

## Suopäivä 2.2.2018 – Peatland Day 2.2.2018

Laajennetut tiivistelmät – Extended abstracts

### Nyrkit turpeessa: Turveinfo-mainoskampanja ja sen aiheuttama kohu yhteiskunnallisena dialogina

Jonne Arjoranta, Irma Hirsjärvi, Urpo Kovala,  
Maria Ruotsalainen & Tuija Saresma

*Jyväskylän yliopisto, Musiikin, taiteiden ja kulttuurin tutkimuksen laitos,  
PL 35, FI-40014 Jyväskylän yliopisto, email: jonne.arjoranta@jyu.fi*

#### Johdanto

Turpeen energiakäyttöä lobannut Turveinfo-kampanja näkyi laajasti eri medioissa alkuvuodesta 2017. Se herätti kiivaan ja tunnepitoisen vastareaktion. Kampanjan väitteitä pidettiin yksinkertaisina, valheellisina ja joiltain osin loukkaavina. Syntyneellä kohulla oli myös konkreettisia seurauksia: kampanjan rakentanut mainostoimisto hasan & partners Oy sai Mainonnan eettisen neuvoston huomautuksen, kampanjassa esitetyt väitteitä esimerkiksi Suomen turvevarannon kokonaisarvosta jouduttiin korjaamaan, kampanja poistettiin lopulta Turveinfo-sivuston yhteydestä muutaman kuukauden jälkeen – ja se sai aikaan pitkän, monitahoisen ja näkyvän mediakohun.

Tässä artikkelissa analysoimme mainoskampanjan sisältöä ja vastaanottoa sekä sen aiheuttamaa mediakohua. Mediakohulla tarkoitamme mediassa nopeasti ja laajalti leviävää, tiettyyn kohteeseen tai asiaan liittyvää affektiivista reaktiota. Valitsimme turveinfotapauksen kohteeksemme, koska turpeen käyttöön liittyy vahvoja poliittisia ja affektiivisia latauksia ja koska kyseessä on harvinaisen kiinnostava ja monitasoinen tapaus (ks. myös Arjoranta ym. 2017).

Tarkastelemme erityisesti kampanjan taiteilua totuuden ja valheen rajamaastossa, sen kielen affektiivisuutta sekä kampanjan vastaanottoa. Seuraamme kampanjaa koskevaa uutisointia ja

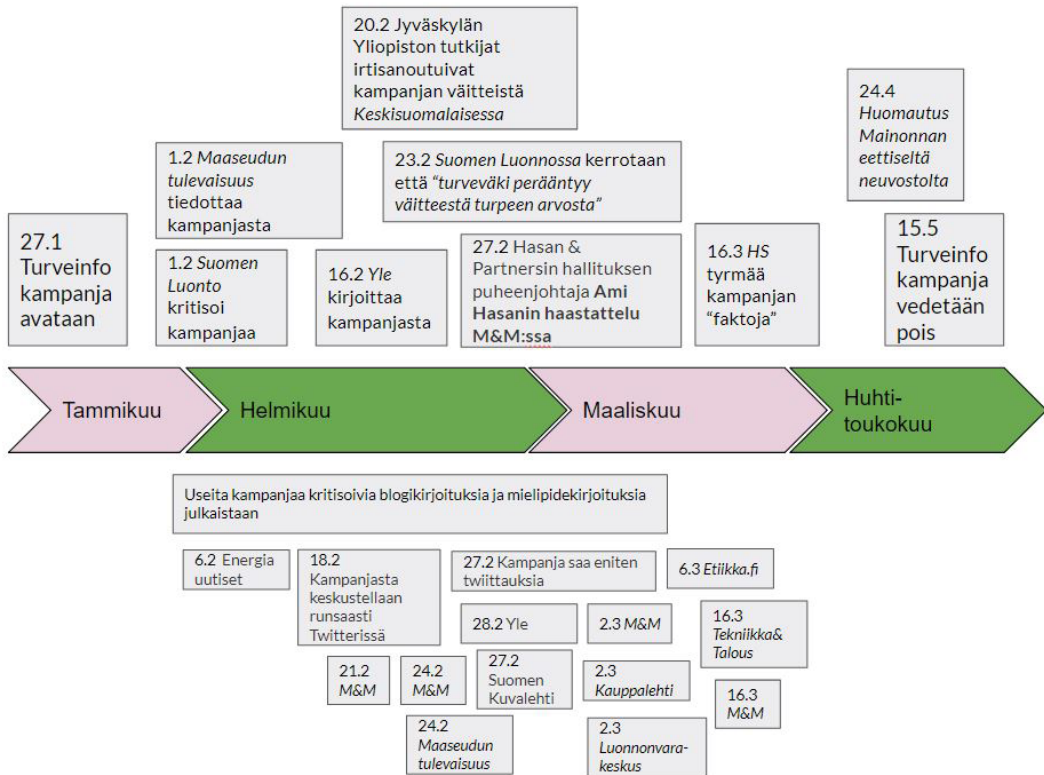
siitä sosiaalisessa mediassa käytyä keskustelua. Kysymyksemme ovat:

- Mikä oli kohun elinkaari? Mistä kohu lähti liikkeelle? Miten se levisi mediasta toiseen?
- Keitä ovat yhtäältä kampanjan ja toisaalta kohun toimijat? Kuka ei osallistu kohuun?
- Mikä on affektiivisuuden ja faktuaalisuuden suhde kohussa ja sitä seuranneessa keskustelussa?
- Onnistuiko vai epäonnistuiko kampanja? Millainen kohu oli ”yhteiskunnallisena dialogina”?

Analyysimme viitekehysten toimivat affektiteooriat ja käsitys uudesta mediasta hybridisinä systeeminä sekä vaihtelevassa määrin ”mediatapahtumien” (media event), skandaalien ja mediapaniikkien tutkimusperinteet. Lisäksi tarkastelemme kampanjaa myös laajemmassa yhteiskuntapoliittisessa ja kulttuurisessa kontekstissa. Kirjoitus on osa laajempaa mediakohuja käsittelevää hanketta (ks. Arjoranta y.m. 2017).

#### Aineisto ja menetelmät

Aineisto kerättiin sekä perinteisistä että erityisesti sosiaalisista medioista. Se koostuu helmikuusta 2011 lähtien toimineesta Turveinfo-sivustosta ja vuoden 2017 kampanjan julisteista ja kampanjan vastaanottoa käsittelevä aineisto puolestaan toukokuun loppuun 2017 mennessä kerätyistä uutis- ja blogikirjoituksista, Twitter-keskusteluista



sekä kampanjan toteuttaneen mainostoimiston Facebook-seinälle jätetyistä kommentista ja arvosteluista.

Keräsimme Turveinfo.fi-sivustolta kaiken verkkosivuilta löytyvän materiaalin 7.4.2017 wget latausohjelmalla. Lisäksi tutustuimme sivuston eri versioihin Internet Archiven Wayback Machine -palvelun avulla (<https://archive.org/web/>). Wayback Machine on tallentanut 15 aiempaa versiota sivuista. Niistä näkee, että suurimmat muutokset sivustolla tapahtuivat vasta vuonna 2017, hasan & partnersin kampanjan johdosta.

Kampanjaa kommentoitiin uutisjulkaisuissa ja blogeissa. Keskityimme verkossa julkaistuun materiaaliin, josta osa on julkaistu myös printtimuodossa. Analysoimme 1.5.2017 mennessä julkaistut Turveinfoa koskevat uutisjulkaisut verkkolehdistä ja uutissivustoilla, blogi- ja mielipidekirjoitukset, joihin keskustelussa viitattiin, sekä mielipidekirjoitukset *Keskisuomalaisessa*, *Maaseudun Tulevaisuudessa* ja *Helsingin Sanomissa*. Olemme ottaneet tarkasteluun myös kirjoituksiin liittyvät kommentit 1.5.2017 asti niistä julkaisuista, joissa kommentointi sallitaan.

Lisäksi keräsimme aineistoa Twitteristä ja Facebookista. Etsimme tutkimusta varten niitä twiittejä, jotka tarkastelujakson (17.8.2011–5.4.2017) aikana mainitsivat sanan ”turveinfo”. Käytimme sekä Twitterin tarjoamaa REST-rajapintaa että Twitterin omaa hakua. Useimmat twiitit käyttivät joko hashtagia (aihetunniste) #turveinfo tai mainitsivat Turveinfo-kampanjan Twitter-tilin @turveinfo. Tarkemmin analysoitu aineisto sijoittuu Turveinfo-kampanjan aikaan alkaen tammikuusta 2017. Aineisto koostuu 558 twiitistä joiden lähettämiseen osallistui tarkasteluajana 174 Twitter käyttäjää. Suurimman osan twiiteistä lähetti pieni joukko ihmisiä. Kymmenen aktiivisinta twiittaajaa lähetti yli puolet kaikista twiiteistä. Kaikkein aktiivisin osallistuja oli @turveinfo, joka ainoana lähetti yli 60 twiittiä. Suurin osa keskustelijoista twiittasi aiheesta vain kerran. Aktiivisimmat päivät ovat 18. ja 27. helmikuuta 2017, ja näille päiville sijoittuvat käytännössä useimmat sivullisten keskustelijoiden kommentit turpeentuotannon hyödyistä ja haitoista.

Tarkastelimme lisäksi Turveinfo-kampanjan toteuttaneen mainostoimiston hasan & partnersin

Facebook-sivulla julkaistuja kommentteja, keskusteluja ja arvosteluja. Fokusointimme johtuu siitä, että hasan & partnersin rooli kampanjan toteutuksessa ja sitä seuranneessa kohussa on näkyvä: sekä kommentoijia että uutismediaa kiinnosti mainostoimiston osuus. Lisäksi hasan & partnersin Facebook-sivu on julkinen tila, joten se on näkyvissä kaikille kutsuen käyttäjiä kommentoimaan ja arvioimaan mainostoimistoa. Sivulta löytyy kaksi keskeistä osiota, joissa aihetta käsiteltiin. Turveinfo-kampanjasta keskusteltiin Facebook-sivun Arvostelut-osiossa koko kampanjan ajan. Sieltä löytyi 1.5.2017 mennessä yhteensä 159 arvostelua, joissa Turveinfo joko suoraan mainittiin tai siihen viitattiin esimerkiksi puhumalla vaihtoehtoisten faktojen käytöstä tai jostakin kampanjassa käytetystä sloganista. Ensimmäinen arvostelu, jossa Turveinfo mainittiin, julkaistiin 22.2.2017, ja kommentointi ”Arvostelut”-sivuilla koskien Turveinfoa oli vilkkaimmillaan 22.2.–28.2.2017. Pääsääntöisesti arvostelut ja niihin liittyvät kommentit olivat sävyllään kielteisiä. Lisäksi Turveinfo-kampanjasta keskusteltiin hasan & partnersin 23.2.2017 julkaiseman Turveinfo-kampanjaa koskevan päivityksen yhteydessä (yhteensä 143 kommenttia). Analyysimenetelminä käytimme aineistolähtöistä kuva-analyysia sekä temaattista lähilukua.

## Tulokset

Turveinfokohun elinkaari ja anatomia on tiivistettävissä viereisen sivun kuvioon.

Keskustelu oli ensin vilkasta blogeissa ja mielipidekirjoituksissa. Myöhemmin suuret mediatilat (YLE, HS) tarttuivat aiheeseen. Vilkkaimmillaan keskustelu oli helmi–maaliskuun vaihteessa. Keskusteluihin vedettiin mukaan eri alojen julkaisuista mm. *Suomen Luonto*, *M&M* (markkinointi ja mainonta), *Tekniikka & Talous* ja *Maaseudun Tulevaisuus*. Julkaisut asennoituivat eri tavoin suhteessa Turveinfo-kampanjaan ja sen ympärillä vellovaan kohuun. Suurin osa julkaisuista oli selkeästi kriittisiä, muutama puolestaan esitti turveinfon positiivisessa valossa ja muutama pyrki olemaan luonteeltaan neutraalimpi. Julkaisuissa painotettiin myös eri asioita, erityisesti joko kampanjassa esitettyjä väitteitä ja niiden oikeellisuutta tai virheellisyyttä tai mainostoimiston roolia.

Faktuaalisuuden ja affektiivisuuden suhteen tarkastelu tuotti mielenkiintoisia havaintoja, jotka eivät täysin sovi yleisiin mediakohuja koskeviin käsityksiin. Median ja kommentoijien reaktioissa Turveinfo-kampanjaan on jatkuvasti läsnä puhe vaihtoehtoista faktoista, totuuden vääristelystä sekä virheellisistä tiedoista. Varsinkin kommentteissa Yhdysvaltain presidentti Donald Trump toimi kiinnekohtana ja toistuvana figurina ”valeutisten ja vaihtoehtoisten faktojen” ajalle. Toisaalta faktojen ja tieteen asemaa ei pääsääntöisesti koettu epäselvänä tai epäiltävänä.

Blogeissa, lehtijutuissa ja niiden kommenttiosioissa myös reagoitiin Turveinfo-kampanjan provokatiivisiin mainoslauseisiin. Muun muassa ”Suomessa asuu maailman hölmöin kansa”-mainoslauseen yhteydessä todettiin, että vääriä tietoa levittävällä mainoskampanjalla ei ole varaa leimata ketään hölmöksi. Tämän lisäksi erityisesti kuva tippaletkussa olevasta vanhuksesta herätti keskustelua ja tunteita. Moraalinen närkästyminen kohdistui ensisijaisesti kampanjan toteuttaneeseen mainostoimistoon.

Keskeisenä ”pilliinpuhaltajana” (termistä ks. Neuvonen 2017) toimi Luonto-Liiton hallituksen jäsen lähettämällä yksityishenkilön ominaisuudessa twiitin, joka kritisoi kampanjaa, kehotti lukijoitaan antamaan siitä palautetta sekä osallisti keskusteluun auktoriteetteja. Kaikkiaan kohun kuluessa vedettiin mukaan huomattava määrä taloudellisia ja akateemisia auktoriteetteja, rahoitussektorin ja energiateollisuuden edustajia sekä Mainonnan eettinen neuvosto.

Kaikkiaan kampanja oli provosoiva ja käytti mm. voimakkaita visuaalisia elementtejä samalla kun se korosti tietopohjaansa. Retoriikalla oli kolme kärkeä: turvetiede, hyvinvointivaltio ja typeryys (Lempinen 1997: 41). Se vetosi tieteen ohella erityisesti maalaisjärkeen ja veti ekvivalenssin luonnonvarojen käytön, teknologian, edistyksen ja vaurauden välille. Turvepolitiikan perusteluina käytettiin myös ulkopoliittista uhkaa ja hyvinvointivaltion puolustamista.

Mediakohuille tyypillisesti affektiivisuus korostui sekä kampanjassa että vastaanotossa – mutta siinä korostui myös faktuaalisuus ja faktankorjaus. On huomattava, että faktojen pyöristämisestä tapahtui myös vastapuolella: ’Suot tuhotaan’. Lisäksi kohu tuli tuottaneeksi myös parodioita ja muita aktivistisiksi tulkittavissa olevia

reaktioita. Osittain tällainen kärjistäminen liittyy poleemisuuden perusluonteeseen: polemiikin osapuolet kärjistävät ja toisaalta, yllättävää kyllä, samankaltaistavat toisiaan ja toistensa lausumia (Foucault 1997). Kampanjan toimeksiantaja ja mainostoimisto olivat väistämättä tietoisia vastustavista kannoista ja retoriikoista ja kampanjassaan vastasivat niihin osittain samalla mitalla.

## Tulosten tarkastelu

Oliko kampanja epäonnistunut? Ennen kuin vastaamme, lainaamme vastauksemme taustaksi vihreän kunnallispolitiikan Mervi Tervon blogissaan (2017) esittämää kantaa asiaan:

Viestintätoimiston tehtävänä on suodattaa pois asiakkaan mahdolliset ylilyönnit, rakentaa kohderyhmiä puhuttelevat viestit ja huomioida asian yhteiskunnallinen konteksti, ilmapiiri ja eri ryhmien intressit. Turveinfon kampanjassa epäonnistuttiin lähes kaikessa. Faktat horjuvat, kohderyhmät jäävät epäselviksi ja yhteiskunnallinen ilmapiiri jätetään täysin huomiotta. Ilmastonmuutoksen näkökulmasta turve on yksi pahimpia saastuttajia ja erityisesti Pohjois-Pohjanmaalla turpeen nostosta aiheutuneet vesistövaikutukset tunnetaan hyvin.

Pahinta kampanjassa on kuitenkin ylimielinen asenne. Oikeassa lobbauksessa ei pyritä nolautamaan muita tai alleviivaamaan omaa ylivoimaisuutta. Lobbaus on tiedon välittämistä.

Huomion saaminen on tärkeää ja tässä Turveinfon kampanja kyllä onnistui. Sosiaalisessa mediassa kampanjaa on kommentoitu ahkerasti.

Onko kampanja sitten vaikuttanut mihinkään? Turveinfon puolesta täytyy toivoa, että ei. Turpeen puolestapuhujien määrä on tuskin ainakaan kasvanut. Vastustajien määrä on sen sijaan saattanut hyvinkin kasvaa.

Analyysimme perusteella kampanjasta nousut kohu oli mainostoimistolle osin odottamaton. Kampanjalla oli siis sekä odotettuja että odottamattomia seurauksia. Toimeksiantajan taholta taas kampanjan – ja samalla kohun – ulkoistaminen mainostoimistolle ja kohun jälkeinen paluu asialinjaan oli selkeästi taktista ja suunniteltua. Toimeksiantaja vältyi näin joutumasta kohun pääkohteeksi. Tulilinjalle jäi mainostoimisto, ja juuri tähän liittyy palautteen odottamattomuus.

Kuten Mervi Tervo muistuttaa, kyseessä oli lobbauskampanja. Sellaisena se myös vastasi

tarkoituksiaan ainakin osittain ja ainakin joillekin kohderyhmilleen. Mediakohu ei ole hallitsematon luonnonvoima vaan vaihtelevassa määrin taktiikka, jolla on mahdollista tuoda julkisuuteen näkökulmia ja agendoja. Kohun logiikkakin voi olla yhtä aikaa sekä haitta että hyöty.

Kohu on enemmän tai vähemmän dialoginen silloinkin kun se näyttää vahvasti monologiselta – kohu edellyttää jo lähtökohtaisesti tiettyjä antagonistisia kantoja ja osapuolia ja reagoi niihin sekä saa aikaan kannanottoja (tässä tapauksessa provosoi niitä). Ja joskus dialogisuus yltää myös kohuissa deliberaation eli faktojen ja näkökohtien punnitsemisen ja suhteuttamisen kynnykselle ellei ylikin.

Entä millaisia vaikutuksia kohulla oli keskustelujen sisältöihin ja sitä kautta ihmisten ajatteluun ja asenteisiin? Vaikutus riippuu vahvasti ryhmästä, josta on puhe, sekä sen asenteesta. Todennäköisesti kampanja myös ajoi asiaansa tietyille osalle kohderyhmistä siitä huolimatta, että sillä oli myös muita, osin päinvastaisia, vaikutuksia. Siten sen voi sanoa osittain onnistuneen muutoinkin kuin huomiotalouden näkökulmasta.

## Kirjallisuus

- Arjoranta, J., Hirsjärvi, I., Kovala, U., Saresma, T. & Ruotsalainen, M. 2017. Turvetta tupaan: faktat, valheet ja affektiivinen vastaanotto Turveinfo-mainoskampanjassa. *Media & Viestintä* 40: 3-4, s. 76–99. <https://doi.org/10.23983/mv.67795>
- Foucault, M. 1997. "Polemics, Politics and Problematizations", *Ethics: Essential Works of Foucault 1954-1984*, vol. 1, The New Press 1997. s. 111–120.
- Lempinen, H. 2017. "Suo siellä, vetelät housuissa täällä". *Turve 3.0 suomalaisen hyvinvointivaltion pelastusrenkaana? Alue & Ympäristö* 46:1, 40–45. <https://aluejaymparisto.journal.fi/article/view/64906>
- Neuvonen, R. 2017. Piliinpuhaltajien asema Suomessa. Teoksessa Päivi Korpisaari (toim.), *Viestintäoikeuden vuosikirja 2016*. Viestinnän muuttuva sääntely. Helsinki: Helsingin yliopiston oikeustieteellinen tiedekunta, 241–254.
- Tervo, M. 2017. "Turveinfo epäonnistui". (Blogi.) <https://www.mervitervo.fi/single-post/2017/02/26/Turveinfo-ep%C3%A4onnistui>
- Tutkittua tietoa turpeesta. [Turveinfo.fi](http://Turveinfo.fi)

# Suot puhdistavat valumavesiä – Tuloksia ojittamattomien ja ojitettujen pintavalutuskenttien pitkäaikaisseurannasta

Kaisa Heikkinen & Raimo Ihme

*Suomen ympäristökeskus, Paavo Havaksen tie 3, 90570 Oulu, PL 413, Oulun yliopisto, email: kaisa.heikkinen@ymparisto.fi*

Suot puhdistavat valumavesiä monien ekosysteemille ominaisten fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten prosessien avulla. Niitä käytetäänkin Suomessa jo laajalti turvetuotannon, ja lisääntyvästi myös metsätalouden vesiensuojelussa. Ojittamattomille suopinnoille perustettuja pintavalutuskenttiä on käytetty turvetuotannon vesiensuojelussa jo 1990-luvun alusta lähtien. Nämä kentät ovat nykyisin turvetuotannon parasta käytettävissä olevaa vesiensuojelutekniikkaa (BAT). Turvetuotannossa otettiin 1990-luvun lopulla käyttöön myös pintavalutuskenttiä, jotka on perustettu ojitetulle suolle. Tällöin valtioneuvoston periaatepäätös soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta sekä valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet alkoivat ohjata uutta turvetuotantoa jo ojitetuille suoalueille.

Pintavalutuskenttien pitkäaikaista puhdistustehokkuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä tutkittiin SulKa -hankkeessa (2011–2015) velvoitteellisista kuormitustarkkailuista eri puolilla Suomea saatujen tulosten perusteella (Heikkinen ym. 2018a; Karppinen & Postila 2015). Tutkimuk-

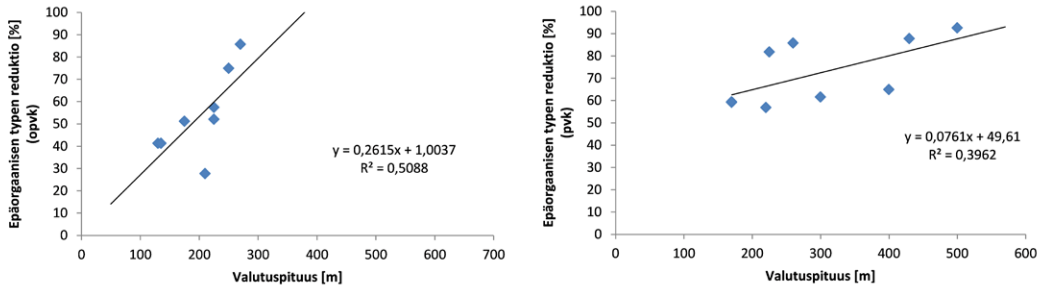
ssa käsiteltiin aineisto 14 ojittamattomalta ja 14 ojitetulta kentältä. Näistä lähes puolella tarkkailua oli tehty vähintään neljä, ja seitsemällä jopa 8–23 vuotta. Hankkeen toteuttivat Oulun yliopisto ja Suomen ympäristökeskus, ja sitä rahoitti Vapo Oy.

Sekä ojittamattomat että ojitetut pintavalutuskentät poistivat valumavesistä kiintoainetta ja ravinteita koko tarkkailujakson ajan (taulukko 1) kuten muutkin maaperään perustetut ns. luonnolliset vesiensuojelukosteikot (Fisher & Acreman 2004; Heikkinen ym. 2018a), ja osoittivat täten soveltuvansa valumavesien pitkäaikaiseen puhdistukseen. Kentät poistivat vesistä myös rautaa. Parhaat puhdistustulokset saatiin ojittamattomilta pintavalutuskentiltä. Ojitetuista kentistä (12 kpl) neljällä roudattoman kauden keskimääräinen fosfaattifosforin poistuma oli negatiivinen. Menetelmiä niiden fosforin poiston tehostamiseksi tulisikin vielä kehittää. Fosforin poisto valumavedestä on jo pitkään ollut yleinen haaste maaperään perustetuissa kosteikoissa (Johannesson 2011).

Yksi kenttien puhdistustulokseen vaikuttava tekijä oli valutuspituus, matka jonka vesi kentällä

Taulukko 1. Ojittamattomien ja ojitettujen pintavalutuskenttien keskimääräiset reduktiot (%) roudattomana kautena. Ne on laskettu kunkin kentän ylä- ja alapuolisten pitoisuuksien perusteella. Tiedot COD<sub>Mn</sub>- ja Fe-reduktiosta (Karppinen & Postila 2015). Epäorgaaninen N = NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>2,3</sub>-N.

		Kiintoaine	Kok. P	PO <sub>4</sub> -P	Kok. N	Epäorgaaninen N
Hydraulisesti hyvin toimiva ojittamaton pintavalutuskenttä	Keskiarvo	76	53	57	42	77
	Minimi	52	16	11	26	57
	Maksimi	92	70	88	58	97
	Kenttiä (kpl).	12	12	12	12	9
	Kentät (kpl), joilla keskimääräinen reduktio negatiivinen	0	0	0	0	0
Hydraulisesti heikosti toimiva ojittamaton pintavalutuskenttä	Keskiarvo	62	41	49	35	57
	Minimi	62	35	26	32	54
	Maksimi	62	48	73	37	59
	Kenttiä (kpl).	2	2	2	2	1
Ojitettu pintavalutuskenttä	Keskiarvo	55	27	-5	27	60
	Minimi	16	-3	-135	9	35
	Maksimi	87	74	53	45	86
	Kenttiä (kpl).	13	14	12	14	8
	Kentät (kpl), joilla keskimääräinen reduktio negatiivinen	0	1	4	0	0



Kuva 1. Valutuspituuden vaikutus epäorgaanisen tyypin ( $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_{2,3}\text{-N}$ ) pidättymiseen ojitetuilla (opvk) ja ojittamattomilla (pvk) pintavalutuskentillä (Karppinen & Postila 2015).

kulkee (Heikkinen ym. 2018 a, b; Karppinen & Postila 2015). Sen lisääntyminen lisäsi epäorgaanisen tyypin poistumista valumavedestä (kuva 1). Voimakkainta tämä oli ojitetuilla pintavalutuskentillä. Niiden potentiaalisen vesienpuhdistuskyvyn hyväksikäyttöä voitaisiinkin vielä tehostaa valutuspituutta ja käyttöastetta lisäämällä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että puhdistettava vesi pyritään levittämään aiempaa tehokkaammin ojien välisille suopinnoille. Tätä varten tulisi saada käyttöön uusia menetelmiä ja ohjeistuksia käytännön toimijoille. Muita puhdistustulokseen vaikuttavia tekijöitä olivat kentälle kohdistunut hydraulinen kuormitus sekä kentän kaltevuus, valutuspituus ja käyttöaste.

Nykyisin suurin osa vesistöihimme kohdistuvasta kuormituksesta on maankäytöstä peräisin olevaa hajakuormitusta. Tämän kuormituksen vähentämisessä keskeisessä asemassa ovat kaikki ne menetelmät, joilla kuormituksen syntyä maankäytön eri toimenpiteiden yhteydessä pyritään vähentämään. Näiden menetelmien rinnalla on hyödyllistä käyttää hyväksi myös toimenpidealueiden läheisyydessä sijaitsevien maa- ja vesiekosysteemien luontaista kykyä valumavesien puhdistamiseen. Tästä meillä Suomessa on jo pitkäaikaiset kokemukset, ja tähän kannustavat myös EU:n vesipolitiikan puitteiden ohjeistot (esim. CIS 2003). Suot puhdistavat valumavesiä, ja runsaat suovaramme antavat meille hyvät mahdollisuudet tehostaa niiden hyväksikäyttöä maankäytön vesiensuojelussa, yhtenä mallimaana Euroopassa. Vastataan tähän haasteeseen!

## Kirjallisuus

- CIS 2003. The Role of Wetlands in the Water Framework Directive. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No 12. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Fisher, J., Acreman, M.C., 2004. Wetland nutrient removal: a review of the evidence. *Hydrology and Earth System Sciences* 8 (4), 673–685.
- Heikkinen, K., Karppinen, A., Karjalainen, S.M., Postila, H., Hadzic, M., Tolkkinen, M., Marttila, H., Ihme, R. & Kløve, B. 2018a. Long-term purification efficiency and factors affecting performance in peatland-based treatment wetlands: An analysis of 28 peat extraction sites in Finland. *Ecological Engineering* 117: 153–164.
- Heikkinen, K., Ruokanen, I., Rintala, J. & Joensuu, S. 2018b. Luonto puhdistaa ojitetujen turvemaiden valumavesiä. *Vesitalous* 2/2018: 13–19.
- Johannesson, K. 2011. Analysis of phosphorus retention variations in constructed wetlands receiving variable loads from arable lands. *Linköping Studies in Science and Technology*, Thesis No. 1482. LIU-TEK-LIC-2011:21, Department of Physics, Chemistry and Biology, Linköping universitet, SE-581 83 Linköping, Sweden.
- Karppinen, A. & Postila, H. (toim.) 2015. Turvetuotannon vesistökuormituksen muodostuminen ja sen hallintamahdollisuuksia – Sulka hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2015, s. 66–80.

# A feasibility study of machine learning to delineate open-water surfaces of mires from archived aerial imagery (western Finland)

Ari T. K. Ikonen, Ville Kangasniemi, Asko Ijäs & Teemu Kumpumäki

*Ari Ikonen, Ville Kangasniemi, EnviroCase, Ltd., Hallituskatu 1 D 4, 28100 Pori, Finland, ari.ikonen@envirocase.fi; Asko Ijäs, Regional Council of Satakunta, P.O. Box 260, 28101 Pori, Finland; Teemu Kumpumäki, Tampere University of Technology, Pori Unit, P.O. Box 300, 28101 Pori, Finland*

## Introduction

Mires vary significantly with respect to geology, hydrology and nutrient balance (e.g., Seppä 2002), providing a rich range of habitats for both flora and fauna; especially mire pools are hotspots for biodiversity in peatlands (e.g., Aapala et al. 1996, Mazerolle et al. 2006, Fontaine et al. 2007). Human activity has significantly decreased the amount of pristine peatlands in Finland during the late 20<sup>th</sup> century via mire ditching, drainage of peatlands for agriculture and peat production (Turunen 2008). The effect of anthropogenic use of mires is most pronounced in southern parts of the country, in which 80% of natural peatlands have already been altered for human development (Auvinen et al. 2010). In addition, habitat fragmentation strengthens the isolation of the remaining populations of mire species (Aapala et al. 1996). The fragmentation of mire network and the population decline among many mire species emphasises the need for regional policies to strengthen the mire conservation and to enhance the sustainable use of peatlands. Further, this requires sufficient data to support the decision making. Labour-intensive traditional survey methods can be relatively easily generalised with the help of remote sensing, that is, by using aerial photographs, satellite images and other datasets that are collected from the distance to extract spatial information from the land cover in a landscape level (e.g., Campbell & Wynne 2011, Guo et al. 2017). Further, the processing can be automated for example through machine learning methods that use computational algorithms to identify structural patterns based on their shape, colour,

location with respect to other features, or other such characteristics (e.g., DeFries & Chan 2000).

To strive for an improved picture of spatial distribution of specific mire habitats in Finland, we studied the viability of machine learning methods as effective means to identify structural characteristics of mires from open-access aerial photographs. In practice, this was demonstrated by identifying the size and locations of open-water surfaces (hollows and ponds) in 237 non-ditched mire areas in using a supervised Random Forests algorithm. Being readily easily recognisable from conventional aerial imagery and also providing habitats for many aquatic species and thus considerably impacting the overall biodiversity of a mire, these open-water surfaces were chosen as rather obvious targets for the first-tier feasibility study addressed in this paper.

## Material and Methods

For this feasibility study, first a reasonably large area within the Satakunta and Southern Ostrobothnia regions in western Finland (Figure 1) was delineated so that it covered different mire types and overlapped an available spatial dataset on the drainage status of mires in the area. For such dataset, non-ditched mire areas larger than 20 hectares were extracted from the ‘Soiden ojitustilanne’ raster dataset (SOJT\_09b1) produced by the Finnish Environment Institute, SYKE, in a pixel size of 25 m × 25 m based on the CORINE 2006 land cover data and the topographic database (2008) of the National Land Survey (e.g., Häkkinen et al. 2015, p. 6). As a combination, our study considered then 237 mires, varying in size in the range of 20–2200 hectares.

For the identification of the size and location of hollows and ponds in these mires, ordinary colour and false-infrared orthophotographs produced by the National Land Survey (NLS) in years 2013–2016 were downloaded and used as such to directly generate a four-channel imagery (red, green, blue and infrared channels); that is, without any homogenisation of the spectral ranges. The nominal resolution of these aerial images in the study area was stated to be 0.5 metres.

In addition to the delineation of the study area (the 237 mires) and the data mass to be processed (the aerial imagery), also training data are needed for testing supervised machine learning algorithms such as the one studied here. That is, the algorithm is ‘taught’ by pointing out smaller areas from the data mass to accurately represent certain pattern types, similar ones to which are to be identified from elsewhere in the data mass. These training data were prepared by visual inspection of a subset of the aerial images in a geographical information system and drawing by hand scattered smaller areas representing either 1) hollows or ponds, or 2) other mire habitats. It was recognised that many of the aerial images contained a considerable amount of shadows created by trees (and other tall objects), so a third category was later added pointing for areas of shadows.

For the algorithm, the Random Forests based bagging method (Breiman 2001) was selected as the classifier by utilising the ‘randomForest’ implementation in the R software. Dimension reduction was not used here on the features classification, but the feature selection randomisation was due to its advantage of making the individual classification trees more random. In addition, the classification features were calculated rotation-invariantly, and these rotation-invariant features were used to reduce the count of directional features and to generalise the feature space to not allow, for example, shadows in certain angles to be ‘learned in’. Calculation windows were chosen circular to reduce square-block artefacts in the results. The feature window sizes were in the range of 0.5–30 m, with most of the texture features having window sizes of about 8 m. Texture features were calculated from a pseudo-panchromatic channel that was formed by summing up the four channels extracted from the

aerial imagery (see above). Feature groups used included 1) channel intensities, 2) NDVI-based pairwise spectral channel ratios, 3) channel statistics (mean, standard deviation, median, quantiles, and range), 4) Local Binary Patterns (Ojala et al. 2002), 5) Gray-Level Co-Occurrence Matrix features (Haralick et al. 1973), and 6) a Gabor filter bank (Jain & Farrokhnia 1990).

The processing system was scripted with Matlab and C code libraries, and the computation was parallelised to multiple computers. The classification task was split into areas of interests (AOI) defined by mire polygons originally extracted from the SOJT\_09b1 dataset (see above) to avoid processing whole dataset; for the aerial imagery, a PostgreSQL / PostGIS spatial database was used to individually query for the data on each AOI. The AOIs were also processed in small tiles to reduce the memory use and to maximise the use of the parallel processing. These tiles were padded by the half-size of the largest feature calculation window to avoid edge artefacts.

For the training, a representative set of training samples was chosen from the hand-drawn training polygons varying in size. To limit bias (overlearning) towards certain samples, a quota of samples was drawn from each training polygon and the remaining samples within the training polygon were put aside. If more samples were required to balance the size of a class (i.e., water surfaces, other mire habitats or shadows), samples were drawn from those originally put aside. The samples not used for the training were used later for validating the performance of the algorithm (see Results below).

## Results

Figure 1 displays an example of source data and the classification results for a part of a mire. In a validation test of the algorithm, it was found that within the training dataset, 99% of the open-water area in the mires was classified similarly in the output of this statistical algorithm. For open-water areas that were not included in the training data, but were similarly classified by hand-drawn small patches, the algorithm output agreed at the level of 88% with the person visually inspecting the aerial images. However, it needs to be noted that no



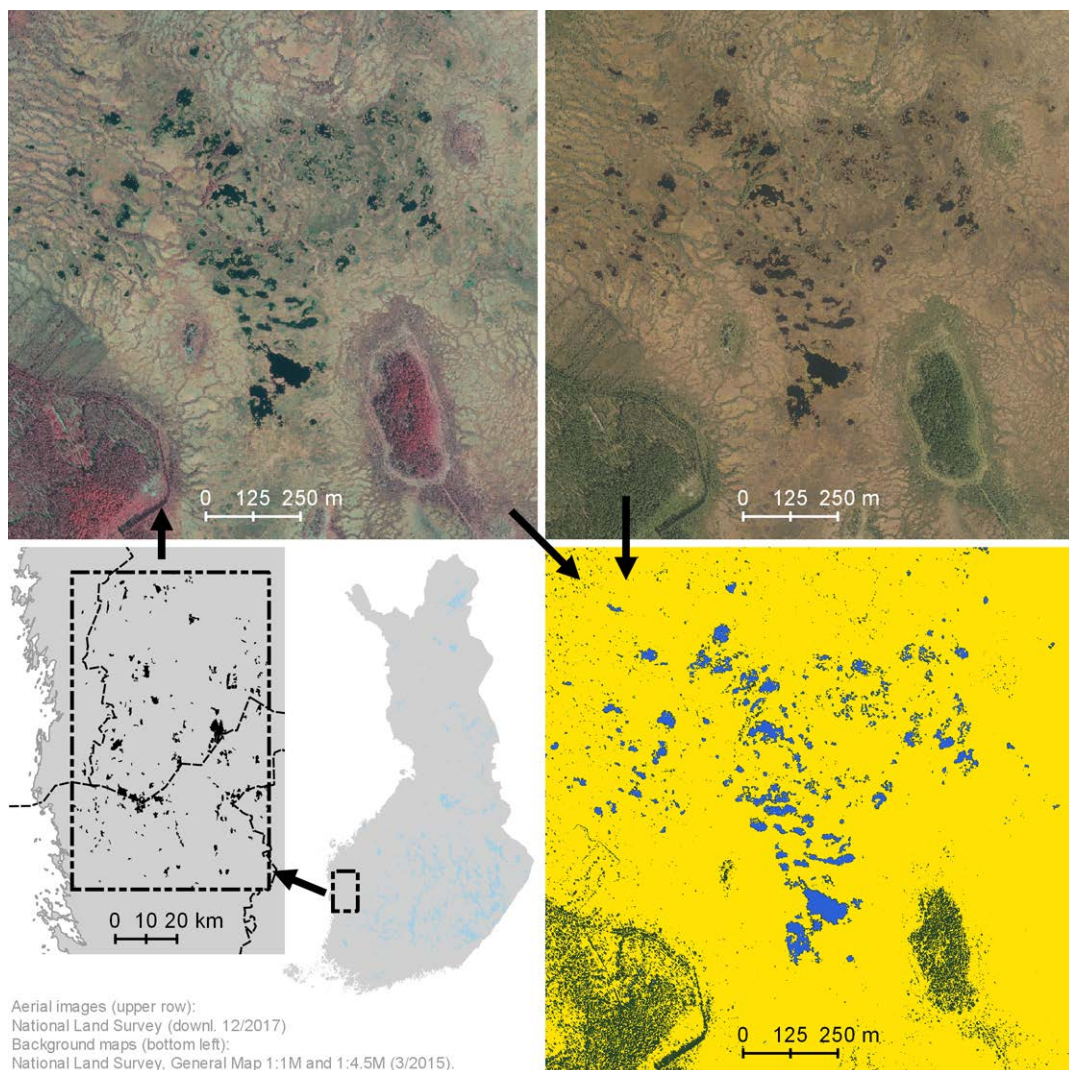


Figure 1. Location of the study area and the mire areas for which the classification study was carried out (bottom left), and an example of the source data and the result of the algorithm. The false-coloured infrared and ordinary-colour aerial images processed are shown on the top left and top right, respectively, and the corresponding result on the bottom right (blue for the open-water areas, green for areas with shadows (i.e., mostly trees), and yellow for other mire areas identified by the algorithm).

actual field validation occurred, but the analysis was based on earlier experience in interpreting such aerial imagery.

Open-water surfaces (hollows and pools) were identified in 98% (232 out of 237) of the mire areas processed. On average, open-water surfaces covered 1.6% of the total area of the mire (median 0.6%), but the range was found

rather wide (0–15%) and no clear pattern was recognised neither in respect of the location nor for the size (Figure 2) of the mire. However, the mires analysed by the algorithm do include a range of mire types and conditions, as the aim of the present study was to make a first-tier feasibility study and demonstration of the methodology with materials reasonably easily available.

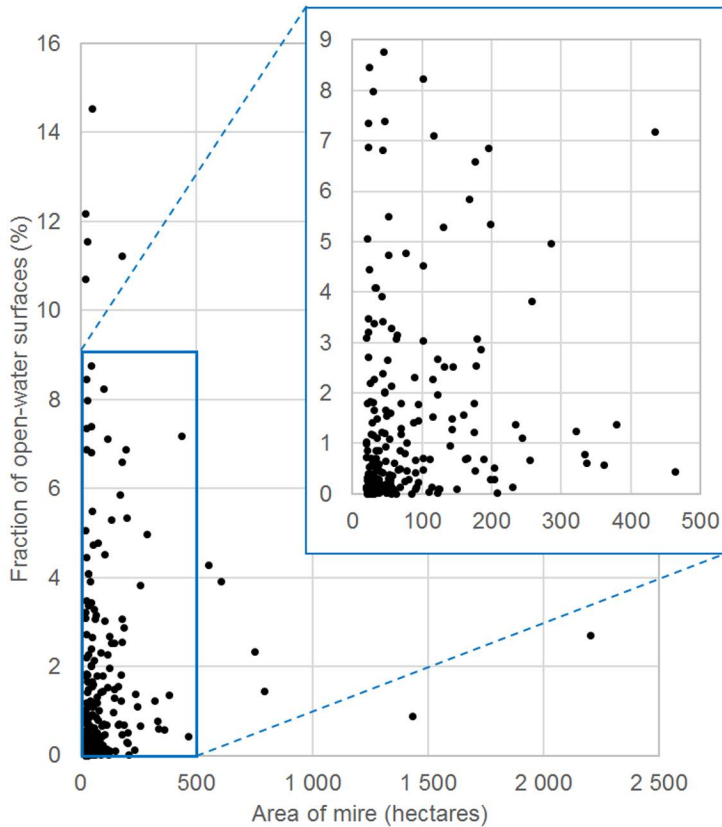


Figure 2. The fraction of the open-water surfaces out of the total area (algorithm result) plotted against the extent of the respective mire in overall.

## Discussion and conclusions

All in all, as little effort was used in the work, the method can be concluded to work at least satisfactorily even without considerable fine-tuning; despite of some inaccuracies and weaknesses remaining in the dataset generated by the algorithm, the results are plausible and the classification of the open-water surfaces in a considerably large area was done very quickly, especially compared to any field-based survey. However, it needs to be stressed that the reliability of the results hangs on the thread of the reliability of the training dataset – field work should not be replaced, but it can be effectively extrapolated with methods similar to that demonstrated here.

Most prominent challenges recognised during the present work relate to the inhomogeneity of the open-access aerial imagery used, to the similarity of shadows and open-water surfaces in the spectral space formed from the aerial im-

agery, and to correctly identifying different mire habitats (e.g., somewhat vegetated open-water surfaces). For the homogeneity issue, spectral normalisation of the aerial images of a varying quality (although irrelevantly so regarding this method test) would likely provide a considerable improvement. Alternatively, use of satellite imagery (e.g., WorldView) could provide an easy solution to the homogeneity issue, but also introduce a decrease in spatial resolution. For areas of a smaller extent, better-quality aerial photographs, or may be even from drones, would provide a considerable improvement that can be envisaged to allow very versatile and detailed-level classifications. Shadows would be easier to detect from a time series of similar data from different times of day. What comes to the differentiation of habitat classes for the training data, high-quality field work hardly could be competed against were that can be conducted. In any case, it might be better to train the algorithm with providing pixel

seeds (i.e., individual points to be then statistically grown by the algorithm through iteration) rather than ‘definite’ polygons of a variable size.

Other avenues of improvement foreseen based on the experiences from the present work include the introduction of ‘deep learning methods’ to improve the algorithm processing method as the computing power hardly becomes a limiting factor anymore even with such heavier computing; the basic machine-learning Random Forests approach may be difficult to fine-tune much further, except by refining the number of the habitat classes through more elaborate (and accurate) training data. In addition to the conventional aerial images, also other remote sensing information could be used to feed the algorithm as well. These include laser scanning (lidar), synthetic-aperture radar (SAR) and hyperspectral data, each having their benefits and limitations, but all foreseen possibly useful in various applications for surveying, characterising and monitoring of mires and other ecosystems.

### Acknowledgements

The work has been partly funded through the independent environmental research programme of EnviroCase, Ltd. The work of Asko Ijäs contributed to the SustainBaltic project funded by the Interreg Central Baltic 2014–2020 Programme (CB 354).

### References

- Aapala, K., Heikkilä, R. & Lindholm, T. 1996. Protecting the diversity of Finnish mires. In: Vasander, H. (ed.). Peatlands in Finland. Finnish Peat Society, Helsinki. Pp. 45–57.
- Auvinen, A.-P., Kemppainen, E. & von Weissenberg, M. (eds.) 2010. Fourth national report on the implementation of the Convention on Biological Diversity in Finland. The Finnish Environment 3/2010. Ministry of the Environment, Helsinki. 191 pp.
- Breiman, L. 2001. Random forests. *Machine Learning* 45(1): 5–32.
- Campbell, J.B. & Wynne, R.H. 2011. Introduction to remote sensing. 5<sup>th</sup> edition. Guilford Press, New York. 683 pp.
- DeFries, R.S. & Chan, J.C.-W. 2000. Multiple criteria for evaluating machine learning algorithms for land cover classification from satellite data. *Remote Sensing of Environment* 74: 503–515.
- Fontaine, N., Poulin, M. & Rochefort, L. 2007. Plant diversity associated with pools in natural and restored peatlands. *Mires and Peat* 2, 06, 17 pp.
- Guo, M., Li, J., Sheng, C., Xu, J. & Wu, L. 2017. A review of wetland remote sensing. *Sensors (Basel)* 17(4), 777, 36 pp., doi: 10.3390/s17040777.
- Häkkilä, K., Kuoppala, M., Heino, J., Ulvi, T. & Hämäläinen, L. 2015. Paikkatietopohjaisen purojen tilan arviointimenetelmän kehittäminen: Menetelmän tarve, perusteet ja käyttömahdollisuudet (in Finnish). A report of the PienvesiGIS project, Finnish Environment Institute. 19 pp.
- Haralick, R.M., Shanmugam, K. & Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics SMC-3*(6): 610–621.
- Jain, A.K. & Farrokhnia, F. 1990. Unsupervised texture segmentation using Gabor filters. In: 1990 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics – Conference Proceedings, November 4–7, 1990, Sheraton Universal Hotel, Los Angeles, California. Pp. 14–19. doi: 10.1109/ICSMC.1990.142050.
- Mazerolle, M.J., Poulin, M., Lavoie, C., Rochefort, L., Desrochers, A. & Drolet, B. 2006. Animal and vegetation patterns in natural and man-made bog pools: implications for restoration. *Freshwater Biology* 51: 333–350.
- Millard, K. & Richardson, M. 2015. On the importance of training data sample selection in Random Forest image classification: A case study in peatland ecosystem mapping. *Remote Sensing* 7(7): 8489–8515.
- Ojala, T., Pietikäinen, M. & Mäenpää, T. 2002. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 24(7): 971–987.
- Seppä, H. 2002. Mires of Finland: Regional and local controls of vegetation, landforms, and long-term dynamics. *Fennia* 180(1–2): 43–60.
- Turunen, J. 2008. Development of Finnish peatland area and carbon storage 1950–2000. *Boreal Environment Research* 13(4): 319–334.

## Suoluontotyyppien uhanalaisuuden arviointi

Aira Kokko, Kaisu Aapala & Eero Kaakinen

*Aira Kokko, Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki. email: aira.kokko@ymparisto.fi;  
Kaisu Aapala, Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki. email: kaisu.aapala@ymparisto.fi;  
Eero Kaakinen, Kurkelantie 1 D 38, 90230 Oulu, email: eero.kaakinen@mail.suomi.net*

Suomen ensimmäinen luontotyyppien uhanalaisuuden arviointi (LuTU) valmistui 2008 (Raunio ym. 2008). Arvioinnissa yli puolet suoluontotyypeistä arvioitiin eriasteisesti uhanalaiseksi (Kaakinen ym. 2008a, 2008b). Arviointi tehtiin myös alueellisesti Etelä-Suomeen (hemi- etelä- ja keskiboreaalinen metsäkasvillisuusvyöhyke) ja Pohjois-Suomeen (pohjoisboreaalinen metsäkasvillisuusvyöhyke). Alueellisesti suoluontotyytit ovat uhanalaistuneet selvästi enemmän Etelä-Suomessa, mikä selittyy voimakkaammilla maankäyttöpaineilla.

Ensimmäisen arvioinnin jälkeen käsite ‘uhanalainen luontotyyppi’ ja arvioinnin tulokset on otettu laajasti käyttöön uutena työkaluna luonnonsuojelua ja luonnon monimuotoisuuden tilan parantamista tukevissa hankkeissa, vastaavasti kuin uhanalaiset lajit parikymmentä vuotta aikaisemmin. Vuonna 2011 laadittiin toimintasuunnitelma uhanalaisten luontotyyppien tilan parantamiseksi (Ympäristöministeriö 2011) ja siinä esitettyjä tavoitteita ja uhanalaisuusarvioinnin tuloksia on voitu sittemmin hyödyntää monissa kansallisissa toimintaohjelmissa ja strategioissa, joiden tavoitteena on luonnon monimuotoisuuden tilan parantaminen. Tuloksia käytettiin esimerkiksi, kun laadittiin ehdotus kansalliseksi sustrategiaksi (Maa- ja metsätalousministeriö 2011) ja valmisteltiin sen pohjalta valtioneuvoston periaatepäätös soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta (Valtioneuvosto 2012). Tuloksia on hyödynnetty myös lainsäädännön ja maankäyttöä koskevan ohjeistuksen kehittämistyössä sekä suojelun, ennallistamisen ja hoidon kohdentamisen priorisoinnissa, kuten soidensuojelun täydennysehdotuksen valmistelussa (Alanen & Aapala 2015).

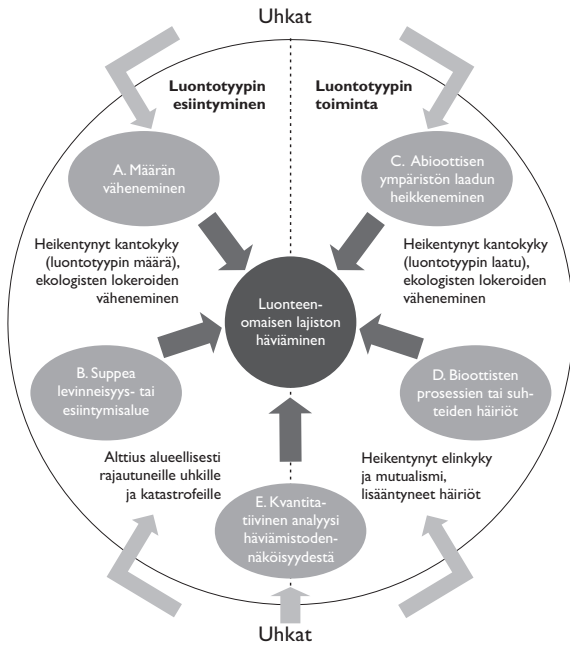
Ensimmäisen arvioinnin tehneet asiantuntijaryhmät jatkoivat työtään myös arvioinnin jälkeen.

Arviointien välissä asiantuntijaryhmien tavoitteena oli parantaa ja koota tietämystä luontotyypeistä ja niiden luokittelusta, toimia tarvittaessa asiantuntijoina uhanalaisten luontotyyppien suojelua koskevilla hankkeissa (esim. toimintaohjelmat, soidensuojelun täydennysehdotus, lainsäädännön kehittämiseen liittyvät selvitykset, ohjeistot, tiedotus ja valistus), sekä valmistautua seuraavaan arviointiin.

Sittemmin Suomi on osallistunut myös Euroopan luontotyyppien uhanalaisuuden arviointiin European Red List of Habitats -projektissa (Janssen ym. 2015). Arvioinnissa suohabitaattien työryhmän johtajana toimi dosentti Teemu Tahvanainen Itä-Suomen yliopistosta. Euroopan habitaattien (luontotyyppien) uhanalaisuusarvioinnissa suohabitaattien uhanalaisuusaste oli kaikkein korkein (Janssen ym. 2015, Tahvanainen 2017).

Suomen luontotyyppien uhanalaisuutta arvioidaan toistamiseen 2016–2018. Hanketta koordinoi Suomen ympäristökeskus ja arviointityö toteutetaan kahdeksassa asiantuntijaryhmässä, joissa on yli sata asiantuntijaa eri tutkimuslaitoksista, yliopistoista ja ympäristöhallinnosta. Suoasiantuntijaryhmässä on yhteensä 16 suoasiantuntijaa, edustaen SYKEN ohella Lukea, Metsähallitusta, GTK:a, Helsingin yliopiston metsätieteiden laitosta, Itä-Suomen yliopiston ympäristö- ja biotieteiden laitosta, Ahvenanmaan maakuntahallitusta ja Etelä-Pohjanmaan ELY:ä. Ryhmässä on jäsenenä myös emeritusprofessori Rauno Ruuhijärvi. Puheenjohtajana toimii ympäristöneuvos Eero Kaakinen ja varapuheenjohtajana entinen ympäristöministeriön luonnonsuojeluvälvoja Pekka Salminen. Myös edesmennyt emeritusprofessori Seppo Eurola oli suoasiantuntijaryhmän jäsen.

Tässä toisessa uhanalaisuusarvioinnissa sovelletaan uusia, Kansainvälisen luonnonsuojeluliiton



Kuva 1. Luontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnissa käytettävät IUCN-kriteerit ja niiden yhteys häviämiskäsitteeseen (Lähde: Keith ym. 2013).

Figure 1. Mechanisms of ecosystem collapse and symptoms of collapse risk in IUCN Red List of Habitats criteria (Source: Keith et al. 2013). IUCN criteria will be used in the next (2016–2018) assessment of threatened habitats in Finland.

kehittämiä arviointikriteerejä (IUCN Red List Criteria for Ecosystems; Bland ym. 2016). IUCN:n uudet arviointikriteerit hyväksyttiin maailmanlaajuisesti standardiksi 2014 ja Suomi on ottanut IUCN-menetelmän käyttöön luontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnissa ensimmäisten maiden joukossa. Jo aiemmin IUCN on kehittänyt menetelmän lajien uhanalaisuuden arviointia varten ja se on otettu Suomessa asteittain käyttöön vuoden 2000 arvioinnista lähtien (Rassi ym. 2001, 2010).

IUCN-arviointimenetelmässä uhanalaisuusluokka määritetään luontotyyppien määrän ja laadun perusteella hyödyntäen viittä pääkriteeriä (kuva 1): A (määrän muutos), B (harvinaisuus ja taantuminen), C (abioottisen laadun muutos), D (bioottisen laadun muutos) ja E (kvantitatiivinen analyysi häviämistodennäköisyydestä). Näiden kriteerien alakriteereissä muutoksia tarkastellaan viimeisen 50 vuoden tarkastelujaksolla,

tässä tapauksessa 1960-luvulta nykypäivään, sekä verrattuna esiteolliseen aikaan, noin 250 vuoden aikajaksolla. Menneisyydessä tapahtuneiden muutosten lisäksi arvioinnissa pyritään ennustamaan luontotyyppien kehitystä tulevaisuudessa 50 vuoden ajanjaksolla. Tarkasteltavaa luontotyyppiä tulee arvioida kaikilla niillä kriteereillä, joiden soveltamiseen on saatavilla tietoa tai asiantuntija-arvioita. Luontotyyppien uhanalaisuuden kokonaisarvion määrää se kriteeri, jonka perusteella häviämiskäsite arvioidaan suurimmaksi.

Kansallisessa arvioinnissa kullekin uhanalaiselle luontotyyppille määritellään myös taantumisen syyt, tulevaisuuden uhkatekijät sekä nykyinen kehitys-suunta. Arvioinnissa otetaan myös kantaa siihen, onko mahdollinen muutos uhanalaisuusluokassa edelliseen arviointiin verrattuna todellinen muutos uhanalaisuudessa, vai johtuuko se esimerkiksi menetelmän muutoksesta, tiedon lisääntymisestä tai luokittelun muutoksesta.

IUCN:n arviointimenetelmässä tarkastellaan pitkälti samoja tekijöitä kuin edellisessä arvioinnissa käytetyssä kansallisessa LuTU-menetelmässä, mutta niissä on myös eroavaisuuksia. Keskeinen ero on itse arviointiprosessissa. Kansallisessa menetelmässä voitiin esimerkiksi lieventää arviota kehitysnusteen (taantuminen hidastunut) tai luontotyyppien yleisyyden perusteella, tai tiukentaa historiallisen kehityksen (taantuminen ennen 1950-lukua) tai luontotyyppien harvinaisuuden perusteella (Raunio ym. 2008). IUCN-menetelmässä lopullisen uhanalaisuusluokan määrää yksittäinen kriteeri tai alakriteeri, jonka perusteella häviämiskäsite arvioidaan suurimmaksi (Bland ym. 2016).

Suoasiantuntijaryhmä arvioi soiden uhanalaisuutta luontotyyppitasolla (suotyyppit) ja luontotyyppiyhdistelmätasolla (suoyhdistymätyypit). Arvioitavia luontotyyppisiä ja luontotyyppiyhdistelmiä on yhteensä noin 70. Arviointityön yhteydessä on erityisesti paneuduttu tuottamaan uutta tietoa suoyhdistymätyyppien ominaisuuksista, luontaisesta vaihtelusta, maantieteellisestä esiintymisestä ja tilasta erityisesti ilmakuvia hyödyntäen. Erityisellisyys on tehty muun muassa kumpu- ja laakiopalsojen tilasta ja esiintymisestä Suomessa.

Arviointityö on osoittanut, että huolimatta panostuksesta suoluonnon turvaamiseen ja ennallistamiseen suoluonto on edelleen uhanalaista. Osa soiden tilaa heikentäneistä uhkista on



Kuva 2. Tiedot ilmastonmuutoksen vaikutuksista routarämeisiin sisältyvien pounikkorämeiden määrälliseen ja laadulliseen kehitykseen ovat vielä riittämättömät. (Kuva: Seppo Tuominen).

*Figure 2. Frost shapes the morphology and vegetation of bogs and mires in the northernmost part of Finland. Climate change is likely to affect the quality and quantity of these habitats, but for the present we don't have enough information to evaluate the intensity or the rate of the change. (Photo: Seppo Tuominen).*

vähentynyt, osa vaikuttaa edelleen ja muutamat ovat tulleet jopa vakavammiksi viime vuosina. Määrän väheneminen on selvästi hidastunut verrattuna menneiden vuosikymmenten tilanteeseen. Ojittamattomien suot eivät kuitenkaan ole aina luonnontilaisia, eikä laadun heikkenemisen arvioida hidastuneen etenkin maan etelä- ja keskiosissa. Merkittävin syy tähän on ympäröivien ojitusten ja valuma-alueen maankäytön aiheuttamat vesitalouden häiriöt, joista kärsivät etenkin monet minerotrofiset suot ja etenkin rimpiset suot. Jäljellä oleviin ojittamattomiin runsaspuustoisiin soihin, etenkin korpiin, kohdistuu edelleen myös hakkuita ja maanmuokkauksia. Suometsien hakkuupaineiden arvioidaan kasvavan biotalouden kehittyessä ja lisääntyessä. Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät voimakkaimmin Pohjois-Lapin routasoilla.

Vaikka soita on Suomessa tutkittu paljon, arviointityö on osoittanut, että tarvetta soihin liittyvään perustutkimukseen ja inventointeihin on edelleen. Rannikon nuoret suot, paikalliset suoyhdistymät, luhdat ja kausikosteikot mainittakoon esimerkkeinä luontotyyppiryhmistä, joiden ekologiaa, kasvillisuutta ja sen luokittelua tulisi edelleen selvittää. Myös erityisesti suoluontotyyppien laadullisista muutoksista tarvittaisiin kipeästi lisää kvantitatiivista tietoa, esimerkiksi vesitalouden häiriöiden ilmenemismuodoista ja laajuudesta suokasvillisuudessa ja erilaisilla suoyhdistymätyypeillä. Ilmastonmuutoksen vaikutukset suoluontoon on myös keskeinen tutkimusteema. Meillä ei ole esimerkiksi tutkittua tietoa ilmastonmuutoksen vaikutuksista routavaihteisten pounikoiden ja muiden routarämeiden kasvillisuuteen (kuva 2).

**Kirjallisuus**

- Alanen, A. & Aapala, K. (toim.) 2015. Soiden-suojelutyöryhmän ehdotus soidensuojelun täydentämiseksi. (Proposal of the Mire Conservation Group for supplemental mire conservation). Ympäristöministeriön raportteja 26/2015. 175 s.
- Bland, L.M., Keith, D.A., Miller, R.M., Murray, N.J. & Rodríguez, J.P. (toim.) 2016. Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems Categories and Criteria, Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN. 94 s.
- Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S., García Criado, M., Gubbay, S., Haynes, T., Nieto, A., Sanders, N., Landucci, F., Loidi, J., Ssymank, A., Tahvanainen, T., Valderrabano, M., Acosta, A., Aronsson, M., Arts, G., Attorre, F., Bergmeier, E., Bijlsma, R.-J., Bioret, F., Biță-Nicolae, C., Biurrun, I., Calix, M., Capelo, J., Čarni, A., Chytrý, M., Dengler, J., Dimopoulos, P., Essl, F., Gardfjell, H., Gigante, D., Giusso del Galdo, G., Hájek, M., Jansen, F., Jansen, J., Kapfer, J., Mickolajczak, A., Molina, J.A., Molnár, Z., Paternoster, D., Piernik, A., Poulin, B., Renaux, B., Schaminée, J.H.J., Šumberová, K., Toivonen, H., Tonteri, T., Tsiripidis, I., Tzonev, R. & Valachovič, M. 2016. Red List of European Habitats Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. Report for the European Commission, DG Environment. 38 s. <http://doi.org/10.2779/091372>
- Kaakinen, E., Kokko, A., Aapala, K., Kalpio, S., Eurola, S., Haapalehto, T., Heikkilä, R., Hotanen, J.-P., Kondelin, H., Nousiainen, H., Ruuhijärvi, R., Salminen, P., Tuominen, S., Vasander, H. & Virtanen, K. 2008a. Suot. – Teoksessa: Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Osa 1. Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 8/2008: 75–109.
- Kaakinen, E., Kokko, A., Aapala, K., Kalpio, S., Eurola, S., Haapalehto, T., Heikkilä, R., Hotanen, J.-P., Kondelin, H., Nousiainen, H., Ruuhijärvi, R., Salminen, P., Tuominen, S., Vasander, H. & Virtanen, K. 2008b. Suot. - Teoksessa: Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Osa 2. Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristö 8/2008: 143–256.
- Keith, D.A., Rodríguez, J.P., Rodríguez-Clark, K.M., Nicholson, E., Aapala, K., Alonso, A., Asmussen, M., Bachman, S., Basset, A., Barrow, E.G., Benson, J.S., Bishop, M.J., Bonifacio, R., Brooks, T.M., Burgman, M.A., Comer, P., Comín, F.A., Essl, F., Faber-Langendoen, D., Fairweather, P.G., Holdaway, R.J., Jennings, M., Kingsford, R.T., Lester, R.E., Nally, R.M., McCarthy, M.A., Moat, J., Oliveira-Miranda, M.A., Pisanu, P., Poulin, B., Regan, T.J., Riecken, U., Spalding, M.D. & Zambrano-Martínez, S. 2013. Scientific Foundations for an IUCN Red List of Ecosystems. *Plos One* 8(5):e62111. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062111>
- Maa- ja metsätalousministeriö 2011. Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävän ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi. Työryhmämuistio. MMM 2011:1. 159 s. + 18 liitettä.
- Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. (toim.) 2001: Suomen lajien uhanalaisuus 2000. (The 2000 Red List of Finnish Species). Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 432 s.
- Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim.) 2010. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. (The 2010 Red List of Finnish Species). Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 685 s.
- Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.) 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. (The assessment of threatened habitat types in Finland). Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 8/2008. Osat I ja II. 264 + 572 s.
- Tahvanainen, T. 2017. Euroopan suohabitaattien uhanalaisuusarviointi. *Suo – Mires & Peat* 68 (1): 13–26.
- Valtioneuvosto 2012. Valtioneuvoston periaatepäätös soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta. Valtioneuvosto 30.8.2012. 19 s.
- Ympäristöministeriö 2011. Toimintasuunnitelma uhanalaisten luontotyyppien tilan parantamiseksi. (Action plan for improving the state of threatened habitat types in Finland). Suomen ympäristö 15/2011. 112 s.

## Kihokkia lääkekasviksi Pohjois-Satakunnan heikkotuottoisilla turvemilla

Leila Korpela, Tytti Sarjala & Niko Silvan

Leila Korpela, Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, leila.korpela@luke.fi; Tytti Sarjala, Niko Silvan, Luonnonvarakeskus (Luke), Kaironiementie 15, 39700 Parkano

### Johdanto

Suomessa esiintyy luonnonvaraisena enimmäkseen kahta kihokkilajia, pyöreälehtikihokki (*Drosera rotundifolia*) ja pitkälehtikihokki (*Drosera anglica* tai *longifolia*), pikkukihokki (*Drosera intermedia*) on harvinaistunut (Hämet-Ahti ym. 1998, Mossberg & Stenberg 2005).

Kihokkia on käytetty jo perinnetieteessä lievittämään yskää irrottamalla limaa ja laajentamalla keuhkoputkia ja sitä on käytetty myös hinkuyskän hoitoon (Piirainen ym. 1999). Lisäksi kihokilla on havaittu antibakteerisia ominaisuuksia ja kihokkiuutetta onkin esitetty antibioottikuurin tukihoidoksi (Cederberg ym. 2016). Kihokin tiedetään sisältävän esimerkiksi erilaisia naftokinonijohdannaisia, kuten plumbagiini, 7-metyylijugloni ja keuhkoputkea laajentava droseroni sekä flavonoideja ja glykosideja (Cederberg ym. 2016, Galambosi ym. 2000). Kihokin sisältämien aineiden on havaittu sisältävän aktiivisuutta esimerkiksi syöpäkasvaimia vastaan (Parimala & Sachdanandam 1993). Pyöreälehtikihokin on todettu omaavan myös antimikrobista aktiivisuutta (Kačániová ym. 2015). Kihokin täyttää potentiaalia bioaktiivisten yhdisteiden mielessä ei kuitenkaan tiedetä, saati sitten ole kaupallisesti hyödynnetty.

Pyöreälehtikihokki (*Drosera rotundifolia*) on pitkälehtikihokkia yleisempi. Keski-Euroopassa pyöreälehtikihokkikin on suojeltu. Suomessa kerätään 4H-yhdistyksen kouluttamien yksityishenkilöiden toimesta pyöreälehtikihokkia rohdostuotteita ja luomuelintarvikkeita valmistavalle A. Vogel Oy:lle Sveitsiin. Kihokin keruu vaatii maanomistajan luvan, sillä kasvi kerätään juurineen. Kihokin viljely parantaisi sen saata-

vuutta, lisäksi sen kaupallista hyödyntämistä ja jalostusastetta korkeatasoisemmiksi tuotteiksi jo Suomessa.

Kihokin viljelykokeilua on tehty aikaisemmin silloisen MTT:n koeasemalla Mikkelissä (1993-1997 ja 2000-luvun alussa). Viljelytulokset olivat onnistuneita ja lupaavia (Galambosi ym. 2000, Galambosi & Jokela 2008). Viime vuosina Saksassa on aloitettu kihokin viljelytutkimus laajoilla rahkasammaleen kasvatuskosteikoilla, siellä kihokkia kasvaa ns. puoliluontaisissa olosuhteissa (kosteikkoviljely l. *paludiculture*) (Baranyai ym. 2016).



Kuva 1. Pyöreälehtikihokki kasvaa (*Drosera rotundifolia*) luontaisesti karuilla soilla yhdessä rahkasammaleen kanssa (Kuva: Maarit Kallio).

Fig.1. Round leaved sundew (*Drosera rotundifolia*) is growing on nutrient poor open mires together with Sphagnum mosses. (Photo: Maarit Kallio).





Kuva 2. Talvehtineista silmuista laboratoriossa kasvatettuja pitkälehtisen kihokin taimia rahkasammal-turvealustalla. (Kuva: Tytti Sarjala).

Fig. 2. *Drosera anglica* seedlings grown from winter buds in laboratory (Photo: Tytti Sarjala).

Kihokin viljelyä voidaan Suomessa kehittää edelleen yhdistämällä se esim. rahkasammalbiomassan korjuuseen. Rahkasammalbiomassan korjuualueet tarjoavat kihokille, joka on matalakasvuisena lajina huono kilpailija, vähäravinteisen ja muusta kasvillisuudesta vapaan kasvualustan. Rahkasammalbiomassan erilaiset kaupalliset käyttömahdollisuudet erityisesti kasvualustoina, mutta myös kuivikkeina ja antifungaalisina eristelevyvinä ovat lisänneet kiinnostusta sen teollisen mittakaavan korjuuseen ojitetuilta kitumaan soilta. Kihniöläinen yhtiö Ecomoss Oy on kehittänyt korjuutyöhön sopivan koneiston, jota se hyödyntää jo Pohjois-Satakunnan alueella nostamalla noin 30 cm syvän kerroksen pintarahkasammalta keskimäärin 20 hehtaarin alueelta vuosittain. Rahkasammalmaton uudistuminen ennalleen on kohtuullisen hidasta, sillä sammal kasvaa varovasti arvioiden noin senttimetrin vuodessa, vaikka alustavien havaintojen mukaan kasvu saattaa paikoin olla huomattavasti nopeampakin. Varovaisen arvion mukaan samalle korjuukohteelle voitaisiin siis palata uudelleen korjaamaan rahkasammalta n. 30 vuoden kuluttua. Maan käyttöarvoa voitaisiin kuitenkin välittömästi lisätä viljelemällä siellä ensimmäisten vuosien aikana

rahkasammalbiomassan korjuun jälkeen erittäin arvokasta ja monipuolista suokasvia, kihokkia.

### Tavoitteet

Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Pohjois-Satakunnan Leader -yhdistyksen yhteisrahoitteisen *Kihokin viljelyä lääkekasviksi Pohjois-Satakunnan heikkotuottoisilla/turvetuotannon jälkeisillä turvemilla* -hankkeen yleisenä tavoitteena on selvittää kihokin viljelymahdollisuutta ja soveltuvuutta Pohjois-Satakunnan ojitetuilla, heikkotuottoisilla turvemilla. Osa-tavoitteina on kehittää kihokin kasvullista lisäämistä, nopeuttaen näin monivuotisen kasvin viljelykiertoa, analysoida kihokin vaikuttavia aineita ja niiden pitoisuuksia, jolloin voidaan verrata kasvullisesti lisätyn, siemenestä turvemaalla viljellyn ja luontaisesti kasvaneen kihokin vaikuttavien aineiden pitoisuuksia. Tutkimuksessa on mahdollista löytää myös uusia kihokin yhdisteitä ja/tai jopa ns. endofyyttejä. Kihokin esiintymistä inventoimalla saadaan käsitys sen kasvupaikoista alueella, haastattelututkimuksella taas selvitetään alueen metsän/maanomistajien kiinnostusta ja asennetta sen keräämiseen ja/tai jopa viljelyyn.

## Menetelmät

**Viljelykoe.** Syksyllä 2016 kerätyistä pyöreälehti- ja pitkälehtikihokin siemeniä (Mikkelistä, Etelä-Suomesta, Parkanon seudulta) kylvettiin pienille koelohjelmille, jotka perustettiin yhdelle rahkasammaleen korjuualalle Parkanossa.

**Laboratoriokokeet.** Siemensatoa varten kerätyn kihokkimateriaalin talvisilmuista kasvatettiin laboratorio-oloissa rahkasammalmassassa kihokin taimia (Kuva 2). Näin saatiin nopeasti elävää kihokkimateriaalia ja voitiin käynnistää HPLC-analyysin kehittäminen kihokin bioaktiivisten aineiden analysointiin sekä kihokin mikrolisäyksen kehittämiseen.

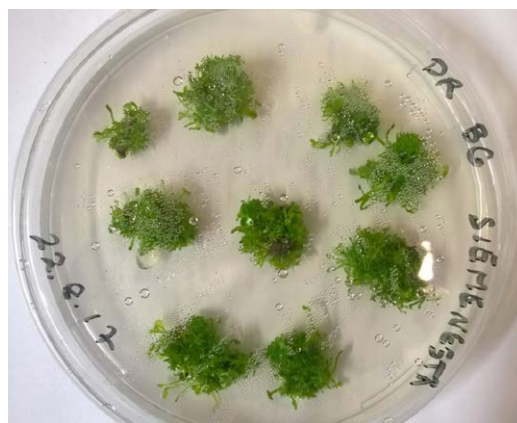
**Haastattelututkimus ja kihokki-inventointi.** Kesällä 2017 lähetettiin haastattelukirjeitä 300:lle Pohjois-Satakunnan ja Luoteis-Pirkanmaan alueen 10 Leader-kunnan metsänomistajille, jotka omistivat heikkotuottoisia, karuja turvemaita. Haastattelukirjeessä tiedotettiin kihokista lääkekasvina, tiedusteltiin maanomistajien kiinnostusta sen keräämiseen sekä antavatko he luvan esim. 4H -kerholaisten kerätä kihokkeja suoilta tai olisiko heillä jopa halukkuutta itse ryhtyä viljelemään kihokkia.

Kihokki-inventoinnit tehtiin kesällä 2017 maastossa yllä mainittujen maanomistajien luonnontilaisista suoalueista valituille puuttomille tai lähes puuttomille kuvioille Parkanon lähikuntien alueella (kahdeksan kuntaa, yhteensä 55 suokuvioa). Inventointi tehtiin systemaattisella linjatannalla, sijoittamalla valitu(i)lle linjalle 1 m<sup>2</sup>:n ruutukehikko (suokuvion pinta-alasta riippuen) sopivin tasavälein linjan pituudesta riippuen. Jokaisen ruudun sisältä laskettiin kihokkien yksilömäärät.

## Alustavia tuloksia

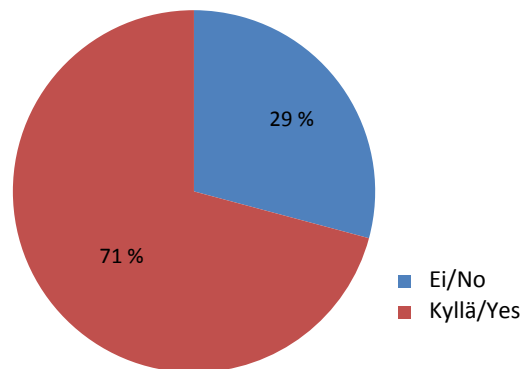
Viljelykokeella havaittiin kylvöä seuraavana kesänä, että kihokin siemenet olivat itäneet ja paikalle oli noussut pieniä kihokin taimia. Taimien kehitystä seurataan ja viljelyksiä perustetaan lisää.

Laboratorio-olosuhteissa olemme onnistuneet lisäämään kihokkia kasvullisesti mikä antaa mahdollisuuden nopeuttaa monivuotisen (luonnossa kukkii 3–4 vuotiaana) kasvin viljelykiertoa. Kihokin kasvisolukkoa voidaan tällä menetelmällä



Kuva 3. Kihokin sekovartta ravintoagarilla. Kihokin kasvullinen lisääminen alkaa siementen idätyksellä Morashige-Skoog-ravinneagarilla, jonne ensimmäiset versot ilmestyvät 2–3 viikon kuluttua. Jakamalla syntyneitä versoja saadaan lisää uusia versoja. (Kuva: Tytti Sarjala).

*Fig. 3. The early sundew -seedlings grown (in vitro) from the seeds (germinated in Morashige-Skoog-Agar) and then reproduced by tissue division (Photo: Tytti Sarjala).*



Kuva 4. Metsänomistajien suhtautuminen kihokin keräämiseen heidän omilta turvemailtaan. Pohjois-Satakunnan ja Luoteis-Pirkanmaan kunnissa tehdyn haastattelututkimuksen alustavia tuloksia.

*Fig. 4. The attitudes of forest owners to the sundew collection from their peatland sites. Some early results of the interview letters among forest owners in the municipalities of Northern Satakunta, Western Finland.*

lisätä selvästi nopeammin kuin luonnossa. Menetelmä kihokin vaikuttavien aineiden, kuten naftokinonien (7-metyyljuglone, plumbagiini) ja flavonoidien (esim. kversetiini) pitoisuuksien määrittämiseksi HPLC:llä kehitettiin Luken Parkanon laboratoriossa (Pelkonen 2017) (ks. kuvat 1–2).

Maanomistajien haastattelututkimuksen vastausaktiivisuus oli laimea (alle 10 %), vastausten perusteella kihokin keruuseen suhtauduttiin kuitenkin pääsääntöisesti positiivisesti.

Alustavien inventointitulosten mukaan kihokkeja esiintyi neliömetrin ruudulla keskimäärin n. 20 kpl. Niiden esiintyminen on kuitenkin tyypillisesti laikukasta ja yksilötiheys vaihteli 1–100 kpl/m<sup>2</sup>.

Viljelymenetelmää edelleen kehittämällä ja hyödyntämällä alueella sijaitsevia rahkasammalen uusia keruupaikkoja kihokin saatavuutta voidaan lisätä. Analysoimalla bioaktiiviset vaikuttavat aineet ja mahdolliset uudet yhdisteet ja niiden pitoisuudet, toivomme voivamme luoda nykyistä paremmat mahdollisuudet kihokin kaupalliseen hyödyntämiseen Suomessa.

### Kirjallisuutta

- Baranyai, B., Bäcker, C. & Lindequist, U. 2016. The production of 7-methyljuglone, plumbagin and quercetin in wild and cultivated *Drosera rotundifolia* and *Drosera intermedia*. *Mires Peat* 18: 1–8.
- Cederberg, M. 2016. Kihokki soiden yskänrohto. Teoksessa: Cederberg, M. (toim.), Aarteita Suomen Luonnosta – hyötykasveja apilasta vuohenputkeen. Viestilehdet Oy, s. 41–43.
- Galambosi, B., Galambosi, Z. & Repčák, M. 2000. Growth, yield and secondary metabolite production of *Drosera* species cultivated in peat beds in Finland. *Suo* 51: 47–57.
- Galambosi, B. & Jokela, K. 2008. Cultivation of herbs on peatlands, In: Korhonen, R., Korpela, L., Sarkkola, S. (eds.) *Finland - Fenland, Research and sustainable utilization of mires and peat*. Finnish Peatland Society, Maahenki Ltd. Helsinki, 288p. ISBN 978-952-5652-47-5.
- Galambosi, B. & Galambosi, Z. 2013. Kihokin viljelyn kriittiset pisteet. MTT raportti 87: 40–44. <http://www.mtt.com/fi/mttraportti/pdf/mttraportti87.pdf>.
- Hämet-Ahti, L., Suominen, J., Ulvinen, T. & Uotila, P. 1998. Retkeilykasvio. Luonnontieteellinen keskusmuseo, Kasvimuseo. Yliopistopaino, Helsinki. 4.painos. 656 s. ISBN 951-45-8167-9 (nid.)
- Kačániová, M., Ďurechová, D., Vuković, N., Kántor, A., Petrová, J., Hleba, L. & Vatfák, A. 2015. Antimicrobial Activity of *Drosera rotundifolia* L. *Scientific Papers in Animal Science and Biotechnologies*, 47: 366–369.
- Mossberg, B. & Stenberg, L. 2005. Suuri Pohjolan Kasvio, Tammi, Helsinki, ISBN: 951-31-2924-1.
- Parimala, R., & Sachdanandam, P. 1993. Effect of plumbagin on some glucose metabolising enzymes studied in rats in experimental hepatoma. *Molecular and Cellular Biochemistry* 125: 59–63.
- Pelkonen, M-T. 2017. *Drosera* – Kasvullinen lisääminen ja määritysmenetelmän kehitys sen vaikuttaville yhdisteille. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu (TAMK), Energia- ja ympäristötekniikka, Laboratoriotekniikan koulutus, 37 s.
- Piirainen, M., Piirainen, P. & Vainio, H. 1999. Kotimaan luonnonkasvit, WSOY, Porvoo, ISBN: 951-0-23001-4.

# Vapaaehtoisuuden vaikutus luonnonsuojelun ekologiseen vaikuttavuuteen, taloudellisiin kustannuksiin ja vastustuksen määrään

Eini Nieminen, Panu Halme, Santtu Kareksela & Janne S. Kotiaho

*Eini Nieminen, Panu Halme, Janne S. Kotiaho, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto, email: eini.m.nieminen@jyu.fi; Santtu Kareksela, Metsähallituksen Luontopalvelut, Jyväskylä*

## Johdanto

Monimuotoisuus hupenee maailmanlaajuisesti rapauttaen ekosysteemien toimintoja ja vaarantaen ihmiskunnan säilymistä (Steffen ym. 2015; IPBES 2018). Luonnonsuojelualueilla on monimuotoisuuden kadon hidastamisessa tärkeä rooli (Geldmann ym. 2013; Gray ym. 2016). Monet suojelualueet sijaitsevat kuitenkin alueilla, jotka eivät ole taloudellisesti eivätkä biologisesti kovin merkittäviä (Joppa & Pfaff 2009). Näin ollen ne eivät rajoita maankäyttöä alueilla, joilla monimuotoisuus on rikkainta ja usein myös vakavimmin uhattuna (Jenkins ym. 2013). Jotta suojelualueiden merkitys monimuotoisuuskadon hidastamisessa paranisi, on suojelualueverkostoja laajennettava kattamaan alueita, jotka ovat monimuotoisuuden kannalta tärkeitä.

Monimuotoisia elinympäristöjä sijaitsee usein yksityismaille (esim. Knight 1999; Hirsch ym. 2007). Jotta suojelu täyttäisi tehtävänsä, on suojelutoimien ulottaminen yksityismaille perusteltua. Yksityismaiden suojelua on aikaisemmin toteutettu pitkälti pakkokeinoja hyödyntäen, mikä on herättänyt vastustusta maanomistajien keskuudessa ja johtanut suojelukonflikteihin (Hiedanpää 2005, Grodzinska-Jurczak & Cent 2011). Ristiriitoja on pyritty ratkomaan kehittämällä vapaaehtoisia keinoja suojella luontoa (Kamal ym. 2015). Vapaaehtoisuuden onkin todettu vähentäneen konflikteja ja parantaneen luonnonsuojelun hyväksyttävyyttä (Paloniemi & Tikka 2008, Sorice ym. 2013, Kamal & Grodzinska-Jurczak 2014). Suomessa syntyi 2000-luvun alussa ajatus luonnonarvokaupasta. Se laajeni lopulta koko eteläisen Suomen kattavaksi, maanomistajien suojeluhaluksiin perustuvaksi

metsien suojeluohjelmaksi eli Metsoksi. Sen myötä vapaaehtoisesta luonnonsuojelusta tuli Suomessa valtavirtaa.

Vuonna 2012 asetettiin työryhmä valmistelemaan luonnonsuojelulakiin perustuvaa soiden-suojelun täydennysohjelmaa, jonka tavoitteena oli parantaa suoluonnon monimuotoisuuden säilymistä (Alanen ym. 2015). Vuonna 2014 vihreiden hallituksesta lähdön myötä silloinen ympäristöministeri Ville Niinistö väistyi paikaltaan. Uusi ministeri Sanni Grahn-Laasonen (kok.) muutti luonnonsuojelulain mukaisen täydennysohjelman vapaaehtoiseksi.

Vapaaehtoisen luonnonsuojelun sosiaalisia ristiriitoja liennyttävä vaikutus tunnetaan, mutta sen vaikutuksia monimuotoisuuteen ei juuri ole tutkittu (katso kuitenkin Whitehead ym. 2014, Di Minin ym. 2017, Paloniemi ym. 2018). Toteuttamiskelpoisia suojelualueyhdistelmiä on olemassa rajallinen määrä, koska suojelusuunnittelussa on huomioitava muun muassa suojeltavien kohteiden monimuotoisuus, hinta sekä muun maankäytön tarpeet (Moilanen ym. 2011). Maanomistajien suojeluhaluksiin huomioiminen vähentää suojelualueyhdistelmien määrää entisestään. Näin ollen vapaaehtoisuus voi muuttaa laajojen suojeluratkaisujen vaikuttavuutta.

Suot ovat erityisen haastavia suojelukohteita, sillä niiden vesitalous ja lajisto voivat muuttua valuma-alueen yläjuoksulla tai suon reuna-alueilla tehtävien ojitusten tai hakkuiden seurauksena (Tahvanainen 2011). Jotta soiden ominaispiirteet säilyisivät ja niille tehdyt suojeluinvestoinnit kantaisivat hedelmää myös pitkällä aikavälillä, olisi suot suojeltava ehjinä vesitaloudellisina kokonaisuuksina. Suomalaisilla soilla on usein useita omistajia, joten vapaaehtoisuuden periaatetta

noudatettaessa yksittäisen suon suojele voi vaatia jopa kymmenien maanomistajien suostumuksen.

Selvitimme, eroavatko maanomistajien suojelelähallituksen eri tavalla huomioivat suojeleluratkaisut toisistaan monimuotoisuuspiirteidensä ja taloudellisten kustannustensa suhteen. Vertasimme keskenään kolmea hypoteettista tapaa toteuttaa soidensuojelun täydennys: maan lunastukset kieltävää täysin vapaaehtoista suojelelue, rajatuissa tapauksissa maan lunastukset sallivaa pääosin vapaaehtoista suojelelue, sekä maan lunastukset sallivaa luonnonsuojelulakiin perustuvaa suojelelue.

### Aineistot ja menetelmät

Teimme suojelelupäätöksenteon tueksi tarkoitettuja priorisointianalyyskejä. Ne tuottavat tietoa siitä, millaisia etuja ja haittoja erilaisilla jo tehdyillä tai tulevaisuudessa tehtävillä maankäytön ratkaisuilla on.

Hyödynsimme täydennysohjelman valmistelun puitteissa kerättyä paikkatietoaineistoa. Se kattoi 1533 suojeleluealuetta eli kandidaattisuota (327 300 ha) ja 3 400 suojeleluealuetta (601 700 ha). Aineisto sisälsi 91 monimuotoisuuspiirrettä käsitellen suoyhdistymiä, suoluontotyyppejä, lajeja ja pienvesimuodostumia. Aineiston erottelukyky oli 50×50 m. Tarkastelemalla analyysissä myös suojeleluealuetta, tunnistimme kohteita, jotka monimuotoisuuspiirteidensä perusteella parhaiten täydentäisivät jo olemassa olevaa suojeleluealuetta. Lisäksi hyödynsimme Ympäristöministeriön vuonna 2015 toteuttamaa maanomistajakyselyä kandidaattisuotien maanomistajien suojelelähallituksesta. Kyselyyn vastasi 42 % kyselyn saaneista, joista 47 % suhtautui myönteisesti suonsuojeleluun ja 41 % kielteisesti (Alanen ja Aapala 2015). Kyselyä ei lähetetty kaikkien kandidaattisuotien omistajille. Ekstrapoloimme satunnaistamalla vastausaineiston kattamaan myös ne suot, joilla kukaan ei vastannut ja jotka eivät olleet mukana kyselyssä. Ekstrapoloitussa aineistossa 48 % suhtautui suojeleluun myönteisesti ja 41 % kielteisesti.

Laadimme analyysit Zonation-ohjelmalla, joka on maankäytön suunnittelun työkalu (Moi-lanen ym. 2014). Zonation-ohjelmiston avulla voidaan tunnistaa alueita ja aluejoukkoja, jotka säilyttävät parhaiten tarkasteltavan alueen

luontoarvoja ja niiden edustavuutta huomioiden samalla alueiden valinnan kannalta oleelliset rajoitteet. Analyyskejä varten loimme kolme suojeleluratkaisua:

- 1. Täysin vapaaehtoisuuteen perustuva ratkaisu.* Ohjelmoimme analyysin valitsemaan ratkaisuun vain sellaisia kandidaattisuota, joilla kukaan ei vastusta suojelelue. Nämä suot analyysi asetti paremmuusjärjestykseen niiden monimuotoisuuspiirteiden suhteen.
  - 2. Osittaiseen vapaaehtoisuuteen perustuva ratkaisu.* Tässä analyysissä otimme maanomistajien suojeleluealuettaisuuden huomioon jatkuvana muuttujana, joka oli suojelelue vastustavien maanomistajien osuus kaikista kyseisen kandidaattisuotien maanomistajista. Ohjelmoimme analyysin valitsemaan ensisijaisesti vähiten vastustettuja suota siten, että samalla kuitenkin säilyisivät ne suot, joilla oli korvaamattomia monimuotoisuuspiirteitä, kuten uhanalaisia luontotyyppejä ja lajeja. Analyysi siis etsi tasapainoa vastustuksen ja monimuotoisuuden välillä.
  - 3. Luonnonsuojelulain mukainen ratkaisu.* Ohjelmoimme analyysin maksimoimaan monimuotoisuuspiirteiden esiintymisen ratkaisussa ja jättämään vastustus huomiotta.
- Ohjelmoimme kaikki analyysivaihtoehdot ottamaan huomioon myös soiden ekologisen kytkeytyneisyyden ja hankintakustannukset, jotka sisälsivät maapohjan ja puuston arvon sekä hallinnolliset kulut.

### Tulokset

Ekstrapoloitun kyselyaineiston perusteella vastustusta esiintyi 211 900 hehtaarella eli 65 %:lla kandidaattisuotien pinta-alasta. Vastaa-vasti 115 400 hehtaaria eli 35 %:a ei vastustettu lainkaan. Asetimme hypoteettiseksi lisäsuojeleluealuetta tavoitteeksi 115 400 hehtaaria eli määrän, joka analyysiemme mukaan voidaan suojelelue välttämättä kokonaan maanomistajien vastustus.

*Luonnonsuojelulain mukainen ratkaisu* säilytti kandidaattisuotien monimuotoisuutta keskimäärin 54,1 % kaikista tarkastelluista monimuotoisuuspiirteistä. *Osittaiseen vapaaehtoisuuteen perustuva ratkaisu* säilytti niitä 57,0 % ja *Täysin vapaaehtoisuuteen perustuva ratkaisu* 37,7 %.

Vain kaikkein uhanalaisimpien monimuotoisuuspiirteiden tarkastelu muutti ratkaisujen järjestystä. *Luonnonsuojelulain mukainen ratkaisu* säilytti kandidaattisoiden uhanalaisimpia piirteitä keskimäärin 76,4 %. *Osittaiseen vapaaehtoisuuteen perustuva ratkaisu* säilytti niitä 74,0 % ja *Täysin vapaaehtoisuuteen perustuva ratkaisu* 20,1 %.

Eri suojeluvaihtoehtojen kustannuksissa oli selviä eroja. *Luonnonsuojelulain mukainen ratkaisu* oli selvästi halvin vaihtoehto ollen 30,9 % halvempi kuin *Osittaiseen vapaaehtoisuuteen perustuva ratkaisu* ja 43,0 % halvempi kuin *Täysin vapaaehtoisuuteen perustuva ratkaisu*.

Maanomistajien vastustuksen määrä vaihteli selvästi eri suojeluvaihtoehtojen välillä. *Luonnonsuojelulain mukaisessa ratkaisussa* vastustus oli 33,7 % ja *Osittaiseen vapaaehtoisuuteen perustuvassa ratkaisussa* 6,7 %.

## Tulosten tarkastelu

Eri ratkaisuissa säilyvien monimuotoisuuspiirteiden määrä riippui siitä, kuinka voimakkaasti painotimme analyyseissä vapaaehtoisuutta suhteessa luontoarvoihin. *Täysi vapaaehtoisuus* eli vain sellaisten soiden suojeleminen, joilla jokainen omistaja oli halukas suojelemaan, tuotti kolmesta ratkaisusta selvästi vähäisimmät monimuotoisuushyödyt. Se oli myös selvästi kallein ratkaisu. Kaikkia monimuotoisuuspiirteitä tarkastellen korkeimmat hyödyt 115400 hehtaarilla näytti tuottavan *Osittainen vapaaehtoisuus*, joka sallisi soiden lunastukset silloin, kun ne sisältävät korvaamattomia monimuotoisuuspiirteitä. Tämä tosin johtui siitä, että *Osittaiseen vapaaehtoisuuteen perustuva ratkaisu* oli tuntuvasti kalliimpi kuin *Luonnonsuojelulain mukainen ratkaisu*. Jos olisimme korottaneet *Luonnonsuojelulain mukaisen ratkaisun* hinnan yhtä korkeaksi kuin *Osittaisen vapaaehtoisuuden* hinta oli, olisi *Luonnonsuojelulain mukainen ratkaisu* tuottanut enemmän monimuotoisuushyötyjä. Kun tarkastelimme pelkästään uhanalaisimpia monimuotoisuuspiirteitä, tarjosi *Luonnonsuojelulain mukainen ratkaisu* korkeimmat monimuotoisuushyödyt silloinkin, kun hinta jätettiin huomiotta.

Odotetusti eniten maanomistajien vastustusta sisälsi *Luonnonsuojelulain mukainen ratkaisu*. Ero tämän ja *Osittaiseen vapaaehtoisuuteen*

*perustuvan ratkaisun* välillä oli suurehko etenkin, kun huomioidaan, että suojeluun päätyvän monimuotoisuusmäärän erot näiden kahden ratkaisun välillä olivat pienet sekä kaikkien monimuotoisuuspiirteiden, että uhanalaisimpien piirteiden osalta.

Mistä eri suojeluvaihtoehtojen monimuotoisuus- ja hintaerot sitten johtuivat? *Luonnonsuojelulain mukaisessa ratkaisussa* suojeltavaksi päätyvät suot valikoituivat monimuotoisuusarvojen ja hintansa perusteella. Tällöin pyrimme analyysin avulla löytämään ratkaisun, jossa mahdollisimman halvalla saavutettiin mahdollisimman suuret monimuotoisuushyödyt. Kun lisäsimme analyysiin mukaan kolmannen muuttujan eli maanomistajien suojeluvastaisuuden, vähensi se suojeltavissa olevien halpojen soiden, monimuotoisten soiden sekä näiden yhdistelmien määrää. Tällöin valikoivat maanlunastukset salliva *Osittaiseen vapaaehtoisuuteen perustuva ratkaisu* säilytti monimuotoisuutta käytännössä yhtä paljon kuin maanlunastukset kaikissa tapauksissa salliva *Luonnonsuojelulain mukainen ratkaisu*, joskin *Osittaisen vapaaehtoisuuden* kustannukset olivat selvästi korkeammat. Maanlunastukset kieltävässä *Täysin vapaaehtoisuuteen perustuvassa ratkaisussa* suojeluun tarjolla olevien kohteiden määrä väheni jo niin paljon, että suojeluun päätyvät monimuotoisuushyödyt hupenivat tuntuvasti samalla, kun kustannukset nousivat.

Tutkimuksemme osoittaa, että täyden vapaaehtoisuuden vaatimus heikentää merkittävästi soiden suojelun kustannusvaikuttavuutta. Hyödyntämällä Zonationin kaltaisia maankäytön suunnittelutyökaluja voidaan löytää tasapainoinen suojeluratkaisu, joka pyrkii paitsi turvaamaan luonnon monimuotoisuutta, myös vähentämään vastoin maanomistajien tahtoa tapahtuvaa luonnonsuojelua. Tällöin suurimmaksi osaksi vältetään suojelemasta alueita, joilla vastustusta esiintyy, mutta voidaan kuitenkin lunastaa maata, mikäli suojeluvastaisen maanomistajan mailla sijaitsee korvaamattomia tai erittäin uhanalaisia monimuotoisuuspiirteitä. Tällöin on kuitenkin hyväksyttävä, että suojelun kustannukset ovat korkeammat kuin siinä tapauksessa, että maanomistajien mielipiteitä ei huomioida lainkaan.

Tutkimuksemme valossa soiden suojelun täydennystä ei ole mahdollista toteuttaa siten, että

se olisi yhtä aikaa ekologisesti tehokasta, halpaa ja maanomistajien mielipiteet huomioon ottavaa. Suojelusuunnittelussa kannattaisi huomioida maanomistajien suojeluvastaisuus, mutta toisaalta vastustuksen ei kannata antaa kategorisesti estää erityisen merkittävien luontoarvojen suojelua. Suojeluvastaisuuden huomioonottaminen edellyttää myös siitä koituvien taloudellisten kustannusten hyväksymistä. Tutkitusti monimuotoisuuden suojelu on ihmiskunnan tulevaisuuden kannalta välttämätöntä, joten monimuotoisuushyödyistä tinkimiselle on vaikea löytää päteviä perusteita.

### Kirjallisuusluettelo

- Alanen, A. & Aapala, K. 2015. (toim.) Soiden-suojelutyöryhmän ehdotus soidensuojelun täydentämiseksi. Ympäristöministeriön raportteja 26/2015. Ympäristöministeriö.
- Di Minin, E. D., Soutullo, A., Bartesaghi, L., Rios, M., Szephegyi, M. N. & Moilanen, A. 2017. Integrating biodiversity, ecosystem services and socio-economic data to identify priority areas and landowners for conservation actions at the national scale. *Biological Conservation* 206: 56–64.
- Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I. D., Hockings, M., & Burgess, N. D. 2013. Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation* 161: 230–238.
- Grodzinska-Jurczak, M. & Cent, J. 2011. Expansion of nature conservation areas: Problems with Natura 2000 implementation in Poland? *Environmental Management* 47: 11–27.
- Gray, C. L., Hill, S. L. L., Newbold, T., Hudson, L. N., Börger, L., Contu, S., Hoskins, A.J., Ferrier, S., Purvis, A. & Scharlemann, J.P.W. 2016. Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications* 7: 12306.
- Hiedanpää, J. 2005. The edges of conflict and consensus: a case for creativity in regional forest policy in Southwest Finland. *Ecological Economics* 55: 485–498.
- Hirsch, F., Korotkov, A. & Wilnhammer, M. 2007. Private forest ownership in Europe. *Unasylva* 228: 23–25.
- IPBES 2018. Scholes, R., Montanarella, L., Brainich, A., Barger, N., ten Brink, B., Canetele, M., Erasmus, B., Fisher, J., Gardner, T., Holland, T.G., Kohler, F., Kotiaho, J.S., Von Maltitz, G., Nangendo, G., Pandit, R., Parrotta, J., Potts, M.D., Prince, S., Sankaran M. & Willemsen, L. (toim.). Summary for policymakers of the thematic assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- Jenkins, C. N., Pimm, S. L. & Joppa, L. N. 2013. Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation. *PNAS* E2603.
- Joppa, L. N., & Pfaff, A. 2009. High and Far: Biases in the Location of Protected Areas. *Plos One* 4: e8273.
- Kamal, S., & Grodzinska-Jurczak, M. 2014. Should conservation of biodiversity involve private land? A Q methodological study in Poland to assess stakeholders' attitude. *Biodiversity and Conservation* 23: 2689–2704.
- Kamal, S., Grodzińska-Jurczak, M., & Brown, G. 2015. Conservation on private land: a review of global strategies with a proposed classification system. *Journal of Environmental Planning and Management* 58: 576–597.
- Knight, R. L. 1999. Private Lands: The Neglected Geography. *Conservation Biology* 13: 223–224.
- Moilanen, A., Anderson, B. J., Eigenbrod, F., Heinemeyer, A., Roy, D. B., Gillings, S., Armsworth, P. R., Gaston, K. J. & Thomas, C. D. 2011. Balancing alternative land uses in conservation prioritization. *Ecological Applications* 21: 1419–1426.
- Moilanen, A., Pouzols, F. M., Meller, L., Veach, V., Arponen, A., Leppänen, J. & Kujala, H. 2014. Zonation - Spatial conservation planning methods and software. Version 4. User Manual. ISBN 978-952-10-9920-5.
- Paloniemi, R., Hujala, T., Rantala, S., Harlio, A., Salomaa, A., Primmer, E., Pynnönen, S. & Arponen, A. 2018. Integrating social and ecological knowledge for targeting voluntary biodiversity conservation. *Conservation Letters* 11: 1–10.

- Paloniemi, R., & Tikka, P. M. 2008. Ecological and social aspects of biodiversity conservation on private lands. *Environmental Science & Policy* 11: 336–346.
- Sorice, M. G., Oh, C.-O., Gartner, T., Snieckus, M., Johnson, R., & Donlan, C. J. 2013. Increasing participation in incentive programs for biodiversity conservation. *Ecological Applications* 23: 1146–1155.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B. & Sörlin, S. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347: 1259855.
- Tahvanainen, T. 2011. Abrupt ombrotrophication of a boreal aapa mire triggered by hydrological disturbance in the catchment. *Journal of Ecology* 99: 404–415.
- Whitehead, A. L., Kujala, H., Ives, C. D., Gordon, A., Lentini, P. E., Wintle, B. A., Nicholson, E. & Raymond, C. M. 2014. Integrating biological and social values when prioritizing places for biodiversity conservation. *Conservation Biology* 28: 992–1003.



# Kun hydrologia ja ilmasto muuttuvat, suosysteemissä reagoivat ensin rimpipintaist osat. Onko niillä jo havaittavissa muutoksia?

Sakari Rehell

*Metsähallitus, luontopalvelut, PL 81, Veteraanikatu 5, 90101 Oulu, email: sakari.rehell@metsa.fi*

## Laskentakaava rimpipintojen muutoksen arvioimiseen

Luontotyyppien uhanalaistarkastelussa on havaittu jyrkkää rimpipintaisten suotyyppien vähenemistä, vaikka niille on kohdistunut suoria ojituksia selvästi vähemmän kuin muille suotyypeille. Soiden hydrologisten muutosten, etenkin valuma-alueilta rimpisille keskiosille tulevan veden määrän vähenemisen tiedetään voivat aiheuttaa nopeata rahkasammalten kasvua ja rimpien umpeutumista aapasoidilla (Tahvanainen 2011). Uudessa suosysteemejä ja soita ympäröiviä pienvaluma-alueita tarkastelevassa tutkimuksessa (Rehell 2018) on lähdetty selvittämään asiaa sekä teoreettisten laskelmien että ilmakuvilta tehtyjen havaintojen perusteella. Yleisesti rimpipintaisten soiden hydrologisessa tarkastelussa on havaittu, että niillä on hyvin suuria eroja (Laitinen ym. 2007). Suurimman osan voidaan olettaa noudattavan ns. diplotelmistä mallia (Ivanov 1981, Ingram 1983). Termiä on alun perin sovellettu erityisesti ombrotrofisille soille, mutta myös aapasoidille sijoittuvien jännerakenteisten rimpisoiden voidaan katsoa noudattavan tätä mallia. Esim. pohjaveden purkautumisalueiden perkolatiosuon tyyppiset alueet sekä usein pohjaveden muodostumisalueille sijoittuvat kausivaihtelevat suot poikkeavat tästä mallista. Diplotelmisesti käyttäytyvien soiden käyttäytymistä hydrologian muuttuessa on mahdollista matemaattisesti käsitellä ja onkin esitetty kaava, jonka mukaan valuma-alueelta tulevan veden vähentyessä rimpipintaisten veden vastaanottajaosan pinta-ala pienenee suoraviivaisesti seuraavasti (Rehell 2018):

$$K \times d/q_s = A_T \times (1 - A_R/A_T) / i \times w, \quad (1)$$

missä:  $A_T$  = koko tarkasteltavan valuma-aluekokonaisuuden laajuus ja  $A_R$  = siihen kuuluvan

rimpipintaisten ns. vastaanottajaosan laajuus);  $k$  = akrotelman vedenjohtavuus,  $d$  = vedenpinnan taso akrotelman alareunasta laskettuna);  $q_s$  = alueelle tyypillinen ominaisvalunta (sadanta – haihdunta);  $w$  = tarkasteltavan kuvion leveys suolla;  $i$  = keskimääräinen kaltevuus suolla.

Tämä kaava on muodostettu yhdistämällä suosysteemin rakennetta kuvaava hydrologinen malli (Laitinen ym. 2007) ja vedenpinnan korkeutta kuvaava kaava (van der Schaaf & Streefkerk 2003). Kaavan on tarkoitus osoittaa vaikutusten potentiaalista vähimmäismäärää suolla, mutta vaikutusten nopeutta se ei kuvaa. Olettamuksena on, että veden virtauksen väheneminen näkyy rahkasammalten leviämisenä suolla. Se ei siis suoraan sovi tarkastelemaan esim. hyvin tiiviiden jänteiden ja avovetisten rimpien muodostamien aapasuokeskustojen tilaa, missä rimpien umpeutumista tuskin pääsee tapahtumaan (Belyea & Clymo 2001), vaan vesien virtauksen vähenemistä johtuva karuuntuminen vaikuttaa eri tavalla.

## Kartta- ja ilmakuvatarkastelu

Suomen keskiboreaalisten aapasoiden tilaa on selvitetty tarkastelemalla uusilta kartoilta ja ilmakuvilta satunnainen otos (71 kpl) tämän vyöhykkeen ojitamattomista suolaikuista (Syken suolaikkuaineisto, P. Salminen). Tämän mukaan näille aapasoidille luontaisesti kuuluvan veden tulo on vähentynyt määrällä, joka em. kaavan mukaan johtaisi siihen, että karkeasti arvioiden noin puolet keskiboreaalisen vyöhykkeen aapasoiden rimpisistä keskusosista olisi hävinnyt tai häviäisi lähitulevaisuudessa pelkästään ulkopuolisten ojitusten vuoksi. Sitä, tapahtuuko tällaista todella, on selvitetty vertaamalla vanhoja ja uusia ilmakuvia. Kuusi em. tarkastelun kohteista oli suojelu-alueita, joista oli käytettävissä Metsähallituksen

luontopalvelujen suunnittelutyössä käytettyjä vanhoja, ennen ojituksia otettuja ilmakuvia. Tämä tarkastelu tukee em. kaavaan perustuvaa arviota: rahkasammalen vallitsemat ”syrjäosat” näyttävät levinneen tyypillisillä aapasooilla useita satoja metrejä keskemälle ja laajeneminen on ollut sitä voimakkaampaa, mitä suurempi on ollut ojitusten vaikutus aapasoiden reunoilla (Kuva 1). Muutos ei näytä vielä saavuttaneen kaavan ennustamaa kokonaislaajuutta, vaan jatkunee vielä tulevaisuuteen.

### Rimpipintojen määrän vähenemiseen vaikuttaa monia tekijöitä

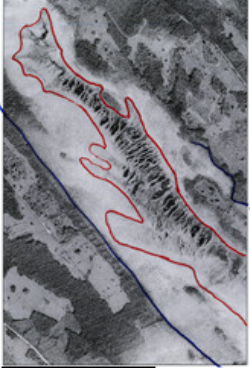

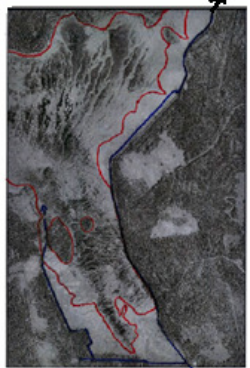

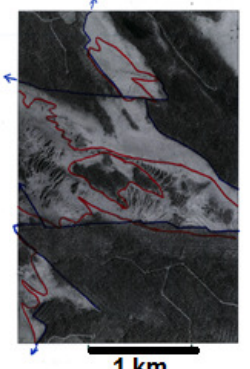

Suomessa on erotettavissa selkeitä, ilmastollisesti määräytyneitä suokasvillisuusvyöhykkeitä (Ruuhijärvi 1960, Eurola 1962). Näistä selkeimpiä ovat eteläinen keidassuovyöhyke ja pohjoisempi aapasuovyöhyke. Näiden välisen rajan on katsottu riippuvan ensisijaisesti lämpötilasta (kasvukauden pituudesta). Minerotrofista rimpipintaa on kummillakin näillä vyöhykkeillä olennaisena osana suosysteemejä. Aapasuovyöhykkeelle ovat ominaisia laajat, useimmiten jännerakenteiset rimpiset alueet, kun taas Suomen keidassuovyöhykkeen luonnontilaisimmillakin kokonaisuuksilla minerotrofinen märkäpinta näyttää jäävän kapeiksi juoteiksi (Rehell 2018). Keidassuovyöhykkeen ja aapasuovyöhykkeen rajan kohdalla näyttää siis tapahtuvan ”porrasmainen” muutos rimpipinnan esiintymisessä. Sademääriin liittyvän ominaisvulun kasvamisen näyttää lisäävän rimpipinnan esiintymistodennäköisyyttä aapasuovyöhykkeellä, mutta keidassuovyöhykkeellä (vuoden keskilämpötila yli 3 °C) sademäärän lisääntyminen ei näytä lisäävän märkäpinnan osuutta. Suomen etelärannikon oloja vastaavissa lämpöoloissa se näyttää jopa vähentävän sitä. Tuloksista voi vetää johtopäätöksenä, että lämpötilan ennustettu nousu tulee pienentämään ainakin eteläisellä aapasuovyöhykkeellä rimpipinnan osuutta riippumatta sademäärän kehityksestä, koska lisääntyvä kosteus laajentaa etenkin rahkaisia osia (Rehell 2018).

Ilmaston muutokseen liittyvien vaikutusten suoyhdistymissä on katsottu yleensä olevan hyvin hitaasti kehittyviä (Tahvanainen 2011). Sellaisia voisi kuitenkin olla havaittavissa täysin oijittamattomalla aapasuolla, missä ojitukset eivät

häiritse. Tällaiseksi kontrollialueeksi valittiin Pudasjärven Olvassuon alue. Siellä erilaiset rimpipinnat näyttävät käyttäytyvän eri tavalla: Aapasuon karuimmilla osilla muutokset näyttivät kaikkein vähäisimmiltä. Tavallisilla, saraisilla aapasuokeskustoilla näkyi mahdollisesti paikallisia pieniä muutoksia lähinnä reunojen juoteissa, mutta selvä rimpi-jänne-morfologia näyttää hyvin vakaalta (kuva 2). Selviä ja nopeita muutoksia sitä vastoin näyttää liittyvän pohjaveden purkautumisalueiden ns. perkolaatiosoille (Joosten ym. 2017), joissa jännerakenne on erittäin heikko tai puuttuu ja pintaturpeen rakenne ei pysty vakauttamaan vedenpinnan ja virtauksen vaihteluita (kuva 3). Niillä välipinnan rahkasammalpeite näyttää järjestelmällisesti levinneen. Syynä saattaa olla kasvukausien piteneminen, veden laadun muutokset ja mahdollisesti pohjaveden ja pintaveden suhteiden muutokset.

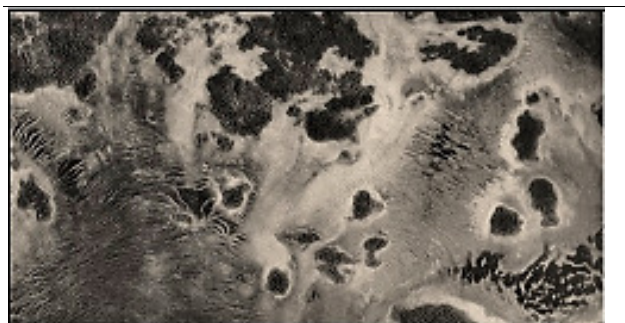
### Kirjallisuus

- Belyea, L.M. & Clymo, R.S. 2001. Feedback control of the rate of peat formation. *Proc.R. Soc. Lond. B*: 1315–1321.
- Eurola, S. 1962. Über die Regionale Einteilung der südfinnischen Moore. *Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae Vanamo* 33(2): 1–243.
- Ingram, H.A.P. 1983. Hydrology. In: Gore A.J.P. (toim.) *Mires. Swamp, bog, fen and moor*. Elsevier. *Ecosystems of the world*. 4A: 67–158.
- Ivanov, K.E. 1981. *Water Movement in Mirelands*. Academic Press. London, New York, Toronto, Sydney, San Fransisco. 276 s.
- Joosten, H., Moen, A., Couwenberg, J. & Tanneberger, F. 2017. Mire diversity in Europe: mires and peatland types. Teoksessa: Joosten H., Tanneberger F., Moen A. (toim.) 2017: *Mires and peatlands of Europe*. Schweizerbart Science Publishers. Stuttgart: 5–64.
- Laitinen, J., Rehell, S., Huttunen, A., Tahvanainen, T., Heikkilä, R. & Lindholm, T. 2007. Mire systems in Finland- special view to aapa mires and their water flow pattern. *Suo* 58 (1): 1–26.
- Rehell, S. 2018. Ilmastotekijöiden ja vesitalouden vaikutus minerotrofisten rimpipintojen esiintymiseen boreaalisissa suosysteemeissä. (The

 <p style="text-align: center;"><b>1 km</b></p>	<p><b>Lestijärvi, Lamminneva</b></p> <p>Rimpiseen keskustaan pääsee 33 % luontaisesta vesimäärästä suoraan ja 3% syöttöojien kautta. Rimpipinnasta jäljellä 51,4%</p>	 <p style="text-align: center;"><b>1 km</b></p>	<p><b>Haapajärvi, Hirsineva</b></p> <p>Rimpiseen keskustaan pääsee 20 % luontaisesta vesimäärästä. Rimpipinnasta jäljellä 47,8 %</p>
 <p style="text-align: center;"><b>1 km</b></p>	<p><b>Pyhäjärvi, Haudanneva</b></p> <p>Rimpiseen keskustaan pääsee 23 % luontaisesta vesimäärästä suoraan ja 48 % syöttöojien kautta. Rimpipinnasta jäljellä 55,4%</p>	 <p style="text-align: center;"><b>1 km</b></p>	<p><b>Ylivieska, Mällineva</b></p> <p>Rimpiseen keskustaan pääsee 42 % luontaisesta vesimäärästä. Rimpipinnasta jäljellä 43,9%.</p>
 <p style="text-align: center;"><b>1 km</b></p>	<p><b>Kajaani, Varissuo</b></p> <p>Rimpiseen keskustaan pääsee 22 % luontaisesta vesimäärästä suoraan ja 27% pitkien syöttöojien kautta. Rimpipinnasta jäljellä 43,1%</p>	 <p style="text-align: center;"><b>1 km</b></p>	<p><b>Vaala, Rumalanrimpi</b></p> <p>Rimpiseen keskustaan pääsee 65 % luontaisesta vesimäärästä suoraan ja 29% lyhyiden syöttöojien kautta. Rimpipinnasta jäljellä 87%.</p>

Kuva 1. Tarkastellut kuusi keskiosista ojittamatonta suoaikkua. Pohjana nykyinen ilmakuva. Punaisella viivalla merkitty yhtenäisen rimpialueen reuna ennen ojituksia, sinisellä nykyiset ojat. Vaaleana erottuu rakkasammallinen välipinta, keskustan tummat osat rimpipintaa.

*Fig 1. The six studied mire areas with undrained central parts. On modern aerial photographs the red line shows the border of flark-level area deduced from old aerial photographs before drainage of the mires. The light tones show the Sphagnum carpet and lawn, the dark tones in the central parts show wet level. The blue lines show modern ditches.*



1963



2010-luku

Kuva 2. Esimerkki keskeltä jännerakenteisen Pohjanmaan aapasuon rakenteissa tapahtuneista muutoksista noin 50 vuoden aikana täysin ojitamattomissa oloissa. Kuvien länsiosassa saraisia, oligo-mesotrofisia rimpinevoja, joita ympäröivät rakkaisemmat välipintasuo. Itäosassa ombro-oligotrofista. (Maanmittauslaitos, ESRI-ilmakuvat).

*Fig. 2. Example of the changes in patterned central boreal aapa-mires without ditches. In the western part of the pictures, there are sedge-growing, poor flark-fens. In the eastern part, the trophy is varying from ombrotrophy to extremely poor minerotrophy. (National Land Survey of Finland, ESRI-aerial photos).*



1963

1992

2010-luku

Kuva 3. Esimerkki ns. perkolaatiosuon kaltaisen, voimakkaasti pohjavesivaikutteisen meso-eutrofisen rimpipinnan muuttumisesta ojitamattomissa oloissa. Vaaleana erottuvat osat rakkasammalta kasvavia. Kuvien kattaman alueen leveys n. 1,5 km. Pudasjärvi, Olvassuo. (Maanmittauslaitos, ESRI-ilmakuvat).

*Fig. 3. Example of changes in groundwater fed, meso-eutrophic percolation fen without ditches. The light tones show Sphagnum carpet. The breadth of the area in the pictures 1.5 km. (National Land Survey of Finland, ESRI-aerial photos).*

effect of climate factors and catchment area on the occurrence of minerotrophic wet level on boreal mire systems). *Suo* 68 (2–3): 41–66.

Ruuhijärvi, R. 1960. Über die Regionale Einteilung der Nordfinnischen Moore. *Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae* Vanamo 31, 1–360.

Tahvanainen, T. 2011. Abrupt ombrotrophication

of a boreal aapa mire triggered by hydrological disturbance in the catchment. *Journal of Ecology* 99: 404–415.

Van der Schaaf, S. & Streefkerk, J.G. 2003. Relationships between biotic and abiotic conditions on Clara Bog (Ireland). *Teoksessa: Järvet & Lode (toim.) Ecohydrological Processes in Northern Wetlands: 35–40.*

# Turvetuotannon vesistövaikutusten parempaa hallintaa turpeen ominaisuuksiin perustuvalla ennakkotiedolla tuotannonaikaisesta vesistökuormituksen laadusta ja määrästä

Lasse Svahnäck

*FT Lasse Svahnäck, Helsinki, email: lasse.svahnack@ymparistolijo.fi*

## Turvetuotannon ympäristövaikutukset

Turvetuotannon merkittävimmät haitalliset ympäristövaikutukset kohdistuvat vesiluonnon tilaan sekä veden- ja vesistöjen käyttökelpoisuuden heikentymiseen.

Turvetuotannon vesistökuormitusta alkaa muodostua suon 2–4 vuotta kestävässä kuntoonpanovaiheessa ja kuormitus on taustahuuhtoumaa suurempi koko 20–40 vuotta kestävä tuotantovaiheen ajaksi. Tuotannon jälkeen kuormitustaso palautuu vähitellen vastaamaan alueen maaperälle ominaista huuhtoumaa. Tuotantoalueen jälkikäyttömuoto vaikuttaa myös kuormitukseen.

Turvetuotantokentältä ja ojaverkostosta huuhtoutuu orgaanista kiintoainesta pääosin veteen liuenneena ja suspendoituneena sekä ojan pohjaa pitkin kulkeutumalla. Orgaaninen kiintoaine sekä orgaaninen liennut aines aiheuttavat alapuoliossa vesistössä pohjan liettymistä ja hajotessaan lisää hapenkulutusta. Orgaanisen aineksen hajotus kiihtyy sen joutuessa vesistöön mm. UV-valon molekyyliä pilkkovan fotokemiallisen vaikutuksen seurauksena. Pilkkoutuminen puolestaan edesauttaa liuenneen humuksen mikrobista happea kuluttavaa hajotustoimintaa. Orgaanisen aineksen hajotessa vapautuu samalla siihen sitoutuneena ollutta typpiä ja fosforia. Orgaanisen aineksen kohonnut pitoisuus vesistössä vähentää valon läpikärsyä ja näin syvempien kerrosten lämpenemistä. Tämän seurauksena myös vesistöjen sisäinen pinta- ja pohjakerroksen välinen kierto häiriintyy ja lämpötilakerroksellisuus voimistuu kun hapekkaampi pintavesi ei enää pääse työntymään syvempiin vähähappisempiin kerroksiin. Tavallisesti vain hetkellisesti, mutta toistuvasti tapahtuvista orgaanisen aineen kuormapulsseista voi kuitenkin seurata pitkäaikaisia muutoksia jokivesistöihin ja erityisesti järviökosysteemeihin.

Runsaan sateen jälkeen tapahtuvan pinta-

valunnan seurauksena ainehuuhtoumien määrät ja niiden aiheuttamat vesistövaikutukset vaihtelevat paljon sekä soiden välillä että samallakin suolla (kerroksittain) eri tuotantovaiheissa. Tämä on tiedetty pitkään, mutta asiasta ei ole ollut juuri lainkaan tutkimustietoa, joten lain edellyttämien ympäristövaikutusarvioiden (YVA) vesistökuormitusarviot on jouduttu tähän asti käsittelemään tuotantosoiden käytön suunnittelussa ja lupapäätöksiä tehtäessä lähes samoihin ominaiskuormituslukuihin perustuen. Tämä on voinut johtaa merkittäväänkin eroon laskennallisten ja todellisten vesistövaikutusten välillä.

Tutkimuksen (Svahnäck 2007) perusteella on kehitetty turvetuotannosta syntyvän vesistökuormituksen arviointimenetelmä, joka pystyy monin osin vastaamaan turvetuotannon ympäristöhaasteisiin, joita mm. ympäristöhallinto on esittänyt yhdenmukaistettaessa turvetuotannon arviointi-, valvonta- ja lupakäytäntöjä, mm. ympäristövaikutusten arvioinnin (YVA) osalta. Turvetuotannon ympäristönsuojeluohjeessa on erityisesti korostettu, että turvetuotannon koko toiminnan aikaisen vesistökuormituksen laskennasta ja esitystavasta tulee sopia, ja eri vuosien ja alueiden kuormitustietoja on voitava verrata sekä keskenään että muiden kuormittavien tekijöiden suhteen. Turvetuotannon ympäristönsuojeluohjeessa pidetään erityisen tärkeänä, että arviot turvetuotantoalueiden vesistökuormituksista pitäisi pystyä esittämään vastaisuudessa suo- ja kerroskohtaisesti – siis aiempaa tarkemmin.

## Tavoitteen kuormituksen ennakkotiedolla parempi vesistökuormituksen hallinta

Svahnäckin (2007) tutkimuksen olettamana oli, että turvetuotantosoon orgaanisen aineen ja ravinteiden ainehuuhtoumien määrät riippuvat suon turvelajista (rahka- ja saraturve) ja turpeen

maatuneisuusasteesta (von Post'n asteikolla H1–10).

Tutkimuksessa käytetty turve oli kerätty vanomaisella jyrsturpeenkorjuumenetelmällä käsittelyiltä turvetuotantoalueilta, joilla turve on aina tarkoituksellisesti jyrstetty irti suon pintakerroksesta (n. 5 cm) ja jätetty löyhäksi kuivumisen edistämiseksi. Tuotantosalat muotoillaan (leveys 10 + 10 m) on n. neljän asteen kaltevuuteen sarkaojaa kohden. Sateen seurauksena sarkaojiin voi suuntautua huomattaviakin pintavalumia ja sen mukana kulkeutuvaa turveainesta.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää täysin vertailukelpoisissa olosuhteissa (yhtäläinen sadetuksen määrä (mm) ja intensiteetti (mm/min)) erilaisten turpeiden (24 kpl jyrsteturvenäytettä) ominaisuudet omaavista jyrsteturpeista lähtevien pintavalumien määrät (l/min) ja valumien ainepitoisuudet (mg/l jne.) ja vuosihuuhtoumat (kg/vuosi) tuotantosalalta sarkaojaan.

Tutkimuksessa selvitettiin sadetuksen avulla orgaanisen aineksen ja ravinteiden huuhtoutumista. Sadetuksessa käytettiin MTT:n (nyk. Luke) Joki-oisten luonnonsadetta simuloivaa sadetuslaitteistoa (laite yleisesti käytössä ja soveltuneimmaksi havaittu maatalouden, maatalousmaiden ainehuuhtoumien tutkimuksissa Suomessa) ja sadevettä. Pintavalumien määrät mitattiin ja niiden ainepitoisuudet analysoitiin turvetuotantoalueiden sara- ja rahkaturvejyrstösten eri maatumisasteissa olevista näytteistä. Tutkimukseen kerätyt turvenäytteet olivat tuotantokentällä löyhäksi jyrstettyä pintaturvetta ja turpeen ominaisuudet (tiheys/ominaispaino) pysyivät samoina kun näytteet asetettiin tuotantojyrstöstä vastaavasti erilliselle sadetusallustalle. Pintavalunnan määrä mitattiin jyrstökseen eri kuivumisasteiden aikana. Kaikki sadetetut turpeet sadettiin uudelleen 24 tunnin kuluttua. Valumavesien ainepitoisuudet korreloivat voimakkaasti samojen näytteiden välillä molempien sadetuskäsittelyjen jälkeen, vaikka sadetuksen vastaanottavan turpeen (näytteen) kosteusominaisuudet sadetuskertojen välillä olivat ensimmäisestä sadetuksesta johtuen muuttuneet voimakkaasti.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että jyrsteturvesuon turvelajien ja niiden maatuneisuusasteiden vaikutukset Suomessa tyypillisesti esiintyvien sateiden (mm/vrk) synnyttämiin ainehuuhtoumiin ovat tutkittavissa ja todennettavissa etukäteen. Kokeilla saatiin ainehuuhtouma-arviot tuotan-

tosaralta sarkaojaan eri maatuneisuusasteessa oleville sara- ja rahkaturpeille huomioonottaen myös tuotantokentän kuivumisen tila.

Tuotantosoilta kulkeutuu vesistöihin yksittäisiä rankkasateiden aikaansaamia suurempia valumia ja niiden mukaisia suurempia ainehuuhtoumia n. 3–8 kertaa vuodessa. Näiden ylivalumien aikana syntyy yli 95 % turvetuotannon vesistökuormituksesta, joiden ennakoarviointiin ja näin hallintaan tämän tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa.

Tutkimuksen tulosten mukaan tuotantokentältä tapahtuvien ainehuuhtoumien määrät voivat turvelajista ja maatuneisuudesta riippuen vaihdella eri soiden ja suon kerrosten (esim. 0,6 m kerros) välillä 15–20-kertaisesti ja lyhytaikaisesti (n. 0,1 m kerros) jopa 50-kertaisesti.

Tutkimuksen mukaan (49 kpl. sadetusnäytettä) orgaanisen aineen, typen ja fosforin määrien suhteelliset osuudet turvetuotantosoiden valumavesissä ovat hyvin pysyviä; kun org. ainetta on 100 yks., typeä on (N) n. 3 yks. ja fosforia on (P) n. 0,1 yks. Analysoimalla tuotantosuon valumavedestä typen tai fosforin kokonaismäärän, voidaan niiden perusteella laskea valumaveden sisältämän orgaanisen aineen kokonaismäärä.

Turvetuotannon yleisimmille vesiensuojelumenetelmille, kuten sarkaojille, laskeutusaltaille ja pintavalutus kentille, on ympäristölupahakemuksissa esitetty toimijoiden taholta yleiset vesistökuormituksen pidättymisprosentit. Nämä pidättymisprosentit ovat yleensä kuitenkin vain keskimääräisten virtaamien (jolloin ei suuria ainehuuhtoumia) aikana saavutettavia, mutta ylivalumien aikana (esiintyvyys 3–8 kertaa vuodessa) kuormien pidättäminen heikkenee ja kiintoaineen ja liuenneiden aineiden kulkeutuminen vesistöön kasvaa voimakkaasti. Jo 1990-luvulla silloisen vesi- ja ympäristöhallituksen tekemät selvitykset ja viimeaikaisetkin tiedot em. vesiensuojelurakenteiden toimivuudesta osoittivat näiden muutaman kerran vuodessa esiintyvien voimakkaiden virtaamien erodoivan vesiensuojelurakenteisiin jo aiemmin hitaamman virtauksen aikana kertyneen aineksen ja kuljettavan sen tulvan mukana alapuoliseen vesistöön. Tällaisten ylivaluntatapahtumien aikana turvetuotantoalueen tuotantokentältä ja sarkaojastosta vesistöön asti kulkeutuvan kiinto- ja liuenneen aineen määrät (Marttila 2005) riippuvat tuotantosuon turpeen ominaisuuksista.

Tutkimuksen mukaan vähäisempää vesistö-

kuormitusta aiheuttavat heikosti ja kohtalaisesti maatuneet (H 3-5) saraturpeet ja maatuneet (H 4-5) rahkaturpeet ovat lämpöarvoltaan riittävän hyviä polttoturpeiksi ja synnyttävät melko vähän vesistökuormitusta verrattuna maatuneempiin rahka- ja saraturpeisiin. Myös Mäkilän (1994) tutkimus osoittaa lämpöarvoerojen olevan vähäisiä näiden vähän ja paljon kuormittavien turpeiden välillä: esim. H 3 turpeilla saraturpeilla lämpöarvo on 21,0 MJ/kg, H4 turpeilla 21,1 MJ/kg, H 5 turpeilla 21,3 MJ/kg, H 6 turpeilla 21,5 MJ/kg ja hyvin maatuneilla turpeilla (H 8) 21,9 MJ/kg.

Olisikin erityisen tärkeää ohjata turvetuotantoa niille soille, joilla tuotannon aiheuttama orgaanisen aineen ja ravinteiden ainehuuhtouma turpeesta saatavaa energiasisältöä (MWh) kohden olisi mahdollisimman alhainen. Keski-Pohjanmaan maakuntakaava-alueella tehdyssä Köyhäjoen valuma-alueen kahdeksan tuotantosuo- esimerkialueella soiden turvekerrosten orgaanisen aineen ainehuuhtoumat saatua energiasisältöä kohden vaihtelivat välillä 1,1–16,5 kg/MWh. Esimerkki ei edusta vesistökuormituksen ja energimäärän suhteiden ääripäitä, mutta kertoo jo soiden välillä olevasta isosta vaihtelusta. Suo- ja kerroskohtaisen ainekuormituksen ennakkotieto (esim. kg/MWh) jo suunnittelu- ja lupavaiheessa mahdollistaa, että turvetuotantoon voidaan valita vähemmän kuormittavia soita ja panostaa mm. oikein ajoitettuihin kustannustehokkaisiin vesiensuojeluratkaisuihin.

### Sovelluksia kuormitusarvioiden laadintaan

Jo vuosikymmenten aikana tehdyn tutkimustyön ja turveinventoinneissa kerätyn suo- ja turvetietoaineiston (esim. GTK) hyödyntäminen on ollut osa tämän tutkimushankkeen tulosten käytännön sovellusten kehittämistä. Tutkimuksen yhteydessä GTK:n kanssa laadittu tietotekninen sovellus turvetietokannan ja tutkimustulosten ainehuuhtoumien välillä mahdollistaa tehdä kaikista GTK:n tutkimista soista kerros-, suo-, ja suoaluekohtaiset ainehuuhtoutumisarviot ja energiasisältömääritykset. GTK:n suo- ja turvetutkimukset on suoritettu pitkälle koulutetun henkilökunnan toimesta, ja niitä voidaan pitää luotettavina ja käyttökelpoisina. Suomen suo- ja turvetietoarkistossa on nykyisellään lähes kaikkien suurimpien soiden (yli 15 000 tutkittua suota) turvetiedot, joita on näin mahdollista hyödyntää turvetuotannon suo-

ja vesistöaluekohtaisten kuormitus-arvioiden tekemiseen.

Arviointimenetelmän käytön mahdollisuuksia vesistöystävällisen turvetuotannon suunnittelussa:

- Turvetuotantoon soveltuviin soiden suokohtainen ja kerroksittainen tuotannonaikainen tuotantokentältä tulevien ainehuuhtoumien määrän (esim. kg/ha) vertailukelpoinen arviointi
- Turvetuotantosuo- alapuolisen vesistön tilan ja puskurointikyvyn salliman kuormituksen määrän (esim. kg/ha) mukaisten tuotantomahdollisuuksien arviointi.
- Sellaisten tuotantoon suunniteltavien soiden tunnistaminen, joilta vähäinen vesistökuormitus saatavaa energiasisältöä kohden (kg/MWh), vesistövaikutuksiltaan ekotehokkaiden tuotantosoiden hankinnan ja käyttöönoton suunnittelu.
- Energiaturpeen käytön suunnittelussa paikallisesti ja seudullisesti korjattavan turpeen määrän arviointi, joka on mahdollista hyödyntää huomioonottaen kuljetustaloudelliset tekijät ja vesistön sietorajan mukainen tuotannosta syntyvä vesistökuormitus.
- Ajallisesti ja toiminnallisesti oikeanlaisten ja optimaalisesti kohdennettujen kustannustehokkaiden vesiensuojeluratkaisujen suunnittelu koko tuotantoajalle.
- Tuotantosuo- ja vesistöaluekohtaisesti voidaan suunnitella ajallisesti optimaaliset ja kustannustehokkaat kuormitus- ja vesistötarkkailut

### Kirjallisuus

- Marttila, H. 2005. Virtaaman säätö ja kiintoaineen kulkeutuminen turvetuotantoalueen uomissa. Diplomityö, Oulun yliopisto, prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, 115 s.
- Mäkilä, M. 1994. Suon energiasisällön laskemisen turpeen ominaisuuksien avulla. Summary: Calculation of the energy content of mires on the basis of peat properties. Geological Survey of Finland, Repåort of Investigation 121, 83 p.
- Svahnäck, L. 2007. Precipitation-induced runoff and leaching from milled peat mining mires by peat types a comparative method for estimating the loading of water bodies during peat production. Publications of the Department of Geology D 13: 1795–3499. (väitöskirja) 133 s. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/21184/precipit.pdf?sequence=1>