



Vesistöjen ekologinen tila metsätalousvaltaisilla valuma- alueilla

Heikki Mykrä

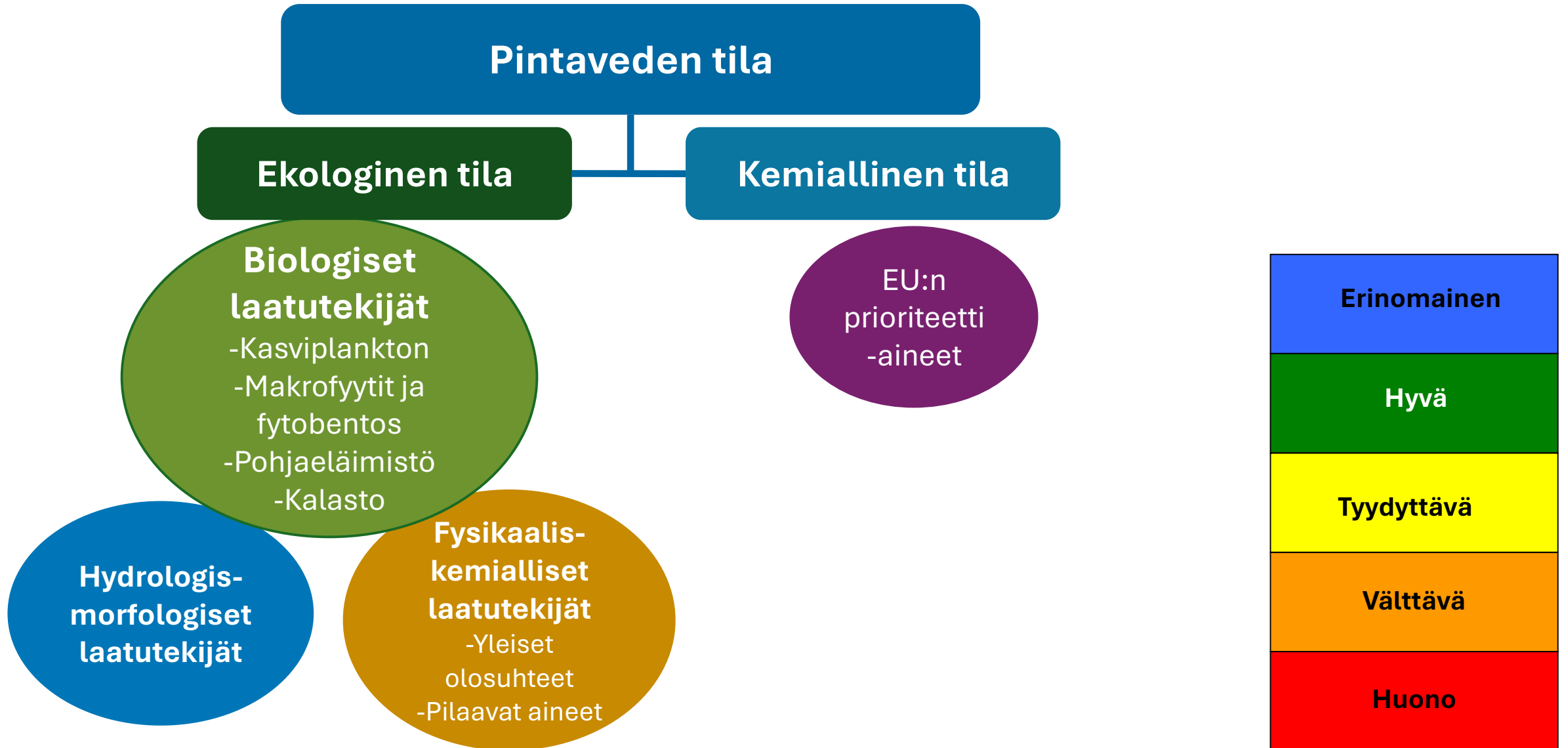


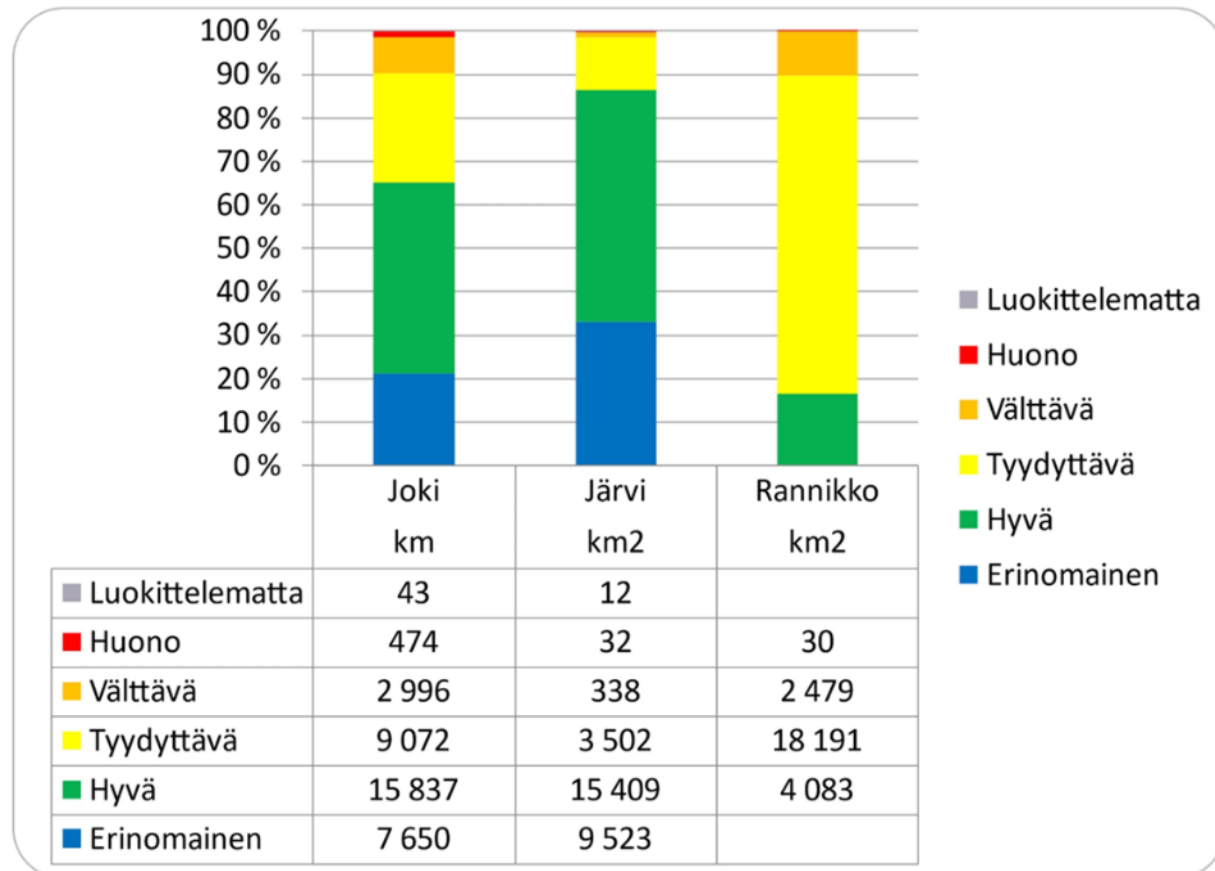
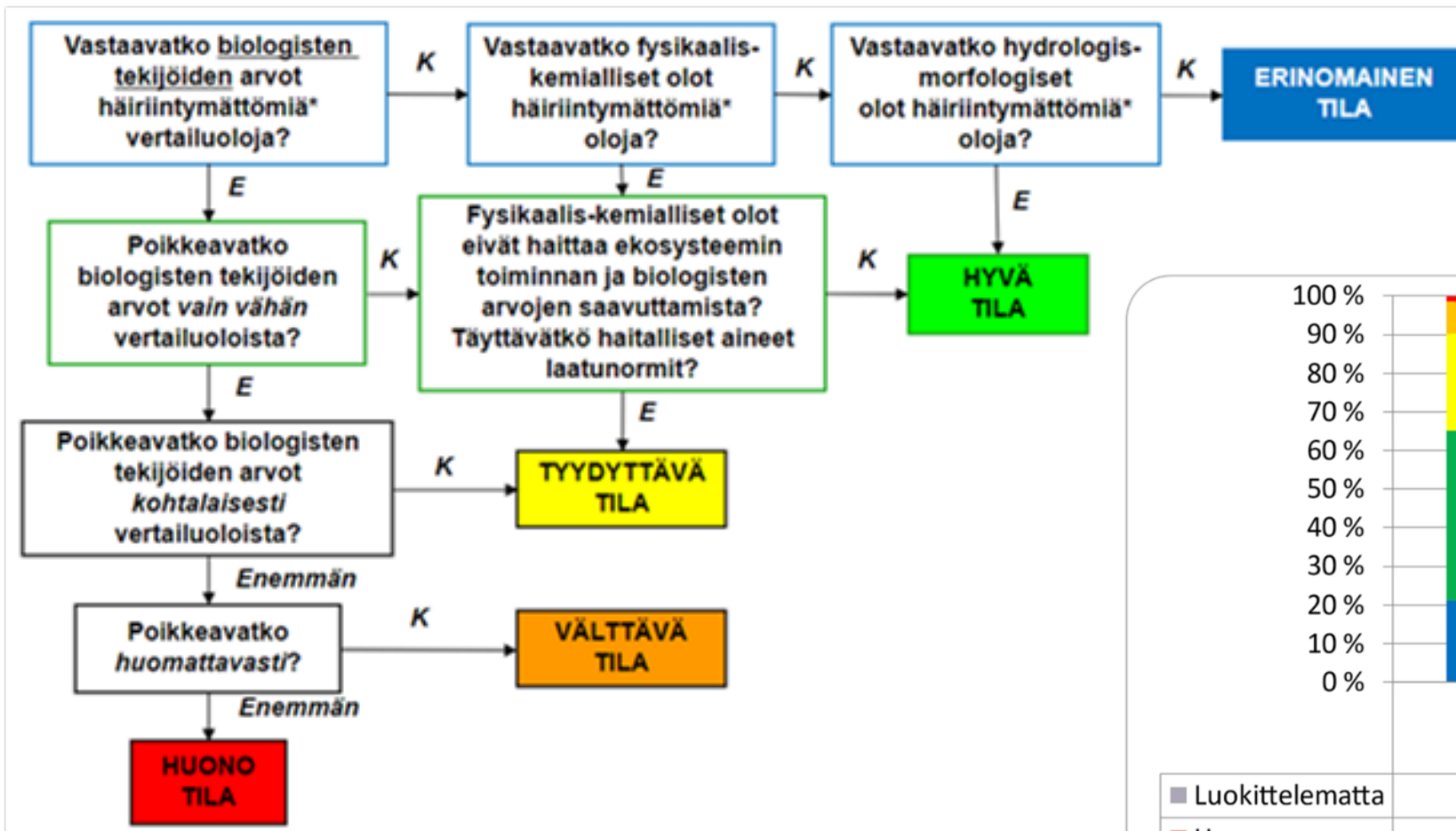
Suomen ympäristökeskus
Finlands miljöcentral
Finnish Environment Institute

Sisältö

1. Ekologisen tilan määrittely ja vesien tila Suomessa
2. Selvityksen aineistot
3. Pienten uomien mallinnus
4. Vesien ekologinen tila metsätalousvaltaisilla valuma-alueilla
5. Pienten uomien luonnontilaisuus ja metsätalouden maankäyttö vesienhoitoalueilla
6. Yhteenveto

1. Vesien ekologisen tilan määrittely ja vesien tila Suomessa





4. vesienhoitokaudella biologinen luokka heikoimman tekijän perusteella!

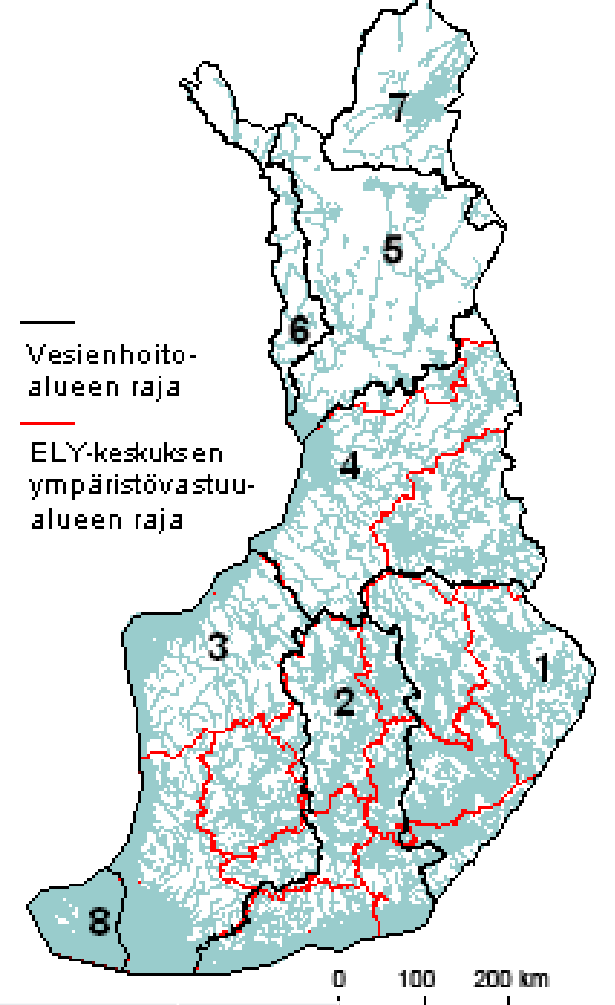
2. Selvityksen aineistot

Joet

VHA	Piilevät	Pohjaeläimet	Kalat	Kaikki laatutekijät	Fyskem
VHA1	142	132	95	28	231
VHA2	105	118	147	31	229
VHA3	124	193	240	29	385
VHA4	344	405	170	42	301
VHA5	108	164	78	31	157
VHA6	44	67	73	18	79
Yhteensä	848	1057	345	177	1382

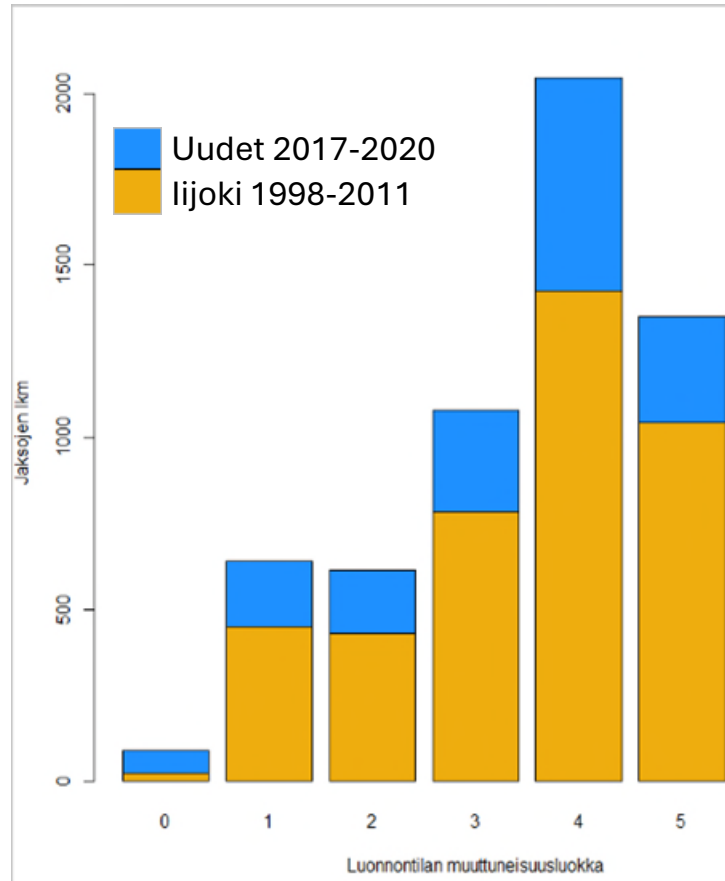
Järvet

VHA	Kasviplank.	Piilevät	Vesikasvit	Pohjael. (K)	Pohjael. (S)	Kalat	4 tekijää	Fyskem
VHA1	424	103	113	77	134	82	78	625
VHA2	276	36	75	41	125	89	34	419
VHA3	193	29	50	34	45	94	31	308
VHA4	192	44	74	23	69	74	27	424
VHA5	57	16	24	32	17	26	12	161
VHA6	35	9	12	13	8	18	7	83
Yhteensä	1177	237	348	220	398	383	189	2020

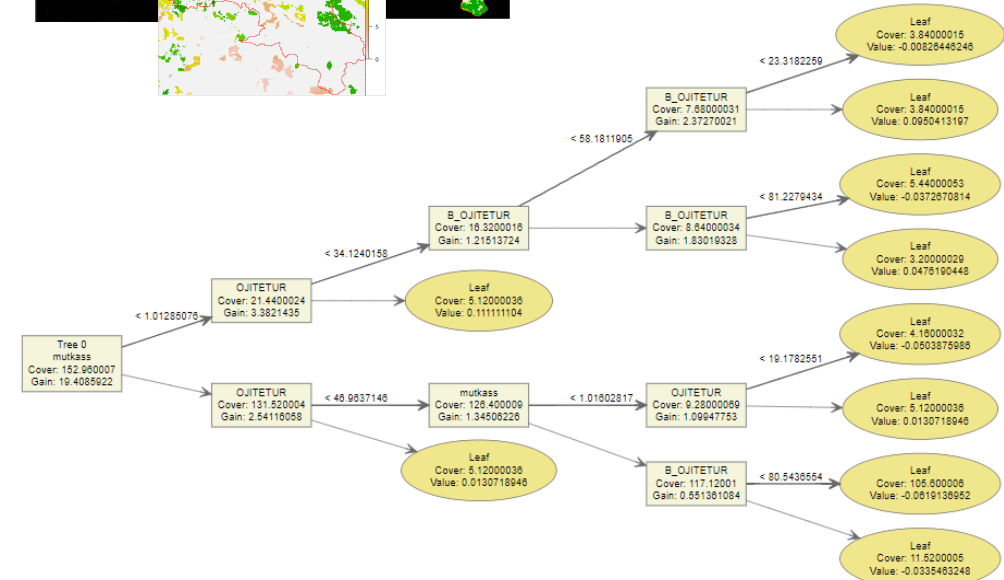
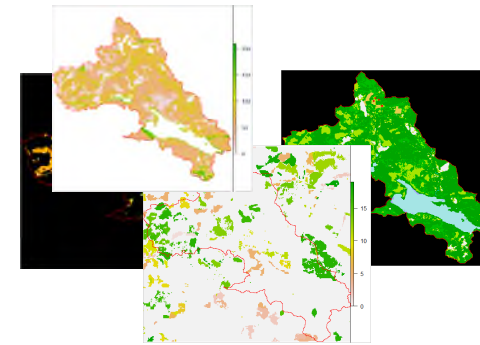


3. Pienten uomien mallinnus

- Koottu yhteen ja yhdenmukaistettu lijoen alueen ja uudet inventoinnit
- Kaikkiaan 5813 purojaksoa, joista laskettiin **purokohtaiset keskiarvot** (N = 596)

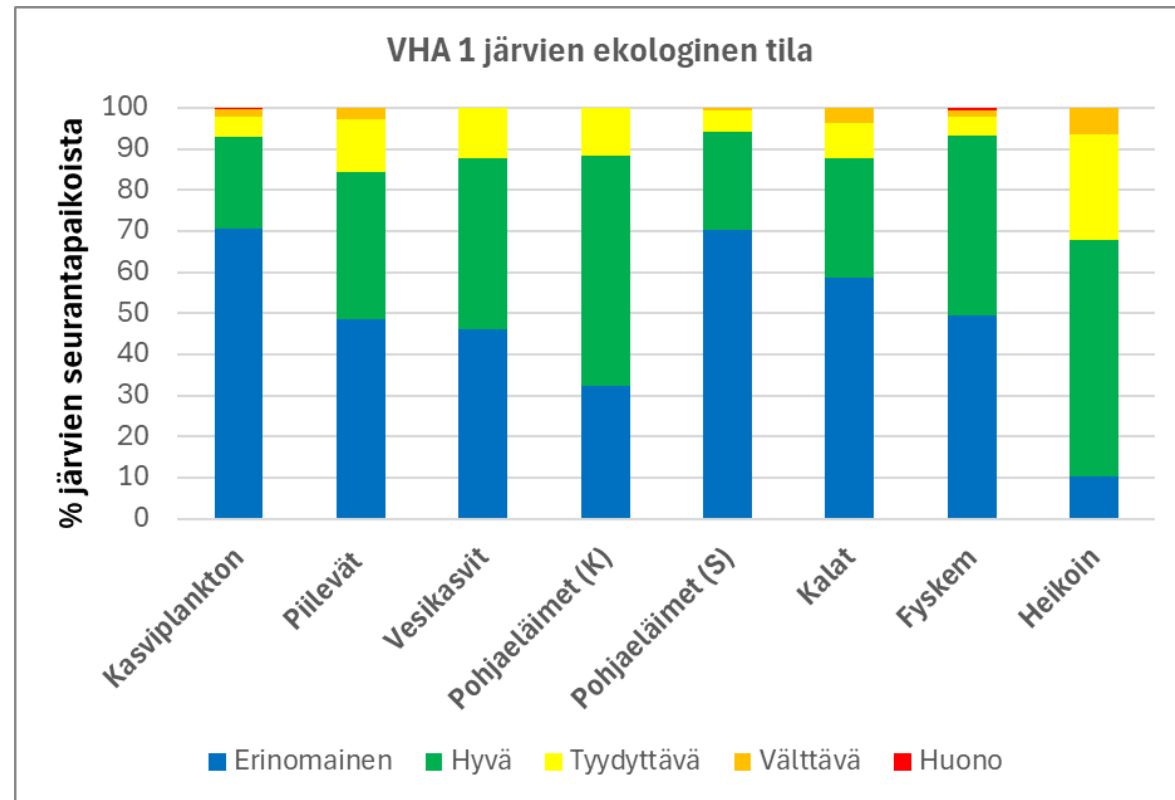
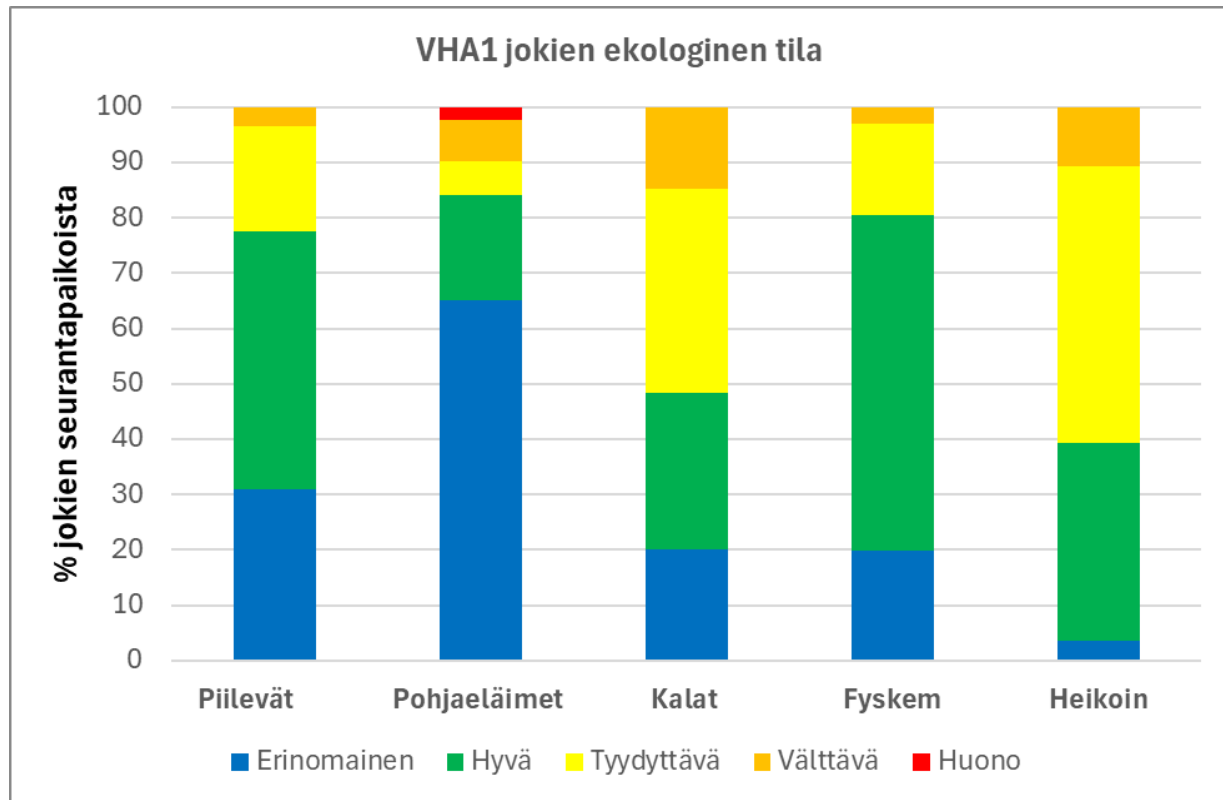


Habitaatin tilan mallinnus koneoppimisalgoritmeilla

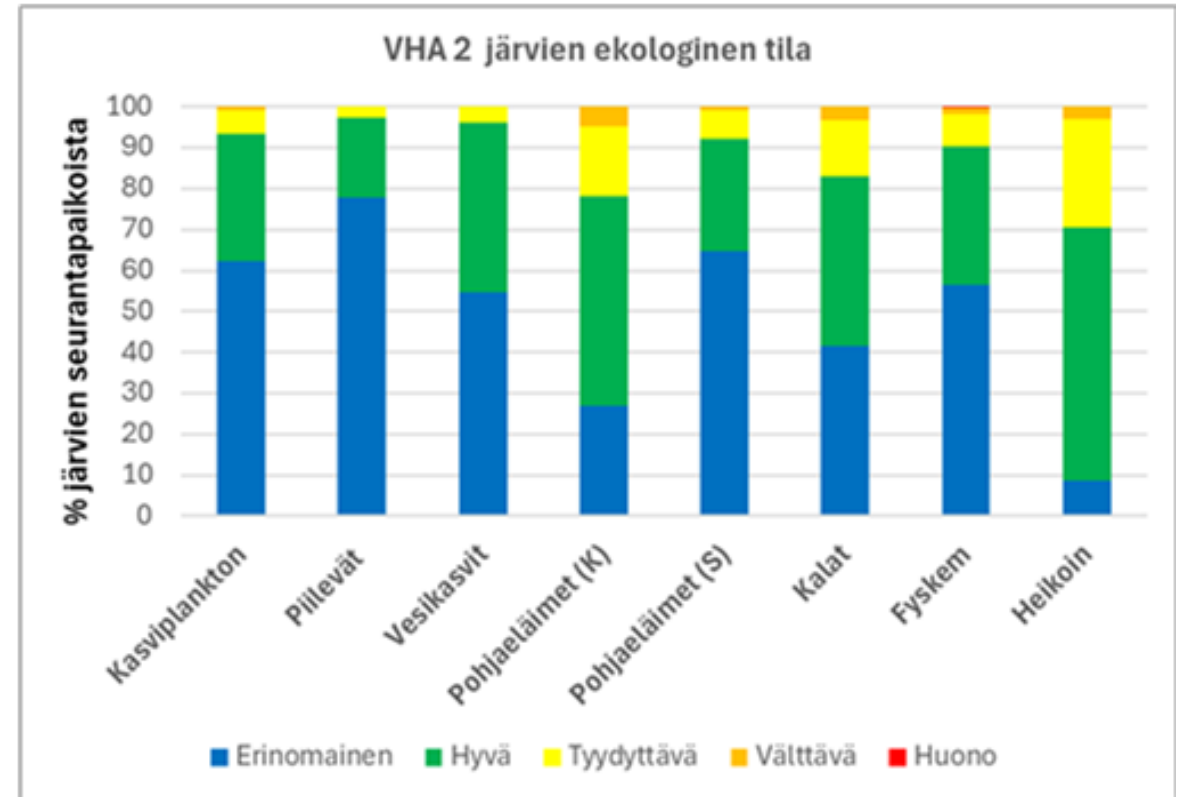
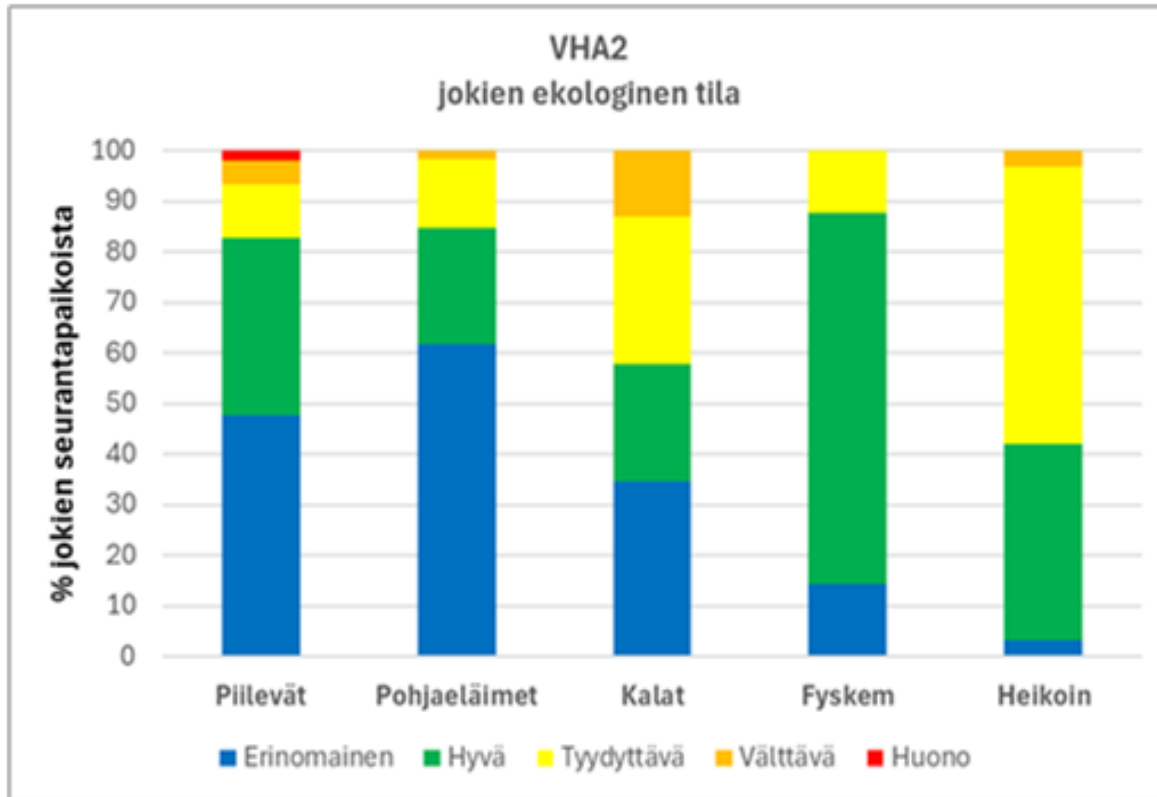


4. Vesien ekologinen tila metsätalousvaltaisilla valuma-alueilla

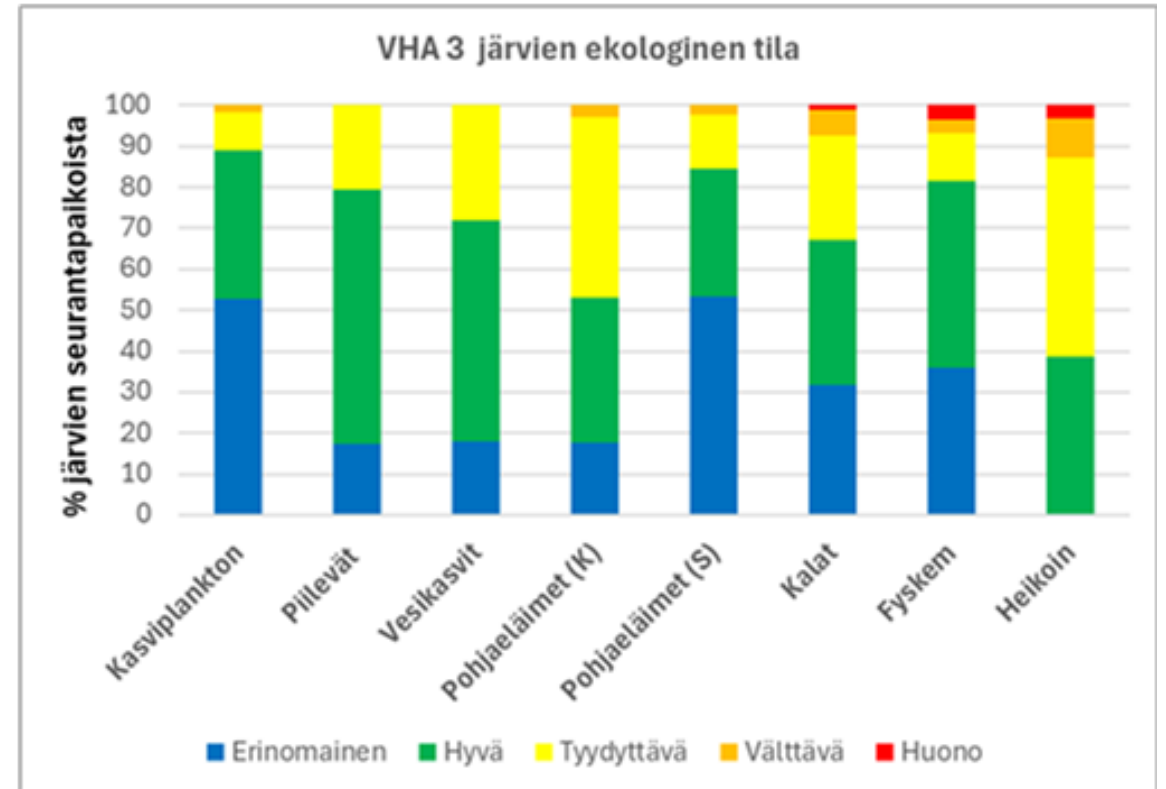
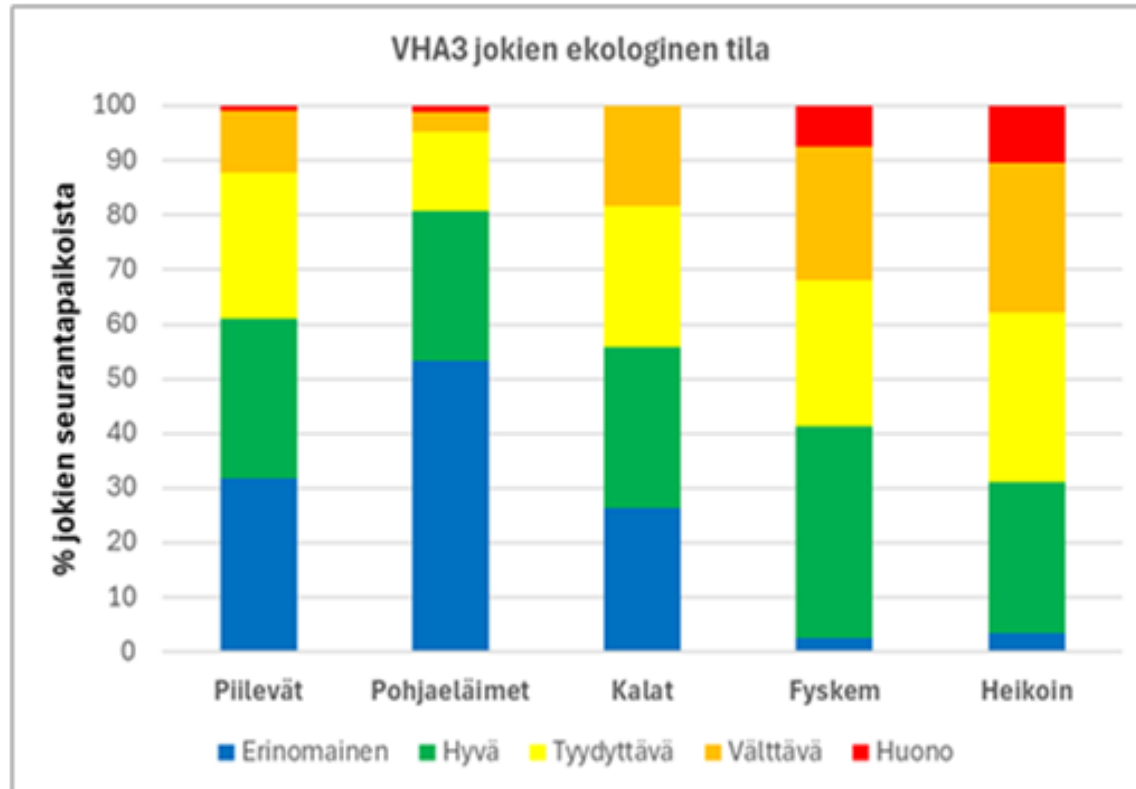
VHA1 Vuoksen vesienhoitoalue



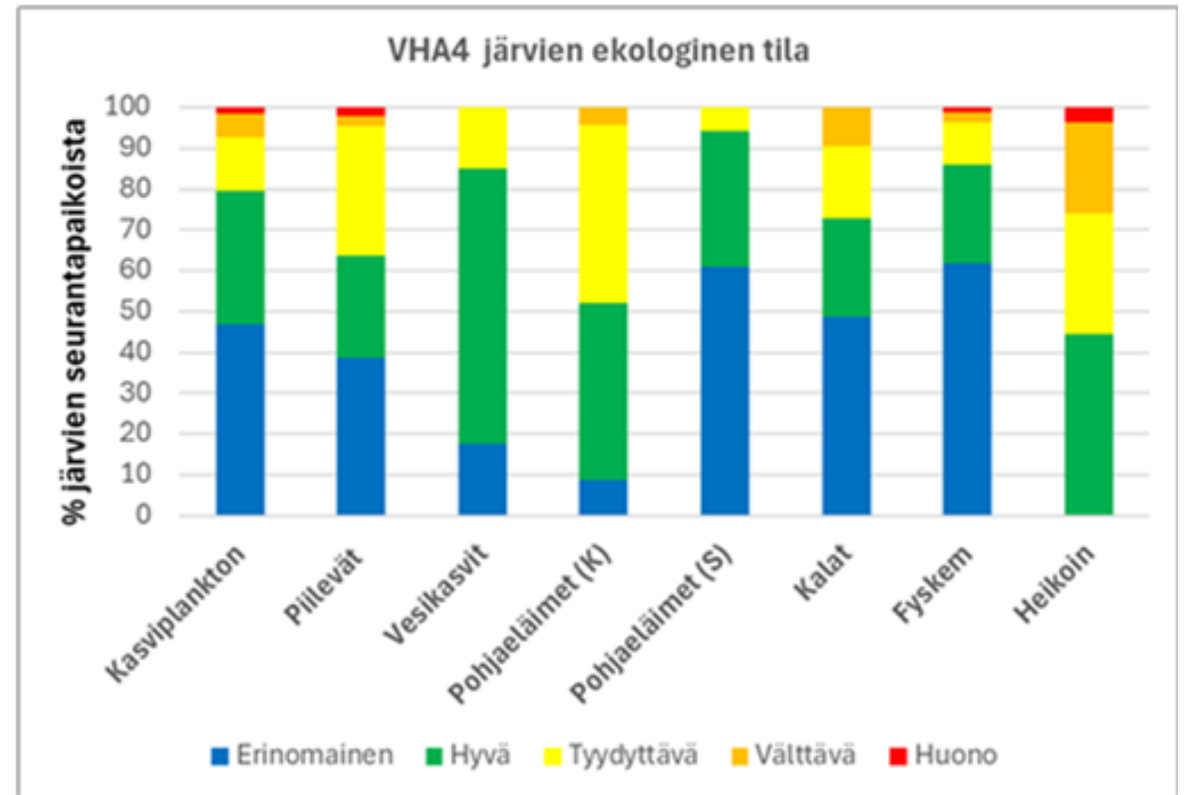
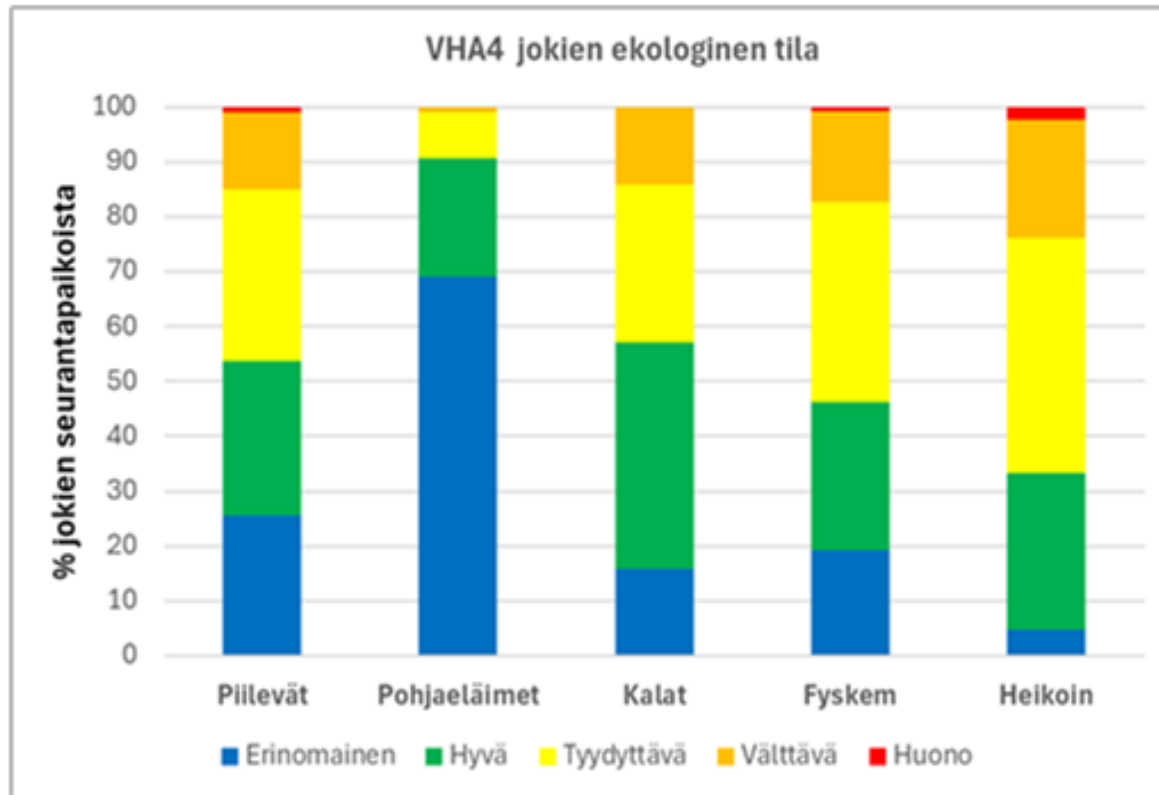
VHA2 Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalue



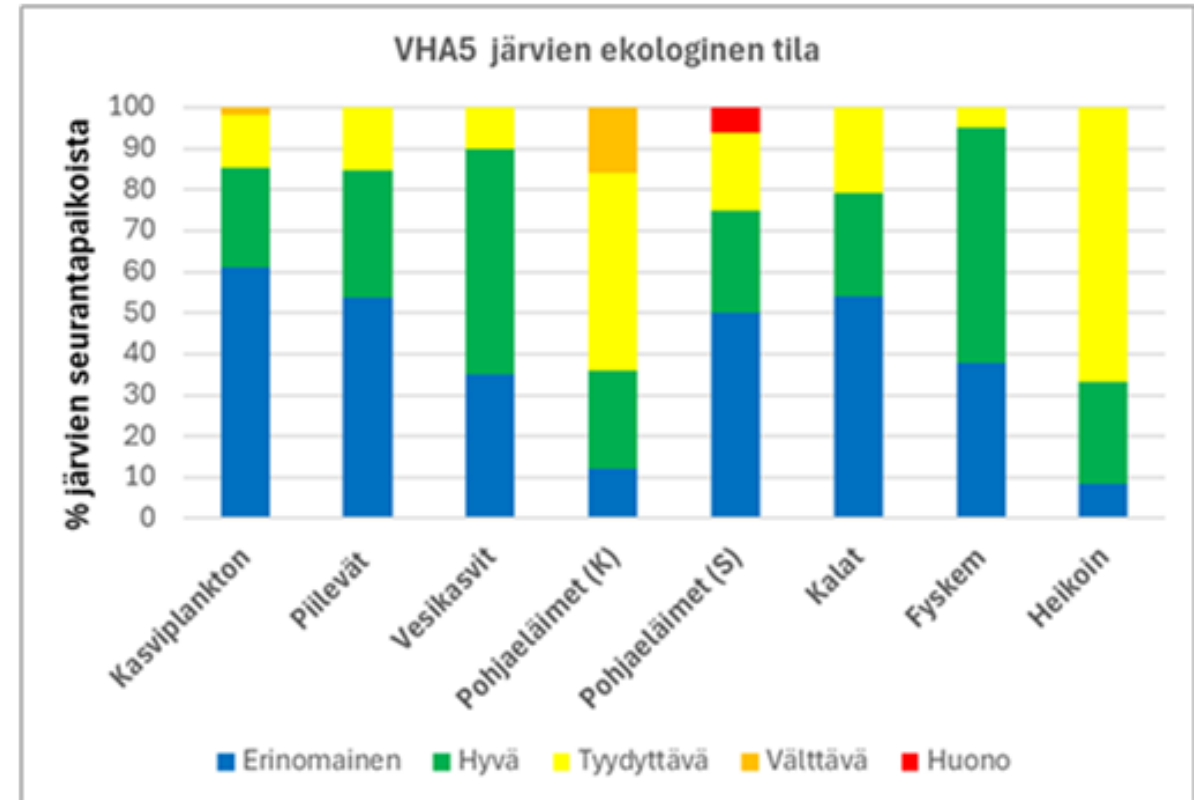
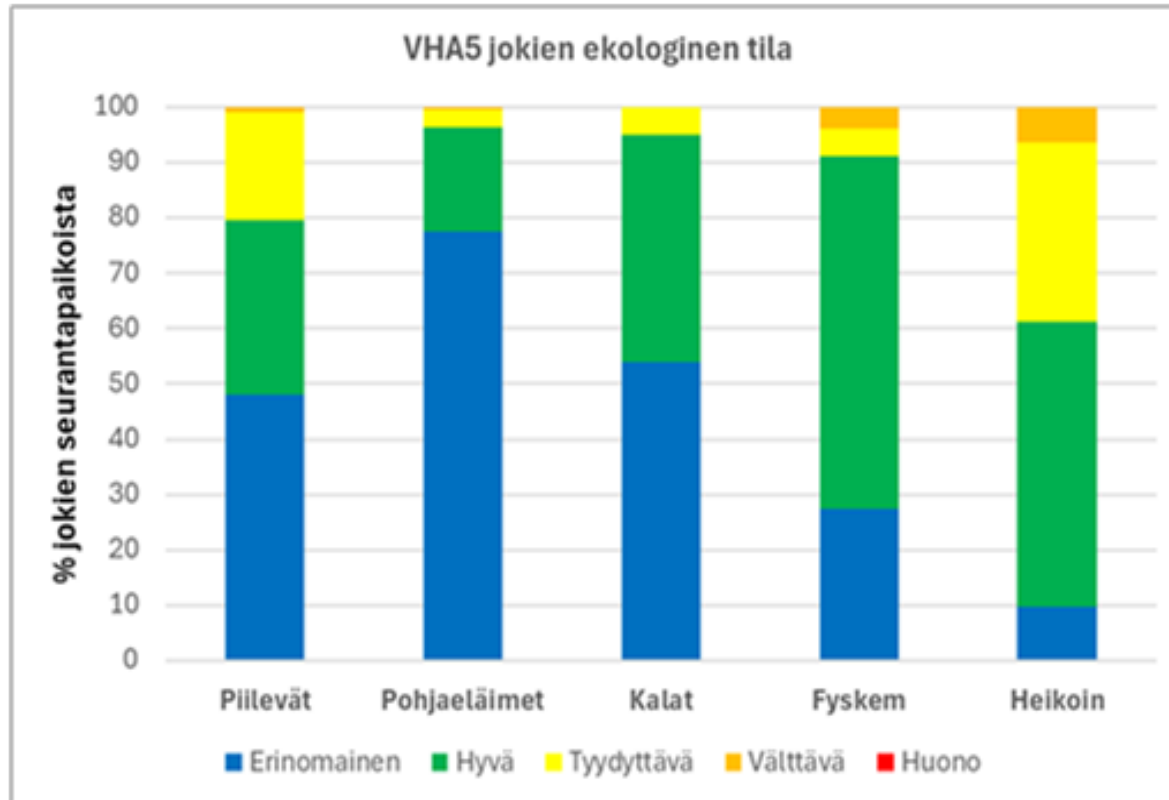
VHA3 Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalue



VHA4 Oulujoen-lijoen vesienhoitoalue



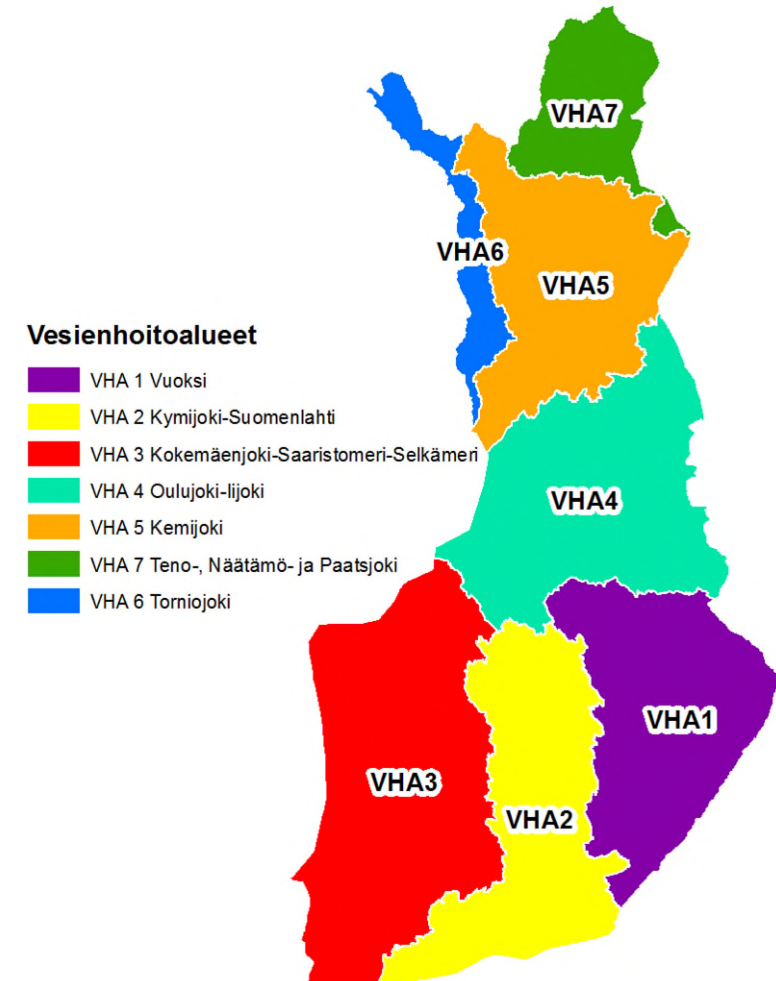
VHA5 Kemijoen vesienhoitoalue

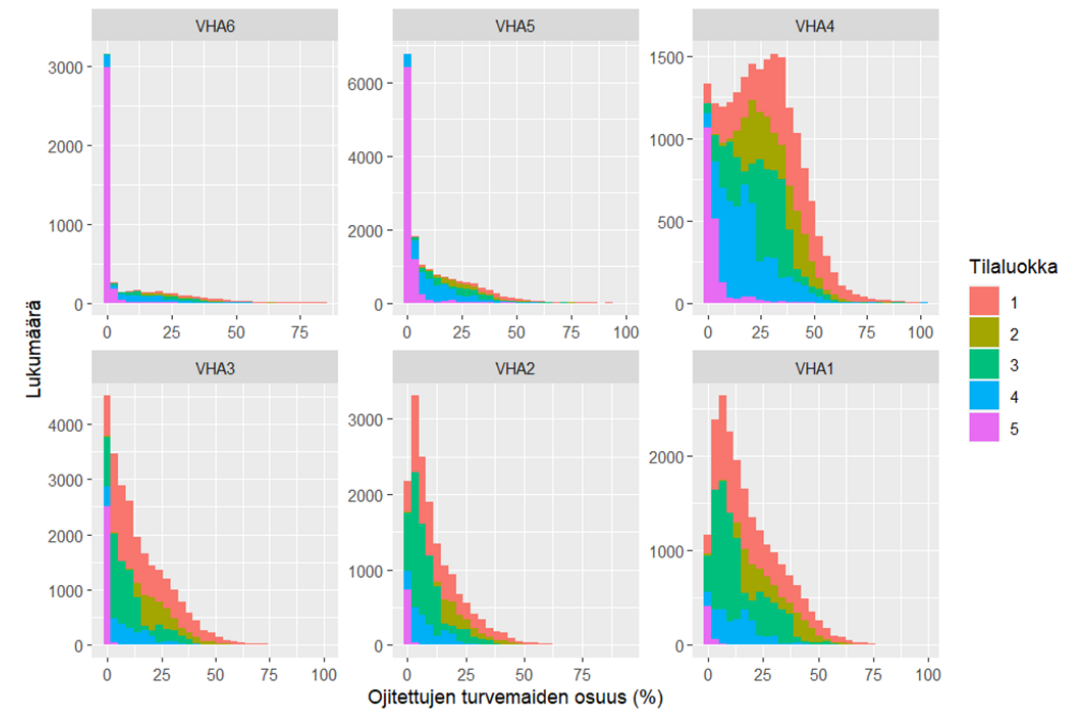
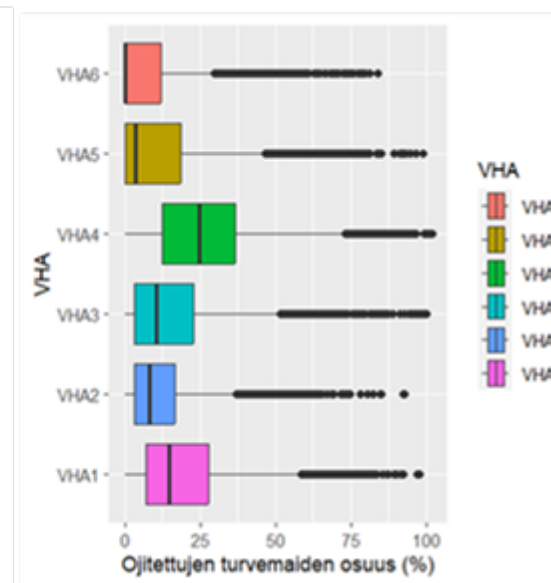
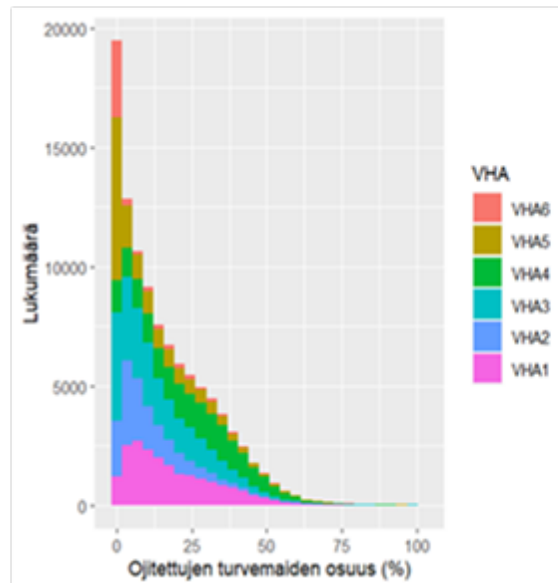
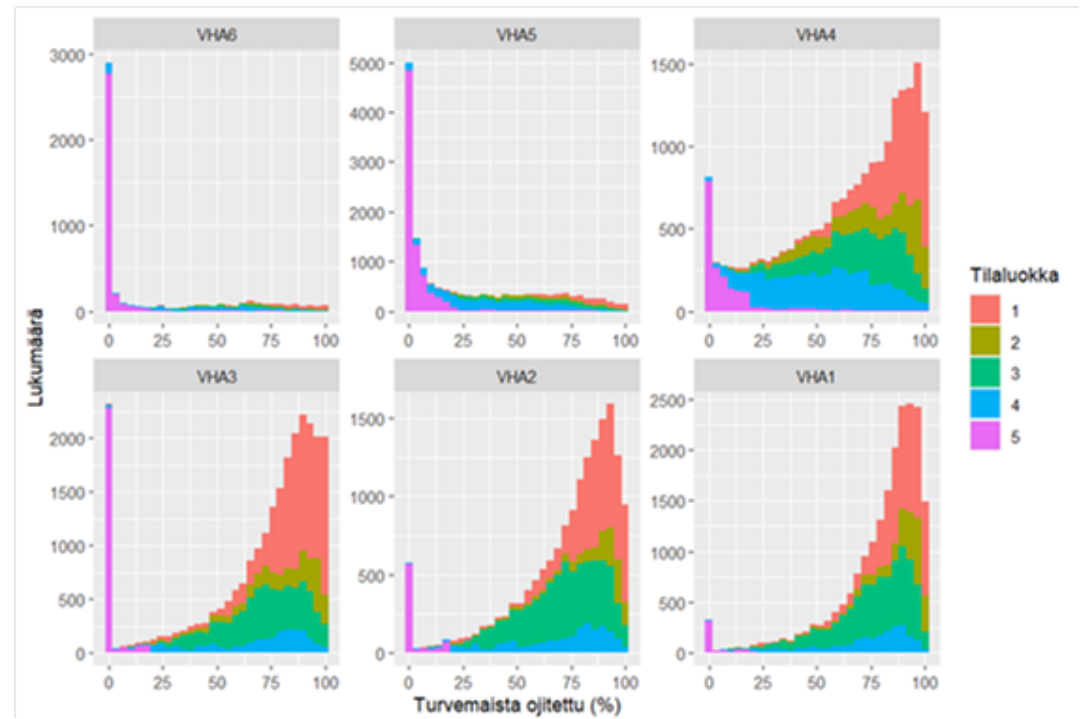
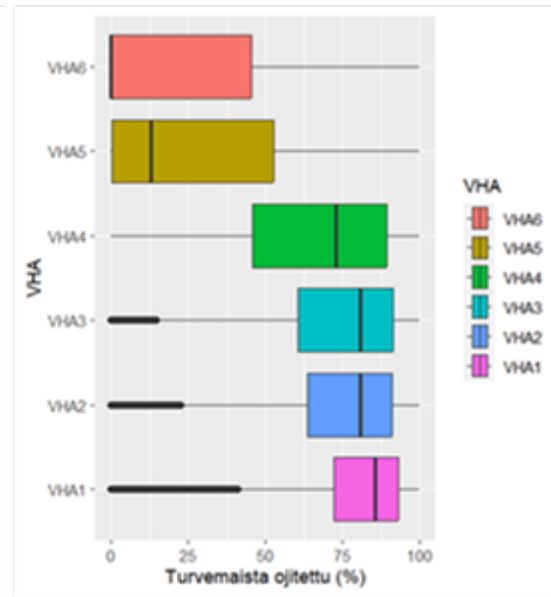
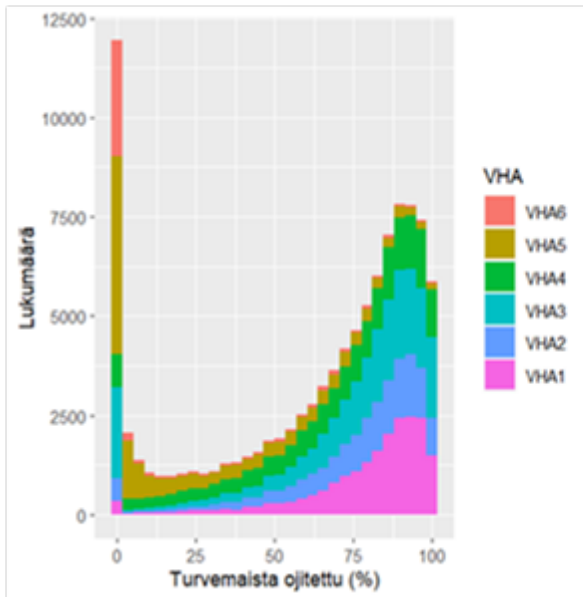


5. Pienten uomien luonnontilan muuttuneisuus ja metsätalouden maankäyttö pienillä valuma-alueilla



Vesienhoitoalue	L1 %	L2 %	L3 %	L4 %	L5 %	N uomia
VHA1	38	14	36	11	1	18755
VHA2	39	10	37	12	1	13058
VHA3	50	15	25	9	1	19529
VHA4	30	16	22	25	8	19163
VHA5	8	6	10	25	51	15966
VHA6	9	4	7	18	62	4601
Muut	14	2	14	23	47	123





6. Yhteenveto

- Yksittäisten biologisten laatutekijöiden ekologinen tila on vesienhoitoalueilla lähes pääsääntöisesti vähintään hyvä, ekologinen tila on järvissä parempi
- Heikoin ekologinen tila on Kokemäenjoen (VHA3) ja Oulujoen-lijoen (VHA4) vesienhoitoalueilla
- Heikoimpaan tekijään perustuvissa luokittelussa keskimäärin vain 37 % jokipaikoista ja 55 % järvistä on biologisten laatutekijöiden ja fysikaalis-kemiallisten tekijöiden perusteella vähintään hyvässä ekologisessa tilassa eteläisillä (1–4) vesienhoitoalueilla.

Yhteenveto

- Pohjoisilla vesienhoitoalueilla (VHA 5 ja 6) yli puolet uomista on mallinnuksen mukaan luonnontilaisia, eteläisillä alueilla (VHA 1-3) luonnontilaisia uomia on vain prosentti kaikista uomista.
- Vähän tai kohtalaisesti muuttuneita uomia on eteläisilläkin vesienhoitoalueilla suhteellisen runsaasti
- Uomien tilaennusteet jakautuvat voimakkaasti suhteessa turvemaiden ojituksiin, eteläisten vesienhoitoalueiden turvemaat on lähes systemaattisesti ojitettu

Metsätalouden toimenpiteiden vesistökuormitus ja vesiensuojelumenetel- mien vaikuttavuus

Sakari Sarkkola,
Luonnonvarakeskus (Luke)

*Puuta jalostavan teollisuuden vesitiekartta –webinaari
09.03.2026*



Mistä vesistökuormitus syntyy metsätaloudessa?

- Metsätalouden vesistökuormitusta syntyy kahdella tavalla:

1) Metsänhoitotoimien yhteydessä

- Ojien kunnostus 8000-12000ha/v (90% metsätalouden kiintoainekuormasta)
- Uudistushakkuut ja maanmuokkaus: n. 150 000 ha/v, joista n. 20 000-50 000 ha/v turvemailla (kuormitus turvemailta yli 2-kert./ha)
 ➔ *lisäkuormitusta tulee 4-10 vuotta toimenpiteen jälkeen*
- Metsien typpilannoitus

2) Ojituksesta aiheutuva pitkäaikainen ravinnekuormitus (nk. ojituslisä)

- ➔ *Ravinnekuormitus ojitetuilta soilta on pysyvästi suurempaa kuin luonnontilaisilta soilta.*

Tärkeimmät kuormittavat aineet:

- Typpi, fosfori, kiintoaine, orgaaninen hiili



Kuva: Sakari Särkkö



Kuvat: Mika Nieminen

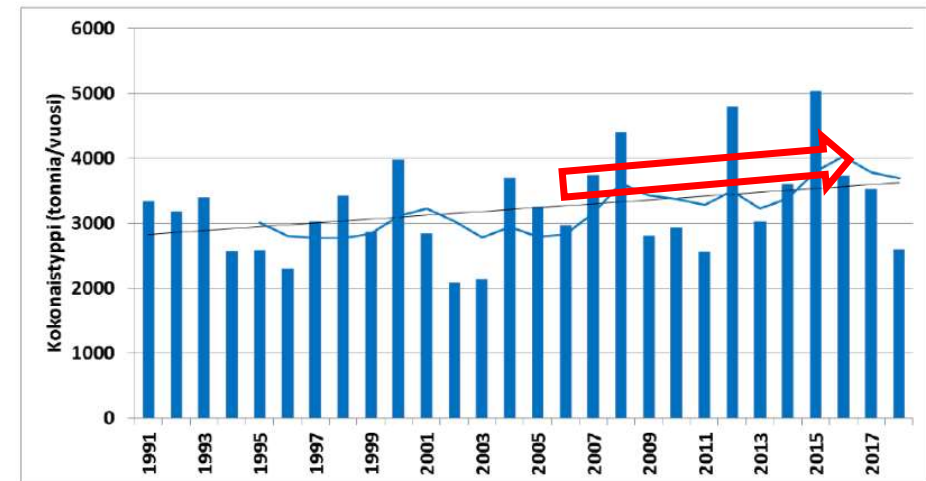
- Ojitusalueiden kuormitus: ennen 1-3% ➡ nyt jopa 15-20%
- Varsinaisen ojitustoimenpiteen aiheuttama kuormitus melko lyhytaikaista (20v.) ➡ Kuormitus edelleen kasvaa
- **Vesistöjen tummuminen** seurausta ilmaston muutoksesta, happaman laskeuman vähenemisestä sekä maankäytöstä

➡ **Kangasmaat:** Kuusettuminen, hakkuumäärien kasvu

➡ **Ojitetut suot:** Kiinteä (turve) ja liuennut orgaaninen aine

- Kehitys ei ole kääntynyt vesiensuojelutoimista huolimatta

Oulujoen typpivirtaama 1991-2018



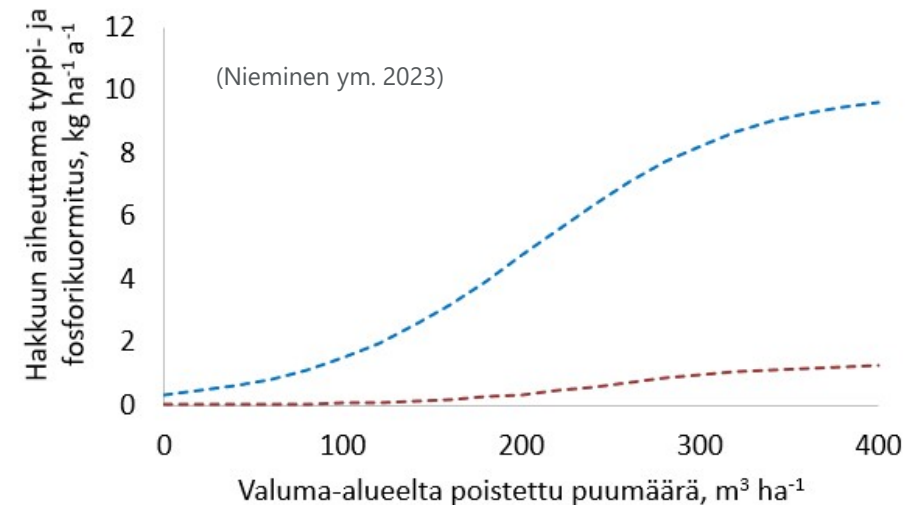
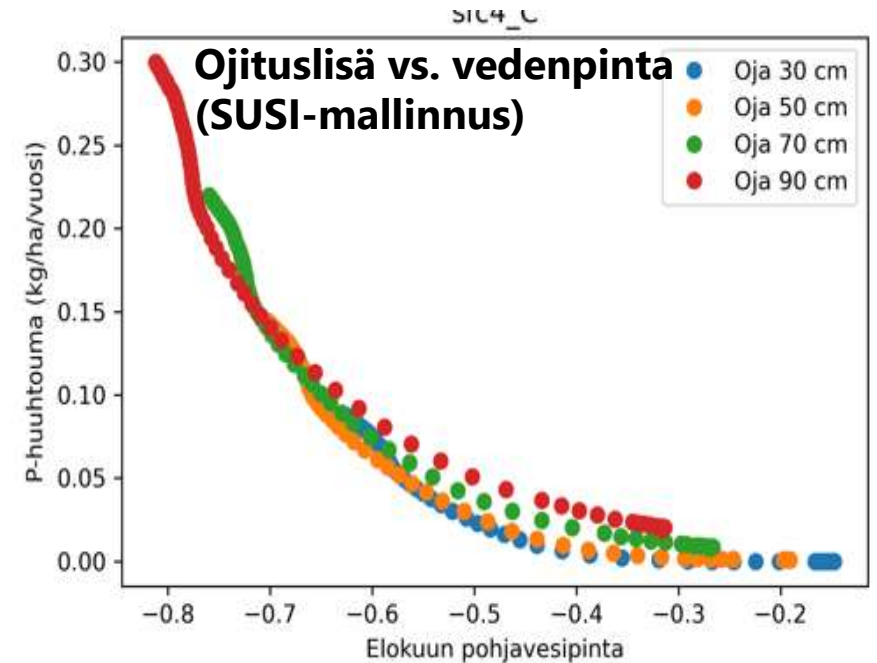
Toisin kuin Suomessa, Ruotsissa pohjoisten jokivesien typpi- ja fosforikuormat ovat laskussa!

Miten ojituslisä syntyy? Miten hakkuun voimakkuus vaikuttaa?

- Turvemaidilla kuormitus kasvaa kun vedenpinta alenee ojituksen ja järeytyvän puuston haihdunnan lisääntymisen myötä (Nieminen ym. 2021ab, 2022)

➔ *turpeen hajotessa hapellisissa olosuhteissa ravinteita vapautuu maaveteen*

- Kuormitus lisääntyy myös silloin kun vedenpinta nousee 30 cm syvyytason yläpuolelle erityisesti turpeessa tapahtuvien kemiallisten reaktioiden seurauksena.
- Ravinnepuutokset heikentävät myös ravinteiden ottoa ja sitä kautta voivat lisätä kuormitusta (Nieminen ym. 2022)
- Hakkuupoistuman määrä ja kuormituksen määrä korreloivat (Nieminen ym. 2023)



Metsätalouden kuormitus – mistä ja kuinka paljon sitä tulee?

Luken selvitys kuormitusten määristä ja vesiensuojelutoimista

- Tapio Palvelut Oy:n Luonnonvarakeskukselta (Luke) ostama asiakastoimeksianto (2025), joka on osa Metsäteollisuus ry:n Puuta jalostavan teollisuuden tilaamaa hanketta metsätalouden vaikutuksista vesistöjen tilaan ja miten vesiensuojelutoimenpiteillä vaikutetaan kuormitukseen.
- Hankkeen tavoitteina oli tuottaa:
 - 1) *Merkittävimpien metsätaloustoimien vesistökuormitusarviot (typelle, fosforille ja kiintoaineelle) nykyhetkellä hehtaarikohtaisina että koko Suomelle alueittain maakunnallisesti ja vesienhoitoalueittain (viisi edeltävää vuotta). Luvut erikseen kivennäis- ja turvemaille.*
 - 2) *Kooste metsätalouden vesiensuojelumenetelmien pidätystehosta, hyödyistä, puutteista ja epävarmuuksista*
- Laskelmat pohjattiin tekohetkellä parhaaseen käytettävissä olevaan tietoon ja menetelmiin kuormituksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä aikataulu huomioiden.

Käytetyt aineistot ja menetelmät

- Lähteinä käytettiin tilastotietoa, metsänkayttöilmoituksia ja muita paikkatietoaineistoja.
- Kaikki data on hankittu avoimista tietolähteistä.
- Keskeiset tarkastellut metsänkäsittelymenetelmät:
 - *Uudistushakkuut kivennäismailla*
 - *Turvemaiden kaikki hakkuut*
 - *Lannoitukset (kivennäismaat: kasvatuslannoitus, turvemaat: terveyslannoitus)*
 - *Ojien kunnostus*
 - *Lisäksi toimenpidekokonaisuuteen otettiin mukaan ns. **ojituslisä***

Datan lähde	Käytetty data	Turve- maid hakkuut	Kivennäis- maid uudistaminen	Lannoitus	Ojien kunnostus	Ojituslisä
Metsäkeskus	Metsänkayttöilmoitukset (gis-data)	x	x			
Metsäkeskus	Hakkuuaikomukset (.xls)	x				
MML	MML maastotietokannan suoalueet (gis-data)	x	x			
MML	Hallinnolliset rajat (gis-data)	x	x	x	x	x
SYKE	Vesienhoitoalueiden rajat (gis-data)	x	x	x	x	x
SYKE	Merialueiden rajat	x	x	x	x	x
Luke	Metsänhoito- ja metsänparannustyöt -tilasto			x	x	
Luke	Ojitusilanne metsätalousmaalla -tilasto					x

Turvemaiden hakkuut

- Turvemaiden hakkuiden kuormituslaskentaan käytettiin kunnittaisia keskimääräisiä hakkuita (m^3/ha) vuosille 2020–2024 (Metsäkeskuksen hakkuaikomukset) ja poistetun puuston määrästä riippuvia kuormitusmalleja (kg/ha) typelle ja fosforille (Nieminen ym. 2023).
- Metsänkäyttöilmoitusten perusteella arvioitiin kunnittain turvemaiden osuus kaikista hakkuista.



Kunnittaiset arviot turvemaiden hakkuiden vuosittaisista pinta-alaosuuksista.

- Turvemaiden hakkuiden kuormitus (kg) arvioitiin kunnittaisten hakkuaikomusten (ha) ja turvemaidella tehtyjen hakkuiden pinta-alaosuuksien (%) perusteella. Lopuksi kuormitukset summattiin maakunnittain ja vesienhoitoalueittain.



Kivennäismaiden metsänuudistaminen

- Kivennäismaiden uudistamisen pinta-alat arvioitiin metsänkäyttöilmoitusten (2020–2024) perusteella. Kuormituksen laskennassa hyödynnettiin ominaiskuormituslukuja (Finer ym. 2010, Nieminen ym. 2023)
- Tiettyinä vuonna tehdyt hakkuut aiheuttavat vesistökuormitusta ominaiskuormituslukujen perusteella seuraavien 10 vuoden ajan, typpikuormitusta yhteensä 10,1 kg/ha ja fosforikuormitusta yhteensä 1,33 kg/ha (Nieminen ym. 2023).
- Ominaiskuormituslukujen ja arvioitujen kivennäismaiden uudistamisen pinta-alojen perusteella lasketut vesistökuormitukset summattiin maakunnittain ja vesienhoitoalueittain.

Ojien kunnostus

- Ojien kunnostuksen aiheuttama kuormitus laskettiin ominaiskuormituslukujen (Nieminen ym. 2023, Finér ym. 2010) ja maakunnittain tilastoitujen ojien kunnostusmäärien (km) perusteella.
- Ojatiheytenä käytettiin 0,25 km ojaa/ha, mikä vastaa tyypillistä 40 m ojaväliä.

Ojituslisän arviointi

- Ojituksen pitkäaikaisvaikutukset arvioitiin maakunnittain ojituslisäyhtälöiden (kg/ha/vuosi) avulla typelle ja fosforille (Nieminen ym. 2020).
- Laskentaan käytettiin maakunnan keskimääräistä lämpösummaa ja lämpösumman perusteella arvioitua valuntaa (Finér ym. 2020).
- Maakunnittainen kuormitus (kg/vuosi) laskettiin VMI13 mukaisten ojitetujen soiden pinta-alojen perusteella.

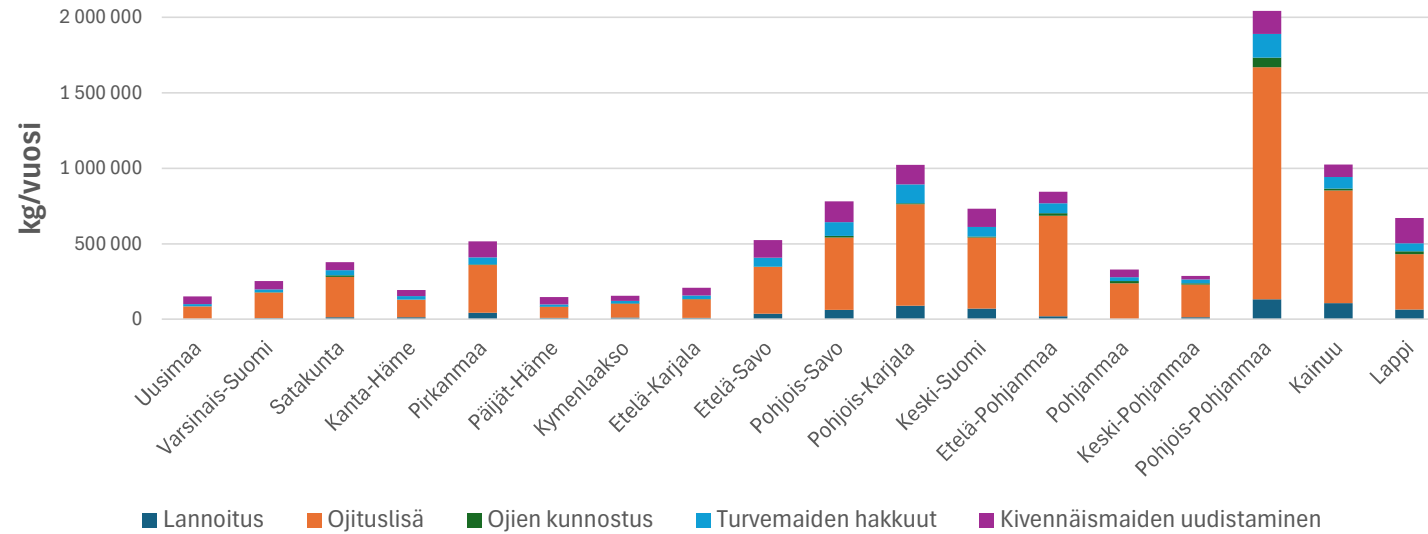


Tuloksia

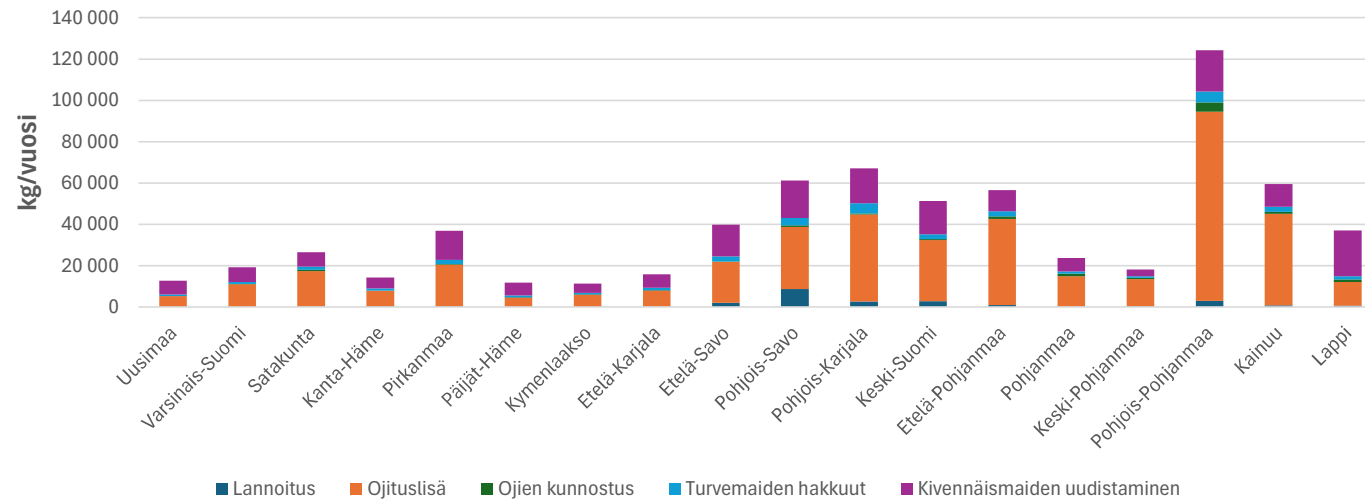
Metsätalouden vuotuiset typen, fosforin ja kiintoaineen kokonaiskuormat (keskiarvo 2020-2024)

Toimenpide	Typpikuorma (tonnia/vuosi)	Fosforikuorma (tonnia/vuosi)	Kiintoainekuorma (tonnia/vuosi)
Kasvatuslannoitus kankaat	725	24	-
Ojien kunnostus	179	13	26836
Turvemaiden hakkuut	939	36	-
Uudistaminen kankaat	1499	197	-
Ojituslisä	6934	418	-
Yhteensä	10275	688	26836
<i>Nieminen ym. (2020)</i>	8500	590	
<i>Finér ym. (2020)</i>	7300	440	

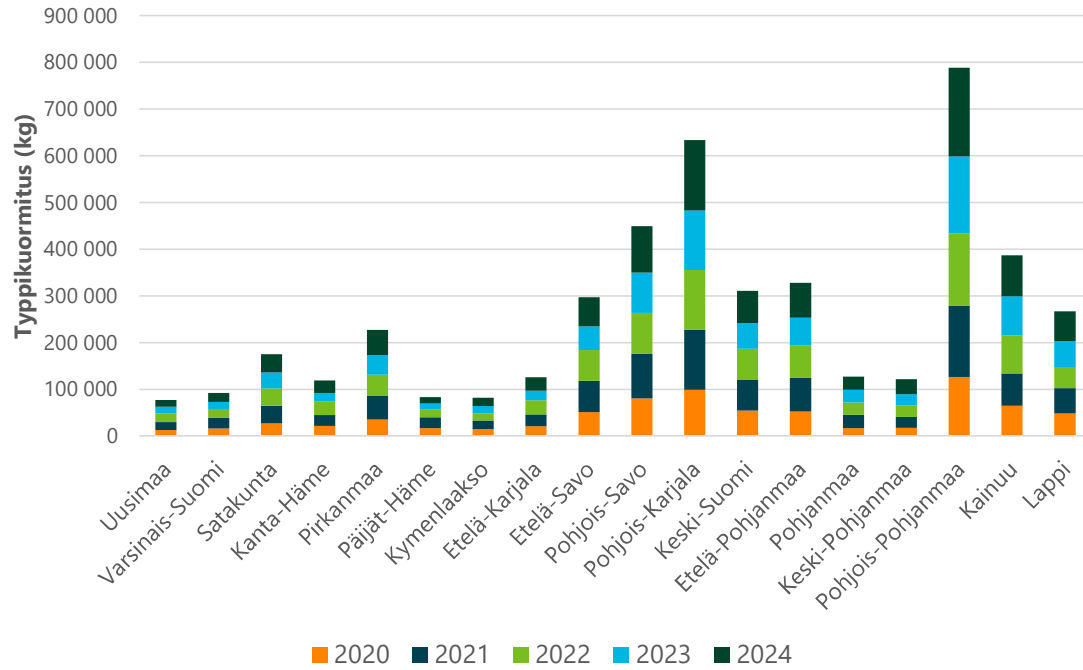
Metsätalouden typpikuormitus maakunnittain



Metsätalouden fosforikuormitus maakunnittain



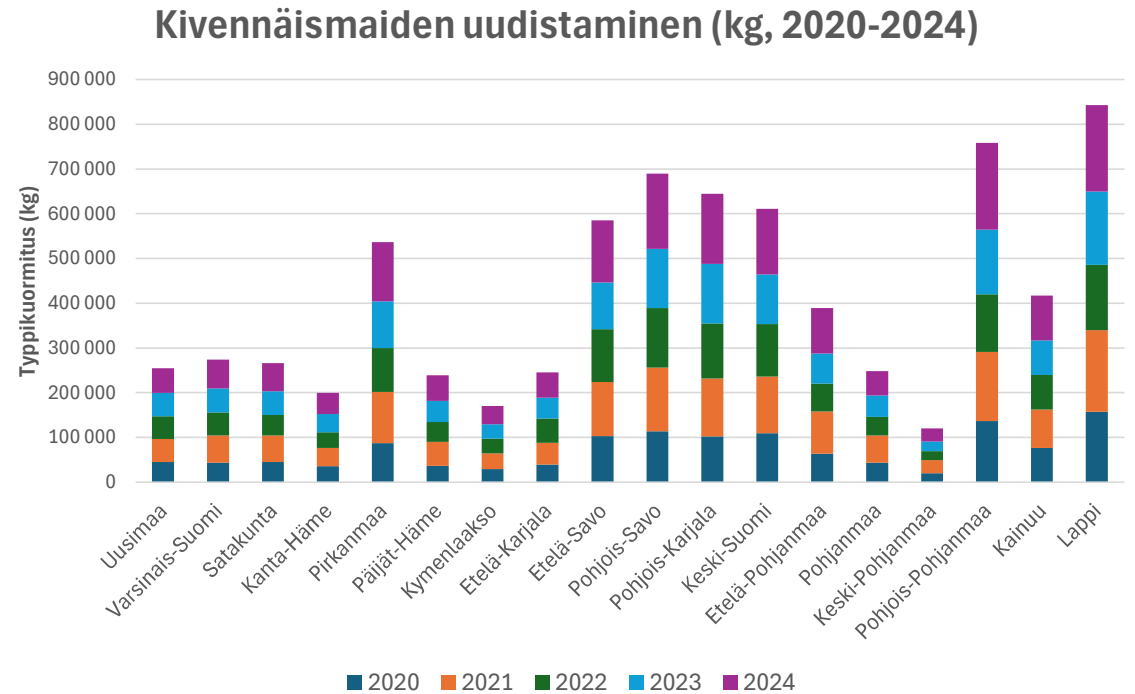
Turvemaiden hakkuut (kg, 2020-2024)



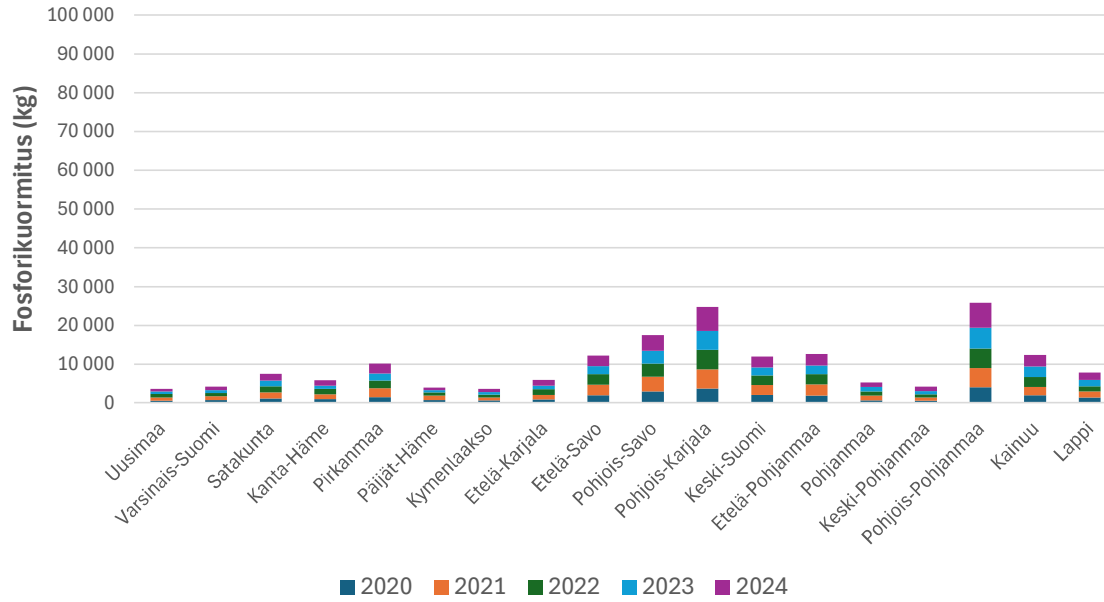
- Turvemaiden hakkuiden N- ja P-kuormituksissa painottuvat ojitusaluevaltaiset maakunnat - erityisesti Pohjois-Karjala ja Pohjois-Pohjanmaa

- Kivennäismaiden metsänuudistamisesta kuormitus painottuu keski-Suomen sekä Pohjois-Suomen maakuntiin

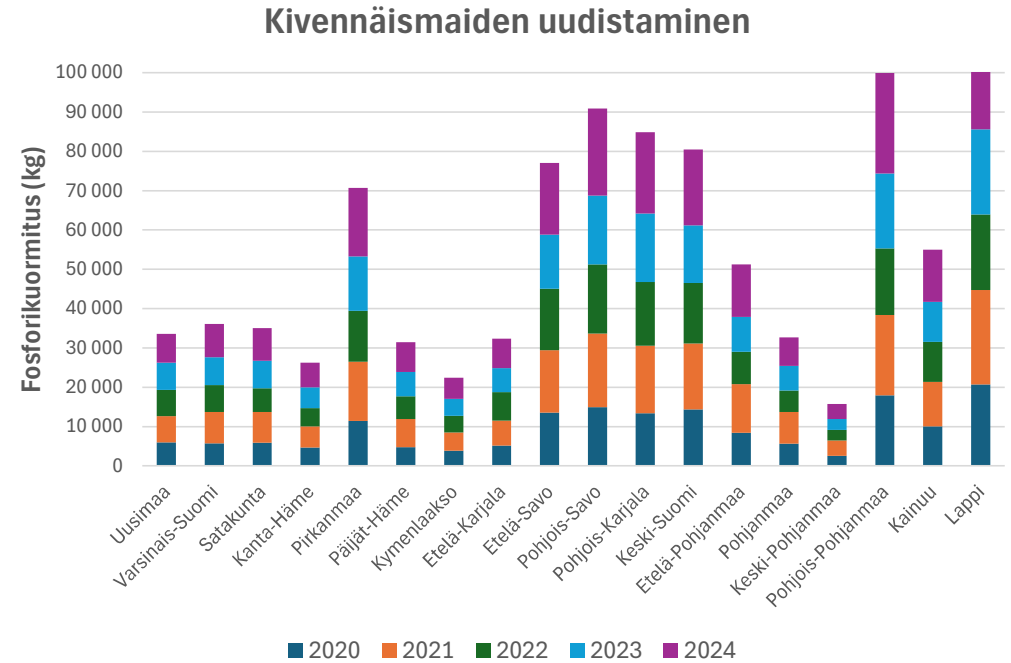
Turvemaiden hakkuiden ja kivennäismaiden metsänuudistamisen typpikuormat maakunnittain 2020-2024



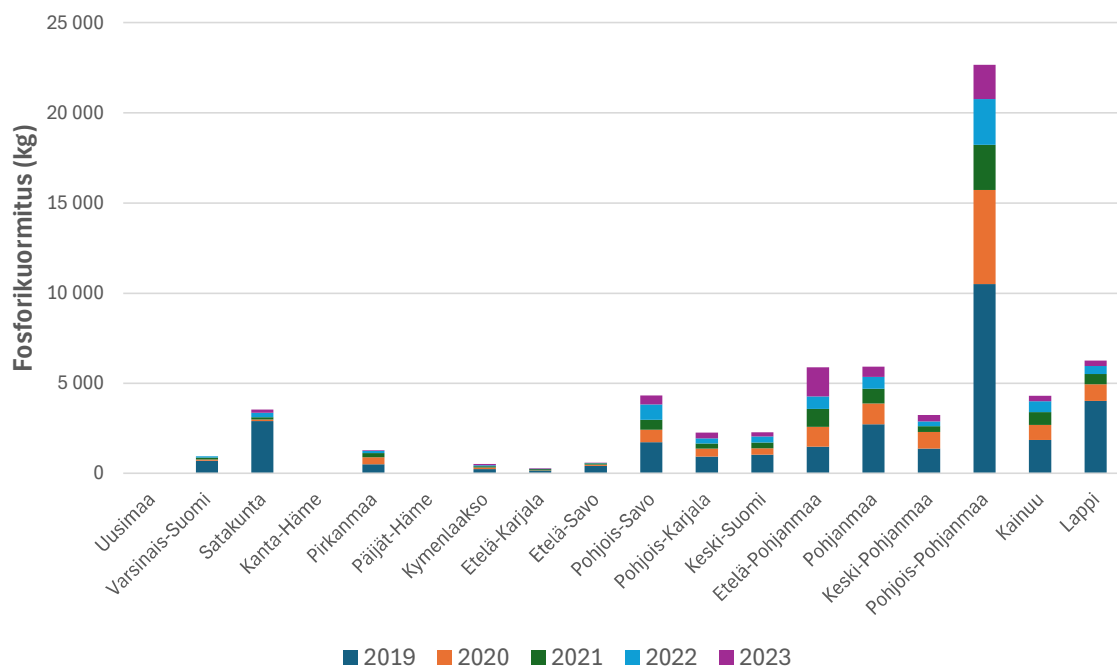
Turvemaiden hakkuut



Turvemaiden hakkuiden ja kivennäismaiden metsänuudistamisen fosforikuormat maakunnittain 2020-2024



Ojien kunnostus, fosforikuorma (kg)

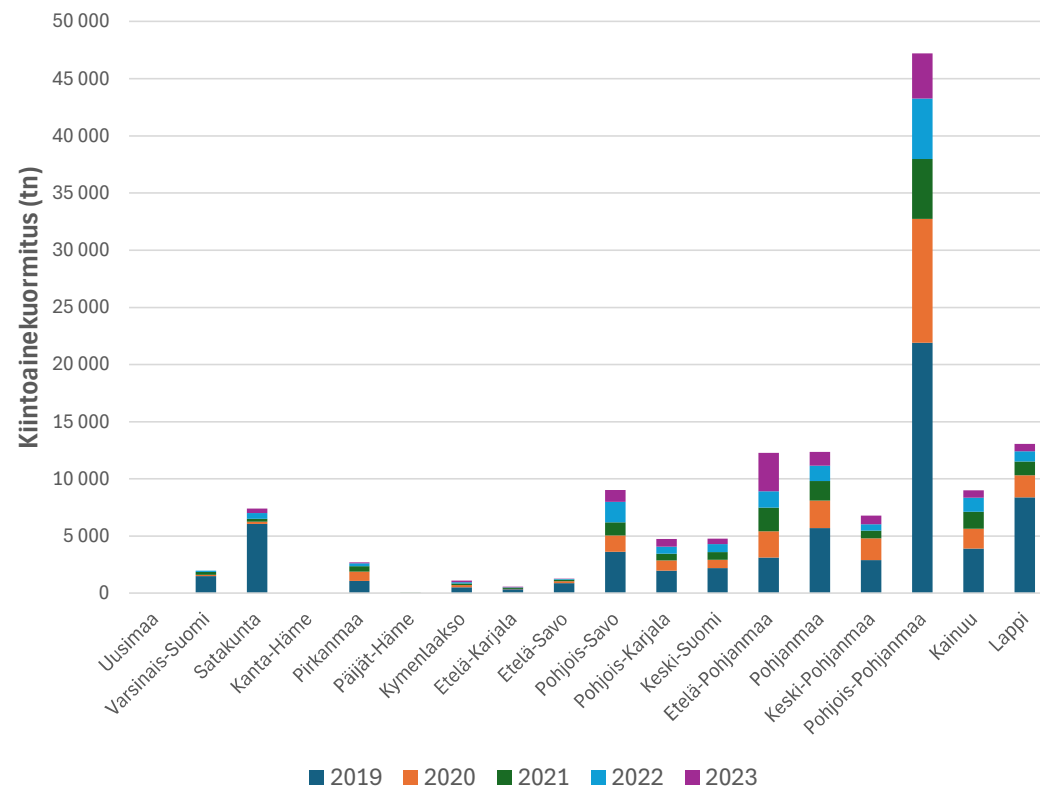


- **Kunnostusojituksen P- ja kiintoainekuormat vähentyneet vuosi vuodelta merkittävästi**

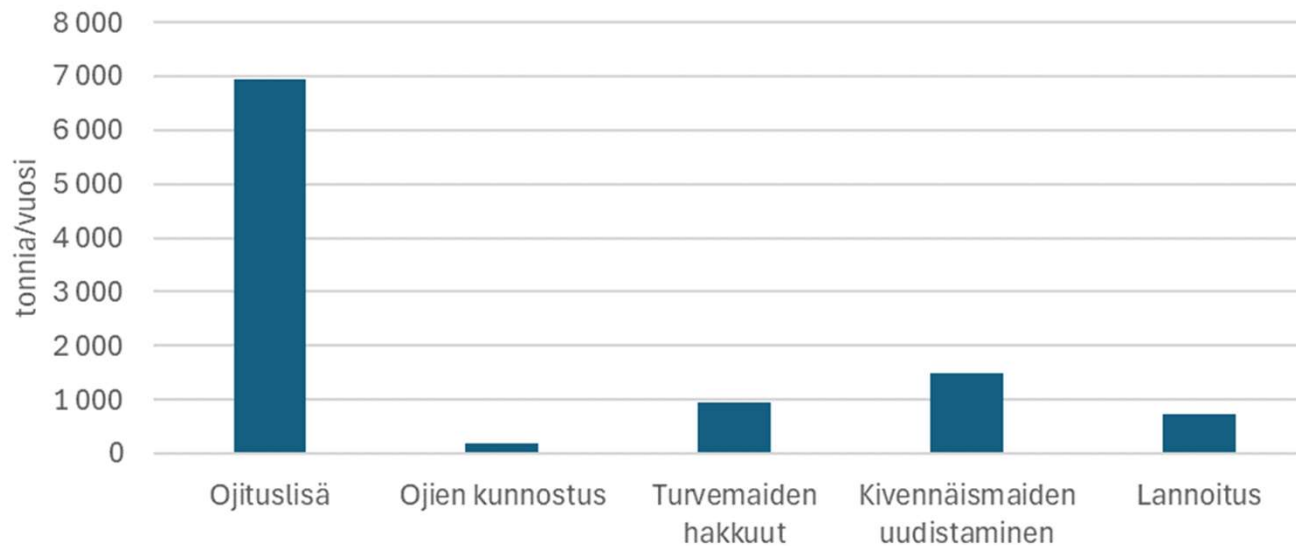
➔ *vuotuinen toteutuspinna-ala jatkuvasti pienentynyt*



Ojien kunnostus, kiintoainekuorma (kg)

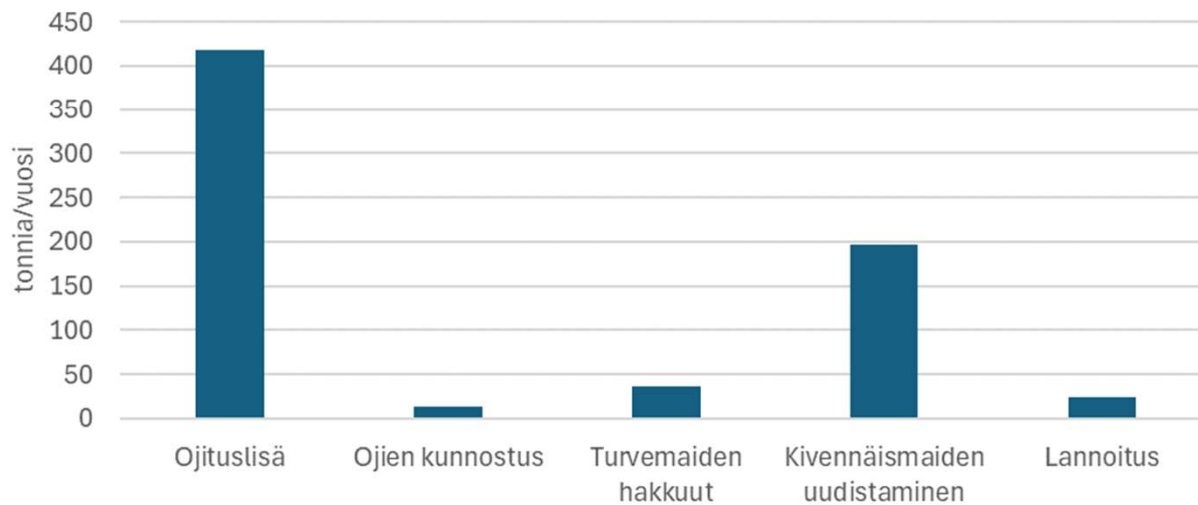


Metsätalouden typpikuormitus Suomessa



- Valtakunnallisesti sekä typen että fosforin ojituslisän määrä 2-kertainen muiden metsätalouden toimenpiteiden yhteenlaskettuun kuormituksen määrään verrattuna

Metsätalouden fosforikuormitus Suomessa



Vesiensuojelumenetelmien vaikuttavuus

Mitä tiedetään ja miten kuormitusta voitaisiin vähentää?

- Metsätalouden aiheuttamaa vesistökuormitusta voidaan periaatteessa torjua kahdella tavalla:
 - 1) Toimenpiteet voidaan suunnitella ja mitoittaa niin, että lisäkuormitusta ei synny tai se on hyvin vähäistä (ennaltaehkäisy), ja
 - 2) Pidättämällä ravinteet vesiensuojelurakenteen avulla ennen kuin ravinteet purkautuvat soilta ja metsistä vesistöihin (jälkikäsittely).



merkittävänä haasteena vesiensuojelun kannalta ollut sekä vesiensuojelumenetelmien puuttuminen että niiden heikkotehoisuus. Tulevaisuudessa haasteena myös muuttuva ilmasto

- Seuraavassa keskitytään vesiensuojelumenetelmien vaikuttavuuteen (jälkikäsittely)

Vesiensuojeluratkaisujen käytössä ja toimivuudessa haasteita

- Yleisimmin käytettyjä vesiensuojelumenetelmiä/-rakenteita ovat: **laskeutusaltaat, kaivukatkot, lietekuopat, virtaamansäätöpadot ja pintavalutukseen** perustuvat menetelmät (pintavalutus kentät, vesiensuojelukosteikat, kaksitasouomat, vesienpalautus). Uusia menetelmiä myös pidättävän materiaalin kuten puuaineksen tai biohiilen lisääminen uomiin.
- Suomen olosuhteissa kuormituksen pidättäminen vesiensuojeluratkaisuin on haasteellista ➡ *valtaosa vuotuisesta valunnasta ja huuhtoumista tapahtuu kasvukauden ulkopuolella.*
- Perinteisesti vesiensuojelulla metsätaloudessa on pyritty vähentämään partikkelimaista kuormitusta. Liuenneiden ravinteiden pidättäminen on vaikeampaa ja siihen on kiinnitetty vähemmän huomiota.



Sakari Sarkkola

- Kunnostusojituksen yleisimmät vesiensuojeluratkaisut ovat **laskeutusaltaat ja virtaamansäätöpadot**

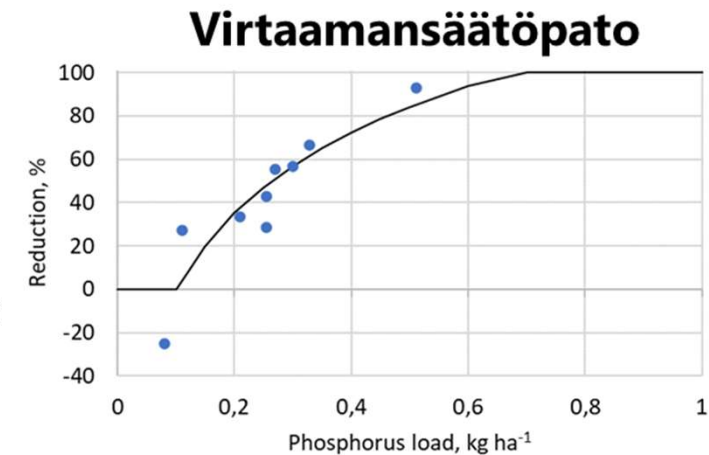
➡ vähentävät tehokkaimmin kiintoaineen ja siihen sitoutuneiden ravinteiden huuhtoutumista.

➡ toimivat lähinnä vain silloin, kun altaaseen tai padolle tuleva kuormitus on suhteellisen suurta – ”keskimääräinen” metsäalueilta tuleva kuormitus pidättyy huonosti (Nieminen ym. 2024).

- Ravinteita pidättävillä materiaaleilla ei kenttäoloissa ole toistaiseksi saatu merkittävää hyötyä metsätalousalueilla (Karosto 2016, Mosquera ym. 2024) tai ne toimivat vain sulan maan aikaan (Vuori ym. 2021).

- Mitä pidemmälle turve maatuu, sen hienojakoisemmaksi se muuttuu ja sitä helpommin vesi saa sen liikkeelle.

➡ Nykyisillä ojitusalueilla turve on usein jo pitkälle maatunutta, jolloin esimerkiksi laskeutusaltaat ja lietekuopat voivat jopa lisätä kiintoainekuormitusta niissä tapahtuvan eroosion takia.



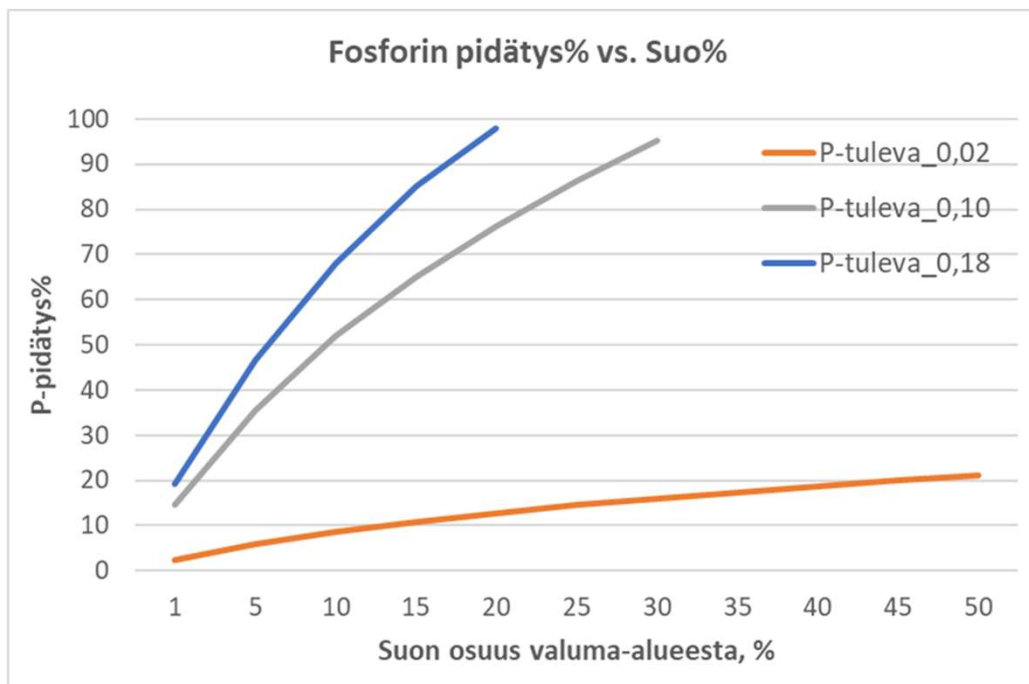
Tehokkaimpia menetelmiä pintavalutuskenttä/ vesiensuojelukosteikko

- Vesi ohjataan pintakasvillisuuden sekaan ja suotautuu kasvillisuuden ja pintamaakerroksen läpi
- Pidättää tehokkaasti myös liuenneita ravinteita
- Haasteita sopivien paikkojen löytämisessä, tai kaltevuus / koko (1-3% valuma-alueen alasta)
- Parhaat kohteet ojittamattomat suoalueet (esim. vesienpalautus) tai kuivahtaneet metsänkasvatuskelvottomat turvemaat
- Aiemmin metsäojitettu tehokkaasti kuivattu, pitkällä turvekangasvaiheessa oleva alue ei paras sijoituspaikka

➔ *Alkuvuosina pintavalutuskenttä voi olla jopa kuormituslähde!*



Vain suhteellisen laajat (% valuma-alueesta) vesiensuojeluratkaisut toimivat, laajat vesiensuojelukosteikot



- Pitkä veden viipymä
- Talvikaudella kosteikolle huuhtoutuneet ravinteet kosteikolla edelleen, kun pidätysprosessit lämpimään aikaan aktivoituvat

- Pintavalutuskentäksi ennallistettu tai perustettu kosteikko lisää kuitenkin lähes välittömästi monimuotoisuutta. Pitemmällä aikavälillä myös kuormitus vähenee. ➡ *Seurantatietoa ennallistamisen pitkäaikaisvaikutuksista kuitenkin vielä vähän.*
- Haasteena niin pintavalutuskenttien kuin muidenkin vesiensuojelumenetelmien vaikuttavuudessa etenkin **ojituslisän vaatimaton torjuntakyky**.
- Pienialaisuuden vuoksi myöskään vesistöjen kapeahkot suojavyöhykkeet eivät välttämättä pidätä ravinteita erityisen tehokkaasti. Mutta niillä **merkittävä rooli monimuotoisuuden säilymisessä ja edistämisessä**.



Johtopäätöksiä

- Tähän mennessä toteutettu vesiensuojelu ei ole ollut riittävää pintavesien laadun parantamiseksi
- Vesiensuojelussa ei yhtä ainoaa oikeaa tapaa. Tehokasta vesiensuojelua olisivat **kuormituksen synnyn ehkäisyyn liittyvät toimenpiteet**, kuten hakkuutavan valinta, kuivatuksen järjeistäminen ja eroosioriskin vähentämiseen liittyvät toimet
- Ojituslisän torjunta merkittävä haaste, johon tarvittaisiin lisää ratkaisuja. **Huom! Suometsän hakkuista pidättäytyminen ei vähennä ojituslisää**
- Tehokkaimpia vesiensuojelurakenteita **pintavalutukseen** perustuvat menetelmät, koska niillä voidaan pidättää myös liuenneita ravinteita.
 - ➡ *Menetelmät parantavat myös monimuotoisuutta merkittävästi ja voivat myös vähentää kuivuusriskiä*
- Vesiensuojelurakenteiden perustamisessa **oikea ja riittävä mitoitus** tärkeää
 - ➡ *Valuma-alueen laajuinen huomiointi milloin vain suinkin mahdollista*
 - ➡ **Laadukas vesiensuojelumenetelmien suunnittelu A&O!**

Kirjallisuutta

- Finér ym. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. Suomen ympäristö 10 | 2010.
- Finér ym. 2020. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020. MetsäVesi-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:6
- Karosto, K. (toim.). 2016. Biosuodattimet metsätalouden vesiensuojelussa. Mikkelin ammattikorkeakoulu, D: Vapaamuotoisia julkaisuja 85, 79 s. ISBN: 978-951-588-580-7 (PDF)
- Mosquera, V., Gundale, M. J., Palviainen, M., Laurén, A., Laudon, H., & Maher Hasselquist, E. (2024). Biochar as a potential tool to mitigate nutrient exports from managed boreal forest: A laboratory and field experiment. *Global change biology*, 16(3), Article e13131. <https://doi.org/10.1111/gcbb.13131>
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Haahti, K., Sallantausta, T., Koskinen, M., Ojanen, P. 2020. Metsäojitettujen soiden typpi- ja fosforikuormitus Suomessa. *Suo* 71(1): 1–13.
- 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*: 22001. <https://doi.org/10.14214/ma.22001>
- Nieminen M., Stenberg L., Leppä K., Lohila A., Minkkinen K., Ojanen P., Korhonen 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.
- 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 vesistökuormitukseen PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti.