



Kuva: Uni. Aarhus



Kuva: NIBIO

Vedenlaadun sensorimittaukset

Kokemuksia Pohjois-Euroopan virtavesistä

Muutokset maankäytössä sekä ilmastonmuutos vaikuttavat vesivaroihimme monin tavoin ja voivat johtaa ravinteiden liialliseen kertymiseen vesistöihin (rehevöitymiseen), kiintoainekuormituksen lisääntymiseen ja muuhun pilaantumiseen (esim. raskasmetallit, orgaaniset haitta-aineet ja muut vaaralliset aineet). Näin ollen on yhä tärkeämpää seurata ihmistoiminnan sekä kuormitusta vähentävien toimenpiteiden vaikutuksia vedenlaatuun. Vedenlaatu erityisesti virtavesissä voi vaihdella hyvin nopeasti. Jos tieto virtavesien vedenlaadusta perustuu kuukausittain, kahdesti viikossa tai viikoittain otettaviin vesinäytteisiin, ei vedenlaadun vaihtelusta saada todellista kuvaa. Tähän haasteeseen sensorit voivat tarjota ratkaisun, koska niillä vedenlaatua voidaan seurata huomattavasti tiheämmin. Näin on mahdollista saada tietoa lähes reaaliajassa suhteellisen alhaisin kustannuksin. Tässä politiikkasuosituksessa annamme pääasiassa vesiensuojelun ja vesienhoidon parissa työskenteleville

Vedenlaadun seuranta vesientilan ja muutosten arvioimiseksi on yhä tärkeämpää, koska ihmisen toiminta vaikuttaa vesivaroihimme merkittävästi. Veden laadun heikkeneminen voi vaikuttaa laajalti koko yhteiskuntaan, koska olemme riippuvaisia puhtaasta vedestä kotitalouksissa, kasteluvetenä, teollisuudessa, virkistyskäytössä sekä terveiden elinympäristöjen

Vedenlaatusensori on laite, joka voidaan sijoittaa puroon, järveen, pohjavesikaivoihin tai rannikkovesiin ja seurata useita muuttujia säännöllisesti ja lähes reaaliajassa.

Tämä suositus on suunnattu vedenlaadun ja vesienhoidon parissa työskenteleville henkilöille, jotka käsittelevät veden laatua paikallisella, alueellisella ja kansallisella tasolla.

Olemme koonneet tietoa sensoreiden käyttökokemuksista Pohjois-Euroopan maiden tutkijoilta ja asiantuntijoilta. Olemme haastatelleet eri tason sidosryhmiä heidän näkemyksistään vedenlaatusensoreista. Esittelemme myös, miten antureita voidaan käyttää tutkimuksessa.

Sensoreiden hyötyjä ja tutkimusta esitellään [NORDBALT-ECOSAFEn verkkosivuilla](#).

Nordbalt-Ecosafe-hankkeessa tutkitaan sensoreilla tehtävän seurannan etuja ja haasteita verrattuna perinteiseen vesinäytteillä ja laboratorioanalyysillä tehtävään seurantaan. Kiinnitämme huomiota myös erityisesti EU:n vesipuitedirektiivin (VPD) täytäntöönpanon seurantavaatimuksiin. Nordbalt-Ecosafen yhteistyökumppaneita ovat Tanska (hankkeen koordinointi), Norja, Ruotsi, Suomi, Latvia ja Puola.

Sensoreilla voidaan mitata	Johdannaismuuttuja
Sameus	Kiintoaine, fosfori
Nitraatti	Muut typen fraktiot
Lämpötila	
Sähkönjohtavuus	
Liukoinen orgaaninen hiili	Liukoinen kokonaishiili
Happipitoisuus	
CO ₂	
Syvyys/paine	Veden syvyys/virtaama
pH	
Klorofylli-a	
Fykosyaniini	
Liuenneita metalleja	Kokonaismetallit?

Vasemmanpuoleisessa **taulukossa** näkyvät muuttujat, joita sensoreilla voidaan mitata suoraan (vasen sarake) tai sijaismuuttujien avulla (oikea sarake). Lisää muuttujia on todennäköisesti saatavilla tulevaisuudessa. Joitakin EU:n vesipuitedirektiivin täytäntöönpanon kannalta tärkeitä muuttujia ei kuitenkaan voida (ainakaan vielä) seurata sensoreilla, kuten kokonaisfosforia, kokonaistyyppiä, fosfaattifosforia tai orgaanisen hiilen kokonaismäärää. On kuitenkin mahdollista käyttää sijaismuuttujia, mutta niiden tarkkuudesta eri vesistöissä tarvitaan lisää tutkimusta.

Sensorimittausten haasteet

Sensoreilla on myös tiettyjä rajoitteita ja haasteita.

- Niillä voi seurata vain rajoitettua määrää muuttujia, ja siksi saatetaan tarvita sijaismuuttujia
- Edelleen tarvitaan eri pitoisuustilanteissa otettuja vesinäytteitä korrelaatiota ja kalibrointia varten
- Ylläpitokustannuksia syntyy laitteiston säännöllisestä puhdistamisesta
- Muuttujien ääriarvot voivat vastata, jos laite ei sovi kyseiseen vesistöön
- Sensorien mittaamien ja laboratoriossa mitattujen arvojen välinen korrelaatio voi joissain vesistöissä olla heikko
- Talviolosuhteet voivat asettaa rajoituksia ympärivuotisille mittauksille

Edellä mainitun lisäksi sensoreiden mittaamenetelmiä ei ole yhdenmukaistettu (ks. sivu 4), minkä vuoksi eri seurantaohjelmista saatuja sensoritietoja ei voida välttämättä vertailla. Sensorimittauksissa syntyy suuri määrä aineistoa, jonka laatua on valvottava ja se on tallennettava turvallisesti.

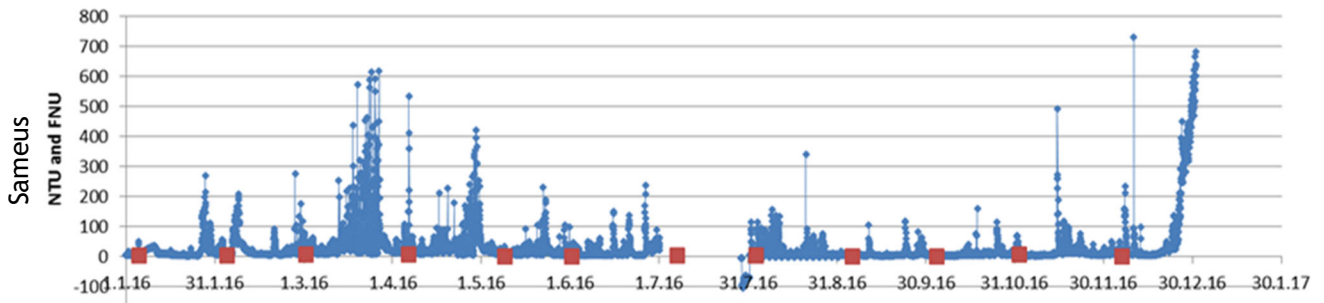
Sensorien edut

Sensoreilla on useita etuja tavalliseen vesinäytteenottoon verrattuna. Sensoreilla voidaan esimerkiksi

- tehdä seuranta tiheällä mittausvälillä (esim. 10–30 minuuttia) suhteellisen alhaisin kustannuksin,
- saada reaaliaikaista tietoa vesistöihin kohdistuvista päästöistä ja näin parantaa varautumista poikkeustilanteisiin
- havaita suuria pitoisuuksia, jotka muuten saattavat jäädä huomaamatta,
- saada tietoa kuormitustapahtuman kestosta,
- havaita vedenlaadun muutoksia ja trendejä ja arvioida vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksia,
- parantaa kuormitusarvioiden tarkkuutta,
- antaa parempia arvioita kuormituslähteistä
- saada hälytyksiä (esim. kännykkään) tilanteista, joissa pitoisuudet nousevat asetettujen raja-arvojen yli,
- lisätä tietoa ilmastomuutoksen vaikutuksista vesistöihin (esim. veden lämpötila, sameus, ravinnepitoisuudet ja rehevöitymistasot).

Erityisesti vesistöissä, joissa pitoisuudet ja virtaamat vaihtelevat nopeasti, sensorit voivat antaa tarkempaa

Mittaustieto voidaan siirtää loggerin kautta palvelimelle tai tietokoneelle reaaliaikaisen tiedon saamiseksi. Tämä edellyttää mobiiliyhteyttä ja virtalähdettä, joka voi olla esimerkiksi aurinkokenno + akku tai verkkovirta. Sidosryhmille voidaan antaa pääsy mittaustietoihin, jolloin he voivat seurata veden laatua lähivesistöissä.



Yllä oleva **kuvaaja** havainnollistaa, miten kuukausittaisella vesinäytteenotolla jokiveden sameus (punaiset neliöt) todennäköisesti aliarvioidaan verrattuna todelliseen, sensorilla mitattuun sameuteen (siniset pisteet ja viivat). Tiedot Alna-joesta Oslossa. Lähde: Skarbøvik et al. (2017).

Sensorien käyttö tutkimuksessa

Tutkijat ovat jo pitkään hyödyntäneet sensoriteknologiaa, koska laitteita voidaan hyödyntää erilaisten prosessien, kuten ravinteiden ja päästöjen kulkeutumisen ja kasautumisen tutkimuksessa. Sensoritietoja onkin hyödynnetty

- virtavesien kuormitusarvioiden tarkentamisessa;
- valuma-alueprosessien, kuten eroosion, huuhtoutumisen, kulkeutumisen ja sedimentaation tutkimuksessa;
- valuma-alueiden mallintamisessa;
- virtavesien raja-arvojen seurannassa.

Sidosryhmien näkemykset sensorimittauksista

NORDBALT-ECOSAFE haastatteli sidosryhmiä kaikista kuudesta hankemaasta (lisätietoja ja yksityiskohtaisia tuloksia on kohdassa [Deliverable WP7](#)).

Suurin osa haastatelluista oli sitä mieltä, että tarkat ja tiheämmin saatavat arviot ravinnepitoisuuksista ovat erittäin tärkeitä EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin täytäntöönpanon kannalta. Lähes kaikki uskoivat, että veden laatua ja määrää koskevien reaaliaikaisten tietojen saatavuus kiinnostaisi myös valuma-alueella asuvia ihmisiä. Sensorien yleistymisen hidasteena nähtiin investointikustannukset ja huoltoon ja ylläpitoon menevä aika.

Sensorimittaukset kansallisessa seurannassa

Tanskassa, Suomessa, Puolassa ja Latviassa sensorit eivät vielä kuulu kansallisiin seurantaohjelmiin, vaikka joissakin maissa on laadittu strategioita sensoreiden käyttöönottamiseksi. Esimerkiksi Suomessa on laadittu tällainen strategia, ja tällä hetkellä Lounais-Suomessa 11 joessa on mittausasemat käytössä. Ruotsissa on käytetty sensoreita säännöllisesti vuodesta 2017 lähtien, ja tällä hetkellä toiminnassa on seitsemän mittausasemaa (Fölster et al., 2019). Norjassa sensoriseurantaa käytetään kuudessa (20:stä) joessa kansallisessa jokien seurantaohjelmassa (Kaste ym. 2022).

Kuuden NORDBALT ECOSAFE -maan toimijoiden haastattelut paljastivat, että vesienhoidon ja vedenlaadun parissa työskentelevät henkilöt ovat suurelta osin tietoisia sensoreiden eduista ja haasteista, mutta he toivoisivat asiasta lisätietoja. Nordbalt- Ecosafe-hankkeen sivuille kootaan tarvittavaa lisätietoa kaikkien asiasta kiinnostuneiden käyttöön.



Sensoritietojen vertailu

NORDBALT-ECOSAFEn työ sensoreiden parissa on jatkoa aiemmalle yhteistyölle, jossa Pohjois-Euroopan maiden tutkijat vertasivat antureiden sameustietoja vesinäytteistä määritettyihin kiintoainepitoisuuksiin. Tietoja kerättiin 31 asemalta, jotka kattoivat 11 erilaista seurantaohjelmaa. Tästä saatiin seuraavanlaista uutta tietoa sensorimittauksista:

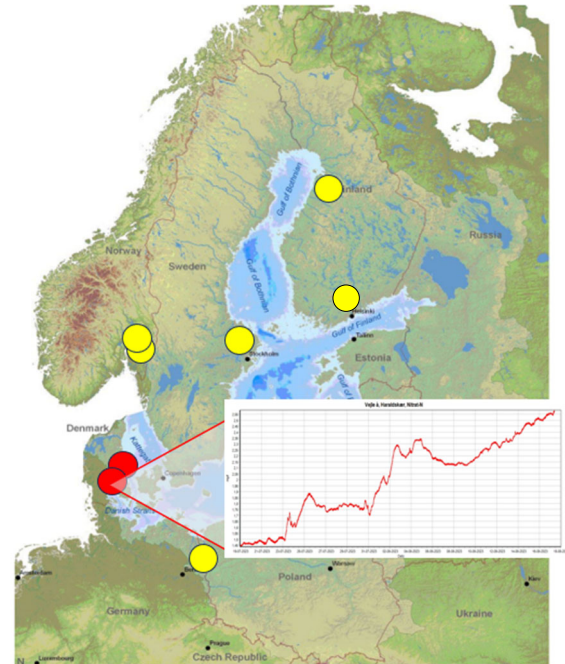
1. Menetelmien erot vaikeuttivat eri seurantaohjelmista saatujen tietojen vertailua. Esimerkiksi erot eri sensoreiden sameusmittausten ja toisaalta laboratorioanalyysien määrittämissä vaikeuttivat vertailua.
2. Paras korrelaatio sameuden ja kiintoainepitoisuuden välillä havaittiin maatalousvaltaisissa virtavesissä, joiden maaperä oli savea, hiesua tai hietaa.
3. Sameuden ja kiintoainepitoisuuden välinen korrelaatio oli heikompi metsä- ja turvemaiden puroissa sekä valuma-alueilla, joilla oli karkeampi maaperä.
4. Korrelaatiot olivat parhaimmillaan, kun keskimääräinen kiintoainepitoisuus oli yli 30 mg/l ja maksimi noin 200 mg/l ja keskimääräinen ja suurin sameus yli 60 ja 200 NTU/FNU. Vaihtelut olivat kuitenkin huomattavia.

Tulokset tukevat suositusta laatia jokaiselle mittauspäikälle erillinen kalibrointikäyrä sameuden ja kiintoainepitoisuuden välille ainakin niin kauan kuin menetelmät eroavat toisistaan ja kunnes samankaltaisia menetelmiä käyttävistä seurantaohjelmista saadaan enemmän tietoa.

Tekijät: Norja: Eva Skarbøvik; Anastasija Isidorova, Tanska: Brian Kronvang, Sofie van der Veen; Ruotsi: Emma Lannergaard, Jens Fölster; Suomi: Ahti Lepistö, Pasi Valkama; Puola: Ignacio Kardell; Latvia: Ainis Lagzdins.

Esimerkkikohteet Nordbalt-Ecosafessa

Nordbalt-Ecosafella on jokaisessa kuudessa maassa demoasemat, joiden veden laadun sidosryhmät voivat tarkistaa reaaliajassa verkkosivujemme kautta. Palvelu avataan helmikuuhun 2024 mennessä.



Kartta mittausasemista, joiden tieto on avoimesti ja reaaliaikaisesti saatavilla

Lähteet

- Fölster et al. 2019. Sensorer för vattenkvalitet i miljöövervakning av vattendrag - Hur användbara är de i praktiken? SLU, Vatten och miljö: Rapport 2019:10.
- Kaste et al. 2022. The Norwegian river monitoring programme 2021 – water quality status and trends. NIVA Report 7760.
- Skarbøvik et al. 2017. Riverine Inputs and Direct Discharges to Norwegian Coastal Waters, 2016. Norw. Environ. Agency Rep. M862
- Skarbøvik et al. 2023. Comparing in situ turbidity sensor measurements as a proxy for suspended sediments in North-Western European streams, *CATENA*, 225, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107006>

NORDBALT-ECOSAFE-konsortio kehittää ja demonstroi innovatiivisia menetelmiä ja luo parhaita käytäntöjä nykyisen vesienhoidon suunnittelun parantamiseksi saavuttamalla seuraavat päätavoitteet: i) ekologisesti turvallisten ravinnepitoisuuksien asettaminen erityyppisissä vesistöissä; ii) ravinnepitoisuuksien seurannan parantaminen vertaamalla uusien on-line-sensoreiden etuja perinteiseen seurantaan; iii) ravinnekuormituksen kriittisten pisteiden määrittäminen vesistöjen hiilensidonnalle ja päästöille; iv) otetaan käyttöön yhdenmukaistettu valuma-alueiden mallintamismallit ravinnekuormituksen, kulkeutumisleikkien ja kulkeutumisen tarkkaa arviointia varten; v) uusien luontopohjaisten ratkaisujen ja vesiensuojelutoimenpiteiden demonstrointi vaadittujen ravinnekuormituksen vähennysten saavuttamiseksi; ja vi) kehitetään edistyneitä ratkaisuja, joilla tuetaan alueellista hallintoa, jotta voidaan toteuttaa sopivimmat toimenpiteet ekologisten ravinneerajojen täyttämiseksi. Konseptikaaviossa esitetään hankkeen eri osien väliset yhteydet, ja kartta toiminta-alueestamme, joka koostuu kuudesta vesistöalueesta ja jokien seurantapistestä HELCOMin ja OSPARin puitteissa.

<https://projects.au.dk/nordbalt-ecosafe>