

Tämä on rinnakkaistallenne. Sen viitetiedot saattavat erota alkuperäisestä /

This is a self-archived version of the original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Version: publisher's version

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä: /

To cite this article please use the original version:

Rantala, T., Häkkinen, M., Antikainen, S., Nykänen, I. & Räsänen, T. 2024. Kokemuksia erilaisten ympäristön tilan seurantamenetelmien hyödyntämisestä valuma-aluekunnostuksen yhteydessä. *Vesitalous* 65 (6), 59-64.

Kokemuksia erilaisten ympäristön tilan seurantamenetelmien hyödyntämisestä valuma-aluekunnostuksen yhteydessä

Valuma-aluekunnostusten yhteydessä voidaan seurata ympäristön tilaa ja siinä tapahtuvia muutoksia erilaisten menetelmien avulla. Seurannalla voidaan arvioida kyseisen kunnostuksen vaikutuksia, mutta niillä on merkitystä myös laajemmin tietopohjana seurantamenetelmien ja kunnostustoimenpiteiden valinnassa erilaisiin valuma-aluekohteisiin. Savonia-ammattikorkeakoulu (Savonia) yhteistyökumppaneineen on testannut erilaisia seurantamenetelmiä valuma-aluehankkeissaan vuosina 2021–2024. Tässä artikkelissa kuvataan näitä seurantamenetelmiä ja niistä tehtyjä johtopäätöksiä.



TEIJA RANTALA
TKI-asiantuntija,
Savonia-ammatti-
korkeakoulu
teija.rantala@savonia.fi

MARKO HÄKKINEN
Testausinsinööri,
Savonia-ammatti-
korkeakoulu

SANNA ANTIKAINEN
TKI-asiantuntija,
Savonia-ammatti-
korkeakoulu

INKA NYKÄNEN
TKI-asiantuntija,
Savonia-ammatti-
korkeakoulu

TEEMU RÄSÄNEN
Lehtori, Savonia-
ammattikorkeakoulu

Valuma-aluekunnostuksessa seuranta- menetelmien testausta ja arviointia

Ympäristön tilan seuranta toteutettiin noin 10 km² laajuisella Salinjoen valuma-alueella Kuopion Maaningalla. Valuma-alue määritettiin Suureen Ruokoveteen laskevasta parinsadan metrin pituisesta Salinjoesta. Salinjokeen vesi virtaa koko valuma-aluetta halkovasta noin 5,5 km mittaisesta pääuomasta, jonka yläosassa on pieni järvi ja lampi. Valuma-alueen pinta-alasta maatalousmaata on 22 % on ja metsämaata 65 %. Haasteina kohteessa on ollut turvepeltojen märkyys, kivennäispeltojen ojaston ja metsäojien eroosio, lammen umpeen kasvaminen ja Suuren Ruokoveden rantojen liettyminen. Myös ravinnekuormitus vesistöön on korkealla tasolla. Lisäksi alueesta 35 % on turvemaata, joka on potentiaalinen kasvihuonekaasujen lähde.

Alueen lähtötilanteen seuranta aloitettiin keväällä 2021 ja siitä edettiin noin vuotta myöhemmin valuma-aluekunnostuksen aikaiseen seurantaan. Kunnostuksessa aluetta halkovaan pääuomaan rakennettiin kolme pohjapatoa ja 550 metriä kaksitasouomaa. Lisäksi vaihdettiin ja puhdistettiin ojarumpuja ja uomaa perattiin kohdista, joissa se oli välttämätöntä. Toimenpiteiden päätteeksi viljelijät kunnostivat peltojaan vesitalouden parantamiseksi.

Seuranta jatkettiin kahtena vuonna kunnostuksen jälkeen. Seuranta koostui vedenlaadun, virtaaman, sadannan ja maaperän kosteuden mittauksista sekä monimuotoisuuden ja kaksitasouomien toimivuuden selvittämisestä. Tavoitteena

oli sekä seurantatulosten saaminen alueelta että seurantamenetelmien testaus ja arviointi.

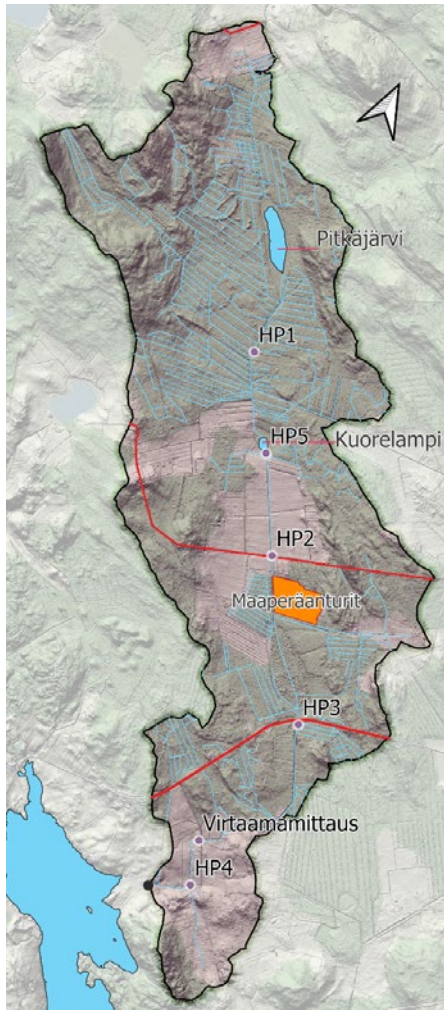
Vedenlaadun ja virtaaman seurannalla tietoa kuormituksen muutoksista

Vedenlaadun seuranta toteutettiin viidellä havaintopisteellä pääuoman varrella. Kenttämittauslaitteella mitattiin paikan päällä veden pH, sähkönjohtokyky, liuennut happi ja lämpötila. Vesinäytteistä analysoitiin Savonian Kuopion vesilaboratoriossa muun muassa sameus, kiintoainepitoisuus, kokonaisfosfori ja -typpi, nitraattityppi, orgaaninen kokonaishiili ja väri. Vesinäytteet haettiin kahdelta havaintopisteeltä viikoittain ja muilta havaintopisteiltä ajoittain.

Alueelle perustettiin kolme jatkuvatoimista vedenlaatuasemaa täydentämään vesinäytteistä saatavaa tietoa. Asemat perustettiin valuma-alueen alajuoksulle, puoliväliin sekä metsävaltaisen alueen alapuolelle lampeen (**kuva 1**, HP4, HP2 ja HP5). Keskimäinen asemista kuului Maa- ja metsätalouden vesistövaikutusten seurantaohjelmaan (MaaMet). Asemilla mitattiin puolen tunnin välein veden lämpötilaa, sameutta, sähkönjohtokykyä, liuennutta happea, nitraattityppeä ja orgaanista kokonaishiiltä. Laitteina toimivat Ysi EXO3 ja TriOS OPUS.

Virtaamaa seurattiin valuma-alueen alajuoksulla. Virtaaman laskenta perustui purkautumiskäyrään, joka laadittiin useissa eri vedenkorkeuksissa tehdyn merkkiaineeseen (ruokasuola)

perustuvan virtaaman määrittymen pohjalta. Lisäksi seurannassa koekäytettiin kahta erilaista akustista virtaamamittaria. Virtaamamittauksen myötä pitoisuudet saatiin muunnettua kuormitusarvoiksi.



Kuva 1. Salinjoen valuma-alue.

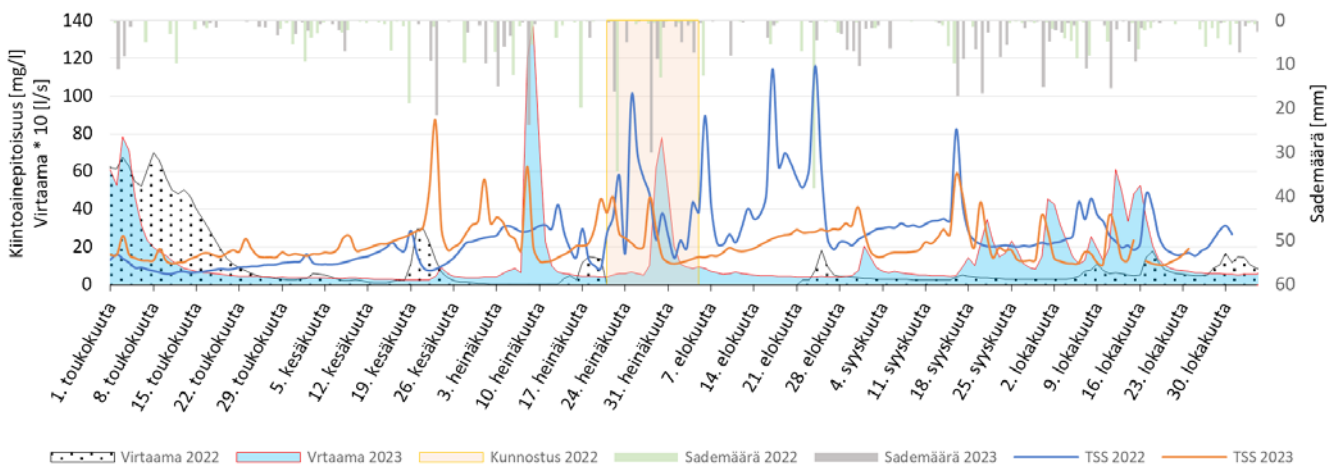
Pääuoman virtaamissa tapahtuvia muutoksia verrattiin paineanturin avulla määritettyyn uoman veden korkeuteen sekä sadantaan. Sadantatietoja saatiin seitsemän kilometrin päässä olevalta Ilmatieteenlaitoksen sääasemalta sekä valuma-alueella sijaitsevalta Luonnonvarakeskuksen sääasemalta. Seurannan aikana saatiin alueelle voimakas, mutta hyvin paikallinen sadekuuro, josta oppina todettiin, että laitteita sadannan seurantaan tulisi olla riittävästi valuma-alueen laajuus huomioiden. Tämän jälkeen valuma-alueen alaosaan lisättiin kippikauhasadesensori.

Jatkuvatoimisilla mittauksilla saatiin viikoittaisia vesinäytteitä kattavampi kuva vedenlaadun muutoksista. Vesinäytteiden otto saattoi ajoittua esimerkiksi lyhyen kuormituspiikin ajankohtaan, jolloin pelkästään niihin nojautumalla kokonaiskuormituksen arviointi ei olisi yhtä luotettavaa kuin jatkuvatoimisiin mittauksiin perustuen.

Vesinäytteiden rooli todettiin kuitenkin merkittäväksi, koska niistä saatavia tuloksia tarvittiin jatkuvatoimisesti mitatun sameuden muuntamisessa kiintoaine- ja kokonaisfosforipitoisuudeksi. Tähän tarvittiin lukuisia vesinäytteitä muuntoyhtälön määrittämiseksi. Eri menetelmien yhdistämisellä voitiin myös parantaa tulosten luotettavuutta, esimerkiksi huomata jatkuvatoimisen mittalaitteen anturin epäkuunto.

Huomioitavaa oli, että kesällä vähäsateisten jaksojen aikaan pitoisuudet nousivat korkeiksi. Tällöin kuormitus oli kuitenkin pienen virtaaman takia vähäistä. Virtaaman määrittäksessä talven ja varhaisen kevään aikainen seuranta oli hankalaa, koska jää ja lumi vaikuttavat merkkiaineeseen perustuvan virtaamamittauksen luotettavuuteen ja suurten virtaamien aikaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden asentaminen oli vaikeaa. Todettiin myös, että kaivutöiden aikainen kuormitus oli merkittävää. **Kuvassa 2** on esimerkki seurannan tulosten koostamisesta visuaaliseen muotoon.

Vuorokautinen sademäärä, keskimääräinen kiintoainepitoisuus ja virtaama HP4



Kuva 2. Kolmikannan havaintopisteen (HP4) vuosien 2022 ja 2023 kiintoainepitoisuudessa, sademäärässä ja virtaamissa tapahtuneita muutoksia.

Seuranta toteutettiin pääasiassa avovesikaudella huhti-lokakuussa. Yksittäisiä havaintokierroksia ja mittauksia tehtiin myös talvella. Seurannassa saatiin tietoa erilaisten olosuhteiden välisistä vaihteluista pitoisuuksissa, kuormituksessa, virtaamassa ja veden pinnan korkeudessa. Havaintopisteiden runsaus mahdollisti myös valuma-alueen eri osien vedenlaadun ja kuormituksen erojen arvioinnin. Valuma-alueen maa- ja metsätaloustoiminta (salaajitus, kyntö, hakkuut, lannoitus jne.) aiheutti veden laatuun vaikuttavia muuttujia. Tämä maankäyttö ja vuosien väliset poikkeavat sääolosuhteet loivat omat haasteensa valuma-aluekunnostuksen vaikutusten arviointiin monipuolisesta seurannasta huolimatta.

Langattomien peltotiedustelijoiden testausta maaperän kosteuden seurannassa

Maaperän kosteuden seuranta toteutettiin yhdeksän hehtaarin kokoisella vesitalousongelmaisella turvepeltolohkolla neljän kasvukauden aikana. Valuma-alueen läpi kulkevaan pääuomaan rajautuvalle, nurmiviljelyssä olevalle lohkolle asennettiin seitsemän langatonta maaperän kosteutta mittaavaa jatkuvatoimista anturia (*Soil Scout*). Maaperän kosteudesta saatavia tietoja verrattiin peltolohkon viereisen pääuoman vedenpintaan sekä sadantaan. Niitä verrattiin myös pellolla tehtyihin toimenpiteisiin ja salaajituksen toimintaan ennen ja jälkeen valuma-alueella toteutetun urakan. Pääuoma muutettiin urakassa kyseisen peltolohkon kohdalla kaksitasouomaksi. Tuloksia pystyttiin seuraamaan reaaliaikaisena, mutta kaikista maaperäantureista ei saatu tasaisesti tuloksia, koska signaali oli heikko välimatkan kas-

vaassa vastaanottimeen. Lisäksi kasvuston korkeus heikensi signaalia ja hidasti datan saamista.

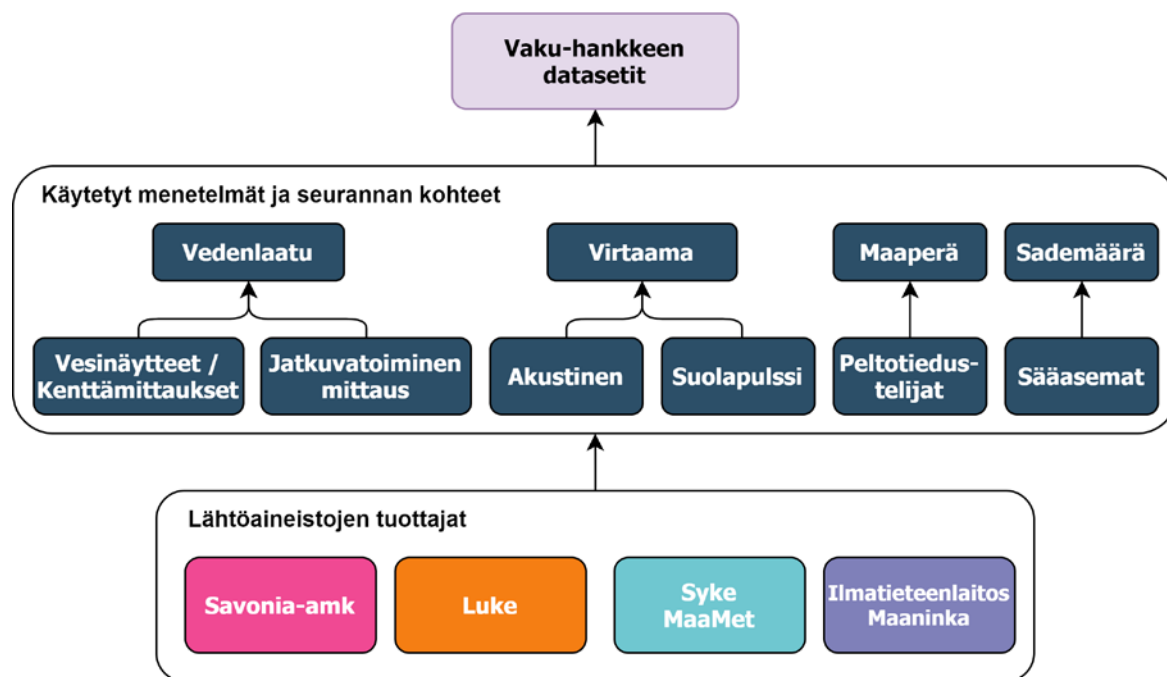
Seurannan tulosten käsittely ja hyödyntäminen

Mittauksista koostettu seuranta-aineisto sisältää laajan määrän useiden organisaatioiden tuloksia, joten tulosten käsittelyyn tarvittiin erityisosaamista. **Kuvassa 3** on esitetty yleiskuva aineistoja tuottaneista organisaatioista, seurannan kohteista ja menetelmistä.

Aineistot ladattiin Savonian tai palveluntarjoajien rajapintapalveluista, vastaanotettiin sähköpostitse tai rakennettiin manuaalisesti vesinäyteanalyysien ja kenttämittausten pohjalta. Aineistojen käsittelyyn käytettiin Matlab-ohjelmistoa, jonka avulla siivottiin virheelliseksi todennettua mittausdataa, yhdistettiin jatkuvatoimisia ja hetkellisiä mittauksia, muunnettiin sademäärien tuloksia vuorokausitasolle ja jatkuvatoimisia sameusarvoja kiintoainepitoisuuksiksi.

Jatkuvatoimisen seurannan aikasarjojen sisältämät aukot ja erilaiset mittaussyklit aiheuttivat haasteita aineistojen yhdistämisessä. Seurannan aikana osaan jatkuvatoimisista mittauksista tehtiin muutoksia sensorien kalibrointiin tai mitattaviin ominaisuuksiin liittyen, mikä vaati erilaisen käsittelyn vanhalle ja uudelle aineistolle.

Huolimatta tulosten yhdistämiseen ja käsittelyyn liittyvistä haasteista lopputuloksena saatiin tuotettua jatkoanalysointiin soveltuvia aineistokokonaisuuksia, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi Excel-, Matlab- tai Python-



Kuva 3. Yleiskuva seurannan dataseteissä käytetyistä lähtöaineistoista tuottajaorganisaatioineen.

ympäristöissä. Aineistokokonaisuuksia yhdistäen on tehty esimerkiksi kuormituslaskentaa ja tarkasteltu mitattujen ominaisuuksien välisiä riippuvuussuhteita. **Kuvassa 4** on esimerkki havaintoaineistojen kokoamisesta.

Kaksitasouomien seurantamenetelmien kehittämistä

Valuma-alueen kunnostuksen yhteydessä rakennettujen kaksitasouomien tarkoituksena on pidättää kiintoainetta ja ravinteita, lisätä ojatilavuutta sekä vähentää eroosiota. Kaksitasouomilla pyritään parantamaan myös luonnon monimuotoisuutta esimerkiksi tulvatasanteella kasvavien pölyttäjiä hyödyntävien mesi- ja siitepölykasvien myötä. Kaksitasouomien toimivuuden seuranta toteutettiin kasvillisuushavainnoinsein ja droonikuvauskein.

Kasvillisuuden vakiintumista kaksitasouomien tulvatasanteelle seurattiin kasvillisuusruutumenetelmällä. Neliömetrin kokoiselta havaintoruudulta merkittiin ylös muun muassa kasvillisuuden kokonaispeittävyys, mediaanikorkeus, maksimikorkeus sekä vallitsevat lajit ja niiden peittävyysprosentit. Lisäksi havainnoitiin vedenkorkeus tulvatasanteella ja kirjattiin havainnot eroosiosta ja kiintoaineen kasautumisesta. Havainnot tehtiin kolmesti kasvukaudessa, kahtena kesänä ja aina samoilta kuudelta ruudulta.

Menetelmällä saatiin selville kasvillisuuden vakiintumisen nopeus ja alueelle kehittyvä kasvillisuus ja pystyttiin arvioimaan tulvatasanteen monimuotoisuusvaikutuksista. Todettiin, että menetelmä on helppo ja kevyt toteuttaa, eikä pelkän kasvillisuuspeittävyysprosentinarviointiin tarvita erityisosaamista. Vallitsevien lajien määrittämi-

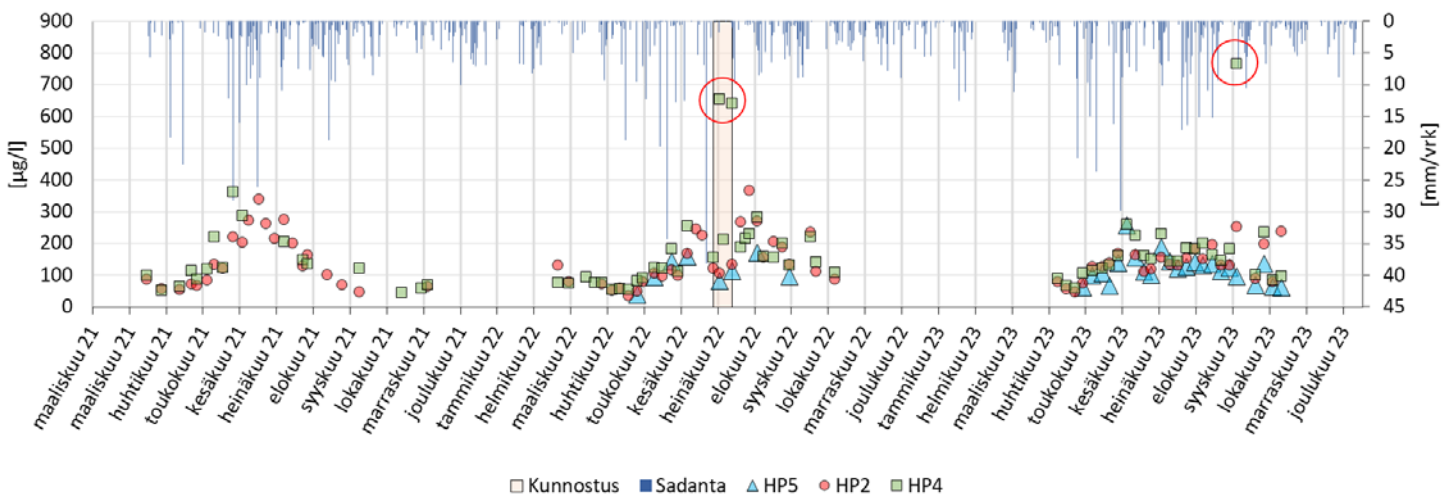
nen vaatii kuitenkin jonkin verran lajintunnistustaitoja. Huomattiin, että kaksi vuotta on sukcession vuoksi lyhyt aika seurannalle; Nopeasti ilmaantuva kasvillisuus on tärkeä tulvatasanteen maaperän vakauttaja, mutta vasta myöhempien vaiheiden kasvillisuus kertoo pidemmän aikajänteen monimuotoisuusvaikutuksista.

Kaksitasouomia ja niiden ympäristöä seurattiin myös drooni-kuvauksin 22 hehtaarin alueella kunnostuksen jälkeisenä syksynä sekä kaksi vuotta myöhemmin. Tavoitteena oli selvittää kaksitasouomien rakenteiden vastaavuutta uomakunnostuksen suunnitelmaan, uomassa tapahtuvia muutoksia sekä arvioida droonikuvausmenetelmän soveltuvuutta seurantaan. Laitteistona käytettiin DJI Matrice 300 RTK droonia, jossa oli DJI Zenmuse L1 laserkeilain.

Alueelle tehtiin sekä laserkeilaus että yksittäisiin ilmakehisiin perustuva fotogrammetrinen mallinnus, jossa usean samaa aluetta peittävän ilmakehän perusteella saadaan laadittua kolmiulotteinen malli kohteesta. Laserkeilausaineistosta laadittiin pistepilviaineisto, 3D-malli ja korkean resoluution ilmakehän kuva DJI Terra –ohjelmistolla. Samalla tuotettiin myös alueen ilmakehät fotogrammetrisesti Pix4DMapper ohjelmistolla.

Tuotettujen ajantasaisen ilmakehien (**kuva 5**) perusteella voitiin havaita muun muassa kasvillisuudessa tapahtuneita muutoksia. Tulvatasanteiden rakenteiden vastaavuutta suunnitelmaan ei kuvista voitu todentaa, koska kuvaushetkillä tasanteet olivat joko vedenpinnan alapuolella tai runsaan kasvillisuuden peittämiä. Kuvausten lopputuloksena saaduille kartta- ja pistepilviaineistoille ennakoitiin olevan tarvetta myös opetuksessa sekä lähtöaineistona tulevaisuudessa tehtävälle tarkkailulle.

Kokonaisfosfori HP5, HP2, HP4 ja Sademäärä



Kuva 4. Havaintopisteiltä analysoidut kokonaisfosforipitoisuudet ja Ilmatieteenlaitoksen Maaningan sääaseman vuorokautiset sademäärät vuosien 2021–2023 väliseltä seuranta-ajalta. Poikkeavan suuret kokonaisfosforin pitoisuusarvot ympyröity.

Lintu- ja pölyttäjälaskennoilla kokonaiskuvaava valuma-alueen biodiversiteetistä

Lintu- ja pölyttäjälaskennalla selvitettiin luonnon monimuotoisuuden tilaa uoman varrella. Monimuotoisuuden mittariksi valittiin linnut ja pölyttäjähönteiset, sillä niiden havainnointi on suhteellisen helppoa, ja ne myös indikoivat hyvin elinympäristöjen tilaa ja monimuotoisuutta. Laskennat tehtiin ennen kunnostustoimien toteuttamista.

Linnuston laskennassa keskityttiin pesimälinnustoon. Menetelmäksi valikoitui pistelaskenta, joka ei vaadi aikaisempaa kokemusta lintulaskennoista. Laskijalla on kuitenkin oltava hyvät lajintunnistustaidot ja lintujen äänten pitäisi olla tuttuja mukaan lukien kutsu- ja varoitusäänet.

Pistelaskennassa noudatettiin Luonnontieteellisen keskusmuseon Luomuksen ohjeita. Pistelaskentareitti kierrettiin kahtena peräkkäisenä vuotena samaan aikaan kevään etenemiseen nähden ja linnut laskettiin täsmälleen samoissa pisteissä.



Kuva 5. Drooni-kuvauksista laaditut ilmakuvat uoman osuudesta, jonka varrelle toteutettiin kaksitasouomia. Vasemman ja keskimmäisen kuvien välillä on kulunut kaksi vuotta. Oikealla lähikuvaotoksia rakennetusta kaksitasouoman osuudesta. A- ja B-kirjaimin merkityille alueille on rakennettu kaksitasouomat.

Laskenta aika oli touko-kesäkuu, jolloin myöhäisemmätkin muuttajat olivat jo palanneet, mutta suurin osa varhaisemmista pesijöistä oli vielä äänessä. Laskenta toteutettiin parhaaseen lauluuikaan klo 4 ja 9 välillä tyynellä, poutaisella säällä samoilla laskijoilla. Havainnot tallennettiin Suomen Lajitietokeskuksen laji.fi-sivustolle.

Pölyttäjälaskennassa sovellettiin linjalaskentaa, jota käytetään myös kimalaisseurannassa ja maatalousympäristön päiväperhosseurannassa. Laskentareitti kuljettiin läpi kirjaten ylös havaitut pölyttäjät. Laskenta toteutettiin kerran kuussa touko-elokuussa klo 10–17 välillä pölyttäjille suotuisalla säällä. Havaitut pölyttäjät merkittiin ylös karkeaa jaottelua käyttäen; Kimalaiset tunnistettiin lajiryhmätasolla asti ja tarhamehiläinen merkittiin erikseen. Muut ryhmät tunnistettiin ylempälle taksonitasolle jaottelulla: kukkakärpäset, perhoset ja erakkomehiläiset.

Menetelmät valittiin painottaen helppoutta, jotta kynnys seurannan tekemiseen myöhemmissä hankkeissa tai vapaaehtoisvoimin olisi mahdollisimman matala. Pölyttäjien luontaiset kannanvaihtelut tuovat kuitenkin haasteita

tulosten tulkintaan. Linnuilla vuosittaisia kannanvaihteita on vähemmän. Pölyttäjien tärkeä rooli hyönteispölytteisten kasvien satotasojen turvaajana puoltaa kuitenkin niidenkin seuranta. Monimuotoisuuden seuranta tulisi aloittaa ennen kunnostustoimia, jotta muutosten seuraminen on mahdollista. Vaikutukset näkyvät viiveellä.

Seurannan haasteita ja mahdollisuuksia

Valuma-aluekunnostuksissa merkittävää on resurssien kustannustehokas kohdentaminen. Seurantatietoa tarvitaan kunnostuskohteiden ja -toimenpiteiden valintaan. Lisäksi sitä tarvitaan mallinnuksen kehittämiseen. Seurannalla on siis merkitystä toimenpiteiden vaikuttavuudessa, mutta sen toteuttamisessa on myös haasteensa.

Tässä artikkelissa kuvattu seuranta vaatii hyviä taloudellisia ja ajallisia resursseja, monipuolista laitekantaa ja erityisosaamista. Tämä mahdollistaa laajan seurannan toteuttamisen vain harvoissa kohteissa. Poikkeuksena on monimuotoisuusseuranta, joka vaatii perusmuodossaan lähinnä aikaresurssia toteutukseen ja tarvittaessa lajitunnistuksen opiskeluun.

Haastetta seurantaan tuo myös kunnostusten myötä toteutuvien muutosten hitaus; seuranta tulisi kattavien tulosten saamiseksi tehdä pitkäjänteisesti, mielellään vähintään 4–5 vuotta. Parhaassa tapauksessa seuranta tehdään ennen kunnostusta, sen aikana ja riittävän pitkään sen jälkeen. Riittävän pitkien, tuloksellisten seurantojen järjestäminen vaatisi siis pitkäjänteistä rahoitusta. Myös seurannan menetelmät vaativat jatkuvaa kehittämistä ja tiedonvaihtoa seuranta toteuttavien välillä.

Tärkeää onkin harkita, milloin seuranta kannattaa tehdä ja millä tasolla. Kirjoittajien pohdinnan perusteella kattava seuranta on tarpeellista ainakin silloin kun tehdään uudentyyppisiä toimenpiteitä ja tarvitaan vaikuttavuuden arviointia. Toisaalta esimerkiksi monimuotoisuuteen liittyvää edullista kansalaisseuranta kannattaa tehdä mahdollisimman laajasti.

Kiitokset

Seurannat ja datan käsittely on toteutettu Savonin hallinnoimissa Salinjoen valuma-alueen vesienhallinnan kehittäminen -hankkeessa (2020-2023) sekä Valuma-alueet kuntoon -hankkeessa (2023 - 2025). Ensimmäisen hankkeen kumppaneina toimivat Suomen Metsäkeskus, Suomen ympäristökeskus ja Luonnonvarakeskus. Jälkimmäisen hankkeen kumppaneina toimivat Suomen Metsäkeskus sekä Savo-Karjalan vesiensuojeluyhdistys ry. Molemmat hankkeet on rahoitettu Maa -ja metsätalouden vesienhallinnan avustuksista (YM, MMM). Rahoituksia hallinnoi Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus. 💧



YOUNG WATER PROFESSIONALS

FINLAND (YWP Finland) is a network for people working or studying within the water sector. We provide a common platform for all water professionals from natural, social, and engineering sciences, and from scholars to practitioners. The idea is to provide opportunities for career development and networking by organising seminars, workshops, excursions, and more relaxed get-togethers.

1 Join YWP network

2 Develop your network

3 Find new opportunities



Professional Events

- Excursions to utilities and industry representatives
- Webinars and workshops for skill development needed in the water sector



Social Events

- Get-togethers for developing and maintaining your professional network
- Volunteer and impact the water sector in Finland



Networking

- Find career opportunities via YWP network on national and international level
- Connect with professionals from other countries



LinkedIn QR code