

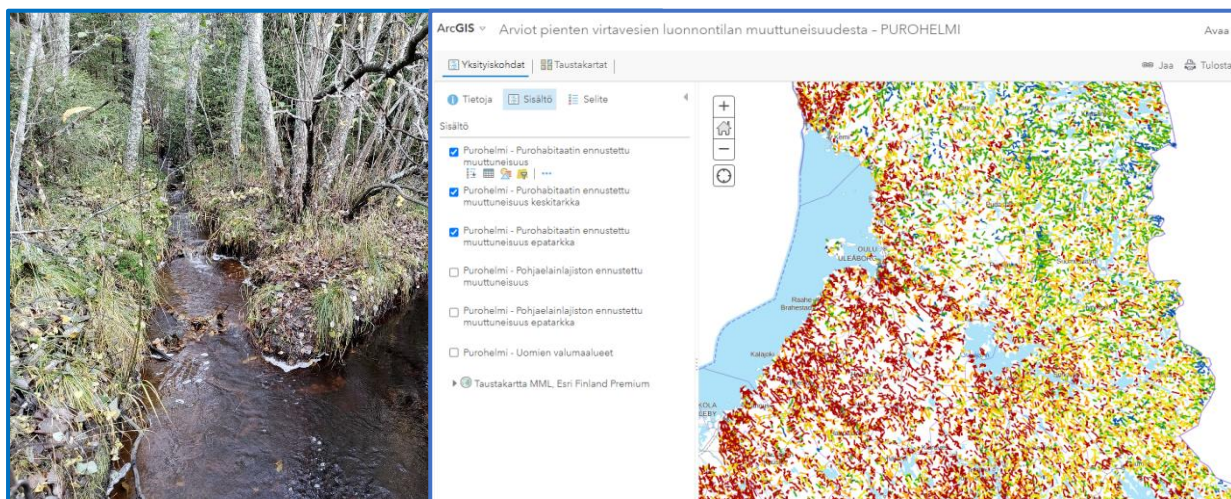
Pienten virtavesien valtakunnallinen tilan arviointi ja mallinnus (Purohelmi)

Loppuraportti

15.11.2021 (päivitetty 29.8.2022)

Jukka Aroviita, Aleksi Nivala, Mikko Tolkkinen ja Heikki Mykrä

Vesikeskus, Suomen ympäristökeskus



Sisällys

1	Tausta	1
2	Hankkeen toteutus	1
3	Aineistot ja paikkatietotyöt	2
3.1	Uomien määrittely	2
3.2	Uomien tiedot	3
3.3	Rantavyöhykkeen maakäyttö.....	3
3.4	Yläpuoliset valuma-alueet.....	3
3.5	Valuma-alueiden tietojen laskenta	3
4	Habitaattien muuttuneisuuden mallinnus	3
4.1	Inventointiaineisto	3
4.2	Mallinnusmenetelmät	4
4.3	Mallin rakennus ja lopullinen malli	4
4.4	Pienten virtavesien habitaattien tila	6
4.5	Tulosten tarkastelu.....	8
5	Pohjaeläinlajiston muuttuneisuuden mallinnus.....	11
5.1	Lajistomallinnuksen kehitys	11
5.2	Mallin validointi ja sen tulokset	13
5.3	Pienten virtavesien pohjaeläinlajiston tila	14
5.4	Mallin virhelähteet ja kehityskohteet	16
6	Verkkokartta ja avoin paikkatietoaineisto.....	16
7	Yhteenveto, johtopäätökset ja jatkokehitystarpeet	18
8	Viitteet	20
9	Liitteet.....	21
	LIITE 1. Hankkeen toteutusaikataulu	21
	LIITE 2. Hankkeen viestintä	22

1 Tausta

Pienet virtavedet (purot ja pienet joet) ovat tärkeä osa luonnon vesitaloutta ja monimuotoisuutta. Suomessa on kuitenkin jäljellä vain vähän luonnontilaisia pieniä virtavesiä. Niiden tilaa ovat heikentäneet laaja-alainen maa- ja metsätalouden maankuivatus, uomien perkaukset, näistä toimista aiheutuva kiintoaine- ja ravinnekuormitus sekä erilaiset vesirakenteet ja metsien hakkuut.

Jäljellä olevien luonnontilaisten pienten virtavesien turvaamiseen ja heikentyneiden vesien tilan parantamiseen tarvitaan systemaattisia lähestymistapoja ja tilan arvioinnin menetelmiä. Pienvesien tilasta tarvitaan valtakunnallisesti kattavaa arviointitietoa erityisesti vesienhoidon suunnittelua ja kunnostettavien vesistöjen tunnistamista varten sekä luontotyyppien uhanalaisuuden arviointia varten.

Vesienhoidon tehostamiseksi latvavesistöjen tila-arviot tulisi kytkeä kiinteämmin vesistöjen tilaluokitteluun sekä kunnostusten suunnitteluun ja niiden alueelliseen priorisointiin.

Pienten virtavesien tilan kattava arviointi maastokäynnein on käytännössä mahdotonta, minkä vuoksi arvioinnissa tarvitaan paikkatietopohjaisia menetelmiä. Menetelmien mahdollisuuksista saatiin lupaavia tuloksia Freshabit-hankkeessa, jossa kehitettiin pienten virtavesien tilan arviointimenetelmiä ja paikkatietoaineistoista johdettujen muuttujien ja tilastollisen mallin avulla ennustettiin purohabitaattien luonnontilaisuutta Metsähallituksen Iijoen valuma-alueelta inventoimissa puroissa (Aroviita ym. 2021).

Pienten virtavesien valtakunnallinen tilan arviointi ja mallinnus (Purohelmi) -hanke (VN/13420/2020) toteutettiin SYKEssä aikavälillä 1.6.2020- 30.9.2021. Hankkeen rahoitti ympäristöministeriön Helmi-elinympäristöohjelma. Hankkeen päätavoitteet olivat:

1. tuottaa työkaluna mallinnusmenetelmä, jolla voidaan tehdä valtakunnallisella tasolla pienten virtavesien luonnontilan muuttuneisuuden arvio. Mallia voidaan tämän jälkeen hyödyntää myös pienten virtavesien hydro-morfologisen muuttuneisuuden arvioinnissa.
2. tuottaa valtakunnallisesti ja lähtökohtaisesti kaikille yksittäisille pienille virtavesille niiden luonnontilan muuttuneisuuden arvio ja tilaluokat.
3. tuottaa tietoa auttamaan saavuttamaan Helmi-ohjelman tavoitteita Suomen luonnon köyhtymisen pysäyttämisessä.

Hankkeessa jatkettiin mallinnusmenetelmien kehittämistä. Hankkeessa koottiin Metsähallituksen uudet purohabitaattien inventoinnit ja testattiin uusia tilastollisia mallinnusmenetelmiä sekä paikkatietoaineistoja. Hankkeessa kehitettiin pohjaeläinlajiston muuttuneisuuden mallinnus. Hankkeen päätuote ovat luonnontilan muuttuneisuuden arviot hankkeessa luodulle koko Suomen kattavalle noin 100 000 pienen virtaveden viiva-aineistolle. Mallinnuksiin perustuvat ennustearviot tuotettiin habitaattien muuttuneisuudelle ja pohjaeläinlajiston muuttuneisuudelle.

2 Hankkeen toteutus

Hanke toteutettiin SYKEssä. Paikkatietotöistä ja verkkokartan tekemisestä vastasi Aleks Nivala, habitaattimallin kehittämisestä Heikki Mykrä ja biologisen mallin kehittämisestä Mikko Tolkkinen. Jukka Aroviita kehitti R-ohjelmalla toteutetut automatisoidut rasterilaskentarutiinit ja Aleks Nivala kehitti valuma-alueiden automatisoidun rajauksen ArcGIS-ympäristössä. Mikko Tolkkinen toteutti rasterilaskennat SYKEN laskentapalvelimella. Suunnitteluun ja tietojen koontiin ja yhdistelyyn osallistui koko projektiryhmä. SYKEN tietokeskus (Jaakko Suikkanen) osallistui verkkokartan ja

aineistojen julkaisuun. Projektipäällikkönä toimi Jukka Aroviita (1.2.-31.7.2021 ajan Heikki Mykrä). Hankkeen toteutusaikataulu on esitelty Liitteessä 1 ja viestinnästä on kerrottu Liitteessä 2.

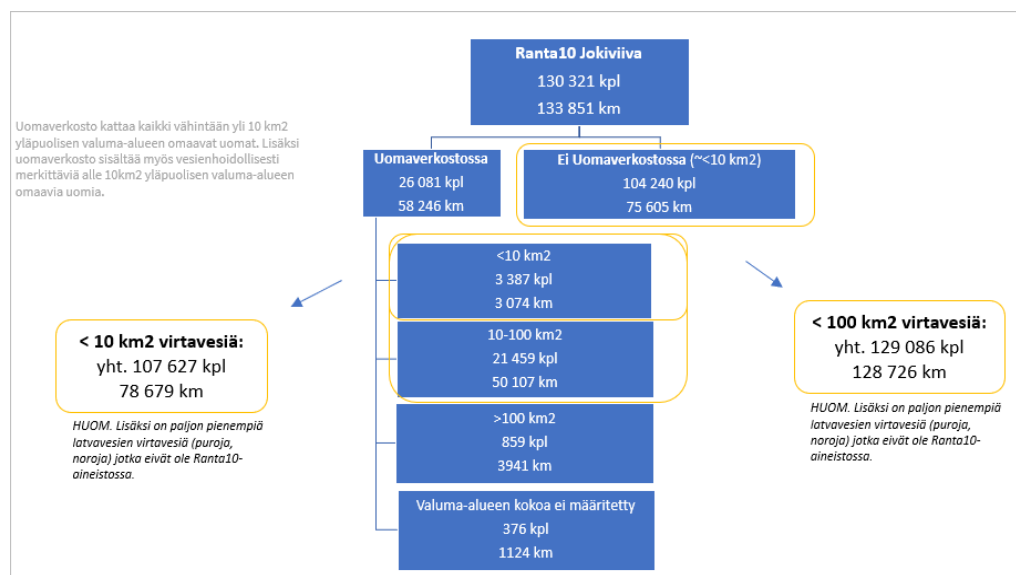
Hankkeella oli **ohjausryhmä** ja se kokoontui kolme kertaa. Ohjausryhmässä olivat edustajat ympäristöministeriöstä (Antton Keto, pj), maa- ja metsätalousministeriöstä (Ville Keskisarja, Olle Häggblom), SYKEstä (Seppo Hellsten), Lukesta (Pauliina Louhi), Suomen Metsäkeskuksesta (Antti Leinonen), Metsähallituksen luontopalveluista (Jari Ilmonen), Metsähallituksen eräpalveluista (Jukka Bisi), Metsähallituksen Metsätalous Oy:stä (Eeva-Liisa Jorri, Ann-Mari Kuparinen), Valoniasta (Janne Tolonen), Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksesta (Kimmo Aronsuu, Timo Yrjänä). Sihteerinä toimi Jukka Aroviita.

3 Aineistot ja paikkatietotyöt

3.1 Uomien määrittely

Hankeaineistoon otettiin mukaan SYKEN Ranta10-aineiston jokiviivat, jotka oli luokiteltu valuma-alueeltaan alle 100 km² kokoisiksi (**Kuva 1**). Lisäksi osalle Ranta10-aineiston jokialueille määritettiin laskennallisia keskilinjoja. Tämä tapahtui kohdentamalla jokialueen sisällä olevia soluja lähimpään rantaviivaan ArcGIS:n Cost Allocation -työkalulla. Keskelle jokialuetta syntyneestä jaosta muodostettiin uusi keskilinja.

Uomien jaksotus perustuu Ranta10-aineistoon. Uomajaksot katkeavat pääsääntöisesti jokiverkoston risteyskohdissa tai kohdissa, joissa jokiviiva on Ranta10-aineistossa muuttunut jokialueeksi. Myös jokialueille muodostetut keskilinjat ovat omia uomajaksojaan. Jakson keskipituus on n. 1 km ja hankkeen kokokriteerit täyttäviä uomajaksoja n. 108 000. Kemijoen ja Tornionjoen valuma-alueiden pohjoispuolisten jokien, eli Tenon, Näätämojoen, Uutuanjoen, Paatsjoen ja Tuulomajoen valuma-alueet jätettiin rajauksen ulkopuolelle, mallin soveltuvuuteen liittyvien epävarmuuksien vuoksi. Jokainen uomajakso mallinnettiin erikseen.



Kuva 1. Valtakunnallisen aineiston pienet virtavesiuomat.

3.2 Uomien tiedot

Uomien luonnollista meandoroitua ja suoristamisen astetta kuvattiin PienvesiGIS-hankkeessa kehitetyn paikkatietomenetelmän tuottamalla mutkaisuusindeksillä (Häkkiä ym. 2015). Mutkaisuusindeksissä uomaa suoristetaan ArcGIS:n Generalize-työkalulla niin, että suoristettu uomaviiva on enimmillään 10 m päässä alkuperäisestä uomaviivasta. Suoristetun viivan pituutta verrataan uoman todelliseen pituuteen. Mitä lähempänä mutkaisuusindeksi on lukua yksi, sitä suurempi uoma on.

$$\text{Mutkaisuus} = \frac{(\text{alkuperäinen uoman pituus, m})}{(\text{suoristettu uoman pituus, m})}$$

3.3 Rantavyöhykkeen maakäyttö

Uoman lähiympäristön maankäytön mittaamista varten kaikille uomille määritettiin ArcGIS:n Buffer-työkalulla uoman molemmille puolille 30 m, yhteensä siis halkaisijaltaan 60 m rantavyöhyke.

3.4 Yläpuoliset valuma-alueet

Jokaisella uomajaksolle määritettiin sen yläpuolinen valuma-alue ArcGIS:n Watershed-työkalun ja MML:n 10 m x 10 m korkeusaineistoon pohjautuvan SYKEN Value-virtaussuuntarasterin avulla käyttäen automatisoitua python-laskentaa. Yksittäisten purkupisteiden sijaan yläpuolinen valuma-alue määritettiin koko uomaviivalle. Jokaisen uomajakson valuma-alue määritettiin erikseen, joten valuma-alueet ovat limittäisiä ja yltyvät vesistön latvoille saakka. Kun määritetyistä valuma-alueista rajattiin ulos ne, jotka ylsivät Suomen rajojen ulkopuolelle, saatiin n. 105 000 valuma-alueen aineisto.

3.5 Valuma-alueiden tietojen laskenta

Jokaiselle uoman valuma-alueelle ja uoman lähiympäristölle laskettiin Corine-maankäyttöluokat (clc2018), metsien häviämä (Global Forest Change), Zonation-indeksi, puuston ikä (MVMI, Luke) ja turvemaiden ojitus (aineistojen kuvaukset, ks. tarkemmin Aroviita ym. 2021). Laskenta toteutettiin R-ympäristössä ja SYKEN laskentapalvelimella automatisoitujen laskentarutiinien avulla.

4 Habitaattien muuttuneisuuden mallinnus

4.1 Inventointiaineisto

Mallinnukseen käytettiin PienvesiGIS (Häkkiä ym. 2015) ja Freshabit (Aroviita ym. 2021) -hankkeissa koottua Metsähallituksen tuottamaa Iijoen valuma-alueen mittavaa purojen inventointiaineistoa (Hyvönen ym. 2005, Luhta ja Moilanen (julkaisematon aineisto)). Aineisto käsittää 436 puron (noin 1700 km) systemaattisesti tehdyt maastoinventoinnit. Aineistoa täydennettiin Metsähallituksen vuosina 2019 ja 2020 tekemillä, koko maan kattavilla 193 puron inventoinneilla.

Inventoinnissa purojen varret kuljetaan kokonaisuudessaan läpi ja samalla kirjataan tietoja purojen ominaisuuksista ja luonnontilan muuttuneisuudesta (Hyvönen 2005). Purovarret jaetaan eripituisiin jaksoihin uoman muotojen, virtaustyyppien, alueen kasvutyyppien ja ihmistoiminnan perusteella. Luonnontilan muuttuneisuus on keskeisin maastossa arvioitava tekijä. Luonnontilaa muuttaneita arvioitavia tekijöitä ovat metsäojitukset, uoman perkaukset, rantavyöhykkeen hakkuut ja maan

muokkaukset. Lisäksi arvioidaan mudan ja hiekan määrää puroumassa sekä vedenlaadun mahdollista muutosta. Kaikki osatekijät ja kokonaisarvio purohabitaatin luonnontilan muuttuneisuudesta arvioidaan kuusiportaisella asteikolla 0–5. Pistearvo 5 edustaa luonnontilaista tilannetta, jossa ei ole uomaan ja lähivaluma-alueeseen kohdistuneita tai muita ihmistoiminnasta aiheutuneita muutoksia (Hyvönen ym. 2005). Jos purojakso saa pistearvon 0 tai 1, se on voimakkaasti ihmistoiminnan muuttama ja sen suojeluarvo on vähäinen. Menetelmä soveltuu purojen tilan arviointiin missä tahansa, ja sitä voidaan käyttää kunnostustarpeen arvioimisen lisäksi myös kunnostusten seurantaan (Moilanen & Luhta 2018).

Tilastollista mallinnusta varten puroille laskettiin aiempien hankkeiden tapaan inventoitujen purojaksojen luonnontilaisuusarvojen pituuspainotettuna keskiarvona yksi jatkuva luonnontilaisuusmuuttuja.

Valitussa purojoukossa esiintyi kaikkia luonnontilan muuttuneisuusluokkia väliltä 1–5, mutta luokkien jakauma vinoutui jonkin verran luonnontilaisimpiin uomiin. Täysin muuttuneita uomia oli noin 7 % kaikista uomista ja luonnontilaisia tai lähes luonnontilaisia uomia (pistearvo > 4,5) noin 13 %.

4.2 Mallinnusmenetelmät

Freshabit-hankkeessa purohabitaattien luonnontilaisuutta mallinnettiin monimuuttujaregressiolla ja erotteluanalysillä. Tässä hankkeessa sovellettiin koneoppimismalleja. Koneoppimismallit ovat algoritmeja, jotka kykenevät opetuksen jälkeen tunnistamaan havaintoaineistosta rakenteita ja poikkeamia. Mallinnuksessa havainnot jaetaan opetusaineistoon, jolla algoritmia koulutetaan, sekä testausaineistoon, jolla algoritmin suorituskykyä arvioidaan. Mallinnuksessa kokeiltiin muutamia vaihtoehtoisia algoritmeja, joista lopulliseksi menetelmäksi valittiin Extreme Gradient Boosting. Menetelmä on päätöspuuperusteinen algoritmi, joka soveltuu hyvin hankkeen tutkimusongelmaan, jossa yksittäisten rivimäisten havaintojen perusteella tuotetaan ennuste puron luonnontilaisuusluokasta. Mallinnukset tehtiin R-ohjelmistopakettilla caret (Kuhn ym. 2016), joka on koneoppimismallien rakentamiseen kehitetty ohjelmistopaketti.

4.3 Mallin rakennus ja lopullinen malli

Purojen luonnontilaisuus mallinnettiin luonnontilaisuuden luokkina. Tätä varten purojen keskiarvoistusta luonnontilaisuuden luokista muodostettiin viisi luokkaa (luokka 1: 0–1,5, luokka 2: 1,5–2,5, luokka 3: 2,5–3,5, luokka 4: 3,5–4,5, luokka 5: 4,5–5,0). Muodostettu luokittelu sopii aineistoon alkuperäistä tasavälistä luokittelua paremmin, koska se lisää vaihtelua luokituksen ääripäissä. Tämän jälkeen aineisto jaettiin satunnaisesti kahteen osaan siten, että varsinaisessa mallinnusaineistossa oli 80 % havainnoista ja testausaineistoksi jätettiin 20 % havainnoista.

Extreme Gradient Boosting- algoritmin opetusprosessia kontrolloivien hyperparametrien arvot valittiin iteroimalla kaikilla hyperparametrien yhdistelmillä sovitettua mallia. Mallin ylisovitusta kontrolloitiin ristivalidoinnilla, jossa mallia testataan satunnaisesti aineistosta poistetuilla havainnoilla. Ristiinvalidointi toistettiin kolme kertaa ja jokaisella kerralla aineistosta poistettiin satunnaisesti 10 % havainnoista.

Kaikissa käytetyissä paikkatietoaneissa oli ainakin joitain purojen luonnontilaisuuteen liittyviä muuttujia. Näistä rajattiin muuttujien keskinäisten korrelaatioiden perusteella alustava joukko muuttujia. Lopulliseen malliin selittävät muuttujat valittiin niiden tärkeysjärjestyksen mukaan siten, että mallista pudotettiin vähemmän merkityksellisiä muuttujia. Lopulliseen malliin muuttujat valittiin vertailemalla vaihtoehtoisia malleja. Lopulliseen malliin valikoituivat mutkaisuusindeksi, ojitettujen turvemaiden osuus valuma-alueesta, ojitettujen turvemaiden osuus turvemaista, puiden

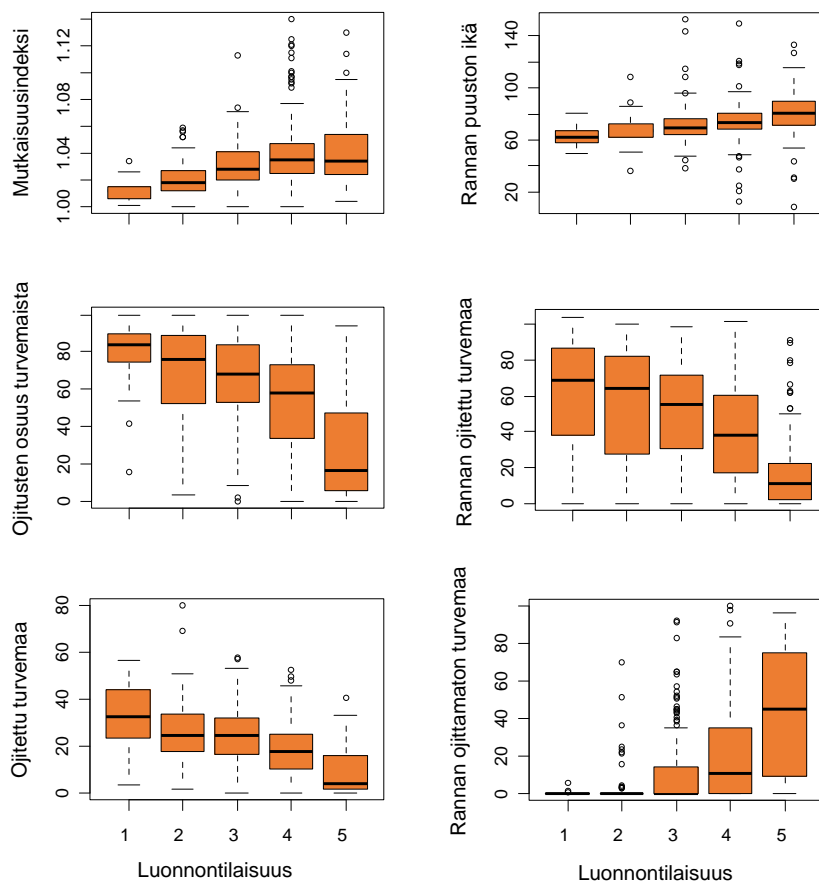
keskimääräinen ikä rantavyöhykkeellä, ojitettujen turvemaiden osuus rantavyöhykkeellä ja ojittamattomien turvemaiden osuus rantavyöhykkeellä.

Etenkin mutkaisuusindeksi sekä koko valuma-alueen ojitukset erottelivat purojen luonnontilaisuusluokkia suhteellisen hyvin (**Kuva 2**). Rantavyöhykkeen ojitusten ala lisääntyi ja ojittamaton ala kasvoi luonnontilaisuuden muuttuessa, mutta nämä muuttujat erottelivat selkeimmin luonnontilaset luokan viisi purot (**Kuva 2**). Myös rantavyöhykkeen puuston peittävyyspainotettu keskimääräinen muuttui luonnontilaisuuden muuttuessa, mutta tässäkin erottuivat lähinnä luokkien ääripäät.

Malli ennusti oikeisiin luonnontilaisuusluokkiin 51 % testipaikoista (**Taulukko 1**). Virheelliset ennusteet testipaikoilla osuivat pääsääntöisesti vierekkäisiin tilaluokkiin., Mallilla tuotettiin ennustetun tilaluokan lisäksi todennäköisyydet, joilla ennustetta havainto kuuluu kuhunkin tilaluokkaan. Todennäköisyyksien perusteella voidaan päätellä ennusteen luotettavuutta ja toisaalta myös luokiteltavan kohteen muuttuneisuutta.

Taulukko 1. Habitaattien mallinnus, ennusteiden ja inventointien ristiintaulukointi validointiaineistossa.

Ennustettu luonnontilaluokka	Inventoitu luonnontilaluokka				
	1	2	3	4	5
1	3	2	1	0	0
2	4	5	5	1	0
3	0	6	10	3	1
4	1	2	17	35	9
5	0	2	0	4	6



Kuva 2. Lopulliseen malliin valittujen muuttujien vaihtelu mallinnusaineiston luonnontilaisuusluokissa.

4.4 Pienten virtavesien habitaattien tila

Valtakunnalliset ennusteet tuotettiin aluksi kaikille hankkeessa muodostetuille Ranta10 aineiston pienten virtavesien uomille. Tämän jälkeen ennusteista rajattiin pois hyvin pienet uomat (valuma-alue < 5 hehtaaria). Ennusteiden tarkastelu osoitti lisäksi, ettei mallinnus toimi luotettavasti valuma-alueilla, joilla ei ole turvemaita. Tämän vuoksi aineistosta poistettiin uomat, joiden valuma-alueen pinta-alasta turvemaita oli alle 5 %. Ennusteita ei tuotettu lainkaan Teno-, Näättämö- ja Paatsjoen vesienhoitoalueelle, koska purouomiin ei alueella ole kohdistunut merkittävää ihmisvaikutusta.

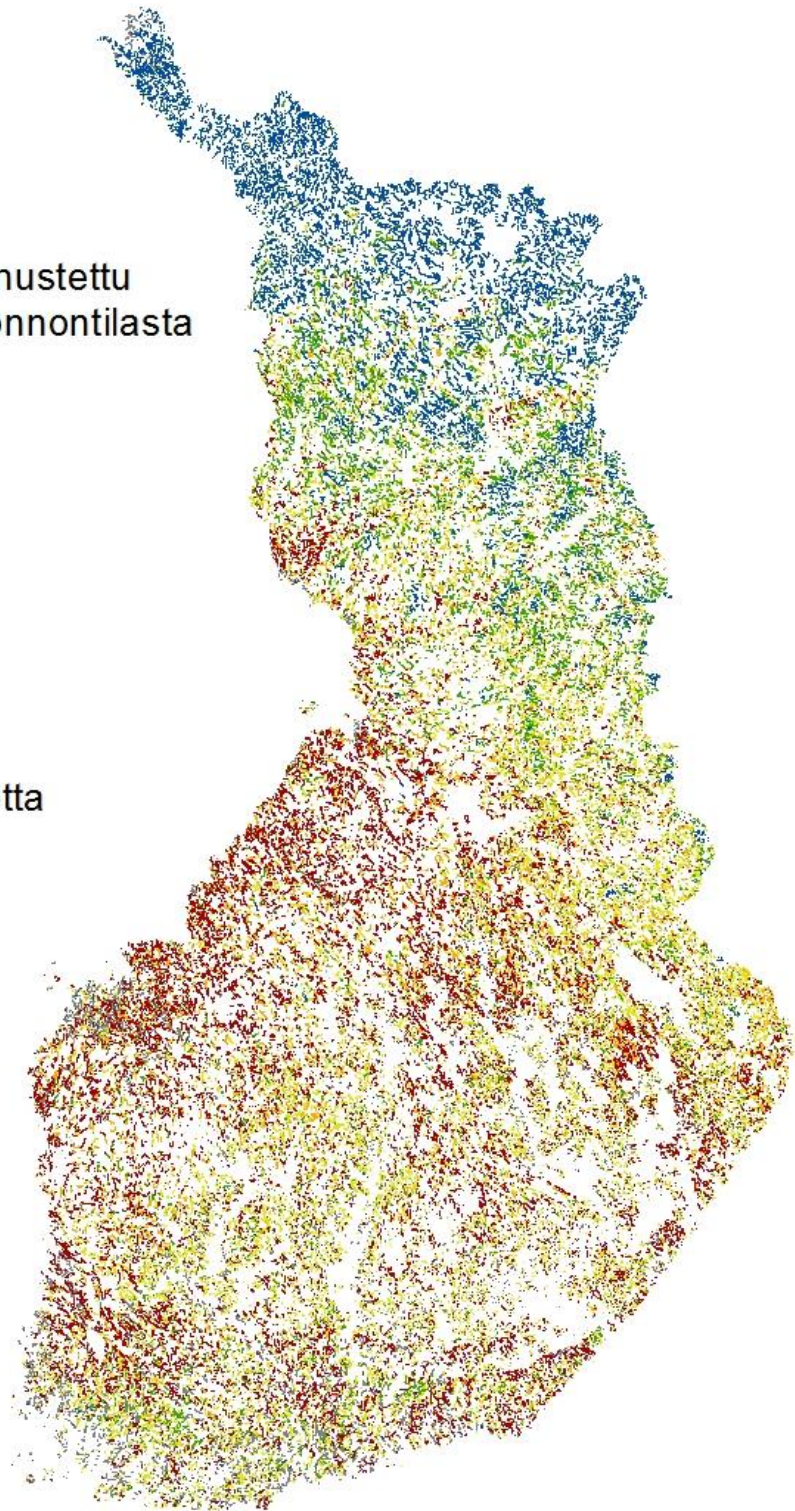
Pienten virtavesiuomien tila vaihteli valtakunnallisesti siten, että pohjoisilla vesienhoitoalueilla (VHA 5 ja 6) yli puolet uomista ennustettiin luonnontilaisiksi, kun taas eteläisillä alueilla (VHA 1 -3) luonnontilaisiksi ennustettuja uomia oli vain prosentti kaikista uomista (Taulukko 1). Kaikkein heikoimpaan luokkaan ennustettujen uomia oli eteläisillä alueilla 38–50 % uomista ja etenkin länsirannikolla ja Pohjanmaalla pienten virtavesiuomien tila on ennusteiden mukaan voimakkaasti heikentynyt (Kuva 5). Toisaalta vähän (luokka 4) tai kohtalaisesti muutettuja (luokka 3) uomia on eteläisilläkin vesienhoitoalueilla varsin paljon (**Taulukko 2**).

Taulukko 2. Pienten virtavesiuomien vesienhoitoaluekohtaiset kokonaismäärät (N) ja ennustettujen habitaattien luonnontilan muuttuneisuusluokkien (L1-L5) %-osuudet.

Vesienhoitoalue	L1 %	L2 %	L3 %	L4 %	L5 %	N
1 Vuoksi	38	14	36	11	1	18755
2 Kymijoki	39	10	37	12	1	13058
3 Kokemäenjoki	50	15	25	9	1	19529
4 Oulujoki-Iijoki	30	16	22	25	8	19163
5 Kemijoki	8	6	10	25	51	15966
6 Tornionjoki	9	4	7	18	62	4601

Purohabitaatin ennustettu
muuttuneisuus luonnontilasta

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- ei ennustetta



PUROHELMI-hanke
© SYKE, MML

Kuva 3. Ranta10-aineiston pienille virtavesille ennustettu habitaattien luonnontilaisuus.

4.5 Tulosten tarkastelu

Hanketta varten saatiin uutta aineistoa inventoiduista puroista myös muualta kuin Pohjois-Suomesta. Metsätalouden toimenpiteiden suhde purouomien luonnontilaisuuteen oli kuitenkin hyvin samantyyppinen kuin aiemmassa, vain Iijoen valuma-alueelta kerätyssä aineistossa, missä purojen suoristus ja etenkin metsäojitusten määrä olivat vahvassa suhteessa purojen habitaattien tilan heikentymiseen (ks. Aroviita ym. 2021). Valtakunnallisesti ennusteet olivat hyvin yhdenmukaisia verrattuna aiempiin asiantuntija-arvioihin purojen muuttuneisuudesta (Kontula & Raunio 2018). Iijoen valuma-alueen eteläpuolella luonnontilaisiksi tai niiden kaltaisiksi ennustettuja uomia on hyvin vähän jäljellä. Toisaalta kohtalaisen paljon puroja ennustettiin luokkiin kolme ja neljä, joissa kunnostuksilla on parhaat edellytykset tilan parantamiseen ja luontoarvojen lisäämiseen. Eteläisillä vesienhoitoalueilla suuri osa metsätalousalueiden puroista luokitui luokkiin yksi ja kaksi ja etenkin pohjanmaalla kohteiden osuus on suuri. Näiden uomien tilaa kunnostuksilla lienee hyvin hankala parantaa, koska valuma-alueet ovat hyvin voimakkaasti ojitettuja. Kunnostusten onnistuminen riippuu kuitenkin monista tekijöistä, joten potentiaalisten kohteiden valinnassa on hyödynnettävä myös muita paikkatietoaineistoja ja kunnostuksien kannalta tärkeitä tietoja.

Purohabitaattien luonnontilaisuuteen liittyvät tekijät ja mallinnuksen virhelähteet

Habitaattien mallinnuksessa oli käytössä huomattava paikkatietoaineisto ja siitä johdettuja muuttujia. Uutena menetelmänä oli lisäksi muuttujien määritys erikseen puron rantavyöhykkeeltä (30 metrin vyöhyke molemmin puolin puroa). Rantavyöhykkeen ojitukset ja rantametsän ikä valikoituivat mukaan parhaaseen malliin valuma-alueen ojitusten ja puron mutkaisuuden lisäksi. Näiden lisäksi kandidaattimuuttujina kokeiltiin myös metsäpeitteen vähenemistä (Global Forest Change) ja luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeiden metsien erilaisten prioriteettiyhdistelmien osuuksia rantametsän koostumuksessa. Monet näistä muuttujista korreloivat purohabitaattien luonnontilaisuuden kanssa, mutta muuttujat eivät kuitenkaan lisänneet mallin selitystasetta verrattuna siihen, että ne olivat mallissa jo valittujen lisäksi tai niiden sijalla. Rantavyöhykkeen olosuhteiden merkitys oli odotettuakin, koska inventoinnissa arvioidaan suoraan myös rantavyöhykkeen muutoksia. Myös puron mutkaisuutta arvioidaan suoraan inventoinnissa. Mutkaisuus korreloi lisäksi muiden purojen perkausten suoristamisen seurauksena muuttuvien tekijöiden, kuten esimerkiksi puron leveysvaihtelun kanssa.

Valuma-alueen tasolla määritettynä ojitus oli merkitykseltään samaa tasoa mutkaisuuden kanssa ja jopa tärkeämpi kuin rantavyöhykkeeltä määritetyt ojat. Malliin sisällytettiin sekä ojitusten osuus valuma-alueiden turvemaista että ojitusten osuus koko valuma-alueen pinta-alasta. Muuttujien välillä oli positiivinen korrelaatio, mutta molempien sisällyttäminen malliin tuotti selkeästi paremman lopputuloksen kuin niiden käyttäminen yksittäin. Ojitusten pinta-ala oli voimakkaassa suhteessa turvemaiden kokonaispinta-alaan, mikä kertoo turvemaiden lähestulkoon systemaattisesta ojitamisesta. Ojitettujen turvemaiden osuudessa turvemaiden pinta-alasta ei vastaavaa pinta-alariippuvuutta ollut, joten muuttuja luultavasti ainakin jossain määrin kuvaa poikkeamia yleisemmistä ojituskäytännöistä, joissa ojituksia on tehty siinä suhteessa kuin turvemaita valuma-alueilla esiintyy. Ojitusten ikää ei hankkeessa voitu huomioida, mutta käytännössä kaikki ojitukset ovat vanhoja ojituksia, eikä niistä todennäköisesti aiheudu enää merkittävää kiintoaineen ja hiekan huuhtoutumista. Ojitusten voimakas merkitys mallin selittäjänä on tämän vuoksi jopa yllättävää, mutta käytännössä ojitusten vaikutukset ovat uomissa edelleen nähtävissä, joten vaikuttaa siltä, että ojitusten aiheuttamat muutokset ovat jokseenkin pysyviä. Ojitusprosentteissa oli toisaalta paljon vaihtelua luonnontilaisuusluokkien sisällä, joten ojitusvaikutuksiin liittyy myös epävarmuuksia. Ojitustiedoissa huomioitiin vain turvemaiden tehtyt ojitukset, mutta käytännössä ojituksia on tehty myös

kangasmailla, mistä hiekan huuhtoutuminen lienee merkittävästi suurempaa turvemaihin verrattuna. Ojien syvyydessä ja kaltevuudessa on käytännössä myös eroja, joita hankkeessa ei voitu huomioida. Ojitettujen turvemaiden aineistossa (Sojt) ei toisaalta systemaattisesti erottele kaivettuja uomia pienistä luonnonuomista, joten epätarkkuutta aineistossa on myös toiseen suuntaan. Ojitusaineistoja ollaan päivittämässä, joten mallinnusta voidaan tulevaisuudessa korjata uusilla, tarkemmilla ojitusaineistoilla.

Ojitusten keskinen rooli habitaattien tilan määräytymisessä näkyi myös selvästi siinä, ettei malli kyennyt ennustamaan uomia, joiden valuma-alueilla ei ollut turvemaita. Ongelman ratkaisemiseksi Ranta10 aineistosta karsittiin valuma-alueet, joissa turvemaita oli alle 1 % valuma-alueen pinta-alasta. Poistettujen uomien joukossa oli paljon peltovaltaisia alueita, joiden uomien tilaa mallinnusaineiston perusteella ei muutenkaan voida ennustaa, koska aineistossa ei ole maatalousmaidien kohteita. Karsinnan jälkeenkin aineistossa on kuitenkin vielä huomattavan paljon maatalousvaltaisia valuma-alueita. Ennusteet näyttäisivät näissä pääasiassa oikeansuuntaisilta, mutta joukossa on myös kohteita, joissa ennustettu tila on jopa luonnontilainen. Tämä johtuu siitä, että näillä valuma-alueilla on turvemaita vain joitakin prosentteja, mutta nämä ovat ojittamattomia. Kohteet on käytännössä helppo tunnistaa, joten näiden poistoa ei erikseen lähdetty tekemään. Maatalousvaltaisten valuma-alueiden pitäminen aineistossa on perusteltua myös siksi, että monilla alueilla pellot sijaitsevat uomien alaosilla, jolloin yläosa voi olla hyvinkin luonnontilainen.

Myös mutkaisuuden määrittämiseen liittyy joitakin aineiston epävarmuuksia. Mutkaisuuden määrittäminen perustuu kartan Ranta 10 -aineiston uoman poikkeamaan teoreettisesta suoristetusta uomasta (ks. Aroviita ym. 2021). Ranta 10 aineiston uomat eivät kuitenkaan välttämättä kuvaa uomien todellista mutkittelua, joten mutkaisuusindeksi on usein aliarvio todellisesta tilanteesta. Lisäksi uomien luontainen mutkittelevuus on hyvin erilaista riippuen valuma-alueen kaltevuudesta ja maaperästä. Esimerkiksi jyrkästi viettävät rinnepurot ovat usein luontaisesti melko suorita, kun taas loivasti viettävillä hiekkaisilla alueilla mutkittelu on aina voimakasta. Jälkimmäisillä ihmisen tekemät oikaisut on helppo todeta, mutta jyrkästi viettävien rinteiden purojen kohdalla mutkaisuusindeksi saattaa saada alhaisia arvoja luonnontilaisissakin kohteissa. Näissä tapauksissa tuloksia voi verrata peruskarttojen uomiin, joissa mutkittelu vastaa paremmin todellista tilannetta Ranta10 -aineistoon verrattuna. Myös rinnevarjostus voi joissain tapauksissa olla hyödyllinen apuväline uoman mutkaisuuden arvioinnissa.

Potentiaalisten kunnostuskohteiden tunnistaminen

Aineiston perusteella voidaan tunnistaa purot, joissa ihmistoiminnan muutokset ovat korkeintaan keskimääräisiä ja joissa kunnostuksilla voidaan todennäköisesti saavuttaa tuloksia ilman laajoja valuma-alueella tehtäviä toimenpiteitä. Vesien suojeleminen rakenteiden tavoitteena on kuormituksen vähentäminen. Tämä on toki tärkeää, mutta toistaiseksi on epäselvää, missä määrin käytetyt menetelmät suojelevat vesien ekologista tilaa, joka lopulta määrittelee vesienhoidon onnistumisen. Ojitukset äärevöittävät ojittettujen alueiden hydrologiaa ja etenkin eliöstön kannalta kriittiset alivirtaamat ovat alhaisia. Myös humuskuormitusta on hyvin vaikea vähentää, joten pienten latvavesien valuma-alueiden kunnostusojituksilla voi siten olla huomattavia vaikutuksia vastaanottavien vesien ekologiseen tilaan. Vesienhoidon näkökulmasta valuma-alueen kunnostukset olisivat toivottavia, mutta kunnostusten ekologisen vaikuttavuuden kannalta turvemaiden kohteiden kunnostuksia kannattaneen suunnata alueille, missä metsänhoitotavat tukevat vesienhoidon tavoitteita. Yksittäiset uomat voimakkaasti metsätalouden muuttamalla valuma-alueilla voivat ylipäättään olla ongelmallisia, koska kunnostuksen tavoitteena olevaa lajistoa ei välttämättä esiinny riittävän lähellä kunnostettavaa kohdetta, eikä kunnostetuille alueille ole siten tulijoita (Palmer ym. 1997).

Kunnostusten tuloksellisuus riippuu habitaattien ja valuma-alueen tilan lisäksi myös muista tekijöistä. Kytkeytyneisyys suojelualueisiin on Helmi-ohjelman keskeisiä kriteereitä, ja suojelualueilla joko kokonaan tai osittain sijaitsevat purot ovat ohjelman alkuvaiheen ensisijaisia kunnostuskohteita. Natura-alueet ovat tässä keskeisiä, mutta myös kansallispuistojen ja muiden suojelualueiden yhteydestä voi olla mahdollisesti hyviä kohteita. Kohteiden valinnassa voidaan lisäksi hyödyntää tietoja lajiesiintymistä. Esimerkiksi lohikalapitoisten virtavesien paikkatietoaineisto on varmasti hyödyllinen lohikalojen elinympäristöjen kunnostusten suunnittelussa. Tiedot uhanalaisten tai suojeltujen lajien esiintymistä on niin ikään tärkeää tietoa, jotta toiminnalla ei ainakaan vaaranneta lajien esiintymistä. Luonnollisesti myös vaellusesteiden, kuten esteellisten tierumpujen tai patorakenteiden huomioiminen on keskeistä lajien levinnän kannalta.

Ennusteet suojelun suunnittelussa ja mallinnuksen kehittämismahdollisuudet

Tuotettu paikkatietoaineisto mahdollistaa myös potentiaalisten suojelukohteiden tunnistamisen. Luonnontilaisiksi luokiteltujen uomien varsilta voidaan tunnistaa metsälain erityisen tärkeiksi elinympäristöiksi luokiteltavia järeäpuustoisia kohteita, mutta paikkatietoaineistoa on jatkossa edelleen mahdollista kehittää suojelukohteiden tunnistamisessa. Nykyiset laserkeilaukseen perustuvat aineistot mahdollistavat hyvin pienipiirteisten maaston muotojen erottelun. Tämän perusteella voidaan tuottaa topografinen kosteusindeksi (DTW), joka kuvaa veden virtausreittejä ja maaperän kosteusolosuhteiden vaihtelua. Indeksillä voidaan paikantaa vesistöjen rantavyöhykkeiltä alueita, joissa kosteusvaikutus on merkittävästi suurempaa kuin muualla (Kuglerová ym 2014a, b). Aineisto soveltuu sellaisenaan esimerkiksi metsätalouden suojavyöhykkeiden rajaamiseen, mutta sen avulla voidaan tunnistaa myös norot, joiden paikallistaminen voi vähävetisinä kesinä olla maastossa hankalaa. Aineisto voisi lisäksi soveltua myös pienialaisten tulvametsien tunnistamiseen. Tulviminen ylläpitää puron ja sen rantametsän välistä yhteyttä ja tulvametsissä elää niihin sopeutunut monimuotoinen lajisto. Tulvametsille tunnusomaista on lisäksi lehtipuuvaltaisuus. Tiheäpulsiset laserkeilausaineistot mahdollistavat jopa yksittäisten puiden tunnistamisen, joten kosteusindeksillä rajatuilta ranta-alueilta voidaan tunnistaa tulvimista mahdollisesti ilmentävät lehtipuuvalliset alueet. Aineistojen avulla voidaan tuottaa myös erilaisia metsän monimuotoisuutta kuvaavia muuttujia, joiden avulla voisi olla mahdollista tunnistaa muita suojelun kannalta merkityksellisiä elinympäristöjä.

Uusien aineistojen liittäminen osaksi muodostettujen uomien paikkatietoja palvelisi myös habitaattimallinnuksen kehittämistä. Esimerkiksi puron rannan kosteusolosuhteiden vaihtelu saattaa liittyä myös eroihin purojen herkkyydessä maankäytön vaikutuksille (Laudon ym. 2016, Erdozain ym. 2020), joten kosteusindeksi voisi parantaa habitaattimalline ennusteiden tarkkuutta. Uuden tarkemman ojitusaineiston ohella mallinnuksen tarkkuutta on todennäköisesti mahdollista edelleen parantaa käyttämällä muuttujia, jotka suoraan kuvaavat ojien syvyyttä ja ojaverkoston virtausvoimakkuutta. Myös hakkuista johtuvaa kiintoaineen kulkeutuminen olisi mahdollista sisällyttää mallinnukseen esimerkiksi RUSLE eroosiomallilla (Panagos ym. 2015a, Lilja ym. 2017) tuotettuna paikkatietona. Suomen metsäautoteiden verkosto on tiheä ja puroja ylittäviä teitä on runsaasti. Suurin osa vesistöjen ylityksistä on toteutettu tierumpujen avulla. Näitä arvioidaan Suomessa olevan noin 90 000 ja näistä jopa kolmannes saattaa aiheuttaa liikkumisesteen kaloille ja muulle eliöstölle (Eloranta & Eloranta 2016). Esteellisyyden paikkatietoperusteinen arviointi on nyky menetelmillä mahdollista ja esteellisyysarvion liittäminen hankkeen paikkatietoaineistoon on tärkeimpiä aineiston tulevaisuuden kehittämiskohteita.

5 Pohjaeläinlajiston muuttuneisuuden mallinnus

5.1 Lajistomallinnuksen kehitys

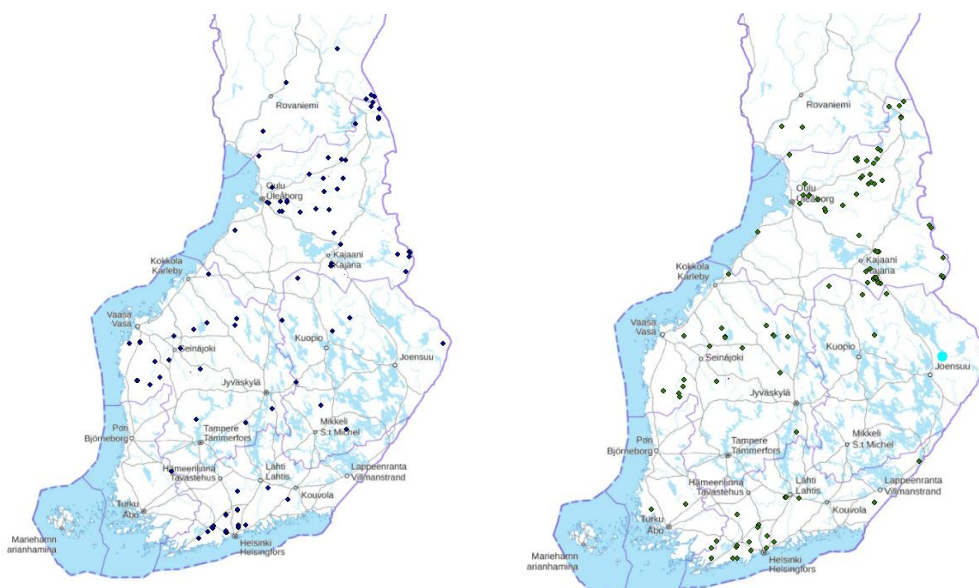
Hankkeessa kehitettiin pienten virtavesien koskijaksojen pohjaeläinlajiston muuttuneisuutta ennustava tilastollinen malli. Työssä käytettiin Freshabit-hankkeessa (Aroviita ym. 2021) koottua pienten virtavesien valtakunnallista pohjaeläinaineistoa. Mallinnuksen kehittäminen rakentaminen eteni seuraavasti:

Mallin kalibrointi ja validointi

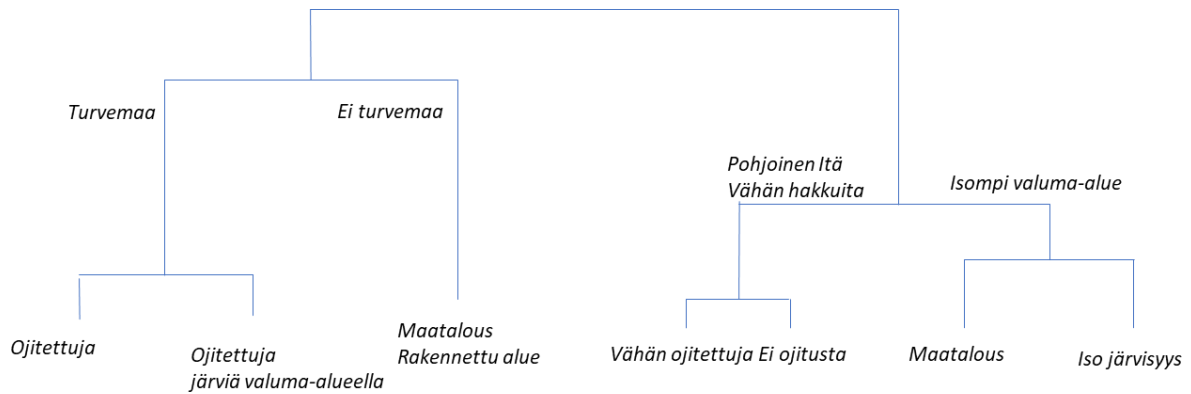
1. Mallin rakennukseen eli kalibrointiin valittiin erikseen 92 paikan aineisto, joissa pohjaeläimistön tila vaihteli luonnontilaisesta selvästi muuttuneeseen. Aineisto on maa- ja metsätalouden alaisilta alueilta. Aineiston paikat pyrittiin valitsemaan kattamaan koko Manner-Suomen alueen, lukuun ottamatta pohjoisinta Suomea (**Kuva 4**).
2. Kullekin kalibrointiaineiston virtavesipaikalla ennustettiin paikalla luontaisesti esiintyvä lajit Freshabit-hankkeessa kehitetyn RIVPACS (River Invertebrate Prediction and Classification System) -vertailuolomallin avulla (Rajakallio ym. 2021, **malli-1**).
3. Ennustettua luontaista lajistoa verrattiin kullakin kalibrointipaikalla nykytilan näytteissä havaittuihin lajeihin. Lajistotarkastelu rajattiin kullakin paikalla luontaisesti yleisiin ja parhaiten ennustettaviin lajeihin (lajien ennustettu paikkakohtainen havaitsemistodennäköisyys vähintään 50 %). Tällä vertailussa voidaan puuttumisen päätellä aiheutuneen ihmistoiminnasta, tässä lähinnä maankäytön vaikutuksista (Aroviita ym. 2021). Tarkastelun avulla saatiin selville mitkä ennustetuista luontaisista lajeista olivat todennäköisesti hävinneet kultakin kalibrointipaikalta ihmistoiminnan takia.
4. Näiden hävinneiden lajien aineiston perusteella rakennettiin toinen RIVPACS-tyyppinen malli (**malli-2**), jolla pyrittiin ennustamaan kultakin paikalta häviäviä lajeja.
 - Puuttuvien lajien vaihtelua kuvattiin kalibraatiopaikkojen ryhmittelyanalyysillä (**Kuva 5**). Sen perusteella pienten virtavesien luontaisen pohjaeläinlajiston häviämistä selittivät eniten turvemaiden ojitus valuma-alueella, maatalouden osuus valuma-alueella, rakennetun alueen osuus valuma-alueella ja metsäisyyden muutos valuma-alueella. Lisäksi häviävää lajistoa erottivat luontaiset tekijät, kuten valuma-alueen maaperä ja järvisyys sekä puron maantieteellistä sijaintia kuvaava ilmastomuuttuja (ilman vuotuinen keskilämpötila). Nämä painemuuttujia ja luontaisia muuttujia käytettiin prediktoreina tässä RIVPACS2-mallissa.
 - Ihmistoiminnan seurauksena paikalla luontaisesti ennustetuista lajistoista oli yleisesti hävinneenä mm. *Diura*, *Isoperla*, *Protonemura* ja *Leuctra*-suvun koskikorennot. Koskikorennoista myös *Taeniopteryx nebulosa* puuttui useasti muutetuilta paikoilta. Lisäksi päiväkorennoista *Baetis niger* ja *Baetis rhodani* puuttui monesta ihmistoiminnan vaikutteiselta paikalta.
5. Mallinnuksen hyvyttä tarkasteltiin kahden paikkajoukon avulla:
 - Validointia varten valittiin Freshabit-hankkeessa kootusta aineistosta erilliset 80 virtavesipaikkaa, jotka eivät olleet mukana edellä kuvatuissa RIVPACS-malleissa (**Kuva 4**). Validointipaikkojen valuma-alueella oli vaihtelevasti ihmistoimintaa. Validointipaikoissa ei ollut paikkoja, jotka olivat luontaisesti vähälajisia (esim. mustaliuskealueen purot) tai pistekuormituksen alaisia (esim. kaivokset).
 - Lisäksi tehtiin jatkotarkastelu 167 paikan aineistolla kaikilta suurimmilta vesistöalueilta (tässä aineistossa oli mukana 38 1-mallin ja 42 2-mallin mallin rakentamiseen käytettyä paikkaa).

Mallin sovitus koko Suomen alueelle ja lajiston muuttuneisuusarviot

6. Ensin malli-1 (Rajakallio ym. 2021) sovitettiin koko Suomen pienten virtavesiuomien aineistolle. Näin saatiin arvioitua mitä lajistoa kullakin kohteella tulisi esiintyä luonnontilassa. Tämän jälkeen malli-2 sovitettiin myös samalle koko Suomen aineistolle. Malli sovitettiin kaikille koko Suomen aineiston paikoille, jotka olivat sijainnin ja ympäristöolosuhteiden perusteella mallin sovellusalueella. Huomionarvoista on, että malli-1:n rakentamiseen käytetyssä aineistossa ovat pohjoinen ja eteläinen Suomi aliedustettuja, joten myös nykytilan pohjaeläimistön ennusteita tulee tulkita varovaisesti näillä alueilla.
7. Vertaamalla paikalla luontaisesti ennustettua lajistoa paikalta häviäviksi ennustettujen lajien kanssa, saatiin kullekin paikalle laskettua ennuste kunkin paikan nykytilan lajistosta (ennustettu luontainen lajisto – ennustettu häviävä lajisto = paikalla esiintyvät lajisto). Nämä tarkastelut tehtiin vertailemalla paikka- ja lajikohtaisia esiintymis- ja puuttumistodennäköisyyksien avulla.
8. Nykytilan lajilukumäärää verrattiin luontaiseen lajilukumäärään, josta saatiin laskettua prosentiosuus, kuinka paljon lajiston ennustettiin muuttuneen luonnontilasta (esimerkiksi; 0 % = kaikki luonnontilainen lajisto hävinnyt, 50 % = puolet luonnontilaisesta lajistosta hävinnyt, 100 % = kaikki luonnontilainen lajisto säilynyt).



Kuva 4. Häviävien lajien mallin kalibrointi- (vasemmalla) ja validointipaikat (oikealla).



Kuva 5. Hävinneiden lajien aineiston vaihtelu ryhmittelyanalyysillä kuvattuna.

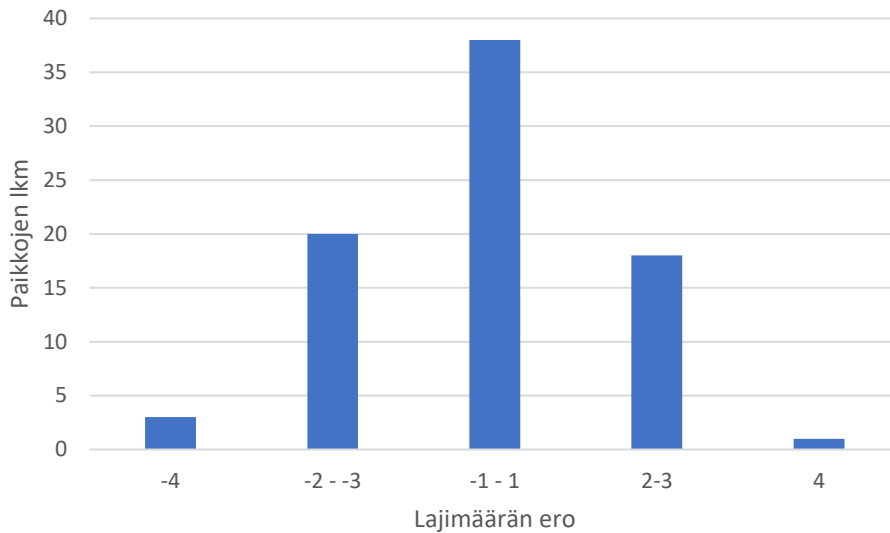
5.2 Mallin validointi ja sen tulokset

Validointipaikkojen tarkastelun perusteella lajistomallin poikkeama oli keskimäärin n. 1,7 lajia nykytilassa paikoilta havaittavista lajeista (**Taulukko 3**). Keskihajonta lajimäärässä oli n. 2 lajia. Ennusteissa oli poikkeamia molempiin suuntiin, eli osalle paikoista malli ennusti enemmän ja osalle paikoista vähemmän lajeja mitä todellisuudessa nykytilassa paikoilta oli havaittu (**Kuva 6**).

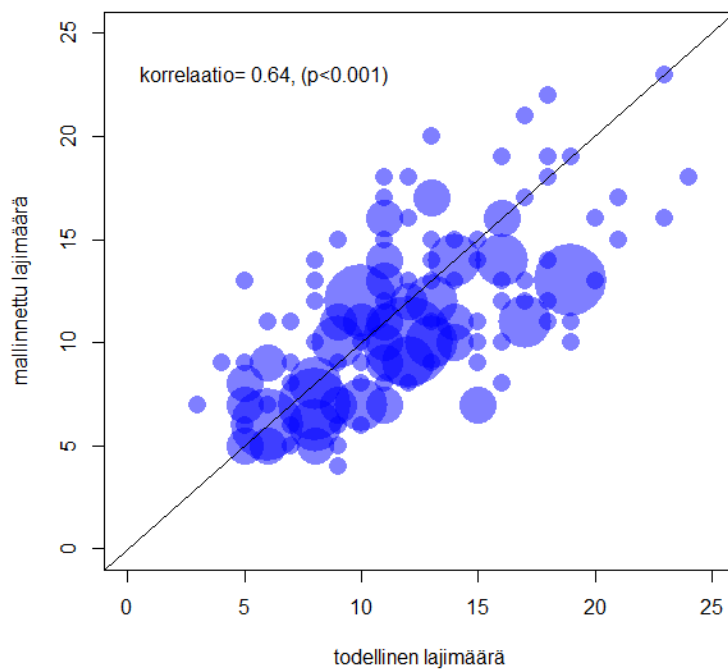
Myös jatkotarkastelun 167 paikan tulosten perusteella mallin ennustama lajimäärä korreloi todellisuudessa paikalta havaitun lajimäärän kanssa (**Kuva 7**, korrelaatio 0,64, $p < 0,001$).

Taulukko 3. Ennustettujen yleisten pohjaeläinten lajimäärän ero todellisuudessa paikoilta havaittuihin lajeihin validointiaineistossa (n=80). Taulukossa on lisäksi esitetty ennustetun luonnontilaisuuden ero todellisuudessa paikalta lasketun luonnontilaisuuden kanssa.

	lajimäärä	Pohjaeläinlajiston luonnontilaisuus
keskiarvo	~ 1,7	~ 12 %
keskihajonta	~ 2,0	~ 15 %



Kuva 6. Mallilla ennustetun pohjaeläinten lajimäärän ero näytteistä havaittuun lajimäärään. Vertailu perustuu yleisiin lajeihin ja validointipaikkojen (n=80) aineistoon.

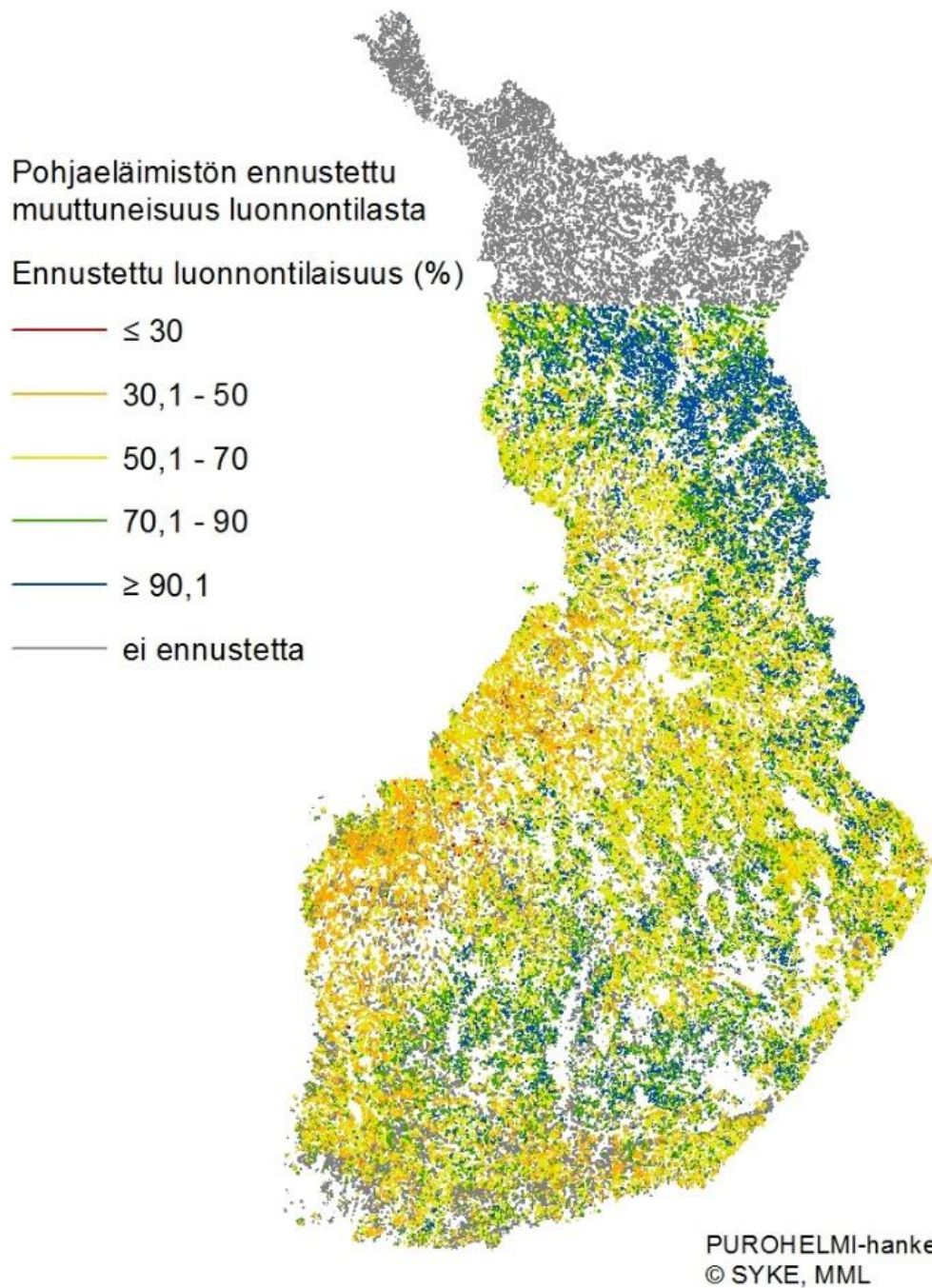


Kuva 7. Mallilla ennustetun ja näytteistä havaitun yleisten lajien lukumäärän vastaavuus (n=167). Osa paikoista on mukana mallien kalibraatioaineistoissa. Kuvassa ympyrän koko kasvaa suhteessa havaintojen lukumäärän kanssa.

5.3 Pienten virtavesien pohjaeläinlajiston tila

Mallinnustulosten perusteella pienten virtavesien pohjaeläimistön lajisto on eniten muuttunut rannikolla (**Kuva 8**). Myös sisämaassa on alueita, joissa pohjaeläinlajisto on selvästi heikentynyt luonnontilaisesta. Mallinnustulosten perusteella pohjaeläimistön tila on paras Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaan itäosissa ja Koillismaalla. Vesienhoitoalueittain tarkasteltuna pohjaeläimistö oli eniten

heikentynyt Kokemäenjoen vesienhoitoalueella (**Taulukko 4**). Myös Oulujoki-Iijoki, Vuoksen, sekä Kymijoen vesienhoitoalueella oli paljon heikentyneitä pienvesiä.



Kuva 8. Pohjaeläimistön ennustettu muuttuneisuus luonnontilasta Ranta10-aineiston uomissa.

Taulukko 4. Pienten virtavesiuomien vesienhoitoaluekohtaiset kokonaismäärät (N) ja ennustetut pohjaeläinlajiston luonnontilan muuttuneisuusluokkien %-osuudet eri vesienhoitoalueilla.

Vesienhoitoalue	Prosenttia luonnontilaisesta lajistosta jäljellä					N uomia
	< 40 %	40–50 %	50–70 %	70–90 %	>90 %	
VHA1	<1	9	47	26	18	17718
VHA2	<1	10	42	30	18	10930
VHA3	5	22	40	24	9	22525
VHA4	4	16	38	17	26	12652
VHA5	<1	1	13	37	49	14738
VHA6	<1	1	16	25	58	4257

5.4 Mallin virhelähteet ja kehityskohteet

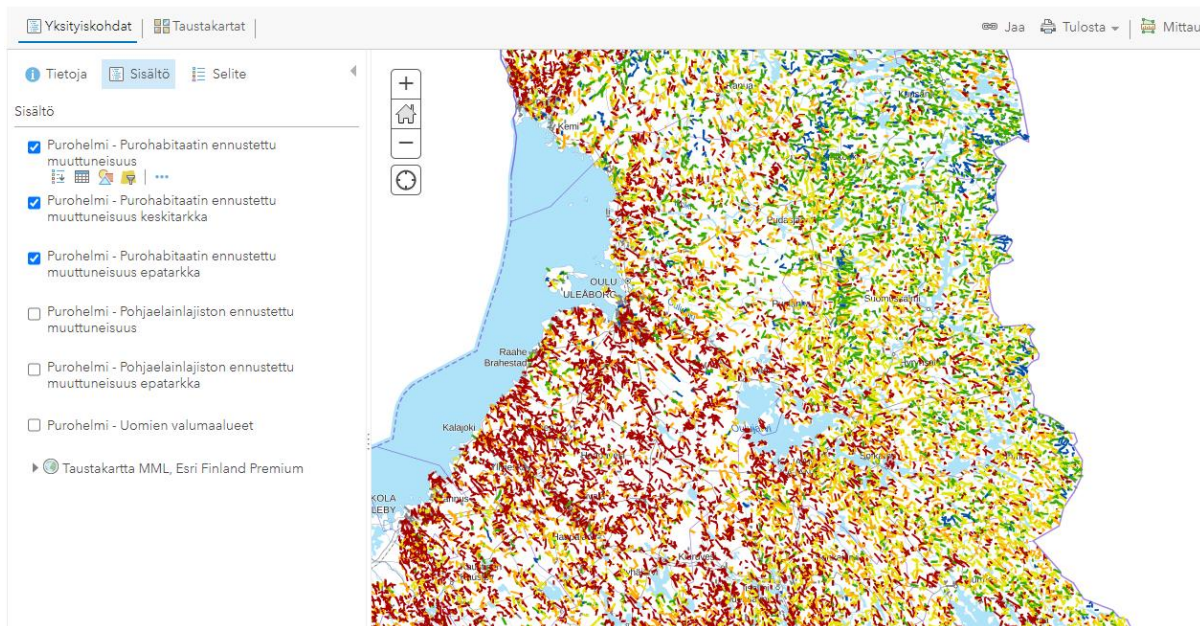
Pohjaeläinten luonnontilan muuttuneisuuden vaihtelu liittyi metsä- ja maatalouden toimenpiteiden määrään, etenkin valuma-alueen turvemaiden ojitusten määrään. Vaikkakin ojitusten osuus korreloi yleisesti purohabitaatin rakennetta kuvaavien muuttujien kanssa, voi ojituksen vaikutus pohjaeläimistöön vaihdella suurestikin paikkojen välillä.

Metsäojitusten vaikutuksen vaihtelu saattaa liittyä ojien ikään, syvyyteen, maaperään ja mahdollisiin vesiensuojelutoimiin, joten jatkossa näiden tietojen hyödyntäminen saattaisi parantaa mallien tarkkuutta. Ojituksista ei ollut käytettävissä tarkempaa tietoa, mutta lienee todennäköistä, että merkittävä osa ojituksista on vanhoja ja toteutettu aikana, jolloin vesiensuojelu on nykymittapuulla arvioiden toteutettu puutteellisesti. Jatkossa RUSLE-eroosiomallin ja uoman kaltevuuden yhdistäminen malliin voisi tuoda lisätietoa kuinka paljon uomiin on kasaantunut kiintoainetta ojituksen seurauksena. Myös maatalouden vaikutus voi vaihdella suuresti käytettyjen Corine-luokkien sisällä, riippuen mm. maatalouden intensiivisyydestä. Osa Corine-aineiston maatalousalueista ei välttämättä ole aktiivisesti maanviljelyssä ja näin ollen vaikutus voi vaihdella.

Lisäksi purouomiin ja etenkin niiden eliöstöön vaikuttavat valuma-alueuuttujien lisäksi myös paikalliset muuttujat kuten rantametsän eheys ja puun määrä uomassa, joiden seurauksena uoman varjostus, veteen kulkeutuvan lehtikarikkeen määrä ja lehtikarikkeen pidättäytyminen vaihtelevat. Pohjaeläinten muuttuneisuusmallin rakentamisessa ei ollut paljoa paikkoja Etelä-Suomen savimailta, joten Etelä-Suomen tuloksia tulisi tarkastella varovaisesti. Jatkossa mallia olisi mahdollisuus tarkentaa, mikäli myös Etelä-Suomen savimailta olisi enemmän pohjaeläinaineistoja lähellä luonnontilaa olevista kohteista.

6 Verkkokartta ja avoin paikkatietoaineisto

Hankkeessa tuotettujen pienten virtavesien tilan arviot (malliennusteet) on julkaistu [Arc GIS Online -verkkokartalla](#) (**Kuva 9**). Verkkokartan kuvaus on [täällä](#). Aineisto on tuotu myös [Vesistökuunnostajan karttapalveluun](#).



Kuva 9. Hankkeen verkkokartta pienten virtavesien luonnontilan muuttuneisuudesta (julkaistu 14.10.2021).

PUROHELMI-aineisto on julkaistu Syken Avoin Tieto -palvelussa ladattavana aineistopakettina ja rajapinnassa: Aineisto on ladattavissa osoitteesta: https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Paikkatietoaineistot/Ladattavat_paikkatietoaineistot (-> Purohelmi) ja sen suoralatauslinkki on: https://wwwd3.ymparisto.fi/d3/gis_data/spesific/Purohelmi.zip. Aineiston kuvaus on [metatietosivulla](#).

Aineisto sisältää noin sadantuhannen pienten virtavesien uoman aineiston ja uomien yläpuoliset valuma-alueet, habitaatin ja pohjaeläinlajiston luonnontilan muuttuneisuuden ennustearviot ja mallinnuksessa käytetyt taustamuuttujat uomien ja niiden ranta-alueen ja valuma-alueen tekijöistä. Tiedot ovat katseltavissa verkkokartan uomien ominaisuustietotaulukossa. Taustamuuttujat on kuvattu tarkemmin aineiston [metatietosivulla](#).

Verkkokartalla ennusteet on esitetty huonoimmasta parhaimpaan tilaan väriasteikolla punainen-oranssi-keltainen-vihreä-sininen (**Taulukko 5**). Ennusteet on jaettu eri tasoiksi niiden mallinnuksen tarkkuuden mukaan. Habitaatin muuttuneisuusennusteet on jaettu tarkkoihin, keskitarkkoihin ja epätarkkoihin (**Kuva 9**). Pohjaeläinlajiston muuttuneisuusennusteet on jaettu tarkkoihin ja epätarkkoihin. Tarkat ennusteet on esitetty yhtenäisenä viivana ja keskitarkat ennusteet katkoviivana. Epätarkat ennusteet on esitetty harmaalla värillä. Kaikkien tarkkuustasojen mallinnustulokset ovat verkkokartan uomien ominaisuustietotaulukossa ja avoimessa paikkatietoaineistossa.

Taulukko 5. Verkkokartalla esitetyt väriasteikko luonnontilan muuttuneisuudelle ja niiden kuvaukset.

	punainen	oranssi	keltainen	vihreä	sininen
Habitaatin muuttuneisuus-luokka ja sen kuvaus	1 (suojeluarvo vähäinen)	2 (tila voimakkaasti heikentynyt)	3 (tila heikentynyt)	4 (tila vain hieman heikentynyt)	5 (täysin luonnontilainen)
Pohjaeläinlajiston muuttuneisuus (% luonnontilaista lajistoa)	≤ 30 %	30,1–50 %	50,1–70 %	70,1–90 %	≥ 90,1 %

Habitaatin muuttuneisuuden ennusteiden tarkkuudet määritettiin seuraavasti:

- Ennusteet määritettiin tarkoiksi, jos suurimman todennäköisyyden saaneen muuttuneisuusluokan todennäköisyys (maks. p) oli $> 0,3$ ja jakauma oli huipukas (toiseksi ja/tai kolmanneksi suurimmat todennäköisyydet suurimman luokan saaneen vieressä). Näitä oli 53 481 kpl.
- Ennuste määritettiin keskitarkaksi, jos
 - jakauma oli huipukas ja maks. p oli välillä 0,2–0,3 (1193 kpl) tai
 - jos jakauma oli kaksihuippuinen ja max. p > 0.3 . Näiden lukumäärät olivat:
 - maks p 0.3–0.4: 20 297 kpl
 - maks p 0.4–0.5: 12 501 kpl
 - maks p 0.5–0.7: 3 706 kpl
 - maks p > 0.7 : 19 kpl.
- Loput ennusteet (7811 kpl) sekä ne, joiden valuma-alueesta turvemaan osuus oli < 1 % (6785 kpl), määritettiin epätarkoiksi.

Pohjaeläinlajiston muuttuneisuuden ennusteet määritettiin epätarkoiksi, jos valuma-alueella oli turvetuotantoa, jos turvemaan osuus oli < 5 % valuma-alueesta tai jos se sijaitsi 67,15 leveyspiirin pohjoispuolella.

7 Yhteenveto, johtopäätökset ja jatkokehitystarpeet

Vesistöjen tila on riippuvainen valuma-alueen paineista ja valuma-alueiden pienvesien tilasta. Vesistöjen suojelun, hoidon ja kunnostusten tehostamiseksi tarvitaan kattavaa ja luotettavaa arviointitietoa pienten virtavesien tilasta. Latvavesistöt tulisivat kytkeä jatkossa tiiviisti vesienhoidon suunniteluun. Lisäksi luontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnin sekä toimenpiteiden kohdistamiseksi tarvitaan menetelmiä, joilla purojen tilasta saataisiin valtakunnallisesti kattavampaa arviointitietoa. Arviointien tulisi tuottaa tietoa purohabitaattien ja niiden lajiston muuttuneisuudesta luonnontilasta.

Ennen tätä Purohelmi-hanketta kattavien inventointien tai arviointien puuttuessa on pienten virtavesien tilan valtakunnallista arviota jouduttu tekemään pitkälti asiantuntija-arviona ja erilaisiin otoksiin perustuen (Kontula & Raunio 2018). Tämän hankkeen tulokset vastaavat suoraan näihin tietotarpeisiin. Hankkeessa on nyt luotu ensimmäinen versio ja puitteet paikkatietopohjaisesta järjestelmästä, jossa on voitu tuottaa ensimmäiset lähes koko maan kattavat arvioita purohabitaattien ja osaksi myös niiden lajiston luonnontilan muuttuneisuudesta.

Keskeisimpänä sekä purohabitaattien että lajiston muuttuneisuutta selittävänä tekijänä mallien rakennuksessa nousi esiin metsäojitus. Lisäksi metsätalousalueiden kuivatuksen sekä uiton yhteydessä tehdyt uomien suoristamiset nousivat merkittäviksi muuttuneisuutta selittäviksi tekijäksi. Myös metsän hakkuut voivat olla merkittävä tekijä, etenkin ojitetuilla alueilla (Rajakallio ym. 2021). Nämä elinympäristön muutokset ovat haitallisia eliöstölle ja aiheuttavat luonnontilaisen eliöstön taantumista tai häviämistä. Suomen intensiivisen metsäojituksen nouseminen keskeisimmäksi purojen luonnontilaa heikentäväksi tekijäksi ei ole uutinen sinänsä, vaikkakin purojen tilasta ei ole ollut ennen tätä hanketta kattavaa arviota. Tulosten perusteella Suomen pienet virtavedet ovat voimakkaasti ja laaja-alaisesti muutettuja luonnontilastaan. Luonnontilaisia kokonaisvirtavesiä on enemmän vain pohjoisessa Suomessa ja ojittamattomilla alueilla suojelualueilla (**Kuva 10**).



Kuva 10. Hiidenportin kansallispuiston aluetta PUROHELMI-verkkokartalla.

Hankkeessa tuotettua aineistoa voidaan hyödyntää erityisesti alueellisesti pienten virtavesien kunnostusten suunnittelussa. Kytkeytyneisyys suojelualueisiin on Helmi-ohjelman keskeisiä kriteereitä, joten kohteita kannattaa etsiä esimerkiksi Natura-alueiden, mutta myös kansallispuistojen ja muiden suojelualueiden yhteydestä. Tuotetulla aineistolla voidaan kartoittaa kohtalaisesti muutettuja kohteita, joissa kunnostuksilla on parhaat edellytykset tilan parantamiseen ja luontoarvojen lisäämiseen. Toisaalta aineiston avulla on mahdollista kartoittaa vielä hyvässä tilassa olevia kohteita, joilla on jäljellä suojellista arvoa. Kunnostuskohteiden kartoituksessa voidaan myös tarkastella yläpuolisten uomien luonnontilaisuutta. Kunnostuksilla voidaan ajatella olevan parhaat edellytykset kohteilla, joiden yläpuolisilla osilla on jäljellä luonnontilaisia alueita.

Tuotetussa aineistossa ei ole huomioitu virtavesien esteellisyyttä, kuten tierumpuja, jotka vaikuttavat varsinkin vaeltavien kalojen elinkiertoon ja kunnostusten onnistumiseen. Jatkossa mallia voisi kehittää huomioimalla myös vaellusesteet luonnontilaisuuden arvioinnissa. ExPato-hankkeessa kehitettyä korkeusmalliin perustuvaa paikkatietomenetelmän sovellettavuutta valtakunnallisesti tulisi selvittää.

Ojitukset ja metsän kasvu muuttavat myös ojitettujen alueiden uomien hydrologiaa. Kevään ylivirtaamat ovat ojitetuilla alueilla suuria ja toisaalta alivirtaamat alhaisia. Voimakas virtaamavaihtelu lisää uoman eroosiota ja lisää hienojakoisen sedimentin määrää purouomien pohjalla. Vesiensuojelun rakenteilla voidaan vähentää kiintoaineen huuhtoumista ojaverkostosta, mutta hydrologian muutoksiin niillä ei voida juuri vaikuttaa. Etenkin pienten latvavesien valuma-alueiden kunnostusojituksilla voi siten olla huomattavia vaikutuksia vastaanottavien vesien ekologiseen tilaan. Metsäkeskuksen RUSLE-eroosiomallinnuksen ja paikkatietopohjaista ojien kuntokartoituksen valtakunnallista hyödyntämistä luonnontilan muuttuneisuuden arvioinnissa tulisi jatkossa selvittää. Lähestymistapaa voisi laajentaa myös tulvavaikutteisten purojen tunnistaminen ([Potut-hanke](#)) kosteusindeksi- ja puustoaineistoa hankkeessa kehitettyyn mallinnukseen.

8 Viitteet

- Aroviita J, Ilmonen J, Rajakallio M, Sutela T, Mykrä H, Martinmäki-Aulaskari K, Karttunen K, Kuoppala M, Leinonen A, Jyväsjärvi J, Ulvi T, Vehanen T, Virtanen R 2021. Pienten virtavesien tilan arvioinnin kehittäminen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 25/2021: 1–70. <http://hdl.handle.net/10138/329671>
- Eloranta, A.J. & Eloranta A.P. 2016. Rumpurakenteiden ympäristöongelmat, niiden ehkäisy ja korjaaminen. Keski-suomalainen pilottitutkimus. Keski-Suomen Ely-keskus. 198 s. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-262-6>
- Erdozain, M., Emilsn, C.E., Kreuzweiser, D.P., Kidd, K.A., Mykytczuk, N. & Sibley, P.K. 2020. Forest management influences the effects of streamside wet areas on stream ecosystems. *Ecological Applications* 30: e02077. <https://doi.org/10.1002/eap.2077>
- Hyvönen, S., Suanto, M., Luhta P-L, Yrjänä, T. & Moilanen E. 2005. Puroinventoinnit Iijoen valuma-alueella vuosina 1998–2003. Alueelliset ympäristöjulkaisut 403. <http://urn.fi/URN:ISBN:952-11-2080-0>
- Kontula, T, ja Raunio, A. (toim.). 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja Osa I - tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 5/2018. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4816-3>
- Kuglerová, L., Jansson, R., Ågren, A., Laudon, H. & Renöfält, B. 2014a. Groundwater discharge creates hotspots of riparian plant species richness in a boreal forest stream network. *Ecology* 95:715–725. <https://doi.org/10.1890/13-0363.1>
- Kuglerová, L., Ågren, A., Jansson, R. & Laudon, H. 2014b. Towards optimizing riparian buffer zones: Ecological and biogeochemical implications for forest management. *Forest Ecology and Management* 334:74-84. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.033>
- Kuhn, M, Wing, J., Weston, S., Williams, A., Keefer, C., Engelhardt, A., Cooper, T., Mayer, Z., Kenkel, B., Benesty, M., Lescarbeau, R., Ziem, A., Scrucca, L., Tang, Y. & Candan, C. 2016. caret: Classification and Regression Training. R package version 6.0-71. <https://CRAN.R-project.org/package=caret>
- Laudon, H., Kuglerová, L., Sponseller, R.A., Futter, M., Nordin, A., Bishop, K., Lundmark, T., Egnell, G. & Ågren, A.M. 2016. The role of biogeochemical hotspots, landscape heterogeneity, and hydrological connectivity for minimizing forestry effects on water quality. *Ambio* 45: S152-S162. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0751-8>
- Lilja, H., 2017b. RUSLE2015 –eroosiomalli. Tattari, S & Leinonen, A. (toim.). Malliperheen sovellus Puruveden vesistöalueella. Freshabit LIFE IP-hankkeen A1-toimenpiteen väliraportti. http://www.metsa.fi/documents/10739/9170275/MILESTONE_3_FH_A1.pdf/31657060-ea00-4f7f-aa34-06801b5fbd4610:S77-S84
- Palmer, M., Ambroise, R. & Poff, L. 1997. Ecological theory and community restoration ecology. *restoration Ecology* 5: 291-300. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1997.00543.x>
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C. 2015. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*. 54: 438-447. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>
- Rajakallio, M., Jyväsjärvi, J., Muotka, T., & Aroviita, J. (2021). Blue consequences of the green bioeconomy: Clear-cutting intensifies the harmful impacts of land drainage on stream invertebrate biodiversity. *Journal of Applied Ecology* 58: 1523–1532. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13889>

9 Liitteet

LIITE 1. Hankkeen toteutusaikataulu

Hanke toteutus etenin vuosina 2020 ja 2021 seuraavasti:

VUOSI 2020

- 1) Paikkatiedon laskentarutiinit marraskuu
 - a) Ranta10: Jokiviivat, jokialueet viivoiksi (ArcGIS/Python)
 - b) Valuma-alueiden määrittely (rajaus, ArcGIS/Python)
 - c) Uomien rantavyöhykkeiden määrittely (bufferit),
 - d) Uomien ominaisuuksien laskenta, ArcGIS)
 - e) Valuma-alueiden ominaisuuksien R-laskentarutiinit rastereista
- 2) Maankäyttöaineistojen koonti (koko Suomen alueen rasteritiedot) laskentaa varten joulukuu
 - a) Maanpeite ja maankäyttö (Corine 2018, SYKE)
 - b) Soiden ojitustilanne (sojt, SYKE)
 - c) Puuston ikä (MVMI, LUKE)
 - d) Monimuotoisuudelle tärkeät metsät (Zonation, SYKE)
 - e) Metsien häviämä/hakkuut 2000-2019 (Global Forest Change, Hansen ym. 2013)
- 3) Inventointiaineiston (habitaattien muuttuneisuus) koontin aloitus
- 4) Biologisten (pohjaeläinlajiston muuttuneisuus) tilastomallien kalibroinnin aloitus

VUOSI 2021

- 5) Inventointimallit tammikuu- huhtikuu
 - a) Malliaineiston koonti
 - i) Vanhojen ja uusien MH inventointitietojen yhdistäminen. Luonnontilaisuuden luokittelu purojen jaksopituuspainotetuiksi keskiarvoiksi
 - ii) Valuma-alueiden maankäyttö ja muut tilaan vaikuttavat tekijöiden laskenta R:ssä
 - (1) Ojitus valuma-alueella (sojt)
 - (2) Hakkuut valuma-alueella (gfc)
 - (3) Ojitus puskurivyöhykkeellä?
 - (4) Puuston ikä puskurivyöhykkeellä (vmi)
 - (5) Mutkaisuus
 - (6) Zonation metsätyyppien osuudet
 - b) Habitaattien muuttuneisuusmallin kalibrointi ja validointi helmikuu
- 6) Pohjaeläinlajiston muuttuneisuusmallin kalibrointi ja validointi, helmikuu-huhtikuu
- 7) Väliraportointi 15.2.2021
- 8) Hankeaineiston muodostaminen (= koko Suomen alueen digitoidut <100 km² virtavedet, noin 100 t uomaviivaa) ArcGIS:issä helmikuu-huhtikuu
 - a) Uomien määrittely
 - b) Uomien yläpuoliset valuma-alueet
- 9) Uomien ja valuma-alueiden laskenta koko hankeaineistolle (koko Suomi, laskenta ArcGIS:issa ja R:ssä) maaliskuu-elokuu
 - a) Uomien mutkaisuuden laskenta ArcGIS:issä
 - b) Ilmastotietojen haku biologiseen malliin worldclim-tietokannasta, haku R:llä
 - c) Valuma-alueiden maankäyttötiedot, laskenta R:llä SYKEN laskentapalvelimella
- 10) Habitaattien ja biologisen tilan luonnontilan muuttuneisuusennusteiden laskenta hankeaineistolle (koko Suomi) huhtikuu-elokuu
- 11) Ennusteiden tarkistaminen ja julkaistavien ennusteiden suodatus elokuu-syyskuu
- 12) Hankkeen lopputuotteen teko: valtakunnallinen paikkatietoaineisto pienten virtavesien tilasta ArcGIS Online-palveluun kesäkuu-syyskuu
- 13) Pienryhmäpalaveri lopputuotteen sisällöstä. kesäkuu
- 14) Hanke päättyi 30.9. 2021
- 15) Hankkeen loppuseminaari (webinaari) 14.10. 2021
- 16) Ennusteiden ja taustatietojen julkaisu ladattavana pakettina ja rajapinnassa SYKEN Avoin tieto -palvelussa marraskuu
- 17) Loppuraportointi 15.11.2021

LIITE 2. Hankkeen viestintä

Hanketta esiteltiin webinaareissa (Taajamien pienvedet – lähiluonnon helmet, 28.9.2020, Purot ja metsänkäsittely - miniseminaari, 4.11.2020) sekä hankkeiden (mm. Helppi-hanke, lokakuu 2021) ja asiantuntijaryhmien (esim. Luontotyypin uhanalaisuudenarviointi) kokouksissa. Kesäkuussa 2021 järjestettiin sidosryhmätapaaminen verkkokartan kehittämiseksi. Hankkeen verkkosivut ovat osoitteessa: <https://www.syke.fi/hankkeet/PUROHELMI>.

14.10.2021 järjestettiin hankkeen loppuseminaari webinaarina laajalle asiantuntijajoukolle. Samassa yhteydessä julkaistiin [Syken tiedote](#). Ilmoittautuneita oli n. 160 ja liveosallistujia noin sata. Ilmoittautuneita oli etenkin kaikista ELY-keskuksista (noin kolmasosa), aluehallintovirastoista, ammattikorkeakouluista, yliopistoista, Suomen metsäkeskuksesta, Metsähallituksesta, Lukesta, Sykestä, vesiensuojeluyhdistyksistä ja muista asiantuntijaorganisaatioista (Valonia, Suomen vesistöääitiö), WWF:stä, ympäristöministeriöstä ja maa- ja metsätalousministeriöstä. Webinaarissa käyty keskustelu oli vilkasta ja aineisto nähtiin hyvin tarpeelliseksi. Aineiston kehittämiseen saatiin palautetta, webinaari tallennettiin ja se jaettiin osallistujille kahdeksi viikoksi diamateriaalien kanssa.

Hankkeen tuloksia käsiteltiin viidessä sanomalehtiartikkeleissa webinaarin jälkeen:

- *Purot ovat huonossa hapessa myös Rauman seudulla, kertoo tuore kartta-aineisto:* <https://ls24.fi/uutiset/purot-ovat-huonossa-hapessa-myos-rauman-seudulla-kertoo-tuore-kartta-aineisto>
- *Syke: Pienet puronuomat ovat heikossa tilassa – Porvoostakin niitä löytyy useilta alueilta:* <https://www.uusimaa.fi/paikalliset/4337230>
- *Pienet virtavedet heikossa tilassa:* <https://aamuset.fi/artikkeli/5454375>
- *Pienet virtavedet ovat laaja-alaisesti heikossa tilassa:* <https://vesitalous.fi/2021/10/pienet-virtavedet-ovat-laaja-alaisesti-heikossa-tilassa/>
- *Joutsenossa kiemurtelee lähes luonnontilaisiksi arvioituja puroja – uusi karttapalvelu näyttää myös punaista merkiksi siitä, että ojituksella sekä uomien suoristamisella ja perkauksella on saatu täälläkin tuhoa aikaan:* <https://www.joutsenolehti.fi/paikalliset/4345489> (**Kuva 11**)

SYKEN Twitter-tilin uutista (”Pienet virtavedet ovat laaja-alaisesti heikossa tilassa, selviää uudesta @SYKEinfo verkkokartasta, jossa on arvioitu 90 000 virtavettä.”);

<https://twitter.com/SYKEinfo/status/1448568533147951105>, **Kuva 11**) oli katsottu 11.11.2021 mennessä 7082 kertaa (268 toimintaa) ja jaettu 31 kertaa.



Puron kiemurteilu on hyvä merkki arvokkaasta luonnontilaisuudesta. Katralammasta laskeva Kärröillänjoki poimii kuuksossa Roison liepeillä. Puroon ja Jokelan kautta kiemureltaan se yhtyy Virtolajoen kanssa ja kasvaa Suurijokeksi.

Joutsenossa kiemurtelee liki luonnontilaisia puroja

Muuttuneisuus: Uusi karttapalvelu näyttää, ettei kunnostuskohteistakaan ole pulaa.

Tina Manikka

Arvio

Joutsenon vihreät* purot

- Sojoki
- Huipukka
- Kärröillänjoki - Suurijoki
- Mielikonjoki
- Mustajoki
- Kujinjoki

*SYKE on arvioinut luonnontilaisuutta ja sen muuttuneisuutta visioportilla avaruudella sijaitseissa ohjelmien ja kiertäen karta oraisiin ja punaiseen.

UUTTA

karttapalvelua voi hyödyntää luonnontilaisista silyneiden purojen suojelussa, luonokantoisten

puurojen paikallistamisessa ja mahdollisten kunnostuskohteiden valinnassa. Lopullinen kunnostus-
tarve tulee aina selvittää paikan päällä maastossa. Aroviita muistuttaa. Näin siksi, että purojen luonnontilaisuutta on nimenomaan arvioitu. Uusi karttapalvelu sisältää noin 90 000 pienen virtaveden tai virtaveden osan muuttuneisuusarvioita. Paikan päällä on käyty vain muutamissa kohteissa. Maastotieto SYKEllä oli käytössä 629 virtavesikohteen inventoimista ja 650 kohteen pohjelaimeistosta. Kohteista yksikään ei sijaitse Joutsenossa.

ARVIOT perustuvat tilastomallinnuksiin, joissa on hyödynnetty maastotietojen ohella SYKE:n uomatietokantaa ja turvemaiden ojustilannekarttaa, Corine-maanpeitteaineistoa ja Luonnonvarakeskuksen valtakunnan metsien

inventointitilaineistoa. Katsovihalla on merkitty purot, joiden luonnontilaisuusarvio sisältää epävarmuuskertoja. Joutsenossa tällaisia luonnontilaisiksi arvioitua puro-osuuksia on kolme: uomanpääkä Mustajoen ja Hangasjoen välillä maastossa, Suokumman Ahvenlammen läheinen uomanpääkä lähellä Mielikonjoa sekä Savelanjoen sivuhaara Viijänjen eteläpuolella. Arvioita ei ole laadittu virtavesille, joiden valuma-alueilla ei ole lainkaan turvemaita. Kaikkien saatavilla oleva karttapalvelu on tehty SYKE:n Puro-Helmi-hankkeessa, joka on osa ympäristöministeriön Helmi-elinympäristöohjelmaa.

Liikki sähköiseen karttapalveluun löytyy SYKE:n Puro-Helmi-hankkeesta (https://www.syke.fi/hankkeet/puro-helmi) 14.10. julkistettujen tiedotteen lipusta.



Pienet virtavedet ovat laaja-alaisesti heikossa tilassa, selviää uudesta @SYKEinfo verkkokartasta, jossa on arvioitu 90 000 virtavettä.

Lue: syke.fi/fi-fi/Ajankoht...

#PUROHELMI #VesienTila #Vesistökuunnostus #HelmiOhjelma @freshabit #Puro @Luontopalvelut
Kuva: @JukkaAroviita 1/2



11.37 ap. · 14. lokak. 2021 · Twitter Web App

26 uudelleentwiittausta 5 Twiitin lainaukset 53 tykkäystä

Kuva 11. Joutseno-lehden 28.10.2021 ilmestynyt artikkeli hankkeen tuloksista ja SYKE:n Twitter-tilin uutinen 14.10.2021 verkkokartan julkistamisesta.