

WSFS-Vemala^{*}-kuormitusmallin paikkatietorajapinta valuma- aluesuunnittelun tukena

WSFS-Vemala-kuormitusmallin fosforin, typen ja orgaanisen hiilen mallinnusaineistoja on julkaistu avoimessa paikkatietorajapinnassa. Avoin aineisto sisältää vesienhoitoa ja valuma-aluetarkasteluja tukevia koko maan kattavia paikkatietoaineistoja, joiden hyödyntämistä havainnollistetaan esimerkkitarkastelulla Kuortaneenjärven valuma-alueella. Useat järvet Kuortaneenjärven valuma-alueella ovat hyvää heikommassa ekologisessa tilassa korostaen tarvetta valuma-alueen kokonaisvaltaiselle tarkastelulle ja vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelulle. Julkaistu WSFS-Vemala kuormitustiedot -rajapinta on tuotettu ympäristöministeriön ja maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa VESSU-ST -hankkeessa, jossa kehitetään vesienhoidon suunnittelua tukevia työkaluja ja paikkatietoaineistoja.



MAIJU NARIKKA
Tutkija, Suomen
ympäristökeskus (Syke)
maiju.narikka@syke.fi



HANNA-SOFIA VIRTANEN
Ylitarkastaja, Pirkanmaan
elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus (ELY-keskus)

MARKUS HUTTUNEN
Hydrologi, Suomen
ympäristökeskus (Syke)

WFSFS-Vemala-kuormitusmallin aineistoista on julkaistu paikkatietorajapinta, jossa on avoimesti hyödynnettävissä mallin aineistoja koko Suomen alueelta (Syke 2024a). Vemalan simulaatiotuloksista on julkaistu avoimeen rajapintaan vedenlaatua kuvaavia fosforin, typen ja orgaanisen hiilen kuormitustietoja. WSFS-Vemala (eli Vemala) on Suomen ympäristökeskuksessa kehitetty kuormitusmalli, jonka keskeisimmät osamallit ovat hydrologiaa simuloiva WSFS-malli (Vehviläinen 1994) ja ravinneprosesseja simuloiva Vemala-malli (Huttunen ym. 2016).

Avoimesta mallinnusaineistosta voi tarkastella esimerkiksi eri vesimuodostumiin kohdistuvaa kuormitusta sekä eri maa-alueilta syntyviä kuormitusmääriä. Kokonaiskuormituksen ohella kuormitustiedot ovat saatavilla sektorikohtaisesti eli erikseen seuraaville: peltoviljely, metsätalous, vakituinen haja-asutus, loma-asutus, hulevedet, pistekuormitus ja luonnonhuhautuma. Kuormitustietojen lisäksi aineistossa on vesimuodostumien hydrologiaan liittyviä perustietoja, Vemalan

valuma-aluejako sekä maankäyttötietoa eri valuma-alueilta. Rajapinnassa on nykytila-aineiston ohella skenaariotietoa, joka havainnollistaa ilmaston ja toimenpiteiden vaikutuksia ravinnekuormitukseen tulevaisuudessa. Koko Suomen kattavalle aineistolle on lisäksi valmiita visualisointeja eli karttatyyplejä sujuvoittamaan aineiston käyttöä.

Julkaistu paikkatietoaineisto edistää EU:n vesipuitedirektiivin (2000/60/EY) toimeenpanoa vesien hyvän tilan saavuttamiseksi sekä Valuma-aluesuunnittelun tiekartan (MMM ja YM, 2024) toimeenpanoa tukemalla tiedon, osaamisen ja työkalujen kehittämistä. Aineisto on tuotettu ja julkaistu osana ympäristöministeriön ja maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa VESSU-ST -hanketta, jossa kehitetään vesienhoidon suunnittelua tukevia työkaluja ja paikkatietoaineistoja (Syke 2024b). Hankkeen toteuttajana on Suomen ympäristökeskus ja pääyhteistyötahona Pirkanmaan ELY-keskus. Aineiston tarkoitus on tukea vesienhoidon suunnittelua kaikilla sektoreilla paikallistoimijoista ELY-keskuksiin.

* WSFS – Vesistömallijärjestelmä – Watershed simulation and forecasting system.
VEMALA – Vedenlaadun ja ravinnekuormituksen mallinnus- ja arviointijärjestelmä (syke.fi)

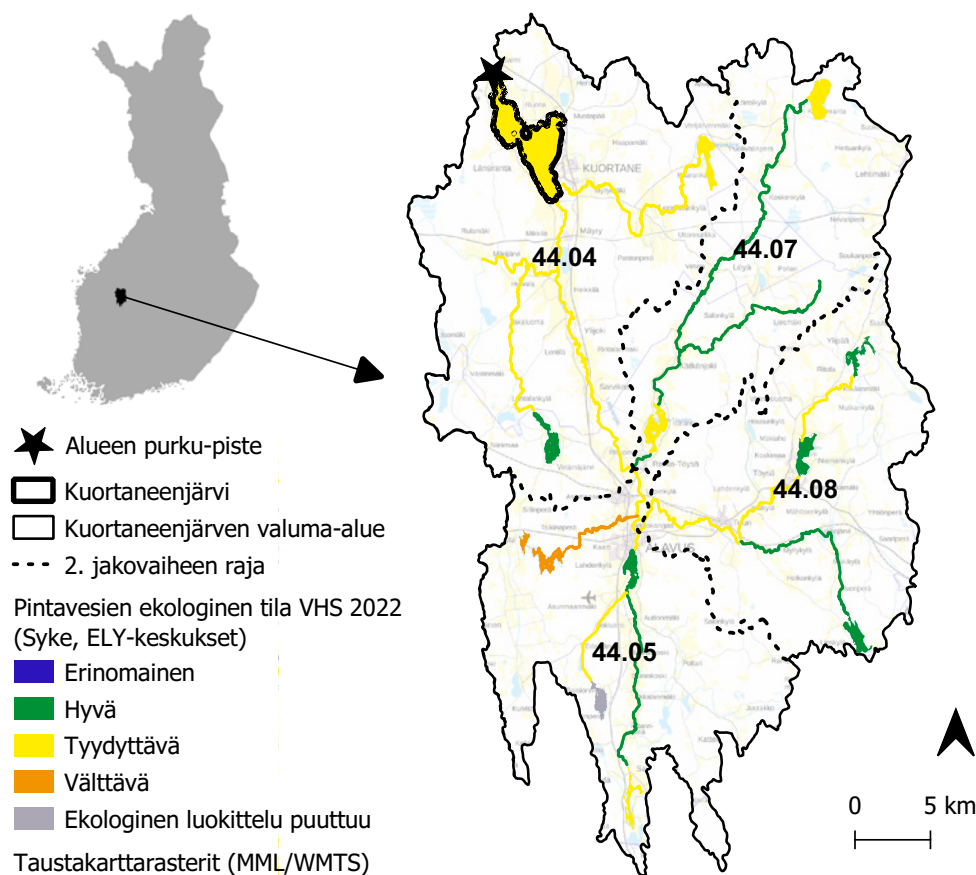
Kuortaneenjärvi esimerkkinä

Vemalan aineistojen avulla voidaan tarkastella muun muassa yksittäiseen vesimuodostumaan kohdistuvan ravinnekuormituksen määrää sekä sen muodostumista koko vesimuodostuman yläpuolisella valuma-alueella. Koko Suomen kattava aineisto mahdollistaa laajankin valuma-alueen kokonaisvaltaisen tarkastelun. Seuraavassa havainnollistetaan aineiston sisältämien fosforin kuormitustietojen hyödyntämistä valuma-alesuunnittelussa. Esimerkkikohteena on Lapuanjoen vesistöalueella (44) sijaitseva Kuortaneenjärvi ja sen valuma-alue (**kuva 1**).

Taustatiedoksi Vemalan paikkatietoaineistojen hyödyntämiselle tarkasteltiin Vemala-mallin simulaation hyvyttä esimerkialueella. Vemalalla mallinnettua fosforipitoisuutta verrattiin havaittuihin pitoisuuksiin Lapuanjoen Lankilankosken maantiesillan mitta-asemalla, joka sijaitsee reilu 20 km alavirtaan Kuortaneenjärvestä. Keskimääräinen Vemalalla simuloitu kokonaisfosforin pitoisuus jaksolla 2014–2023 on 63,2 µg/l ja keskimääräinen havaittu pitoisuus 63,6 µg/l. Mallilla simuloitu pitoisuustaso on siis lähellä mitattua tasoa, jolloin mallin voidaan arvioida toimivan esimerkialueella hyvin.

Ennen Vemalan tulosten tarkastelua valuma-alueella tarkasteltiin taustatiedoksi myös Kuortaneenjärven nykyistä ekologista tilaluokkaa ja hyvän tilan saavuttamisen vaatimaa kuormitusvähennystarvetta. Kuortaneenjärvi on nykyisellään tyydyttävässä tilassa ja myös useat muut järvet ja joet sen yläpuolisella valuma-alueella ovat hyvää heikommassa tilassa (**kuva 1**). Hyvän tilan saavuttamisen vaatima Kuortaneenjärven ulkoisen fosforikuormituksen

info: Kartoilla esitetyt aineistot ovat avoimesti hyödynnettävissä WSFS-Vemala kuormitustiedot -paikkatietorajapinnan kautta koko Suomen alueella. Avoin aineisto sisältää vedenlaatua kuvaavia fosforin, typen ja orgaanisen hiilen mallinnettuja kuormitustietoja, vesimuodostumien hydrologiaan liittyviä perustietoja, Vemalan valuma-aluejaon sekä valuma-alueiden maankäyttötietoa. Rajapinnassa on nykytila-aineiston ohella myös skenaarioita tulevaisuuteen. Lisäksi rajapinnan kautta on saatavilla valmiita visualisointeja eli karttatyylejä tukemaan aineiston käyttöä. Rajapinnan aineistoja voi hyödyntää itse paikkatieto-ohjelmilla yhdistämällä WMS- tai WFS-rajapintaan (Syke 2024a). Lisäksi rajallinen osa aineistosta löytyy vesi.fi-sivuston karttapalvelusta.



Kuva 1. Kuortaneenjärven valuma-alueen sijainti ja VHS-vesimuodostumien ekologinen tila.

vähennystarve on Kotamäki ym. (2015) kehittämän Lake Load Response (LLR)-työkalun mallinnuksen perusteella n. 30 % nykyisestä kuormituksesta (FresHabit-hankkeen tulokset, Leinonen ym. 2017). Kuortaneenjärven nykyinen EU:n vesipuitedirektiivin edellyttämää hyvää tilaa heikompi luokitus ja arvio kuormituksen vähennystarpeesta korostavat toimenpiteiden tarvetta alueella. Toimenpiteiden kohdentamisen ja valuma-alue suunnittelun pohjaksi aluetta tarkastellaan seuraavaksi Vemalan mallinnustulosten kautta.

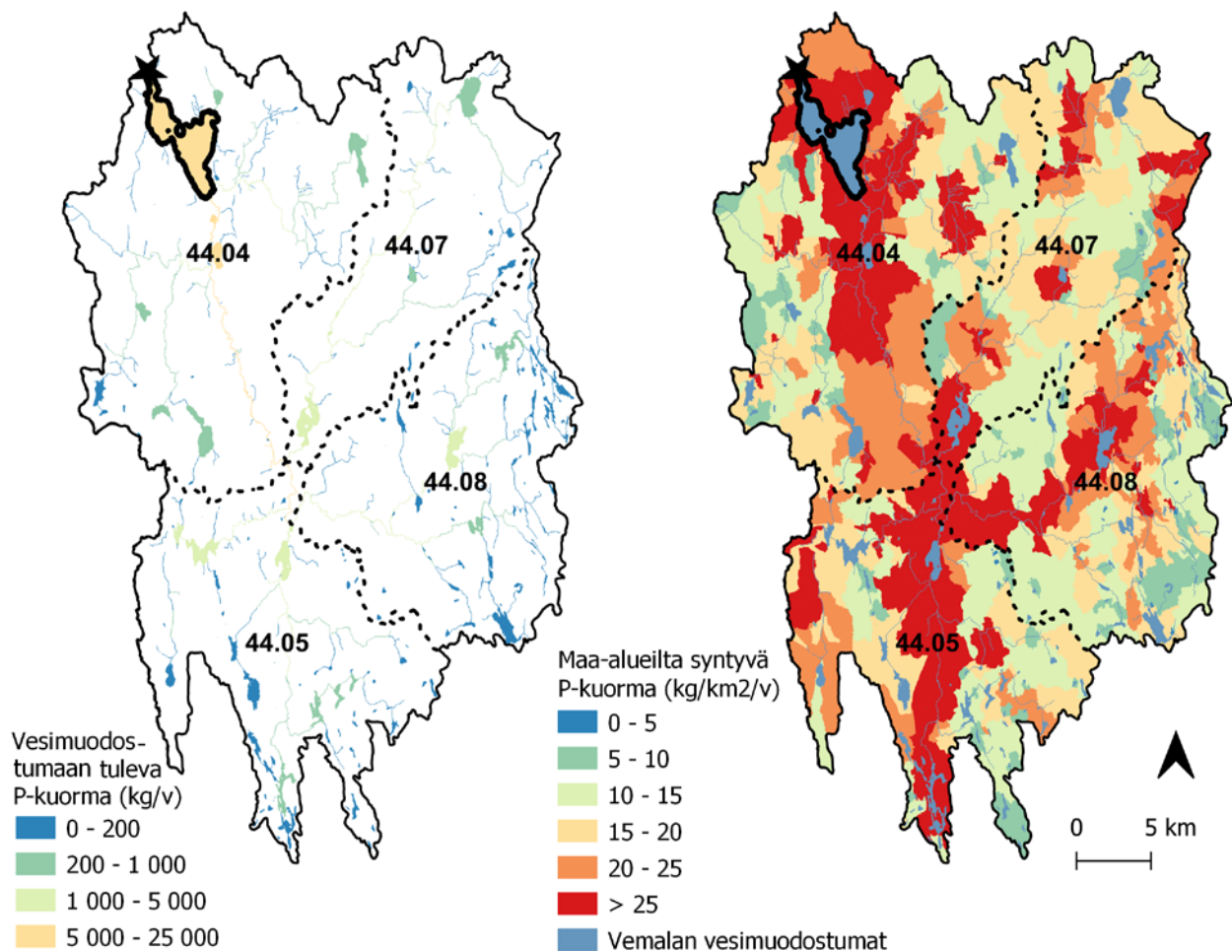
Kokonaiskuva tarkastelualueen fosforikuormituksesta

Kuortaneenjärveen tuleva fosforin nykyinen kokonaiskuormitus on vajaa 20 000 kg/v (mallinnettu, WSFS-Vemala). Kuormitus tulee pääosin Lapuanjoen kautta, johon fosforikuormaa tulee Kätänjoen (44.07), Töysänjoen (44.08) ja Alavudenjärven (44.05) valuma-alueilta (**kuva 2a**). Valuma-alueiden latva-alueilla sijaitseviin vesimuodostumiin kohdistuu vähiten kuormitusta

(jopa alle 200 kg/v), kun taas alavirtaan eli lähemmäksi Kuortaneenjärveä siirryttäessä kuormitusmäärät kasvavat (**kuva 2a**). Tässä havainnollistuu, miten Vemala-mallissa huomioidaan kunkin vesimuodostuman yläpuolinen koko valuma-alue ja kaikki sieltä alavirtaan kulkeutuva ravinnekuormitus. Esimerkiksi 100 km ylävirtaan järvestä sijaitsevan suuren kuormituslähteen vaikutus tulee siis huomioiduksi kauempanakin alavirtaan sijaitsevan järven mallinnustuloksissa.

Fosforin kokonaiskuormitusta syntyy Kuortaneenjärven valuma-alueen eri osista hyvin vaihteleva määrä: osalta alueista alle 10 kg/km²/v ja toisilla yli 25 kg/km²/v (**kuva 2b**). Kuormituksen hot-spot-alueet painottuvat Lapuanjoen varrelle (punaisella, **kuva 2b**). Vastaavaa syntävän kuormituksen jakautumista maa-alueittain on mahdollista tarkastella aineistosta myös eri kuormituslähteille ja eri aineille (P, N, TOC).

Kuortaneenjärven ja valtaosaan alueen muista vesimuodostumista kohdistuu erittäin merkittävä Ihmisperäisen



Kuva 2. Vemalan vesimuodostumiin tuleva fosforikuorma kg/v (a) ja maa-alueilta syntyvä fosforikuorma kg/km²/v (b) (lähde: WSFS-Vemala/Syke, avoin rajapinta [1])

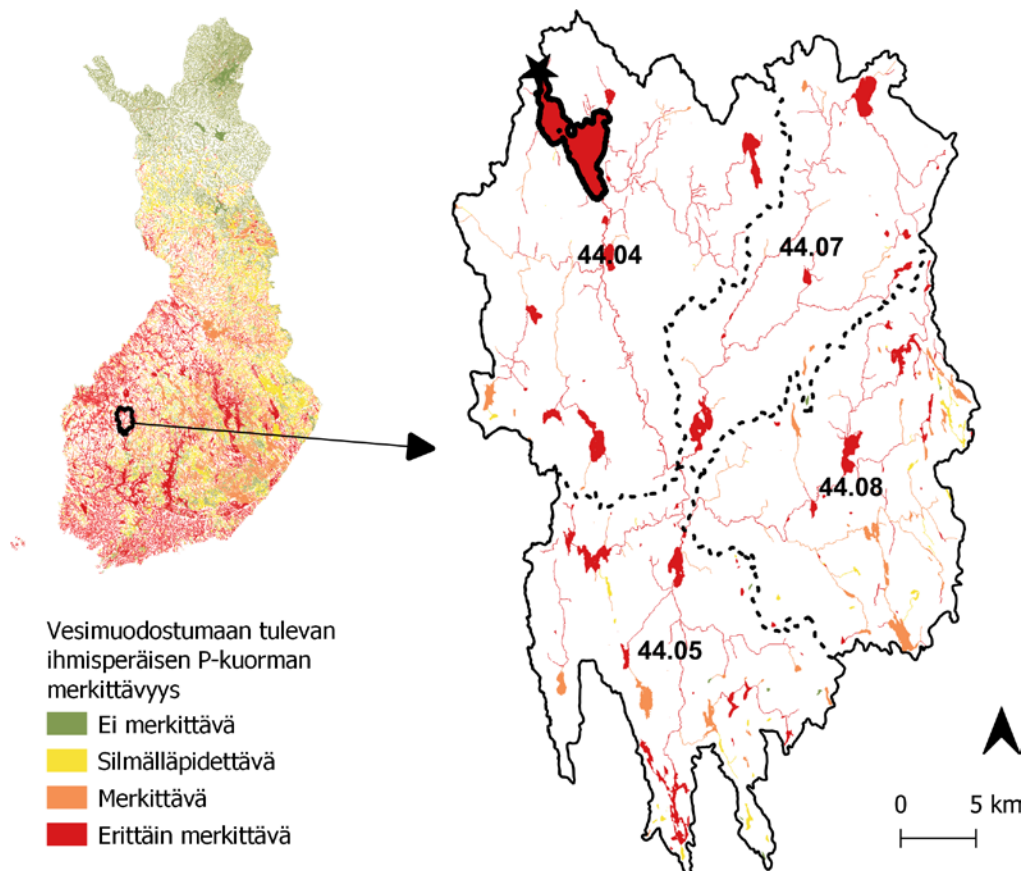
fosforikuormituksen aiheuttama paine (**kuva 3**). Ihmisperäisen paineen arviointi perustuu vesienhoidon suunnittelussa käytettyyn arviointitapaan, jossa ihmisperäisestä toiminnasta syntyvää kuormitusta verrataan luonnonhuuhtoumaan. Ihmisperäisen fosforikuormituksen ollessa vähintään luonnonhuuhtouman verran eli 100 %, pidetään ihmistoimintojen vaikutusta vesistön fosforipitoisuuteen merkittävänä. Kuortaneenjärven alueella fosforikuormitus on pääasiassa erittäin merkittävää, mikä tarkoittaa ihmisperäisen kuorman olevan yli kaksinkertainen eli yli 200 % luonnonhuuhtoumaan verrattuna. Kuormitusta vähen-

info: Alueellisissa ELY-keskuksissa tehtävä vesienhoidon suunnittelutyö on osa EU:n vesipuitedirektiivin toimeenpanoa. Vesienhoidon suunnittelutyöhön kuuluu mm. pintavesien ekologisen tilan seuranta, luokittelu ja vesienhoitoalueittain vesienhoitosuunnitelman laadinta. Vesienhoitosuunnitelmia tarkennetaan vesienhoidon toimenpideohjelmilla. Toimenpideohjelmiin kirjataan alueellisesti ja maankäyttömuotokohtaisesti toimenpiteet, joilla pintavesien hyvä tila arvioidaan saavutettavan. Ekologisen tilan luokittelu ja toimenpideohjelmat päivitetään ja tarkastetaan kuuden vuoden välein. Nyt käynnissä on kolmas suunnittelukausi, joka koskee vuosia 2022–2027.

tävien toimenpiteiden kohdistamisen kannalta keskeisiä ovat juuri ihmisperäiset kuormituslähteet, joihin toimia on helpompi kohdistaa kuin luontaista kuormitusta eli luonnonhuuhtoumaa. Ihmisperäisiin kuormittajiin kuuluvat muun muassa maa- ja metsätalous.

Fosforikuormituksen sektorikohtainen tarkastelu

Kokonaiskuormituksen ja ihmisperäisen kuormituksen lisäksi Vemalan paikkatietorajapinnan kautta voidaan tarkastella yksitellen eri kuormituslähteitä. Sektorikohtainen tarkastelu havainnollistaa, millaisia ravinnekuormituksen paineita tietyllä alueella on, eli mille sektoreille toimenpiteiden tulisi kohdistua järven ulkoisen kuormituksen vähentämiseksi. Kuortaneenjärven, ja valtaosan esimerkki-alueen järvien, kannalta maatalous on erittäin merkittävä tai merkittävä paine ja metsätalous silmälläpidettävä paine (**kuva 4**). Muista sektoreista esimerkiksi fosforin piste-kuormitus alueen vesimuodostumiin ei ole merkittävää (**kuva 4**). Aineistosta on mahdollista tarkastella samaan tapaan myös muita sektoreita ja näin vertailla eri kuormituslähteiden merkitystä suhteessa toisiinsa tietyn vastaanottavan vesimuodostuman kannalta.



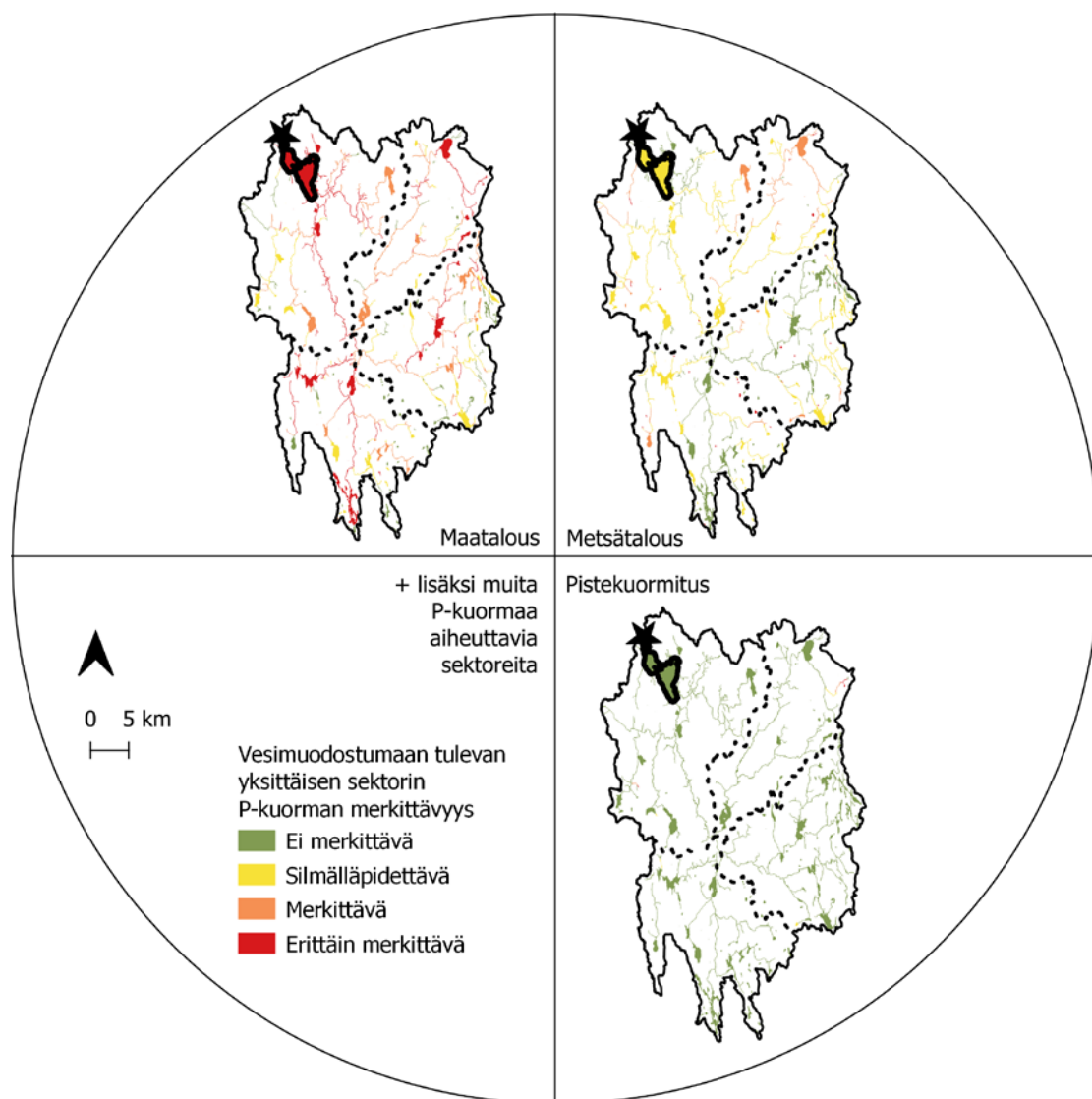
Kuva 3. Vemalan vesimuodostumiin tulevan ihmisperäisen fosforikuorman merkittävyys: tuleva P-kuorma verrattuna luonnonhuuhtoumaan VHS-merkittävyysasteikolla (lähde: WSFS-Vemala/Syke, avoin rajapinta [1]).

Kuortaneenjärven osalta havaittiin edellä, että maatalous on merkittävä ja metsätalous silmälläpidettävä paine (kuva 4). Seuraavaksi tarkastellaan tarkemmin näiden kahden yksittäisen sektorin kuormituksen syntymistä koko Kuortaneenjärven yläpuolisen valuma-alueen eri osista: maatalouden kuormitusta syntyy varsin tasaisesti koko valuma-alueelta, kun taas metsätalouden kuormitusta syntyy erityisesti Kätänjoen (44.07) valuma-alueelta (kuva 5). Näitä sektoreita vertaamalla nähdään myös, että valtaosalla alueesta metsätaloudesta syntyy maataloutta vähemmän fosforikuormitusta, mutta on myös yksittäisiä pienempiä alueita, joilla metsätalouden kuormitus on maataloutta suurempaa. Tätä aineistosta saatavaa tietoa kuormituksen syntymisestä tietyn valuma-alueen sisällä voidaan hyödyntää taustatietona toimenpiteiden kohdentamisessa ja tarkemmassa suunnittelussa alueella.

Lopuksi

Vemalan avoimen paikkatietorajapinnan aineistot mahdollistavat Kuortaneenjärven esimerkin tapaisen tarkastelun halutun valuma-alueen fosforin, typen ja orgaanisen hiilen kuormituksesta niin alueittain kuin sektoreittain. Vastaava tarkastelu on mahdollista toteuttaa valmista aineistoa hyödyntäen mille vain alueelle Suomessa ja se toimii pohjana toimenpiteiden tarkemmalle suunnittelulle ja kohdentamiselle. Lisäksi aineistosta löytyy muuta tarkastelua täydentävää tietosisältöä esimerkiksi hydrologiaan ja yläpuolisen valuma-alueen maankäyttöön liittyen.

Avoimen rajapinnan paikkatietoaineiston käytössä tulee huomioida, että mallinnukseen pohjautuvaan aineistoon sisältyy mallinnukseen liittyvää epävarmuutta ja virhelähteitä. Mallin tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimer-



Kuva 4. Vemalan vesimuodostumiin tulevan maatalouden, metsätalouden ja pistekuormituksen fosforikuorman merkittävyys: tuleva P-kuorma verrattuna luonnonhuhutoumaan VHS-merkittävyysasteikolla (lähde: WSFS-Vemala/Syke, avoin rajapinta [1]).

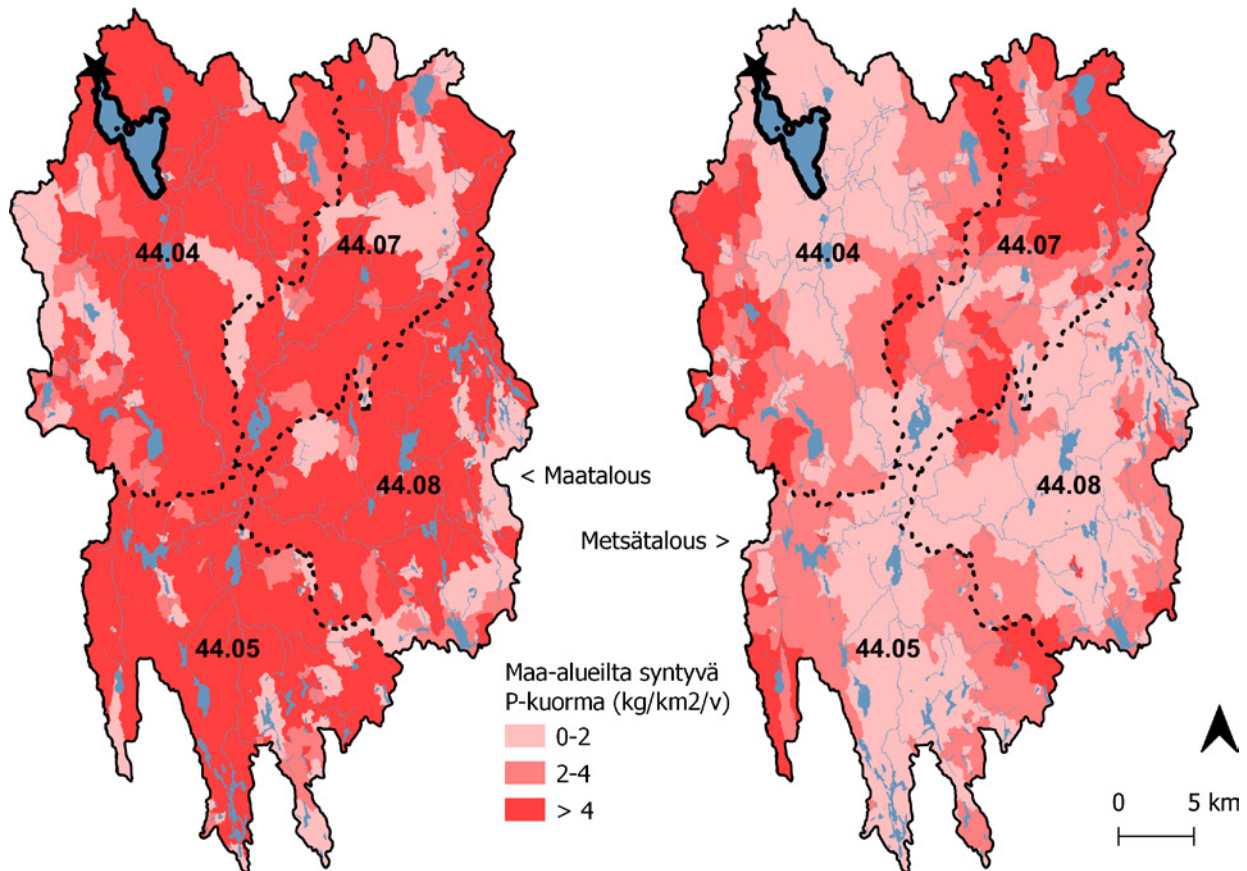
kiksi lähtöaineistojen kuten mittaustiedon laatu, mallin alueellinen tarkkuustaso sekä mallissa huomioitujen prosessien. Lisäksi kansallisen tason laajuudessa tuotettuun aineistoon sisältyy alueiden välillä vaihtelevaa epävarmuutta, joka voi korostua paikallisesti riippuen esimerkiksi lähtötietona käytettyjen aineistojen laadusta, tarkkuustasosta ja kattavuudesta yksittäisellä alueella. Toimenpiteiden tarkkaan kohdentamiseen tuleekin hyödyntää tarkasteltavan alueen tarkimpia mahdollisia aineistoja ja paikallistietoa, ja mallinnusaineistoa hyödyntää soveltuvilta osin tämän tukena. Esimerkiksi Ahkola ym. (2024) ovat avanneet mallinnukseen liittyviä epävarmuustekijöitä sekä niiden merkitystä mallintamalla tuotettujen aineistojen käytössä.

VESSU-ST-hankkeessa on kehitteillä myös muita työkaluja ja aineistoja, joilla on hyödyntämispotentiaalia valuma-alue suunnittelun kaikissa vaiheissa kunnostustarpeen arvioinnista toimenpiteiden kohdentamiseen ja kustannusten arviointiin. Hankkeessa kehitetään mm. kuormitusvähennystarpeen arviointiin käytettävää LLR-mallia, toimenpiteiden kohdennusta tukevaa KOTOMAA sekä kustannustehokkuuden arviointiin hyödynnettävää

KUTOVAA. Esimerkiksi KUTOVA-työkalulla voidaan tarkastella toimenpiteiden toteutettavuuden taloudellista näkökulmaa, josta esimerkkinä Hjerpe ym. (2017) ovat arvioineet Kuortaneenjärven hyvän tilan saavuttamisen olevan epätodennäköistä sen vaatimien toimenpiteiden kustannukset huomioiden. LLR-mallilla puolestaan voidaan arvioida muun muassa järven hyvän tilan saavuttamisen vaatimaa kuormitusvähennystarvetta. LLR-mallin osalta hankkeen tavoitteena on tuottaa mallinnustulokset kaikille vesienhoidossa tyypitellyille järville. Nämä työkalut ja aineistot sujuvoittavat ja yhtenäistävät vesienhoidon suunnitteluprosessia sekä tukevat vesienhoidon parissa työskenteleviä toimijoita kaikilla sektoreilla paikallistoimijoista ELY-keskuksiin. VESSU-ST -hankkeen sivuilla on lisätietoja WSFS-Vemala kuormitustiedot -paikkatietorajapinnasta ja suunnitelmista hankkeessa kehitteillä oleviin työkaluihin liittyen (Syke 2024b).

Kiitokset

VESSU-ST-hanke on rahoitettu ympäristö- ja maa- ja metsätalousministeriöiden toimesta.



Kuva 5. Maa-alueilta syntyvä fosforikuorma (kg/km²/v) maataloudesta ja metsätaloudesta (lähde: WSFS-Vemala/Syke, avoin rajapinta [1]).

Kuvaviite

- [1] Kartta-aineistot poimittu WSFS-Vemala/Syke avoimesta rajapinnasta elokuussa 2024, kuormituksen nykytilaa kuvaava aineisto on keskiarvo jakson 2014–2023 mallinnuksesta (Syke 2024a).

Lähteet

Ahkola, H., Kotamäki, N., Siivola, E., Tiira, J., Imoscopi, S., Riva, M., Tezel, U., & Juntunen J., (2024). Uncertainty in Environmental Micropollutant Modeling. *Environmental Management* 74, 380–398. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-01989-z>.

Hjerppe, T., Taskinen, A., Kotamäki, N. Malve, O., & Kettunen, J., (2017). Probabilistic Evaluation of Ecological and Economic Objectives of River Basin Management Reveals a Potential Flaw in the Goal Setting of the EU Water Framework Directive. *Environmental Management* 59, 584–593. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0806-z>.

Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., Tattari, S., & Vehviläinen, B., (2016). A national scale nutrient loading model for Finnish watersheds – VEMALA. *Environmental Modelling and Assessment* 21, 83–109. <https://doi.org/10.1007/s10666-015-9470-6> (lisätietoa myös www.syke.fi/vemala).

Kotamäki, N., Pätynen, A., Taskinen, A., Huttula, T., & Malve, O., (2015). Statistical Dimensioning of Nutrient

Loading Reduction – LLR Assessment Tool for Lake Managers. *Environmental Management* 56, 480–491. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0514-0>.

Leinonen A., Tattari S. & Finer L., (2017). FresHabit LIFE IP -valuma-aluekunnostukset ja mallinnukset -tariinakartta. Saatavissa: <https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=982a3b2b4c3845c7a573941dcdbf7fbd> [viitattu 1.8.2024].

Maa- ja metsätalousministeriö & ympäristöministeriö, (2024). Valuma-aluesuunnittelun tiekartta vuoteen 2030. Valtioneuvoston julkaisuja 2024:6. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-727-0>.

Suomen ympäristökeskus (2024a). WSFS-Vemala kuormitustiedot -paikkatietorajapinta [aineiston metatietosivu]. Saatavissa: <https://metadata.ymparisto.fi/dataset/{7E6EB982-A3CA-4DE3-87C0-1B61462442DF}>.

Suomen ympäristökeskus (2024b). Vesienhoidon suunnittelutyökalun suunnittelu ja toteutus (VESSU-ST) -hankkeen verkkosivut. Saatavissa: www.syke.fi/hankkeet/vessu.

Vehviläinen B. (1994). The watershed simulation and forecasting system in the National Board of Waters and the Environment. Publications of the Water and Environment Research Institute. National Board of Waters and the Environment, Finland No. 17. <http://hdl.handle.net/10138/24789>. 💧

