

# Automatisoidun mittausverkon kehittäminen ympäristön seurantaan

Hanna Huitu (toim.)



**Automatisoidun mittausverkon  
kehittäminen ympäristön  
seurantaan**

**Hanna Huitu (toim.)**



ISBN 978-952-487-259-1 (Painettu)  
ISBN 978-952-487-260-7 (Verkkajulkaisu)  
ISSN 1798-1816 (Painettu)  
ISSN 1798-1832 (Verkkajulkaisu)  
[www.mtt.fi/mttkasvu/pdf/mttkasvu8.pdf](http://www.mtt.fi/mttkasvu/pdf/mttkasvu8.pdf)

**Copyright** MTT

**Kirjoittajat**

Hanna Huitu, MTT  
Asko Hannukkala, MTT  
Timo Huttula, Suomen ympäristökeskus  
Jere Kaivosoja, MTT  
Jari Koskiaho, Suomen ympäristökeskus  
Niina Kotamäki, Suomen ympäristökeskus  
Liisa Pesonen, MTT  
Pentti Pirinen, Ilmatieteen laitos  
Markku Puustinen, Suomen ympäristökeskus  
Tapio Salo, MTT  
Sirpa Thessler, MTT  
Ari Venäläinen, Ilmatieteen laitos

**Julkaisija ja kustantaja** MTT, 31600 Jokioinen

**Jakelu ja myynti** MTT, viestintä ja informaatiopalvelut,  
31600 Jokioinen, puhelin (03) 41881,  
sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

**Julkaisuvuosi** 2009

**Kannen kuva** Lippo Sundberg

**Painopaikka** Tampereen Yliopistopaino Juvenes Print Oy

---

# Automatisoidun mittausverkon kehittäminen ympäristön seurantaan

---

Hanna Huitu  
MTT, Taloustutkimus  
Luutnantintie 13, 00410 Helsinki

## Tiivistelmä

**V**uosina 2007–2009 toteutettu Maa-sää-hanke paneutui tiheäintervallisten ympäristömittausten automatisoituun tuottamiseen ja käyttöön maatalouden sovelluksissa ja valuma-alueen mallinnuksessa. Hankkeen päätoteuttajat olivat Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT), Suomen ympäristökeskus (SYKE) sekä Ilmatieteen laitos (IL).

Hankkeessa rakennettiin Karjaanjoen valuma-alueelle noin 70 havaintoasemasta koostuva automatisoitu mittausverkko, joka tuottaa mittaustietoa sääparametreista, maan kosteudesta sekä veden laadusta. Verkon tuottamat mittaukset käyvät päivittäin läpi automaattisen laadunvarmistuksen: se tarkistaa, tuottavatko havaintoasemat mittauksia ja ovatko mittaukset annettujen raja-arvojen mukaisia. Verkko saatiin hankkeessa toimimaan melko luotettavasti, mutta automatisoitunakin se vaatii melko paljon huoltoa ja puhdistusta.

Jotta pistemäisesti kerättävä mittaustieto on käyttökelpoista myös ympäröivällä alueella, tarvitaan menetelmiä havaintojen alueelliseen yleistämiseen. Paikallisilmaston alueellisen vaihtelun arvioinnin havaittiin olevan mahdollista lähes peltolohkotasolla. Ilmatieteen laitoksen perushavaintoverkoston pohjalta saatua karkeampaa arviota tarkennettiin hankkeessa edelleen paikanpäällä tehtävien mittausten avulla.

Ympäristöolosuhteiden paikallinen seuranta hyödyttää viljelyä. Maan kosteuden automatisoituja mittauksia voidaan käyttää kasvelutarpeen arviointiin ja mitoittamiseen. Mittaukset kertovat myös valunnan ajoittumisesta. Vedellä kyllästyneet tilanteet, jolloin valunta on mahdollista, sekä jäätymis-sulamisprosesseihin liittyvät maan kosteuden muutokset ovat nähtävissä jatkuvista maankosteusmittauksista.

Tiheäintervallisia ympäristömittauksia hyödynnetään myös kasvinsuojelussa. Perunaruton leviämisen riski voidaan ennustaa melko hyvin lämpötilan ja ilman suhteellisen kosteuden perusteella. Sääasemilta saatavaa sademäärää ja maankosteustietoa voidaan hyödyntää uusien rutonalkamismallien laadinnassa. Tulevaisuudessa säämittaustietoa voidaan hyödyntää muidenkin kasvitautilien torjunnassa, jos vain säättekijöiden ja tautiepidemioiden yhteydestä on tarpeeksi tietoa.

Vihdissä toteutetussa ravinnetasetutkimuksessa havaittiin sadon mukana poistuvan typen ja fosforin määrissä suuria lohkonvälisiä vaihteluita. Olosuhdetietojen ottaminen huomioon yhdessä panos- ja tuotostietojen kanssa antaa pohjaa viljelyn ja sen tuotostavoitteiden tarkentamiseen. Tiheäintervalliset, automatisoidut mittaukset tarjoavat myös mahdollisuuden saada pelloilta tulevat ravinnehuhtoumat paremmin hallintaan. Tähän liittyen julkaisussa kerrotaan tuotetun antu-

ritiedon hyödyntämisestä vesiensuojelullisen kosteikon toiminnan tarkastelussa.

Jatkossa Maasää-verkon kehitystyötä ohjataan kohti entistä laadukkaamman ja paremmin yhteiskäyttöön soveltuvan mittausdatan tuottamista, sekä kehitetään reaaliaikaista mittausdataa hyödyntäviä palveluita ja nii-

den perustana toimivia malleja. Samalla kehitetään mittausdatan käyttöönoton teknisiä edellytyksiä maatalan tiedonhallinnassa.

---

### Avainsanat

*mittaustekniikka, kasvinsuojelu, vesiensuojelu, ravinnetase, sää, vesistömallit, mallit, vesipitoisuus, perunarutto, pähkähome, täsmäviljely, sensor web*

---



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007–2013

Julkaisukustannuksiin käytettiin Euroopan Unionin EAKR rahoitusta

## Esipuhe

Ihmisen tarve kontrolloida ympäristöään lisääntyy jatkuvasti. Ihmisen toiminnan tulee olla kestävää taloudellisesti, sosiaalisesti ja ympäristön kannalta. Siksi ihmisen toimien vaikutukset ympäristöön halutaan selvittää, ja mahdollisuuksien mukaan vähentää haittoja ja tehostaa hyötyjä. Toisaalta ympäristön tilan nopeat ja hitaat vaihtelut vaikuttavat ihmisen toimintaan, ja näistä vaihteluista on hyvä saada tietoa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

Kehittyvä mittaus- ja tiedonkäsittelytekniikka mahdollistaa entistä tarkemman ympäristön seurannan. Ilman, veden ja maaperän tilaa voidaan seurata halutuissa paikoissa reaaliaikaisesti. Laaja anturiverkosto mahdollistaa tietojen monipuolisen hyödyntämisen mm. tapahtumien dynamiikan arvioinnissa ja alueellisten vaikutusten arvioinnissa.

Teknologia kehittyy ja halpenee nopeasti samalla kun tiedon tarve kasvaa. Siten automaattisen reaaliaikaisen seurannan kannattavuus muuttuu jatkuvasti. Kannattavuuteen vaikuttaa oleellisesti, millaisia palvelukokonaisuuksia ympäristömittausten perusteella on mahdollista rakentaa. Kehitettävien palveluiden käyttäjiä ovat ainakin ympäristö- ja luonnonvara-alan viranomaiset ja järjestöt, säästä riippuvaisten alojen yritykset (mm. maa-, metsä- ja kalatalous, rakentaminen ja vapaa-ajan yritystoiminta) sekä tavalliset ihmiset ammatinharjoittajina ja vapaa-ajan viettäjinä.

Maasää-hankkeessa on laajana tutkimus- ja yritys yhteistyönä perustettu valuma-alueen kattava automaattinen mittausverkosto, joka mahdollistaa muun muassa tiedontuotannon vesistön ravinnekuormituksesta säätilan ja maatalouskäytäntöjen vaihdellessa sekä auttaa ymmärtämään paikallisen säätilan vaikutusta kasvien ja kasvitautien kehitykseen. Mittausverkosto toimii myös kehitysalustana, jossa voidaan tutkia ja kehittää mittauksen, tiedonsiirron, laadunvarmistuksen ja datan jalostuksen teknologioita sekä niiden avulla rakennettuja palveluita.

Tässä julkaisussa esitellään tutkimusalustan nykyinen kehitysvaihe. Alustan varaan on perustettu ja perustetaan uusia kehityshankkeita. Nyt päättyvän hankkeen toteuttivat Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Suomen ympäristökeskus sekä Ilmatieteen laitos yhteistyössä yritysten ja yhteisöjen, kuten a-Lab Oy, Luode Oy, Biota BD Oy, Yara Finland Oy, Luode Consulting Oy, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy, Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, Pohjoisen kantaperuna Oy, ProAgraria Keskusten Liitto, Salaojayhdistys ry, TeliaSonera Finland Oyj sekä Logica. Hankkeen päärahoittajia olivat Tekes ja maa- ja metsätalousministeriö sekä osallistuvat yritykset.

Lämmin kiitos hankkeen toteuttajille ja sen toteutumiseen myötävaikuttaneille.

Markku Järvenpää,  
tutkimuksen vastuullinen johtaja, MTT

# Sisällysluettelo

Maasää-hanke tutki automatisoitua ympäristömittaustiedon tuotantoa ja mittausten käyttösovelluksia .....	7
Mittausverkon toiminta ja datantuotanto .....	10
Maan kosteuden automatisoidun mittauksen hyödyntämismahdollisuudet .....	19
Menetelmä säähavaintotietojen alueelliseen yleistämiseen .....	23
Säätietoon perustuvat kasvitautiennusteet .....	27
Ympäristökuormituksen seuranta tarkennetussa viljelyssä .....	37
Maatalouden vesiensuojelukosteikon tehokkuuden mittaaminen antureiden avulla .....	44
Mittaukset Maasää-verkossa jatkuvat .....	53

---

# Maasää-hanke tutki automatisoitua ympäristömittaustiedon tuotantoa ja mittausten käyttösovelluksia

---

Hanna Huitu ja Sirpa Thessler, MTT

MTT:n koordinoiman Maasää-hankkeen tavoite oli tuottaa tarkkaa tietoa tila- ja lohkokohtaisista ympäristöolosuhteista, kehittää vesistökuormituksen seurantaa, tutkia ja tehostaa ympäristötietojen käyttöä peltoviljelyssä ja luoda viljelijöille päätös-tukisovelluksia. Hankkeessa myös edistettiin uusien liiketoimintamahdollisuuksien syntymistä tarjoamalla tekninen alusta sensoreiden testaukseen ja ympäristötieto-palveluiden kehittämiseen.

Hankkeessa rakennettu tekninen alusta sisältää Karjaanjoen valuma-alueella toimivan, kattavan automatisoidun ympäristömittauksen verkoston ja sen automaattisen laadunvarmistus- ja vikahälytysjärjestelmän. Verkoston tuottama datavirta on lähes reaaliaikaisesti sovellusten käytettävissä.

Muilta osin hankkeen tavoitteet konkretisoituivat työpaketeissa, jotka koostuivat vesienhoidollisen kosteikon toiminnan tarkkailusta, huuhtouma- ja valumamallinnuksesta, kasvinsuojelusovelluksista sekä anturitiedon käyttöönotosta peltoviljelyn säädössä ja ravinnetaseen seurannassa. Hanke päättyi 2009, mutta työ Maasää-verkossa jatkuu muun muassa maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa Envisense-hankkeessa.

## Automatisoitu ympäristön mittaus ja tiedontarjonta

Kun ympäristön mittauksia ja tiedonvälitystä ja –hallintaa automatisoidaan, mittausfrekvenssin tihentäminen ja mittausten ajallisen kattavuuden parantaminen helpottuvat. Toimivan, nykyisin usein internetiin perustuvan välityskanavan avulla tehdyt mittaukset voidaan myös tarjota saman tien sähköisinä, lähes reaaliaikaisina ja sijainnista riippumattomasti tiedon tarvitsijoille ja sovellusten käytettäväksi.

Tiheä mittausfrekvenssi voi tuoda ilmiöistä esiin uutta dynamiikkaa, varsinkin kun eri suureiden ja sijaintien aikasarjat voidaan mittaushetken perusteella edelleen yhdistää toisiinsa. Hyvä ajallinen kattavuus puolestaan varmistaa, että mittaukset ovat käynnissä silloinkin, kun kiinnostava ilmiö ta-

pahtuu ennalta arvaamatta. Reaaliaikaisesti käytössäoleva tieto puolestaan mahdollistaa nopean reagoinnin mitattavan suureen muutokseen.

Mittausten yksikkökustannusten odotetaan automatisoinnin myötä laskevan, mutta maastossa tapahtuva mittaaminen vaatii väistämättä resursseja muun muassa ylläpito- ja huoltotoimiin sekä tiedonsiirtoon. On siis hyvä tarkastella mittauksista saatavaa hyötyä suhteessa kustannuksiin, ja pohtia millä tarkkuudella ja alueellisella ja ajallisella tiheydellä mittaukset tuottavat parhaan lisäarvon esimerkiksi parempina päätöksinä. Tämä näkökulma pidetään mielessä myös Maasää-verkossa tehtävässä kehitystyössä, esimerkiksi kasvinsuojelun sovellusten osalta. Mittausda-



tan potentiaalinen arvo on usein suurimmillaan kun mittaukset toimivat yhdessä mallien kanssa, joten on syytä tarkastella koko ketjua

aina mittauksista sovelluksiin ja sovellusten hyödyntämiseen.

## Karjaanjoen valuma-alue pilottialueena

Maasää-hankkeessa pilottiverkko rakennettiin Karjaanjoen noin 2 000 km<sup>2</sup> laajuiselle valuma-alueelle. Valuma-alue onkin usein esimerkiksi hallinnollisia rajoja mielekkäämpi aluekokonaisuus ympäristön seurannassa. Ympäristötiedon – mm. sään, sateen, maankosteuden, veden laadun ja määrän – kokonaisvaltainen hallinta valuma-alueella oli hankkeessa mahdollista tutkimuslaitosten yhteistyön avulla. Hankkeessa tehtävää sovellusten kehitystyötä ei kuitenkaan voi rajata vain tälle alueelle, vaan työn tulokset ovat yleistettävissä myös pilottialueen ulkopuolelle.

Mittausverkon pistemäisten havaintojen yleistäminen verkon kattamalle alueelle vaatii tähän soveltuvia menetelmiä. Yleistettynäkään mittaustiedot eivät kuitenkaan anna informaatiota muilta kuin mittausalueilta, kun

taas mittauksiin perustuvat, esimerkiksi prosesseja kuvaavat mallit ovat usein siirrettävissä myös alueelta toiselle. Myös hankkeessa kehitetyt tiedontuotannon ja laadunvarmistuksen menetelmät voidaan ottaa käyttöön pilottialueen ulkopuolella.

Eri mittausverkkojen peittävyys voi myös lomittua, ja sovellusten vaatima tietovirta voidaan järjestää esimerkiksi yhdistämällä Maasää-verkossa tehtyjä mittauksia muiden mittausverkostojen havaintojen kanssa. Esimerkkinä tästä Maasää-hankkeessa verkon mittauksia käytettiin rinnan Ilmatieteen laitoksen valtakunnallisen säähavaintoverkoston mittaustiedon kanssa. Mittaustietoja voidaan myös yhdistää esimerkiksi kaukokartoitusaineistoa tuottavien antureiden informaation kanssa.

## Ympäristöolosuhteiden paikallisesta seurannasta hyötyä viljelyyn

Pelto- ja avomaaviljelyssä suuri osa tuotannon vuotuisesta vaihtelusta johtuu sääolosuhteiden vaihtelusta, ja viljelylle tärkeät prosessit kasvien kasvusta lähtien tapahtuvat säiden armoilla. Yksi yleisimmistä ympäristömittauksen anturiverkkojen käyttösovelluksista onkin sään ja ilmaston monitorointi, usein maatalouden tarpeisiin.

Viljelyn tai kasvin kasvun kannalta epäsuotuisat olosuhteet aiheuttavat välillä tarvetta toimenpiteisiin kuten kasteluun tai hallan tai kasvitautien torjuntaan. Hyvään paikalliseen mittaustietoon ja luotettavasti toimiviin malleihin perustuvan tiedon avulla päätökset ja

riskeihin varautuminen saadaan aiempaa varmemmalle pohjalle.

Erityistä hyötyä mittauksista ja ennusteista on silloin, kun tilanteen laatu tai vakavuus ei ole suoraan nähtävissä. Esimerkiksi monien kasvintuhoojien leviämisen havainnointi on hankalaa varsinkin jos viljelyala on laaja. Toisaalta kasvitautien onnistunut torjunta saattaa vaatia reagointia jo ennen kuin tauti on havaittavissa. Osa kasvintuhoojista on onneksi sellaisia, että niiden kehitystä pystytään melko luotettavasti mallintamaan ja ennustamaan olosuhdetietojen kuten lämpötilan ja kosteuden perusteella. Mahdol-

lisuus ennakkointiin tukee tällöin viljelijän omaa päätöksentekoa.

Kasvinviljelyssä olosuhdetietojen ottaminen huomioon yhdessä panos- ja tuotos-tietojen kanssa antaa pohjaa viljelyn ja sen tuotostavoitteiden tarkentamiseen. Olosuhdetietoja voidaan käyttää myös toimenpiteiden säätöön jopa reaaliaikaisesti. Vaaditaan

kuitenkin vielä runsaasti kehitystyötä, jota antureilla mitattu tieto saadaan parhaiten käyttöön maatalan työkoneiden ja prosessin säädössä. Maasää-hankkeessa tehty kehitystyö mahdollisti esimerkiksi paikallisella säähavaintoasemalla mitatun tiedon reaaliaikaisen käyttöönoton kasvinsuojeluruiskun asetusten säädössä.

## Ravinnekuormituksen seuranta tarkentuu jatkuvilla mittauksilla

Vahva riippuvuus sääolosuhteista ilmenee myös viljelyn ympäristövaikutuksissa kuten maatalouden ravinnehuuhtoumissa vesistöön. Pellolla tehtävillä toimenpiteillä on myös suuri merkitys huuhtoumiin – toimenpiteet voivat joko helpottaa tilannetta vähentämällä alueen huuhtoumaherkkyyttä, tai altistaa maaperää ja ravinteita huuhtoutumiselle ja siten lisätä ravinnepäästöjä vesistöön. Mittaustietojen käyttöönotto palvelee viljelyn tarkentamista, jolloin viljelyprosessista poistuvaan ja vesistöön huuhtoutuvaan ravinne määrään pystytään vaikuttamaan.

Ravinnekuormituksen seurannan tärkeys on kasvanut, kun tietoisuus vesistöjen kuormituksesta ja Itämeren huonosta tilasta on li-

sääntynyt. Jotta maatalouden vesiensuojelutyö saadaan kohdennettua järkevästi, tarvitaan tietoa erilaisten vesiensuojelutoimenpiteiden tehokkuudesta ja tehokkuuden todentamisesta. Tähän liittyen hankkeessa tutkittiin tuotetun anturitiedon käyttöä vesiensuojelullisen kosteikon toiminnan tarkastelussa. Pelloilta vesistöön joutuvilla ravinnehuuhtoumilla on suuri ajallinen vaihtelu: esimerkiksi suuri osa pellon vuotuisesta ravinnehuuhtoumasta voi tulla muutaman rannan (talvisen) sadekuuron seurauksena. Jatkuvat tiheäintervalliset mittaukset tarjoavat mahdollisuuden todentaa pelloilta vesistöön huuhtoutuvat ravinne määrät ja saada ne paremmin hallintaan.

---

# Mittausverkon toiminta ja datantuotanto

---

Hanna Huitu ja Sirpa Thessler, MTT  
Niina Kotamäki, SYKE

## Mittausverkko ja laitteet

Maasää-hankkeessa rakennettu laaja pilot-tiverkko tuottaa jatkuvaa ympäristömit-taustietoa Karjaanjoen noin 2 000 km<sup>2</sup> laajuudesta valuma-alueesta. Sääparametre-jä, maankosteutta ja veden määrää ja sen kuljettamia ravinteita koskevaa dataa kerä-tään reaaliaikaisesti noin 70 automaattiselta havaintoasemalta.

Asemat keräävät mittauksia niihin kytke-tyistä antureista, ja toimittavat tiedot asemas-ta riippuen 15–60 minuutin välein langat-

tomasti palvelimelle. Asemia voidaan ohjata tekstiviestein, ja ne voidaan myös ohjelmoi-da lähettämään esimerkiksi hälytysviestejä haluttuun GSM-liittymään.

Asemien välillä ei ole viestiliikennettä. Mit-tausverkosto on antureiden sijainnin suhteen joustava ja myös muunneltavissa, sillä suurin osa havaintoasemista ei vaadi kytkentää verkkovirtaan. Asemien siirtomahdollisuus otetaan huomioon myös datan keruussa, sil-lä mittauksien lisäksi tallennetaan niiden



Kuva 1. a-Weather säähavaintoasema. (Kuva Lippo Sundberg)

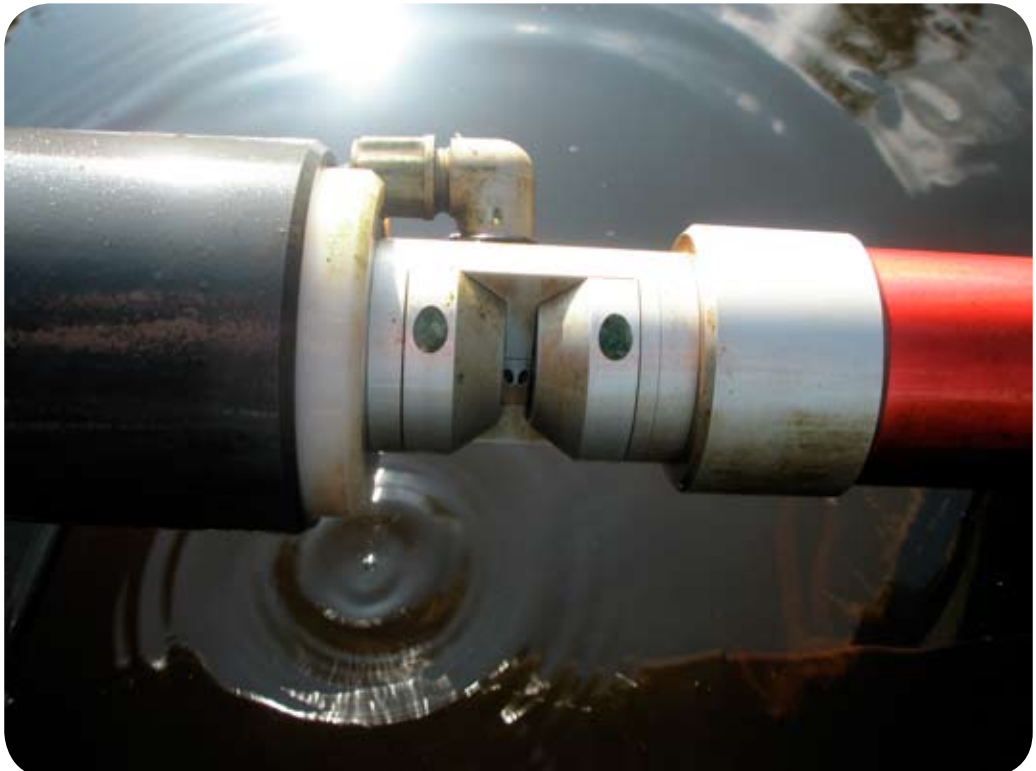
sijaintitiedot: kaikki kerättävä mittausdata on siis myös paikkatietoa.

Sääparametrien mittaus tapahtuu a-Lab Oy:n toimittamilla a-Weather säähavainto- asemilla, joita on tässä verkossa 54 kappaletta. Nämä asemat on sijoitettu pääosin alueen yksityisten viljelijöiden peltolohkoille. Asemat mittaavat lämpötilaa, ilmankosteutta, sademäärää, ilmanpainetta sekä tuulen suuntaa ja nopeutta tiheällä, 15–60 minuutin intervallilla.

Asemien sijoituspaikkojen valinta ja asentaminen toteutettiin MTT:n, SYKE:n ja Ilmatieteen laitoksen kanssa yhteistyönä. Tavoitteena oli koko valuma-alueen kattava

sijoittelu, joka palvelee peltojen kasvuolosuhteiden mittausta ja mahdollistaa säätietojen yleistettävyyden ja vertailtavuuden Ilmatieteen laitoksen mittausten kanssa, mutta on samalla huollon kannalta kohtuullinen. Sääaseman ei myöskään haluttu aiheuttavan kohtuutonta haittaa viljelytoimenpiteille sijoituspaikassaan. Osaan sääasemista on liitetty maankosteutta mittaavia FDR- ja liuska-antureita. Maan kosteutta seurataan 21 anturilla, jotka on sijoitettu pääosin peltoympäristöön.

Veden sameutta mitataan yhteensä 20 kohteessa jokiuomista salaojakaivoihin. Osassa havaintoasemista kokonaisuuteen on yhdistetty vedenkorkeutta mittaava paineanturi.



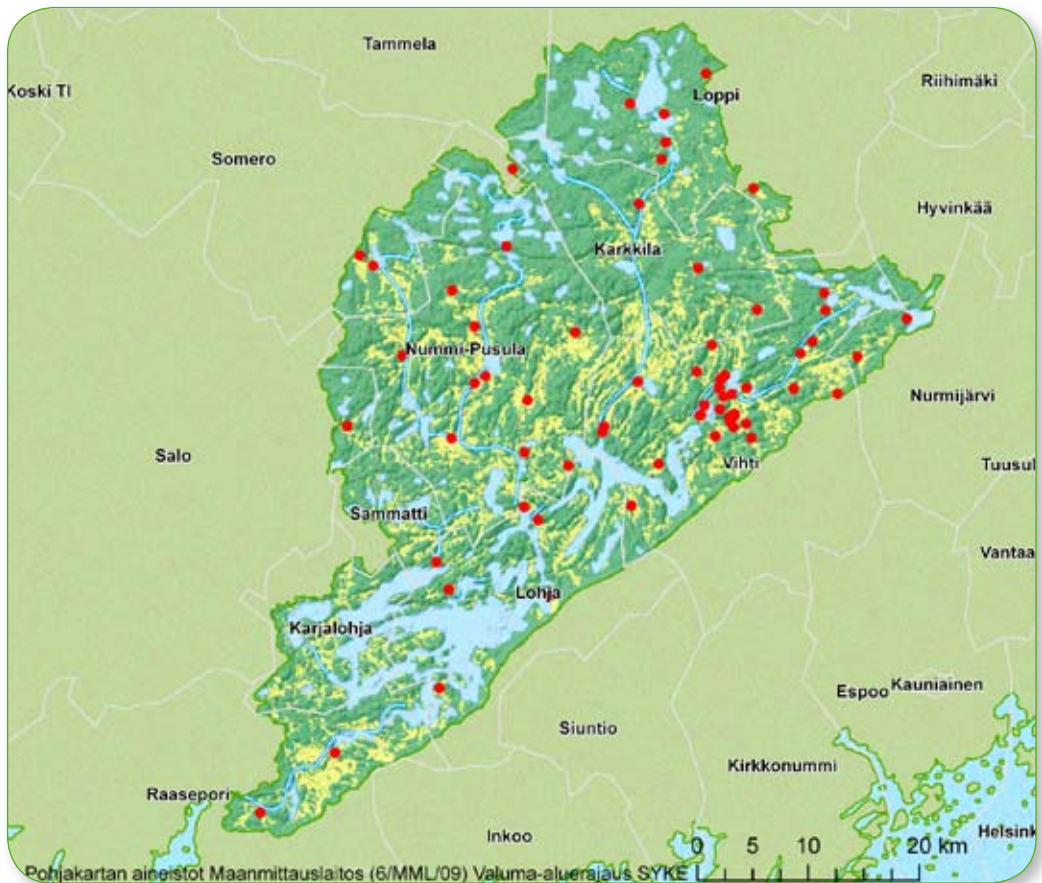
Kuva 2. Ravinnehavaintoasemissa käytetty s::can-merkkinen spektrometrianhuri. (Kuva Lippo Sundberg)

Vedenkorkeusmittausten avulla saadaan selville mittauspaikan läpi kulkeva virtaama. Sameusmittaukset toteutetaan 16 kohteessa OBS3+-anturilla. Neljässä mittauskohteessa seurataan sameuden ja virtaaman lisäksi nitraattityypen pitoisuutta sekä lämpötilaa. Näillä Luode Oy:n toimittamilla ravinnehavaintoasemilla mittauksiin käytetään optiseen mittaukseen perustuvaa anturia (s::can).

Veden laadun mittauspisteet on suunniteltu SYKE:n ja MTT:n yhteistyönä. Sijoittelussa otettiin huomioon muun muassa valumien

ja virtaamien mallinnuksen tarpeet. Mittausasemien oli myös sijaittava huollon kannalta saavutettavissa paikoissa, eivätkä ne saaneet aiheuttaa merkittävää haittaa vesistön virkistys- tai muulle käytölle.

Tiedonsiirto asemilta tietokantapalvelimille järjestettiin langattomasti GSM- ja GPRS-tekniikkaa käyttäen. Käytännössä mittaus tulokset siirretään tekstiviesteinä tai datapuheluna. Palvelimelta tiedot ovat internetin välityksellä lähes reaaliaikaisesti hankkeeseen osallistuvien käytettävissä.



Kuva 3. Maasää-verkon havaintoasemien sijainnit. Kartta: Hanna Huitu.

## Mittausverkon keräämä data

Maasää-verkon antureilta tallentuu tietokantoihin päivittäin yli 30 000 mittaustulosta. Mittausverkon tuottama data sisältää tiedon mittauspaikasta, tarkan mittausajan sekä mitattavan suureen arvon. Reaaliaikaisesti käytettävissä oleva raakadata koostuu havaintosarjasta, joka on mitattu havaintoasemasta riippuen 15 min tai 60 min välein.

Ravinneasemien (4) mittaamat arvot käyvät läpi asiantuntijan suorittaman tarkistuksen ja korjauksen, ja havaintosarja tulee suoraan internetiin ladattavaksi. Sää- ja sameushavaintoasemien (65) mittaukset käyvät läpi kerran päivässä ajettavan laadunvalvonnan,

jolloin mittaustietoihin lisätään mittauksen laadusta kertova koodi.

Säähavaintoasemien mittaustuloksia voi vapaasti hakea rekisteröitymällä IL:n ylläpitämään Testbed-web-palveluun, tai hakemalla viimeisen kuukauden tiedot suoraan Maasää-hankkeen julkisesta web-pohjaisesta dataliittymästä (kts. osoitteet tämän julkaisun lopussa olevassa Lisätietoa-luvussa). Veden laatumittaukset pyritään myös pian saamaan julkiseen jakeluun, tässä vaiheessa niitä voi kysyä käyttöönsä hankkeen koordinaattorilta. Dataa käytettäessä on syytä ottaa huomioon, ettei vastaa laadultaan virallista, esimerkiksi ympäristöhallinnon tuottamaa dataa.

Taulukko1. Maasää-havaintoverkon tuottamat mittaukset.

Mitattavat suureet	Anturi	Esitys-tarkkuus	Mittausväli (min)
Ilman lämpötila (°C)	Pt1000	0,1 °C	15
Ilman suhteellinen kosteus (%)	AST2 Vaisala HMP50	0,1 %	15
Sademäärä (mm)	Davis Rain Collector	0,1 mm	15
Tuulen suunta (aste)	Davis Anemometer	5 astetta	15
Tuulen nopeus (m/s)	Davis Anemometer	0,1 m/s	15
Maan tilavuuskosteus (%)	Decagon ECHO (capacitance)	0,1 %	15
Maan tilavuuskosteus (%)	FDR (Frequency Domain Reflectometry)	0,1 %	15
Veden sameus (NTU)	OBS3+	0,1 NTU	15
Veden pinnankorkeus (cm)	Keller 0.25 bar	0,1 cm	15
Veden nitraattityppipitoisuus (mg/l)	S::can Nitro::lyser	0,1 mg/l	60
Veden sameus (FTU)	S::can Nitro::lyser	1 FTU	60
Veden pinnankorkeus (cm)	Keller PR36	0,1 cm	60
Veden lämpötila (°C)	Luode omaa tuotantoa	0,1 °C	60

## Automaattinen laadunvarmistus- ja hälytysjärjestelmä

Hankkeessa kertyvän datan käsittelyyn kehitettiin automaattisesti toimiva laadunvarmistus- ja hälytysjärjestelmä, jonka tehtävänä on havaita tietovirrasta puuttuvat ja epäilyttävät mittaukset, välittää tieto niistä asemaa huoltavalle henkilölle sekä merkitä tallennettavaan dataan havainnot laadun epävarmuudesta. Järjestelmän avulla datan virheisiin tai puuttumiseen voidaan tarvittaessa reagoida nopeasti.

Järjestelmää on kehitetty Suomen ympäristökeskuksen johdolla, ja varsinkin sääparametrien osalta on hyödynnetty myös Ilmatieteen laitoksen osaamista. Automaattinen laadunvarmistus- ja hälytysjärjestelmä hakee ennalta määritellyin väliajoin tietokantaan saapuneita mittauksia, tarkistaa ne neljän eri testin avulla ja siirtää tarkistetun datan toiseen tietokantaan.

Kaksi ensimmäistä testiä koskee puuttuvia arvoja. Järjestelmä tarkistaa, onko viimeisen neljän tunnin aikana tietokantaan tullut mittauksia ja puuttuuko viimeisen 24 tunnin aikana yksittäisiä mittauksia. Näiden testien avulla havaitaan esimerkiksi virran loppuminen paristoista tai jokin muu konkreettinen mittausta tai tiedonsiirtoa haittaava ongelma.

Kolmantena testinä tarkistetaan, asettuuko mittaustulos ennalta määrättyjen raja-arvojen väliin. Sääparametrien osalta järjestelmä käyttää Ilmatieteen laitoksen määrittämiä raja-arvoja. Veden sameuden ja vedenkorkeuden raja-arvot perustuvat uomakohtaisesti Suomen ympäristökeskuksen Hertta-tietokantaan tallennettuihin historiatietoihin ja datan kertyessä tehtyihin tarkennuksiin



Kuva 4. Vanjärvellä toukokuun alkupäivinä 2008 sameusanturiin kiinnittyi mäkärän toukkia. Kuvassa toukat näkyvät kotelokoppineen. Toukkien takia anturin mittaustulos ei pysy ennalta määritettyjen raja-arvojen välissä, ja laadunvarmistusjärjestelmä antaa epäilyttävistä mittaustuloksista johtuvan hälytyksen. Kuva Lippo Sundberg.

Neljäs testi kertoo, mittaako anturi jatkuvasti samaa arvoa. Tämä testi tunnistaa virhetilan- teet, jolloin anturi on jäänyt ”jumiin”. Tällai- nen tilanne on mahdollinen esimerkiksi sää- aseman jalustan kaaduttua.

Kun datassa havaitaan näiden testien pe- rusteella jotain epäilyttävää, järjestelmä li- sää tallennettavaan dataan tiedon epäilystä ja tiedostoon kirjautuu vastaava hälytysviesti. Järjestelmä kerää hälytykset edellisen vuoro- kauden ajalta ja lähettää ne kerran vuorokau- dessa laaduntarkkailijan sähköpostiin. Laa-

duntarkkailija kuittaa hälytykset ja ilmoittaa tarvittaessa asemien huoltajille ongelmista. Tieto epäilystä tallennetaan datan mukana tietokantaan, jotta se on myös datan loppu- käyttäjän saatavilla.

Järjestelmä paikallistaa melko luotettavasti erilaiset ongelmat, kuten asemien kaatumisen maahan tai paristoissa ilmenneet kos- ketushäiriöt. Mikäli asema on lakannut ko- konaan toimimasta, eli se ei ole lähettänyt lainkaan mittauksia, tieto myös tästä on saa- tu nopeasti asemien huoltajille.

## Mittalaitteiden huolto

Mittausverkko vaatii jatkuvaa huoltoa. Ha- vaintoasemien huolto toteutetaan sekä sään- nöllisinä huoltokäynteinä kaksi kertaa vuo- dessa että tarpeenmukaisena huoltona. Automaattinen laadunvarmistus- ja hälytys- järjestelmä tukee mittausasemien kunnossa- pitoa välittämällä päivittäin tietoa odotta- mattomista tai puuttuvista mittaustuloksista. Esimerkiksi paristojen vaihdot pyritään te- kemään säännöllisten huoltojen yhteydes- sä siten, ettei paristojen vaihdosta johtuvia mittausten keskeytymisiä ja huoltokäyntien tarvetta tulisi huoltojen välille.

Jos tietokantaan ei saavu anturilta mittauk- sia, vika on tyypillisesti havaintoasema- eikä anturikohtainen. Havaintojen puuttumisen syynä on yleensä virransaannin ongelma tai GSM-modeemin toimintahäiriö, jossain ta- pauksissa myös GSM-verkon toimintahäiriö. Ongelmat voivat myös kytkeytyä toisiinsa, esimerkiksi heikon GSM-yhteyden lisätessä virrankulutusta. GSM-verkon kattavuuden

ongelmia on ratkottu vaihtamalla ongelmal- liselle havaintoasemalle eri puhelinoperaat- tori. Virransaannin ongelmia on puolestaan ratkottu paristotyyppin vaihdolla parempaan, ja GSM-modeemin häiriöitä on jonkun ver- ran saatu vähennettyä parantamalla SIM- kortin ja modeemin välistä kontaktia.

Varsinkin verkon perustamisvaiheen aika- na ongelmia aiheutti myös asemien kaa- tuminen, joka johtui tukihihnojen reso- noinnista tuulessa ja rikkihankautumisesta havaintoaseman kiinnityksessä. Uudella kiinnitysratkaisulla hihnat saatiin kestä- mään paremmin.

Havaintoverkko on myös alttiina ihmis- ten joskus arvaamattomallekin toiminnalle. Asemien sijainti yksityisomistuksessa olevil- la mailla antaa varmasti jonkinlaista suojaa ilkkivaltaa vastaan. Tästä huolimatta kaksi ha- vaintoasemaa on kuitenkin joutunut ilkkival- lan kohteiksi hankkeen aikana.

## Antureiden puhdistus

Osassa toteutetuista mittauksista havaintojen laadun ylläpito edellyttää antureiden säännöl- listä puhdistusta. Säähavaintoasemien mitta-

uksista sademittaus vaatii eniten huomiota, sillä lehdet tai lintujen ulosteet voivat tukkia sademittarin suppilon. Lämpötila-, ilmanpai-



ne- ja tuulianturit eivät vielä kahden vuoden käytön aikana ole vaatineet puhdistusta.

Sameusmittauksissa anturien likaantuminen on useissa kohteissa nopeaa ja alkaa välittömästi vaikuttaa datan laatuun. Yhteensä 16 sameusanturista kuudessa on akkutoiminen puhdistusharja, joka pyyhkäisee mekaanisesti linssin puhtaaksi ennen mittausta. Sameusanturit puhdistetaan lisäksi manuaalisesti noin kerran kuukaudessa. Antureiden likaantuminen kiihtyy touko-kesäkuussa, jolloin

sameusantureiden optiseen lukupäähän taikertuu usein myös kotiloita ja levää. Puhdistusväliä joudutaan tällöin lyhentämään.

Ravinneasemien nitraattia ja sameutta mitaavissa antureissa on ajastettu paineilmapuhdistus, joka puhaltaa linssin puhtaaksi aina muutama minuutti ennen mittausta. Lisäksi anturit puhdistetaan säännöllisesti käsin noin yhden kuukauden välein, likaantumisen ollessa nopeampaa ne joudutaan puhdistamaan useammin.



Kuva 5. Jukka Havento puhdistamassa sameusanturia.  
(Kuva Lippo Sundström)

## Mittausdatan käyttö

Tiheän mittausintervallin ja jopa ympärivuotisen mittauskauden ansiosta Maasää-mittausten ajallinen kattavuus on varsin hyvä. Tästä on erityistä hyötyä, kun jokin kiinnostava ilmiö tapahtuu ennalta arvaamatta. Tämä huomattiin esimerkiksi kevättalvella 2008, kun Hovin pelloilta kosteikkoon virtaavassa vedessä havaittiin suuria ravinnepitoisuuksia yhdistettynä suureen virtaamaan. Havaittu huuhtouma oli odotettua suurempi, ja muodosti huomattavan osan vuoden 2008 vuosihuuhtoumasta.

Laaja mittausverkosto mahdollistaa myös prosessin kattavan seurannan. Esimerkiksi jokiveteen mahdollisesti syntyvien ravinnepulssien muodostumista ja kulkeutumista vesistöissä pystytään seuraamaan jokien mittausasemien avulla. Samoin vaikkapa rannikasateen vaikutuksia tai pellon vesitaseen kehitymistä voidaan seurata veden määrän ja laadun, maankosteuden ja sateen mittaus-ten tukemina.

Automaattisilta asemilta saatava jatkuva mittaustieto antaa enemmän informaatiota ympäristömme tilasta kuin perinteinen, ihmistyövoimaan perustuva näytteenotto. Tiheäintervallinen anturidata tuo kuitenkin uusia vaatimuksia suuren tietomäärän käsittelyyn ja hallintaan ja laatuksymysten huomioimiseen. On myös hyvä muistaa, että suuri osa nykyisin käytetyistä malleista on kehitetty käyttämään lähtötietoinaan nimenomaan perinteiseen näytteenottoon perustuvaa dataa.

Laadunvarmistusjärjestelmän testien perusteella säähavaintoasemat ja niiden anturit

ovat toimineet yleisesti ottaen melko luotettavasti. Testeissä havaittuja raja-arvoylityksiä on ollut vain muutamia (0,06 % havainnoista) ja niille on löytynyt meteorologinen selitys. Puuttuvien arvojen määrä on sameushavaintoasemilla ollut mediaanina 1,4 % ja säähavaintoasemilla mediaanina 0,6 %. Vaihtelu on kuitenkin asemittain suurta, joiltakin asemilta on jäänyt puuttumaan yli 10 % havainnoista.

Mittausten tarkkuus vaihtelee mittaussuureittain. Antureiden ilmoitettu mittaustarkkuus on yleisesti varsin hyvä. Suurimmat epätarkkuudet mittauksiin syntyivät mittaustilanteissa esimerkiksi kasvillisuuden tai vesieliöstön haitatessa sameusanturin toimintaa, sademittarin tukkeutuessa tai tuulimittarin jumittuessa. Nämä epätarkkuudet pyritään laadunvarmistusjärjestelmän avulla merkitsemään dataan, sillä ne usein halutaan rajata käyttösovelluksessa käytön ulkopuolelle.

Mittausten toteuttamisessa on tärkeää tuntea myös mittauksen fysikaaliset ja kemialliset perusteet, jotta voidaan varmistua siitä, että mitataan tutkimuskysymyksen kannalta oikeaa asiaa. Tätä tietämystä ei hyväkään laadunvarmistusjärjestelmä pysty korvaamaan.

Yhtenä tärkeänä laatutekijänä anturimitausdatassa on mittausten edustavuus, joka Maasään kaltaisessa usean toimijan yhteishankkeessa joudutaan toteuttamaan kompromissina eri mittaustarpeiden välillä. Mittausverkoston havaintoasemien sijaintia ja anturivalintoja onkin aina myös tarkasteltava mittaustiedon käyttötarpeen kannalta.

## Tietolaatikko 1: Matemaattiset mallit veden määrän ja laadun arvioinnin apuvälineenä

Timo Huttula ja Jari Koskiaho, SYKE

Ravinnehuuhtoutumisen arvioinnissa taseiden tarkastelu on tärkeää. Taseita voidaan muodostaa peltolohkoille, peltoalueille ja niitä laajemmille alueille. Käytännössä valuma-alue-tarkastelu ja sen jakaminen osavaluma-alueiksi on paljon käytetty lähestymistapa, ja sitä käytettiin myös tässä hankkeessa. Valuma-alueen rajausta tapahtuu vedenjakajien avulla. Nämä voidaan määrittää topografisesta kartasta ja tarkentaa kenttäkäynneillä.

Tasetarkastelu voidaan parhaiten tehdä mittausten ja laskennallisten mallien avulla. Tiheä mittausverkko mahdollistaa joskus jo yksinään tasetarkastelun. Tällöin mittausasemia perustetaan kohdealueelle ja niiden keräämistä tuloksista lasketaan taseet. Nykyisin pyritään mahdollisimman monien mittausten osalta automaattiseen mittaustoimintaan, jotta muuttujien ajallinen vaihtelu saadaan havaittua.

Ainetaseita simuloivien mallien kehittämisessä mittaustietoja voidaan hyödyntää monella tavalla. Mittauksista saadaan arvoja simuloitavien muuttujien laskennan alkuhetkeä varten. Toiseksi mittaustuloksia tarvitaan mallien syöttöarvojen saamiseksi. Esimerkiksi sadanta-arvoja tarvitaan hydrologisissa malleissa koko laskettavalle jaksolle. Lopuksi simuloitujen muuttujien arvoja voidaan verrata havaittuihin arvoihin ja tämän perusteella voidaan säätää mallien säätöparametreja tai tehdä mallin aluekuvaukseen muutoksia.

Maasää-hankkeessa mittausasemaverkko pyrittiin kehittämään niin monipuoliseksi, että sen avulla saatiin kattava kuva valuma-alueen meteorologiasta, hydrologiasta ja ravinnehuuhtoumista. Kohdealueeksi valittiin Karjaanjoen alue, koska siellä oli ennestään hankkeessa mukana olevien tutkimuslaitosten mittausasemia ja koska MTT:n Vakolan aseman tekninen tuki tiedettiin tärkeäksi asemaverkon perustamisessa ja ylläpidossa.

Maasää-hankkeessa käytettiin kolmenlaisia simulointimalleja. Peltolohkotasolla laskettiin ravinnehuuhtoumia ICECREAM-mallilla. Sen kohdealue oli Vakolassa. Mallilla saatiin laskettua peltolohkoilta tuleva ravinnekuorma. Mallinnettua tuloksia verrattiin alueen tiheän mittausasemaverkon tuloksiin.

Seuraavaksi tehtiin suurempi alueellinen mittakaava- ja tasetarkastelu amerikkalaisella SWAT- ravinnehuuhtoumamallilla. Sen kohdealue oli Vihtijoen valuma-alue. Tällekin osa-alueelle on hankkeessa keskitetty useita mittausasemia. SWAT-mallin avulla voidaan laskea ravinnehuuhtoumat erilaisissa sääoloissa ja maankäyttötilanteissa. Näin esimerkiksi erilaisten viljelykäytäntöjen vaikutuksia voidaan simuloida.

Laajin alueellinen mittakaava Maasää-hankkeessa käytettävistä malleista on SYKE:n operatiivisessa hydrologisessa WSFS-vesistömallissa ja siihen kehitetyssä VEMALA- vedenlaatumallissa. Tällä vesistömallilla lasketaan operatiivisesti myös Karjaanjoen valunta- ja ravinne-ennusteet koko valuma-alueelta. Näin saadaan arvioitua esimerkiksi vesistöstä mereen poistuva ravinnekuorma. Eriytyisenä mielenkiinnon kohteena sekä WSFS:n että SWAT:n suhteen on se, miten tiheä sadeasemaverkko tarvitaan, jotta mallit antavat luotettavan tuloksen.

---

# Maan kosteuden automatisoidun mittauksen hyödyntämismahdollisuudet

---

Tapio Salo, MTT

Maan kosteuden eli vesipitoisuuden mittaamiseen on tarjolla useita erilaisia antureita. Niiden toiminta perustuu yleensä joko maahuokosten veteen kohdistamaan imuun (tensiometrit) tai vesipitoisuuden aiheuttamiin muutoksiin maan sähköisissä ominaisuuksissa.

Tensiometrit tarvitsevat yleensä vähintään viikoittaisen tarkistuskäynnin, joten maan sähköisiä ominaisuuksia mittaavat anturit soveltuvat parhaiten automaattisiin järjestelmiin. Sähköisissä antureissa tarkkuus ja hinta ovat usein yhteydessä toisiinsa ja automaattisissa järjestelmissä joudutaan hakemaan kompromissi anturin ominaisuuksien ja hinnan välillä.

Maasää-hankkeessa asennettiin mittausasemien yhteyteen 21 maankosteusanturia, jotka kaikki olivat kapasitanssityyppisiä. Kolme anturia asennettiin metsämaahan mittaamaan viiden senttimetrin pintakerroksen kosteutta metsäpaloriskin arvioimiseksi. Muut anturit asennettiin peltolohkoista ja viljelykasveista riippuen 10–30 cm syvyyteen.

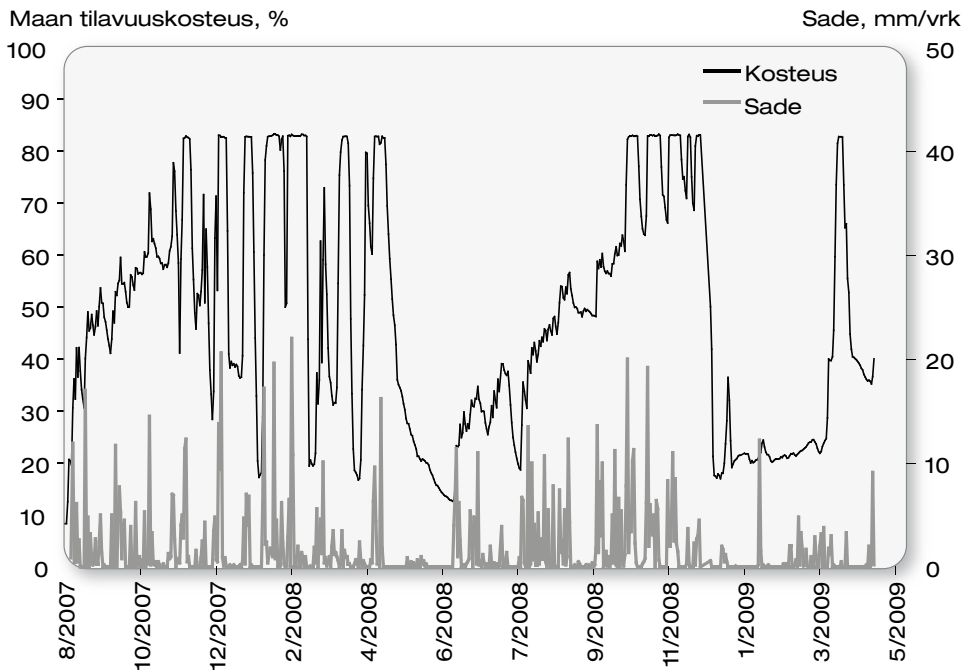
Tiheimmillään mittausverkko oli Hovin kosteikon valuma-alueella, jonne asennettiin neljä anturia. Hovin kosteikon lohkoilta otettiin antureiden läheltä kalibroitinäytteitä, joista määritettiin maan tilavuuskosteus. Mittausasemien tuottamasta tuntikohtaisesta tiedosta laskettiin vuorokausikeskiarvot ja tulosten tarkastelussa käytettiin myös asemien mittaamia sade- ja lämpötilatietoja.

## Maan kosteusanturien tulokset

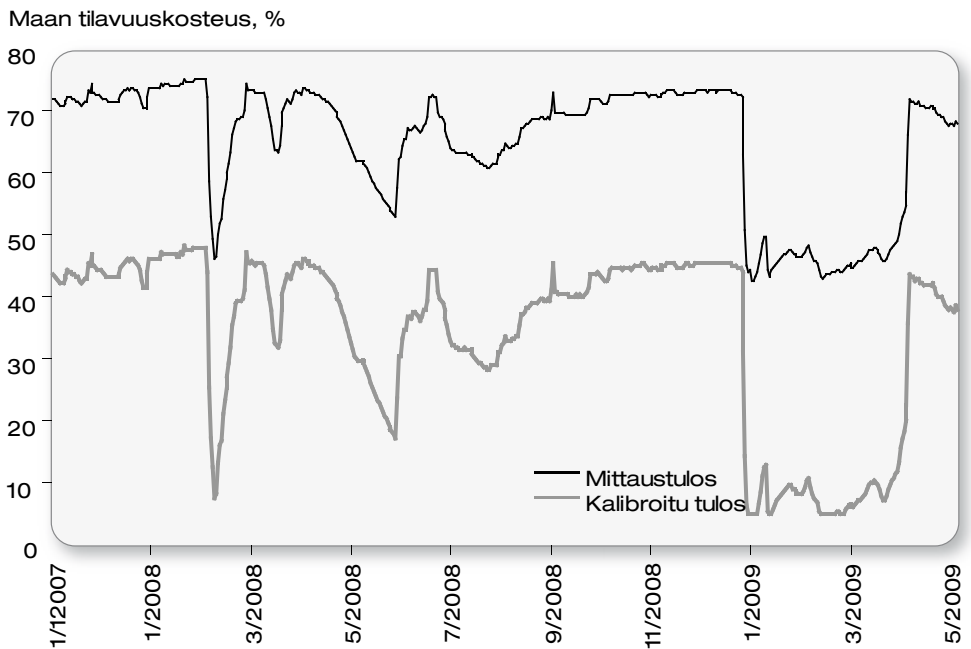
Kosteusanturi näytti arvioivan hyvin metsämaan pintakerroksen kuivumista ja siitä seuraavaa paloriskiä.

Kalibroitinäytteiden mukaan anturit eivät mitanneet tarkasti absoluuttisia tilavuuskosteuspitoisuuksia. Vaikka absoluuttiset tilavuuskosteuksien arvot eivät olisi kohdallaan maalajeista johtuvien erojen takia, tulosten

hyödyntämiseen tarvittavat vaihtelut minimi- ja maksimiarvojen välillä olivat yleensä selvästi havaittavissa. Pitkäkestoisessa mitaussarjassa maksimiarvot kuvaavat vedellä kyllästyneitä olosuhteita, kasvukauden minimiarvot lakastumisrajaa, jossa kasvit ovat käyttäneet käyttökelpoisen veden ja talven minimiarvot maan jäätyminen kuivaavaa vaikutusta.



Kuva 6. Metsämaan pintakerroksen kuivuminen ja mitatut sademäärät kesällä 2008.



Kuva 7. Anturin suoraan tuottamat maan tilavuuskosteustulokset ja kalibroinnin avulla skaalatut tulokset.

Yhdistämällä mittausaseman tiedot maan kosteudesta, sademäärästä ja ilman lämpötilasta voidaan tarkastella useita maan vesitalouden kannalta keskeisiä olosuhteita. Talvi 2007–2008 oli lämmin ja sateet tulivat pitkään vetenä. Maan jäätyminen aiheuttama kuivuminen havaitaan vasta helmikuussa 2008. Tämän jälkeen routa sulaa kuitenkin nopeasti ja maa on palautunut täysin vedellä kyllästyneeksi maaliskuun puolivälissä 2008, jolloin kevätvalunta on jo käynnissä.

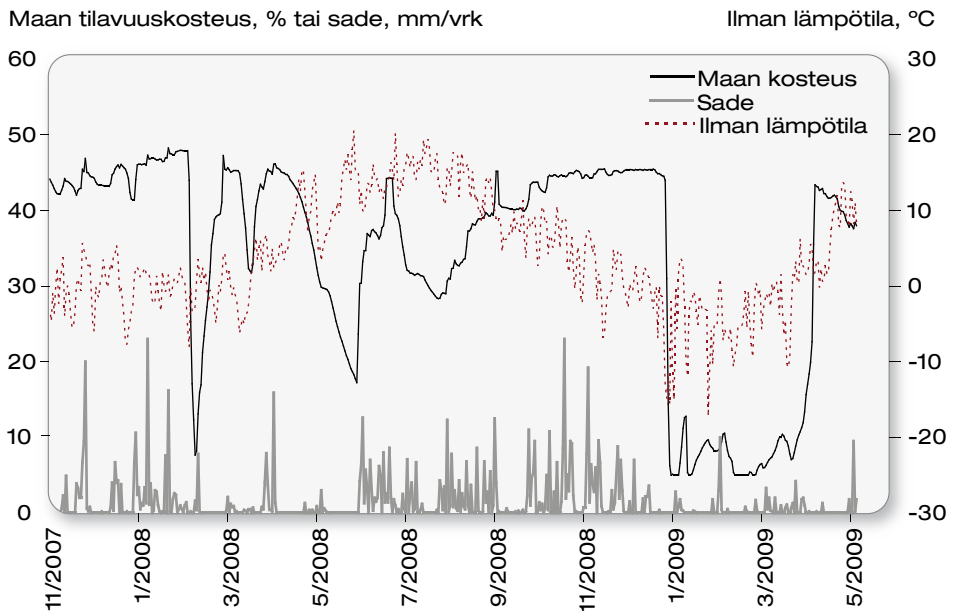
Kevällä ja kasvukauden 2008 alussa havaitaan haihdunnan kuivattaneen maata tehokkaasti, koska sateet ovat olleet vähäisiä. Kesäkuun puolivälissä maa on lyhyen hetken lakastumisrajalla, jonka jälkeen sateet pitävät maan kosteuden kasvien kannalta kohtuullisella tasolla.

Syksyn sateiden myötä maa on pitkään vedellä kyllästynyttä ja valunnan esiintyminen on mahdollista. Ilman lämpötila laskee vuodenvaihteessa ja routaantuminen kuivatti maan

sekä viimeistään pysäytti valunnan tammi-kuun 2009 alussa. Roudan sulamisen aiheuttama maan kosteuden nousu havaittiin huhtikuun 2009 puolivälissä.

Yhteenvetona antureiden toiminnasta voidaan todeta niiden olleen suhteellisen toimintavarmoja ja helposti asennettavia. Absoluuttiset tulokset eivät yleensä olleet kohdallaan, mutta suhteellisetkin tulokset olivat hyvin tulkittavissa.

Anturien asennussyvyys on ratkaistava tilannekohtaisesti. Muokkauskerrokseen (15–25 cm) asennettu anturi kuvaa maan kosteutta tarkemmin kasvin kannalta, mutta anturi on poistettava ja asennettava uudelleen kevät- ja syysmuokkausten yhteydessä. Tällöin mittausympäristö myös häiriintyy aina jokikin aikaa. Pysyvämpi asennus alle 30cm:n syvyyteen pitää mittausympäristön muuttumattomana, mutta maan kosteuden muutokset varsinkin savimailla ovat hitaampia kuin asennuksissa lähempänä maan pintaa.



Kuva 8. Maan kosteuden, ilman lämpötilan ja sademäärän mittaus tulokset Vihdin kosteikon alueella.

## Maankosteusmittausten tulosten hyödynnettävyys

Maan kosteusmittausten perinteinen hyödyntäminen on liittynyt kastelutarpeen arviointiin ja kastelumäärien mitoittamiseen. Tällä hetkellä kastelu on taloudellisesti kannattavaa yleensä vain perunalla ja puutarhakaasveilla, joten suurella osalla Suomen viljelypinta-alasta kastelua ei tehdä. Maan

kosteusmittaukset kertovat kuitenkin myös valunnan ajoittumisesta. Vedellä kyllästyneet tilanteet, jolloin valunta on mahdollista sekä jäätymis-sulamisprosesseihin liittyvät maan kosteuden muutokset ovat nähtävissä jatkuvista maankosteusmittauksista.



Kuva: Janne Vesterinen

---

# Menetelmä säähavaintotietojen alueelliseen yleistämiseen

---

Ari Venäläinen ja Pentti Pirinen, Ilmatieteen laitos

## Interpolointi tuo säähavaintoasemien tiedot käyttöön joka peltolohkolla

Kasvien ilmastolliset menestymisedellytykset voivat vaihdella hyvinkin pienellä alueella. Suomesta puuttuvat ilmaston alueellisia vaihteluita aiheuttavat suuret vuoristot, mutta toki maaston korkeusvaihteluilla ja vesistöillä on vaikutusta ilmastoon niin lämpötilojen kuin sateidenkin osalta myös täällä. Maaston korkeuden ja vesistöjen lisäksi pienilmastollisiin olosuhteisiin vaikuttavat mm. maaperä, kasvillisuus, rakennettu ympäristö sekä se, sijaitseeko tarkasteltava kohde etelä- vai pohjoisrinteellä.

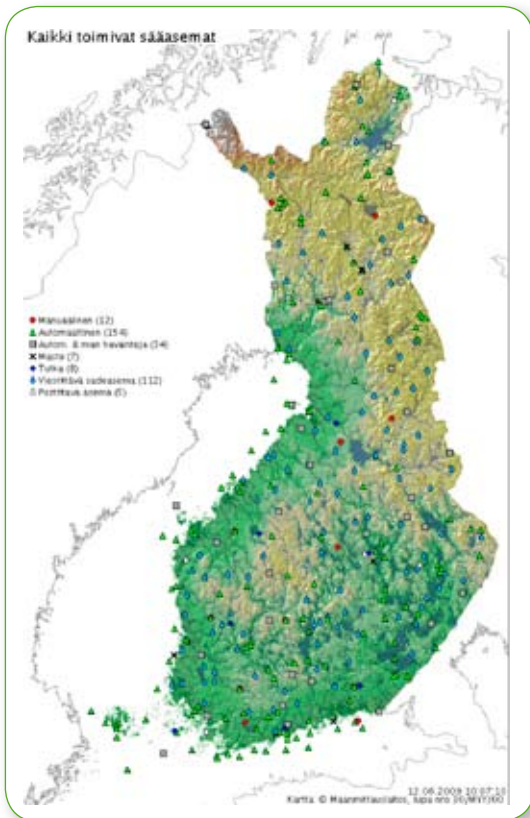
Sään ja ilmaston vaihteluista saadaan tietoja säähavaintoasemilla tehtävistä havainnoista. Suomessa on kansainvälisestikin katsoen varsin laaja ja laadukas, Ilmatieteen laitoksen hallinnoima säähavaintoverkosto, johon kuuluu 200 erityyppisesti varustettua säähavaintoasemaa sekä 120 sadeasemaa (kuva 9). Sääasemaverkosto on pääosin automatisoitu ja havainnot tehdään sekä viestitetään eteenpäin 10–60

minuutin välein. Sadeasemilla tehdään vain yksi havainto vuorokaudessa.

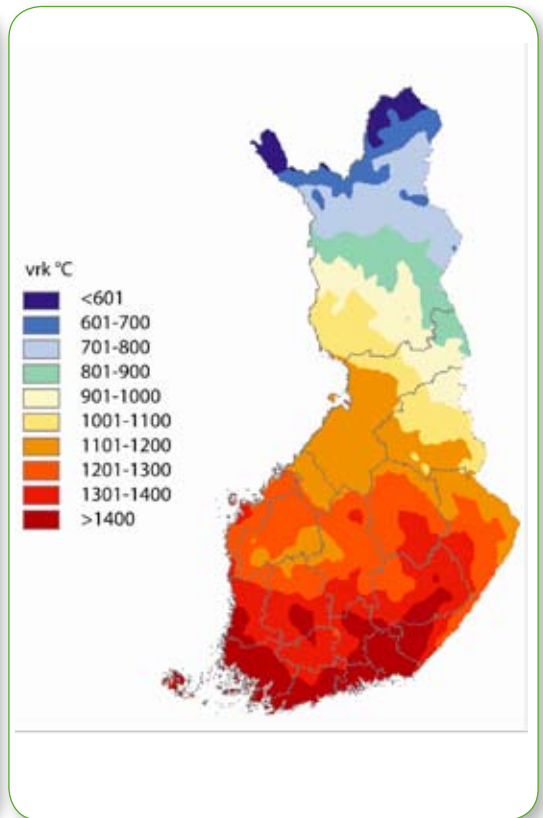
Säätietoja kuitenkin tarvitaan myös paikoissa, joissa säähavaintoja ei ole saatavilla, siksi Ilmatieteen laitoksella on kehitetty säähavaintojen alueellistamiseen soveltuva menetelmä. Asemapisteissä mitatut säähavainnot interpoloidaan hilaruudukkoon, jolloin säätiedot ovat käytettävissä kaikissa tarvittavissa paikoissa. Hilaruudukkoon interpoloidut säätiedot mahdollistavat muun muassa maataloudessa käytettävien mallien, kuten satoennustemallien, ajamisen kattavasti koko maan alueella.

Interpoloinnissa otetaan huomioon maaston ominaisuudet, esimerkiksi maaston korkeus, vesistöt tai maaston peite (metsiä, taloja, aukeaa). Useissa sovellutuksissa on käytetty 10 x 10 km hilaruudukkoa, joihin sääasemilla tehdyt havainnot on interpoloitu. Hilaruutuarvoista voidaan puolestaan laskea vaikkapa kasvukauden lämpösumma (kuva 10).





Kuva 9. Ilmatieteen laitoksen havaintoasemaverkosto. Lähde: Ilmatieteen laitos.



Kuva 10. Tehoisan lämpösunnan keskiarvo 1996–2006. Lähde: Ilmatieteen laitos.

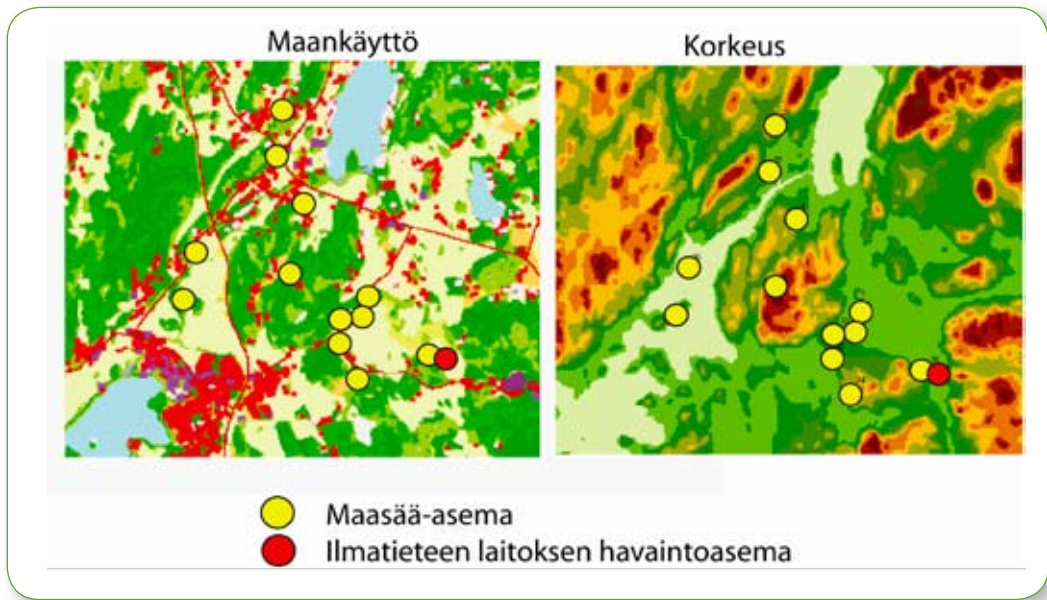
## Maasää-hankkeessa parempi alueellinen tarkkuus interpolointimenetelmään

Selvitettäessä ilmaston alueellista vaihtelua esimerkiksi peltolohkojen kokoisilla alueilla ei sellainen menetelmä, joka sopii 10 x 10 km hilaruutuihin tapahtuvaan sää-tietojen alueelliseen interpolointiin, välttämättä enää toimi. Ilmatieteen laitoksen tavoitteena Maasää-hankkeessa olikin kehittää sää-tietojen alueellisia interpolointimenetelmiä niin, että niitä voidaan käyttää suurta alueellista tarkkuutta vaativissa sovellutuksissa.

Maasää-hankkeessa tavoitteena oli päästä 25 m x 25 m alueelliseen tarkkuuteen.

Maasää-hankkeessa keskityttiin tutkimaan paikallisilmaston vaihtelua 7,5 km x 6,5 km kokoisella koe-alueella. Alueen sisälle jää esimerkiksi Hovin kosteikko ja MTT:n Vihdissä sijaitsevat alueet sekä 12 Maasää-havaintoasemaa (kuva 11).

Tausta-aineistona interpoloinnissa ovat korkeus- ja maankäyttötiedot. Molemmat ovat 25 metrin tarkkuudella olevaa rasteridataa ja käytössä oleva aineisto kattaa koko Suomen. Kullekin havaintoasemalla määritettiin korkeus ja vesistöjen vaikutusta kuvaava ”vetisyys”-indeksi.



Kuva 11. Koealue. Maankäyttökartassa pellot näkyvät keltaisina, metsät vihreinä, vesi sinisenä ja taajamat punaisina. Korkeuskartassa korkeimmilla sijaitsevat mäet ovat ruskeita ja laaksot vaalean vihreitä. Alueen korkeimmat mäet ovat noin 105 m ja alhaisimmat laaksot noin 40 m merenpinnan yläpuolella. Lähde: Ilmatieteen laitos.

Säätietojen interpolointi tiheään hilaruudukkoon tapahtui siten, että ensimmäisessä vaiheessa interpoloitiin Ilmatieteen laitoksen havaintoasemilta saatavien havaintojen avulla tarkasteltava säämuuttuja kuten lämpötila, 1 x 1 km ruudukkoon koko maan alueelle. Tämän jälkeen 1 x 1 km hilaruudu-

kossa olevaan aineistoa käytettiin lähtötietoina Maasää-hankkeen kohdealueelle. Tiheään 25 x 25 m ruudukkoon interpolointi tehtiin kahdella tavalla: A) interpoloinnissa mukaan otettiin myös Maasää-asemilta saatavat tiedot ja B) pohjautuen ainoastaan kilometrin ruudukossa olevaan aineistoon.

## Interpoloitujen arvojen tarkkuuden arviointi

Hankkeessa haluttiin selvittää kuinka tarkkoja interpoloidut arvot olivat. Interpoloitujen arvojen tarkkuuden arviointi tehtiin siten, että interpoloidaan yhtä ajanhetkeä niin monta kertaa kuin Hovin alueella on havaintoja eri havaintoasemilta ko. ajanhetkelle. Jokaisella suorituskerralla pudotetaan vuorotellen yhden havaintoaseman tiedot pois interpoloitavasta havaintodatasta. Interpoloinnin jälkeen poimitaan pudotettua havaintoasemaa lähinnä olevan hilapisteen

interpoloitu arvo talteen ja verrataan sitä aseman havaintoarvoon.

Maasää-asemilta havaintoja tuli 15 minuutin välein, joten vuorokaudessa kultakin asemalta tulisi saada 96 havaintoa. Interpoloinnin lähtödataksi hyväksyttiin vain ne asemat, joilta tuli vähintään 93 havaintoa vuorokaudessa (maksimissaan neljä havaintoa sai puuttua). Maasää-havainnot tarkastettiin automaattisesti ennen niiden tallentamista tietokantaan.

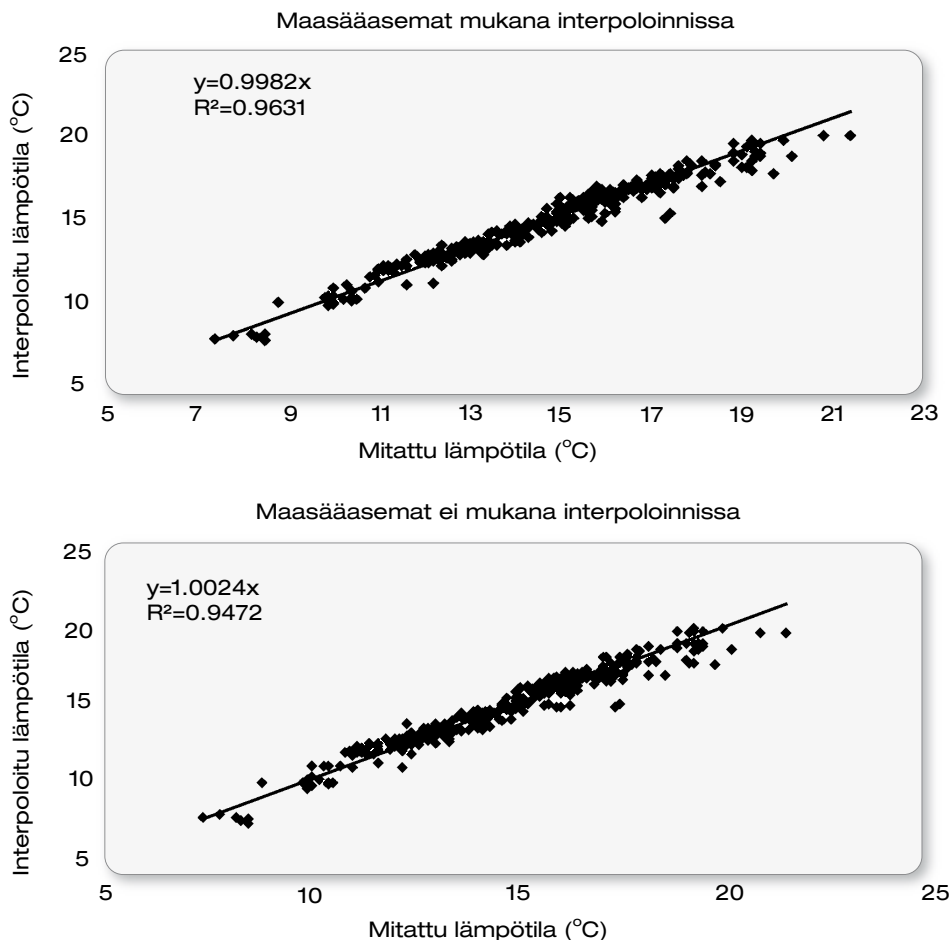
Ennen interpolointia havainnot tarkastettiin vielä uudestaan ja ilmeisen virheelliset arvot jätettiin pois aineistosta.

Tulosten mukaan vuorokauden keskilämpötila ja vuorokauden alin lämpötila voitiin interpoloida hämmästyttävän hyvin 25 x 25 m hilaruutuihin pohjautuen Ilmatieteen laitoksen perushavaintoverkoston (kuva 12). Interpoloinnin tarkkuuteen myötävaikutti mahdollisesti koalueen tasaisuus.

Myös Ilmatieteen laitoksen Vihti-Maasojan havaintoasema sijaitti koalueella ja sen mitaustiedot olivat käytettävissä kaikissa inter-

poloinneissa. Tiheän Maasää-havaintoverkoston mukaanotto lähtötiedoiksi interpolointiin paransi tuloksia jonkin verran. Interpoloidut arvot olivat sekä vuorokauden keskilämpötilan että etenkin vuorokauden alimman lämpötilan osalta systemaattisesti jonkin verran mitattuja arvoja korkeammat.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tutkimuksen mukaan paikallisilmaston alueellisen vaihtelun arviointi lähes peltolohkotasolla on mahdollista. Perushavaintoverkoston pohjalta saatua karkeampaa arviota voidaan edelleen tarkentaa paikanpäällä tehtävien mittausten avulla.



Kuva 12. Interpoloitujen ja mitattujen vuorokauden keskilämpötilojen vertailu.

---

# Sää tietoon perustuvat kasvitautiennusteet

---

Asko Hannukkala, MTT

## Malleilla tietoa kasvitautien torjuntatarpeesta

Muutamien yleisten kasvitautien, kuten perunaruton ja öljykasvien pahkahomeen, torjuntatarpeen arviointi on haasteellista, koska toimenpiteet on aloitettava hyvissä ajoin ennen tautioireiden ilmaantumista kasvuun. Näiden esimerkkitautilien puhkeaminen ja leviäminen riippuu pitkälle kunkin kesän sääoloista. Pelkän säämittausdatan perusteella voidaan arvioida melko hyvin, millainen tautiriski vallitsee, kunhan käytettävä sääaineisto vastaa riittävän hyvin arvioitavan peltolohkon pienilmastoa.

Perunarutto valittiin tässä hankkeessa esimerkkitapaukseksi, koska MTT:n Kasvinsuojelu on kehittänyt yhdessä pohjoismaisten

tutkimuslaitosten kanssa erilaisia perunaruton ennustemalleja jo kymmenen vuoden ajan. Taudin käyttäytyminen tunnettiin ennestään erinomaisen hyvin ja Maasää-hankkeessa voitiin keskittyä testaamaan, miten hyvin kehitetyt mallit toimivat tämälämpöisessä sääasemaverkossa.

Rypsin ja rapsin pahkahomeen ennustemalleja kehitettiin puolestaan MTT:n Kasvinsuojelussa 1980-luvulla. Vanhojen mallien toimivuutta päätettiin selvittää pienellä satauksella, koska sääasemaverkoston alueella viljellään melko paljon öljykasveja ja pahkahome on viime vuosina ollut tuotannossa merkittävä riesa.

## Perunarutto ja rutontorjunta

Perunaruton uskottiin 1980-luvun lopussa olevan voitettu ongelma perunanviljelyssä, koska normaalikesinä 1–3 perättäistä kasvinsuojeluruiskutusta piti taudin pois viljelyksiltä. Rutto kuitenkin iski takaisin 1990-luvulla. Ensimmäinen oire tulevasta ongelmasta oli, että äärimmäisen tehokkaana perunaruton torjunta-aineena pidetty Ridomil MZ (tehoaine: metalaksyyli) alkoi menettää tehoaan. Syynä oli torjunta-ainetta kestävien ruttokantojen yleistyminen perunapelloilla.

Seuraavaksi Euroopan valtasivat täysin uudentyyppiset perunaruttokannat, jotka muuttivat kokonaan taudin leviämisbiologian. Ennen tauti pystyi säilymään talven yli vain perunan elävissä mukuloissa. Käytännössä valtaosa edellisvuoden rutosta tuhou-

tui talven aikana. Uusi ruttomuoto talvehtii mukuloiden lisäksi maassa. Maahan joutuneiden tauti-itiöiden säilymistä ei rajoita mitään. Käytännön seuraus muutoksesta oli, että 1990-luvun aikana ruton alkaminen aikaistui 4–5 viikolla.

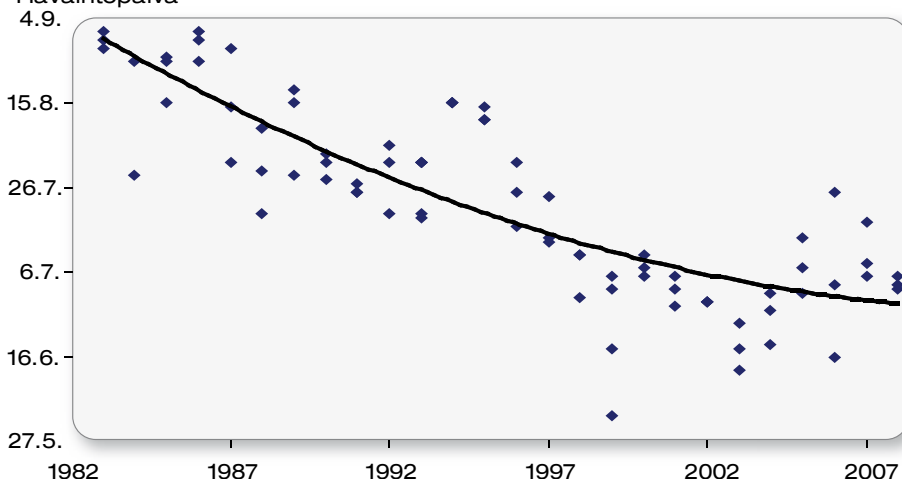
Ruton aikaistuminen on lisännyt merkittävästi kemiallisen torjunnan tarvetta. Keskimäärin ruttoa vastaan ruiskutetaan viisi kertaa kesässä, mutta pahoina vuosina tarvitaan jopa 9–10 perättäistä ruiskutusta. Sinänsä rutontorjunta ei nykyisinkään ole ongelma, koska laaja valikoima tehokkaita kasvinsuojeluaineita on käytettävissä. Torjunta on kuitenkin merkittävä lisäkustannus viljelijälle ja toisaalta EU painostaa vähentämään kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käyttöä.



Kuva 13. Perunarutto aiheuttaa aluksi mustanruskeita kuoliolaikkuja perunan lehtiin. Kostealla säällä laikut laajenevat nopeasti ja kasvusto voi tuhoutua muutamassa päivässä, ellei sitä suojata kemiallisilla kasvinsuojeluaineilla. Kuvat: Asko Hannukkala.

## Vuosien 1983 - 2008 ensimmäiset ruttohavainnot

Havaintopäivä



Kuva 14. Perunaruton alkaminen aikaistui 1990-luvulla 4–5 viikolla. Vielä 1980-luvulla tautia alkoi esiintyä yleensä elokuun jälkipuoliskolla. Nyt rutto iskee yleensä kesäkuun viimeisellä tai heinäkuun ensimmäisellä viikolla.

## Ensimmäisen ruttoruiskutuksen ajoitus

Aiemmin perunaruton alkaminen voitiin ennustaa melko tarkasti säätietojen perusteella. Uuden maasta leviävän perunaruton iskeytymistä ennustavia malleja ei vielä ole. Tästä syystä ruttoruiskutusten aloitusajankohdan määrittämiseksi on kehitetty pohjoismainen tarkkailu- ja varoitusjärjestelmä. Alkukesästä taudin alkamista tarkkaillaan eri puolilla Suomea olevilla tarkkailulohkoilla ja alkamispäivät näytetään pohjoismaiden kartalla, joka on vapaasti katsottavissa linkissä [www.euroblight.net](http://www.euroblight.net).

Maasää-hankkeessa ruton alkamistarkkailuun ja ruttoennusteiden laatimiseen vuonna 2008 valittiin 11 perunatilaa Karjaanjoen valuma-alueelta. Sääasemat asennettiin tiloille toukokuun aikana. Asemien lähellä sijaitsevia perunapelloja käytettiin osana Suomen ruton alkamistarkkailuverkoston.

Heinäkuun alusta lähtien perunatiloilla käytiin kerran viikossa ja tarkastettiin huolellisesti ruton mahdollinen esiintyminen perunalohkoilla. Myös viljelijät seurasivat tarkoin tilannet-

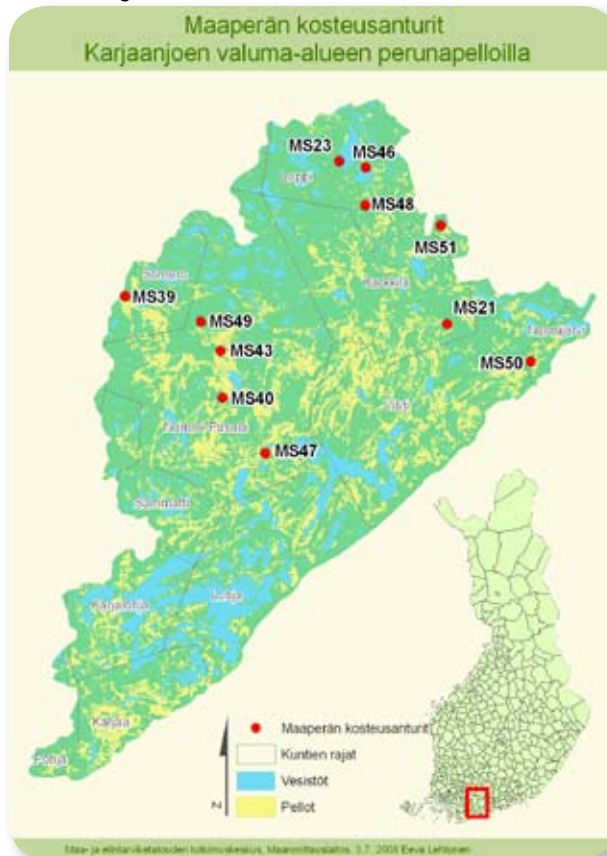
ta ja ilmoittivat, jos ruttoa löytyi tilakäyntien välisenä aikana. Lisäksi Jokioisilla oli perunaruttokokeiden yhteydessä sääasema. Jokioisilla ruton leviämistä ja sään vaikutusta siihen seurattiin päivittäin.

Kesä 2008 oli perunaruton alkamisen suhteen melko normaali 2000-luvulle. Ensimmäinen ruttohavainto tehtiin Jokioisilla 5.7. Maasäähankkeen havaintotiloilta ruttoa alkoi löytyä elokuun alussa. Havaintotilat tarjosivat merkittävän lisän ruton alkamishavaintoverkoston ja monet tilat ovat mukana tarkkailussa myös kesällä 2009.

Jokioisten havaintokokeissa saatiin lisävahvistusta sille, että rutto alkaa viikon kuluessa kesän ensimmäisen rankan sadejakson jälkeen. Kesäkuun viimeinen viikko kesällä 2008 oli sateinen ja rutto ilmaantui pellolle 5.7. Vielä ei ole tarpeeksi tietoa tarkan mallin laatimiseksi sille, montako millimetriä sadetta tarvitaan ruttoepidemian käynnistymiseen. Hankkeen kokemusten perusteella pystytään nyt välittämään suuntaa-antavaa ohjeistusta ruton alkamisesta.



Kuva 15. Alkukesästä eri Pohjoismaissa seurataan tarkoin ruton ilmaantumista perunapelloille ja havainnot näytetään www-pohjaisella kartalla Euroblight-järjestelmän avulla. Kuvan lähde: [www.euroblight.net](http://www.euroblight.net)



Kuva 16. Ruton alkamistarkkailun toteuttamiseen ja ruttoennusteiden testaamiseen valittiin 11 perunatilaa eri puolilta Karjaanjoen valuma-aluetta. Kartta: Eeva Lehtonen.



Kuva 17. Ruttovahainnot tehtiin satoi tai paistoi. Samalla tarkistettiin sääasemien toimivuus. Kuvat: Asko Hannukkala ja Pauliina Laitinen.

## Perunaruton torjuntatarpeen arviointi ensimmäisen ruiskutuksen jälkeen

Perunaruton leviämisenbiologia kasvustossa ensimmäisten tartuntojen tapahduttua tunnetaan varsin hyvin. Taudin etenemisnopeuteen ja tuhovoimaan vaikuttaa muutama biologinen perustekijä, joita voidaan mitata ja mallintaa. Perunan lehdille päätyneiden itiöiden itämis- ja tartutusprosentti ennustaa, paljonko uusia ruttolaikkuja voi syntyä tietyllä aikavälillä. Ruttotartunnasta uusien tautia levittävien itiöiden muodostumiseen kuluva aika ennustaa, miten nopeasti tauti etenee ja montako ruttosukupolvea kesän aikana ehtii syntyä. Ruttolaikun laajenemisnopeus perunan lehdessä ennustaa, miten nopeasti kasvusto voi tuhoutua. Ruttolaikussa vuorokauden aikana pinta-alayksikköä kohti kehittyvien uusien ruttotiöiden kappalemäärä ennustaa, kuinka laajalle yksi ruttolaikku voi levittää tautia.

Epidemian etenemiseen liittyviä tapahtumia ohjaa lähinnä lämpötila ja ilman suhteelli-

nen kosteus, mutta ruttokantojen väliset yksilölliset erot mitattavissa ominaisuuksissa ovat suuria. Hiljakkoin päättyneessä pohjoismaisessa tutkimushankkeessa kehitettiin yllä kuvattuihin ominaisuuksiin perustuva epidemiamalli, jolla voidaan ennustaa perunaruton käyttäytymistä erilaisissa Pohjoismaissa vallitsevissa sääoloissa. Alun perin oli tarkoitus Maasää-hankkeen asemaverkoston säämittauksia hyödyntäen käyttää kehitettyä epidemiamallia perunaruton leviämisenriskin ja torjuntatarpeen arviointiin.

Epidemiamalli soveltuu erittäin hyvin tutkimustarkoituksiin, mutta on turhan monimutkainen käytännön torjuntatarpeen arviointiin. Käytännössä riittää yksinkertaisesti tieto, pystyikö edellisyön sääoloissa muodostumaan uusia tautia levittäviä itiöitä, jotka on seuraavana päivänä hävitettävä kasvinsuojeluvälineillä. Reunaehdotkin itiöiden syntymiselle ovat yksinkertaiset: uusia itiöitä voi syntyä jos





Kuva 18. Ruton itiöt syntyvät kosteissa oloissa aamuyön tunteina ja näkyvät aamupäivällä lehtien alapinnoilla vaaleana homekasvustona. Kuva: Asko Hannukkala.

lämpötila on yli kahdeksan astetta ja ilman suhteellinen kosteus edellisillasta seuraavaan aamupäivään on ollut yhtäjaksoisesti vähintään 90 % yli kymmenen tunnin ajan.

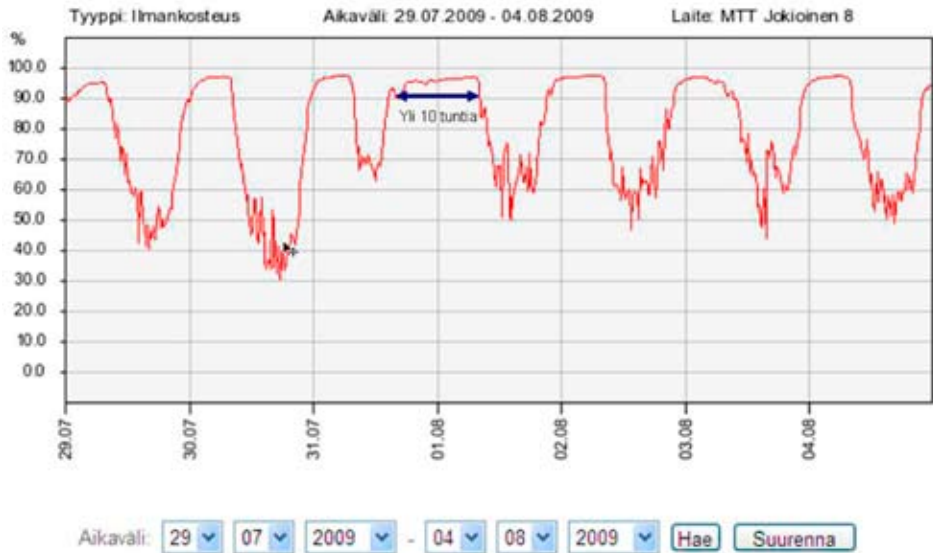
Ruton ilmaantumista hankkeessa mukana olleille perunapelloille tarkkailtiin viikoittain heinä-elokuussa. Kun ruttoa alkoi esiintyä heinäkuun puolivälin tienoilta lähtien, pelloille vietiin kasvihuoneessa kasvatettuja perunoita ruttoa pyydystämään, koska viljelijöitä ei voinut velvoittaa jättämään pelloille ruiskuttamattomia alueita. Mukana oli yksi luomutila, jolla taudin etenemistä voitiin seurata peltomittakaavassa.

Jokaiselle pellolle vietiin kerran viikossa kaksi kasvia sääasemien lähelle. Kasvit haettiin pois seuraavana päivänä, joten ne olivat pellossa noin 24 tuntia. Kasvit tuotiin Jokioisille ja laitettiin vuorokaudeksi 18 asteen lämpötilaan ja 95–100 %:n suhteelliseen kosteuteen. Sen jälkeen niitä pidettiin normaalissa kasvihuoneessa 18 asteen lämmössä ja seurattiin ruttolaikkujen ilmaantumista viikon ajan.

Lohkoilla, joilla ruttoa esiintyi runsaasti, pyydyskasveihinkin tuli ruttoa ja sen määrä noudatteli hyvin havaittujen kosteusjaksojen kestoa. Niillä pelloilla, joilla rutto torjuttiin ja tautia oli vähän, pyydyskasvit pysyivät terveinä, olivatpa kosteusjaksot millaisia tahansa.

Jokioisilla rutontorjuntakokeiden yhteyteen asennetun sääaseman lähellä ruttoepidemian ja kosteusjaksojen pituuden yhteyttä voitiin selvittää tarkemmin kuin viljelijöiden pelloilla. Kokeiden ruiskuttamattomista verranruuduista ruttohavainnot käytiin tekemässä kolme kertaa viikossa heinäkuun alusta syyskuun alkuun. Alussa tarkkailtiin ruton ilmaantumista, ja kun ruttoa alkoi esiintyä, arvioitiin silmävaraisesti ruton vaurioittama osuus prosentteina lehtialasta.

Ensimmäiset ruttolaikut ilmaantuivat kokeeseen 11.7.2008. Heinäkuussa oli vain muutamana yksittäinen yö, jolloin ilmankosteus oli yli kymmenen tuntia 90 %:n yläpuolella ja lämpötila yli kahdeksan astetta. Niinpä rutto ei merkittävästi edennyt ennen elokuu-



Kuva 19. Yksinkertaisimmillaan ruton torjuntatarvetta voidaan haarukoida hakemalla sääasemien mittausaineistosta jaksoja, jolloin edellisyön ilmankosteus on ollut yli 90 % vähintään kymmenen tunnin ajan. Torjunta on tarpeen, jos edellisestä ruiskutuksesta on kulunut 7–10 päivää.



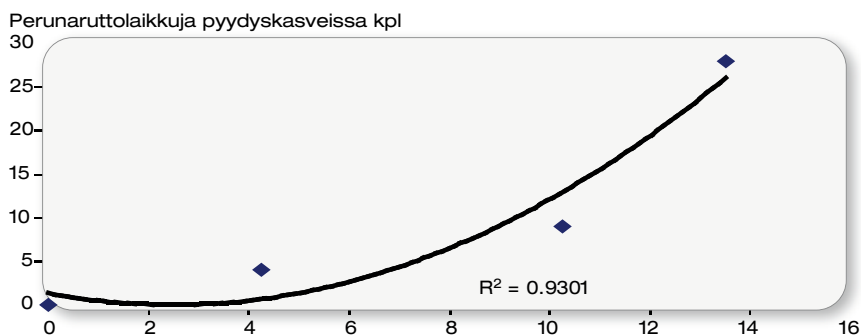
Kuva 20. Säähavaintoihin perustuvan ruttoriskin ja taudin tosiasiallisen leviämisen yhteyden varmistamiseksi pelloille vietiin kasvihuoneessa kasvatettuja perunoita. Niiden annettiin olla pellossa yön yli, jonka jälkeen kasvit tuotiin kasvihuoneeseen rutille otollisiin oloihin. Jos kasveihin oli tarttunut ruttoitiötä pellossa, niihin tuli kasvihuoneessa oireita suunnilleen viikon kuluessa. Kuvat: Askko Hannukkala.

ta. Elokuun alkuun osui jokunen yö, jolloin kosteusjaksojen kestot pitenevät ja lehtirutto alkoi edetä rajusti. Elokuulle osui useita saateisia päiviä, jolloin ilmakosteus oli melkein koko vuorokauden yli 90 %.

Elokuun 20. päivään mennessä rutto oli tuhonnut ruiskuttamattomat kasvustot kokonaan. Ruiskutetuissakin kasvustossa ruton tuhoama lehtiala oli tuolloin yleisesti 15–20 %:n luokkaa, mutta parhaissa torjuntaohjelmissa ruttoa oli vain kaksi prosenttia lehtialasta. Pitkien päivittäisten kosteusjaksojen esiintymistiheys selitti hyvin ruton esiintymistä ruiskuttamattomissa kasvustoissa ja

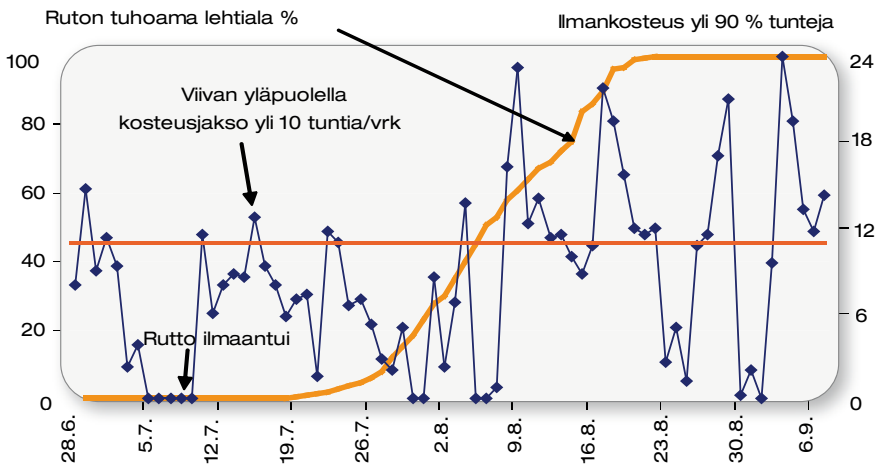
kosteusjaksojen kesto voidaan käyttää ruiskutustarpeen ennustamiseen.

Pelkkä kosteusjaksojen kesto perustuva arvio on hyvin karkea. Todellisuudessa rutto ei välttämättä tartuta kasveja, vaikka itiötä edellis yönä syntyisikin runsaasti. Ruttoitiöt tuhoutuvat auringon UV-säteilyn ansiosta muutamassa minuutissa. Aurinkoisina päivinä UV-säteily torjuu ruton jopa tehokkaammin kuin kasvinsuojeluaineet. Turhiin ruiskutusten välttämiseksi kehitetään parhaillaan pohjoismaisena yhteistyönä mallia niin, että se huomioisi auringon puhdistavan vaikutuksen.



Ilman suhteellinen kosteus havaintopellolla yli 90 %; tunteja/vuorokausi

Kuva 21. Pelloilla, joilla ruttoa esiintyi runsaasti, kosteusjaksojen kesto ennusti hyvin ruton iskeytymistä pyydyskasveihin. Vähärutteisilla ja torjunta-aineilla ruiskutetuilla pelloilla kosteusjaksoilla ei pystytty ennustamaan ruton leviämistä pyydyskasveihin.



Kuva 22. Jokioisten rutontorjuntakokeen ruiskuttamattomissa ruuduissa vuonna 2008 ruton etenemisnopeus noudatti hyvin pitkien päivittäisten kosteusjaksojen yleisyyttä.

## Öljykasvien pahkahomeen torjuntatarpeen ennustaminen

Myös rypsin pahkahomeen torjuntatarvetta voidaan ennakoida hyvin yksinkertaisesti. Torjunta on tarpeen, jos maa rypsin kukintaa edeltävän kolmen viikon jaksolla on yhtämittaisesti kosteaa. 1980-luvulla laaditun ennusteen perusteella tällä jaksolla tarvitaan yhteensä noin 30 mm:n sademäärä, jotta tauti tekee merkittävää tuhoa.

Maasää-hankkeen perunatilojen läheisyydessä oli useita rypsilohkoja, joilta tehtiin havainnot pahkahomeen esiintymisestä Rypsinoste-hankkeessa. Lisäksi Maasää-hankkeeseen

liittyvällä Hovin alueella tehtiin yksinkertainen pahkahomeen torjuntakoe.

Havaintopeltojen ja sademittausten perusteella näyttää siltä, että yksikertaista pahkahomemallia voidaan yhä käyttää torjuntatarpeen arvioinnissa. Esimerkiksi Hovin alueella, jossa oli ruiskuttamaton ja ruiskutettu rypsilohko, kukintaa edeltävän kolmen viikon sadesumma oli 39 mm. Ruiskuttamattomalla loholla 40 % kasveista oli pahkahomeisia ja ruiskutetulla kuusi prosenttia. Taloudellisesti torjunta on kannattavaa, kun tautia on noin 20–30 % tai enemmän.



Kuva 23. Pahkahomeen itiöt syntyvät maassa oleviin rihmastopakoihin kehittyvissä itiöemissä. Ne ehtivät kehittyä valmiiksi, jos maa on yhtäjaksoisesti tasaisen kosteaa 2–3 viikon ajan. Rypsi on arka tartunnalle vain kukintavaiheessa. Tautiriskin ennustamiseksi on tärkeä seurata rypsin kukintaa edeltävän jakson sademääriä. Kuvat: Asko Hannukkala.

## Tietolaatikko 2: Säämittaustiedon hyödyntäminen kasvinsuojelussa: tämä hankkeessa opittiin

Asko Hannukkala, MTT

- Perunaruton alkamisajankohta voidaan karkeasti arvioida alkukesän saateiden perusteella: rutto alkaa viikon kuluessa kesän ensimmäisen kunnon sadejakson jälkeen.
- Perunaruton leviämiskasvu voidaan melko hyvin päätellä lämpötilan ja ilman suhteellisen kosteuden perusteella.
- Ruttovaara on suuri, kun edellisen yön lämpötila on yli kahdeksan astetta ja ilmakeuhuus pysyy yli kymmenen tuntia 90 %:n yläpuolella.
- Rutontorjunta on riskijaksojen jälkeen tarpeen, jos perunapellossa tai sen lähellä on ruton tartuntalähteitä.
- Torjuntatarpeen täsmällisempi määrittäminen edellyttää tietoa siitä, miten yöllä syntyneet ruttoiöt säilyvät seuraavaan iltaan, koska auringonpaiste voi tuhota ruttoiöt yhtä tehokkaasti kuin torjuntaruiskutus.
- Alkukesän päivittäisiä sademääriä seuraamalla voidaan karkeasti ennakoita ruton alkamista niillä lohkoilla, joilla maasta leviävän ruton esiintymisen todennäköisyys on suuri.
- Sääasemilta saatavaa sademäärä- ja maankosteustietoa voidaan hyödyntää uusien rutonalkamismallien laadinnassa.
- Sääasemilta saatavaa sademäärä- ja maankosteustietoa voidaan hyödyntää myös ristikkukkaisten öljykasvien pahkahomeriskin ja ruiskutustarpeen arvioinnissa.
- Säämittaustietoa voidaan hyödyntää tulevaisuudessa muidenkin kasvi-tautien torjuntatarpeen määrittämisessä, jos vain säätekijöiden ja tautiepidemioiden yhteyksistä on tarpeeksi tietoa.



Kuva Asko Hannukkala

---

# Ympäristökuormituksen seuranta tarkennetussa viljelyssä

---

Liisa Pesonen ja Jere Kaivosoja, MTT

## Tehokas tiedonkeruu palvelee viljelyn tarkentamista ja kuormituksen seurantaa ja sen kohdentamista

Tarkennetussa viljelyssä peltolohkon sisältä, tarkkaa sääolosuhdetietoa käytetään tulkittaessa viljelyn onnistumista kasvukauden jälkeen ja laadittaessa suunnitelmia sen tarkentamiseksi seuraavina kasvukausina muun muassa lannoituksen osalta. Maasää-hankkeessa tutkittiin tiedonhallinnan järjestämistä siten, että olosuhdetietoja voidaan hyödyntää tehokkaasti monessa eri kohteessa. Tarkennetun viljelyn kehittäminen palvelee maatalouden kuormituksen vähentämistä ja auttaa tehostamaan kuormituksen seurannan järjestämistä ja oikeaa kohdentamista ajallisesti ja spatiaalisesti.

Viljelyprosessien tarkentamisessa on tärkeää kerätä paikkakohtaista tietoa viljelyn toteutuksesta, lähinnä käytettyjen panosten määrästä ja ajoituksesta sekä tuotetun sadon määrästä ja laadusta. Jotta kerätyn tiedon perusteella osataan ohjata viljelyä oikeaan suun-

taan, myös kasvukauden olosuhdetiedot täyttyy rekisteröidä ja arvioida niiden vaikutus toteutumaan. Tältä pohjalta voidaan ottaa paremmin huomioon tulevien kasvukausien olosuhderiskit viljelyn tavoitteiden ja toteutustavan määrittämisessä.

Panostietoina kerättiin tietoa lannoituksen ja kylvön paikkakohtaisesta toteutuksesta. Vastaavasti sadon paikkakohtainen määrä ja proteiini-/typpi- ja fosforipitoisuudet määritettiin Hovin alueella. Olosuhdetiedot ovat tärkeitä myös viljelytoimenpiteiden optimaalisissa ajoituksessa sekä tavoitteiden viimehetken täsmentämisessä, ja siten myös panosten määrän ja laadun reaaliaikaisessa optimoinnissa. Käytettävyydeltään hyvät tiedonhallintajärjestelmät ovat tässä avainasemassa. Tätä aihetta demonstroitiin kasvinsuojeluruiskutuksen asetusarvojen optimoinnilla työkonetyksikölle välitetyn tosiaikaisen säätiedon avulla (Tietolaatikko 3)

## Paikkakohtaisten lannoitus- ja satotietojen keruu ja käsittely

Ravintetaselaskelmien tiedonkeruuta varten kehitettiin yhteistyössä MTT:n rahoittaman CropInfra-projektin kanssa peltotöiden dokumentointiin järjestelmää, jolla pyritään vaivattomaan peltodatan keruuseen. Järjestelmä koostuu työkonisiin integroiduista antureista, automaattisesta datan tallentamisesta työkonen tietokoneelle ja tiedon langatto-

masta siirrosta web-palvelimen kautta maatalan tietokantaan.

Kaikki kerätty tieto on paikkatietoa. Kesän 2008 aikana paikanmäärittämiseen käytettiin joko DGPS- tai RTK-GPS-laitteistoja, loggaustaaajuuden vaihdeltaessa tarpeen mukaan yhdestä hertsistä 50 hertsisiin. Tiedot

tallennettiin tiedonkeruuta ohjaavalle tietokoneelle, josta ne siirrettiin manuaalisesti jatkokäsittelyyn. Puinnin yhteydessä kokeiltiin myös sadon mittaustietojen siirtämistä langattomasti web-palvelimelle yhteistyössä Hämeen Ammattikorkeakoulun kanssa. Kokeilussa tiedonsiirto toimi hyvin ja langatonta tiedonsiirtoa ja palvelin-tietokantajärjestelmän kehittämistä jatketaan seuraavissa projekteissa, tavoitteena täysin automaattinen tiedonkeruu tulevana kasvukausina.

Kasvukauden 2008 aikana käytetty tiedonkeruu sisälsi sekä käytettävien lannoituspanosten paikkakohtaisen annostelun dokumentoinnin että sadon määrän ja typpi- ja fosforipitoisuuksien mittaamisen Hovin alueella Vihdissä. Tiedot kerättiin yhteensä 46 hehtaarin alalta, kasveina olivat ohra, rypsi, kevätvehnä ja nurmi. Tiedonkeruu edellytti automaattisen tiedonkeruun instrumentointia kolmeen työkoneeseen: lannoitteiden pintalevittimeen (nurmi), kylvölannoittimeen (viljat) sekä puimuriin. Nurmen sadonmittaamisen osalta tyydyttiin otantaan nurmen koeruutupuimuria käyttäen, mutta jatkossa myös nurmen automaattinen sadonmittaus on kehityskohtena.

Sadonkorjuun tiedonkeruumenetelmät jakautuivat leikkuupuimurilla tehtyihin vilja- ja öljykasvien korjuuseen sekä nurmen korjuuseen. Viljakasvien sadonmittaamista varten oli MTT Vihdin maatilalla leikkuupuimuriin instrumentoitu sadon määrän paikkakohtaista mittaamista varten Fieldstar-satomittari. Sadon typpi- ja fosforinäytteiden keruussa hyödynnettiin puimuriin instrumentoitavaa, automaattista näytteenkeräintä. Sillä saadaan paikkakohtainen 150–200 ml:n suuruinen näyte puimurin viljavirran myöhempää laboratorioanalyysia varten.

Näytteitä otettiin ohralta ja vehnältä keskimäärin neljä näytettä hehtaarilta, rypsilä 11 näytettä hehtaarilta ja nurmelta kolme näytettä hehtaarilta satoa kohden.

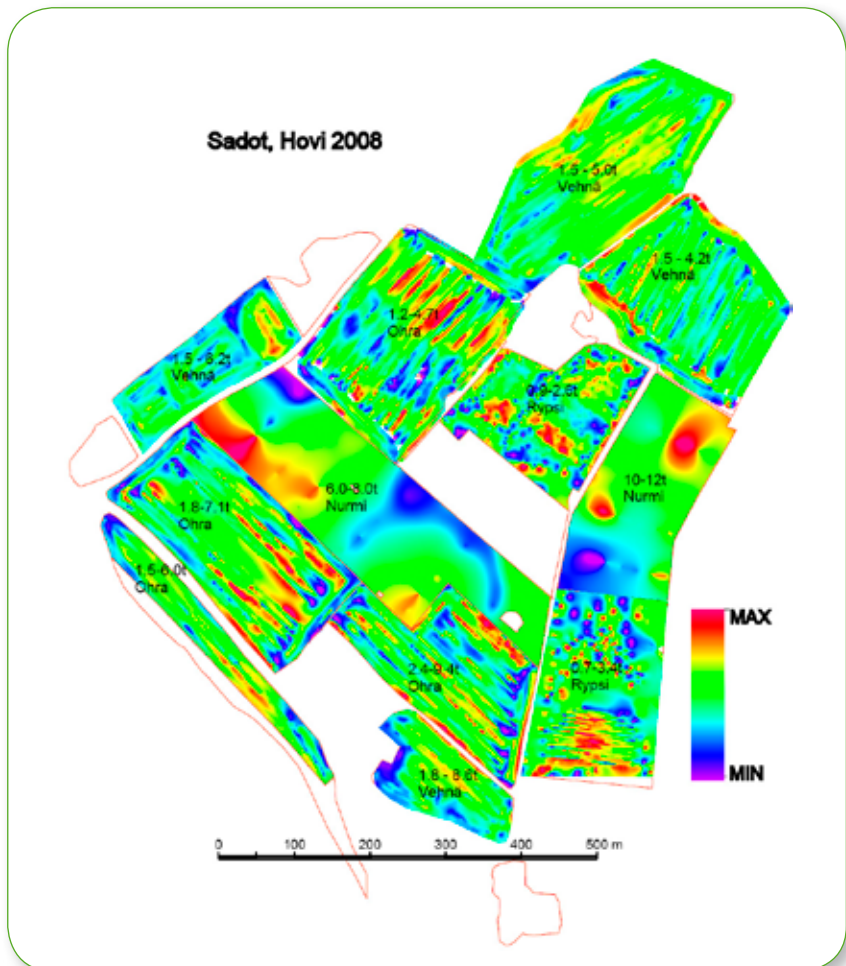
Lohkonsisäisen sadon mittaus tehtiin nurmen osalta siten, että koeruutujen korjuuseen tarkoitettulla korjuukoneella peltoon niitettiin 1,5 m:n levyisiä kaistaleita noin 50 m:n välein. Kaistaleet jakautuivat 10–20 m:n pituisiin koeruutuihin, joiden paikat mitattiin DGPS:llä. Kaistaleiden biomassaa mitattiin paikkakohtaisesti ja korjatuista eristä otettiin paikkakohtaiset laatu näytteet kosteuden, typen ja fosforin laboratoriomäärityksiä varten. Aineistosta laadittiin peltolohkon sisäistä vaihtelua kuvaavat satokartat sekä typen ja fosforin ravinnetasekartat paikkatietoanalyysitekniikoita käyttäen.

Vilja- ja öljykasvien sadonmittauksessa huomioitiin sadon määrä, kosteus, leikkuupöydän leveys sekä puimurin kallistukset. Saatu pistemäinen satomäärä interpoloitiin Minimum Curvature -menetelmällä siten, että lähtöarvojen ylitystä ei sallittu. Analysoitujen ravinnettien sijainnit korjattiin viiveellä, joka kuuluu viljan kulkiessa leikkuupöydältä näytteenottorulettiin. Näytepisteet interpoloitiin Inverse Distance -menetelmällä estäen jälleen lähtöarvojen ylitys tai alitus. Typen- ja fosforinotto laskettiin kertomalla satokartan paikkakohtaiset kuiva-ainesatomäärät typen ja fosforin prosentuaalisilla osuuksilla kuiva-aineesta. Nurmen sadonmittauksen osalta satotiedot ja analysoidut näytteet olivat samoilta alueilta, ”koeruuduilta”, joten ravinnettien määrityksessä ei tarvittu varsinaisia paikkatietoanalyysijä. Tiedot interpoloitiin kartoiksi Inverse Distance -menetelmällä. Ravinnetaset laskettiin vähentämällä lannoitusarvoista ravinteiden otto.

## Satovaihtelu ja typpi- ja fosforitaseiden vaihtelu tutkituilla lohkoilla

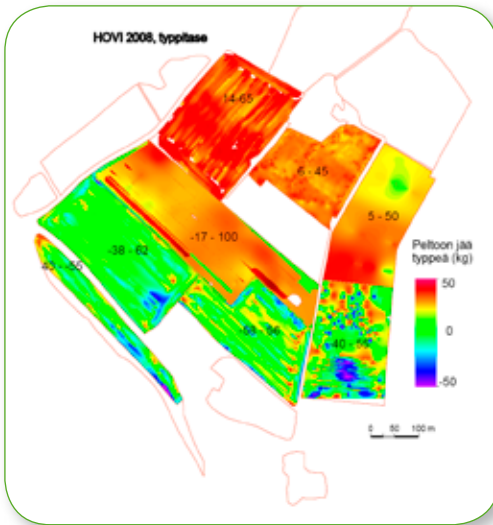
Hankkeen aikana kerätyn aineiston pohjalta laadittiin satokartat sekä typen ja fosforin tasekartat Hovin alueen peltolohkoille GIS-mallinnus- ja analyysityökaluja käyttäen. Kuvissa 24–26 on esitetty laaditut kartat yhteensä 33 hehtaarin alalta. Näiden tulosten perusteella sekä sadonmuodostus että paikkakohtaiset ravinnetaseet vaihtelevat alueella lohkonsisäisesti huomattavasti kaikilla

mukana olleilla viljelykasveilla. Ohran satovaihtelu oli suurimmillaan peltolohkon sisällä 4 500 kg/ha, typpitaseen vaihtelu 114 kg/ha ja fosforitaseen vaihtelu 20 kg/ha. Rypsin satovaihtelu oli suurimmillaan peltolohkon sisällä 2 000 kg/ha, typpitaseen vaihtelu 95 kg/ha ja fosforitaseen vaihtelu 17 kg/ha. Nurmilohkoilla satovaihtelu oli suurimmillaan peltolohkon sisällä 2 000 kg/ha, typpitaseen

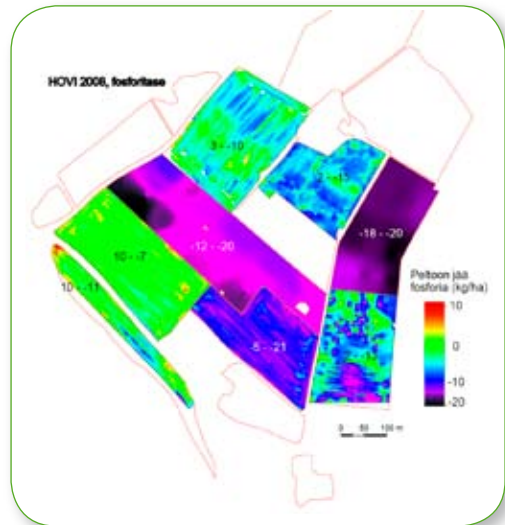


Kuva 24. Kuiva-ainesadot Hovin lohkoilla 2008. Kartta: Jere Kaivosoja.





Kuva 25. Typpitaseet Hovin lohkoilla: lannoitus – typenotto. Kartta: Jere Kaivosoja.



Kuva 26. Fosforitaseet Hovin lohkoilla: lannoitus – fosforinotto. Kartta: Jere Kaivosoja.

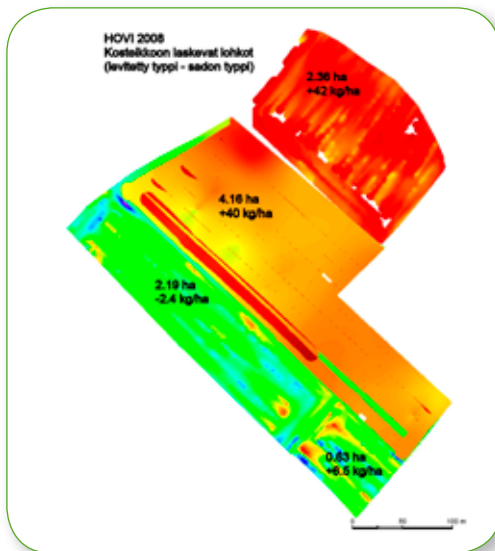
vaihtelu 45 kg/ha (lannoituksen kiilaavan päällekkäisajon kohdalla 117 kg/ha) ja fosforitaseen vaihtelu 2 kg/ha, fosforitaseen ollessa negatiivinen kauttaaltaan ko. lohkoilla.

Hovin kosteikkoon johtava 9,34 hehtaarin salaojasto ulottuu neljän eri kasvulohkon alueelle. Ojaston alueen typpitaseet vaihtelevat suuresti kasvulohkoittain, ja ne on esitetty kuvan 27 kartassa. Alueen typpiylijäämä kasvukaudella 2008 oli yhteensä 266 kg, keskimäärin 28,5 kg/ha. Hovin kosteikkoon johtavan veden nitraattianturimittauksien mukaan kasvukauden ensimmäisestä lannoituskerrasta lähtien (nurmi, 29.4.2008) vuoden 2008 loppuun mennessä oli alueelta poistunut nitraattityppeä yhteensä 45 kg eli hieman alle 5 kg/ha.

Tulokset ovat tässä vaiheessa suuntaa-antavia, sillä rypsin ja viljan osalta sadonmittaustulokset edustavat puimurin viljavirran paikkakohtaista mittaamista, ja muun muassa sadon min-max havainnot voivat olla hieman kärjistyneitä viljavirran puimurinsisäisestä dy-

namiikasta johtuen, vaikka ilmeiset viljavirran viiveet onkin jo suodatettu datasta. Viljan käyttäytyminen puimurissa antaa lisähaastetta tarkkojen satokarttojen tuottamisessa. Nurmen osalta sadon määrän mittausta tehtiin vain otantana. Pyrkimys on kuitenkin jatkuvaan, koko lohkon sadon käsittävään mittaamiseen. Ravinnetitoisuuksien jatkuva mittaaminen sadon massavirrasta on tavoitteena, ja proteiinin osalta saavutettavissa viljalla NIT-teknikkaa käyttäen, mutta maamme olosuhteissa se vaatii lisää tutkimusta puitavan viljan korkean kosteuspitoisuuden vuoksi.

Loppukesän sateet jyvän täyttymisvaiheessa tasoittivat sadon ravinnetitoisuuksien paikkakohtaista vaihtelua, mikä puolestaan auttaa saamaan hyvän käsityksen paikkakohtaisista satotaseista nyt käytetyllä näytetiheydellä. Vaihtelut paikkakohtaisissa ravinnetaseissa johtuivat pitkälti kasvuston tiheyden vaihteluista. Viljan ja rypsin osalta synnä oli kylvöajan ja alkukesän kuivuus, jolloin kylvön jälkeinen orastuminen ja siis kasvuston muodostuminen jo alkuvaiheessa oli epätasais-



Kuva 27. Hovin kosteikkoon laskevan salaojaston tyyppitaseet. Kartta: Jere Kaivosoja.

ta lohkon eri osissa, lähinnä maaperän vaihteluista johtuen. Ohralohko, jolla oli suurin tyyppiylijäämä (osa lohkoista laskee salaojave- tensä kosteikkoon), lannoitettiin 5 000 kg:n tavoitesadon mukaan, mutta lähelle tätä ta- voitetta päästiin vain osissa lohkoa juuri kasvuston huonon alkuun lähden vuoksi. Nurmen osalta kyseessä olivat monivuoti- set kasvit, joten niiden kasvutiheyden vai- kuttivat kuluneen alkukesän kosteusolosuh- teiden lisäksi aiempien vuosien olosuhteet. Myös alkukesän kuivuus pienensi maaperän orgaanisen aineen mineralisaation vaikutus- ta ravinnetaseisiin.

Kuva: Janne Vesterinen



## Ravinnetalouden tarkemman hallinnan edellytyksiä

Suuret lohkonsisäiset vaihtelut ravinnetaseissa viittaavat siihen, että pellon ravinnetalouden nykyistä tarkempi hallinta edellyttää paikkakohtaista lannoituksen suunnittelua ja toteutusta. Viljelytoimenpiteiden tarkistus ja panosten käytön optimointi päivitettyjen olosuhdetietojen mukaan juuri ennen toimenpidettä näyttäisi myös olevan aiheellista. Sekä tarkat alueelliset olosuhdetiedot että lohkon sisäinen viljelyprosessin historiatieto ovat tärkeitä elementtejä tar-

kennettaessa lannoitusta. Olosuhdetietoina maaperän paikkakohtainen kosteustieto ja ojastokohtaiset huuhtoutumatiedot olisivat hyödyllisiä ainakin peltojen ominaiskäyttämisen kartoitusvaiheessa.

Eri monitorointi- ja mittausjärjestelmien yhdistäminen viljelyn vaivattoman suunnittelun taustatiedon keräämiseksi on mahdollista ja lupaavaa. Järjestelmäintegraatiota tulee kehittää teknisesti edelleen.



Kuva: Janne Vesterinen

### Tietolaatikko 3: Reaaliaikaisen säätiedon käyttö kasvinsuojeluruiskutuksessa

Liisa Pesonen, MTT

Hankkeen aikana demonstroitiin reaaliaikaista säätietojen käyttöä kasvinsuojeluruiskutustyön yhteydessä. Työkoneyhdistelmässä on ISOBUS-yhteensopiva tehtäväohjain, jolla viljelysuunnitteluohjelmistoilla luodut työsuunnitelmat voidaan siirtää automaattisesti työkoneseen käytettäväksi. Demonstraatiossa tehtäväohjain sai päivitettyt säätiedot (lämpötila, ilman suhteellinen kosteus, tuulennopeus) GPRS-yhteyksiä käyttäen maatilan alueen sääasemilta a-Lab Oy:n palvelimen ja maatilan web-palvelimen kautta.

Kasvinsuojeluruiskutuksessa tehtäväohjain opasti kuljettajaa tankkiseoksen valmistamisessa (konsentraatio) ja suutinvalinnassa (pisarakoko) reaaliaikaisten kohdepeltojen säätietojen mukaan. Demonstrointi tehtiin yhteistyössä pohjoismaisen InfoXT -hankkeen kanssa.



Kuva 28. Kasvinsuojeluruiskutusta Vihdissä. (kuva Frederick Teye)

---

# Maatalouden vesiensuojelukosteikon tehokkuuden mittaaminen antureiden avulla

---

Jari Koskiaho ja Markku Puustinen, SYKE

## Uusille menetelmille tarvetta ravinnehuuhtoumien mittaamisessa

Kosteikkojen on havaittu pidättävän tehokkaasti kiintoainetta ja ravinteita maatalouden valumavesistä sekä kotimaisissa että ulkomaisissa tutkimuksissa. Kosteikkojen tehokkuus kuitenkin vaihtelee suuresti ilmastollisista, hydrologisista, geologisista ja morfologisista tekijöistä riippuen. Näin sen vuoksi, että biologiset ja geokemialliset pidätymprosessit toimivat erilaisella nopeudella eri olosuhteissa. Siten eri maissa saatuja tuloksia ei voida suoraviivaisesti soveltaa suomalaisiin oloihin. Tarvitaan omakohtaisia tutkimustuloksia paikallisista olosuhteista vesiensuojelun alueellisen ja kansallisen suunnittelun pohjaksi.

Perinteisesti kosteikkojen tehokkuutta on mitattu ottamalla vesinäytteitä tulevasta ja lähtevästä vedestä vaihtelevalla taajuudella. Useimmiten tiheäksikin mielletty näytteenotto jättää valtaosan päivistä ilman havaintoa. Vuositasolla näytteenoton ulkopuolelle

jääneiden päivien aikana virtaamat – ja siten myös ravinnekuormitukset – saattavat olla varsin korkeita ja tieto kuormituksen suuruudesta jää saamatta. Useimmissa tapauksissa pitoisuustieto havainnoitta jääneille päiville on arvioitu joko interpoloimalla lineaarisesti kahden lähimmän pitoisuushavainnon avulla tai käyttämällä esimerkiksi kuukausittaisia keskipitoisuuksia. Joka tapauksessa pitoisuustiedon puuttuminen valtaosalta päivistä johtaa enemmän tai vähemmän virheellisiin kuormitusarvioihin.

Virhe on erityisen merkityksellinen, kun seurannoissa pyritään osoittamaan maataloudessa tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksia ja toisaalta suuret vuosivaihtelut peittävät mahdolliset vaikutukset alleen. Näin ollen seurantojen perusteella ei voida muutamien vuosien aikajaksoilla tehdä lainkaan johtopäätöksiä kuormituksen muutoksen suunnasta.

## Huuhtoumien kurissapito muuttuu entistäkin haastavammaksi

Maapallonlaajuisen ilmaston lämpenemisen seurauksena leutojen talvien on arvioitu yleistyvän Suomessa. Tällaiset lämpimämmät talvet, joiden aikana routa on vähäistä tai olematonta, lumipeite sulaa ja ilmestyy uudestaan useita kertoja ja vesisateita saadaan aika ajoin, muuttavat merkittävästi pe-

rinteistä hydrologista vuosijakaumaa (selkeät kevät- ja syystulvat ja vähäiset valunnat kesäisin ja talvisin). Aiempaan verrattuna tulvien ja kuormitusmaksimien ennustettavuus on paljon heikompi, minkä lisäksi huuhtoutuminen niin pelloilta kuin luonnontilaisiltakin alueilta todennäköisesti kasvaa.

Kaiken kaikkiaan tämä tarkoittaa, että hajakuormitus on vaarassa kasvaa tulevaisuudessa maatalouden vesiensuojelutoimenpiteistä huolimatta. Muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa on entistäkin vaikeampaa määritellä paitsi vesiensuojelutoimenpiteiden tehokkuutta, myös eri hajakuormituslähteiden osuuksia kokonaiskuormituksesta.

Hajakuormituksen tutkimuksessa ja seurannassa on suuri tarve aiempaa luotettavammille aine-virtaama-arvioille useillakin eri tasoilla: A) veden laadun ja määrän intensiiviseurannassa pienillä valuma-alueilla, B) tapauskohtaisissa vesiensuojelumenetelmien toimivuustutkimuksissa ja C) useita suojelutoimenpiteitä käsittävien vesiensuojelustrategioiden vaikutusten arvioinnissa suurilla jokivaluma-alueilla. Olosuhteiden muuttuessa yhä haastavammiksi on myös vesiensuojelutoimenpiteiden, kuten kosteikkojen, huolel-

linen suunnittelu ja optimaalinen sijoittelu aiempaakin tärkeämpää. Näitä tarpeita varten uusi, jatkuvatoimisiin antureihin perustuva mittausteknologia tarjoaa käänteentekevän vaihtoehdon.

Viime vuosina uutta mittausteknologiaa on sovellettu muutamilla suomalaisilla maatalousvaltaisilla valuma-alueilla. Ensimmäiset tulokset ovat olleet lupaavia ja tarkkoja arvioita on saatu niin ainevirtaamista kuin virtaamanvaihteluistakin sekä vuodenaikais- että vuositasolla. Tiheällä, jopa tunnin välein rekisteröivällä automaattiseurannalla pystytään saamaan kiinni lyhytaikaiset veden laadun ja määrän vaihtelut. Siten automaattiseen seurantaan perustuvat arviot esimerkiksi valuma-alueiden kuormituksesta ja kosteikkojen tehokkuudesta ovat paljon tarkempia ja luotettavampia kuin perinteisen vesinäytteenoton pohjalta lasketut.

## Hovin kosteikon sameus- ja ravinneanturit ja niiden kalibrointi

Automaattista mittausjärjestelmää on kokeiltu Maasää-hankkeessa Vihdissä sijaitsevalla Hovin kosteikolla syksystä 2007 lähtien. Kosteikkoon tulevasta ja sieltä lähtevästä vedestä on koottu tunnittaista tietoa sameudesta, nitraattityppipitoisuudesta ja vedenkorkeudesta ainevirtaamien laskemista ja kosteikon tehokkuuden arvioimista varten. Tässä kappaleessa käsitellään ensimmäisen kokonaisen vuoden mittaisen jakson (1.11.2007–31.10.2008) aikana mitattuja tuloksia, joita verrataan vuosina 1999–2000 mitattuihin, vesinäytteenottoon perustuneisiin tuloksiin.

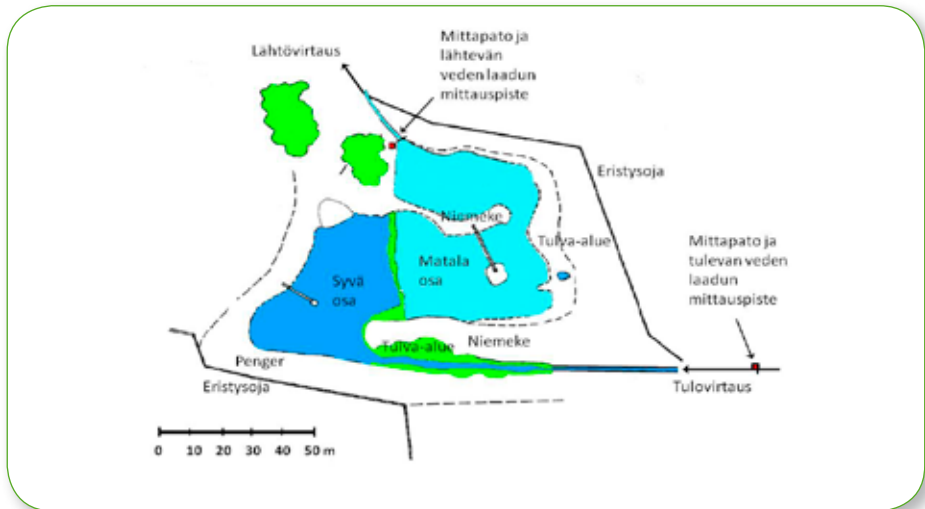
Hovin kosteikon tulouomaan ja poistoaukolle (kuva 29) asennettiin 10.10.2007 s::can-merkkiset, Itävallassa valmistetut anturit, joiden avulla voidaan mitata yhtä aikaa sameutta ja nitraattityppipitoisuutta. Hovissa nämä suureet rekisteröidään tunnin välein ja tulokset siirtyvät langattomasti

matkapuhelinverkon kautta laitetoimittajan (Luode Oy) tietokantaan, josta ne ovat ladattavissa tutkijoiden käyttöön. Vedenkorkeutta mitataan niin tulo- kuin purkupadollakin paineantureiden avulla vedenlaadun tapaan tunnin välein. Kun padoille ominaiset purkautumiskäyrät tunnetaan, voidaan vedenkorkeuslukemat helposti muuttaa tulo- ja lähtövirtaama-arvoiksi.

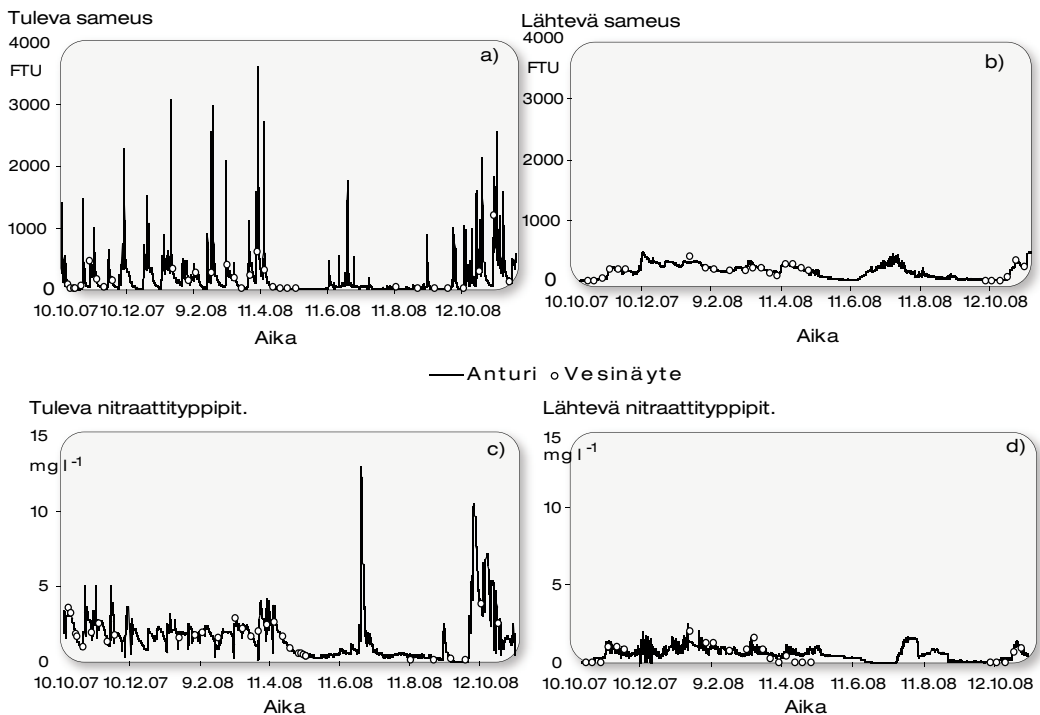
Anturien antamat tulokset kalibroidaan samaan aikaan otettuja vesinäytteitä vastaan lineaarisen regression avulla siten, että jokainen anturien tuottama arvo (”raakadata”) kerrotaan vastaavasta regressioyhtälöstä saadun kulmakertoimen avulla. Kuvasta 30 havaitaan, että anturien tuottamat kalibroidut, ”lopulliset” sameuden ja nitraattitypen arvot vastaavat varsin hyvin vesinäytteistä analysoituja arvoja. Tuloksia voidaan siten pitää näiltä osin luotettavina.

Koska sameus ei kerro vedessä olevan aineen määrää, sitä ei voida suoraan käyttää ainevirtaamien laskennassa. Sameus kuitenkin korreloi Hovissa varsin voimakkaasti sekä

kiintoaine- että kokonaisfosforipitoisuuksien kanssa ( $R^2 > 0,85$ ). Siten sameuden kalibroidut arvot voidaan regressioyhtälöillä luotettavasti muuttaa ao. pitoisuusarvoiksi.



Kuva 29. Hovin kosteikon kaaviokuva.



Kuva 30. Kalibroitu sameus (a) ja (b) ja nitraattityppipitoisuus (c) ja (d) antureilla mitattuna (käyrät) ja vesinäytteistä analysoituna (ympyrät) Hovin kosteikolla syksyn 2007 ja syksyn 2008 välisenä aikana.

## Vesinäytteiden otto ja laboratorioanalyysit

Vesinäytteitä otettiin yhtäältä anturien kalibroimiseksi näytteenottopisteen olosuhteisiin ja toisaalta sellaisten ravinnejakeiden määrittämiseen, joita ei antureilla voida mitata. Hovin kosteikkoon tulevasta vedestä otettiin syksyn 2007 ja syksyn 2008 välisenä aikana yhteensä 75 vesinäytettä, joista 24 käsin ja loput automaattisen jääkaappinäytteenotti-

men avulla. Lähtevästä vedestä otettiin käsin 21 vesinäytettä.

Kaikista vesinäytteistä analysoitiin laboratoriossa kiintoaineen, kokonaisfosforin, liuenneen fosforin, kokonaistypen, nitraattitypen ja ammoniumtypen pitoisuudet sekä sameus.

## Ainevirtaamien ja kosteikon tehokkuuden laskenta

Tunnittaiset ainevirtaama-aikasarjat kiintoaineelle, kokonaisfosforille ja nitraattityypelle (kg) lasketaan kertomalla tunnittaiset virtaama-arvot vastaavilla pitoisuuksilla. Liuenneelle fosforille määritetään vesinäytetuloksista – havaintopäivien välit lineaarisesti interpoloiden – päivittäiset pitoisuusajaksarjat, joista päivittäisillä virtaamilla kertomalla lasketaan päivittäiset liuenneen fosforin ainevirtaamat (kg).

Näistä tunnittaisista ja päivittäisistä ainevirtaama-aikasarjoista summaamalla voidaan laskea ainevirtaama-arvoja pidemmille, esimerkiksi kuukausien ja vuosien jaksoille. Poistumat (kg) halutulle jaksolle lasketaan vähentämällä kosteikkoon jakson aikana tulleesta ainemäärästä kosteikosta lähtenyt ainemäärä. Kosteikon tehokkuutta arvioidaan yleisesti poistumaprosentilla, ts. kuinka suuri osuus kosteikkoon tulleesta ainemäärästä on jäänyt ko. jakson aikana kosteikkoon.

## Tuloksia

Hovin kosteikossa syksyn 2007 ja syksyn 2008 välisellä jaksolla havaitut ainepoistumat olivat korkeita kaikkien mitattujen suureiden osalta (taulukko 2). Aiempiin, vuosina 1999–2000 mitattuihin tuloksiin verrattuna kiintoaineen ja kokonaisfosforin poistumat ovat suhteellisesti samaa tasoa, mutta liuenneen fosforin ja nitraattitypen osalta kosteikon tehokkuus on selvästi parantunut kahdeksan toimintavuoden aikana. Aiemmalla jaksolla havaittu, kg-määräisesti suurempi nitraattitypen ainepoistuma johtui tuolloin keskimäärin liki nelinkertaisista tulevan veden nitraattityppitoisuuksista (taulukko 3) ja sitä kautta selvästi suuremmasta kuormituksesta. Sen sijaan fosforin osalta keskipitoisuudet olivat vuosina 2007–2008 aiempaa jaksoa korkeammat (taulukko 2), joten pidättynyt ainemääräkin oli suurempi (taulukko 3).

Taulukossa 3 esitetyt, jaksojen väliset erot kosteikkoon tulevan veden ravinnepitoisuuksissa johtuivat luultavasti viljelykäytännön muuttumisesta intensiivisestä syyskynnöstä kevyempään muokkaukseen ja pysyvään kasvipeitteisyyteen Hovin valuma-alueella mittausjaksojen välisenä aikana. Useissa tutkimuksissa on havaittu eroosion ja typen huuhtoutumisen vähenevän sitä mukaa kun pellon muokkausta kevennetään tai siitä luovutaan kokonaan. Liuenneen fosforin kuormituksen on sen sijaan havaittu kasvavan muokkausta kevennettäessä. Se, että eroosio ei ollut vähentynyt, johtui todennäköisesti suuremmasta valunnasta ja leudommasta talvisästä jälkimmäisellä jaksolla, jolloin talviaikaisen valunnan osuus oli jopa yli puolet koko jakson valunnasta. Näiden tekijöiden eroosiota lisäävä vaikutus riitti kumoamaan



Taulukko 2. Kiintoaineen, kokonaisfosforin, liuenneen fosforin ja nitraattitypen poistumat Hovin kosteikolla vuoden mittaisilla jaksoilla 1999–2000 ja 2007–2008.

Suure	Ainepoistuma <sup>(1)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )		Suhteellinen poistuma	
	1999–2000	2007–2008	1999–2000	2007–2008
Kiintoaine	24 300	30 300	68%	70%
Kokonaisfosfori	24	45	62%	67%
Liuennut fosfori	1.2	4.3	27%	60%
Nitraattityppi	220	133	35%	67%

<sup>(1)</sup> Kosteikkohehtaaria kohden

Taulukko 3 Keskimääräiset, virtaamapainotetut kiintoaineen, kokonaisfosforin, liuenneen fosforin, ja nitraattitypen ainepitoisuudet (mg l<sup>-1</sup>) sekä valunnan määrä (mm) jaksoilla 1999 – 2000 ja 2007 – 2008 Hovin kosteikkoon tullessa vedessä.

Jakso	Virtaamapainotettu keskipitoisuus (mg l <sup>-1</sup> )				Valunta Hovin valuma-alueelta (mm)
	TSS	TP	DRP	NO <sub>3</sub> -N	
1999–2000	530	0.57	0.065	9.2	340
2007–2008	520	0.81	0.087	2.4	420

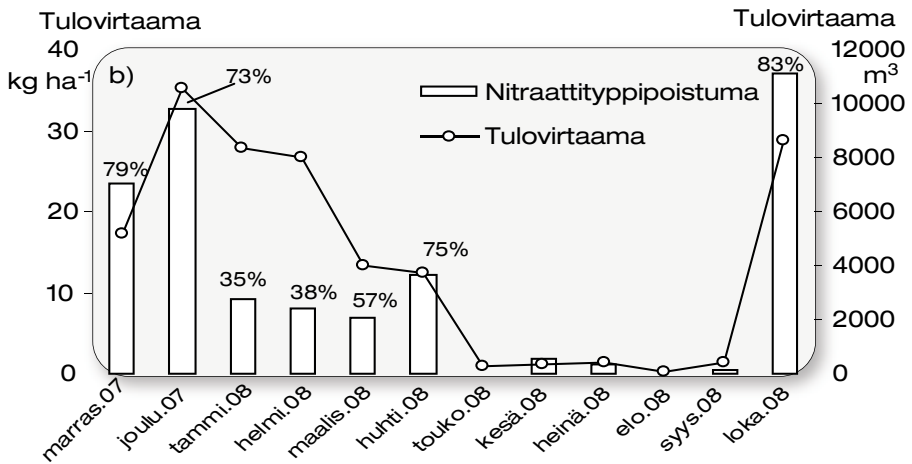
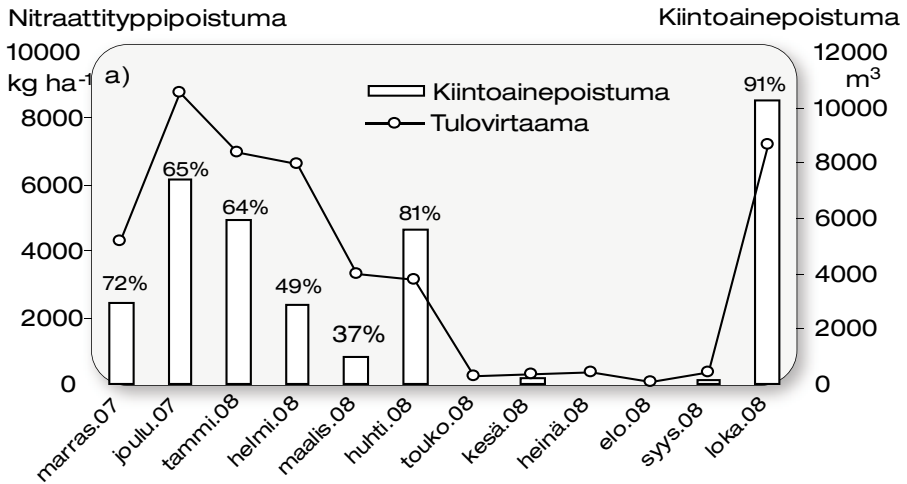
viljelytavan muutoksilla aikaan saadun kuorimituksen vähenemän.

Kosteikko toimi molemmilla havaintojaksoilla keskimäärin jonkin verran heikommin talvella kuin syksyllä ja keväällä (kuva 32). Kesäisin kosteikkoon tullut virtaama ja kilomääräiset ainepoistumat olivat hyvin vähäiset, käytännössä merkityksettömät.

Suhteellisten kiintoaine- ja nitraattityppi-poistumien havaittiin molemmilla jaksoilla riippuvan tulevien pitoisuuksien suuruudesta. Tämä riippuvuus oli jälkimmäisellä jaksolla selvästi voimakkaampi kuin aiemmalla. Typen osalta syy tähän saattaa olla lisääntyneen orgaanisen aineksen ansiosta tehokkaammin toimiva denitrifikaatioprosessi pitoisuuksien kasvaessa. Kiintoaineen kohdalla syynä saattoivat olla helpommin laskeutuvi-

en aggregaattien muodostuminen ja kiintoainepartikkelien siivöityminen huomattavasti aiempaa tiheämmässä kasvillisuudessa.

Liuenneen fosforin selvästi aiempaa tehokkaampi pidättyminen kosteikkoon puolestaan viittaa siihen, että Hovin kosteikon aiemmissa tutkimuksissa fosforinsitomiskapasiteetiltaan hyväksi havaittu maaperä ei toistaiseksi osoita fosforilla kyllästymisen merkkejä. Toisaalta runsaamman kasvillisuuden mukanaan tuoma biologisen aktiivisuuden lisääntyminen on luultavasti osasyynä entistä tehokkaampaan fosforin pidättymiseen kosteikkoon. Makrofyttikasvien, levien ja mikrobien kuluttama fosfori on oletettavasti suurelta osin vajonnut kosteikon pohjalle kuolleen biomassan mukana pikemminkin kuin huuhtoutunut ulos kosteikosta.



Kuva 32. Kuukausittainen Hovin kosteikkoon tuleva virtaama (m<sup>3</sup>) ja kiintoaineen ja nitraattityypin poistumat (kg/ha)kosteikossa marraskuun 2007 ja lokakuun 2008 välisenä aikana. Suhteellinen poistuma (%) esitetty kunkin pylvään yläpuolella.

## Johtopäätökset

Automaattisella vedenlaadun seurannalla voidaan helposti havaita, kuinka nopeasti pieneltä, maatalousvaltaiselta valuma-alueelta lähtevät ainepitoisuudet vaihtelevat valunnan muutosten tahdissa ja kuinka lyhytkestoisia (vain muutamia tunteja) korkeimpien pitoisuuksien jaksot ovat. Tämä asettaa suuren haasteen laitteiston toimivuudelle ja järjestelmän laadunvarmennukselle; pienetkin katkokset ja häiriöt järjestelmän toiminnassa saattavat johtaa kokonaisuuden kannalta kriittisten tietojen häviämiseen.

Hovin kosteikossa laitteisto on toiminut varsin luotettavasti ja tuottanut uutta, ainutlaatuista tietoa kosteikon toimivuudesta ja yhdessä aiemman tutkimuksen kanssa myös kosteikon toimivuuden kehittymisestä. Uusien tulosten perusteella voidaan todeta, että Hovin kosteikon hyvä kiintoaineen ja ravinteiden pidätyskyky ei ole heikentynyt kahdeksan toimintavuoden aikana, vaan liuenneiden ravinnepitoisuuksien osalta jopa selvästi parantunut.

## Tietolaatikko 4: Hovin kosteikko

Jari Koskiaho ja Markku Puustinen, SYKE

Hovin kosteikko rakennettiin Vihtiin tutkimus- ja esittelykosteikoksi Life-hankkeessa (LIFE97 ENV/FIN/335) vuonna 1998. Karjaanjoen valuma-alueen latva-vedellä sijaitsevan kosteikon yläpuolinen valuma-alue on pinta-alaltaan 12 ha. Lähimmät vesistöt kosteikon alapuolella ovat 300 m:n etäisyydessä virtaava Vihtijoki ja noin 2.5 km:n päässä sijaitseva 160 ha:n suuruinen Averiajärvi.

Kosteikon yläpuolinen valuma-alue on kokonaisuudessaan viljelykäytössä ja sen keskikaltevuus on 2,8 %. Maalajiltaan alue on valtaosin savea. Ominaisuuksiltaan Hovi edustaa tyypillistä etelä- ja lounaissuomalaista peltolohkoa, jonka virtaamakäyrälle (hydrografi) on tyypillistä nopeasti nousevat ja laskevat lumen sulamisen tai rankkasateiden aiheuttamat huiput ja toisaalta pitkät kuivat jaksot keskitalvina ja -kesinä.

Hovi kuuluu ns. pieniin valuma-alueisiin, joiden veden laatua ja määrää ympäristöhallinto on seurannut 1960-luvun alusta lähtien. Valuma-alueen purkupisteeseen asennettu, 90 asteen v-aukolla varustettu mittapato toimii alueelta lähtevän ja siten myös kosteikkoon tulevan veden seurantapisteenä.

### Suunnittelun lähtökohtana monivaikutteisuus

Hovin kosteikon suunnittelun lähtökohtana oli alusta lähtien monivaikutteisuus. Kosteikon tärkein tavoite oli luonnollisesti ravinteiden pidätyskyky, mutta myös luonnon monimuotoisuuteen ja maisemaan kiinnitettiin huomiota kosteikkoa hahmoteltaessa. Päämääränä oli optimoida kosteikon sijainti, koko ja muoto siten, että veden viipymä olisi kaikissa tilanteissa riittävä ravinteiden pidätysprosesseja varten; kosteikko lähiympäristöineen houkuttelisi lintuja ja muuta-kin kosteikoissa viihtyvää eläimistöä; ja kosteikko sulautuisi ympäröivään maisemaan esteettisesti miellyttävällä tavalla.



Kuva 33. Hovin kosteikon matalaa osaa keväällä 1999 (vas.) ja syksyllä 2005 (alla). (Kuvat: Jukka Jormola ja Jari Koskiaho).

Kosteikon mitoituksen ja muotoilun avulla pyrittiin optimoimaan vedenpuhdistusprosessien toimintaedellytykset siten, että niin veden veden mukana tulevan fosforin adsorboitumisellekin olisi mahdollisimman suotuisat olosuhteet. Kaikille näille prosesseille tärkein edellytys on veden riittävän pitkä viipymä kosteikossa, mikä Hovin tapauksessa varmistettiin myös korkeiden virtaamien jaksoille varaamalla kosteikolle pinta-alaa 6 000 m<sup>2</sup> (märkä ala keskimääräisenä tulva-aikana), eli viisi prosenttia valuma-alueen pinta-alasta. Tämä mitoitus takaa sen, että Hovin kosteikkoon kohdistuva hydraulinen kuormitus ei koskaan nouse kovin suureksi ja veden viipymä on kaikissa virtaamatilanteissa pidempi kuin yksi vuorokausi.

### Pitkät niemekkeet varmistavat hydraulisen tehokkuuden

Pitkän viipymän lisäksi kosteikon tärkeä ominaisuus on hydraulinen tehokkuus, ts. kuinka tasaisena rintamana vesi kulkee kosteikon läpi ja siten hyödyntää koko kosteikon kapasiteetin veden-puhdistusprosesseja varten. Oikovirtaus tuloalueelta lyhintä tietä kosteikon poistoaukolle estettiin Hovissa muotoilemalla kosteikkoon pitkät, veden virtausta ohjaavat niemekkeet. Niemekkeillä on myös biodiversiteettiä lisäävä ja maisemaa elävöittävä vaikutus. Niemekkeiden muotoiluun käytetty maa-aines saatiin kosteikon alkupäähän kaivetun syvänteen kohdalta poistettua materiaalista. Syvänteellä on tärkeä merkitys kosteikon toimivuuden kannalta ensinnäkin veteen suspendoituneen aineksen laskeuttajana ja toisaalta vähähappisuudestaan johtuen myös denitrifikaatiolle suotuisana typenpoistajana. Koska alue oli ennen kosteikon rakentamista viljelykäytössä, ruokamultakerros kuorittiin kauttaaltaan pois. Tällä haluttiin estää fosforin huuhtoutumista kosteikon valmistuttua alapuoliseen vesistöön. Poistettu pintamaa käytettiin läheisten peltoalueiden maanparannukseen.

Selvästi toisistaan erottuvien syvänteen ja matalamman osan lisäksi kosteikkoalueelta varattiin tilaa hyvin loivasti nousevalle ranta-alueelle, joka kuivana aikana on osa eristysojan ja matalan osan välistä niittyä. Yhdessä purkupisteen teräväkulmaisen v-aukkopadon kanssa tämän kaltainen tulva-alue tasaa valuntapiikkejä hyvin tehokkaasti. Kesäisin vedenpinta kosteikossa laskee selvästi alle purkupadon v-aukon. Tällöin kosteikosta ei virtaa lainkaan vettä ulos eli se toimii veden ja ravinteiden varastona aina siihen saakka kunnes syysateet taas täyttävät kosteikon ja ulosvirtaus alkaa uudestaan.



## Tietolaatikko 5: Sameusanturien kiinnitysalustan kehittäminen Maasää-hankkeessa

Timo Huttula, SYKE

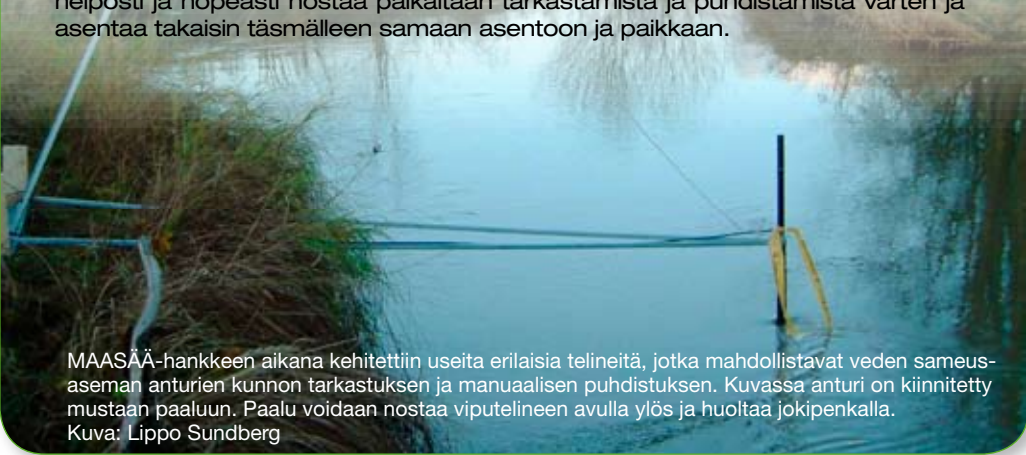
Veden sameusmittaus on kohtuullisen halpa ja nopea veden laatuun liittyvä määrittämenetelmä. Mittaus perustuu joko valon vaimenemiseen läpäisyantureissa tai valon sirontaan. Sameuden arvot ovat kiinteästi sidoksissa veteen sekoittuneiden hiukkasmaisten aineiden määrän kanssa. Sameustuloksista voidaan laskea kiintoaine- tai kuiva-ainepitoisuus sekä hiukkasiin sitoutuneiden ravinteiden määrä.

Nykyisin sameusantureita on saatavana kaupallisesti muutamia malleja. Kenttäolosuhteissa antureiden valintaan vaikuttavina tekijöinä ovat niiden virrankulutus, tarkkuus sekä koko ja paino. Oleellista on myös, että anturit voidaan kytkeä helposti tiedonkeruulaitteisiin.

Maasää-hankkeessa on ollut käytössä kahdenlaisia sameusantureita. a-Lab Oy toimitti hankkeelle sääasemia, joihin kytkettiin OBS3+-infrapuna-alueen sirontaantureita. Ne ovat laajassa käytössä muun muassa Yhdysvalloissa. Toinen anturityyppi on spektraalinen s::can, jota Luode Consulting tuo maahan. S::canin antureita käytettiin hankkeessa lähinnä nitraattityypen mittauksiin peltoalueiden ojavesissä. OBS3+-anturiverkko perustettiin laajempaan, jotta voitiin seurata veden sameuden vaihteluja Karjaanjoen osavalmu-alueilla.

Anturien likaantuminen on usein ongelma sameusanturien pitkäaikaisessa käytössä Suomen vesissä. Tästä syystä antureiden puhdistamiseen kiinnitettiin hankkeen alusta alkaen huomiota. Tärkeää on myös anturien asentaminen vesistöön niin, että ne mittavat edustavasti. SYKE:n tutkijat yhdessä MTT/Vakolan henkilöstön kanssa pohtivat asiaa ja perehtyivät mm. USGS:n (Yhdysvaltojen geologien palvelu) käyttämiin ratkaisuihin. Tämän perusteella tutkimusmestari Lippo Sundberg MTT:stä kehitti useita kiinnitystelinoita. Yksinkertaisin on uoman pohjalle iskettävä paalu, jossa on päällysputki. Hetteisiä rantoja varten hän kehitti nosturin, jolla anturi voidaan nostaa ylös kaukaakin ja siltojen alle siltojen rakenteita hyvin hyödyntävän telineen.

Kaikki telineet ovat osoittautuneet erinomaisiksi anturien kiinnitysalustoiksi yli kolmen vuoden mittauksen aikana. Kahdessa mallissa antureita lähinnä oleva kiinnitysosia eli ns. lusikka on otettu USGN:n ratkaisuista, mutta muut ideat ovat Sundbergin kehitystyön tulosta. Oleellista on, että kaikissa malleissa anturit voidaan helposti ja nopeasti nostaa paikaltaan tarkastamista ja puhdistamista varten ja asentaa takaisin täsmälleen samaan asentoon ja paikkaan.



MAASÄÄ-hankkeen aikana kehitettiin useita erilaisia telinoita, jotka mahdollistavat veden sameus-  
aseman anturien kunnan tarkastuksen ja manuaalisen puhdistuksen. Kuvassa anturi on kiinnitetty  
mustaan paaluun. Paalu voidaan nostaa viputelineen avulla ylös ja huoltaa jokipenkalla.  
Kuva: Lippo Sundberg

---

# Mittaukset Maasää-verkossa jatkuvat

---

Sirpa Thessler ja Hanna Huitu, MTT  
Timo Huttula, SYKE

Maasää-verkon toiminta sekä alustan ja sovellusten kehittäminen jatkuu nyt maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa EnviSense-hankkeessa. Sen aikana pyrimme ensisijaisesti kehittämään automatisoitua ympäristönseurantaa hyödyntäviä maatalouden ja vesien seurannan sovelluksia. Kolmivuotisen hankkeen aikana työn alla on säätietojen interpolointi pellon mittakaavaan, kasvinsuojelun päätostu- kityökalujen kehittäminen sekä nurmen satoennusteiden kehittäminen. Lisäksi ke- hitetään teknisiä edellytyksiä mittaustiedon käyttöönottoon maatalon työkoneissa. Anturi- ja kommunikaatioteknologian nopea kehitys tarjoaa jatkossa kiinnostavia tutkimus- ja kehitysnäkymiä Maasää-anturiverkolle.

## Älyllä tehokkaampaan tiedonhankintaan

Mittalaitte- ja kommunikaatioteknologia ke- hittyi nopeasti tuottaen pienempiä ja edulli- sempiä antureita, mikä mahdollistaa älykkäi- den anturiverkkojen laajan ja monipuolisen käytön. On nähtävissä, että teknologisen ke- hityksen myötä älyn määrä antureissa ja ha- vaintoasemissa lisääntyy.

Älykkäässä, hajautetussa anturiverkossa mit- tausasemat tai -noodit pystyvät kommunikoimaan keskenään. Tämä tuo uusia mahdolli- suuksia mittaamisen optimointiin. Yleisesti mittaamista pyritään tehostamaan menetel- millä, joissa määritetään tutkimuskysymyk- sen kannalta kiinnostavimmat ositteet ja li- sätään niiden näytteenottoa tai tarkennetaan mittauksia vähemmän kiinnostavien osittei- den kustannuksella.

Älykäs mittausverkko mahdollistaa tällaisen otannan optimoinnin automaattisesti, no- peasti ja joustavasti. Tällöin osa seurantaver- kon antureista voi olla lepotilassa, jolloin ne

heräävät mittaamaan vain silloin, kun jotain mielenkiintoista havaitaan alueella; esimer- kiksi yhden tai useamman mitattavan muut- tujan jonkin määritetyn kynnsarvon ylitty- minen. Antureiden mittaamisen aloittamista tai mittausvälin tihentämistä voidaan pyy- tää myös verkon ulkopuolelta, jolloin pyyn- tö välittyy antureihin verkon tiedonsiirtoka- navia pitkin.

Anturiverkot ja satelliittiseurantajärjestel- mät voivat myös toimia yhteistyössä. Täl- löin ympäristönseurantasatelliitin huomaama ilmiö voi johtaa antureiden käynnistämiseen ja tarkempaan mittaamiseen ko. alueella, tai vastaavasti antureiden havaitsema ilmiö voi käynnistää kuvauspyynnön lähettämisen sa- telliitille. Seurannan automaattisen opti- moinnin avulla voidaan vähentää resurssien hukkaamista tarpeettoman tiedon tuottami- seen ja käsittelyyn. Tämä myös vähentää lait- teiden energiankulutusta ja näin pidentää laitteiden huoltoväliä tai elinikää.

## Avoimista standardeista tukea yhteiskäyttöön ja kaupallistamiseen

Ympäristön seurantaan käytetään varsin monipuolista laitteistoa fysikaalisista ja kemiallisista antureista, webbikameroista ja roboteista satelliitteihin. Ympäristöseurantatiedon tehokas yhteiskäyttö ja yhdistäminen muuhun tietoon (esimerkiksi maatilan prosessitieto) edellyttää, että mittauksiin ja tiedonvälitykseen liittyvät protokollat ja standardit kypsyvät ja yleistyvät edelleen. Näihin tukeutuen erilaiset mittauslaitteet ja -järjestelmät sekä anturiverkot voidaan saada keskustelemaan keskenään.

Kaupallisista yrityksistä, valtion organisaatioista ja yliopistoista koostuva kansainvälinen konsortio ”Open Geospatial Consortium” (OGC) on kehittänyt paikkatiedon ja sen nettijakelun avoimia standardeja. Orga-

nisaatio on havainnut perinteisten paikkatietostandardien puutteellisuuden anturidatan tuottaman aika-paikkatiedon käsittelyssä. OGC:n Sensor Web Enablement (SWE) määrittelee keskeiset standardit ja protokollat antureiden ja anturiverkkojen tuottaman tiedon yhteensovittamiseksi jopa reaaliaikaisesti. SWE:n avoimiin standardeihin pohjautuu myös Sensor web -käsite, jolla tarkoitetaan älykkäitä, keskenään kommunikoivia antureita ja niiden muodostamia verkkoja, jotka ovat keskenään yhteensopivia ja saavutettavissa (löydettävissä, ohjattavissa, käytettävissä) internetin kautta. SWE-standardien käyttöönottoa testataan monissa suurissa tutkimuslaitoksissa, mutta operatiivisesti toimivaa, täysin uusien standardien mukaista Sensor web -verkkoa ei ole vielä toteutettu.

## Vapaaehtoinen ympäristöpaikkatieto täydentämään vakiintunutta tiedonkeruuta

Standardien lisääntyvä käyttöönotto helpottaa ympäristön automatisoitua seurantaan tekevien eri tahojen yhteistyötä. Ympäristön veloiteseurantaan tehdään monissa valtion organisaatioissa ja kunnissa, mutta myös monet kolmannen sektorin järjestöt ja yritykset seuraavat ympäristön tilaa. Laitteiden hinnan laskiessa myös yksittäisten ihmisten tuottaman automaattisen seurantatiedon odotetaan yleistyvän. Tämä ns. vapaaehtoinen ympäristöpaikkatiedon kerääminen toisi potentiaalisesti suuren määrän uutta tietoa ympäristöstä.

Tämä kuitenkin edellyttää muun muassa protokollien kehittymistä ja hyviä tiedonhallinta- ja tiedonlouhintatyökaluja, jotta kasvaneesta tietovirrasta saadaan esille kiinnostavat ilmiöt. Eri lähteistä saatujen anturitietojen yhdistäminen vaatii myös laatuasioiden perusteellista huomioimista, tuotetun datan laadun standardimuotoista määrittelyä sekä tämän ja muiden keskeisten metatietojen viestimistä tiedonkäyttäjille.

## Maasää-verkon kehitystyö palvelee sovelluksia

Edellä kuvatut teknologiset kehityssuunnat tulevat jatkossa näkymään myös Maa-

sää-verkon ja sen sovellusten kehittämisessä. Maasää-verkkoa kehitetään jatkossa siten,

että mittaustietojen laatu paranee ja niiden käyttö sovelluksissa tehdään helpommaksi. Mittaustietoja hyödyntävien maatalouden ja veisen seurannan sovellusten kehittämistä jatketaan EnviSense-hankkeessa. Myös muissa uudissa hankkeissa hyödynnetään Maasää-verkon tuottamaa seurantatietoja. Verkko tarjoaa mahdollisuuden myös testata ja kehittää anturitekniologiaa ja muiden alojen anturitietoja hyödyntäviä sovelluksia.

Myös Maasää-anturiverkkoa pyritään harkiten kehittämään sovelluskehityksen rinnalla. Hankkeen aikana selvitetään tarpeellisimpien SWE-protokollien käyttöönottoa Maasää-verkossa: mitä vaatimuksia se asettaa käytössä oleville laitteille ja ohjelmille, ja mitä hyötyä standardien käyttöönotosta olisi lyhyellä ja pitkällä aikavälillä.

Automatisoidun seurannan suurimpia haasteita on tuotetun datan laadun varmistaminen siten, että tekniset ja ympäristön tuottamat viat ja ongelmat laitteissa ja kom-

munikaatiojärjestelmässä huomataan, ja tieto ongelmista saadaan tarvittaessa välittymään dataan. Maasää-verkon kehittämisessä keskitytäänkin tuotetun tiedon laadun parantamiseen ja laadunvarmistuksen edistämiseen sisältäen mm. algoritmien kehittämistä, verkon teknisen dokumentoinnin sekä koko dataketjun yksityiskohtaisen tarkastelun. Tämä työ luo jatkossa hyvän pohjan mittausta tekevien tahojen yhteistyölle sekä datan avoimuuden ja yhteiskäytön lisäämiseen esimerkiksi SWE:ta hyödyntäen.

Verkon tuottaman seurantatiedon avointa saatavuutta pyritään myös parantamaan. Tällä hetkellä kaikki sääasemat ovat avoimesti kaikkien saatavilla internet-palveluiden (<http://maasaa.a-log.net/>, ja <http://testbed.fmi.fi/> rekisteröitymällä tutkijan käyttöliittymään) kautta. Vedenlaadun mitausten laatua ja laadunvarmistusta pyritään parantamaan, jotta myös ne voidaan tuoda internetin kautta kaikkien kiinnostuneiden hyödynnettäväksi.

## Pitkäjännteinen rahoitus varmistettava

Laadun varmistamisen lisäksi Maasää-verkon suurimpia haasteita on pitkäjännteisen rahoituksen ja resursoinnin varmistaminen. Tällä hetkellä toiminta perustuu projektirahoitukseen, joten rahoituksen aikajänne ei ole samassa mittakaavassa pitkäjännteisen sovelluskehitystyön kanssa.

Myös mittausverkon pitkäjännteinen kehittäminen on hankalaa projektirahoitukseen nojaten. Automaattisen seurannan pidemmän tähtäimen resursoinnin vaihtoehtoja

ovat valtiorahoitteisuus tai kannattavien liiketoimintamallien kautta mahdollistuva rahoitus. Kannattavia kaupallisia sovelluksia on onnistuttu kansainvälisestikin rakentamaan vain muutamia, esimerkiksi viljelmien hallavaroitusjärjestelmä ja joitakin maataloussääsovelluksia. Valtio rahoittanee jatkossa muun maussa vesistöseurantaa, mutta maantieteellisesti tiheää mittausverkko voidaan saavuttaa vain useiden toimijoiden yhteistyöllä mukaan lukien vapaaehtoisesta mittaustietoa tuottavat kansalaiset ja /tai kaupallisesti kannattavien sovellusten kautta

## Yhteistyöstä suuntaa kehitykselle

Yhteiskäyttöisestä ja yhteensopivasta anturidatasta on hyötyä monille eri sovelluksil-

le, kun samaa anturidataa voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin. Ympäristödatan



avoimuus, yhteensopivuus ja yhteiskäyttöisyys edistäisivät myös kaupallisten sovellusten syntymistä.

Jatkossa työ Maasää-verkon parissa pyrkii vastaamaan laadunvarmistuksen ja rahoituksen haasteisiin ja seuraamaan alan teknologista kehittymistä. Tavoitteena on myös tulevaisuudessa tuottaa laaja-alaisesta anturiverkosta laadukasta dataa maatalous- ja vesi-

seurannan sovelluskehitykseen, testaukseen ja tutkimukseen.

Maasää-hankkeessa kolme valtion tutkimuslaitosta, 11 eri alojen yritystä ja yhdistystä sekä useat Karjaanjoen alueen viljelijät tekivät jo yhteistyötä. Yhteistyötä mittaustoimintaa tekevien tahojen kanssa halutaan jatkaa ja näin edistää datan yhteiskäyttöisyyttä ja sovellusten kehitystyötä. Samalla voidaan yhdistää voimia teknologisen ja standardien kehityksen seuraamisessa ja käyttöönnotossa.

## Lisätietoa

Maasää-hankkeen julkinen dataliittymä internetissä: <http://maasaa.a-log.net/>

Maasää-verkon data Helsinki Testbed-web-palvelussa internetissä: <http://testbed.fmi.fi>

Envisense-hankkeen internet-sivut: <http://www.mtt.fi/envisense>

Maasää-hankkeessa käytetyt veden laadun mittauslaitteet:

Luode Consulting, <http://www.luode.net>

Maasää-hankkeessa käytetyt sääparametrien, maankosteuden ja veden sameuden mittauslaitteet: a-Lab Oy, <http://www.a-lab.fi>

Maankosteuden automaattinen mittaaminen. Yhteisösivut internetissä: <http://www.sowacs.com>.

Wireless in-situ sensor network for agriculture and water monitoring on a river basin scale in Southern Finland: evaluation from a data user's perspective.

Kotamäki, N., Thessler, S., Koskiaho, J., Hannukkala, A.O., Huitu, H., Huttula, T., Havento, J. ja Järvenpää, M. 2009. *Sensors* 4, 9: 2862–2883. Saatavissa internetistä: <http://www.mdpi.com/journal/sensors>.

Late-blight epidemics on potato in Finland, 1933-2002; increased and earlier occurrence of epidemics associated with climate change and lack of rotation. Hannukkala, A.O., Kaukoranta, T., Lehtinen, A. & Rahkonen, A. 2007. *Plant pathology* 56: 167-176.

Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. Markku Puustinen, Jari Koskiaho, Jukka Jormola, Lasse Järvenpää, Anni Karhunen, Markku Mikkola-Roos, Janne Pitkänen, Juha Riihimäki, Marko Svensberg ja Pentti Vikberg, 2007.

Suomen ympäristö 21/2007, Ympäristön-suojelu, 77 s. Suomen ympäristökeskus. <http://www.environment.fi/default.asp?contentid=245183&lan=fi>



## **Automatisoidun mittausverkon kehittäminen ympäristön seurantaan**

Mittaus- ja tietotekniikan nopea kehitys on tehnyt mahdolliseksi luonnossa tapahtuvien prosessien reaaliaikaisen seurannan. Automatisoidun anturiverkoston välityksellä pystytään tarkastelemaan sekä ilman, veden että maaperän tilaa ja sen muutoksia. Näin saatua dataa voidaan hyödyntää muun muassa maatalouden viljelytoimenpiteiden suunnittelussa ja vesiensuojelussa.

Vuosina 2007–2009 toteutetussa Maasää-hankkeessa kehitettiin ja testattiin automaattista mittausjärjestelmää maatalouden eri sovellusten ja valuma-alueen mallinnuksen tarpeisiin. Karjaanjoen valuma-alueelle Vihtiin rakennettiin noin 70 havaintoasemasta koostuva mittausverkosto, joka tuotti dataa säämuuttujista, maan kosteudesta ja veden laadusta.

Tässä julkaisussa kerrotaan Maasää-hankkeessa käytetystä teknologiasta ja menetelmistä sekä automatisoidusta mittausverkostosta saaduista käytännön kokemuksista. Lisäksi julkaisussa tarkastellaan havainnollisten esimerkkien avulla maatalouden ja vesiensuojelun toimenpiteitä, joiden suunnittelussa ja toteutuksessa ympäristön tilan automaattisesta ja reaaliaikaisesta seurannasta on suurta hyötyä.

Maasää-hankkeen päätoteuttajat olivat MTT, Suomen ympäristökeskus ja Ilmatieteen laitos.

MTT julkaisee tutkimustuloksiaan kahdessa raporttisarjassa:  
MTT Kasvu ja MTT Tiede.

**MTT KASVU**  
[www.mtt.fi/julkaisut](http://www.mtt.fi/julkaisut)

MTT Kasvu -sarjassa julkaistaan oppaita ja raportteja maatalous- ja elintarviketutkimuksesta sekä maatalouden ympäristötutkimuksesta. Tuloksista kerrotaan käytännönläheisesti ja ymmärrettävästi. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen, puh. (03) 41881, sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)