomioida tulevien toimenpiteiden yhteydessä ja vähentää siten kuormitusriskiä.

2 Keravanjärvi

2.1 Vesistö ja sen tila

Mäntsälän ja Hyvinkään rajalla sijaitseva Keravanjärvi on Vantaanjoen vesistöalueen latvajärvi, joka laskee Ohkolanjoen ja Keravanjoen kautta Vantaanjokeen. Järvi saa vetensä ympäröiviltä suo- ja metsäalueilta (kuva 1). Sen pohjoisrannalla sijaitsee Louhelan 2-lk pohjavesialue ja etelärannalla Keravanjärven 2-lk pohjavesialue, joilta pohjavettä purkautuu todennäköisesti myös

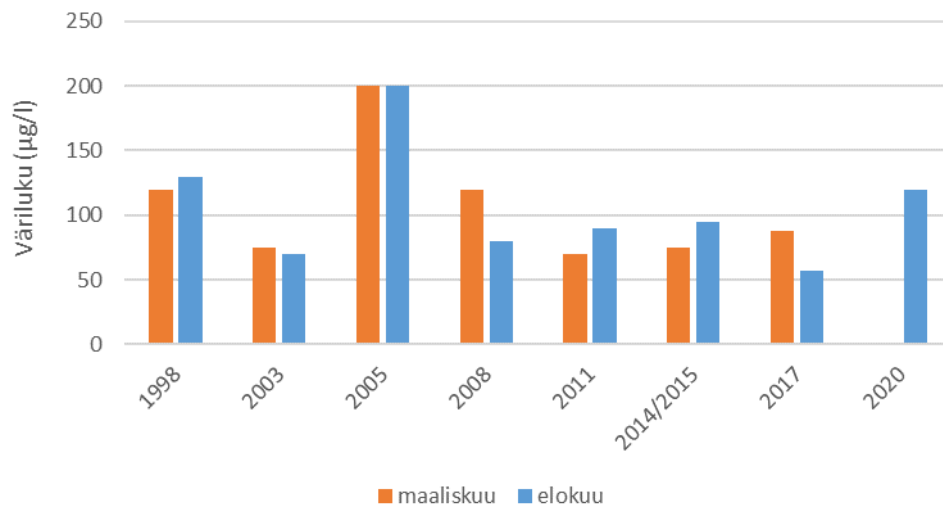
järveen. Keravanjärvi on suhteellisen pieni ja matala. Sen pinta-ala on 80 ha, maksimisyvyys 2,5 m ja keskisyvyys 1,5 m. Mataluutensa ja avoimuutensa takia järvi ei kerrostu lainkaan, vaan vesi sekoittuu ympäri vuoden.



Kuva 1. Keravanjärven valuma-alue

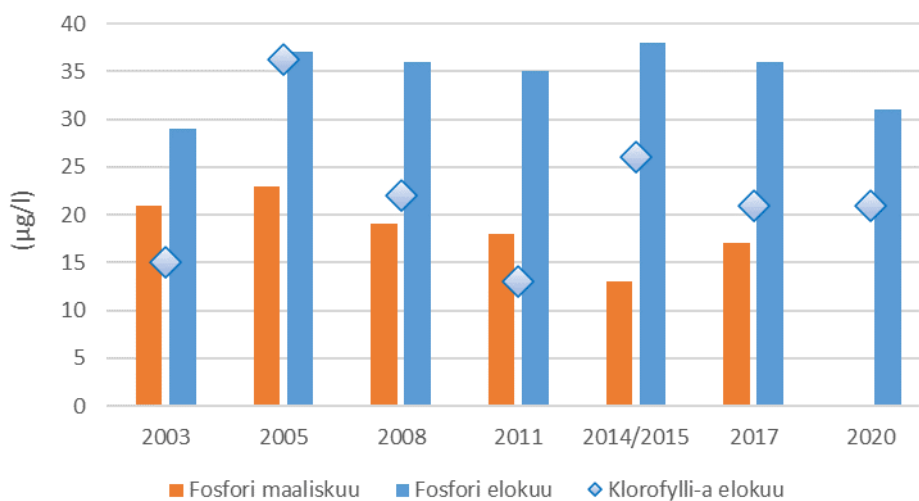
Ruskeavetinen Keravanjärvi on tyypiltään matala runsashumuksinen järvi. Järvestä otettiin ensimmäinen vesinäyte vuonna 1973 ja säännöllisempää seuranta on tehty 2000-luvun alusta saakka. Viime vuosina näytteitä on otettu kolmen vuoden välein, maaliskuussa ja elokuussa. Järven väriluku (50-200 mg/l Pt), kemiallinen hapenkulutus (15-20 mg/l) ja veden happamuus (5,5-6,6) ovat ominaisia humusjärville (Vahtera 2017). Valuma-alueen maaperän takia veden väri on luonnostaan ruskeaa ja veden värilukua kasvattaa valuma-alueen metsistä ja soilta huuhtoutuva humus.

Väriluku oli korkea vuonna 2005, todennäköisesti sateisen vuoden 2004 seurauksena. Väriluku laski tasaisesti vuoteen 2017 saakka, jolloin se oli yleinen keskihumuksiselle järvelle (kuva 2). Vuonna 2020 heinä-elokuun näytteissä väriluku oli kohonnut tasolle 120-140 mg/l Pt. Vuoden 2020 kevättalvi oli leuto, lumeton ja sateinen, joten todennäköisesti tänä aikana valuma-alueelta on huuhtoutunut humusta järveen. Yksittäisten, kolmen vuoden välein otettujen vesinäytteiden perusteella on kuitenkin vaikeaa arvioida syytä tarkemmin.

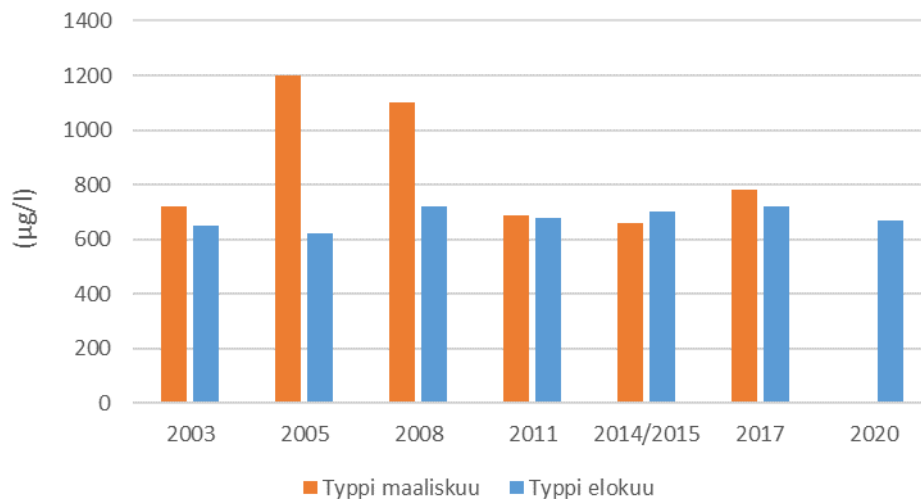


Kuva 2. Veden väri Keravanjärven 1 metrin syvyydessä.

Kokonaisfosforin, kokonaistypen ja klorofylli *a*:n pitoisuudet ovat rehevän järven tasoa, mutta pysyneet samalla tasolla koko 2010-luvun ajan (kuvat 3 ja 4). Pitoisuudet olivat korkeimmillaan vuonna 2005. Koska fosforia huuhtoutuu pääosin maa-ainekseen sitoutuneena, sateiset vuodet kasvattavat sen huuhtoutumista samalla tavoin kuin humuskuormaa. Veden happipitoisuus on pysynyt hyvällä tasolla sekä kesäisin että talvisin, eikä happikatoja tai kalakuolemia ole havaittu. Hyvä happitilanne mahdollistaa kalojen lisääntymisen ja kasvun järven.



Kuva 3. Kokonaisfosforin ja klorofylli *a*:n pitoisuudet Keravanjärven 1 metrin syvyydessä.



Kuva 4. Kokonaistypen pitoisuudet Keravanjärvessä 1 metrin syvyydessä.

Pintavesien yleisen käyttökelpoisuusluokituksen mukaisesti Keravanjärvi kuului luokkaan tyydyttävä vuosina 1994 - 1997 ja 2000 – 2003, mutta sen tila on kohentunut viime vuosina. Vuonna 2019 järven ekologinen tila katsottiin hyväksi (Suomen ympäristökeskus 2019). Järven mataluuteen nähden suuri näkösyvyys (1-1,2 m) ja hyvä hygieeninen tila tekevät järvestä erinomaisen virkistyskäyttöä ajatellen. Keravanjärvi onkin vedenlaadultaan ja virkistyskäyttöarvoiltaan yksi Mäntsälän parhaita järviä.

Kasvillisuus on järvessä aika harvaa, rannoilla on lähinnä järviruokoa ja saroja. Myös lumetta esiintyy jonkin verran. Järven kasviplanktonin kokonaisbiomassa on vaihdellut 2000-luvulla 3–5,4 mg/l välillä, mikä viittaa rehevään tilaan (Heinonen 1980, Keskitalo 2016). Vuonna 2020 kokonaisbiomassa oli pienempi, vain 2,4 mg/l, mikä viittaa keskituottoiseen tilaan. Keravanjärvessä on esiintynyt ajoittain runsaana nk. limalevää. Se on humusjärville tunnusomainen levä, joka on kiusallinen uimareille, mutta myrkytön. Vuosina 2005 ja 2008 limalevän osuus kokonaislevämäärästä oli yli puolet, vuonna 2015 vain 28 % ja vuonna 2020 jälleen 61 %. Haitallisten sinilevien osuus on ollut vähäinen, vuonna 2014 noin 5 % ja vuonna 2020 vain 1,3 % (Keskitalo 2016, HERTTA 2022).

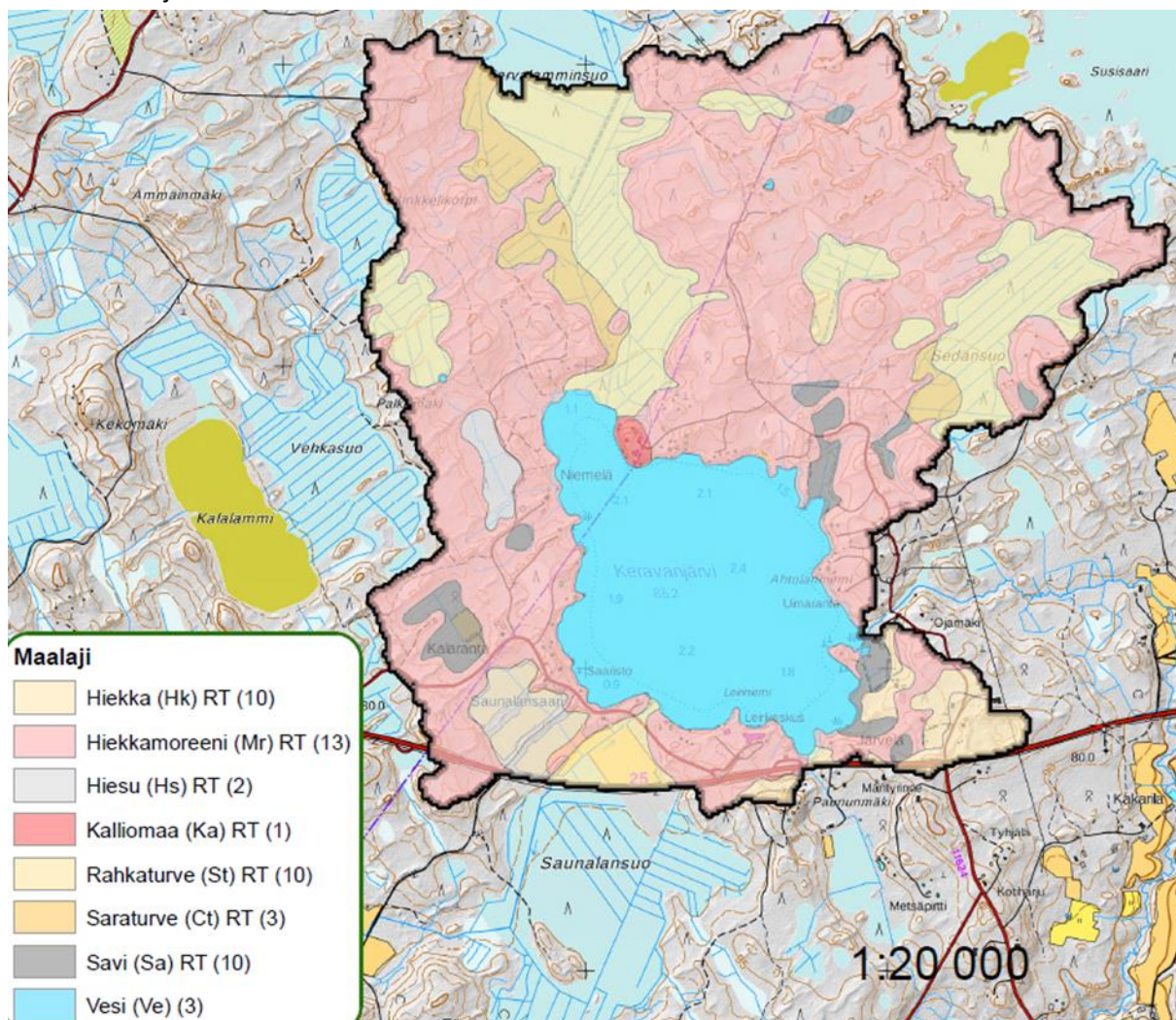
2.2 Valuma-alueen maankäyttö

Keravanjärven valuma-alue on suhteellisen pieni, vain 5,1 km². Valuma-alueen maapinta-alasta 75 % on metsiä, 17 % suota, 5,5 % rakennettua alaa ja 3 % maatalousalueita. Pellot sijaitsevat järven lounaispuolella, josta laskee oja suoraan järveen. Pellot eivät kuitenkaan ulotu aivan rantaan asti.

Järven eteläpuolella sijaitsee Järvenpään seurakunnan leirikeskus ja pohjoispuolella Settlementti Louhela ry:n leirikeskus. Keravanjärven rannalla on Keragrilli. Luusuan vieressä, järven itäranalla on Mäntsälän kunnan uimaranta. Järven koillispuolella sijaitsee 8,1 ha kokoinen, yksityinen

Uuvinhaavikon luonnonsuojelualue. Kiinteistöjä järven rannalla tai sen välittömässä läheisyydessä on 39 kpl ja näistä vähän yli puolet on loma-asuntoja (VEMALA 2022). Asutuksen määrä on pysynyt suunnilleen samanlaisena 1990-luvulta lähtien.

Geologisen tutkimuskeskuksen (GTK) maalajiaineiston perusteella maapinta-alasta noin 76,6 % on kivennäismaalajeja ja 23,4 % turvemaata (kuva 5). Kivennäismaa koostuu karkearakeisista maalajeista (taulukko 1). Alueella esiintyy vain vähän hienojakoisia eroosioherkkiä maalajeja, kuten hiesua ja savea.



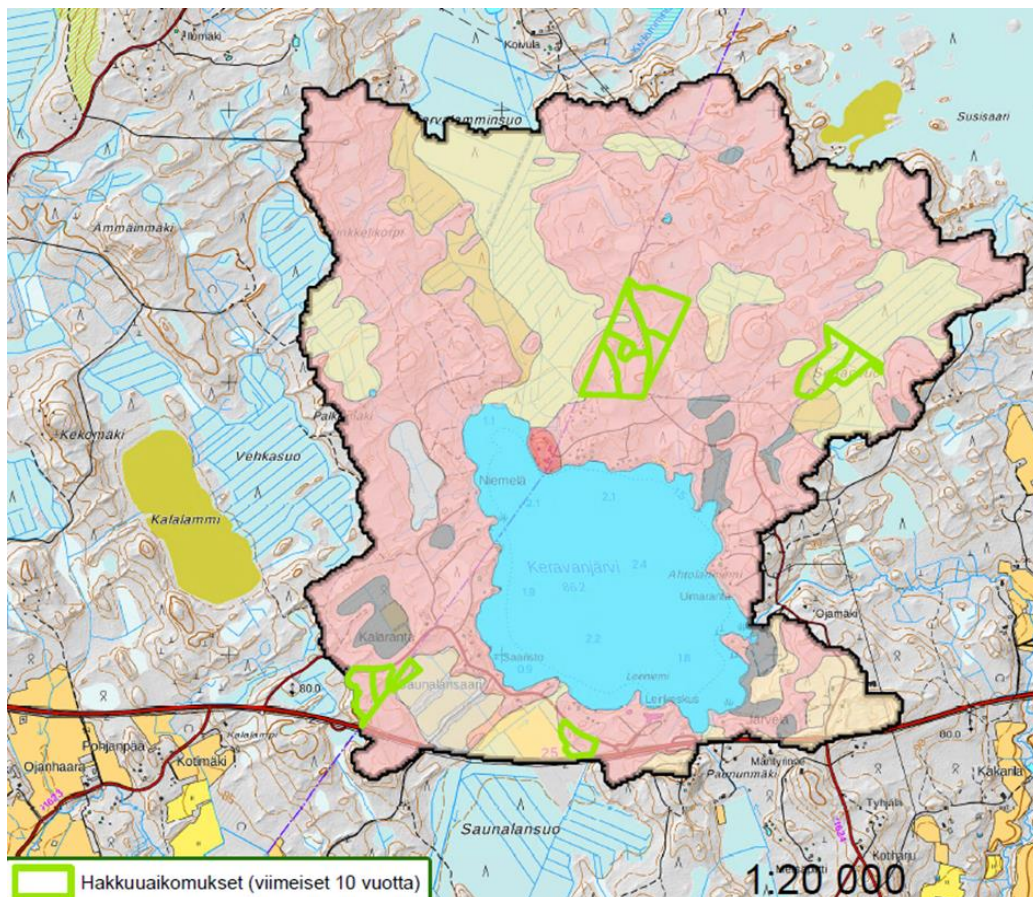
Kuva 5. Keravanjärven valuma-alueen pintamaalajit (GTK Maaperäkartta 1:20 000)

Taulukko 1. Maalajien pinta-alajakauma valuma-alueella (GTK).

Luokittelu	Pinta-ala, ha	Maalaji	Pinta-ala, ha
Karkearakeiset maalajit	274,8	Kalliomaa (Ka) RT	1,5
		Hiekkamoreeni (Mr) RT	12,1
		Hiekka (Hk) RT	261,2
Hienorakeiset maalajit	25,7	Hiesu (Hs) RT	12,7
		Savi (Sa) RT	13
Turvemaat	92	Rahkaturve (St) RT	76,3
		Saraturve (Ct) RT	15,7

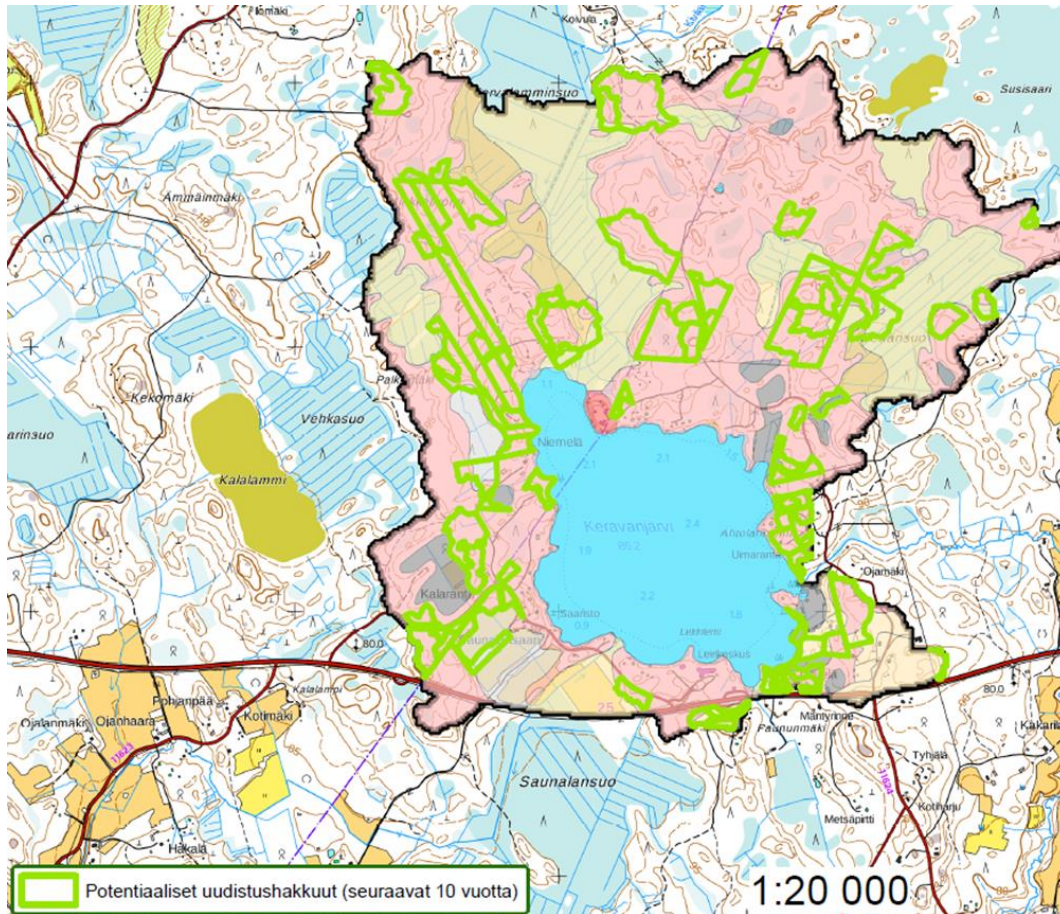
2.3 Valuma-alueen puusto ja hakkuut

Suomen metsäkeskuksen metsävaratietojen (2019) mukaan valuma-alueen metsäpinta-ala on 382 hehtaaria. Viimeisen 10 vuoden aikana Metsäkeskukseen saapuneiden metsänkäyttöilmoitusten mukaan toteutettuja uudistushakkuita on 16 hehtaarilla (kuva 6) eli suhteellisen vähän. Näistä 80 % on tehty hiekkamoreeni- ja siltimaa-alueilla, jotka eivät ole erityisen eroosioherkkiä. Loput hakkuista on tehty turvemaa-alueilla.



Kuva 6. Viimeisten kymmenen vuoden aikana toteutetut uudistushakkuu- ja metsähoitoalueet (rajattu vihreällä) ja metsähoitoalueet.

Vuonna 2022 uudistuskypsiä metsiköitä on 51 hehtaaria eli 13 % valuma-alueen metsäpinta-ala. Uudellamaalla vastaava osuus on 9 % metsämaan pinta-ala. Tulevien uudistushakkuiden määrät perustuvat Metsäkeskuksen metsävaratietojärjestelmän tuottamiin simulointeihin metsien uudistushakkuu- ja metsähoito-esityksistä, jotka perustuvat puuston kokoon ja ikään. Näiden simulointien pohjalta on laskettu alueen uudistushakkuupotentiaali, joka on vuoden 2022 hakkuupotentiaali mukaan lukien seuraavan kymmenen vuoden aikana 71 hehtaaria. Nämä eivät ole metsänomistajien hakkuu- ja metsähoito-esityksiä, joten uudistushakkuupotentiaaliin perustuvat arvioidut uudistushakkuumäärät lähivuosina ovat todennäköisesti todellisuutta suurempia (kuva 7).

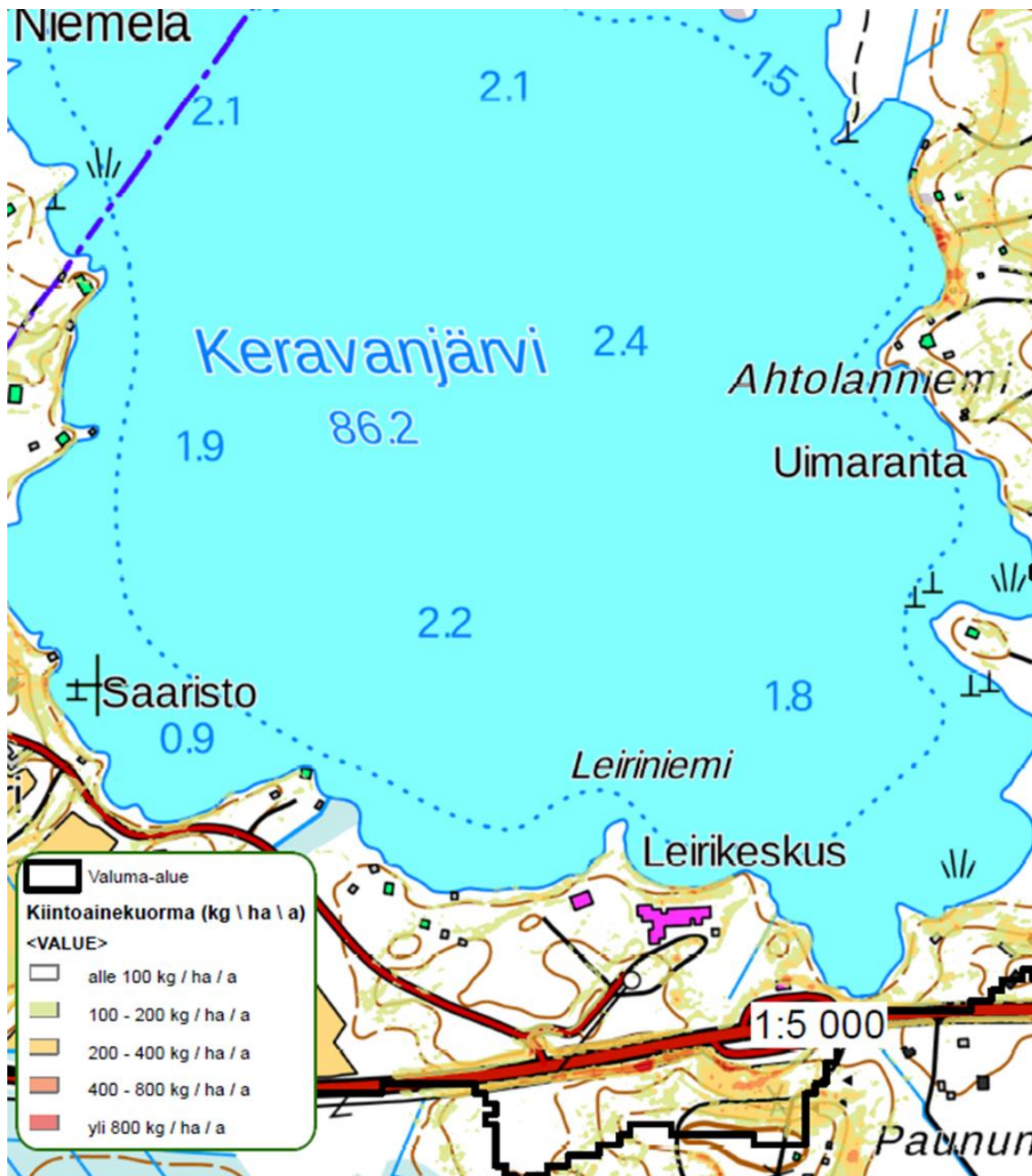


Kuva 7. Potentiaaliset uudistushakkuualat (rajoitettu vihreällä) seuraavalle kymmenelle vuodelle.

Taulukko 2. Potentiaalisten uudistushakkuualojen pinta-alat pintamaalajeittain 2022-2030 (GTK).

Luokittelu	Pinta-ala, ha	Maalaji	Pinta-ala, ha
Karkearakeiset maalajit	62,6	Hiekkamoreeni (Mr) RT	60,0
		Hiekka (Hk) RT	2,6
Hienojakoiset maalajit	2,7	Hiesu (Hs) RT	1,6
		Savi (S) RT	1,1
Turvemaat	5,7	Rahkaturve (St) RT	4,5
		Saraturve (Ct) RT	1,2

Keravanjärven valuma-alueella uudistushakkuille potentiaaliset kohteet seuraavan 10 vuoden aikana sijaitsevat pääasiassa karkearakeisilla kivennäismailla, jotka eivät ole vesiensuojelullisesti suuren riskin kohteita (taulukko 2). Osa potentiaalisista päätehakkuualoista sijaitsee kuitenkin aivan Keravanjärven rannalla (kuva 7). Keravanjärven rannoilla on suhteellisen paljon kesämökkejä ja on epätodennäköistä, että näillä kiinteistöillä tehtäisiin laajoja hakkuita. Vesistöjen äärellä päätehakkuut ja niiden maanmuokkaus aiheuttavat kuormitusrisikin ja vaativat sen takia erityisen huolellista suunnittelua. Toimenpidekuvion maaperän eroosioriskiä voi tarkastella RUSLE-eroosiomallin avulla (kuva 8). Keravanjärven valuma-alue on pääosin hyvin tasainen ja eroosioriskiä on vain muutamissa kohdissa.

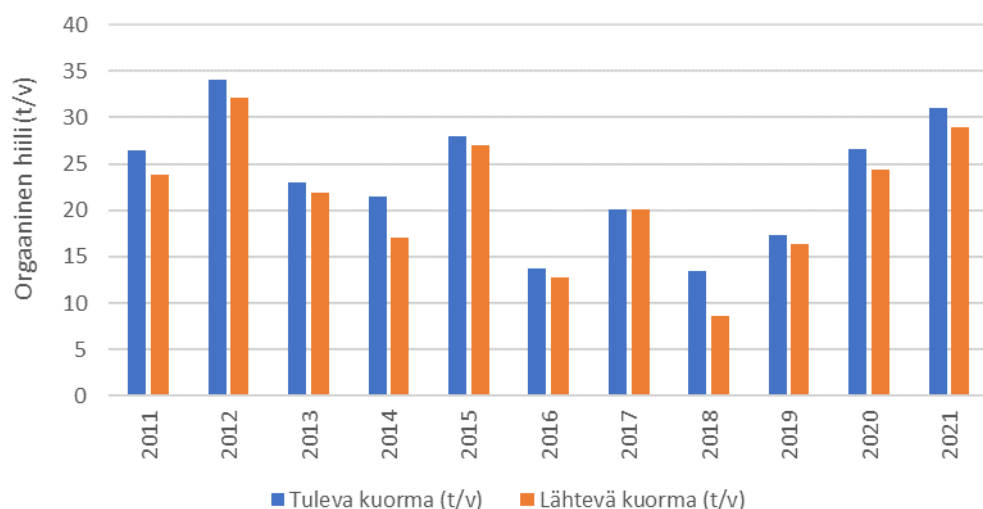


Kuva 8. RUSLE-eroosiomallilla kuvataan uudistuskohteen laskennallista vesistökuormitusta. Aineiston perusteella voidaan arvioida toimenpiteen jälkeen huuhtoutuvan kiintoaineksen määrää (kg/ha/a) ja sen perusteella esim. leveämmän suojavaikkeen tarvetta.

Turvemailla tapahtuvien hakkuiden pinta-ala (5,7 ha) seuraavan kymmenen vuoden aikana tapahtuvissa päätehakuissa on Keravanjärven valuma-alueella suhteellisen pieni. Turvemailla merkittävin kuormitusta aiheuttava tekijä on kunnostusojitus, jota tehdään myös harvennus-hakkuiden yhteydessä. Kunnostusojituksia suunniteltaessa on tärkeää pohtia ojituksen tarpeellisuutta suhteessa jäävän puuston haihduntaan ja tulevan puuston kasvuun. Vesiensuojelun kannalta on hyvä asia, että toteutuneista ja tulevaisuudessa hakattavista alueista vain noin 3 % sijaitsee hienorakeisilla kivennäismailla ja turvemailla.

2.4 Vesistökuormitus ja kuormituksen sietokyky

Keravanjärven veden laatu on toistaiseksi pysynyt hyvänä. Sitä auttaa valuma-alueen pieni koko ja veden suhteellisen nopea vaihtuvuus. Veden viipymä on yhdeksän kuukautta (VEMALA 2022). Suurin osa järveen tulevasta ravinteista ja humuksesta kulkeutuu järvestä eteenpäin ja osa sedimentoituu järven pohjalle. Järveen tulevan ja sieltä lähtevän orgaanisen hiilen määrää arvioitiin Suomen ympäristökeskuksen VEMALA-mallilla (V5 kehitysversio, kuva 9). Kuormitukseen vaikuttavat eniten vuoden sääolot. Sateisina vuosina orgaanista hiiltä huuhtoutuu paljon ja kuivina vuosina selvästi vähemmän (kuva 9). Metsähakkuut, maanmuokkaus ja ojitukset lisäävät orgaanisen aineksen huuhtoutumista.



Kuva 9. Keravanjärven tuleva ja sieltä lähtevä orgaanisen hiilen kuormitus vuosina 2011-2021 VEMALA-mallin mukaan.

Keravanjärven tuleva fosforikuormitus oli 85 kg/v vuonna 2021, mutta pidemmän ajan keskiarvo (2012-2021) on 79 kg/v (kuva 10). Fosforikuorma vaihtelee vuosittain sääolojen, valuma-alueen maankäytön ja siellä tehtävien toimenpiteiden (peltoviljely, metsien hakkuut ja ojitukset, haja-asutuksen jätevesikuormitus) mukaan. Vuosien 2012-2021 aikana järveen tulleesta fosforikuormasta jäi järveen keskimäärin kolmannes (VEMALA 2022). Järven mataluus ja pieni tilavuus tekevät järvestä alttiin rehevöitymiselle, joten humus- ja ravinnekuormituksen vähentämiseen kannattaa panostaa.

Vollenweider (1975) on esittänyt laskennallisen tavan arvioida sallitun ja kriittisen ulkoisen fosforikuormituksen määrää. Sallitulla kuormalla tarkoitetaan sitä kuormaa, jonka järvi kestää ilman, että se alkaa rehevöityä nykyistä enempää. Jos puolestaan kriittinen kuorma ylittyy, järvi on suuressa vaarassa alkaa rehevöityä nopeasti. Vollenweiderin malli ei kuitenkaan ota huomioon järven sisäistä kuormitusta, jonka vaikutus rehevöitymiseen on huomattava etenkin matalissa rehevöityneissä järvissä (Liljendahl 2018).

Sallittu ulkoinen fosforikuormitus P_a lasketaan Vollenweiderin mallilla seuraavasti:

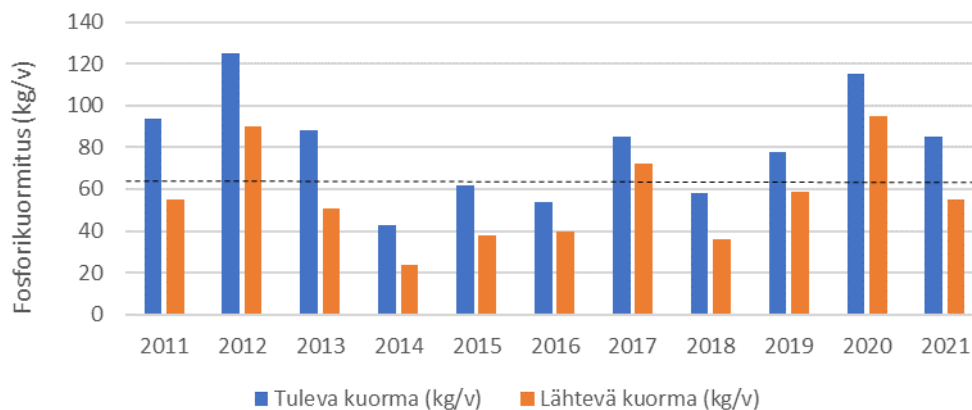
$$P_a = 0,055 * (Q/A)^{0,635}$$

Kriittinen kuorma P_v puolestaan lasketaan kaavalla:

$$P_v = 0,174 * (Q/A)^{0,469}$$

Kaavoissa Q on järveen tuleva vesimäärä (kuutiometriä vuodessa) ja A on järven pinta-ala neliömetreinä (Vollenweider 1975). Kummassakin kaavassa saatu tulos kerrotaan vielä järven pinta-alalla.

Vollenweiderin mallilla arvioidut kuormituksen raja-arvot Keravanjärven ulkoiselle fosforikuormitukselle ovat 62 kg/v ja 180 kg/v. Näistä alempi raja on ns. ”sallittu” raja ja ylempi ns. ”kriittinen” raja. VEMALA-mallin mukaan Keravanjärveen tuleva kuormitus on vaihdellut viimeisen 10 vuoden aikana välillä 43-125 kg/v (kuva 10). Kuormitus on ylittänyt lähes jokaisena vuonna alemman rajan, mutta ei kertaakaan ylempää kriittistä rajaa. Kuormitusvaihtelu johtuu suurimmalta osin sääoloista ja noin kolmannes järveen tulevasta fosforista sedimentoituu pohjalle. Pohjaan kertynyt fosfori voi vähitellen muuttaa järven tilaa ja ilmetä esimerkiksi lämpimien tai muuten poikkeuksellisten kesien levähavaintoina. Sen takia ravinnekuormitusta kannattaa ehkäistä mahdollisuuksien mukaan jo ennalta, panostamalla humuksen ja ravinteiden pidättämiseen valuma-alueella.

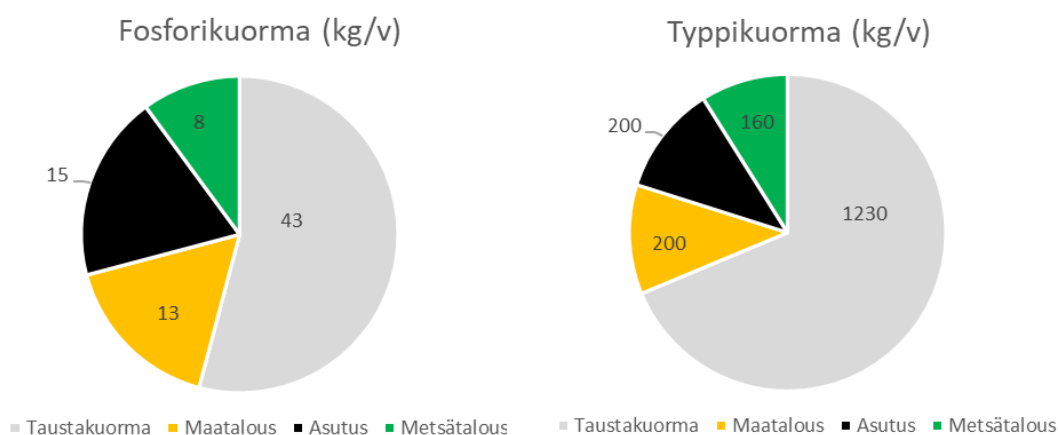


Kuva 10. Keravanjärveen tuleva ja sieltä lähtevä fosforikuormitus vuosina 2011-2021 VEMALA-mallin mukaan. Kuvaan on merkitty katkoviivalla Vollenweiderin mallilla laskettu ns. sallittu vuosittainen fosforikuormitus, jonka järvi kestää rehevöitymättä nykyistä enemmän.

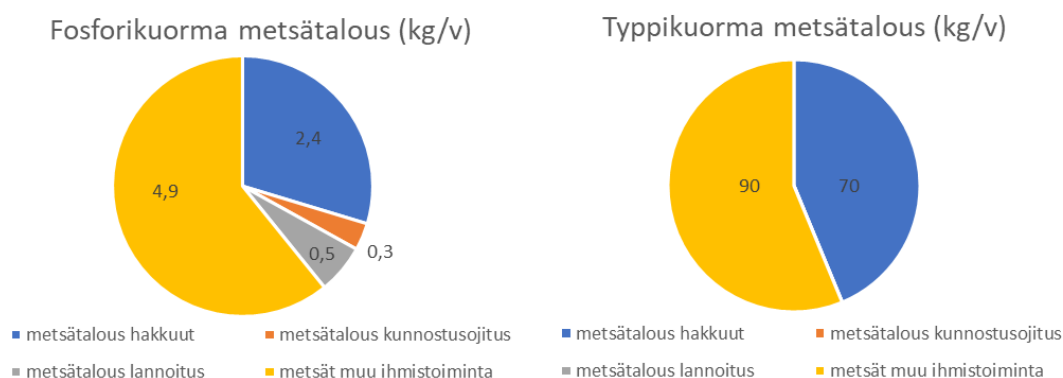
VEMALA-mallinnuksen perusteella suurin osa Keravanjärveen tulevasta ravinnekuormituksesta tulee luonnonhuuhtoumana ja laskeumana. Ihmisperäisestä fosforikuormituksesta 19 % tulee asutuksen jäte- ja hulevesistä ja 17 % maataloudesta (kuva 11). Typellä vastaavat osuudet ovat 11 % ja 11 % (kuva 11). Maatalouden ravinnekuormitus on laskettu ominaiskuormituslukuna peltopinta-alan mukaan ja sitä voidaan vähentää mm. lannoitusta optimoimalla, peltojen muokkausta vähentämällä ja talviaikaista kasvipeitteisyyttä lisäämällä. Haja-asutuksen kuormaa

vähennetään puolestaan tehostamalla jäte- ja hulevesien käsittelyä. Asutuksen aiheuttama ravinnekuormitus pitäisi olla alueella vähemmän pään, johtuen jätevesien käsittelyä koskevan lainsäädännön kiristymisestä.

Metsätalouden suhteellisen osuuden järven ulkoisesta fosforikuormituksesta on arvioitu olevan 10 % ja typpikuormituksesta 9 % vuosien 2012-2021 keskiarvona tarkastellen (kuva 11). Ravinnekkuormitus vaihtelee vuosittain, riippuen toteutettavista hakkuista ja niiden sijoittumisesta valuma-alueella. Keravanjärven valuma-alueella hakkuista on tehty suhteellisen vähän viimeisen 10 vuoden aikana, mutta vanhoilta ojitetuilta soilta tulee edelleen ravinnekkuormitusta järveen (kuva 12). Vaikka metsätalouden osuus ravinnekkuormituksesta on suhteellisen vähäistä, sitä kannattaa kuitenkin vähentää niiltä osin kuin mahdollista.



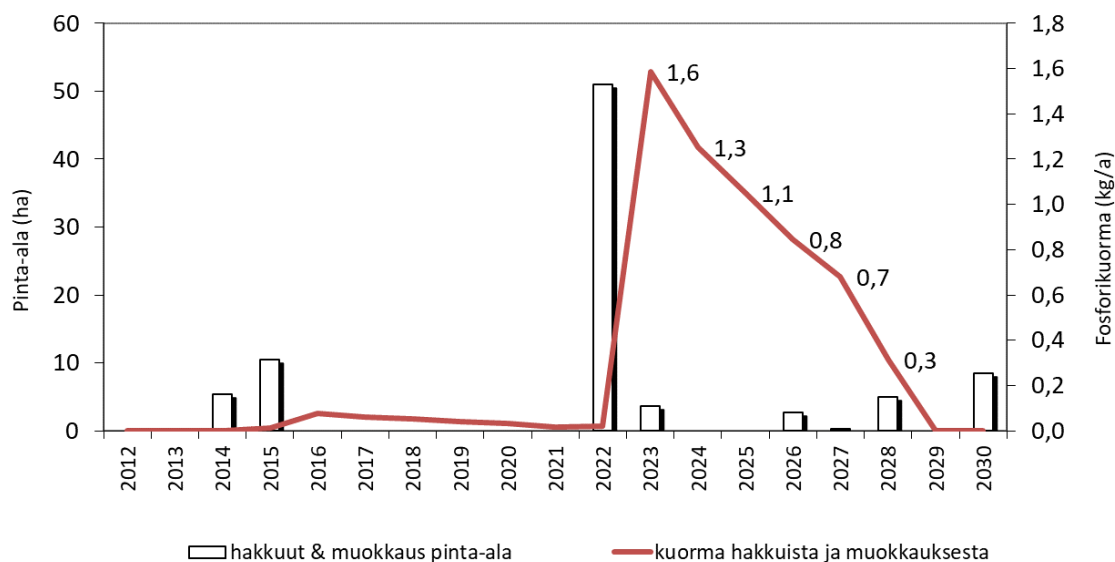
Kuva 11. Keravanjärven ulkoisen fosfori- ja typpikuorman lähteet (%) valuma-alueella vuosien 2012-2021 keskiarvoina.



Kuva 12. Metsätaloustoimien vaikutus Keravanjärven valuma-alueen fosfori- ja typpikuormitukseen vuosien 2012-2021 keskiarvoina. Kuvaajassa "metsät muu ihmistoiminta" sisältää arvon vanhojen ojitettujen soiden kuormituksesta.

Metsätalouden fosforikuormitusta on arvioitu KUHA-mallin avulla (Hiltunen ym. 2014). Toteutuneiden uudistushakkuiden määrä on vuosina 2011–2021 ollut mallinnuksen tuottamaa arviota alhaisempi, jolloin toteutumattomista hakkuista mallinnukseen jää tuolta ajalta kertynyt hakkuupotentiaali. Malli sijoittaa tuon kertyneen potentiaalin kokonaisuudessaan sille vuodelle, jolloin mallinnus on tehty (tässä tapauksessa vuodelle 2022), minkä seurauksena myös KUHA-

mallinnuksen tuloksena kyseiselle vuodelle syntyy suuri, todellisuudesta poikkeava kuormitus-huippu. Jos kaikki aiemmin toteutumatta jääneet hakkuut (51 ha) toteutettaisiin vuonna 2022, niistä aiheutuva fosforikuormitus olisi noin 1,6 kg eli suhteellisen vähän (kuva 12). Koska alueelta ei ole saatavilla tarkkoja ojitustietoja, niiden vaikutusta fosforikuormaan on vaikea arvioida KUHA-mallin avulla. Kuten aiemmin mainittiin, VEMALA-mallin perusteella Keravanjärven valuma-alueella hakkuita suuremman fosforikuormituksen aiheuttavat vanhat ojitukset, joiden seurauksena järveen huuhtoutuu myös orgaanista ainesta.



Kuva 13. Metsäkeskuksen metsänkäyttöilmoituksiin ja toimenpide-ehdotuksiin perustuva vuosittainen hakkuu- ja maanmuokkauspotentialiaali ja niistä vuosittain aiheutuva laskennallinen fosforikuorma Keravanjärven valuma-alueella. Piikki vuoden 2022 kohdalla johtuu ennen vuotta 2022 toteutumattomista hakkuuehdotuksista, jotka siirtyvät ehdotuksiksi kuluvalle vuodelle.

3 Metsätalouden vesistökuormitus ja vesiensuojelu

3.1 Metsätalouden vesistökuormitus

Metsätalouden vesistökuormitus on luonteeltaan laajoilla alueilla muodostuvaa hajakuormitusta samoin kuin maatalouden tai haja-asutuksen kuormitus. Se näkyy etenkin herkissä latva-vesissä, lähellä kuormituslähdettä, joissa muu kuormitus on yleensä vähäistä. Kuormitus voidaan jakaa ravinne- (pääasiassa fosfori ja typpi), kiintoaine-, metalli- ja happamuuskuormitukseen. Viime aikoina on kiinnitetty huomiota myös humuskuormitukseen, jolla tarkoitetaan lähinnä liukoisen orgaanisen aineksen huuhtoutumista vesistöihin. Lisäksi työkoneissa käytettäviä ihmiselle ja ympäristölle haitallisia ja vaarallisia aineita voi päätyä vesistöihin metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä.

Luonnonvarakeskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen uuden arvion mukaan metsätalouden keskimääräinen osuus Suomen vesistöjen kokonaisfosforikuormituksesta on 12 % ja kokonaistyyppikuormituksesta noin 14 % (Finér ym. 2020). Keravanjärvellä vastaavat osuudet ovat 10 % ja 9 % (kuva 11). Metsätalouden osalta kiintoaine- ja humuskuormitus ovat usein ravinnekuormitusta merkittävämpiä vesistön tilaan vaikuttavia tekijöitä. Liennut orgaaninen hiili aiheuttaa etenkin latvavesissä tummumista, liettymistä ja rehevöitymistä (Finér ym. 2020). Metsätalouden osuudeksi metsistä ja soilta peräisin olevasta orgaanisen hiilen kuormituksesta on Suomessa arvioitu olevan 4 %, mutta orgaanisen hiilen kokonaiskuormituksesta ei Suomessa ole toistaiseksi olemassa virallisia tilastoja (Finér ym. 2020).

Suurin metsätalouden vesistökuormittaja on kunnostusojituksen seurauksena valumavesissä kulkeutuva kiintoaine, joka liettää vesistöjä ja jonka sisältämä orgaaninen aines kuluttaa happea hajotessaan. Typpi ja fosfori kulkeutuvat vesistöön ojitusalueiden valumavesien mukana useimmiten sitoutuneena kiintoaineeseen, mutta myös liuenneina yhdisteinä. Tällä on merkitystä etenkin puroissa, jotka voivat hiekoittua tai liettyä. Kuormitusta aiheuttavat myös sellaiset maanmuokkausmenetelmät, joiden tarkoituksena on johtaa vettä pois uudistusalueelta. Tärkein näistä on ojitusmätästys, mutta myös kevyemmästä maanmuokkauksesta voi aiheutua vesistökuormitusta. Lisäksi kuormitusta voivat aiheuttaa uudistushakkuiden hakkuutähteistä liikkeelle lähteneet ravinteet sekä metsänlannoitus. Myös energiapuun korjuu ja jossakin määrin metsäautoteiden rakentaminen aiheuttavat kiintoainekuormitusta. Metsälannoitus ja hakkuut aiheuttavat lähinnä ravinnepäästöjä.

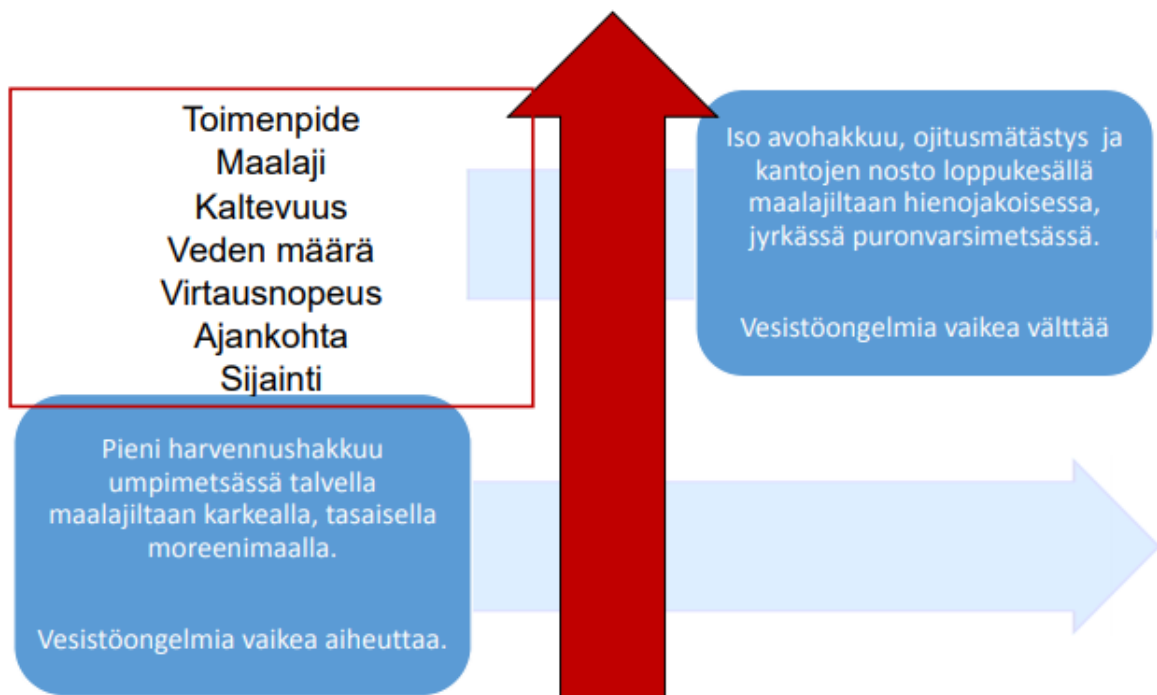
3.2 Metsätalouden vesiensuojelun menetelmiä ja suosituksia

Metsätalouden vesiensuojelua ohjaa laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä sekä vesilaki ja -asetus. Lisäksi metsälaissa edellytetään tiettyjen luonnontilaisten tai luonnontilaisen kaltaisten pienvesien välittömän lähiympäristön ominaispiirteiden säilyttämistä ([metsälaki 10 §](#)). Kestävän metsätalouden rahoituslailla ([Kemera](#)) puolestaan ohjataan metsäojitusten tekoa. Pääasiassa vesiensuojelua kuitenkin ohjaavat suositukset ([Tapon hyvän metsänhoidon suositukset - vesiensuojelu](#)) ja metsäsertifiointi ([PEFC](#) ja [FSC](#)).

Metsänomistaja voi halutessaan toteuttaa vaatimuksia ja suosituksia tehokkaampaa vesiensuojelua. Suosituksia ja sertifiointia noudattamalla pystytään vähentämään vesistökuormitusta olennaisesti. Riskikohteilla kevyemmällä toimenpiteillä ja laajemmilla suojakaistoilla vähennetään tehokkaasti kuormitusriskiä. Riskikohteiden kartoituksessa on apua [paikkatietoaineistoista](#), joiden avulla kartoitetaan vesistökuormituksen riskipaikat ja kohdistetaan vesiensuojelutoimenpiteet erityisesti niihin. Yksinkertaisilla työskentelytapojen muutoksilla on suuri merkitys esimerkiksi pienvesikohteille eli vältetään metsäkoneilla uomien ja lähteikköjen ylityksiä sekä säästetään lähteiden puusto ja purojen varret koskemattomina. Linkkejä hyödyllisiin paikkatietoaineistoihin on raportin lopussa.

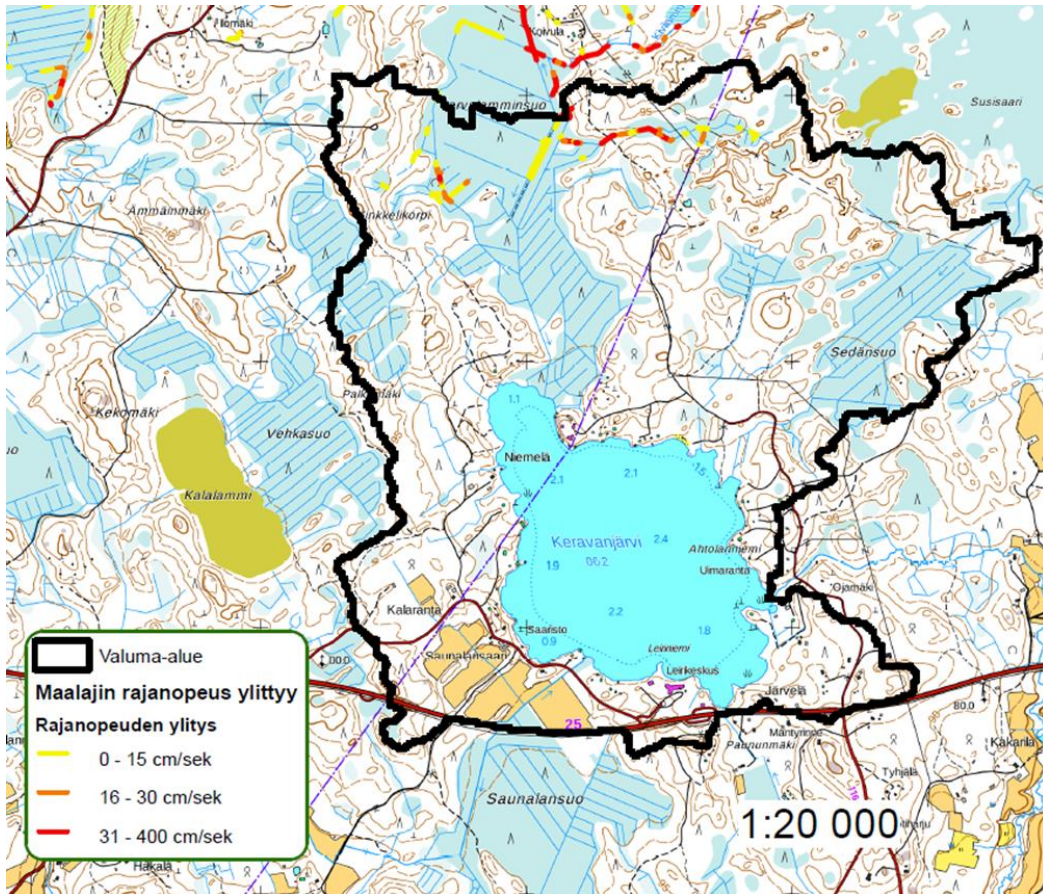
3.2.1 Toimenpiteiden ajoittaminen ja suunnittelu

Vesistökuormituksen vähentämiseksi ja metsänomistajalle aiheutuvien kustannusten minimoimiseksi metsässä kannattaa tehdä vain välttämättömät työt. Metsätalouden toimenpiteistä aiheutuva kiintoainekuormitus on yleensä sitä suurempaa mitä voimakkaammin maata muokataan ja ojitetaan. Myös alueen jyrkkyys, lyhyt etäisyys vesistöön ja hienojakoinen maa-aines kasvattavat eroosioriskiä. Riskikohteet kuormituksen muodostumisen kannalta onkin hyvä pystyä tunnistamaan ja suunnitella niiden toimenpiteet huolella (kuva 14).



Kuva 14. Vesistökuormituksen riskitekijät

Vesistökuormituksen riskikohteiden tunnistamiseen voi käyttää apuna olemassa olevia paikkatietoaineistoja, kuten ojen eroosioriskiä kuvastavaa uoma-analyysiä (kuva 15) sekä toimenpiteen jälkeistä eroosioherkkyyttä kuvastavaa RUSLE-eroosiomallia, jonka avulla voidaan leveämpien suojavyöhykkeiden tarvetta. Lisäksi kosteusindeksillä voidaan tunnistaa pehmeitä ja vettyviä maita, joita kannattaa välttää koneella liikuttaessa (kuva 16). Paikkatietoaineistoja pääsee tarkastelemaan [Metsäkeskuksen luonnonhoidon paikkatietoaineistosivustolta](#).



Kuva 25. Uoma-analyysin avulla voidaan kuvata ojaston eroosioriskiä eli ylittääkö veden virtausnopeus ojassa maalajin rajanopeuden. Punaisella kuvatuissa ojissa eroosioriski on suurin, oranssilla kuvatuissa riski on keskimääräinen ja keltaisella kuvatuissa riski on vähäisin.



Kuva 16. Kosteusindeksin avulla voidaan tunnistaa pehmeitä ja vettyviä maita.

Toimenpiteiden (hakkuut, ojitukset ja maanmuokkaukset) oikealla ajoituksella ja suoritustavalla voidaan vähentää niiden aiheuttamaa vesistökuormitusta. Seuraavassa on koottuina hyviä yleissääntöjä:

Maalaji

Maalajite tulee selvittää lähdetessä suunnittelemaan toimenpiteitä (uudistushakkuu, maanmuokkaus ja ojitus). Maaperäkartan löydät osoitteesta <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>.

- Hienojakoiset kivennäismaat ja maatuneemmat turpeet ovat herkempiä eroosiolle, ja näillä kohteilla toimittaessa on erityinen tarve vesiensuojeluratkaisuille.

Vuodenaika

Sateiden voimakkuus sekä niiden ajankohta ja määrä vaikuttava merkittävästi huuhtoutuvan kiintoaineen määrää. Tulvien on arvioitu yleistyvän ilmastonmuutoksen seurauksena. Vesistöjen syys- ja talvitulvat yleistyvät ja kasvavat, kun taas kevättulvat pienenevät ja aikaistuvat.

- Kiintoainekuormitus on suurinta valumahuippujen aikaan. Tämän vuoksi keväisin suurien sulamisvesien aikaan voimakasta maanmuokkausta ja ojitusta tulisi välttää. Paras aika toimenpiteille on kuivaan aikaa kesällä tai talvella.

Pohjavesialueet

Hakkuilla ja ojituksilla voi olla vaikutusta pohjaveden laatuun ja määrään.

- I ja II luokan pohjavesialueille suositellaan vain kevennyttyä maanmuokkausta, kuten kivennäismaan pintaa paljastavaa kevyttä laikutusta tai äestystä. Mikäli pohjavesialueella maanpintaa peittää moreenikerros, alueella voidaan käyttää äestystä, laikkumätästystä ja kääntömätästystä, kunhan muokkausjälki ei ulotu pohjamaahan.
- Pohjavesialueilla ei pääsääntöisesti tehdä kunnostusojituksia, lannoituksia, kannon nostoa eikä kulotusta.
- Uudistushakkuualueilta suositellaan hakkuutähteiden poistoa ravinnekuormituksen vähentämiseksi pohjaveteen.
- Pohjavesialueilla ojan kaivaminen saattaa aiheuttaa pohjaveden purkautumista.
- Pohjavesialueet löytyvät mm. osoitteesta <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/> välilehdeltä pohjavesialueet.

Ojitukset

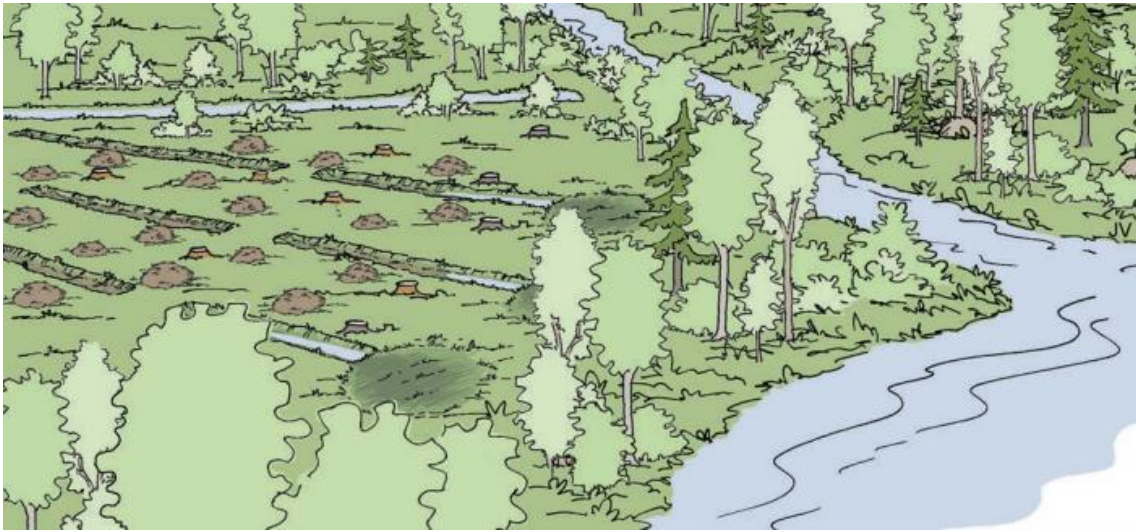
Ojien kaivuu ja perkaus lisäävät kiintoaineen ja humuksen huuhtoutumista, kun kaivutyön yhteydessä maa-ainesta irtoaa ja sekoittuu veteen.

- Ojituksen tulee olla kannattava. Kunnostusojitettavaksi aiotun kohteen puuston kasvun tulee olla ollut 20 m³/ha 20 vuodessa ja 30 m³/ha 30 vuodessa.
- Ojitustarve on arvioitava. Jos ojitusalueella on hyväkasvuinen tilavuudeltaan yli 120 m³/ha puusto, se jo ylläpitää riittävää kuivatusta uudistamiseen asti. Myös tuhkalannoituksen puuston kasvua lisäävä ja sitä kautta kuivatusta parantava vaikutus voi korvata kunnostusojituksen teon. Pohjavesipinta tulisi kuitenkin olla puiden kasvukauden aikana vähintään 30–50 cm:n syvyydellä.
- Kunnostusojitus tulee sovittaa hakkuiden sekä metsänhoitotoimenpiteiden yhteyteen.
- Ojia ei kaiveta kuivatuksen kannalta tarpeettoman syviksi (syvyys max. 110 cm) ja ojien reunat jätetään loivaluiskaisiksi ojaeroosion ehkäisemiseksi.
- Virtaamaa hidastavat rakenteet (putkipato, pohjapadot) vähentävät tehokkaasti ojituksen kiintoainekuormitusta.
- Ojat eivät saa johtaa suoraan vesistöön ja vanha laskuoja jätetään mahdollisuuksien mukaan perkaamatta.
- Katso myös kpl 3.2.4.
- Muista tehdä ojitusilmoitus! Hankkeesta vastaavan on kirjallisesti ilmoitettava muusta kuin vähäisestä ojituksesta valtion valvontaviranomaiselle vähintään 60 vuorokautta ennen ojitukseen ryhtymistä.

Hakkuut

Uudistushakkuissa maanpinnan rikkoutuminen ja maanmuokkaus voivat aiheuttaa kiintoaineen huuhtoutumista.

- Tarkista sertifiointikriteerien vaatimat vesiensuojelukriteerit.
- Maanmuokkaus ei saa ulottua vesistön rantaan asti. Vähintään 5 metriä leveä suojavyyhyke tulisi jättää vesistön ja muokatun alan välille, enemmänkin jos maan pinta on kalteva. Koneet eivät saa liikkua suojavyyhykkeellä.
- Muokkausjäljen suunnan tulee olla rinteeseen vastainen.
- Hakkuutähteistä vapautuu ravinteita, jotka ovat alttiina huuhtoutumaan vesistöihin. Metsäenergian korjuu vähentää hakkuutähteistä tapahtuvaa ravinnehuuhtoumaa. Hakkuutähteitä ei suositella jätettävään vesistöihin tai vesistöjen suojakaistoille.
- Naveromätästyksessä naveroihin jätetään tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan kaivukatkoja, suositus n. 50 m välein, sekä kaivetaan tarpeen mukaan myös lietekuoppia, etenkin naveroiden päihin. Vesiä ei johdeta suoraan vesistöön tai ojiin (kuva 17).



Kuva 17. Naveroilla ei johdeta vettä pois uudistusalueelta ja niiden päässä saa olla seisovaa vettä, koska niillä ei tavoitella pysyvää kuivatusta. (Joensuu ym. 2012).

Lannoitus

Lannoitusalueelta huuhtoutuvien ravinteiden pääsy ojitetuilta kohteilta vesistöihin estetään tehokkaimmin käyttämällä ojituksessa pintavalutukseen perustuvia vesiensuojelumenetelmiä, kuten suojakaistoja ja pintavalutuskenttiä.

- Levitys toteutettava niin, ettei lannoitetta joudu ojiin ja vesistöihin.
- Lannoituskäsittelyksi suositellaan turvemaiilla PK-lannoitetta, johon on lisätty rautaa fosforin huuhtoutumisen estämiseksi tai hyvälaatuista puuntuhkaa. Karujen, lajittuneiden ja helposti vettä läpäisevien kivennäismaiden metsiä ei lannoiteta typpeä sisältävillä lannoitteilla typen huuhtoutumisriskin välttämiseksi.
- Tärkeillä pohjavesialueilla (I-luokka) ja muilla vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla (II-luokka) olevia alueita ei lannoiteta, ellei ELY-keskukselta ole erityislupaa. Kivennäismaiden metsiä ei lannoiteta typpeä sisältävillä lannoitteilla typen huuhtoutumisriskin välttämiseksi.
- Tärkeillä pohjavesialueilla (I-luokka) ja muilla vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla (II-luokka) olevia alueita ei lannoiteta, ellei ELY-keskukselta ole erityislupaa.
- Lannoitteet levitetään ainoastaan sulan maan aikana, tuhkaa lukuun ottamatta.

3.2.2 Rantametsien käsittely ja suojavaohykkeet

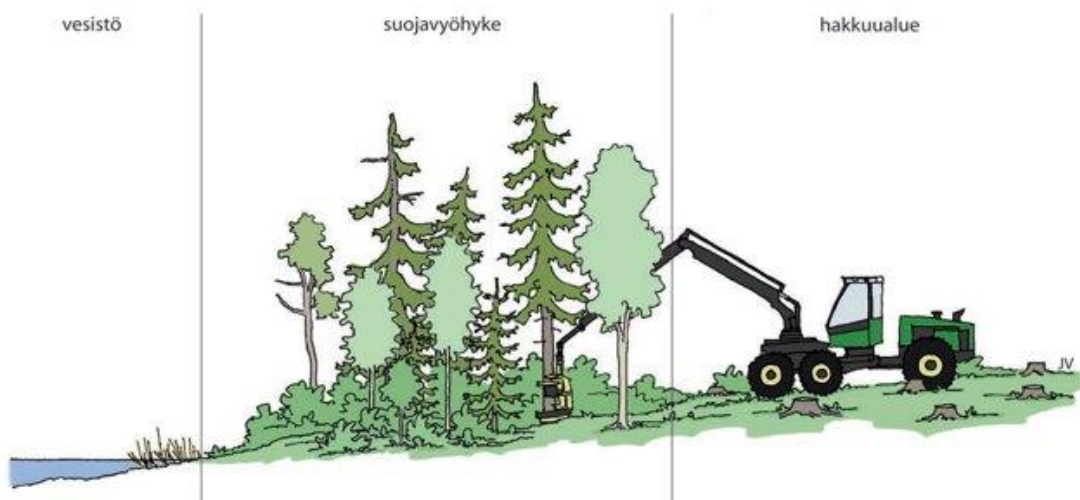
Rantametsät ovat pienilmastoltaan ja lajistoltaan erityisiä vesiekosysteemien ja metsän vaihtumisvyöhykkeitä. Rantametsät ylläpitävät osaltaan hyvää vedenlaatua sekä lisäävät ranta- ja vesieliöstön hyvinvointia ja monimuotoisuutta. Rantapuusto vähentää mm. rantojen eroosiota, pidättää ravinteita, varjostaa vesistöä pitäen veden viileänä sekä tuottaa kariketta ja puuainesta vesieliöstölle ravinnoksi ja elinympäristöiksi. Rantametsä toimii myös vesistön

suojavyöhykkeenä ehkäisten valuma-alueelta tulevaa kuormitusta. Rantametsien laaja-alaisilla hakkuilla voi siten olla paikallisesti merkittäviä haittavaikutuksia vesistön tilaan ja monimuotoisuuteen.

Rantametsän tulisi olla riittävän leveä (5-30 m) ja sen maaperän täysin muokkaamaton ylläpitääkseen vesistön hyvää tilaa. Rantametsässä voi maanpintaa rikkomatta suorittaa arvokkaiden tukkupuiden poimintahakkuita ja sitä voi hyvin harventaa voimakkaastikin kasvatusvaiheessa lehtipuita suosien.

Vesilaki ja metsälaki eivät sisällä määräyksiä vesistöjen varsille jätettävistä suojavyöhykkeistä, mutta metsäsertifiointit edellyttävät suojavyöhykkeitä vesistöjen varsille. Myös pienempien ojien varsilla on hyvä säilyttää muokkaamaton vyöhyke vesiensuojelun takia, vaikka sertifiointi ei siihen velvoitakaan. Ainespuun korjuu suojakaistoilta voi olla vesiensuojelullisesti järkevää varsinkin, kun tällä vältetään myrsky- ja tuulituhojen aiheuttamaa kivennäismaan paljastumista suojavyöhykkeellä.

Suojakaistan leveys riippuu vesistön tai pienen veden tyyppistä ja luonnontilaisuudesta, pintaveden liikkumisesta ja määrästä, maanpinnan kaltevuudesta ja maalajista. Suojakaistan leveys esimerkiksi maanmuokkausten yhteydessä on oltava vähintään 5 metriä. Tämä on riittävä, jos maa on tasaista ja maalaji huonosti veden mukana liikkuvaa eli karkeaa hiekkamaata. Tasaisia ja karkeajakoisia maita leveämpi suojavyöhyke tarvitaan veteen päin kaltevilla uudistusaloilla ja hienojakoisilla maalajeilla. Suojakaistan maanpintaa ei rikota, mutta sieltä voi poistaa yksittäisiä puita (kuva 18). Myös vesistön tulviminen on syytä ottaa huomioon suojakaistan leveyttä suunniteltaessa. (Joensuu ym. 2004 & 2012).



Kuva 18. Suojakaistalta voi poistaa maanpintaa rikkomatta yksittäisiä puita (Joensuu ym. 2012).

3.2.3 Turvemaiden vesiensuojelu ja kunnostusojitustarpeen harkinta

Kunnostusojituskohteet valitaan kunnostusojitustarpeen sekä kunnostusojituskelpoisuuden perusteella. Kunnostusojitustarve arvioidaan puuston kasvulle riittävän kuivatustilanteen perusteella ja kunnostusojituskelpoisuus ojituksen taloudellisen kannattavuuden perusteella. Kannattavuuden arvioinnissa huomioidaan mm. kasvupaikan ravinteisuus ja alueella kasvavan puuston määrä.

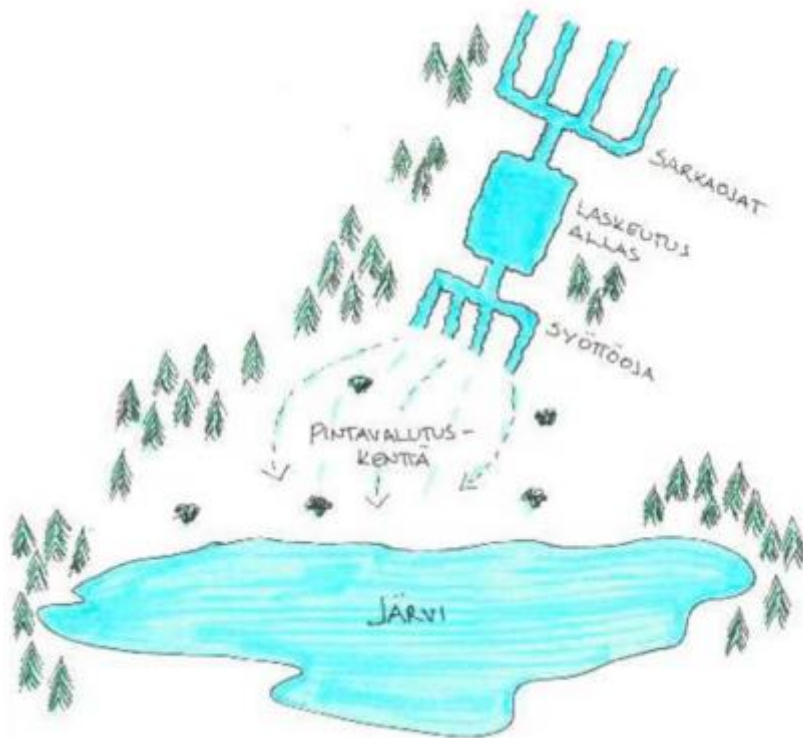
Kasvupaikkatyypiltään varputurvekankaita karumpia kohteita ei ole kannattavaa ojittaa. Varputurvekankailla ja 1-tyyppin puolukkaturvekankailla kunnostusojituskelpoisuuden kriteerinä on Etelä-Suomessa nuorena kasvatusmetsässä vähintään 600 rungon kasvatuskelpoinen puusto, joka on siis oltava metsikkökuviolla jo ennen ojitusta. Varputurvekankaita ei ole taloudellisesti kannattavaa uudistaa kuin luontaisesti tai kylvään, eikä näillä uudistamismenetelmillä yleensä saada kunnan taimikkoa aikaan kohteiden paksusta turvekerroksesta johtuen. Näin ollen varputurvekankailla ojittaminen ja metsätalouden harjoittaminen ei ole välttämättä perusteltua. Kitu- ja joutomaita ei ojiteta.

Maastossa tarkastellaan silmävaraisesti ojien kuntoa, suokasvillisuuden esiintymistä, puiden kasvua ja elinvoimaisuutta. Kunnostusojitustarve on ilmeinen, jos ojat ovat tukkeutuneet tai kasvaneet umpeen ja puuston kasvu on taantunut maaperän liiallisen märkyyden vuoksi. Lisääntynyt suokasvillisuus on usein merkinä ojien heikosta kuivatustehosta. Myös puulajin perusteella voi arvioida ojitustarvetta; kuusikolle oja-alue ei tarvitse olla yhtä syvä kuin männikölle sen hyvän haihdutuksen ja matalan juuriston ansiosta.

Ojitustarvetta voidaan arvioida myös puuston tilavuuden perusteella. Yli 120 m³/ha puusto yläläpittää jo itsessään riittävää haihdutusta, kunhan juuristolla on kasvuvaiheessa vähintään 30 cm kuivavara maanpinnasta.

3.2.4 Vesiensuojelumenetelmät ja –rakenteet

Valuma-alueella tarkoitetaan aluetta, jolta sade- ja pintavedet kerääntyvät esim. tarkasteltavaan omaan eli latvavesillä tehdyt toimet vaikuttavat myös alapuolisiin vesistöihin (Joensuu ym. 2004, Joensuu ym. 2012). Tehokkainta vesiensuojelu on, kun voidaan välttää kivennäismaan paljastamista maanpintaa rikkomalla sekä uomien perkausta erityisesti eroosioherkillä ja kaltevilla kohteilla vesistöjen läheisyydessä, jollei se ole välttämätöntä. Vesiensuojelua on järkevää toteuttaa erilaisten rakenteiden yhdistelmänä (kuva 19). Näin lopputulosta voidaan tehostaa merkittävästi verrattuna tilanteeseen, jossa käytettäisiin vain yhtä vesiensuojelumenetelmää.



Kuva 19. Vesiensuojelumenetelmien yhdistelmä (Metsäkeskus).

Alla on esitelty yksittäisiä vesiensuojeluratkaisuja.

Kevennetty maanmuokkaus

Voimakkaan maanmuokkauksen seurauksena kiintoaineen huuhtouma lisääntyy, mutta myös fosfori- ja typpikuormituksen on todettu kasvavan. Auraus on voimakas muokkausmenetelmä, jota ei enää oikeastaan käytetäkään Suomessa. Kulotus on sen sijaan varsin suositeltavaa ja soveltuu parhaiten kuivahkojen ja tuoreiden kankaiden hienoa hietaa karkearakeisempien moreenimaiden käsittelyyn. Laikutus sopii ohutkunttaisille, karkeille moreenimaille. Äestys taas sopii ohutkunttaisille, keskikarkeille moreenimaille. Laikutus-mätästys soveltuu melko paksukunttaisillekin, keskikarkeille ja hienolajitteisille routiville maapohjille. Ojitusmätästystä käytetään vain veden vaivaamilla ja soistuneilla mailla (Ympäristöhallinnon verkkosivut: Metsätalouden vesiensuojelu). Ojat eivät saisi johtaa suoraan vesistöön ja maanmuokkausjälki tulee tehdä aina rinteiden vastaisesti.

Kaivu- ja perkauskatkot

Ojakohtaista kiintoainekuormitusta voidaan vähentää jättämällä ojaan kaivu- tai perkauskatkoja (kuva 20). Kaivukatkon pituus on yleensä noin 10–30 metriä, mistä vesi kulkee pintavaluntana alapuoliseen ojaan. Perkauskatkot ovat kunnostusojituksen aikana perkaamattomiksi jätettyjä kohtia ojissa. (Joensuu ym. 2004 & 2012) Katkoja tulisi jättää, jos ojan pitkittäiskaltevuus

on yli 3 %, ja eroosioherkillä mailla 0,3 % (Kaukonen ym. 2018). Kaivuukatko ovat tehokas ja kustannustehokas menetelmä vähentää kunnostusojituksesta aiheutuvaa huuhtoumaa.



Kuva 20. Kaivukatko (Suomen metsäkeskus)

Lietekuoppa

Lietekuopat ovat ojakohtaisia vesiensuojelurakenteita ja niiden pääasiallisena tarkoituksena on pysäyttää kaivun aikana ja välittömästi sen jälkeen irtoavaa karkeaa kiintoainesta. Lietekuopat täyttyvät yleensä nopeasti kaivun jälkeen eikä niitä tyhjennetä, kuten laskeutusaltaita (Joensuu ym. 2004 & 2012).

Laskeutusallas

Laskeutusaltaiden toiminta perustuu veden nopeuden hidastamiseen niin, että veden mukana kulkeutuva kiintoaines laskeutuu altaan pohjalle. Laskeutusaltaat mitoitetaan vesimäärän perusteella, mihin vaikuttaa altaan yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala. Laskeutusallas tulee mitoittaa niin, että:

- virtausnopeus altaassa on enintään 1 cm/s
- veden viipymä altaassa on vähintään tunti
- allaspinta-ala tulisi olla 3 - 8 m²/valuma-aluehehtaari

Laskeutusaltaiden toimintakunnossa pysyminen vaatii niiden toistuvaa tyhjennystä eivätkä ne toimi hyvin hienojakoisilla mailla, kuten kosteikot ja pintavalutuskentät, jotka karkean kiintoaineksen lisäksi sitovat myös hienompaa ainesta ja ravinteita. (Joensuu ym. 2004 & 2012). Patorakenteet tehostavat altaan toimintaa.

Pohjapato

Pohjapadot hidastavat ja tasaavat veden virtaamaa ojassa (kuva 21). Ne vähentävät syöpmistä ja pidättävät ojan pohjalla kulkevaa karkeaa kiintoainesta. Pohjapatoja voidaan laittaa useita peräkkäin, jolloin ne muodostavat putousportaat. Putousportaiden ansiosta putousten välillä veden nopeus jää riittävän alhaiseksi, jotta eroosiota ei pääse syntymään. (Joensuu ym. 2004 & 2012). Pohjapadon voi valmistaa kivistä, sementistä, maa-aineksesta tai puusta. Padon yläpuolelle on yleensä hyvä kaivaa laskeutusallas, johon veden mukana tuleva kiintoaines voi kertyä.



Kuva 21. Pohjapato (Suomen metsäkeskus)

Putkipato

Putkipadoilla varastoidaan ylivirtaamia hetkellisesti metsäojiin rakennetun padon putkirakenteen avulla. Ylivirtaamien pienenemisen ansiosta kiintoainekuormitus vähenee, koska virtausnopeus ojastossa pienenee samalla eroosiota vähentäen. Parhaiten putkipadot soveltuvat turvemaille. (Joensuu ym. 2004 & 2012) Myös putkipadon yhteyteen on hyvä kaivaa allastilavuutta.

Pintavalutuskenttä

Pintavalutuskentällä tarkoitetaan yleensä tasaista suoaluetta, jonne ohjattu vesi suodattuu virratessaan suokasvillisuuden seassa ja osittain turpeen sisällä (kuva 22). Hyvin toimiva pintavalutuskenttä suodattaa 70 - 90 % kiintoaineksesta sekä jopa jonkin verran liukoisia ravinteita. Pintavalutuskentän pinta-alan tulisikin olla vähintään 1 % yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta (Joensuu ym. 2004 & 2012).



Kuva 22. Pintavalutuskenttä (Kuva: Antti Leinonen)

Kosteikko

Kosteikko on alue, joka pysyy kosteana tai märkänä ympäri vuoden. Luontaisia kosteikkojen paikkoja ovat vesistöjen laskun tuloksena syntyneet vesijättöalueet. Kosteikkoja voidaan rakentaa myös patoamalla uomia sellaisissa paikoissa, joissa vettyminen ei tuota ongelmia. Kosteikon hyötynä on, että se kerää talteen kiintoainesta ja siihen sitoutuvia ravinteita etenkin kasvukauden aikana. Kosteikon rakenteita tulee kuitenkin hoitaa ja pohjalle kertynyttä maa-ainesta poistaa ajoittain.

Kosteikon hyvän toiminnan edellytykset:

- pinta-ala vähintään 1-2 % valuma-alueesta
- sisältää sekä syvän että matalan veden alueita ja saarekkeita
- hidas virtaus
- loivat penkat, joilla on runsaasti kasvillisuutta

Puurankaniput

Valumavesien laatua voidaan parantaa jonkin verran asentamalla ojiin puurankanippuja. Tutkimusten mukaan uomiin ja altaisiin lisättävän puuaineksen avulla voidaan poistaa vedestä orgaanista ainesta ja ravinteita (Vuori ym. 2021). Uomaan upotettavan puumateriaalin pinnalle muodostuu ravinteita sitova biofilmi, joka on mm. levien, hyönteisten ja pohjaeläinten hyödynnettävissä (Vuori ym. 2021). PuuMaVesi-hankkeen kenttäkokeissa menetelmä vähensi tulvajen kiintoainekuormitusta lähes 80 %. Puupuhdistamot lisäsivät myös pohjaeläimistön tuotantoa ja monimuotoisuutta (Vuori ym. 2021). Menetelmän pitkäaikaisvaikutuksia on kuitenkin hyvä tutkia lisää. Puuaineksen käyttö uomissa on yksi mahdollinen vesiensuojelukeino myös Keravanjärven valuma-alueella.

3.3 Metsänomistajan muistilista

- Jos harkitset metsäsi hakkuuta, ota yhteyttä puun ostajaan.
- Jos olet kiinnostunut jatkuvapeitteisestä kasvatuksesta, mutta olet epävarma sen toteutuksesta omassa metsässäsi, pyydä metsäalan toimihenkilöä arvioimaan toimenpiteen toteutusmahdollisuuksia metsässäsi. Jatkuvapeitteistä kasvatusta ei tarvitse toteuttaa kaikilla alueilla, vaan harkinnan mukaan se voi olla hyvä vaihtoehto joillekin soveltuville alueille.
- Jos tiedossasi on, että metsässäsi on metsälain 10 §:n kohteita, lähteitä tai muita suojeluarvoja, ota tämä puheeksi leimikon suunnittelijan kanssa. Jos et tiedä kohteista metsässäsi, mutta haluat varmistaa, että tiettyjen alueiden lähellä tehdään erityisen varovaisia toimenpiteitä, keskustele leimikon suunnittelijan kanssa ja varmista, että hän tietää kohteet ja merkitsee haluamasi kohteet hakkuusuunnitelmaan.
- Ajankohtaiset tiedot luontoarvoista löydät metsaan.fi -palvelusta.
- Halutessasi voit käyttää muistilistana tämän yleissuunnitelman kappaleessa 3.2 listattuja asioita, jotka huomioidaan hakkuun suunnittelussa.
- Pyydä leimikon suunnittelijaa lähettämään ennen hakkuuta hakkuukartta, johon on merkitty säästettävät kohteet ja säästöpuut. Metsäkoneenkuljettaja tekee hakkuut kartan perusteella, joten varmista, että suunnitelmassa on huomioitu kaikki haluamasi kohteet.
- [Luonnonhoitotoimenpiteiden tarkistuslistasta](#) löydät lisätietoa mahdollisista huomioitavista toimenpiteistä.
- Vesistökuormituksen kannalta muokkaus on usein olennaisempaa kuin hakkuut. Muokkausta keventämällä voidaan pitää kiintoaine-, humus- ja ravinnekuormitus vähäisenä. Keskustele tästä hakkuun/muokkauksen toteuttajatahon kanssa ja pyri pitämään muokkaus minimissään varsinkin vesistöjen läheisyydessä ja jyrkissä eroosioherkissä rinteissä.

4 Yhteenveto

Hyvässä ekologisessa tilassa olevan Keravanjärven valuma-alueen pinta-alasta 75 % on metsiä. Suurin osa alueesta on karkeita kivennäismaita sekä ojitettuja turvemaita. Hienojakoisia eroosioherkkiä maalajeja, kuten hiesua ja savea, esiintyy vain vähän. Alueen maalajijakaumasta johtuen järven vesi on kirkasta, mutta humusväritteistä. Järven ravinnepitoisuudet ovat pysyneet samalla tasolla 1990-luvulta saakka, mutta ajoittain sateisina vuosina järveen tuleva fosforikuormitus voi aiheuttaa rehevöitymisriskin.

Järveen tulevasta fosfori- ja typpikuormituksesta noin 10 % on peräisin metsätaloudesta. Suurin osa tästä ravinnekuormasta tulee vanhoilta ojitetuilta soilta. Soilta huuhtoutuu järveen myös liukoista orgaanista ainesta. Lähtökohtaisesti metsätalous ei uhkaa Keravanjärven veden laatua ja valuma-alueella on toteutettu uudistushakkuita (16 ha) suhteellisesti vähemmän kuin Uudellamaalla keskimäärin. Näistä 80 % on tehty hiekkamoreenimailla, jotka eivät ole erityisen eroosioherkkiä. Loput hakkuista on tehty turvemilla.

Vuonna 2022 alueella on uudistuskypsiä metsiköitä 51 hehtaaria eli 13 % valuma-alueen metsäpinta-alasta. Jos kaikki aiemmin toteutumatta jääneet hakkuut toteutettaisiin vuonna 2022, niistä aiheutuva fosforikuormitus olisi noin 1,6 kg. Todennäköisesti hakkuista suurempi kuormitusriski aiheutuisi maanmuokkauksesta ja kunnostusojituksista.

Keravanjärven valuma-alueella metsätaloudesta aiheutuvaa ravinne- ja humuskuormitusta voidaan vähentää mm. hyödyntämällä paikkatietoaineistoa hakkuiden suunnittelussa. Hakkuut kannattaa tehdä mahdollisimman kuivaan aikaan ja jättää uomien ja vesistöjen varsille suoja-kaistat. Tällä tavoin voidaan vähentää valuma-alueelta tapahtuvaa eroosiota. Turvemilla kannattaa harkita mahdollisuuksien mukaan jatkuvaan kasvatukseen siirtymistä, jolloin kunnostusojitusten tarve pienenee ja orgaanisen aineksen huuhtoutumisriski valuma-alueelta vähenee.

Keravanjärven valuma-alueen turvemilla on tehty tehokasta ojitusta ja ojat ovat paikoittain turhankin syviä kuivatustarpeeseen nähden. Ojien optimisyvyys on 70-90 cm ja tätä syvemmistä ojista ei ole juuri hyötyä puuston kasvulle. Alueen kuivatustarvetta ja puiden kasvua on hyvä tarkastella ja mahdollisuuksien mukaan veden viipymää alueella voi pidentää mm. tukkimalla osan ojista ja tekemällä pohjapatoja. Mikäli alueella tehtäisiin kunnostusojituksia, kaivukatkojen avulla voidaan pidentää veden viipymää kuivatustilanteen kärsimättä. Kunnostusojitusta tehtäessä on tärkeää muistaa, että ojia ei johdeta suoraan vesistöihin, vaan ne tulisi aina johtaa pintavalutuskentän kautta. Maastokäynnin perusteella alueella ei vaikuttanut olevan soveliaita paikkoja isoille kosteikoille, mutta pintavalutuskenttien tai pienten kosteikoiden perustamis-mahdollisuuksia olisi järkevää kartoittaa.

Valumavesiä voidaan puhdistaa jonkin verran myös metsäojiiin lisättävien puurankanippujen avulla. Uomiin lisättävän puuaineksen avulla voidaan poistaa vedestä orgaanista ainesta ja ravinteita. Uomaan upotettavan havupuumateriaalin pinnalle muodostuu ravinteita sitova biofilmi, joka on mm. levien, hyönteisten ja pohjaeläinten hyödynnettävissä (Vuori ym. 2021). Menetelmä on kevyt ja helppo toteuttaa ja kokeilemisen arvoinen myös Keravanjärven valuma-alueella.

Tämän suunnitelman tarkoitus on toimia suosituksena alueen metsätaloutta koskevan kuormituksen hallintaan, antaa käytännön esimerkkejä vesistöystävällisestä metsänhoidosta ja näin tarjota metsänomistajille mahdollisuus osallistua omalta osaltaan Keravanjärven hyvän tilan säilyttämiseen. Metsäkeskus ja paikalliset vesiensuojeluyhdistykset antavat lisätietoja ja auttavat parhaansa mukaan metsänomistajia edistämään vesiensuojeluhankkeita alueella.

5 Lisätietoa ja hyödyllisiä linkkejä vesiensuojelun tausta- ja paikkatietoaineistoihin

- **Hankkeen tarinakartta** Interaktiivista materiaalia Huomio metsien vesienhoitoon - hankkeen kohdevesistöistä sekä metsätalouden vesiensuojelusta.
- **Metsään.fi.** Metsänomistajien ja metsäalantoimijoiden maksuton asiointipalvelu
- **Vesistökuunnostajan karttapaikka** Internet-sivu, jossa on mahdollista tutustua vesistökuunnostuksiin sekä ilmoittaa myös omista toimenpiteistä
- **Luonnonhoidon paikkatietoaineistot** Internet-sivu, jonne on koottu luonnonhoidon suunnittelussa apuna käytettäviä paikkatietoaineistoja
- **Maaperäaineisto (GTK)**
- **Pintavesien ekologinen tila**
- **Tietoa jatkuvasta ja tasaikäisestä metsänkasvatuksesta**
- **Tuhkalannoitus (s. 25-40)**
- **Tietoa metsälain 10 §:sta** Metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt
- **Tietoa Kemera-tuista** Huom. Kemera-laki on voimassa korkeintaan vuoden 2023 loppuun, minkä jälkeen otetaan käyttöön uusi METKA-lainsäädäntö.
- **Metsänhoidon suositukset vesiensuojeluun -työopas**
- **Tietoa PEFC- sertifikaatista**
- **Tietoa FSC-sertifikaatista**
- **Luonnonhoitotoimenpiteiden tarkistuslista**
- **PuuMaVesi-hanke** Puupohjaisilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun
- **Metson polku** Yksityisille metsänomistajille suunnattu vapaaehtoinen ohjelma luontoarvojen säilyttämistä varten korvausta vastaan

6 Viitteet

Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantausta, T. ja Ukonmaanaho, L. 2020. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020. MetsäVesi -hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:6. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia.

Hagman, A.-M., Serenius, K. ja Rajajärvi, S. 2008. Mäntsälän järvien kunnostuksen yleissuunnitelma. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 3/2008.

Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. Vesihallitus, Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 37: 1–91.

Hertta 2022. Ympäristöhallinnon Hertta-tietokanta, kasviplanktonitiedot tallennettu 10.8.2022.

Hiltunen, T., Jämsén, J., Joensuu, S., Heikkinen, K. ja Vuollekoski, M. 2014. Opas metsätalouden vesiensuojelun suunnitteluun. TASO-hankkeen julkaisu.

Joensuu, S., Makkonen, T. ja Matila, A. 2004. Metsätalouden vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Joensuu, S., Hynninen, P., Heikkinen, K., Tenhola, T., Saari, P., Kauppila, M., Leinonen, A., Ripatti, J., Jämsén, J., Nilsson, S. ja Vuollekoski, M. 2012. [Metsätalouden vesiensuojelu -kouluttajan aineisto](#).

Kaukonen, M., Eskola, T., Herukka, I., Karppinen, H., Karvonen, L., Korhonen, I., Kuokkanen, P. ja Ervola, A. (toim.) 2018: [Metsähallitus Metsätalous Oy:n ympäristöopas](#). 2. korj. painos 130 s.

Keskitalo, J. 2017. Kasviplanktonlajisto ja -biomassa Uudenmaan seurantaajavilla 2014 – 2015. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen raportteja 20. 59 s + 1 liite.

Liljendahl, A. 2018. Kirkkonummen Syväjärven kunnostussuunnitelma. Lohja: Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Raportti 721/2018.

Luodeslampi, P., Särkelä, A. ja Männynsalo, J. 2019. [Pienet AVL 20 – 99 puhdistamot - Opas puhdistamonhoitajille ja viranomaisille](#). Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen julkaisu 79/2019. 20 s.

Suomen ympäristökeskus. 2019. <https://paikkatieto.ymparisto.fi/vesikartta>

Vahtera, H. 2017. Hyvinkään pintavesien seuranta. Vedenlaatu järvissä ja lammissa 2017. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen raportteja 22/2017.

VEMALA. 2022. Suomen ympäristökeskuksen VEMALA-malli, V5-kehitysversio.

Vesikartta. Vesien ekologinen tila 2019. http://paikkatieto.ymparisto.fi/vesikarttaviwers/Html5Viewer_2_11_2/Index.html?configBase=http://paikkatieto.ymparisto.fi/Geocortex/Essentials/REST/sites/VesikarttaKansa/viewers/VesikarttaHTML525/virtualdirectory/Resources/Config/Default&locale=fi-FI.

Willén, E. 2007. Växtplankton i sjöar. Bedömningsgrunder. Institutionen för Miljöanalys, Rapport 2007(5): 1–33.

Vollenweider, R. A. 1975. Input-output models. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie. 37(1): 53-84.

Vuori, K-M., Leppänen, M., Koljonen, S., Jämsén, J., Vaso, A., Keskinen, E., Hämäläinen, H., Nieminen, M., Huotari, E. ja Soimasuo, J. 2021. Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökuunnostuksiin. Puumavesi-hankkeen loppuraportti. www.syke.fi/hankkeet/puumavesi

Keravanjärven metsätalouden vesiensuojelusuunnitelma

Suunnitelmassa kerrotaan Keravanjärven veden laadun kehityksestä ja alueen metsätaloudesta. Suunnitelman tarkoitus on toimia suosituksena alueen metsätaloutta koskevan kuormituksen hallintaan, antaa käytännön esimerkkejä vesistöystävällisestä metsänhoidosta ja näin tarjota metsänomistajille mahdollisuus osallistua omalta osaltaan Keravanjärven hyvän tilan säilyttämiseen.



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry

Ratamestarinkatu 7 b, 00520 Helsinki

vhvsvy@vantaanjoki.fi

www.vantaanjoki.fi

