

Paikkatietopohjaisen purojen tilan arviointimenetelmän kehittäminen

PienvesiGIS-menetelmän jatkokehittäminen

Freshabit Life IP -hanke
Suomen ympäristökeskus
versio 9/2019



Hanke on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Aineiston sisältö heijastelee sen tekijöiden näkemyksiä, eikä Euroopan komissio tai EASME ole vastuussa aineiston sisältämien tietojen käytöstä.

Sisällys

1	Johdanto.....	3
2	Aineisto ja Menetelmät.....	3
3	Tulokset.....	7
4	Tulosten tarkastelu.....	11
5	Uusien purojen luokittelu.....	13
6	Kirjallisuus.....	14

1 Johdanto

Suomen ympäristökeskuksen toteuttamassa PienvesiGIS (Pienvesien tilan kartoitus ja tiedon hyödyntäminen vaelluskalojen palauttamisessa lijoen valuma-alueella) -hankkeessa kehitettiin työkalua lijoen valuma-alueen pienten virtavesien luonnontilaisuuden paikkatietoperusteiseen arviointiin. Hankkeessa testattiin useita erilaisia purojen ja niiden valuma-alueiden ominaisuuksia kuvaavia muuttujia ja tarkasteltiin niiden soveltuvuutta luonnontilaisuuden arviointiin. Hankkeen tavoitteena oli kehittää paikkatietoperusteinen työkalu, jolla voidaan tunnistaa pienvesistöt, jotka ovat muuttuneet metsätaloustoimenpiteiden seurauksena ja joita olisi kunnostamalla mahdollista ennallistaa.

Metsätalouden toimenpiteet ovat muuttaneet suurinta osaa metsätalousalueiden latvavesistä. Etenkin metsäojat ovat vaikuttaneet miltei kaikkiin turvemaiden virtaaviin vesistöihin. Ojista on valunut puroihin hiekkaa ja purouomia on kuivatukseen tehostamiseksi perattu. Pieniä puroja on myös suoraan muutettu metsäojiksi. Purojen pohjan ja uoman rakenteet ovat ojitusten seurauksena yksipuolistuneet ja ojitusten seurauksena purojen hydrologia on muuttunut siten, että virtaaman ääriolot ovat voimistuneet. Virtaamaan vaihtelu lisää sedimentin kulkeutumista ja uomien syöpymistä moreenimailla (Mykrä ym. 2003). Metsäojista tulee vesistöihin myös ravinnekuormitusta. Uusimmat tutkimukset ovat lisäksi osoittaneet, että ojituksista tuleva kuormitus on luultua suurempaa, eikä vesiensuojelu etenkin turvemaiden ole riittävää (Nieminen et al. 2017).

Rantavyöhykkeiden uudistushakkuut muuttavat välittömästi pienvesiä ympäröivää mikroilmastoa, maan kosteusolosuhteita, vesistön valaistusolosuhteita sekä vesistöön kulkeutuvan orgaanisen aineen määrää ja laatua (Kreutzweiser ym. 2009). Rantavyöhykkeen hakkuut lisäävät valuntaa, ja maaperän rikkoutuessa maanmuokkauksen seurauksena myös uomaan kulkeutuvan humuksen ja kiintoaineen määrä voi merkittävästi kasvaa. Rannan hakkuut voivat myös vaikuttaa puron ja rantametsän välisiin ekosysteemin toimintaa ylläpitäviin prosesseihin ja siten myös eliöstön monimuotoisuuteen (Johnson et al. 2003, Wallace et al. 1997). Pienet vesistöt reagoivat herkästi lähivaluma-alueen maankäyttöön ja muutoksiin rantametsissä. Rantapuuston poistaminen vaikuttaakin eliöstöön ja sen toimintaan huomattavasti enemmän pienvesissä kuin suuremmissa vesistöissä (Allan & Castillo 2007).

PienvesiGIS-hankkeessa purouomien perkausta kuvaava mutkaisuusindeksi (ks. menetelmät) oli paras yksittäinen puron luonnontilaisuutta kuvaava muuttuja. Myös harvapuustoisten alueiden ja metsäojien määrä valuma-alueella selittivät puron luonnontilaisuutta. Tässä hankkeessa jatketaan PienvesiGIS-hankkeessa aloitettua testaustyötä. Tavoitteena on edelleen löytää luonnontilaisuutta kuvaavia paikkatietomuuttujia ja tämän lisäksi kehittää muuttujista tilastollinen malli, jolla luonnontilaisuutta voidaan ennustaa purokohteissa, joista inventointitieto puuttuu.

2 Aineisto ja Menetelmät

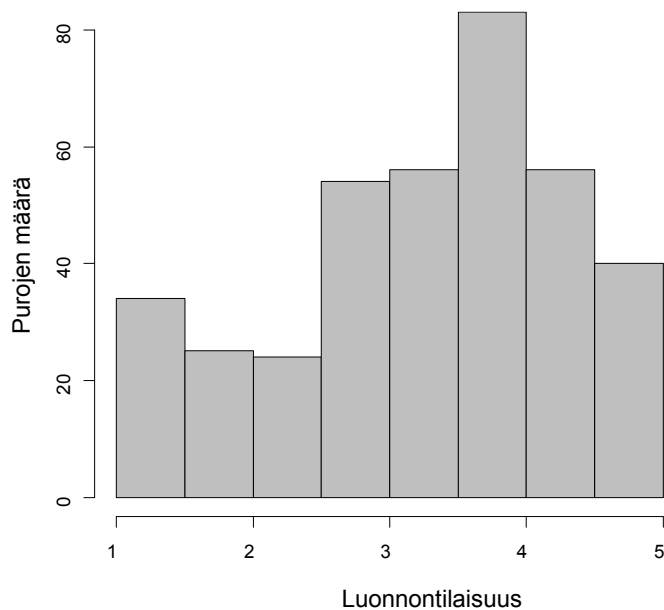
Puroinventoinnit

Paikkatietoanalyysien aineistona käytettiin Metsähallitukselta saatua purojen luonnontilaisuuden inventointiaineistoa. Aineisto käsittää yli 400 puron maastoinventoinnit lijoen valuma-alueelta. Inventoinnissa purojen varret kuljetaan kokonaisuudessaan läpi ja samalla kirjataan arvioinnissa käytettäviä tietoja puron luonnontilaisuudesta. Inventoinnissa

arvioidaan puron perusmuuttujien (pituus, leveys ja syvyys) lisäksi uoman ja rantavyöhykkeen rakenteisiin ja kasvillisuuteen liittyviä tekijöitä. Puron luonnontilaisuutta arvioidaan luonnontilaa muuttaneiden tekijöiden perusteella. Näitä ovat metsäojitukset, uoman perkkaukset, rantavyöhykkeen hakkuut ja maan muokkaukset. Lisäksi arvioidaan mudan ja hiekan määrää purouomassa sekä vedenlaadun mahdollista muutosta. Kaikki tekijät arvioidaan asteikolla 0 – 5, jossa arvo 5 edustaa täysin luonnontilaista tilannetta. Inventoinnissa puronvarret jaetaan eripituisiin jaksoihin uoman muotojen, virtaustyyppin, alueen kasvutyyppin ja ihmistoiminnan perusteella. Lisätietoja inventoinnista löytyy raportista (Hyvönen ym. 2005).

Purojen luonnontilaisuus

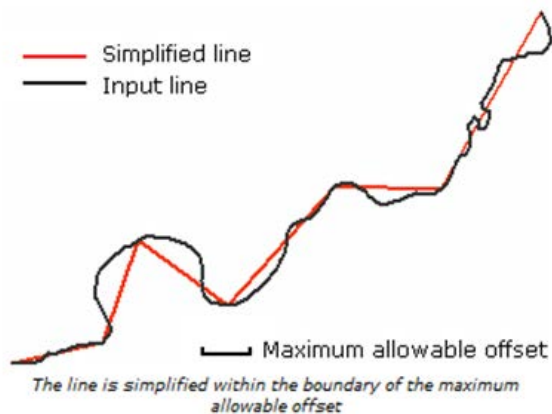
Puroille laskettiin inventoitujen purojaksojen luonnontilaisuusarvojen pituuspainotettuna keskiarvona yksi jatkuva luonnontilaisuusmuuttuja. Valitussa purojoukossa esiintyi kaikkia luonnontilaisuusluokkia väliltä 1-5. Eniten aineistossa oli puroja, joiden luonnontilaisuus oli välillä 3,0 – 4,5 (Kuva 1).



Kuva1. Puroille laskettujen purojaksojen pituudella painotetun luonnontilaisuuden jakauma aineistossa.

Puron mutkaisuus

Paikkatietomenetelmän avulla puroille laskettiin mutkaisuutta kuvaava indeksi, jossa alkuperäisestä purouoman geometriatiedosta laskettiin suoristettu uoma, jonka pituutta verrattiin alkuperäisen uoman pituuteen. Aineistoina käytettiin Ranta10-aineistoa ja maastotietokannan uoma-aineistoa, joista laskettiin suoristus viiva-aineistolle. Alkuperäisestä geometriasta laskettiin yleistyksen ArcGIS:n Editing Toolsin Generalize-työkalulla. Yleistykselle määritettiin raja-arvo (maximum allowable offset), joka kertoo, kuinka kaukana uusi suoristettu viiva voi olla alkuperäisestä viivasta (etäisyys on pienempi kuin määritetty toleranssi (Kuva 2). Laskenta tehtiin 10 metrin raja-arvoilla.



Kuva 2. Uomageometrian yleistyksen laskennan periaate.

Alkuperäisen ja suoristetun uoman pituuksien avulla laskettiin mutkaisuusindeksi, jossa verrataan alkuperäistä puron uoman pituutta suoristetun uoman pituuteen (Kaava 1). Indeksillä on jatkuva muuttuja, jonka arvo on ≥ 1 . Mitä lähempänä indeksin arvo on lukua yksi, sitä vähemmän eroa on alkuperäisen ja suoristetun viivan välillä, eli sitä suurempi purouoma on.

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

Muut paikkatietoaineistot

Hankkeessa sovellettiin pääasiassa samoja paikkatietoaineistoja kuin PienvesiGIS-hankkeessa. Laserkeilausaineistossa oli tutkimusaineistoa koottaessa kuitenkin vielä puutteita, minkä vuoksi tähän perustuvat paikkatiedot (metsävaratiedot ja tarkkaan korkeusmalliin perustuva kaltevuus) jouduttiin jättämään pois analyseistä. Purojen valuma-alueet määritettiin Suomen ympäristökeskuksessa kehitetyllä VALUE-työkalulla, jolla voidaan laskea halutun pisteen yläpuolinen valuma-alue. Laskennassa käytetään 10 metrin korkeusmallia. Osa pienemmistä valuma-alueista määritettiin Metsäkeskuksen tekemällä valuma-alue työkalulla, jonka laskenta perustuu 2 metrin korkeusmalliin.

Soiden ojitustilanne laskettiin ojitustilanne-paikkatietoaineiston (SOJT_09b1) avulla. SOJT_09b1 on rasterimuotoinen (25 m × 25 m) aineisto, joka luokittelee koko Suomen turvemaat ojittamattomiin, ojittettuihin ja turpeenottoalueisiin. Aineisto on tehty Maanmittauslaitoksen maastotietokannan (vuosi 2008) ja CORINE 2006 -maanpeiteaineistojen avulla. Aineistosta laskettiin ojittettujen ja ojittamattomien turvemaiden osuus valuma-alueesta sekä ojitetun turvemaan osuus kaikista turvemaista.

Metsävaratietojen sijaan tässä työssä käytettiin valtakunnallisia monimuotoisuudelle tärkeitä metsäalueiden paikkatietoaineistoa. Aineisto on tuotettu Zonation-analyysillä ja siinä yhdistetään useita erilaisia paikkatietoaineistoja (Mikkonen ym. 2018). Analyysillä tunnistetaan metsäalueita, joissa on paljon erilaista lahoppuuta ja jotka ovat kytkeytyneet muihin laadukkaisiin metsä- ja suojelualueisiin. Analyysissä alennetaan lisäksi sellaisten

alueiden arvoa, jossa on tehty luonnontilaa heikentäviä toimenpiteitä. Analyysillä tuotetaan prioriteettikarttoja, joissa monimuotoisuudelle arvokkaiden metsien prioriteetti on paikkatietoaineistossa jaettu 13 luokkaan ja prioriteetti saa arvoja väliltä 0 – 1 monimuotoisuudelle arvokkaiden metsien prioriteetin kasvaessa arvojen kasvaessa. Eri prioriteettien metsien osuudet olivat aineistossa hyvin vaihtelevia, minkä vuoksi yksittäisiä prioriteettiarvoista tehtiin erilaisia prioriteettiyhdistelmiä, joissa alueen prioriteetti kasvaa luokkien yhdistyessä. Analyysiin valittiin yhdistelmät 1-2, 1-3, ja 1-4, 9-13, 10-13, 11-13 ja 12-13. Kolmessa ensimmäisessä yhdistelmässä metsät ovat alhaisen prioriteetin metsiä, joten luokkien osuus kuvastaa käsiteltyjä metsiä.

Maankäyttötiedot poimittiin CORINE Land Cover 2006 -aineistosta, joka kuvaa koko Suomen maankäyttöä ja maanpeitettä vuonna 2006. Aineisto koostuu rasterimuotoisesta paikkatietokannasta (erotuskyky 25 × 25 m). Aineisto on tuotettu SYKEssä olemassa oleviin paikkatietoaineistoihin sekä satelliittikuvatulkintaan perustuen.

Puron kaltevuus laskettiin Ranta10-aineiston ja maastotietokannan uoma-aineiston avulla. Jokaiselle puroille laskettiin puroille maksimi- ja minimikorkeudet (m), keskimääräinen korkeus (m) ja kaltevuus (%). Korkeudet laskettiin KM10-korkeusmallista.

Aineiston analyysit

Tilastollisten tarkastelujen päämääränä oli luoda malli, jolla voidaan paikkatietojen avulla ennustaa purokohteiden luonnontilaisuutta. Aineistoa tarkasteltiin aluksi graafisesti muuttujien jakaumien selvittämiseksi. Tarkasteluissa pyrittiin lisäksi tunnistamaan purokohteet, joissa muuttujien arvot poikkeavat merkittävästi muista luonnontilaisuudeltaan vastaavista purokohteista. Muuttujille tehtiin muunnoksia normaalijakauman saavuttamiseksi.

Luonnontilaisuutta mallinnettiin kahdella eri menetelmällä: monimuuttujaregressiolla, jossa luonnontilaisuus oli jatkuva muuttuja sekä lineaarisella erotteluanalyysillä, jossa luonnontilaisuus luokiteltiin viiteen alkuperäisluokkaansa. Ennen analyysijä aineistosta valittiin 51 puroa, joita käytettiin riippumattomina testipuroina kummassakin mallissa. Puroja valittiin samassa suhteessa kuin niitä oli eri luonnontilaisuusluokissa.

Monimuuttujaregressiossa selittävät muuttujat valittiin ns. askeltavalla valinnalla, jossa malliin lisätään muuttujia tärkeysjärjestyksessä siinä suhteessa kuin ne kasvattavat mallin selitystasetta. Regressiomallissa selittäville muuttujille muodostetaan regressiokertoimet, joiden avulla voidaan ennustaa uusien havaintojen luonnontilaisuutta.

Myös erotteluanalyysissä käytettiin selittävien muuttujien askeltavaa valintaa. Erotteluanalyysin periaate on hyvin samankaltainen kuin regressionanalyysissä. Ajatuksena on löytää selittävien muuttujien kombinaatio, joka erottelee havaintoaineiston mahdollisimman hyvin selitettävän muuttujan luokkiin. Analyysin tavoitteena on ryhmäjäsenyyden ennustaminen selittävien muuttujien avulla. Erikokoisten ryhmien tapauksessa voidaan ryhmäkoolle asettaa lisäksi *a priori* todennäköisyys. Tässä työssä *a priori* todennäköisyyksinä käytettiin purojen määriä eri luonnontilaisuusluokissa. Lisäksi laskettiin *posteriori* todennäköisyydet kullekin puroille kuulua eri luonnontilaisuusluokkiin. *Posteriori* todennäköisyydet laskettiin ympäristöetäisyyksien (Mahalanobiksen etäisyys) ja *a priori* todennäköisyyksien perusteella.

3 Tulokset

Luonnontilaisuutta selittävät tekijät

Corine maanpeiteluokista metsätyyppien osuudet korreloivat luonnontilaisuuden kanssa siten, että suhde oli turvemaiden metsätyypeillä (lehtimetsät, sekametsät ja havumetsät) negatiivinen ja kivennäismaiden metsätyypeillä (havumetsät kivennäismailla) positiivinen (Taulukko 1). Myös avosoiden osuus korreloi positiivisesti luonnontilaisuuden kanssa. Hakkuita kuvaavista harvapuustoisista metsätyypeistä harvapuustoiset havumetsät turvemaalla korreloi negatiivisesti luonnontilaisuuden kanssa. Kaikki korrelaatiot olivat heikkoja ja todennäköisesti kuvaavat enemmän metsätaloustoimien intensiteettiä ja mahdollisesti tähän liittyviä voimakkaampia vaikutuksia turvemailla.

Taulukko 1. Luonnontilaisuuden kanssa korreloivat CORINE maanpeiteluokat ja niiden korrelaatiokertoimet (Pearson) ja P-arvot.

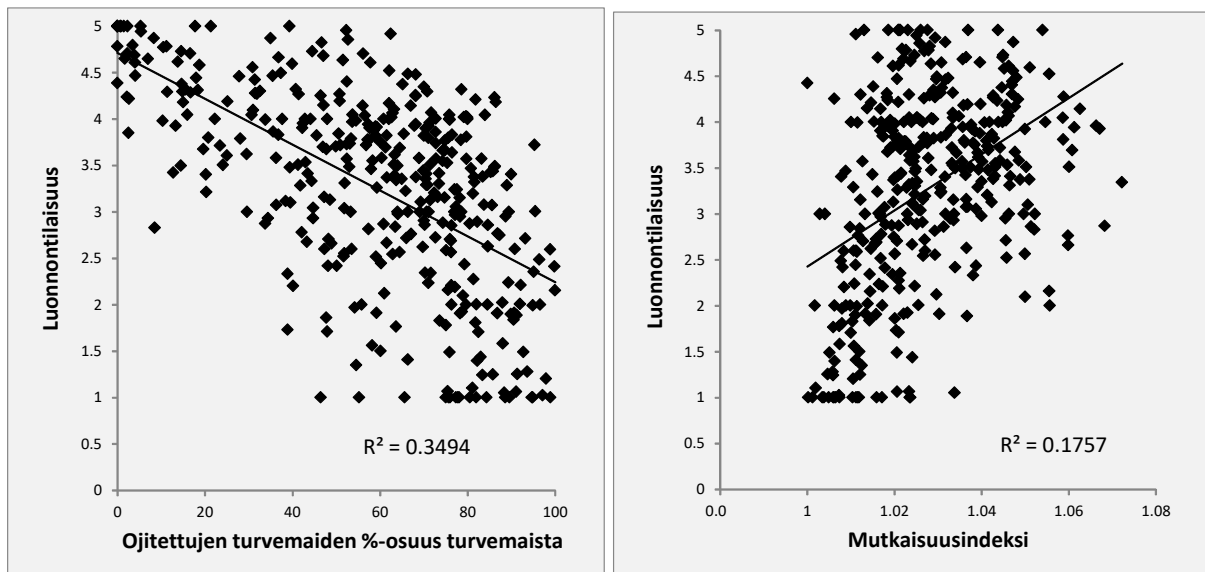
Luokka	Selite	Pearson r	P
3112	Lehtimetsät turvemaalla	-0,179	0,136
3121	Havumetsät kivennäismaalla	0,136	0,009
3122	Havumetsät turvemaalla	-0,327	<0,001
3132	Sekametsät turvemaalla	-0,213	<0,001
3243	Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, turvemaalla	-0,143	0,006
4121	Avosuot	0,215	<0,001

Luonnon monimuotoisuuden kannalta arvokkaiden metsätyyppien osuudet purojen valuma-alueilla korreloivat jonkin verran voimakkaammin puron luonnontilaisuuden kanssa. Alhaisten prioriteettiyhdistelmien korrelaatio luonnontilan kanssa oli negatiivinen ja korkeiden prioriteettiyhdistelmien positiivinen (Taulukko 2). Prioriteettiyhdistelmien metsien osuudet olivat vahvasti keskenään korreloituneita (Pearson $r > 0.8$), siten että alhaisten ja korkeiden prioriteettien metsäosuudet olivat voimakkaassa negatiivisessa korrelaatiossa ja vastaavasti sekä alhaiset että korkeat prioriteetit korreloivat keskenään positiivisesti.

Yhdistelmä	Monimuotoisuuden prioriteetit	Pearson r	P
1	Prioriteetit 1-2	-0,369	<0,001
2	Prioriteetit 1-3	-0,393	<0,001
3	Prioriteetit 1-4	-0,387	<0,001
4	Prioriteetit 9-13	0,486	<0,001
5	Prioriteetit 10-13	0,479	<0,001
6	Prioriteetit 11-13	0,467	<0,001
7	Prioriteetit 12-13	0,465	<0,001

Puron luonnontilaisuus aleni ojitettujen turvemaiden osuuden (osuus kaikista turvemaista) kasvaessa ja nousi puron mutkaisuuden kasvaessa (Kuva 3). Valuma-alueen kaltevuus ei selittänyt luonnontilaisuuden vaihtelua ($r = -0,061$). Kaltevuus se oli negatiivisessa suhteessa ojitamattomien ($r = -0,302$) ja ojitettujen ($r = -0,351$) turvemaiden määrään sekä

puron mutkaisuusindeksiin ($r = -0,322$). Kaltevuus ei kuitenkaan liittynyt ojitettujen turvemaiden osuuteen kaikista turvemaista ($r = -0,041$).



Kuva 3. Ojitettujen turvemaiden osuuden (kaikista turvemaista) ja puron mutkaisuusindeksin suhde puron luonnontilaisuuteen.

Monimuuttujaregressio

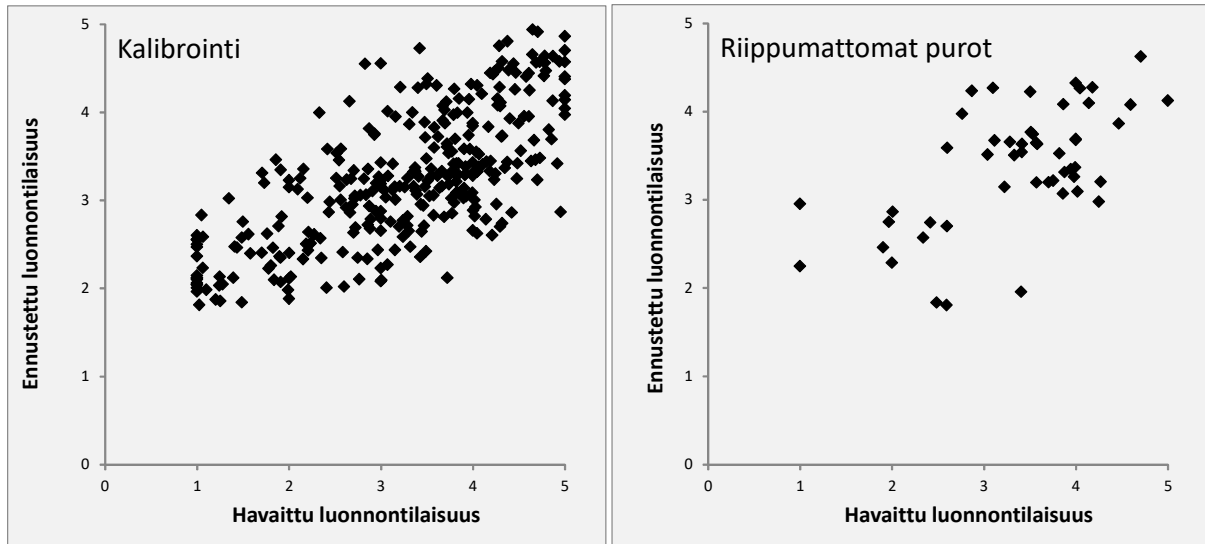
Muuttujien askeltavassa valinnassa regressiomalliin valikoituivat ojitettujen turvemaiden osuus turvemaista, mutkaisuusindeksi ja luonnon monimuotoisuudelle tärkeiden metsien prioriteettien yhdistelmä 10-13. Yhdessä muuttujat selittivät 49 % luonnontilaisuuden vaihtelusta mallin kalibrointipaikoilla (Taulukko 3).

Taulukko 3. Luonnontilaisuuden regressiomallin parametrit.

Malli	β	S.E.	Standard. β	t	P	95 % luottamusväli	
						Ala	Ylä
Vakio	3,325	0,174		19,136	<0,001	2,983	3,666
Ojitettujen turvemaiden %-osuus	-0,017	0,002	-0,415	-9,472	<0,001	-0,021	-0,014
Mutkaisuusindeksi*	24,494	2,836	0,326	8,636	<0,001	18,917	30,072
Prioriteettiyhdistelmä 10-13*	0,169	0,032	0,231	5,333	<0,001	0,107	0,232

*Muuttujille tehty ln-muunnos.

Poikkeamat havaitun ja ennustetun luonnontilaisuuden välillä olivat samanlaisia mallin kalibrointipaikoilla (RMSE 0,758) ja uusilla, riippumattomilla paikoilla (RMSE 0,740). Malli kuitenkin selvästi yliennustaa alhaista luonnontilaa kuvaavia arvoja ja yliennustaa korkeita arvoja (Kuva 4). Ennusteissa on myös huomattavan suuri hajonta, etenkin keskimääräisissä luonnontilaisuuden arvoissa (Kuva 4).



Kuva 4. Regressiomallilla ennustetun ja havaitun purojen luonnontilaisuuden suhde mallinnetuissa puroissa (Kalibrointi, N = 321) ja uusissa, mallista riippumattomissa testipuroissa (N = 51).

Erotteluanalyysi

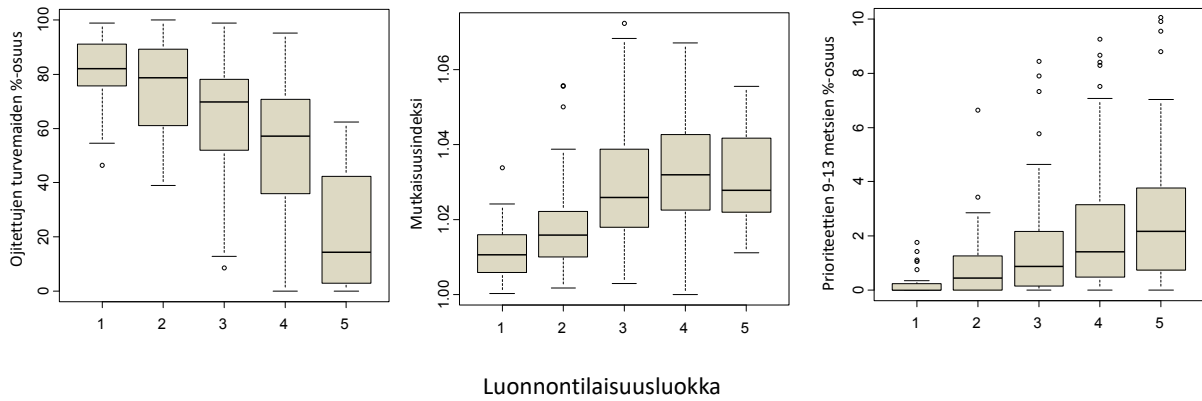
Erotteluanalyysissä purot luokiteltiin luonnontilaisuudeltaan viiteen luokkaan ja etsittiin paikkatietomuuttujat, jotka parhaiten erottelevat luonnontilaisuusluokat. Ojitettujen soiden osuus oli myös erotteluanalyysissä tärkein muuttuja (Taulukko 4). Lisäksi luonnontilaisuusluokkia erottelivat puron mutkaisuus ja monimuotoisuudelle tärkeiden metsien prioriteettien yhdistelmä 9-13, joskin jälkimmäisen merkitys oli jokseenkin pieni (Taulukko 4).

Taulukko 4. Erotteluanalyysin muuttujien askeltava valinta. Lopullisessa mallissa ovat mukana kaikki kolme muuttujaa.

Muuttujien määrä	Muuttuja	Lamda	F	df	df2	P
1	Ojitettujen %-osuus	0,591				
2	Mutkaisuusindeksi*	0,478				
3	Prioriteettiyhdistelmä 10-13*	0,447	24,617	12	831	<0.001

*Muuttujille tehty ln-muunnos.

Kaikkien muuttujien keskiarvot poikkesivat selvästi luonnontilaisuusluokkien välillä (Kuva 5). Ojitettujen turvemaiden osuus ja puron mutkaisuus lisääntyivät luonnontilaisuuden lisääntyessä, mutta mutkaisuuden nousu tasaantui luokissa 3 -5 (Kuva 5). Luonnon monimuotoisuuden kannalta korkean prioriteetin metsien osuus valuma-alueen metsistä vaihteli samaan tapaan kuin puron mutkaisuus. Luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeiden metsien osuus kattoi vain muutamia prosentteja luonnontilaisiksi luokiteltujen purojenkin valuma-alueiden metsistä (Kuva 6).



Kuva 6. Ojitettujen soiden osuudet valuma-alueen turvemaista, puron mutkaisuus indeksi ja Luonnon monimuotoisuuden kannalta korkean prioriteetin metsien osuus valuma-alueen metsistä eri luonnontilaisuusluokissa.

Erottelufunktiot luokittelivat 52 % mallin kalibrointipuroista ja 50 % riippumattomista testipuroista niiden oikeaan luonnontilaisuusluokkaan. Luokkakohteisissa luokituksissa oli vaihtelua, mutta pääsääntöisesti purot luokittuivat vierekkäisiin luonnontilaisuusluokkiin, joten voimakkaasti muuttuneet purot erottuvat suhteellisen hyvin luonnontilaisemmista puroista (Taulukot 5 ja 6). Kolmannen tilaluokan puroissa luokitteluvirhettä esiintyi kuitenkin vaihtelevasti, joten näiden luokittelussa on enemmän epävarmuutta (Taulukot 5 ja 6).

Taulukko 5. Mallissa käytettyjen purojen luokittuminen luonnontilaisuusluokkiin erotteluanalysissä.

Luonnontilaisuus	1	2	3	4	5	Yhteensä
1	12	10	7			29
2	8	16	12	7		43
3	5	8	43	35	4	95
4	1	1	29	74	14	119
5			1	12	22	35
%	1	2	3	4	5	
	41	34	24			100
	19	37	28	16		100
	5	8	45	37	4	100
	1	1	24	62	12	100
			3	34	63	100

Taulukko 6. Riippumattomien testipurojen luokittuminen luonnontilaisuusluokkiin erotteluanalysissä.

Luonnontilaisuus	1	2	3	4	5	Yhteensä
1	4	1				5
2		3	1	1		5
3	2		6	6	1	15
4			6	10	4	20
5				3	2	5
%						
1	80	20				100
2		60	20	20		100
3	13		40	40	7	100
4			30	50	20	100
5				60	40	100

4 Tulosten tarkastelu

Paikkatieto metsätalouden vaikutusten kuvaajana

Ojitettujen turvemaiden osuus purojen valuma-alueen turvemaista oli selvästi tärkein purojen luonnontilaisuutta selittävä tekijä. Metsäojien osuus oli yleisin purojen luonnontilaisuutta muuttanut tekijä myös lijojen valuma-alueen inventoinneissa vuosina 1998 -2003, jolloin jopa 43 %:lla purojaksoista havaittiin metsäojien aiheuttamia muutoksia (Hyvönen ym. 2005). Tämän työn aineistosta metsäojien maastossa inventoitu määrä puuttui, mutta vaikuttaisi siltä, ettei tilanne ole ainakaan parantunut. Voimakkaimmin muuttuneiden purojen valuma-alueiden turvemaista oli ojitettu keskimäärin 80 %. Luonnontilaisuiksi luokiteltujenkin purojen valuma-alueilla ojitusten osuus oli keskimäärin 22 %, eikä täysin ojittamattomia valuma-alueita ollut koko aineistossa kuin neljällä purolla. Metsäojat heikentävät purojen vedenlaatua ja lisäävät etenkin uomiin kulkeutuvan kiintoaineen määrää. Puroihin valuva hiekka peittää pohjan pikkukivikot ja vesisammaleet ja siten yksipuolistaa purohabitaatteja (Vuori ym. 1995).

Metsäojien vahva suhde luonnontilaisuuteen viittaa toisaalta siihen, että purojen luonnontilaisuuden luokittelu heijastaa metsätalouden intensiteettiä purojen valuma-alueella. Tätä tukee myös luonnon monimuotoisuuden kannalta korkean prioriteetin metsien osuuden positiivinen suhde purojen luonnontilaisuuteen. Korkean prioriteetin metsiä oli purojen valuma-alueilla vain muutamia prosentteja metsäalasta, joten muuttujan vaikutus liittyy epäsuorasti metsätalouteen ja kuvaa enemmän toiminnan intensiteettiä kuin varsinaisia metsätalouden vaikutuksia. Luonnontilaisuutta selittävästä muuttujasta vain purojen mutkaisuusindeksi on määritetty samalla mittakaavalla, millä purojen luonnontilaisuutta on arvioitu. Mutkaisuus korreloi lisäksi purojen leveysvaihtelun kanssa, joka myös alenee voimakkaiden perkausten seurauksena. Purojen mutkaisuus on myös inventoinneissa keskeinen luonnontilaisuuden kuvaaja, joten mutkaisuusindeksin valikoituminen malleihin oli odotettua. Mutkaisuusindeksin vaihtelu tasaantui selvästi purojen luonnontilaisuuden lisääntyessä, joten indeksin perusteella voidaan erottaa lähinnä voimakkaimmin muutetut purot. Vastaavan tyyppinen ilmiö oli havaittavissa myös luonnon monimuotoisuudelle tärkeiden metsätyyppien osuudessa, joka oli hyvin alhainen voimakkaimmin muutettujen purojen valuma-alueilla.

Luonnontilaisuuden ennustaminen

Tämä työn tarkoitus oli kehittää työkalua, jolla voidaan ennustaa purojen luonnontilaisuutta ja kunnostustarvetta paikkatietomuuttujien avulla. Regressiomalliin valikoituneet paikkatietomuuttujat selittivät luonnontilaisuuden vaihtelusta vain noin 50 %. Malli myös selvästi yliennusti alhaista luonnontilaisuutta ja aliennusti korkeaa luonnontilaisuuden astetta. Myös erotteluanalyysin luokittelutarkkuus olisi voinut olla parempi, mutta analyysin vahvuutena ovat ympäristöetäisyyksien ja ryhmäkokojen perusteella lasketut todennäköisyydet, joilla luokiteltava puro kuuluu eri luonnontilaisuusluokkiin. Todennäköisyyksien jakaantumisen perusteella voidaan arvioida luokituksen luotettavuutta ja todennäköisintä tilaluokkaa. Useimmiten purot saavat korkeita todennäköisyyksiä kuulua kahteen vierekkäiseen luokkaan (Taulukko 7).

Taulukko 7. Esimerkkejä ympäristöetäisyyksien ja erotteluanalyysin ryhmäkokojen perusteella lasketuista todennäköisyyksistä, joilla esimerkkipurot kuuluvat eri luonnontilaisuusluokkiin (P). Luokka on puron todellinen, inventointiin perustuva luonnontilaisuuden luokka. Kaksi suurinta todennäköisyyttä on lihavoituna.

Puro	Luokka	P1	P2	P3	P4	P5
Rääpysoja	4	0.000	0.006	0.263	0.649	0.081
Sorsaoja	1	0.516	0.350	0.075	0.058	0.001
Kaahlo-oja	5	0.011	0.046	0.217	0.463	0.263
Niskaoja	2	0.061	0.322	0.348	0.269	0.000
Kärppäoja	5	0.000	0.000	0.012	0.060	0.928

Mallin virhelähteet ja kehityskohteet

Puruomien luonnontilaisuuden vaihtelu lijoen valuma-alueella näyttäisi liittyvän metsätalouden toimenpiteiden voimakkuuteen, minkä vuoksi puroumien luonnontilaisuutta voidaan suhteellisen hyvin kuvata valuma-alueen muuttujilla. Turvemaiden osuus valuma-alueen pinta-alasta vaihteli hyvin vähän (keskimääräinen turvemaiden osuus valuma-alueesta 19 – 21 %), joten ojitusten määrä kuvanee hyvin metsäojien todellista vaikutusta. Ojitusten osuus myös korreloi käytännössä kaikkien purohabitaatin rakennetta kuvaavien muuttujien kanssa, joista etenkin hiekan määrä oli voimakkaassa suhteessa ojitusten osuuteen (Liite 1).

Puruomiin ja etenkin niiden eliöstöön vaikuttavat myös rantametsien hakkuut, joiden seurauksena uoman varjostus ja veteen kulkeutuvan lehtikarikkeen määrä vähenevät. Maanmuokkauksen seurauksena uomiin kulkeutuu myös lisää kiintoainetta. Laserkeilausaineistossa oli raportin paikkatietotöitä tehtäessä vielä aukkoja, joten on mahdollista, että purojen luonnontilaisuutta voitaisiin ennustaa tarkemmin, jos malleihin sisällytetään laserkeilaukseen perustuvia tietoja rantametsien puustosta. Uusien paikkatietojen käyttöä toisaalta vaikeuttaa inventoinneista kulunut aika. Viimeisimmätkin purojen inventoinnit on tehty jo vuonna 2011, joten arvioinnit rantametsissä tehdyistä toimenpiteistä eivät vastaa nykyhetken tilannetta. Laserkeilausaineistot voisivat olla hyödyllisiä arvioitaessa luokitteluja ja tilan heikkenemiseen johtaneista syistä, joten tietoja kannattaa hyödyntää sikäli kun niitä on käytettävissä.

Metsäojitusten vaikutuksessa oli myös paljon vaihtelua, mikä saattaa liittyä ojien ikään, syvyyteen, maaperään ja mahdollisiin vesiensuojelutoimiin, joten näiden tietojen hyödyntäminen saattaisi parantaa mallien tarkkuutta. Ojituksen vaikutus oli toisaalta hyvin samankaltainen voimakkaimmin ojitetuilla valuma-alueilla riippumatta inventoinneista kuluneesta ajasta, joten vaikuttaa siltä, että ojitusten aiheuttamat muutokset purouomissa ovat hyvin pysyviä. Ojituksista ei ollut käytettävissä tarkempaa tietoa, mutta lienee niin, että suurin osa ojituksista on vanhoja metsäojia, joissa vesiensuojelu on puutteellista. PienvesiGIS-hankkeessa tutkittiin myös maaperän ominaisuuksien suhdetta purojen luonnontilaisuuteen, mutta korrelaatiot olivat suhteellisen heikkoja, mikä viittaa siihen, että ojitusten vaikutukset saattaisivat liittyä enemmän ojitusten toteutustapaan kuin maaperän koostumukseen. Kiintoainetta kulkeutuu uomiin myös maanmuokkausten seurauksena, joten eri tekijöiden merkitystä ojitusten vaikutuksiin olisi syytä arvioida erillisessä selvityksessä. Metsäkeskuksen kehittämä eroosiomalli (RUSLE) voisi olla käyttökelpoinen työkalu näissä selvityksissä. Malli kuvaa kiintoaineen huuhtoutumisriskiä tilanteessa, jossa maaperän pintakerrosta on muokattu ja kuntakerros poistettu.

5 Uusien purojen luokittelu

Tässä työssä kehitetty Excel-pohjainen laskentamalli mahdollistaa uusien purokohteiden luokittelun luonnontilaisuusluokkiin. Laskentamalli löytyy internetsivuilta hankkeen aineistoista kohdasta A5 <http://www.metsa.fi/freshabit/hankeaineistot>.






Malliin syötettävät muuttujat lasketaan paikkatietoanalyysillä. Laskentaa varten tarvitaan purouoman sekä puron valuma-alueen geometriatieto sekä valuma-alueen ominaisuuksia kuvaavat aineistot sekä jokin paikkatieto-ohjelma, jolla analyysit voidaan tehdä. Kehitystyössä käytetyt aineistot ja menetelmät on esitelty tarkemmin luvussa 2.

Laskentapohjaan syötettävät muuttujat ovat:

1. ojitettujen turvemaiden osuus kaikista valuma-alueen turvemaista (%),
2. purouoman mutkaisuusindeksi (≥ 1) ja
3. Zonation prioriteettiyhdistelmien 9-13 osuus valuma-alueen alasta (%) ([https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Avoin_paikkatietoaineisto_luonnon_monimu\(46541\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Avoin_paikkatietoaineisto_luonnon_monimu(46541)))

Puron inventointipistearvon arviointimalli lijoen vesistöalueelle	
FRESHABIT LIFE IP HANKE, © Suomen ympäristökeskus	
1. Syötä soluihin C8-C11 arvioitavan puron tiedot	
Puron nimi	Lianoja
Ojitettujen turvemaiden osuus kaikista valuma-alueen turvemaista (%)	37
Mutkaisuusindeksin arvo	1,01
Zonation prioriteettiyhdistelmien 9-13 osuus valuma-alueen alasta (%)	19

Laskentamalli antaa tuloksena purolle ennustetut inventointipistearvon sekä todennäköisyydet, jolla puro kuuluu eri luonnontilaisuusluokkiin. Niitä arvioidaan asteikolla 0 – 5, jossa arvo 5 edustaa täysin luonnontilaista tilannetta.

2. Tähän tulostuu purolle ennustettu inventointipistearvo ("luonnontilaisuus")	
Puron nimi	Lianoja
Ennustettu inventointipistearvo	3,44
Ennustettu tilaluokka	Luokka 3
Perustuu regressiomalliin (ks tekninen raportti)	
3. Tähän tulostuu puron todennäköisyys (%) kuulua inventoinnin eri tilaluokkiin	
Puron nimi	Lianoja
Luokan 1 todennäköisyys	 5 %
Luokan 2 todennäköisyys	 13 %
Luokan 3 todennäköisyys	 17 %
Luokan 4 todennäköisyys	 33 %
Luokan 5 todennäköisyys	 32 %
Tulos perustuu erotteluanalysimalliin (ks tekninen raportti)	

Todennäköisyyksien laskennat perustuvat muuttujien arvojen poikkeamiin luonnontilaisuusluokkien keskiarvoista sekä ryhmäkokojen perusteella määriteltyihin *a priori* todennäköisyyksiin. *a priori* todennäköisyyksinä voidaan käyttää myös muita todennäköisyyksiä. Mikäli luokitellaan alueita, joissa purojen tilan jakaumasta on olemassa hyvä käsitys, voidaan todennäköisyyksiä muokata siten, että ne vastaavat paremmin kulloistakin tilannetta. Todennäköisyydet voidaan asettaa myös samoiksi, jolloin luokittelu perustuu vain ympäristöetäisyyksiin.

6 Kirjallisuus

- Allan, J.D. & Castillo, M.M. 2007. Stream ecology: structure and function of running waters. Springer.
- Hyvönen, S., Suanto, M., Luhta P-L, Yrjänä, T. & Moilanen E. 2005. Puroinventoinnit lijoen valuma-alueella vuosina 1998-2003. Alueelliset ympäristöjulkaisut 403.
- Johnson, B. R., Cross, W. F. & Wallace J. B. 2003. Long-term resource limitation reduces insect detritivore growth in a headwater stream. J. N. Am. Benthol. Soc. 22: 565-574.
- Kreutzweiser, D. P., Capell, S. S. & Holmes, S. B. 2009. Stream temperature responses to partial-harvest logging in riparian buffers of boreal mixedwood forest watershed. Can. J. For. Res. 39: 497-506.
- Mikkonen, N., Leikola, N., Lahtinen, A., Lehtomäki, J. & Halme, P. 2018. Monimuotoisuudelle tärkeät metsäalueet Suomessa. Puustoisten elinympäristöjen monimuotoisuusarvojen Zonation-analysin loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9.
- Mykrä, H., Virtanen, K. & Pehkonen K. 2003. Purojen kunnostus imuruoppaamalla – vaikutukset taimenkantoihin ja pohjaeläimiin. Kainuun ympäristökeskuksen moniste 12.
- Nieminen, M., Sallantausta, T., Ukonmaanaho, L., Nieminen, T.M. & Sarkkola, S. 2017. Nitrogen and phosphorus concentrations in discharge from peatland forests are increasing. Science of the Total Environment 609: 974-981.

- Vuori, k-M, Joensuu, I. & Latvala, J. 1995. Metsäojitusten vaikutukset veden laatuun, pohjaeläimistöön ja taimenen ravintoon Isojoen vesistössä. Julkaisussa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.) Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. Suomen ympäristö 2.
- Wallace, J. B., Eggert, S. L., Meyer, J. L. & Webster, J. R. 1997. Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. *Science* 277: 102-104.