

Anu Vikman, Päivi Saari ja Riitta Väänänen

## Suometsätalouden pintavalutuskentät – liukoisten ravinteiden ja orgaanisen hiilen pidättäjiä vai päästöjen lisääjiä?

### Johdanto

Metsätalouden aiheuttama vesistökuormitus on Suomessa suhteellisen pieni: fosforin osalta noin 8 % ja typpipäästöistä noin 6 %. Kuormitus kohdistuu kuitenkin laajoille alueille ja pieniin latvavesiin, minkä vuoksi metsätalouden vesistökuormituksen vähentäminen on yksi Kansallisen metsäohjelman 2015 tavoitteista. Suurin osa ravinne- ja kiintoainekuormituksesta on peräisin pinta-alallisesti laajimmista toimenpiteistä eli metsänuudistamisesta, kunnostusojituksista ja lannoituksista. Lähitulevaisuudessa erityisesti suometsätalouden kuormitus tulee kasvamaan puuston saavuttaessa hakkuukypsyyden ja kunnostusojitusten lisääntyessä.

Kunnostusojitusten tarpeessa olevaa suometsää on valtakunnan metsien yhdeksänneksen inventoinnin mukaan noin 1,67 milj. ha. Kunnostusojitusten aiheuttamista vesistöhaitoista merkittävin on kiintoainekuormitus. Pintavalutuskenttiä pidetään yhtenä suometsätalouden tehokkaimpana vesiensuojelukeinona. Pintavalutuskenttä on toimenpidealueen ja vesistön väliin jätettävä vyöhyke, jonka tavoitteena on pidättää kiintoainesta, liukoista orgaanista ainesta sekä ravinteita ja siten vähentää niiden kulkeutumista vesistöön.

Metsänkäsittelyalueiden vedet ohjataan pintavalutuskentille ojitustoimenpitein yleensä laskeutusaltaan kautta. Pintavalutuskenttien ja laskeutusaltaiden on todettu vähentävän tehokkaasti kiintoainekuormitusta ja sen sitomien ravinteiden päätymistä

vesistöihin. Veden virtausnopeuden hidastuessa karkeampi kiintoaineselementti sedimentoituu laskeutusaltaan ja hienompi aine pidättyy kentälle. Paras pidätystehokkuus on saavutettu laajoilla pintavalutuskentillä.

Pintavalutuskenttien kyky pidättää liukoista ainesta vaihtelee. Pidättymiseen vaikuttavat muun muassa biologiset ja kemialliset tekijät, kuten kasvillisuuden ja mikrobien ravinteiden otto sekä ravinteiden pidättyminen maaperään. Lisäksi pidättymiseen vaikuttavat pintavalutuskentän koko ja muoto sekä tulevan veden määrä. Tässä kirjoituksessa käsitellään fosforin, typen ja liukoisen orgaanisen hiilen pidättymiseen vaikuttavia tekijöitä pintavalutuskentillä sekä arvioidaan, miten pintavalutuskentät voivat pidättää niitä käytännön suometsätaloudessa.

### Liukoisen fosforin, typen ja orgaanisen hiilen pidättyminen pintavalutuskentillä

#### Fosfori

Kasveille ja leville käyttökelpoinen fosfori esiintyy luonnossa fosfaattifosforina (PO<sub>4</sub>-P). Metsätalouden valumavesissä fosforia on sekä fosfaattina että sitoutuneena erilaisiin yhdisteisiin. Pintavalutuskentällä tärkein kemiallinen prosessi, joka poistaa fosforia valumavedestä, on liukoisen fosforin pidättyminen turpeeseen. Pidättymistä turpeeseen selittää parhaiten rauta- ja alumiiniyhdisteiden määrä turpeessa.

Niiden määrä vaihtelee – samoin turpeen fosforinpidätyskyky. Fosforia voi myös pidättyä anioninvaihtopaikoille, mutta anioninvaihtoa ei pidetä merkittävänä maapartikkeleiden negatiivisen varauksen vuoksi.

Pidättyminen rauta- tai alumiiniyhdisteisiin voi tehdä fosforista niukkaliukoisena ja poistaa sen ravinnekierrosta. Rautaan sitoutunut fosfori voi kuitenkin vapautua uudelleen liukoiseen muotoon hapettomissa oloissa esimerkiksi vedenpinnan tason noustessa pintavalutusvesien seurauksena ja hapellisen turvekerroksen osuuden vähetessä. Fosfori saattaa myös saostua vedessä liuenneena olevien rauta- tai alumiiniyhdisteiden kanssa. Fosforia sitoutuu myös biologisesti kasvillisuuteen ja mikrobeihin, mutta suurin osa biomassaan sitoutuneesta fosforista vapautuu biomassan hajotessa ja pysyvästi kasvi- ja mikrobibiomassaan sitoutuneen fosforin osuus jää usein pieneksi.

## Typpi

Liukoinen typpi voi pidättyä pintavalutuskentällä biologisesti mikrobi- tai kasvibiomassaan sekä kemiallisesti turpeeseen. Maaperän mikrobit käyttävät tyypeä rakennusaineenaan ja energianlähteenään; ne hyödyntävät tyypeä biomassansa kasvattamiseen, sekä osallistuvat nitrifikaatio- ja denitrifikaatioprosesseihin, joiden seurauksena tyypeä vapautuu kaasumaisessa muodossa ilmakehään mm. dityppioksidina ( $N_2O$ ) ja typpikaasuna ( $N_2$ ). Dityppioksidia vapautuu denitrifikaation ja nitrifikaation sivutuotteena ja typpikaasua denitrifikaation lopputuotteena. Kasvillisuuden biomassa yleensä kasvaa typen saatavuuden lisääntyessä, mutta myös kasvillisuuden typpipitoisuus voi nousta. Suurin osa mikrobeihin ja kasveihin sitoutuneesta tyypestä vapautuu uudelleen kiertoan biomassan hajotessa. Pieni määrä biomassaan sitoutuneesta tyypestä jää pintavalutuskentän maaperään turpeen muodostumisen yhteydessä. Typen pidättyessä kemiallisesti ammoniumionit sitoutuvat maaperän kationinvaihtopaikoille, joita on turpeessa runsaasti. Nitraattityppi ei sitoudu kemiallisesti samoin kuin ammoniumtyppi, sillä nitraattitypen ionien ja maapartikkeleiden välillä vallitsee negatiivinen varaus.

## Liukoinen orgaaninen hiili

Orgaaninen aines sisältää ravinteita ja hiiltä, joka tarjoaa mikro-organismeille sekä hiilen että energian lähteen, minkä vuoksi orgaanisen aineksen kulkeutumista metsätalouden valumavesien mukana vesistöihin pyritään estämään. Orgaaninen aines saattaa pidättyä mineraalipartikkeleihin. Rauta- ja alumiinioksidit lisäävät pidättymistä, mutta maaperän orgaaninen hiili saattaa puolestaan vähentää sitä. Pidättyminen on havaittu olevan voimakkainta pH:n ollessa neljän ja viiden välillä. Suometsätalouden pintavalutuskentät ovat turvetta, jonka hajotessa syntyy liukoista orgaanista ainesta. Lisäksi turpeen rauta- ja alumiinipitoisuudet ovat usein pieniä.

## Pintavalutuskentän perustaminen muuttaa ainekiertoja ja kasvillisuutta

Pintavalutuskenttien perustamisen seurauksena metsätalouden valumavedet ohjataan ojitustoimenpitein suhteellisen pienelle alueelle, jolloin vedenpinnan taso alueella nousee ja aiemmin hapelliset maakerrokset voivat muuttua hapettomiksi. Tämä vaikuttaa pidättymisprosesseihin ja kasvillisuuteen. Pintavalutuskenttien onkin havaittu jopa lisäävän liukoisesta fosforin, typen ja orgaanisen hiilen pitoisuuksia kentältä lähtevässä vedessä.

Laboratoriokokeiden perusteella turpeesta huuhtoutuu yleensä liukoista fosforia, jos turve joutuu kontaktiin suuren vesimäärän kanssa. Fosforia voikin huuhtoutua turpeesta vesitasen noustessa pintavalutuskentällä. Lisäksi rautayhdisteisiin sitoutunut fosfori voi vapautua liukoiseen muotoon, jos olosuhteet muuttuvat hapettomiksi. Liuenneen orgaanisen hiilen kilpailee fosforin kanssa samoista pidätyspaikoista alumiini- ja rautayhdisteissä. Lisääntynyt liukoisesta orgaanisen hiilen määrä voi siis vähentää fosforin sitoutumista maaperään. Toisaalta on myös esitetty, että joissakin tapauksissa liukoinen orgaaninen hiili voi myös lisätä fosforin pidätystä lisäämällä fosforin sitoutumispaikkoja metallisiltojen avulla.

Vedenpinnan nousun seurauksena denitrifikaatio usein lisääntyy ja sitä kautta tyypeä vapautuu enemmän kaasumaisessa muodossa mm. typpioksiduulina ja typpikaasuna. Mikäli vedenpinnan taso nousee yli maanpinnantason, on kaasuntuotannon kuitenkin

havaittu laskevan. Turvetuotannon pintavalutuskentillä on havaittu turpeen kationinvaihtokapasiteetin kasvavan kun suo otetaan pintavalutuskäyttöön, mikä lisää kentän kykyä pidättää ammoniumtyyppiä. Kationinvaihtokapasiteetin kasvu johtunee turpeen happamuuden vähenemisestä.

Hapettomat olosuhteet hidastavat hajotusta, jolloin turpeesta saattaa muodostua vähemmän liukoista orgaanista ainesta. Vedenpinnan noustessa liukoista orgaanista ainesta voi kuitenkin huuhtoutua aiemmin hapellisissa oloissa hajonneesta turpeesta. Pintavalutuskentät eivät näyttäisi vähentävän liukoisen orgaanisen hiilen määrää kentän läpi kulkevassa vedessä.

Pintavalutuskentän perustaminen vaikuttaa kasvillisuuden määrään sekä kasvilajikoostumukseen. Kenttä- ja pohjakerroksen lajisto muuttuu luhtaisemmaksi, mikä näkyy metsälajiston taantumisenä ja luhtalajien, kuten korpikastikan (*Calamagrostis purpurea*) ja rahkasammalien (esim. *haprasahkasammal*, *Sphagnum riparium* ja *korpirahkasammal*, *S. girgensohnii*) lisääntymisenä. Pintavalutuskentille jätettävä puusto voi vedenpinnan noustessa kuolla ja vapauttaa huomattavan määrän ravinteita hajotessaan. Esimerkiksi pintavalutuskentäksi perustetun korven kuolleen puuston laskettiin vapauttavan tyyppiä noin 150 kg/ha ja fosforia noin 13 kg/ha.

### Ravinnelisäyskokeissa pintavalutuskentät pidättivät ravinnekuorman

Pintavalutuskenttien kykyä pidättää ravinteita on tutkittu ravinnelisäyskokeiden avulla. Näissä kokeissa pintavalutuskentälle pidättynyt ravinne määrä arvioitiin kentälle syötetyn ja sieltä poistuneen ravinne määrän erotuksena. Ravinnelisäyskokeiden avulla voidaan kokonaispidätyksen ohella tutkia sitä, mitkä prosessit johtavat ravinteiden tehokkaaseen pidättymiseen pintavalutuskentillä.

Ravinnelisäyskokeissa pintavalutuskenttien on havaittu pidättävän suuria määriä liukoisia ravinteita, esimerkiksi tyyppiä 6–210 kg/ha ja fosforia noin 10–80 kg/ha. Tutkimusten mukaan paras typen- ja fosforinpidätyskyky oli pintavalutuskentillä, joiden pinta-ala suhteessa toimenpidealueen pinta-alaan oli vähintään 1 %, mutta myös selvästi pienemmät pintavalutuskentät pidättivät huomattavia määriä tyyppiä

ja fosforia. Pidättyminen oli heikointa valumavesimäärien ollessa suurimmillaan, mikä johtui oikovirtausuomien muodostumisesta. Varhain keväällä ja myöhään syksyllä pidättyi vähemmän ravinteita kuin keskellä kasvukautta.

Turpeen kyvyn pidättää fosforia on havaittu heikenevän sitoutuneen fosforimäärän kasvaessa, sillä ilmeisesti rauta- ja alumiiniyhdisteet kyllästyvät fosforilla. Typen osalta kyllästymistä ei todennäköisesti tapahdu, sillä turve toimii ammoniumtyypen välivarastona, josta ammoniumtyppi vapautuu uudelleen kiertoön kasvien hyödynnettäväksi sekä poistuu kaasumaisena nitrifikaation ja denitrikaation seurauksena. Tyyppikuormituksen kasvaessa kasvi- ja mikrobibiomassa usein lisääntyy ja  $N_2O$ - ja  $N_2$ -tuotanto kiihtyy.

### Kannattaako pintavalutuskenttiä perustaa?

Metsätaloustoimenpiteiden aiheuttama vesistökuormitus on suurinta yleensä kahdesta kolmeen vuotta toimenpiteen jälkeen, mutta voi jatkua jopa yli kymmenen vuotta. Pintavalutuskenttien merkitys onkin suurimmillaan heti metsätaloustoimenpiteiden jälkeen.

Ravinnelisäykokeiden antamien tulosten perusteella suuret pintavalutuskentät (>1 % valuma-alueen koosta) ovat tehokkaita typen ja fosforin pidättäjiä, mutta myös ohjearvoja pienempien pintavalutuskenttien on todettu pidättävän huomattavia ravinne määriä. Metsätaloustoimien jälkeen tehdyt maastomittaukset ovat kuitenkin osoittaneet, että pintavalutuskentät yleensä vapauttavat enemmän ravinteita kuin mitä metsätalouden valumavesissä saapuu kentälle. Suurien ravinnepoitoisuuksien on havaittu pidättävän myös maatalouden pintavalutuskentillä paremmin kuin pienten. Syytä tähän ei tiedetä. Pintavalutuskenttien ja laskeutusaltaiden on kuitenkin havaittu vähentävän kiintoainekuormitusta vesistöihin.

Pintavalutuskenttiä perustettaessa tulee kiinnittää huomiota riittävään mitoitukseen ja varmistaa, että vedet leviävät koko suunnitellulle alueelle. Kun pintavalutuskenttä on suuri valumaveden määrään nähden, pääsee vesi pitkäkestoiseen kontaktiin pintavalutuskentän maaperän ja kasvillisuuden kanssa. Tämä mahdollistaa liukoisten ainesten tehokkaan

pidättymisen. Veden kulkusuunnassa pitkänomainen pintavalutuskenttä on usein parempi kuin pinta-alaltaan samankokoinen mutta leveä kenttä. Syynä tähän on suurempi etäisyys veden sisään- ja ulosvirtauspisteiden välillä, jolloin veden viipymä kentällä pitenee. Pienillä pintavalutuskentillä liukoisten ravinteiden pidättyminen voi jäädä vähäiseksi etenkin silloin kun kentälle tuleva vesimäärä on suuri, ja oikovirtausuomia muodostuu herkästi.

Jos vedenpinnan nousu pintavalutuskentän perustamisen seurauksena aiheuttaa puustokuolemien riskin, kannattaa puusto poistaa, jos se on mahdollista ilman maaperän vaurioitumista. Laskutusallat sekä mahdollisten ohivirtausuomien tukkiminen parantavat kentän puhdistustehokkuutta.

### Kirjallisuutta

- Finér, L., Ahti, E., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Mattsson, T., Nieminen, M. & Tattari, S. 2008: Metsätalouden vesistökuormituslaskelmat Kansallisen metsäohjelman 2015 valmistelua varten. s. 68–86. Teoksessa: Uusivuori, J., Kallio, M. & Salminen, O. (toim.). Vaihtoehtolaskelmat kansallisen metsäohjelman 2015 valmistelua varten. Metlan työraportteja 75. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp075.htm>
- Guppy, C.N., Menzies, N.W., Moody, P.W. & Blamey, F.P.C. 2005: Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. *Australian Journal of Soil Research* 43: 189–202.
- Heikkinen, K., Ihme, R. & Lakso, E. 1994. Ravinteiden, orgaanisten aineiden ja raudan pidättymiseen johtavat prosessit pintavalutuskentällä. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 193, 84 s.
- Saari, P., Saarnio, S., Kukkonen, J.V.K., Akkanen, J., Heinonen, J., Saari, V. & Alm, J. 2009. DOC and N2O dynamics in upland and peatland forest soils after clear-cutting and soil preparation. *Biogeochemistry* 94(3): 217–231.
- Väänänen, R. Phosphorus retention in forest soils and the functioning of buffer zones used in forestry. *Dissertationes Forestales* 60. 42 s. <http://www.metla.fi/dissertationes/df60.htm>
- FM Anu Vikman Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimintayksikkö; FM Päivi Saari, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö; FT Riitta Väänänen, Metsäntutkimuslaitos, keskusyksikkö. Sähköposti [anu.vikman@metla.fi](mailto:anu.vikman@metla.fi)