

Hydrologinen kytkeytyneisyys – avain suometsien kasvun ja hiilinielun hallinnassa

Samuli Joensuu, Vesa Leppänen, Miia Saarimaa, Leena Stenberg,
Mikko Niemi, Alexander Koleshnikov & Jussi Peuhkurinen

*Samuli Joensuu (samuli.joensuu@tapio.fi) & Mikko Niemi (mikko.niemi@tapio.fi),
Tapio Oy, Maistraatinportti 4 A, 00240 Helsinki*
*Vesa Leppänen (vesa.leppanen@arbonaut.com), Alexander Koleshnikov & Jussi
Peuhkurinen, Arbonaut Oy, Kaislakatu 2, 80130 Joensuu*
*Miia Saarimaa (miia.saarimaa@metsakeskus.fi), Suomen metsäkeskus, Rautionkatu
2 C, 90400 Oulu*
*Leena Stenberg (leena.stenberg@luke.fi), Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9,
00790 Helsinki*

Suomessa on ojitettu metsätaloutta varten soita ja ohutturpeisia kivennäismaita kaikkiaan noin 5,9 miljoonaa hehtaaria, ja vanhoja metsäojitusalueita kunnostetaan vuosittain noin 20 000–40 000 hehtaaria. Vedenpinnan tasolla on merkittävä vaikutus turpeen hajoamiseen sekä hiilinielujen muutokseen suometsissä. Jotta hiilensidontaa voidaan vahvistaa, tulee hakkuissa ja kunnostusojituksen suunnittelussa pyrkiä säätelemään hakkuiden voimakkuutta ja kohdentaa uomien perkaus ojaverkoston sisällä siten, että kuivatus pysyy puuntuotoksen ja puuston hiilensidontan kannalta riittävällä tasolla talouskäytössä olevilla soilla. Laserkeilausaineiston avulla voidaan tuottaa kattavasti tietoa ojien kuivavarasta. Kuivavaratiedon avulla ojien kunnostustoimenpiteet voidaan kohdentaa sellaisiin ojaverkon osiin, joissa toimenpiteillä on puuston kasvun kannalta merkitystä. Laserkeilaukseen perustuvien menetelmien avulla voidaan myös arvioida, mitkä osat ojaverkosta ovat hydrologisesti kytkeytyneet toisiinsa. Hydrologisesti kytkeytyneen ojaverkoston tunnistaminen mahdollistaa sopivien suometsänhoidon yhteishankkeiden kokoamisen, eroosioalttiiden ojien tunnistamisen ja vesiensuojelutoimenpiteiden järkevän sijoittelun alueella. *Hydrologisen kytkeytyneisyyden tarkastelu laserkeilausaineistoa hyödyntäen (HYTKY)*-hankkeessa kehitetään suometsän hoitohankkeen suunnittelua siten, että hankesuunnittelijalle syntyy mielikuva markkinoitavalla alueella taloudellisesti kannattavista toimenpiteistä sekä perkaustarpeessa olevien ja perkaamatta jätettävien ojien määrästä jo hankkeen kokoamisen ja markkinoinnin yhteydessä ennen maastosuunnittelua. Menettely antaa mahdollisuuden suunnata maastotyötä sellaisille alueille, joissa ojien kunnostaminen on tarpeellista ja ilmastönäkökulmasta tarkasteltuna kannattavaa. Hanke tuottaa suometsien hoitohankkeen suunnitteluun sellaisia menetelmiä ja aineistoja, jotka hyödyttävät ilmastotavoitteiden huomioimisessa, taloudellisesti kannattavien yhteishankkeiden markkinoinnissa, toimenpiteiden kannattavuuden arvioinnissa, vesiensuojelumenetelmien valinnassa sekä metsänomistajien neuvonnassa.

Avainsanat: hiilitase, hydrologia, kuivavara, laserkeilaus, ojien kunnostus, suometsät, valuma-alue

Johdanto

Suometsät muodostavat merkittävän osan Suomen metsäalasta ja suometsissä kasvavalla puulla on suuri merkitys niin paikallisesti kuin valtakunnallisesti. Suometsien hiilitaseen kannalta suometsien hoidossa ja käsittelymenetelmien valinnassa on tulevaisuudessa otettava entistä enemmän huomioon sekä hiilen mahdollisimman tehokas sitominen, hiilivaraston säilyminen turpeessa sekä toisaalta myös metsistä saatavien tuotteiden potentiaali korvata mm. fossiilisia polttoaineita ja rakennusmateriaaleja. Myös metsänomistajien näkökulmasta on tärkeää, että suometsissä kasvavalle puulle on tulevaisuudessa kysyntää. Suometsien kestävä käyttö vaatii erityispanostuksia suunnitteluun, jotta haitallisten ilmastovaikutusten syntyminen voidaan ehkäistä tehokkaasti ja suometsät säilyvät hyväksyttävänä puutavaran lähteenä myös tulevaisuudessa.

Miksi ojasuunnittelussa pitää huomioida hydrologinen kytkeytyneisyys?

Metsäojituksen tavoitteena on vesitalouden säätelyn avulla tuottaa puuston lisäkasvua. Ojien kunnostus on yksi vaihtoehto pitää yllä puuston kasvun kannalta optimaalista vesitaloutta. Toisaalta ojat nopeuttavat veden virtausta vesistöihin, ja toisaalta puuston lisäkasvu aikaansaa haihdunnan lisääntymistä, millä on merkitystä valuma-alueen vesitaseeseen. Puuston haihdunta vaikuttaa ojien kunnostustarpeeseen, sillä huolimatta ojien huonosta kunnosta runsas puusto voi pitää suometsän vesitalouden kunnossa pitkään. Kaikki edellä mainitut tekijät yhdessä todennäköisesti vähentävät ojituksen tulvavaikutusta. Ojien kunnostaminen ei välttämättä lisää tulvia varsinkaan, jos kunnostetaan vain vanhoja olemassa olevia ojia. Lisäksi nykyisillä vesiensuojelumenetelmillä on mahdollista vaikuttaa tulvia pidättävästi.

Turvemaiden vesitaloutta muokattaessa vaikutetaan metsätalouden maankäyttösektorin hiilivarastoon. Kuivatuksen suunnittelu ja optimointi ovat avainasemassa puuston kasvun ja hiilensidonnin hallinnassa. Ojien kunnostamista pidetään vesistökuormituksen kannalta vaikutuksiltaan merkittävimpana metsätalous-

toimenpiteenä. Tarkastelemalla kuivatustarvetta järkevän kokoisten valuma-alueiden tasolla, voidaan tarvittavat vesiensuojelurakenteet sijoittaa ja mitoittaa oikein. Siksi jatkossa on tärkeää panostaa toteutuksen kannalta sopivan kokoisten yhteishankkeiden kokoamiseen ja huolelliseen kuivatuksen suunnitteluun samalla huomioiden parhaan käytettävissä olevan vesiensuojelutekniikan mahdollisuudet. Vähintään yhtä tärkeää on, että ojien kunnostaminen kohdistuu sellaisille turvemaille, jotka ovat puuntuotokseltaan taloudellisesti kannattavia.

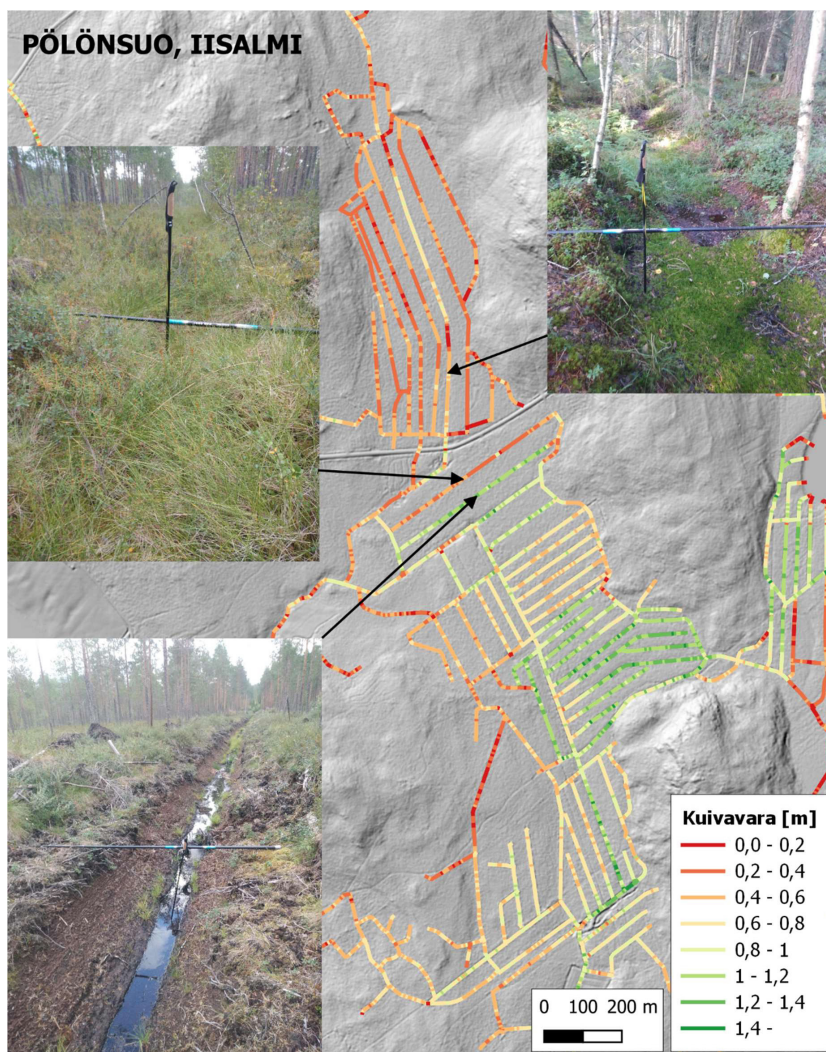
Laserkeilausaineisto tarjoaa tehokkaita työkaluja suunnittelun tueksi

Suunnittelumenetelmiä kehittämällä voidaan löytää uusia täsmäratkaisuja ojien kunnostamisen markkinointiin ja operatiiviseen suunnitteluun sekä samalla parantaa suometsänhoitohankkeiden vesiensuojelua. Uusien paikkatietoaineistojen hyödyntämisellä suunnittelun apuvälineenä on tärkeä merkitys lopputuloksen kannalta. Esimerkiksi laserkeilausaineistoista tuotettuja maanpinnan korkeusmalleja voidaan hyödyntää kuivatuksen ylläpidossa, vesien johtamisessa ja erityisesti vesiensuojelurakenteiden mitoituksessa ja sijoituksen optimoinnissa. Uusilla menetelmillä on lisäksi mahdollista arvioida ojaverkoston kuntoa aiempaa tarkemmin ennakkoon. Yhdistämällä edellä mainittuun ojien kuntoon liittyvään ennakkosuunnitteluun avoimesta metsävaratiedosta saatava ajantasainen puusto- ja kasvupaikkatieto, voidaan jo hankkeen kokoamisen varhaisessa vaiheessa löytää taloudellisesti kannattavat kohteet kunnostusojituksen markkinointia varten. Tämä vähentää suometsänhoitohankkeen markkinoinnin ja suunnittelun kokonaiskustannuksia, koska maastotyötä voidaan vähentää.

Erityisen tärkeää toimenpiteiden suunnittelussa on huomioida pintavesien virtausreitit ja vesimäärät, koska ilmastonmuutoksen arvioidaan muuttavan valuma-alueen valunnan, ojatason virtaamien ja vesistöjen vedenkorkeuksien vuodenaikaisvaihtelua tavalla, joka lisää toimenpiteiden aiheuttamia eroosio- ja liettyishaittoja. Ennusteiden mukainen valunnan äärevöityminen sekä sulan maan aikana tapahtuvan valunnan

lisääntyminen kasvattavat maanpinnan rikkomisesta ja paljastamisesta sekä ojien perkaamisesta aiheutuvien potentiaalisten vesistöhaittojen merkitystä. Lisäksi kasvavat vesimäärät tulee huomioida vesiensuojelurakenteiden mitoituksessa ja rakentamisessa, jotta rakenteet toimivat myös muuttuneissa olosuhteissa.

Kun maaston pinnanmuotoja analysoimalla tuotettu paikkatieto pintaveden virtausreiteistä yhdistetään muuhun huuhtoutumiseen vaikuttavaan taustatietoon, voidaan tehdä päätelmiä esimerkiksi eroosioalttiudesta sekä tarvittavista vesiensuojelukeinoista. Puusto- ja kasvupaikkatietojen lisäksi hankkeen kokoamisessa ja



Kuva 1. Esimerkkikartta ojien kuivavarasta - mitä punaisempi värisävy, sitä pienempi kuivavara. Alueelta otetut valokuvat havainnollistavat, miltä valikoidut ojat näyttävät maastossa. Tulosten tarkastelussa on havaittu, että tällä projektiaineistolla laserkeilaustulkinnalla on saatu keskimäärin joitakin senttejä isompia ojasyvyyyksiä kuin maastomittauksella. Ero voi johtua kolmesta eri tekijästä: 1) maastomittaukset suoritettiin kostempaan vuodenaikaan kuin laserkeilaus, 2) maastomittauksissa maanpinnan referenssipinta sijoitettiin liian alas, tai 3) laserkeilaustulkinnassa maanpinnan referenssipinta asetettiin kasvillisuudesta tulleiden kaikkujen takia liian ylös.

alustavassa suunnittelussa huomioitavaa taustatietoa ovat mm. maanpinnan kaltevuus- sekä maalajitieto. Tietojen perusteella on mahdollista onnistua kohdevalinnassa ja valita vaikuttavuudeltaan tehokkaimmat vesiensuojelumenetelmät sekä toteutustekniikaltaan vähiten kuormittavat työskentelytavat. Ojien kunnostamistarvetta arvioitaessa on tärkeä tunnistaa ennakoita myös sellaiset ojat, joiden perkaamisesta voi aiheutua merkittäviä eroosiohaittoja, jolloin ne voidaan jättää perkaamatta, tai perkaaminen toteuttaa siten, että eroosiohaittojen syntyminen estetään.

Tällä hetkellä suometsien hoitohankkeen suunnittelijan paikkatietoapuvälineenä ojien kunnan arvioinnissa on vinovalovarjostuskuva. Sen avulla voidaan karkeasti havaita hyvin toimivat ojat. Samoin kuvasta erottuvat heikosti vettä johtavat uomat. Arviointi perustuu kuitenkin ojasuunnittelijan ammattitaitoon tulkita vinovalovarjostuskuvien antamaa, usein epäselvää informaatiota.

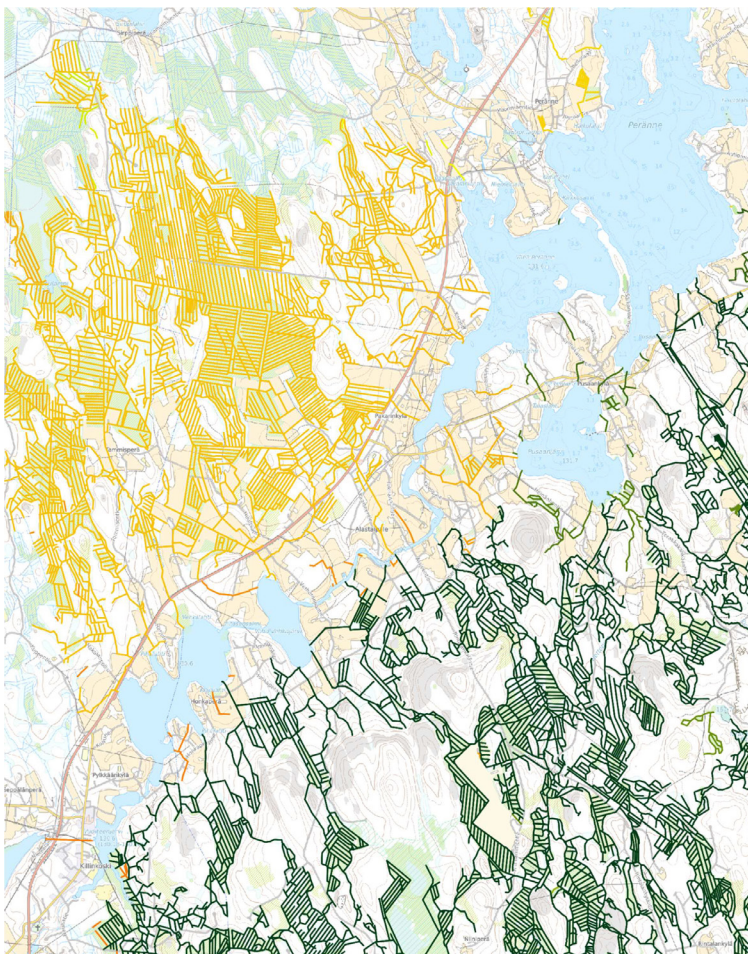
Laserkeilauksen pulssitiheyden kasvaminen sekä uusien analyysimenetelmien hyödyntäminen maanpinnan ja kasvillisuuden kartoituksessa mahdollistavat vinovalovarjostuskuvan visuaalista tulkintaa tehokkaamman ja luotettavamman menetelmän ojien kunnan arviointiin. Koko Suomesta vapaasti saatavilla olevaa laserkeilausaineistoa käyttäen on mahdollista kartoittaa kaikkien keilausalueella olevien ojien kunto ja kuivavara automaattisten laskentamenetelmien avulla. Arbonaut Oy:n kehittämässä menetelmässä laserkeilausaineistosta löytyvien alimpien paluukaikujen oletetaan heijastuneen ojan pohjasta tai vesipinnasta, minkä jälkeen tätä korkeusarvoa verrataan ympäröivään maanpinnan tasoon esimerkiksi 10 m pituisilla ojanosilla. Laskennan tuloksena saadaan alueellisesti kattava kartta ojien kuivavarasta (kuva 1) sekä ojan pohjan ja maanpinnan korkeustaso kullakin ojanosalla. Lupaavan menetelmän testaaminen erilaisilla ojitusalueilla ja erilaisissa projekteissa on käynnissä. Samalla kerätään käyttäjiltä lisää kokemuksia työkalun hyödyllisyydestä käytännön suunnittelutehtävissä.

Mitä hyötyä uusista menetelmistä on käytännön ojasuunnittelussa?

Vesiensuojelun tasoa sekä tehostamistarpeita on kyettävä arvioimaan myös yksittäistä työmaata laajemmissa kokonaisuuksissa. EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin toimeenpanoon liittyvien toimenpidesuunnitelmien toteuttaminen edellyttää kykyä arvioida metsätalouden aiheuttaman kuormituksen suuruutta nykyhetkellä sekä sen kehitystä tulevaisuudessa huomioiden normaalia metsätalouden harjoittamisesta aiheutuva kuormitus, nykykäytännön mukaisten vesiensuojelukeinojen tehokkuus sekä vesistökuormitukseen vaikuttavat todelliset valuma-alueen ominaisuudet.

Laserkeilausaineiston analysointiin perustuva menetelmä tukee kokonaistavoitteen toteutumista vahvistamalla tietämystä ojitettujen suometsäkuvioiden hydrologisesta kytkeytyneisyydestä. Hydrologisella kytkeytyneisyydellä tarkoitetaan tässä valuma-alueen ojaverkoston kytkeytymistä mahdollisten virtausyhteyksien näkökulmasta. Virtausyhteydet analysoidaan automaattisesti laserkeilausaineistosta ja ojien keskilinjaverkostosta tulkitun ojaverkoston avulla, jolloin saadaan tulokseksi hydrologisesti kytkeytynyt virtausverkko. Kytkeytyneestä verkosta voidaan tehdä päätelmiä, pääseekö vesi liikkumaan verkoston kahden erillisen ojanosan välillä (kuva 2).

Vedenpinnan tasolla on merkittävä vaikutus turpeen hajoamiseen sekä sitä kautta hiilinielujen muutokseen suometsissä. Jotta hiilen sidontaa voidaan vahvistaa, tulee hakkuissa ja ojien kunnostuksen suunnittelussa pyrkiä säätelemään hakkuiden voimakkuutta ja kohdentaa uomien kunnostaminen uomaverkoston sisällä siten, että kuivatus pysyy puuntuotoksen ja puuston hiilensidontan kannalta riittävällä tasolla niillä suoaltaan osilla, jotka ovat talouskäytössä. Toisaalta kuivatusvaikutuksen ulottamista puuston kasvun kannalta epätarkoituksenmukaisen syvälle turvekerrokseen tulisi välttää kasvavien hiilidioksidi- ja ravinnepäästöjen vuoksi. Lisäksi tulisi välttää vedenpinnan laskua niillä osilla suoallasta, jotka eivät ole puuntuotannon piirissä.



Kuva 2. Ojaverkostoa erään järven valuma-alueelta. Eri värillä esitetyt ojaverkoston osat eivät ole hydrologisesti kytkeytyneet toisiinsa, eli vesi ei voi virrata näiden osien välillä. Hydrologisesti kytkeytyneet ojaverkoston osat tuottavat järkeviä hankekokonaisuuksia ennallistamis-, vesiensuojelu- ja ojaston kunnostushankkeissa. Yksittäisten ojien kytkeytymättömyys automaattisessa analysissa voi johtua paitsi todellisesta ojatukoksesta, myös keskilinjan katkoksesta, puuttuvasta rumputiedosta tms. lähtöaineiston virheestä.

Hydrologinen kytkeytyneisyys ja valuma-alueen suunnittelu suometsien hoidon suunnittelussa

Uusien menetelmien avulla voidaan tunnistaa ne osat uomaverkostosta, joiden kunnostaminen on tarkoituksenmukaista ojien nykyisen kunnon ja maanpinnan muotojen perusteella – puuntuotos ja hiilivaraston muutos huomioiden. Menetelmät auttavat myös minimoimaan kuivatusvaikutuksen

ulottumisen niille osille suoallasta, jossa vedenpinnan laskua ei tavoitella. Kokonaisuutena menetelmä mahdollistaa kuivatuksen täsmäsuunnittelun, jossa vedenpintaa säädellään suoaltaan eri osissa huomioiden ojien ja puuston haihdunnan kuivatusvaikutus. Tällöin hakkuiden ajoituksen, voimakkuuden ja hakkuutapojen vaikutus vedenpinnan säätelyssä voidaan tunnistaa ja ottaa huomioon siten myös metsien käyttöä koskevassa päätöksenteossa.

Jotta metsätalouden vesistökuormituksen kehitystä voidaan arvioida luotettavasti valuma-alueetasolla, tulee arvioiden perustua todellisten kuormitusta aiheuttavien toimenpiteiden sijaintitietoihin. Tällöin kuormitusarviossa voidaan ottaa huomioon itse toimenpiteistä ja olosuhteista aiheutuvien tekijöiden lisäksi virtausreitien vaikutus vesistöön päätyvän kuormituksen suuruuteen. Kun kuormitusta aiheuttavien toimenpidealueiden sijaintitietoa sekä virtausreittejä tarkastellaan yhdessä, voidaan vesiensuojeluun ja tulvasuojeluun sekä mahdolliseen ennallistamiseen liittyvät toimenpiteet suunnata valuma-alueella niille virtausreiteille, joissa vesistöön kulkeutuvan veden sekä ravinne- ja kiintoainekuorman määrä on merkittävä ja olosuhteet mahdollistavat tehokaiden vesiensuojelumenetelmien, kuten pinta-valutuksen tai padottavien menetelmien käytön tai vesien johtamisen luonnontilaisille soille (ns. vedenpalautus).

Suosimulaattori SUSI laskee, paljonko ojien kunnostaminen lisää puuston kasvua

Suosimulaattori SUSI on Itä-Suomen yliopiston, Luonnonvarakeskuksen ja Helsingin yliopiston yhteistyönä kehittämä työväline ojitettujen suometsien puuston kasvun simulointiin (Laurén ym. 2021a, b). Suosimulaattorilla voidaan laskea ojitetun turvemaakuvion hydrologiaa, ravinteiden vapautumista turpeesta, puuston kasvua ja hiilidioksidin ja metaanin vapautumista turpeesta. SUSI huomioi laskennassa kuvion keskimääräisen sarkaleveyden, erilaiset kasvupaikat, ojasyvyudet ja sääolosuhteet. Simuloimalla suometsäkuvion puuston kasvua erilaisilla ojasyvyyksillä voidaan laskea kuviokohtainen arvio ojien kunnostuksen tuottamasta lisäkasvusta, jonka perusteella voidaan arvioida kunnostusojitustarvetta. Luotettava kuivavaratieto toimii tärkeänä lähtötietona Suosimulaattorille ja mahdollistaa kunnostusojitustarpeen ja kunnostusojituksen ilmasto- ja vesistövaikutusten entistä tarkemman arvioinnin. Puuston kasvun simulointi mahdollistaa myös ojien kunnostuksen taloudellisen kannattavuuden arvioinnin. Metsävaratiedon hyödyntäminen ja yhdistäminen laserkeilausaineistosta saatavaan tietoon mahdollistaa uusien työkalujen luomisen

metsänomistajan neuvonnan tueksi. Tässä yhteydessä avointa metsävaratietoa hyödyntävällä teemoituksella on mahdollista havainnollistaa ja osoittaa valitulla alueella ojien perkaustarpeen lisäksi myös toimenpiteen kannattavuus. Näin perkaustarpeessa olevia kohteita voidaan paikallistaa, koota sopivan kokoisiksi hankeaihioksi ja markkinoida tulevaisuudessa maastossa käymättä.

HYTKY-hankkeessa testataan ja kehitetään menetelmiä

Hydrologisen kytkeytyneisyyden tarkastelu laserkeilausaineistoa hyödyntäen (HYTKY) -projektissa testataan Arbonaut Oy:ssä aiemmin kehitetyn, laserkeilausaineiston automaattiseen tulkintaan perustuvan menetelmän tarkkuutta ojien kuivavaran arviointiin erilaisilla ojituskohteilla eri puolilla Suomea. Testialueilla mitataan maastossa systemaattisesti ojien kuivavaraa ja verrataan tuloksia automaattiseen kuivavaratulkintaan. Testauksen keskeisenä tavoitteena on saada luotettava kuva kuivavara-aineiston tarkkuudesta ja mahdollisista virhelähteistä erilaisissa olosuhteissa.

HYTKY-projektissa kehitetään ja testataan hydrologisen kytkeytyneisyyden tunnistamiseen ja rajaamiseen soveltuvaa menetelmää ja kehitetään Suosimulaattoria soveltumaan spatiaalisesti hajautettuun simulointiin. Numeerisen virtausverkkoanalyysin tuloksena virtausverkolle tuotetaan ominaisuustietoina virtaamat, tukoskohdat, kaltevuudet, profiilit ja kuivavarat. Kuivavara-analyysin perusteella tunnistetaan olemassa olevan ojaston kunto sekä tehdään Suosimulaattorilla laskelmat kuivatuksen parantamisen vaikutuksesta puuston kasvuun. Alueelle, jossa kuivatuksen parantaminen olisi kannattavaa, tehdään analyysi niiden kohtien tunnistamiseksi kuivatusojissa, jotka voidaan jättää perkaamatta kuivatuksen kärsimättä. Vesien johtamisessa käytettävät laskuojat erotetaan kuivatusojista ja niistä tunnistetaan kuivavaratiedon sekä pituuskaltevuuden perusteella ne osuudet, jotka pitää perata kuivatusojaston toimivuuden turvaamiseksi. Oletuksena on, että laskuojat jätetään perkaamatta ja laskuojien perkaamista tehdään vain siltä osin kuin on välttämätöntä kuivatusojien toimivuuden takaamiseksi.

Hankkeella testataan edellä mainittujen kuivavara-aineiston ja kytkeytyvyysmenetelmän soveltamista suometsän hoitohankekokonaisuuksien muodostamisessa. Virtausverkon yhdistämät kohdealueen kuviot muodostavat ehdotuksen suometsänhoidon hankekokonaisuudesta. Tuotettujen ehdotusten käyttökelpoisuutta arvioidaan käytännön suometsän hoitohankkeilla yhteistyössä Suomen metsäkeskuksen ja Luonnonvarakeskuksen kanssa kehitettäessä *Kokonaiskestävää ja hyväksyttävää puuntuotantoa turvemailta* (SUO)-hankkeessa suometsien hoidon toimintamallia. Hankesuunnittelijoilta kerätään kokemuksia ja palautetta menetelmän avulla tuotetun paikkatiedon soveltuvuudesta ja käyttökelpoisuudesta suometsien hoidon suunnittelussa.

Yhteenveto

Laserkeilaustulkintaan perustuvien menetelmien avulla voidaan arvioida, mitkä osat ojaverkosta ovat hydrologisesti kytkeytyneet toisiinsa. Hydrologisesti kytkeytyneen ojaverkoston tunnistaminen mahdollistaa muun muassa sopivien suometsänhoidon yhteishankkeiden kokoamisen, eroosioalttiiden ojien tunnistamisen ja vesiensuojelutoimenpiteiden järkevän sijoittelun alueella. Laserkeilausaineiston avulla voidaan myös tuottaa kattavasti tietoa ojien kuivavarasta. Kuivavaratiedon avulla kunnostusojitustoimenpiteet voidaan kohdentaa sellaisiin ojaverkon osiin, joissa toimenpiteillä on puuston kasvun kannalta merkitystä.

HYTKY-hankkeessa kehitetään suometsän hoitohankkeen suunnittelua täsmälliseen suuntaan siten, että jo hankkeen kokoamisen ja markkinoinnin yhteydessä ennen maastosuunnittelua, hankesuunnittelijalle syntyy mielikuva markkinoitavalla alueella taloudellisesti kannattavasta toimenpiteestä sekä perkaustarpeessa olevien ja perkaamatta jätettävien ojien määrästä. Menetely antaa mahdollisuuden suunnata maastotyötä sellaisille alueille, joissa ojien kunnostaminen on sekä talous- että ilmastonäkökulmasta tarkasteltuna kannattavaa. Hakkuiden ja ojien kunnostamisen kuivatusvaikutusten tunnistaminen suoaltaan eri osissa parantaisi mahdollisuuksia ottaa huomioon toimenpiteiden ilmastovaikutuk-

set. Täsmällinen suunnittelu tehostaisi suometsien hoidon ilmastotavoitteiden lisäksi metsätalouden vesiensuojelua. Toisaalta myös metsäpalvelujen tuottajien toimintaedellytysten parantaminen sekä suometsien hoidon palvelujen tarjonnan suuntaamista tukeva tiedon tuottaminen edistävät osaltaan suometsien kestäväää käyttöä

Kirjallisuutta

- Laurén, A., Palviainen, M., Launiainen, S., Leppä, K., Stenberg, L., Urzainki, I., Nieminen, M., Laiho, R. & Hökkä, H. 2021a. Drainage and stand growth response in peatland forests. Description, testing, and application of mechanistic Peatland simulator SUSI. *Forests* 12(3), article id 293. <https://doi.org/10.3390/f12030293>
- Laurén, A., Palviainen, M., Laiho, R., Leppä, K., Launiainen, S., Hökkä, H., Nieminen, M., Urzainki, I. & Stenberg, L. 2021b. Suosimulaattori (SUSI) – uusi mekanistinen simulointimalli suometsien hoidon suunnitteluun. *Metsätieteen aikakauskirja*, artikkeli id 10575. <https://doi.org/10.14214/ma.10575>