

# Opas metsätalouden vesistökuormituksen seurantaan

Minna Kukkonen



Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute -sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmää ja kokouiskoosteita yms.

Sarjassa ei käytetä tieteellistä tarkastusmenettelyä.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>  
ISSN 1795-150X

**Toimitus**

PL 18  
01301 Vantaa  
puh. 029 532 2111  
sähköposti [julkaisutoimitus@metla.fi](mailto:julkaisutoimitus@metla.fi)

**Julkaisija**

Metsäntutkimuslaitos  
PL 18  
01301 Vantaa  
puh. 029 532 2111  
sähköposti [info@metla.fi](mailto:info@metla.fi)  
<http://www.metla.fi/>

<b>Tekijät</b> Kukkonen, Minna			
<b>Nimeke</b> Opas metsätalouden vesistökuormituksen seurantaan			
<b>Vuosi</b> 2012	<b>Sivumäärä</b> 47	<b>ISBN</b> 978-951-40-2387-3 (PDF) 978-951-40-2388-0 (nid.)	<b>ISSN</b> 1795-150X
<b>Alueyksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet</b> Itä-Suomen alueyksikkö / 350601 Valtakunnalliset ja alueelliset vesistökuormituslaskelmat			
<b>Hyväksynyt</b> Leena Finér, vastuututkija, 11.10.2012			
<b>Tiivistelmä</b> Metsätalouden kuormituksen seurannan oppaassa kootaan yhteen ohjeita metsätalouden vesistökuormituksen seurannan järjestämisestä ja ylläpidosta. Oppaan toivotaan edistävän yhtenäisiä käytäntöjä sekä parantavan tulosten laatua ja vertailukelpoisuutta. Ohjeistusta voidaan soveltaa sekä viranomaisluonteiseen seurantaan että tutkimustarkoituksiin. Jatkuvatoiminen mittaustekniikka yleistyy nopeasti ja tarjoaa uusia mahdollisuuksia seurannan toteuttamiseen. Oppaassa käsitellään myös siihen liittyviä kysymyksiä ja kehitystarpeita.			
<b>Asiasanat</b> automaattinen mittaus, huuhtouma, jatkuvatoiminen mittaus, kuormitus, valuma-alue, veden laatu, vesistövaikutus			
<b>Julkaisun verkko-osoite</b> <a href="http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp245.htm">http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp245.htm</a>			
<b>Tämä julkaisu korvaa julkaisun</b>			
<b>Tämä julkaisu on korvattu julkaisulla</b>			
<b>Yhteydenotot</b> Sirpa Piirainen, Metla, PL 68, 80101 Joensuu. Sähköposti <a href="mailto:sirpa.piirainen@metla.fi">sirpa.piirainen@metla.fi</a>			
<b>Bibliografiset tiedot</b>			
<b>Muita tietoja</b> Taitto: Maija Heino			

## Sisällys

<b>1 Johdanto</b>	<b>5</b>
<b>2 Seurannan suunnittelu</b>	<b>6</b>
2.1 Seurantasuunnitelma	6
2.2 Vastuut	6
2.3 Sopimukset maanomistajan kanssa sekä luvat ja ilmoitukset viranomaiselle	6
<b>3 Seuranta-alueet ja -asemat</b>	<b>8</b>
3.1 Seuranta-alueen ja -aseman suunnittelu maastoon	8
3.2 Vertailualueet	9
3.3 Toimenpidealueet	9
3.4 Paikka- ja taustatiedot	10
3.5 Metsätaloustoimien tiedot	12
3.6 Alueiden kalibrointi	13
<b>4 Virtaaman seuranta</b>	<b>13</b>
<b>5 Vedenlaadun seuranta</b>	<b>15</b>
5.1 Jatkuva toiminen vedenlaadun mittaus ja kertanäytteenotto – toisiaan tukevat menetelmät	15
5.2 Jatkuva toiminen vedenlaadun seuranta	17
5.2.1 Laitteistojen ja anturien soveltuvuus ja valinta	17
5.2.2 Kalibrointi	20
5.2.3 Huoltotoimet ja antureiden puhdistustarve	21
5.2.4 Jatkuva toimimisen mittareiden toiminnan seuranta	23
5.2.5 Tiedonsiirto	25
5.2.6 Jatkuva toimimisen asemien vastuuhenkilöt ja perehdytys	26
5.3 Kertanäytteet	26
5.3.1 Koulutus ja sertifiointi	27
5.3.2 Näytteenoton esivalmistelut	27
5.3.3 Toiminta seuranta-asemalla	28
5.3.4 Näytteiden esikäsittely, kuljettaminen ja säilyttäminen	30
5.4 Vedenlaadun analyysimenetelmät	30
5.4.1 Määritysraja	31
5.4.2 Mittausepävarmuus	31
5.4.3 Analyytit	31
5.5 Kenttämittaus ja -mittarit	36
<b>6 Valuma-alueilta tulevan kuorman määrittäminen</b>	<b>37</b>
6.1 Kertanäytteiden vuosittainen ottotiheys	37
6.2 Kuorman laskeminen	38
<b>7 Seurannan dokumentointi ja raportointi</b>	<b>39</b>
7.1 Seurantatulosten dokumentointi	39
7.2 Seurantatulosten tarkastus, hyväksyntä, tallennus ja tietokannat	39
7.3 Raportointi	40
<b>8 Laadun ylläpito seurannassa</b>	<b>40</b>
8.1 Sisäiset auditoinnit	41
<b>Kirjallisuus</b>	<b>42</b>
<b>Sanasto</b>	<b>44</b>
<b>Liitteet</b>	<b>45</b>

## 1 Johdanto

Metsätalouden eri toimenpiteet voivat aiheuttaa kuormaa alapuolisiin vesistöihin. Vaikutusten laatua, määrää ja kestoja on tutkittu ja seurattu jo 1960–70-luvulta lähtien eri tutkimuslaitosten ja toimijoiden toimesta. Epäyhtenäiset seurantamenetelmät vaikeuttavat tulosten vertailtavuutta, minkä vuoksi on tarve yhtenäistää seurannan ohjeistusta.

Metsätaloustoimenpiteiden vesistökuorman laadullinen, määrällinen ja ajallinen vaihtelu asettaa haasteita seurannalle. Osa toimenpiteistä vaikuttaa valuma-alueelta lähtevään valunnan määrään, toiset vaikuttavat veden laatuun ja osa toimista tekee molempia. Kuormitusvaikutukset voivat olla hetkellisiä tai jopa yli kymmenen vuotta kestäviä ja niihin vaikuttavat myös tehdyt vesiensuojelutoimet ja niiden tehokkuus. Toimenpiteiden kokonaisvaikutusten selvittäminen edellyttää edustavien seuranta-alueiden pitkäaikaista ja säännöllistä seuranta-yhtenäisillä seurantamenetelmillä.

Maatalouden ja turvetuotannon aiheuttama vesistökuorma eroaa metsätalouden toimenpiteiden vesistökuormasta usealla eri tavalla. Maatalouden kuormitukselle on luonteenomaista paikkasidonaisuus, keskittyminen kasvillisuudettomaan ajankohtaan, vuosittainen toistuvuus sekä korkeat ravinnekuormat. Ensisijaisesti pistekuormittajaksi lasketun turvetuotannon kuormituksen laatu ja määrä vaihtelevat tuotantovaiheiden mukaan ja kuorma on paikkasidonaista kuten maataloudessakin. Metsätaloutta sen sijaan harjoitetaan metsikkökuvio kerrallaan, vaihtuvilla alueilla ja toimenpiteiden aikaväli samalla kuviolla on pitkä. Kaikille kolmelle maankäyttömuodolle on kuitenkin tavanomaista säiden ja vuodenaikojen vaikutus kuorman määrään. Erityisesti lumen sulamisen aiheuttama suuri vesimäärä keväällä, kesäaikaiset rankkasateet, runsaat syyssateet sekä leudot talvet vaikuttavat kuormaan.

Metsätalouden toimenpiteistä kuormitusta aiheuttavat päätehakkuut ja siihen liittyvä maanmuokaus ja kunnostusojitus turvemaidella sekä lannoitus. Taimikonhoidon ja harvennusten ei tiedetä aiheuttavan merkittävää kuormitusta. Eri toimenpiteillä on erisuuruinen ja -pituinen kuormitusvaikutus. Vaikutukset kestävät 1–15 vuotta ollen ensimmäisinä vuosina runsaita ja vähentyen ajan myötä. Suometsätaloudessa ja turvetuotannossa korostuu kiintoaine- ja humuskuorma, kun taas liukoinen ravinnekuorma on ensisijaisesti maatalouden ongelma. Kiintoaine ja liukoinen aine koostuvat orgaanisista ja epäorgaanisista aineista. Orgaaninen aine kuluttaa vedestä happea.

Perinteisesti eri maankäyttömuotojen kuormitusta on arvioitu alueelta tulevaa virtaamaa ja ainespitoisuuksia mittaamalla. Virtaaman mittaaminen on ollut jo kymmeniä vuosia jatkuvatoimista, mutta pitoisuudet ovat kertonäytteenottoihin perustuvia. Jatkuvatoimisesti vedenlaatua mittaava laite- ja anturitekniikka on kehittynyt viime vuosina vauhdilla. Jatkuvatoiminen mittaaminen perustuu automatiikkaan. Se ei kuitenkaan sulje pois kertonäytteenottoa vaan molempia menetelmiä joudutaan käyttämään rinnakkain toisiaan tukevin. Nopeasti muuttuva ja kehittyvä automatiikka ja tiedonsiirto asettavat haasteita seurannan järjestämiselle. Mittaustuloksia on entistä helpompi ja halvempi saada useasta paikasta samanaikaisesti ja paljon, mutta tiedon laatu vaihtelee.

Tämän oppaan tavoitteena on koota yhteen ohjeita metsätalouden vesistökuorman seurannan järjestämisestä ja ylläpitoa varten. Oppaan toivotaan edistävän yhtenäisiä käytäntöjä, parantavan tulosten laatua ja vertailukelpoisuutta. Opas ei anna yksityiskohtaisia ohjeita, vaan paremminkin päämääriä ja tavoitteita. Ohjeistusta voidaan soveltaa sekä viranomaisluonteiseen seurantaan että tutkimustarkoituksiin.

## 2 Seurannan suunnittelu

### 2.1 Seurantasuunnitelma

Seurannan suunnittelun lähtökohtana tulee olla selkeät päämäärät siitä, mitä tavoitellaan. Tavoitteiden on hyvä olla yksiselitteisiä, jotta niihin tähtäävät menetelmät voidaan suunnitella. Seuranta aloitettaessa tehdään alueelle *seurantasuunnitelma*. Siinä huomioidaan seurannan tavoitteet, seuranta tekevät vastuuyksiköt, vastuuhenkilöt ja vastuualueet, tarvittavat sopimukset, luvat, hankintatarpeet ym. kyseisen alueen seurantaan ja sen toteuttamiseen liittyvät asiat.

Osana seurantasuunnitelmaa laaditaan jokaiselle alueen seuranta-asemalle asemakohtainen *seurantakäsikirja*, jossa on esitetty asemalla tehtävä seurantatutkimus kuten vuosittainen vesinäytteiden seurantaohjelma ja jatkuvatoimisen seurannan suunnitelma sekä niihin liittyvät käytännöt ja ohjeet. Seurantakäsikirjan päivitettävänä osana on *toiminnan seurantakirja*, johon päivitetään alueella ja seuranta-asemilla tehdyt toimet, havainnot ja huomiot. Seurantasuunnitelma ja asemakohtaiset seurantakäsikirjat talletetaan sähköiseen tietokantaan ja se muodostaa osan *seurannan tietojärjestelmästä*.

Suunnittelun päätarkoituksena on ennakoida seurannassa eteen tulevia kysymyksiä ja näin lisätä valmiuksia työn onnistumiseen. Suunnitelmia tehtäessä on tärkeää miettiä asioita pitkällä aikajännteellä ja dokumentoida ne. Osa asioista jää avoimiksi ja kehittelyn alaiseksi, mikä on hyvä huomioida suunnitelmassa. Niihin tehdään suunnitelmat vasta myöhemmin, mikä tulee myös dokumentoida. Suunnittelun aikana on tarvetta maastokäynteihin mm. alueiden tilan ja rajautumisten toteamiseksi.

### 2.2 Vastuut

Seurannan suunnittelun tärkeänä osa-alueena on vastuiden jako. Seurannasta vastaava organisaatio nimetään ja lisäksi nimetään vastuuhenkilöt seurannan toteuttamisen eri osa-alueille: suunnitteluun, johtamiseen, ohjaamiseen, toteuttamiseen, dokumentoimiseen, aineistojen tarkastamiseen, tietokantaan tallentamiseen ja raportoimiseen.

Seuranta tehdään myös ostoperiaatteella. Hankintana voi olla esimerkiksi laboratorion palvelut, näytteenotto tai jatkuvatoiminen mittaus. Jokainen hankinta vaatii tarkan esiselvityksen, jotta saatu palvelu vastaa tarvetta ja täyttää kriteerit laadun sekä luotettavuuden osalta. Esiselvitykseen kannattaa varata riittävästi aikaa, sillä siinä huomioitujen hankintakriteerit vaikuttavat hankinnan ja seurannan onnistumiseen. Kaikki suunnitelmat ja päätökset tulee dokumentoida. Liitteeseen yksi on listattu hankinnan yhteydessä mietittäviä asioita.

### 2.3 Sopimukset maanomistajan kanssa sekä luvat ja ilmoitukset viranomaiselle

Seuranta-asemia ei saa rakentaa minne tahansa, vaan toimintaan tarvitaan maanomistajan suostumus ja mahdollisesti ilmoitus viranomaiselle tai lupa viranomaiselta. Maanomistajan kanssa keskustellaan ennakkoon siitä, mitä muutoksia alueella saa tai joutuu tekemään, jotta asema tarvittavine laitteistoineen saadaan sinne perustettua (kuva 1). Alueelta saatetaan joutua kaatamaan puita ja saatetaan joutua raivaamaan polku tai rakentamaan tie. Maanomistajan kanssa on myös

hyvä sopia, mitä kautta alueelle liikutaan rakennusvaiheessa sekä myöhemmin, voiko alueella kaivaa ja mitä tehdään ylijäämämaan kanssa sekä kertoa ja keskustella mahdollisista riskeistä ja korvauksista maanomistajalle.

Sopimuksissa tulee huomioida myös mitta-anturit, mahdolliset automaattiset näytteenottimet, antennimastot, virtalähteet, mahdollinen verkkovirran käyttö, aurinkopaneelit ym., sillä niiden asentamiseen saatetaan tarvita lupa. Metsätalouden kuormitusseuranta on pitkäaikaista, minä vuoksi jatkumisen varmistamiseksi tulee maanomistajan kanssa tehdä asiasta sopimus, jota mahdollisesti päivitetään määräajoin. Lisäksi vertailualue käytännössä rauhoitetaan määräajaksi metsätaloustoimien ulkopuolelle. Sopimuksen asiat kirjataan ylös myöhempien väärinkäsitysten välttämiseksi.

Mittapadon perustamiseen saatetaan lisäksi tarvita lupa tai ilmoitus viranomaisille. Luonnontilaisessa uomassa arvioidaan rakennelmien vaikutuksia uoman luonnontilaan. Luvan tarpeellisuutta selvitetessä tulee miettiä, mitä mittapato aiheuttaa uomassa; se ei saa estää kalojen ja pohjaeläinten kulkua. Jos padon tai mittakaivon rakentaminen ei aiheuta merkittäviä haittoja, niin lupaa alueviranomaisilta (AVI) ei tarvita. Jos uoman luonnontilaan aiheutuu merkittäviä muutoksia, niin silloin voi joutua hakemaan lupaa. Luvan tarvetta arvioidaan maastokäynnin perusteella. Ojiin mittapatoja saa yleensä tehdä ilman viranomaislupaa. Epäselvissä tapauksissa voi olla yhteisessä viranomaisessa (lisätietoa Ketola 2003).



**Kuva 1.** Maan kaivamisesta ja maa-aineksen käytöstä seuranta-asemaa rakennettaessa tulee sopia maanomistajan kanssa.

### 3 Seuranta-alueet ja -asemat

#### 3.1 Seuranta-alueen ja -aseman suunnittelu maastoon

Metsätalouden vesistökuormituksen seuranta-alueeksi tulee valita selkeärajainen valuma-alue. Tarkoitukseen sopivat parhaiten pienet metsäiset valuma-alueet, joilla on laskuoja tai -puro, johon perustetaan alueelta lähtevän veden virtauksen ja laadun seuranta-asema. Aseman varustus koostuu mittapadosta tai kaivotyypisistä asemasta sekä jatkuvatoimiseen mittaukseen tarvittavasta laitteistosta (kuva 2).

Seuranta-aseman valuma-alueella ei tulisi olla muuta maankäyttöä kuin metsätalous. Toimenpiteiden vaikutusten seurannan tulee olla mahdollisimman yksiselitteistä ja muita, tuloksia häiritseviä toimia ei tule tehdä. Valuma-alueella tehtävien toimien erottumista mitatuissa parametreissa tulee arvioida ennakkoon aikaisemman tutkimustiedon perusteella. Valuma-alueen koko ja toimien sijoittuminen vaikuttavat siihen, minkä verran kuorma laimenee ennen mittauspistettä. Kaikki huomiot asemasta tulee kirjata ylös seurantasuunnitelmaan.

Alueilla, joilla on tehty vesiensuojelutoimenpiteitä, voidaan perustaa kaksi asemaa, joista toinen vesiensuojelurakenteiden yläpuolelle ja toinen alapuolelle. Valuma-alueella voi myös olla muita seuranta-asemia, jos niiden katsotaan tuovan tarpeellista lisätietoa alueesta. Lisäasemilta voidaan ottaa näytteitä seurantajakson aikana alue-erojen selventämiseksi. Kaikki asemat, toimet ja huomiot dokumentoidaan seurantasuunnitelmaan.

Seuranta-aseman perustaminen aloitetaan karttatarkastelulla ja maastokäynneillä. Sijaintia suunniteltaessa tulee miettiä asemalle kulkemista mm. teiden läheisyyttä ja talviaikaista kulkemista. Kovin syrjäisille seuduille kulkeminen sekä välineistön kuljettaminen ja vesinäytteiden hakeminen saattaa olla työlästä ja aikaa vievää.



**Kuva 2.** Vasemmassa kuvassa mittapato sekä vedenlaadun seuranta-asema (kuva Erkki Oksanen) ja mittakaivon asennus oikeassa kuvassa (kuva Leena Finér). Mittalaitteisto asennetaan mittakaivon sisään.



Seuranta-aseman sijoituksen yhteydessä tulee suunnitella sähkön saatavuus ja tuotto sekä sähkölaitteiden käyttö. Yleensä sähkö tuotetaan aurinkopaneeleiden ja akkujen avulla. Virranlähteenä toimivat aurinkopaneelit pitää pystyä asentamaan avoimeen maastoon, suhteellisen tasaiselle paikalle, jossa ei ole varjostavia tekijöitä. Monet vedenlaatuanturit kuluttavat niin paljon virtaa, että verkkovirtaa kannattaa käyttää, mikäli se vain on mahdollista. Sähköä käytettäessä tulee huomioida, etteivät sähkötarvikkeet joudu eristämättöminä veden varaan mahdollisten tulvien yhteydessä. Langattomia asemia ei tule asentaa voimalinjojen alle tai GSM-verkon ulkopuolelle, jotta datan siirtoon ei tulisi häiriöitä. Myös antennimastojen ukkossuojauksen tarve tulee selvittää.

Veden virtaamaa ja laatua mittaavan seuranta-aseman toteuttamiseksi on eri ratkaisuja kuten mittapato, kaivotyyppinen asema (myöhemmin mittakaivo) tai putkipato. Patorakennelmaa tai mittakaivoa suunniteltaessa tulee huomioida, että se on toimiva ja koko vastaa aseman virtaamamuu-toksia. Aseman perustamispaikka tulee suunnitella siten, että siihen saadaan tehtyä tarvittavat rakennelmat ja että sen kautta virtaavan veden määrä on riittävä eikä padotus aiheuta huomattavia tulvia. Asemalle mahdollisesti laitettavien jatkuvatoimisten mittalaitteiden huollon tulee olla käytännöllistä samoin kuin yksittäisten vesinäytteiden oton. Mittakaivon tai -padon rakentamisessa pudotuskorkeuden tulee olla riittävä. Jos pudotuskorkeutta ei ole tarpeeksi, ojaan voidaan laittaa putki, jonne ultraääneen perustuva mittalaitteisto sijoitetaan. *Mittapadon tai mittakaivon suunniteluun ja rakentamiseen kannattaa käyttää asiaan perehtyneen asiantuntijan apua.*

### 3.2 Vertailualueet

Seurannan toteuttamisessa käytetään pääasiallisesti toimenpidealue – vertailualue ja kalibrointi-jakso -menetelmiä. Vertailualueina käytetään luonnontilaisia metsiä tai kasvatusmetsiä, joissa ei oleteta enää näkyvän edellisistä metsätaloustoimenpiteistä kuormituksen merkkejä, mikä merkitsee vähintään kymmentä toimenpiteetöntä vuotta. Vertailualueelle ei saa olla myöskään tarpeita tulevista metsätaloustoimista seuraavaan 10–15 vuoteen. Vertailualueen tulisi olla mahdollisimman samankaltainen metsien puusto- ja ikärakenteeltaan, maastomuodoiltaan ja maaperältään sekä kooltaan toimenpidealueen kanssa. Vertailualueen tulisi sijaita mahdollisimman lähellä toimenpidealueen aluetta. Tällöin säästä ym. vaihtelusta johtuvat poikkeamat voidaan minimoida. Sama alue voi toimia useamman toimenpidealueen vertailualueena. Luonnontilaisia vertailualueita voi hyödyntää myös luonnon taustakuorman seurannassa.

### 3.3 Toimenpidealueet

Toimenpidealueisiin kuuluvat metsät, joissa tehdään metsän elinkaaren aikana eri metsätaloustoimia kuten kasvatus- ja uudistamishakkuita, hakkuutähteiden korjuuta, kantojen nostoa, ojitusta, kunnostusojitusta, maanmuokkausta, lannoitusta, kulotusta ym.

Toimenpiteiden lisäksi tulee seurata myös mahdollisten vesiensuojelutoimenpiteiden tehoa tarpeen mukaan yksityiskohtaisemmin ja huomioida lietekuopat, laskeutusaltaat, suojavyöhykkeet, kosteikot, ketjutetut pienkosteikot, tulva-alueet, luonnonmukainen kuivatus, pintavalutus, ojakatkot, ym.

### 3.4 Paikka- ja taustatiedot

Valuma-alue rajataan ja digitoidaan paikkatieto-ohjelmaan peruskartalle (1:10 000) sekä nimitään karttatietojen mukaan (kuva 3). Rajauksessa käytetään apuna korkeuskäyriä, korkeusmallia ja maastohavainnointia. Niiden avulla valuma-alue rajataan vedenjakajien mukaan. Kaltevuudeltaan pienillä valuma-alueilla vesi saattaa tulva-aikana virrata eri reittiä kuin normaalivirtaaman aikana ja tästä aiheutuu tarkasteluun pahimmillaan huomattavaa virhettä. Esimerkiksi suoalueilla jakaminen saattaa olla hankalaa, koska vuodenaikasta ja veden määrästä johtuen saattaa vesi virrata eri suuntiin. Tällaisissa tapauksissa alue rajataan mahdollisuuksien mukaan yli- ja keskiveden määräämään virtaaman mukaan. *Tavoitteena on rajata alue siten, että se kuvastaa kuorman kulkeutumista.* Rajaukseen tarvitaan maastotarkastelua eri vedenkorkeuden aikoina.

Seuranta-asemasta, valuma-alueesta ja sen maankäytöstä tehdään selvitys mahdollisuuksien mukaan. Tiedot laitetaan aseman tietokantoihin ja lisäksi paikkatiedot, toimenpiteet, metsäautotiet ym. digitoidaan ja tallennetaan paikkatieto-ohjelmaan. Näillä tiedolla selvennetään taustatekijöitä, jotka vaikuttavat veden latuun. Lisäksi tiedot ovat valmiina raportointia, alue-esittelyä, karttoja ym. varten.



**Kuva 3.** Puuston ikäluokat ja metsätaloustoimet vaihtelevat valuma-alueella. Seurantaan valitusta valuma-alueesta kerätään tiedot seurantasuunnitelmaan ja digitoidaan paikkatieto-ohjelmaan. Niitä voidaan käyttää erilaisten karttapohjien luonnissa (kuva Erkki Oksanen).

Kartoitettavia tietoja ovat:

- valuma-alueen numero kolmannen jakovaiheen mukaan
- seuranta-aseman x-, y-, z-koordinaatit, niiden tarkkuus ja käytetty karttajärjestelmä
- alueellinen metsäkeskus, kunta, maanomistaja ja yhteystiedot
- pinta-ala
- alueen kasvillisuusvyöhyke, kuviokohtaiset kasvupaikka- ja puustotiedot (omistajan metsäsuunnitelmat)
- alueen korkeus merenpinnasta, kaltevuus ja mahdollisuuksien mukaan korkeuserot
- maa- ja kallioperätiedot, avokalliot, maaperän paksuus, pohjaveden syvyys
- turvemaan osuus ja turpeen paksuus sekä turvelaji ja maatuneisuus
- lähteet, tihkupinnat ym. (kuva 4)
- järvien ja lampien pinta-alat
- mahdolliset muut maankäyttömuodot ml. voimalinjojen pinta-alat, sekä asutus, henkilö- ja karjamäärät
- suojelualueiden pinta-ala
- metsänkäsittely viimeiseltä kymmeneltä vuodelta, pinta-alat
- ojitustiheys metreinä pinta-alaa kohden ja ojitusalueen osuus pinta-alasta sekä ojitusvuodet
- puron ja/tai lasku-uoman pituus, syvyys, leveys, piilopurot
- metsäautoteiden pituus ja sijainti
- mahdolliset ilmakuvat seurannan aloituksen ja toimenpiteiden jälkeen
- mahdolliset laserkeilausaineistot
- aikaisemmat tutkimukset ja selvitykset alueelta
- lähimmät sää- ja ilmastoasemat.



**Kuva 4.** Lähteen purku (kuva Minna Kukkonen).

### 3.5 Metsätaloustoimien tiedot

Seuranta-aseman vedenlaatuun vaikuttaa valuma-alueen olosuhteiden lisäksi siellä tehdyt toimenpiteet, niiden intensiteetti ja laajuus, sijoittuminen sekä ajankohta. Seuranta tekevällä taholla on myös itsellään vastuu olla säännöllisesti yhteydessä maanomistajaan em. muutosten toteamiseksi. Toimien kirjaamisessa metsikkökuviotaso on riittävä. Seurannan aikana seurattavia toimia ovat:

- kaikki metsätaloustoimenpiteet, käytetty menetelmä ja konetyyppi sekä tarkat toimenpideajankohdat
- toimenpidealueen pinta-ala
- metsäautoteiden rakentaminen
- massansiirrot
- muut mahdolliset huomiot esimerkiksi huomattava sateisuus toimenpiteen aikana, myrskytuhot ym.
- mahdolliset metsänkäyttöilmoitusten tai viranomaisille toimitettujen suunnitelmien kopiot
- muut mahdolliset vesistövaikutuksia aiheuttavat toimet kuten myrskytuhopuiden korjuu, lumi- ja hirvivahingot, hyönteistuhot
- ojien laatuinventointi, mm. palautuminen/sammaloituminen, ojituksen ylettyminen kivennäismaahan, syöpyminen
- huomiot mahdollisista metsäkoneiden ajourien vaikutuksista (oikovirtaukset, purolylykset), ajourien epätavallinen syvyys tai maan tiivistyminen.

Metsätaloustoimenpiteistä seurataan:

- hakkuut, hakkuutapa, poistettu puumäärä mahdollisesti puutavaralajeittain, puulajisuhteet
- maanmuokkaus, menetelmät, pinta-alat
- ojitukset, menetelmät
- lannoitus, lannoitetyyppi, ravinnesuhteet ja määrä
- raivaus ja hakkuutähteiden korjuumäärät hakkuiden jälkeen
- kantojen poisto, määrät
- toimintojen tarkat alkua- ja loppupäivämäärät kellonaikoinen
- tehdyt vesiensuojelutoimet ja -rakenteet,
- puutavarapinojen ja hakkuutähde- ja kantokasojen/aumojen sijainti ja varastointiaika.

*Tehdyt toimenpiteet talletetaan vuosittain seuranta-aseman toiminnan seurantakirjaan ja digitoidaan paikkatieto-ohjelmaan. Pelkkä digitointi paikkatieto-ohjelmaankin on riittävä, kunhan kaikki toimet ja tiedot kirjataan ylös. Jos alueella ei ole tehty toimenpiteitä, niin sekin mainitaan. Toimenpiteiden muut vaikutukset, kuten selvät eroosiot ojituksen seurauksena tulee myös kirjata ylös.*

### 3.6 Alueiden kalibrointi

Ennen metsätaloustoimenpiteitä kalibroidaan toimenpide- ja vertailualueita samanaikaisesti 3–5 vuotta. Sen aikana seurataan alueelta lähtevää ravinnekuormitusta ilman metsätaloustoimenpiteitä, kartoitetaan alueen tiedot sekä historia ja testataan laitteistoa sekä seurannan toteuttamismenetelmiä. Kolme vuotta on minimi kalibrointi-aika. Suositeltavin olisi 5 vuotta, jotta mm. sään aiheuttamat vuosien väliset vaihtelut mitattaviin parametreihin tulisivat paremmin esille ja mitauslaitteisto sekä asemakohtaiset toimintaperiaatteet saadaan käyntiin. Kalibrointiajan toimet, tulokset ja huomiot talletetaan aseman toiminnan seurantakirjaan.

Kalibrointijakson jälkeen toimenpidealueella tehdään metsätaloustoimet, joiden vaikutuksia selvitetään seurannan avulla toimenpiteen vaikutuksen ajan, joka kestää useita vuosia (10–15 v.). Vertailualueen seuranta jatkuu toiminta-alueen seurannalle rinnakkaisena eikä sillä tehdä metsätaloustoimenpiteitä.

## 4 Virtaaman seuranta

Virtaama määritellään tietyn uoman poikkileikkauksen kautta virtaussuuntaan aikayksikössä kulkeutuvaksi vesimääräksi (esimerkiksi  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$  tai  $\text{l s}^{-1}$ ) (Korhonen 2007). Luonnonuomissa tehtävissä mittauksissa määritetään uoman poikkileikkauksen pinta-ala ja poikkileikkauksen keskinopeus te-kemällä mittauksia uoman eri pisteissä. Virtaama (Q) saadaan seuraavasta yhtälöstä:

$$Q = \int_A v(A) dA$$

missä  $v(A)$  on virtausnopeus ( $\text{m s}^{-1}$ ) poikkileikkauksessa  $A$  ( $\text{m}^2$ ).

Virtaaman jatkuvatoiminen mittaaminen on suositeltavin ja toimivin menetelmä. *Mittaus perustuu tällöin yleensä sähköiseen paineanturi- tai ultraäänitekniikkaan tai mekaaniseen limnigrafiiin.* Anturit asennetaan mittapatoihin, -kaivoihin tai suoraan uomaan (kuva 5).

Pienten virtaamien mittaukseen soveltuu V-mallinen *mittapato* (Thompson). Se sopii yli  $0,05 \text{ L s}^{-1}$  virtaamille. Padon malli voi vaihtoehtoisesti olla tasapohjainen (”Crump”) varsinkin, jos eroosio on huomattavaa. Patomateriaali voi olla betonista, metallista tai puusta. Vedenkorkeutta mitataan joko kiinteiltä asteikolta luettuina havaintoina tai paineanturilla, harvemmin enää limnigrafilla. Jatkuvatoiminen anturihavainnointi on suositeltavin vaihtoehto, koska pienillä valuma-alueilla virtaamat vaihtelevat nopeasti.

Mittapato ja paineanturit voivat sijaita myös *mittakaivon* sisällä, jolloin veden jäätymistä talvisin ei juuri tapahdu. Vettä mitataan samalla lailla V-aukon mittalevyn ilmoittaman veden korkeuden ja paineanturin avulla. Mittapatoa tai -kaivoa asennettaessa tulee huomioida, että asema on sopivassa syvyydessä, horisontaalisesti vaaterissa, ja sen ohi ei pääse virtaamaan vettä. Mittakaivoja tulee seurata ja huoltaa, etteivät ne liety umpeen, limoitu tms. tapahdu, mikä mahdollisesti vaikuttaa veden virtaukseen, laatuun tai mittaamiseen.

Avouomasta mitattavien *vedenkorkeuksien absoluuttinen korkeustaso ja purkautumiskäyrä* on tunnettava. Tämä edellyttää havaintopaikan korkeuden mittausjärjestelmän sitomista valtakun-



**Kuva 5.** V-mallinen mittapato ja pato mittakaivossa (kuvat Minna Kukkonen).

nalliseen korkeustasoon. Maankohoamisen vuoksi Suomessa on useita valtakunnallisia korkeusjärjestelmiä (NN, N43, N60). Kolmas tarkkavaaitus saatiin tehtyä vuonna 2004 ja N2000-korkeusjärjestelmän käyttöönottoa odotellaan parhaillaan. Jos virtaamaa mitataan mittapadolla, absoluuttisen korkeustason tunteminen ei ole tarpeen, koska pinnankorkeus patoaltaassa suhteessa V-aukon nolapisteeseen määrittää virtaaman suuruuden.

Valuma-alueen purkupisteessä sijaitsevalle mittapadolle määritetään virtaamamittauksiin perustuva *purkautumiskäyrä*, jonka perusteella paineanturin avulla saatu pinnankorkeus muutetaan virtaamaksi. Purkautumiskäyrä voidaan piirtää suoranaisten virtaamamittausten perusteella, jos uoma täyttää hydrauliset ehdot (Korhonen 2007). Mittauksia tarvitaan erilaisista virtaamatilanteista 5–10 kpl. Purkautumissuhteet voivat muuttua sääolosuhteiden, ihmisen toiminnan (vesityöt, eroosio, kasvillisuus, metsänkäsittely, ojitukset), uoman luonnollisen muuttumisen tai jopa majavien toimesta. Purkautumiskäyrän tarkistamiseksi tulee tehdä kontrollimittauksia, jos epäillään uoman virtauksen muuttuneen.

Talvisin saattaa jää padottaa vettä niin, että purkautumiskäyrästä ei saada suoraan oikeita virtaamalukemia. Tällaisilla paikoilla virtaamahavainnoille täytyy tehdä jälkeempään ns. *jääreduktointi*. Jääreduktoinnilla talviajan virtaama määritetään purkautumiskäyrän, ilman lämpötilan, jäätymis- ja jäänlätöhavaintojen, tarkistusmittausten sekä saman vesistön vertailumittausten avulla. Jääreduktio tehdään graafisesti hyödyntämällä edellä mainittuja havaintotietoja. Myös vesistömälle on alettu käyttää viime vuosikymmeninä jääreduktioinnin apuna (Korhonen 2007).

*Paineanturitekniikka* soveltuu mittapadoille, joissa virtausnopeus on kohtalainen tai voimakas ja vesi pysyy sulana läpi talven. Paineantureiden toimintaa seurataan ja kalibroidaan patoon integroidun korkeusmitan ja ajoittain padon V-aukosta tehtyjen manuaalisten (mittakeppi) mittausten avulla. Manuaalinen vedenpinnankorkeuden mittaaminen tulisi tehdä asemalla käydessä tai noin kerran kuukaudessa (Korhonen 2007). Vedenpinnan korkeutta verrattaessa tulee huomioida, onko jatkuvatoiminen arvo keskiarvo vai hetkittäinen luku sillä manuaalinen mittaaminen on aina hetkittäinen arvo. Manuaalisen mittauksen ajankohta tulee merkitä 1–5 minuutin tarkkuudella kenttälomakkeeseen. Paineanturimittauksen alkuvaiheessa vedenpinnan korkeutta voidaan mitata myös perinteisellä limnigrafilla paineanturin toiminnan varmistamiseksi.

*Limnigrafilla* seurataan vedenpinnan korkeusmuutoksia patoaltaan vaimennuskaivossa. Muutos välittyy uimurin ja vaijerin kautta piirturiin. Siinä olevan rummun ympärille on kierretty paperi, joka on tavallisesti jaettu kahdeksaan vuorokauteen. Kellolaite pyörittää rumpua siten, että vuorokaudessa rumpu kiertyy paperiin merkityn vuorokauden verran. Rummun liikkua piirrin piirtää paperille käyrän, josta voidaan lukea vedenpinnan jatkuva vaihtelu (Vesihallitus 1984). Limnigrafi on viikko- tai kuukausikiertoinen ja sen paperia joudutaan vaihtamaan sen mukaan. Kuukausikiertoinen limnigrafi soveltuu parhaiten vain tilanteisiin, joissa vaihtelut virtaamassa ovat hyvin pieniä. Limnigrafien käytöstä on lisää Jaakkolan ja Järvisen (2010) raportissa.

*Ultraäänimenetelmä* soveltuu tasaisen ja hitaan virtaaman mittaukseen, kun putouskorkeutta ei juuri ole. Menetelmässä virtaamaa mitataan putkipadolla tai tierummussa akustisesti ja se huomioi virtaaman molempiin suuntiin.

Patorakennelmien soveltuvuuden ja toimivuuden varmistamiseksi tulee sijoittamista ja suunnittelua tehdä myös paikan päällä maastossa ja käyttää suunnitteluun kokemusta omaavia asiantuntijoita. Virtaamaa olisi myös hyvä seurata jo ennen mittalaitteiden asentamista yli- ja alivirtaama-aikoihin mittapadon mitoittamiseksi. Mittauslaitteiston asentamista ja soveltuvuutta varten tulee selvittää uoman leveys, syvyys, maaperä, virtaamarajat, putouskorkeus ym. Selvityksissä tulee huomioida myös padon aiheuttamat virtaaman muutokset, jotta vältetään tulvimisesta, kuivumisesta tai jääytymisestä johtuvat ongelmat. Varsinkin pienillä valuma-alueilla talven aiheuttamat ongelmat mm. antureiden ja virtalähteiden toimivuuteen ja tarkkuuteen tulee selvittää etukäteen. (Lisätietoa Jaakkola ja Järvinen 2003 ja Korhonen 2007.)

## 5 Vedenlaadun seuranta

### 5.1 Jatkuvatoinen vedenlaadun mittaus ja kertainäytteenotto – toisiaan tukevat menetelmät

Seuranta-aseman virtavedestä voidaan mitata veden laatua jatkuvatoimisesti erilaisilla antureilla tai kertainäytteenotolla. Jatkuvatoinisella mittauksella saadaan huomattavasti enemmän ja tarkempaa tietoa mitattavan suureen ajallisesta käyttäytymisestä kuin kertainäytteenotossa, jossa pi-toisuus on vain hetkittäinen tulos.

Pienten valuma-alueiden uomissa virtaaville vesille on luonteenomaista ainepitoisuuksien suuri vaihtelu lyhyelläkin aikavälillä kuten vuorokauden aikana, vuorokausien välillä sekä vuodenaikojen ja varsinkin rankkasateiden mukaan. Aineet kuten ravinteet kulkevat uomassa usein pulsseina. Muutosten nopeuteen vaikuttaa lähinnä valuma-alueiden pieni vedenväroastointikapasiteetti mutta myös mm. lämpötila ja biologiset prosessit. Kertainäytteenotolla on mahdotonta seurata tätä pitoisuuksien vaihtelua, jolloin jatkuvatoimisilla mittauksilla saadaan paremmin kiinni mitattavien aineiden pitoisuusvaihtelun suuruus ja ajallinen käyttäytyminen. (mm. Lepistö ym. 2010). Tämä korostuu myös leutoina talvina ja poikkeuksellisissa sääoloissa, jolloin tulva- ja kuormitushuipuja on vaikeaa ennustaa (Linjama ym. 2009).

Jatkuvatoinisella mittauksella voidaan myös tarkentaa kuormituksen ajankohtaa ja käyttäytymistä suhteessa muihin muutoksiin. Esimerkiksi Yläneenjoen kahdella seuranta-asemalla oli eroja sameuden ja virtaaman kasvun ajoittumisessa (Koskiahho ym. 2010). Pienemmällä valuma-alueella

sameuden maksimipiikit ajoittuivat hieman ennen virtaamapiikkiä, kun taas suuremmalla valuma-alueella sameuspiikki ajoittui vasta virtaamapiikin jälkeen.

Jatkuvilla mittauksilla saadaan myös selville mitattavien aineiden erilainen käyttäytyminen uo-massa. Esimerkiksi Säskylän Pyhäjärven tutkimuksen jokiaineistossa kiintoaine- ja kokonaisfosforikuormat nousivat virtaaman lisääntyessä, kun taas nitraattitypen kuorma ei aina seurannut virtaaman kasvua (Kallio ym. 2010). Kokonaisfosforin ja kiintoaineen kuormitushuiput olivat myös hetkellisempiä kuin kokonaistypen, joka noustuaan pysyi ylhäällä. Siksi kokonaistypen korkeat kuormat oli helpompi saada dokumentoiduiksi myös harvemmin tehtävillä kertonäytteenotoilla, kuin kokonaisfosforin tai kiintoaineen, joiden korkeat kuormat tulivat esille jatkuvatoimisten mitausten avulla.

Jatkuvatoimisilla mittauksilla voidaan sopivissa olosuhteissa tietyistä mittausarvoista johtaa toisia vedenlaatusuureita. Esimerkiksi sameuden jatkuvatoimisesta mittausarvosta voidaan johtaa kiintoaineen ja kokonaisfosforin pitoisuudet tietyillä ehdoilla (Linjama ym. 2009, Koskiahio ym. 2010).

Jatkuvalla mittauksella saatu aineisto on suoraan sähköisessä muodossa ja siten nopeammin käytävissä toisin kuin perinteisesti käsin mitatut tai laboratoriossa määritetyt arvot, jotka joudutaan syöttämään ja/tai siirtämään haluttuihin tietokantoihin. Jatkuvatoimisten mittareiden tuottama data on yleisesti kustannustehokkaampaa näytemäärään suhteutettuna, joskin se myös tuottaa huomattavat määrät aineistoa, minkä hyödyntäminen ja arkistointi on myös suunniteltava. Lisäksi datan joutuu tarkastamaan virheistä ja korjaamaan tarvittaessa ennen käyttöä.

Kertonäytteiden kuljetus- ja säilytysolosuhteet saattavat vaikuttaa veden laatuun, mikä on analyttikohtaista. Jatkuvatoimisessa mittaamisessa ei tule näytteenotosta, kestäväinnistä, kuljetuksesta, säilyttämisestä ym. johtuvia virheitä. Verrattaessa jatkuvatoimisia ja kertonäytteenotolla saatuja arvoja ei voida aina sanoa, kumpi on ”lähempänä” totuutta. Veden laatu saattaa muuttua laboratorioon viennin aikana, mistä selvimpänä esimerkkinä on happamuus (pH).

Jatkuvatoimisilla antureilla on myös rajoitteensa, sillä niitä on vain osalle mitattavista parametreista ja niiden mittaustarkkuus ja -alue(/-väli) asettavat rajoituksia sille, kuinka tarkkaan ja millä mittausepävarmuudella mittauksia saadaan tehtyä. Myös seurantapaikan olosuhteet ja niiden vaihtelu (mitattavan veden laatu mm. muut yhdisteet, väri, lämpötila, jännitevaihtelut yms.) vaikuttavat tuloksien tarkkuuteen, samoin kuin laboratorioanalyysissä.

Jatkuvatoimiset mittaukset eivät siis yksin riitä seurantaan, vaan tarvitaan kertonäytteenottoa tarpeeksi laajoilla pitoisuuden vaihteluväleillä niiden kalibrointiin. Samoin, jos toista mittaussuuretta käytetään toisen suureen laskemiseen, niin arvioitavasta suureesta tarvitaan kertonäytteitä riittävän laajalla vaihteluvälillä. Lisäksi jatkuvatoimisen anturin mittausepävarmuuden tulee olla niin pieni, että laskettavasta muuntokertoimesta saadaan luotettava. Antureilla ei myöskään voida ainakaan toistaiseksi tuottaa standardoituja tuloksia, koska antureiden tuottamat arvot riippuvat anturityypistä ja mittaolosuhteista.

Jatkuvatoimisia laitteita tulee huoltaa säännöllisesti ja niiden tuottamaa dataa on seurattava jatkuvasti. Mahdollisten ongelmien, kuten mittausta häiritsevän likaantumisen tai laiterikon sattuesssa ne on käytävä nopeasti puhdistamassa tai korjaamassa. Muutoin datan oikeellisuutta ei voida taata.



Käytännössä metsätalouden jatkuvatoimisiin mittauksiin soveltuvia parametreja voivat olla virtaama, sameus, kiintoaine, happamuus (pH), liukoinen hiili (DOC), kokonaishiili (TOC), kemiallinen hapenkulutus (COD) ja johtokyky. Nitraattianturien toimivuus on osittain epävarmaa ja vaatii kehittelyä; ne soveltuvat parhaiten maatalousvaltaisten valuma-alueiden seurantaan, missä pitoisuudet ovat korkeita (Kallio ym. 2010). *Suunniteltaessa jatkuvatoimista mittausta seuranta-kohteille tulee olla yhteydessä laitetoimittajiin. Ala on nopeasti kehittyvä ja eri laitetoimittajilla on erityyppisiä sekä erilaisissa vesissä käytettäviä antureita, joiden ominaisuuksia ja käyttökoemuksia tulee verrata.*

## 5.2 Jatkuvatoiminen vedenlaadun seuranta

Jatkuvatoimisten seuranta-asemien toimivuuden ja datan laadun varmistaminen alkaa siitä, että jo laitteiden hankintavaiheessa valitaan oikeanlaiset ja laadukkaat anturit ja tallentimet, jotka sopivat asennuspaikkaan ja mitattavan veden ominaisuuksiin.

Mittaamisessa tulee kiinnittää huomiota koko mittausketjuun (Lepistö ym. 2010 mukaillen):

- huolella valitut, edustavat mittauskohteet
- korkealaatuiset, kalibroidut mittausanturit ja niiden huolto
- tiedonsiirron toimivuus
- raakadata graafeina näytöllä
- automaattinen ja manuaalinen raakadatan tarkistus
- antureiden kalibrintinäytteet ja niiden analysointi laboratoriossa
- näyteasemakohtaisesti kalibroitu, laatuvarmistettu data
- laatuvarmistetun datan tallennus tietokantaan

*Jatkuvatoimisen vedenlaadun seurantajärjestelmän laadunvarmennusta varten tulee seuranta-alueen jokaiselle asemalle olla asemakohtainen seurantakäsikirja, joka sisältää aseman jatkuvatoimisen seurannan suunnitelman ja mittalaitteiston käyttöohjeen sekä toiminnan seurantakirjan. Jatkuvatoimisen mittalaitteiston käyttöohjeessa kuvataan laitteisto ja sen toiminta: käyttö, huolto ja kalibrointi. Toiminnan seurantakirjaan päivitetään laitteistolle tehty kalibroinnit, huollot, korjaukset ja muut toimenpiteet sekä huomiot laitteiston toiminnasta. Käyttöohje ja seurantakirja ovat osa asemakohtaista seurantakäsikirjaa ja seurantasuunnitelmaa (kappale 2.1) ja ne talletetaan yhteiseen tietokantaan aseman muiden asiakirjojen kanssa. Lisäksi asemalle tulee laittaa painettu käyttöohje, jossa kuvataan laitteisto ja sen käyttö ja huolto. Aseman hoitoon nimetään vastuuhenkilöt.*

### 5.2.1 Laitteistojen ja anturien soveltuvuus ja valinta

Jatkuvatoimista seuranta-asemaa perustettaessa ja antureita valittaessa tulee selvittää, millaisilla antureilla saadaan näkyviin vedenlaadussa ja sitä kautta kuormissa tapahtuvat muutokset. Sen takia on tärkeää selvittää anturien mittausalue ja -tarkkuus. Vedenlaatuantureiden (kuten DOC, COD, nitraatti-, sameus-, happi- ja pH-anturit) käytössä ja antureiden valinnassa on etukäteen tutustuttava asennuspaikan vedenlaatuun, pitoisuustasoon ja mahdollisimman tarkasti valittava anturit käyttökohteen mukaan. Suurille pitoisuuksille tarkoitettu anturi on säädetty laajalle mittausalueelle ja mittaasepävarmuus on suurempi kuin pienten pitoisuuksien mittaamiseen tarkoitetuilla antureilla. Pienille pitoisuuksille tarkoitettulla anturilla saadaan mitattua tarkemmin pieniä vaihteluja. Kaikille antureille ei ole tarkkuutta määritetty, koska laitekohtaisesti veden muiden

tekijöiden vaihtelulla voi olla vaikutusta tarkkuuteen. Alueella tehtävät metsätaloustoimenpiteet aiheuttavat mahdollisesti pitoisuuksien nousua, mikä myös on otettava huomioon valittaessa mitta-anturin mitta-alue. On myös mahdollista laittaa kaksi anturia, joiden mitta-alueet ja tarkkuudet ovat erisuuria.

Mittatarkkuuden lisäksi anturivalintaan vaikuttavat niiden kestävyys ja käyttövarmuus, mitkä vaihtelevat anturikohtaisesti. Paine-, lämpötila- ja johtokykyanturit ovat yleisesti varmatoimisia ja vähän huoltoa vaativia verrattuna vedenlaatuantureihin (Huttula ym. 2009). Antureita valittaessa kannattaa myös miettiä sitä, voidaanko samalla anturilla mitata useita eri parametreja. Se vähentää virran kulutusta ja huoltoon menevää aikaa, mutta saattaa olla, että yksittäisellä anturilla saadaan tarkempi tulos ja toisaalta, jos anturi hajoaa, niin menetetään kaikki tieto.

Antureiden automaattiset puhdistusmekanismit vähentävät niiden huoltotarvetta ja parantavat mittaustarkkuutta. Vedenlaatua mittaavissa optisissa antureissa, kuten sameusantureissa paineilmapuhdistuksen tai mekaanisten puhdistusharjojen tai -sulkien käyttö pitää huomioida ja miettiä tapauskohtaisesti. Erityisesti ravinteikkaisiin vesiin soveltuu parhaiten anturi, jossa on automaattinen puhdistus, koska anturit likaantuvat kesällä jopa päivässä. Laitteeseen sisältyvät puhdistusmenetelmät ovat kannattava sijoitus, jos vaihtoehtona on paikan päällä parhaimmillaan parin päivän välein tehtävä puhdistus. Puhdistusmenetelmät kuluttavat kuitenkin usein paljon sähköä, jolloin verkkovirta voi olla välttämätön.

Jatkuvatoimisten antureiden mittaustiheyttä voidaan säädellä. Osa laitteista voi myös etäsäätää esimerkiksi tekstiviestin avulla. Mittaustiheyden on hyvä olla suuri ylivirtaaman aikaan. Hiljaisen virtaaman aikaan se voi olla harvempi. Osa laitteista voidaan myös ohjelmoida hyvinkin monipuolisesti esim. mittaamaan tiheämmin, mutta tiedostoon lasketaan ja tulostetaan vain keskiarvo, maksimi, minimi tms. harvemmillä tulostusväleillä. Eri anturit voidaan ohjelmallisesti kytkeä myös reagoimaan toistensa mittaustuloksiin, esim. sateen alkaessa sademittari voi käskyttää sameusanturin mittaamaan tiheämmin kuin sateettomina aikoina. Tiheä mitta-alue vaatii enemmän sähköä.

Osa analyteistä tarvitsee mittaukseen analysaattorin, jossa näytteeseen lisätään reagenssia tai tehdään muita toimintoja. Tällaiset laitteet toimivat käytännössä vain silloin, kun ilma ei mene pakkasen puolelle, sillä laitteisto jäätyy helposti. Toisena mahdollisuutena on rakentaa lämmitettävä asema, missä analyysi tehdään.

Jatkuvatoiminen mitta-alue vaatii sähköä toimiakseen. Antureita käytetään yleensä nk. dataloggerin kautta ja dataloggeri syöttää jännitteen antureille ja niiden sähkön käyttö (jatkuva/hetkellinen) on hyvä selvittää, sillä anturit tarvitsevat tietyn jännitteen toimiakseen moitteettomasti. Sähkön tuotto mittalaitteisiin hoidetaan yleensä akuilla ja aurinkopaneeleilla (kuva 6). Erityisesti puhdistusmekanismeilla varustettujen vedenlaatuantureiden yhteydessä on järkevää käyttää verkkovirtaa, jos se vain on mahdollista. Akkujen kestävyys tulee olla riittävä, jotta talvella, jolloin aurinkopaneelien teho on vähäinen, riittää energiaa mittalaitteiden ja data-siirtolaitteiden pyörittämiseen. Matalaenergiset laitteet ovat suositeltavimpia. Myös varajärjestelmien tarve tulee harkita. Hetkellisesti suurta energiaa vaativat mitta- tai datalähetystoimet on hyvä ohjelmallisesti limittää.

Sopivaa mitta-laitteistoa määritettäessä myös anturin asentaminen tulee suunnitella. Anturi tulee pystyä asentamaan niin syväälle, ettei se jäädy pakkasilla ja datakaapelit tulee suojata eläimiltä mm. jyrsijöiltä. Antureiden asennussyvyys on osittain anturikohtaista. Syvyudessa tulee huomioida, ettei pohjan virtauksien aiheuttama aineskulkeuma häiritse mittaustuloksia ja toisaalta etteivät



**Kuva 6.** Jatkuvatoiminen mittaustilasto tarvitsee virtaa, jota syrjäisissä metsissä helpoiten saadaan auringosta ja akuista. Aurinkopaneelit tulee asentaa paikkaan, jossa ei ole varjoisaa (kuva Minna Kukkonen).

myöskään jäätyminen ja auringonvalo häiritse. Kaivoasennuksissa sopiva syvyys on helppo määrittää. Patokiinnityksissä syvyyttä tulee harkita olemassa olevien vedenkorkeustietojen perusteella. Useilla antureilla korkeus pohjasta tulisi olla noin 50 cm. Matalammallekin anturin voi laittaa, mutta silloin laitteet tarvitsevat mahdollisesti tiuhempaa huoltoväliä. Vedenkorkeuden tulisi olla pinnasta noin 1 m – 1,3 m mitatusta minimivedenkorkeudesta, jotta vältetään jäätyminen ja biologisen kasvuston esiintyminen. Mittareiden on kestävä myös muuttuvia sääoloja; yleensä ilman lämpötilan kestävyysrajat ovat  $-40 - +80$  °C.

Lisäksi tulee huomioida laitteen käyttöikä, kalibrointitoimet, huoltoväli ja huoltovarmuus sekä toimittajan asiantuntemus. Laitetoimittajalla tulee olla tarpeeksi kokemusta ja tietoa (referenssit), jotta hän osaa neuvoa oikeiden laitteiden hankinnassa. Laitteiden kokonaisedullisuuden vaikuttavat myös laitteen takuu ja huolto, mitkä koostuvat ainakin seuraavista asioista:

- soittoihin ja sähköposteihin vastataan aina nopeasti
- mahdollisuus (suomenkieliseen) henkilökohtaiseen tapaamiseen laitetoimittajan kanssa
- viat selvitetään ja laitteet korjataan aina mahdollisimman nopeasti
- takuajan jälkeenkin ongelmat selvitetään nopeasti ja kohtuuhinnalla
- vara- ja vaihto-osia on saatavilla

Laitteita hankittaessa on mahdollisuus ottaa erilaisia huolto- ja käyttöpaketteja. Niiden sisältö ja kustannukset suhteessa itse tehtyihin toimiin tulee selvittää. Lisäksi kannattaa huomioida, onko laitteen toimintaa mahdollisuus säätää ja ohjelmoida hankkijan toimesta, miten kommunikointi laitteen kanssa tapahtuu mikrotietokoneella maastossa ja/vai puhelinverkon välityksellä toimistolta vai vaativatko muutokset seuranta-aseman mittalaitteiston osittaisista/kokonaan purkamista tai lähettämistä laitetoimittajalle. Lisäksi on hyvä selvittää pystyykö laitekokonaisuuteen myö-

hemmin lisäämään uusia antureita ja voiko antureita vaihtaa tai anturikombinaatioita muuttaa myös omatoimisesti. Lisäksi on hyvä varmistaa että mitattu data säilyy ulkoisessa tai laitteen muistissa ja siinä on riittävästi muistitilaa sähkökatkojen, puhelinverkon häiriöiden tai muiden vikojen aikana.

Seuranta-asemien laitteiston tulee olla ympärivuotiseen mittaukseen soveltuvia, mitkä ehdot ensisijassa täyttävät mittakaivot tai maan sisään kaivettavat putkipatotyypiset ratkaisut. Niissä vesi johdetaan mittakaivon tai -putken läpi ja samalla mitataan virtaama paineanturin tai putkissa ulträänin avulla, ja vedenlaadun anturit saadaan asennettua samaan kaivoon tai putkeen. Kaivon koko ja tyyppi riippuvat virtauksesta. Muiden asemien talven kestävyyttä parannetaan eristämällä ne. Niiden ympärille voidaan rakentaa kotelo, joka eristetään esim. lämmöneristelevyllä ja talvisin lopuksi lumella. Dataloggerit, puhelinmodeemit ja akut kestävät myös jonkin verran pakkasta. Vaihtoehtoisesti mittauslaitteet voidaan sijoittaa rakennukseen, jossa on lämmitysmahdollisuus. Mittalaitteen kaapelointi pitää suojata jäätymiseltä ja eläimiltä esimerkiksi kaivamalla johdot suojaputkessa rantatörmään.

Jatkuvatoimisten laitteiden avulla tavoitellaan säästöä seurantakustannuksiin. Käytännössä jatkuvatoimisten laitteiden hankkiminen ja niiden ylläpito tulee kalliiksi, mutta niiden avulla saadaan huomattavasti enemmän tietoa suhteessa käytettyyn resurssiin. Antureista kalleimpia perustamis- ja ylläpitokustannuksiltaan ovat yleensä veden laatua mittavat anturit. Huollon osalta virtaamaa mittaavan paineanturin huoltotarve on vähäisempää kuin vedenlaatua mittaavien antureiden. Optiset ja spektrometriaan perustuvat anturit ovat huollon osalta halvempia kuin elektrodivaihdoksia tarvitsevat anturit. Varsinkin pH-mittarin anturit ovat nopeasti kuluvia. Halvinta laitetta ei kannata hankkia, jos sen toiminta tai kestävyys on heikko ja sitä joutuu huoltamaan useasti. *Laitehankintoja tulee tarkastella kokonaisedullisesti. Myös laitetoimittajan asiantuntijuudesta kannattaa maksaa, varsinkin jos itsellä on vain vähän kokemusta.* Jatkuvatoimiseen mittaukseen liittyviä asioita erityisesti sameuden osalta käsitellään oppaassa ”Jatkuvatoiminen sameusmittaus” (Arola 2012).

*Jatkuvatoimisen aineiston hankinnan voi tehdä myös palveluperiaatteella, jolloin työ ostetaan ja se voi vaatia hankintakäsittelyn kilpailutusohjeiden mukaan. Hankintamenettelyssä korostuu tarkka esiselvitys seurannan tavoitteista ja niitä vastaavista vaatimuksista mittalaitteistolle. Palveluita ostettaessa tulee sopia työstä ja sen eri vaiheiden vastuista ja niihin vaikuttavista tekijöistä, kuten: kuka vastaa antureiden toimivuuden seurannasta ja huollosta sekä tuotetun datan oikeellisuudesta? Mitä palveluita tilataan laitetoimittajalta ja mitä tilaaja tekee itse? Kenellä on viimekädessä vastuu datan oikeellisuudesta, jos jokin toimi jää tekemättä?*

## 5.2.2 Kalibrointi

*Veden laatua jatkuvatoimisesti mittaavat anturit ovat tehdaskalibroituja, mikä ei ole riittävää, vaan jokaisen anturin kalibrointi on tehtävä seuranta-asema olosuhteisiin. Käytännössä tämä tarkoittaa vertailua laboratoriossa mitattujen ja anturin antamien lukemien välillä, jolloin niiden välille saadaan lineaarinen regressioyhtälö. Lineaarisen regression avulla mitta-anturin luvut muutetaan vastaamaan laboratoriomääritysten arvoja. Täysin uudelle laitteelle tarvitaan erilaisissa olosuhteissa otettuja ja useampia vesinäytteitä kuin uudelleen kalibrointiin. Näytteiden määrästä on erilaisia mielipiteitä; noin 10–15 näytettä tulisi olla riittävä. Kalibrointinäytteitä tarvitaan myös eri vuodenajoilta, sillä veden muiden ainesosien vaihtelu saattaa vaikuttaa tulokseen. Sameusanturien mittaamat arvot ovat antureiden luonteesta johtuen usein heikosti vertailtavissa,*

jolloin anturit on hyvä kalibroida myös suhteessa kiintoaineeseen, jotta saadaan vertailtavia pitoisuusarvoja (Downing 2006).

Kalibrointinäytteet tulee ottaa siltä syvyydeltä, mihin anturi asennetaan, koska veden laatu saattaa vaihdella eri kerroksissa. Lisäksi näytteet on kuljetettava erityisellä huolella ja viipymättä standardisuositusten mukaisesti akkreditoituun laboratorioon analysoitavaksi. Sekä matalien että korkeiden pitoisuuksien tulee olla luotettavia. Seurattavan kohteen pitoisuusaluetta voi selvittää aiemmista mittaustuloksista. Kalibrointinäytettä otettaessa kellonaika on otettava tarkasti ylös, sillä *jatkuvatoimisen mittauksen yksittäinen arvo kuten myös kertanäyte ovat hetkittäisiä arvoja*.

Aseman paikalliskalibroinnin jälkeen anturin toimintaa valvotaan sen antamin mittaustuloksin sekä vertailunäytteillä, jotka ovat asemalta haettuja yksittäisiä vesinäytteitä eli kertanäytteitä, jotka käytännössä ovat usein seurantanäytteitä. Laitteen uudelleenkalibrointiin on tarvetta, jos mittaustuloksissa on liiaksi eroavuutta kertanäytteiden suhteen. Nyrkkisääntönä voisi olla, että jos anturin vertailunäytteiden arvot alkavat olla anturin virherajojen/mittausepävarmuuden ulkopuolella, niin silloin tarvitaan uutta kalibrointia. Jos anturin paikkaa vaihdetaan tai valuma-alueen maankäyttö muuttuu, niin kalibrointi pitää tehdä uudestaan. Mittalaitteiden kalibrointitarkkuus voi myös muuttua ajan myötä kun laitteiden osat kuluvat.

Mittauspaikan vaikutuksia kalibrointituloksiin ei voi erotella. Siksi kalibrointia tehdessä tulee huomioda, että olosuhteet kalibroinnissa ovat mahdollisimman samanlaiset kuin näytteenotossa, sillä olosuhdevaihtelut, kuten lämpötilamuutokset saattavat vaikuttaa pitoisuuksiin ja mitattavan aineen ominaisuuksiin. Sameusanturit voidaan ”nollata” tislattun veden avulla määrätyn väliajoin.

Kalibroinnit talletetaan seuranta-asemakohtaiseen toiminnan seurantakirjaan. Kalibroinnin yhteydessä kuten myös muulloin on tärkeää, että kellonajat kirjataan ylös tarkasti ja kalibrointiin otettu kertanäyte täsmätään jatkuvatoimiseen mittaukseen. Myös kalibrointi ja kalibroinnin tarkastuksen hyväksymiskriteerit tulee kirjata ja noudattaa niitä. Kalibroinnista vastaava henkilö tulee nimetä.

Tehdyistä sopimuksista riippuen kalibroinnin saattaa tehdä myös mittauslaitteiston toimittava yritys. Sopimusta tehtäessä on sovittava siitä, mitä tietoja ja koska toimittajalle toimitetaan. Kalibroinnin osalta tulee sopia, että tilaaja saa kalibrointiyhtälöt, kaikki alkuperäisaineistot, hyväysluvat ym., jotta tilaaja voi tarvittaessa tarkistaa kalibrointitulokset. Kalibrointia ja muita jatkuvatoimiseen mittaukseen liittyviä asioita erityisesti sameuden osalta käsitellään oppaassa ”Jatkuvatoiminen sameusmittaus” (Arola 2012).

### **5.2.3 Huoltotoimet ja antureiden puhdistustarve**

Jatkuvatoimisten laitteiden huoltoväli sekä anturien puhdistus ja vaihdot tulee suunnitella seuranta-asema- ja anturikohtaisesti perustuen laitetoimittajan ohjeisiin ja laitteista saatavaan kokemukseen. Liian vähällä puhdistuksella mittaus ei toimi luotettavasti.

Antureiden puhdistustarve riippuu osin anturista, vuodenaikasta, vesistön rehevyydestä sekä alueella tehtävistä metsätaloustoimenpiteistä (kuva 7). Useimmin puhdistusta tarvitsevat veden laatua mittaavat anturit. Yleisesti kevyen huollon väli on noin 2 viikkoa–1 kk, mutta kesällä, lämpimien vesien aikaan heinä- ja elokuussa, puhdistus tulisi suorittaa vähintään kerran viikossa, koska silloin antureihin kehittyä helposti biofilmiä ja altaat sekä mitta-anturit likaantuvat nopeasti. Suu-

rimpien virtaamien aikana antureiden likaantuminen on taas herkempää kiintoainekuorman takia. Käytännössä puhdistusvälien pituus määräytyy sen periaatteen mukaan, että huollon jälkeen tuloksissa ei saisi olla tasomuutosta. Jos tulokset muuttuvat puhdistuksen jälkeen, niin väli on ollut liian pitkä. Huoltoa tai puhdistusta tulee välttää mittaushetkellä, miksi olisi hyvä tietää tarkka mittaussajankohta.

Antureiden puhdistusväliä voidaan pidentää laitteen omilla puhdistusmekanismeilla kuten paineilmalla tai pyyhkijällä. Antureiden automaattipuhdistusta pystytään laitekohtaisesti säätämään mm. vuodenajan mukaan. Talvella, jolloin mikrobikasvustojen muodostuminen on hidasta, paineilma-toiminen puhdistus voi olla lyhyempi esim. 1 sekunti. Kesällä, jolloin mittari likaantuu herkemmin, voi puhdistusaika olla 2–4 sekuntia. Puhdistusaikaa joutuu säätämään kokemuksen ja tarpeiden mukaan. On mm. hyvä huomioida, jos valuma-alueen toimet muuttuvat, mikä mahdollisesti aiheuttaa muutostarvetta puhdistusaikaan. Automaattipuhdistuksen kestoa voi joissakin tapauksissa muuttaa kaukosäätönä.

Mittauslaitteiston perusteellinen huolto tehdään laitekohtaisesti noin puolen vuoden välein. Huollot olisi hyvä ajoittaa juuri ennen ylivirtaamakausia, jotta suurimman kuorman aikaan mittaus-tarkkuus olisi hyvä. Kausihuolto suoritetaan laitteen huolto-ohjeen mukaisesti. Huollossa anturin runko puhdistetaan ensin harjaten ja sen jälkeen mittakyvetin ikkunaväli. Jos mittalaitteessa on puhdistusmekanismeja, ne puhdistetaan ja niiden toimivuus tarkistetaan. Lisäksi tarkistetaan asemien sähkönsaanti, verkkolaitteiden ja akkujen toimivuus sekä patorakennelmat tai mittakaivon kunto. Tarvittaessa kaivo puhdistetaan seinille tulleesta limasta ja pohjalta imetään sinne sedimentoitunut kiintoaines. Huoltotoimet tehdään kertanäytteiden ottamisen jälkeen. pH-antureiden happopesukäsittelyn tiheys tulee olla riittävä, koska sen on huomattu vaikuttavan tehokkaammin jatkuvatoimisen mittaustuloksen luotettavuuteen kuin pelkkä anturin kalibrointi. Myös käytettävän kalibrointiliuoksen käyttöikä tulee huomioida kalibroinnin onnistumiseksi.



**Kuva 7.** Anturit tulee puhdistaa riittävän usein, jotta mittaustarkkuus säilyy (kuva Minna Kukkonen).

Asemien huollot ja puhdistukset tulisi suorittaa mahdollisuuksien mukaan saman henkilön toimesta ja mielellään saman päivän aikana, jotta virheen mahdollisuus mittaustuloksissa ja huoltotapahtumien hoidossa tulisi minimoitua. Samoin kaikki huoltotoimet kuten mittareiden ja kaivon puhdistus sekä laitteiden vaihdot tulee dokumentoida 1–5 minuutin tarkkuudella, jotta mittaustuloksissa niistä johtuvat häiriöt voidaan jäljittää. Huollon aikana tulisi kaikkien mittaustulosten tiedonsiirto tietokantaan saada keskeytettyä, etteivät sinne tallentuisi huollosta aiheutuvat virheeliset mittaustulokset.

Tapauskohtaisesti laitteiden kausihuolto kuuluu laitetoimittajan tai hankkijan tehtäväksi. Jatkuvat toimien mittareiden lähettämiä lukuja tulee seurata siten, että nähdään mahdolliset ongelmat antureissa ja ne voidaan huoltaa tarpeen tullen ja vähentää näin epävarmuutta datassa. Jälkikäteen aineiston korjaaminen on huomattavasti haasteellisempaa ja aineiston oikeudellisuuden kannalta epävarmaa. Tiedot aseman huollosta laitetaan seuranta-aseman seurantakirjaan.

Jatkuvatoimien mittareiden kehittyessä ja käyttökokemusten karttuessa tulee lisää tietoa ja käyttöohjeita niiden toiminnasta ja huollosta. Sameusmittarien toiminnasta ja huollosta on kirjoitettu yleisohjeistus (Arola 2012).

#### **5.2.4 Jatkuvatoimien mittareiden toiminnan seuranta**

Jatkuvatoimien mittalaitteistojen toimintaa ja toimintatarkkuutta tulee seurata, jotta ongelman ilmetessä ne voidaan käydä tarkistamassa ja huoltamassa. Datan virheitä pyritään tunnistamaan manuaalisesti silmäilemällä dataa numeerisessa ja graafisessa muodossa. Osa laitevalmistajista tai mittaupalvelujen tuottajista liittyy palvelupakettiin tekstimuotoisen mittaustulosten lisäksi erilaisia graafisia esityksiä, joiden avulla seuraaminen on helpompaa. Muuttujille voidaan myös määrittää erilaisia hälytysrajoja ja saada niiden ylityksestä viesti esim. matkapuhelimeen. Tällaiset yksinkertaiset puoliautomaattiset laadunvalvontamenetelmät soveltuvat hyvin pienen jatkuvatoimien seuranta-asemajoukon tulosten varmentamiseen erityisesti silloin, kun mitattavien suureiden arvot eivät vaihtele.

Kun asemia alkaa olla useita kymmeniä, manuaalinen ja puoliautomaattinenkin laadunvalvonta vie aikaa kohtuuttoman paljon. Näille voidaan kehittää seurannan avuksi suurekohtaisia automaattisia algoritmeja, jotka tunnistavat selkeitä systemaattisia virheitä ja poikkeamia datassa. Automaattisilla datan laadunvarmistamisalgoritmeilla voidaan hallita suuri joukko asemia.

Jatkuvatoimien mittauksen yhteyteen saadaan myös toiminto, jossa poikkeavan jatkuvatoimien havainnon yhteydessä otetaan vesinäyte, joka analysoidaan laboratoriossa. Näin saadaan tietää, onko tilanne todellinen ja näkykö poikkeava tilanne vesinäytteissä. Tämä kuitenkin vaatii rakennelman, joka mahdollistaa kertaäytteen oton sekä valmiuden hakea näyte 24 tunnin kuluessa näytteen ottamisesta.

Myös talvi aiheuttaa tarkkailutarvetta. Mittalaitteiston ja anturien toimivuutta ja käyttökestävyyttä tulee seurata talven alussa ja lopussa. Mittalaitteet ovat herkkiä vioittumiselle tai häiriöille erityisesti jäänmuodostumisen ja keväisen jäidenlähdon aikaan sekä virtaamahiuippujen aikana. Siksi jatkuvatoimien seuranta-asemien tilaa tulee seurata säiden vaihtumisen ja jäiden muodostumisen / sulamisen yhteydessä. Vioittumisen uhatessa voidaan anturit poistaa joksikin aikaa ja korvata kertaäytteillä. Säiden ja sääilmiöiden vaihtelu on vuosikohtaista, joten sitä ei voida tiukasti aikatauluttaa.

Osalle mittalaitteista toimitetaan ohjelma, jonka avulla voi seurata datan laatua. Jatkuvatoimisten mittauslaitteiden toimintaa voidaan tarkkailla ja arvioida seuraavasti (Kotamäki ym. 2009 muokailen):

1. Puuttuva data testaa, lähettääkö asema dataa oikein ja säännöllisesti. Jollei tietyn väliajoin dataa tallennu tietokoneen muistiin, niin kone tekee virheilmoituksen.
2. Puuttuva havainto testaa mittaketjussa yksittäisiä puuttuvia havaintoja, jotka saattavat johtua mittauserelmästä.
3. Variaatiotestillä testataan datasta arvojen vaihtelua pitkällä aikavälillä (esimerkiksi 24 h). Jos mittari antaa koko ajan samaa lukemaa, on mittauksessa ongelma. Mahdollisesti mittari on noussut veden pinnalle tai sen asema muutoin muuttunut.
4. Vaihteluvälitestit/raja-arvotesti (range) mittaa, onko mitattu suure ennalta mallinnetulla mitausalueella. Näissä testeissä tulee huomioida vuodenaikaisvaihtelu, jolloin vaihteluvälit voi määrittellä esim. kuukausittain tai säätää kelien muuttuessa.
5. Datassa olevien piikkien testaus voidaan tehdä jatkuvuustestillä: mikäli havaittu suureen arvo muuttuu liikaa tietyllä aikavälillä tai muutoksen jälkeen palautuminen on liian hidasta, havaittu nousu tai lasku voidaan tulkita virheelliseksi dataksi. Sallitut muutokset on määriteltävä jokaiselle suurelle erikseen.
6. Konsistenssitesti testaa samasta paikasta mitattujen suureiden yhdenmukaisuutta. Jos jokin laatuparametreista kuten sameuden arvot ovat nousseet selvästi, voidaan katsoa virtausarvoista, ilmentävätkö nekin muuttuneita olosuhteita.
7. Antureiden muutoksia mm. ”ryömintää” kannattaa tarkastaa myös akun jännitettä vasten, jotta nähdään, riittääkö akun virta anturin virheettömään toimintaan.
8. Roskista tai linssin jäätymisestä aiheutuva häiriö näkyy mittaustuloksissa esim. sameusarvojen huomattavana kohoamisena ja nitraatin hyvin pieninä arvoina.
9. Samassa asemassa tai samassa havaintopaikassa tehtävien testien lisäksi voidaan verrata läheisten asemien anturien tuloksia keskenään, jos sellaisia on saatavilla. Tässäkin tulee huomioida tutkittavan suureen ominaispiirteet ja kuinka lähiympäristö niihin vaikuttaa.
10. Jatkuvatoimisten antureiden tietokonekäyttöisen automaattitestauksen lisäksi tulee aineistoa katsoa ajoittain myös siihen perehtyneen henkilön. Testien avulla ei aina pystytä huomaamaan hitaasti etenevää virhettä, vaan harjaantunut silmä ja ajan tuoma kokemus kertoo ongelmasta asemalla ja huoltotarpeesta. Parhaiten tuloksia seurataan kuvista, joissa on mukana usea eri muuttuja.
11. Laitteiden tai mittakaivon huollosta tai seuranta-aseman ympäristössä tehdyistä toimista kuten patojen korjaus, maastotyöt, tms. saattaa aiheutua piikkejä, jotka voivat näkyä datassa. Seuranta-asemalla ja sen ympäristössä tehtävät työt tulee täten dokumentoida aseman toiminnan seurantaan kirjaan kellonaikoinen.

Automaattisen datatarkastuksen jälkeen poikkeamat voidaan vielä tarkistaa manuaalisesti silmäilemällä dataa ja/tai käymällä havaintopaikalla. Havaitut virheelliset arvot tulee merkitä, poistaa tai korjata. Yksittäiset virheelliset arvot voi joissakin tapauksissa korvata aineistoon jälkeensä lineaarisella interpoloinnilla vierekkäisistä arvoista. Kaikki korjaukset tulee dokumentoida aseman toiminnan seurantaan kirjaan.

Jatkuvatoimisen seuranta-aseman mittaustarkkuutta seurataan myös analysoimalla asemalta haetuja kertainyhteitä. Jatkuvatoimisille mittaustuloksille tulee määrittää sallitut poikkeamat laboratoriomittauksista. Laitevalmistajan antamaa tarkkuutta tulee käyttää hyväksi sitä määritettäessä, jolloin sallittu poikkeama voi olla esim. mittauserävarmuuden verran. Tilastollisesti virherajoja hyväksi käyttäen voidaan myös määrittää sallittu poikkeama.



Jatkuvatoimisten asemien toiminta tulisi seurata ja poikkeamiin reagoida ensisijaisesti heti, jotta virheellisen tai epävarman datan määrä jäisi mahdollisimman vähäiseksi. Datan korjailussa jälkikäteen voidaan epäselvissä tilanteissa verrata eri mittausparametreja toisiinsa. Jos muutoksia näkyy eri mittausparametreissa, voivat muutokset olla todellisia. Lisäksi tulee tarkistaa epävarmojen tulosten yhteydessä säätiedot, erityisesti sademäärä ja lämpötilamuutokset jäätyamisen (0 °C) sekä pakkasjakson osalta. Asemien seurannan tulokset kirjataan ylös asemakohtaiseen toiminnan seurantakirjaan. Sinne merkitään datan poikkeamat, niistä seuranneet toimenpiteet, miltä aikaväliltä data on tarkasteltu, mitä on tarkasteltu, mitkä ovat olleet johtopäätökset sekä onko dataa korjailtu ja miten.

### 5.2.5 Tiedonsiirto

Jatkuvatoimisten antureiden mittaama data kerätään ensi vaiheessa laitteiston tiedon tallentimeen (datalogger) ja lähetetään sopivin väliajoin, esim. kerran vuorokaudessa, edelleen tietokantaan (Huttula ym. 2009). Aineiston lähetystiheyttä dataloggereilta voidaan myös säätää tarpeen mukaan. Käytössä on mm. verkkovirta-, akku- ja aurinkopaneelitoimisia laitteita. Tallennin on keskeisin osa jatkuvatoimista seurantaa. Hyväkään anturi ei anna oikeita tuloksia, jos tallentimessa on ohjelmointivirheitä tai se kadottaa tietoja.

Tallentimen on toimittava kaikissa sääolosuhteissa, kestettävä vettä ja kovia pakkasia. Virtalähteen on oltava sellainen, että virta ei koskaan katkea pitkäksi aikaa. Aurinkopaneelilaitteiden varavirranlähteenä on aina akku, useimmiten akku on myös verkkovirtalaitteissa. Tallentimeen on mahdollista riittävästi tietoa, mieluiten usean kuukauden tiheästi mitattu data. Jos datapaketin lähetys epäonnistuu, data ei saa hävitä, vaan data on saatavissa sieltä. Kovilla pakkasilla tiedonsiirto usein epäonnistuu, koska kaikki modeemit eivät kestä pakkasta. Jos tallennin on laadukas, mittaukset jatkuvat modeemin jäätymisestä huolimatta ja sään taas lauhtuessa tietokantaan siirtyy kerralla koko pakkaskauden data. Keskeisimmät käytettävät tiedonsiirtotavat ovat seuraavat:

- GPRS
- GSM-data
- tekstiviesti
- sähköposti

Yksinkertaisissa, muutamaa suuretta mittaavissa laitteissa tiedonsiirto voidaan hoitaa edullisesti GSM-datan avulla tai yksinkertaisimmillaan tekstiviestinä. Molempia tapoja on käytetty ja käytetään edelleen runsaasti mm. ympäristöhallinnon jatkuvatoimisissa mittalaitteissa. Näillä tavoilla ei kuitenkaan pystytä edullisesti siirtämään suuria tietomääriä, varsinkaan jos dataa halutaan siirtää useita kertoja vuorokaudessa. Lisäksi tekstiviestitiedonsiirtoon on liittynyt monenlaisia, sekä laitteista että teleoperaattorista johtuneita luotettavuusongelmia.

Tiheä ja monipuolinen tiedonsiirto onnistuu parhaiten GPRS-palvelun kautta. GPRS (General Packet Radio Service) on GSM-verkossa toimiva langaton tiedonsiirtopalvelu. GPRS-tiedonsiirtoformaatin suurin etu on se, että yhteys voi olla jatkuvasti päällä sen kuitenkaan kuormittamatta verkkoa muulloin kuin dataa siirrettäessä. GPRS-tiedonsiirto laskutetaan siirretyn tiedon määrän perusteella, toisin kuin GSM-datasiirto, joka on puhelun tavoin aikaveloitteinen. Tämän vuoksi GPRS on suurten tietomäärien siirrossa edullisin tapa.

Jatkuvatoimisesti mittaavien antureiden datan on siirryttävä tietokantaan oikeassa formaatissa. Koska laitetoimittajia on runsaasti, tämä aiheuttaa ylimääräistä työtä. Määrittelemällä etukäteen

riittävän tarkat standardit tiedonsiirrolle ja tiedostomuodoille voidaan datansiirtoon käytettävä työmäärä minimoida ja samalla saadaan virhelähteitä karsittua. Arolan (2012) sameusoppaassa on lisätietoa datalähetyksistä. Datalähetyksistä on hyvä keskustella asiantuntijoiden kanssa, jotta saadaan uusimmat ja varhimmat menetelmät käyttöön.

### 5.2.6 Jatkuvatoimisten asemien vastuuhenkilöt ja perehdytys

Jatkuvatoimisille asemille nimetään vastuuhenkilöt, joiden vastuulla toiminta on. Vastuuhenkilöt vastaavat asemista, niiden toiminnasta, vikapäivystyksestä, kalibroinnista, huollosta ja toiminnan dokumentoinnista. Manuaalista ja jatkuvatoimisten mittalaitteiden toiminnan laadunvalvontaa tekevän henkilön olisi hyvä tuntea seurattavien purovesien laatu sekä pystyttävä nopeasti silmäilemällä tekemään johtopäätöksiä datan laadusta sekä datassa ilmenevistä poikkeamista. Käytännössä kertonäytteiden ottajat usein huoltavat jatkuvatoimisia mittalaitteita samalla, kun hakevat vesinäytteet.

Vastuuhenkilöt saavat laitteisiin liittyvän perehdytyksen ja koulutuksen laitetoimittajilta. Lisäksi on hyvä osallistua alan muuhun koulutukseen sekä itsenäisesti seurata jatkuvatoimisten mittareiden kehitystä ja käyttöä muissa tutkimuksissa. Osa toimittajista myy laitteita ja niiden huoltoa sekä toimintaa pakettina, jolloin tilaajalle jää vain valmiiden tulosten seuraaminen ja käyttö.

### 5.3 Kertonäytteet

Seurannassa osa näytteistä otetaan yksittäisinä, hetkellisinä vesinäytteinä, kertonäytteinä. Kaikkien vedenlaatumuuttujien seurantaan ei ole jatkuvatoimista mittaustekniikkaa tai antureiden mittaustarkkuus ei ole riittävä. Jokaisella seuranta-asemalla on oma *vesinäytteiden seurantaohjelma*, joka on osa seuranta-alueen seurantasuunnitelmaa (kappale 2.1). Asemalta dokumentoitavat toimet ja tapahtumat tallennetaan ylös aseman *toiminnan seurantakirjaan*.

Näytteenotto on ratkaiseva vaihe seurannassa ja yksi epävarmuutta lopputuloksiin aiheuttava tekijä. Siinä tehtyjä virheitä ei jälkikäteen pysty korjaamaan myöhemmissä työvaiheissa. Virhemahdollisuuksia on näytteenotossa, näytteiden esikäsittelyssä, kuljetuksessa ja säilytyksessä.

Näytteenotto maastossa vaatii koulutusta ja harjoittelua. Tutkimuskohteet, ympäristöolosuhteet, vuodenaajat ja säätilanteet vaihtelevat, jolloin näytteenottotilanteet tai olosuhteet voivat poiketa tavanomaisista. Kaikkeen ei aina pystytä varautumaan, mutta tavoitteiden ja toimien tiedostaminen, näytteenottosuunnitelma maastotyöskentelyä varten sekä epävarmuustekijöiden ennakointi edesauttavat laadukkaan näytteen ja tulosten saamista.

*Näytteenottoon ja ohjaukseen nimetään vastuuhenkilöt* ja on tärkeää, että näytteenotossa, näytteiden esikäsittelyssä ja kuljetuksessa dokumentoidaan poikkeavat tapahtumat, jotta niiden vaikutusta voidaan arvioida tarvittaessa jälkikäteen. Näytteenoton yhteydessä maastossa täytetään *kenttälomaketta* työskentelyn dokumentointia varten. Siihen kirjataan ylös tapahtumat ja niiden tarkat kellonajat näytteenoton yhteydessä. Lomakkeeseen tulee laittaa mm. huomiot näyteasemasta, sää tiedot, mahdollinen jäättilanne, huomiot uoman virtaamasta ja poikkeavat tapahtumat. Kenttälomakkeen tiedot tallennetaan aseman toiminnan seurantakirjaan.

### 5.3.1 Koulutus ja sertifiointi

Kenttähenkilökunta ja kaikki näytteenottoon osallistuvat henkilöt tulee kouluttaa ja perehdyttää työhön suunnitelmallisesti. Koulutuksen tulee sisältää työn tavoitteet, kentällä tehtävät toimet, niiden virhemahdollisuudet ja lisäksi poikkeavat tilanteet sekä niihin varautuminen. Kenttätöskentelyn virheitä minimoidaan opettelemalla ja käymällä läpi kentällä tehtävät toimet ennalta, selvittämällä mahdolliset tehtävää häiritsevät ja rajoittavat tekijät, huoltamalla tarvittava välineistö ennen maastoon lähtöä, pitämällä välineistö käyttökunnossa varastoinnin aikana ja dokumentoimalla ongelmat ja poikkeavat tapahtumat.

Vakituisen henkilökunnan lisäksi tule satunnaisesti kenttätöskentelyyn lähtevät henkilöt perehdyttää työhön, jotta minimoidaan kenttätoiminnasta johtuvat virhemahdollisuudet sekä samalla huomioidaan henkilökunnan työturvallisuus. Kenttähenkilöiden koulutuksesta ja ohjauksesta vastaava henkilö tulee nimetä.

Sertifiointijärjestelmä tarjoaa mahdollisuuden todeta henkilön pätevyys ympäristönäytteenottoon sekä ympäristömittaus- ja havainnointitoimintaan. Pätevyydellä tarkoitetaan sitä, että henkilö tuntee tälle toiminnalle asetetut yleiset laatuvaatimukset ja että hänellä on järjestelmän mukaiset tiedot ja taidot. Henkilö voi varmistaa pätevyytensä yhdellä tai useammalla erikoistumisalalla. Suomessa kenttähenkilökunnan koulutustilaisuuksia järjestää mm. SYKE ja Suomen vesiensuojeluyhdistysten liitto ry. (Lisätietoa: [www.ymparisto.fi/sertifiointi](http://www.ymparisto.fi/sertifiointi).)

### 5.3.2 Näytteenoton esivalmistelut

Näytteenottajien toimintaympäristö on sekä laboratorioden yhteydessä että kentällä vaihtelevissa olosuhteissa. Näytteenottajilla tulee olla soveltuvat tilat, missä voi tehdä näytteenottosuunnitelman, huoltaa ja säilyttää välineistöä sekä kirjata ja tarvittaessa esikäsitellä näytteitä.

Näytteenotto aloitetaan suunnittelulla. Seuranta-aseman vesinäytteiden näytteenotto-ohjelmasta selvitetään havaintoaseman näytekerän analyysivalikoima, minkä perusteella valitaan sopivat pullo- kutakin analyysia varten. Eri analyyseille on erikokoisia ja erilaisia esikäsiteltyjä pulloja. Samalla myös tarkistetaan, kuinka paljon vettä tarvitaan kuhunkin analyysiin. Muutama varapullo kannattaa ottaa mukaan.

Kenttälomake täytetään asemakohtaisesti ja ne yhdessä näytepullojen kanssa pakataan kylmälaukkuun ja mahdolliset reagenssit toiseen laukkuun siten, ettei reagensseilla ole mahdollisuutta kontaminoida näytepulloja. Lisäksi tulee varautua siihen, että täytettyjen näytepullojen lämpötila saadaan pysymään sopivana, mitä varten varataan esimerkiksi kylmälalleja. Näytepullojen koodinumero kopioidaan kenttälomakkeeseen kunkin analyysin kohdalle ja kenttälomakkeen tietosaan laitetaan havaintoaseman nimi ja numero ym. tiedot. Maastossa, kosteissa olosuhteissa parhaiten paperissa säilyy lyijykynän jälki.

Jos seuranta-asemalla on rinnakkaisasema, tulee näytteenotto ajoittaa siten, että molemmat asemat saadaan käytyä samana päivänä. Veden laatu saattaa muuttua hyvin nopeasti johtuen sateista, tuulista ym., minkä vuoksi vertailtavien näytteiden tulisi olla mahdollisimman samanaikaisia. Jos näytteitä otetaan usea lähekkäin samasta uomasta, aloitetaan näytteenotto alavirrasta. Jos vedenlaadussa on tiedossa selvä pitoisuusvaihtelu, otetaan näytteet matalasta pitoisuudesta kohti korkeaa pitoisuutta.

### 5.3.3 Toiminta seuranta-asemalla

Näytteenotossa käytettävien näytteenottimien sekä näyteastioiden tulee olla puhtaita ja niitä tulee käsitellä siten, että kontaminaatiovaara minimoidaan. Monet analysoitavista pitoisuuksista ovat niin matalia, että huolimattomalla toiminnalla saatetaan pilata koko näyte. Jos näytteitä otetaan hansikkaat käsissä, tulee käyttää puhtaita talkittomia hansikkaita. Jos ne likaantuvat, vaihdetaan ne puhtaisiin.

Näyte otetaan puurosta sellaisesta kohtaa, missä sen katsotaan edustavan parhaiten valuma-alueen veden laatua. Havaintoasemalla on yleensä pato, joka pidättää vettä. Näyte tulisi ottaa mahdollisimman virtaavasta kohdasta, ensisijaisesti padon ja sen vaikutusalueen yläpuolelta häiriintymättömästä kohdasta, keskeltä puroa, selvästi pinnan alapuolelta tai vaihtoehtoisesti padon ylivirtaamasta, jos veden virtaus on riittävä. Suoraan padotetusta osasta ottamista tulee välttää varsinkin, jos siinä ei näy virtausta.

Vesinäytteet otetaan puurosta joko kauhalla tai suoraan pulloon uoman virtaussuuntaa vastaan. Kauhaa voidaan käyttää, jos virtaavaa vettä on vähän. Puhtaat ottimet huuhdellaan puurovedellä siten, että huuhteluvesi ei pääse näyteveeteen. Huuhtelu tehdään seuranta-asemasta alavirtaan. Kauhalla otettaessa näyte kaadetaan pulloon uoman ulkopuolella siten, että ylijäämävesi ei valu uomaan. Jos vesi otetaan suoraan pulloon, tulee huolehtia, että pullo ei imaise pohjaan sedimentoituneita aineita. Samanaikaisesti huolehditään siitä, että pulloon tai sen korkkiin ei pääse roskia, sadevettä tai lunta.

Talvella, kun vesi liikkuu ojan tai puron jääkuoren alla joudutaan näytteitä ottamaan jäähän kai-ratusta avannosta. Aina veden virtaus ei talvella ole riittävä ja joissakin paikoin ojat ovat jäässä miltei pohjaan saakka eikä näytteitä pysty ottamaan. Epäselvistä tilanteista tulee mainita kenttä-lomakkeessa ja ottaa mahdollisuuksien mukaan valokuva kohteesta.

Näytettä otettaessa voi mukana olla ”jatkokäsi”, teleskooppivartinen näytteenotin, jolloin näyte saadaan vaikeasti saavutettavasta paikasta. Lisäksi ollaan kauempana virtaavasta vedestä ja näin vähennetään näytteen häiriintymistä. Näytepullo tai varsi se ei saa osua kaivon, uoman tai padon seinämiin, jottei niistä irtoa ainesta näytepulloon tai veteen.

Jos näytettä otetaan mittakaivosta, tulee huomioida, ettei kengissä viedä likaa kaivoon. Kaivoon joutuvan lian vähentämiseksi kengät puhdistetaan. Jos kaivossa on mitta-antureita, otetaan vesinäytteet ennen antureiden puhdistusta tai huoltoa. Näytteenoton jälkeen kaivo tulee puhdistaa roskista ja seinämien limasta sekä tarvittaessa pohja imeä tyhjäksi kiintoaineesta.

Mittakaivon seinämillä ja välipohjan päällä on usein likaa varsinkin kaivon perustamisen jälkeisenä aikana (kuva 8). Sitä saattaa herkästi valua kaivoon kantta avatessa tai kaivossa työskenneltäessä. Talvella kaivoon saattaa myös herkästi tippua lunta. Lisäksi veden pinnalla on jonkin verran roskia, jota on vaikea välttää. Eniten likaa on yleensä V-aukon alla olevassa vaahdossa. Vesinäytteiden kontaminoitumista ulkopuolisella tai seinämien lialla, lumella tms. tulee välttää. Tätä voidaan edesauttaa antamalla veden virrata jonkin aikaa kannen avaamisen jälkeen, jotta roskat ja liat poistuvat virtaavan veden mukana. Tavoitteena on saada puhdas vesinäyte.

Talvella on hyvä varautua lumilapiolla aseman hangesta esiin kaivamiseen ja lukkosulalla tms. kaivon kannen lukkojen avaamiseen (kuva 9). Talvella näytteenottimen alaosaan saattaa jäättyä vettä tai lumisohjoa, jos ottimen laskee välillä märkänä lumihankeen. Sen sulamista näytteeseen



**Kuva 8.** Mittakaivoon kulkeutuu helposti hiekkaa ja roskia (kuva Minna Kukkonen).



**Kuva 9.** Talviset olosuhteet mittakaivolla on hyvä tiedostaa (kuva Minna Kukkonen).

tulee välttää. Pakkasessa kostuttuaan teleskooppivarsi saattaa jäätyä siten, ettei sen pituutta saa enää säädettyä. Näytteenotinta voi sulatella vedellä asemasta alavirtaan.

Näytepullot täytetään aivan täyteen, jollei muutoin ole sovittu esimerkiksi pakastamisen takia. Hapettomat vedet tulee sulkea tiiviisti, sillä näytteen laatu saattaa muuttua nopeasti sen joutuessa kosketuksiin ilman kanssa. Helposti muuttuvia ovat mm. väri, sameus, kiintoaine sekä liukoinen rauta ja mangaani. Purovedet kuitenkin ovat harvemmin hapettomia.

Otettaessa näytteitä metallianalyyseihin tulee huomioida, ettei näytteenottovälineissä ole metallisia osia. Monissa tapauksissa tarkoituksenmukaista on ottaa näyte suoraan näytepulloon. Raskasmetallinäytteet otetaan avovesiaikaan suoraan pulloon. Talvella ne joudutaan ottamaan näytekauhallalla. Näytteitä ei saa ottaa siltojen läheisyydestä. Mahdolliset näytteenottovälineet kuljetetaan puhtaissa muovipusseissa. (Lisäohjeita näytteenotosta: [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Palvelut ja tuotteet > Julkaisut > Ympäristöoppaat 2008 > YO Vesistötietoa näytteenottajille)

### 5.3.4 Näytteiden esikäsittely, kuljettaminen ja säilyttäminen

Näytteiden säilyttäminen kuljetuksen aikana on yksi tuloksiin vaikuttava tekijä mittausketjussa. Näytteenotosta analyyseihin kuluva aika ja olosuhteet vaikuttavat vesinäytteen laatuun. Analysoitavan veden tulisi olla mahdollisimman samanlaatuista kuin uomassa virtaava vesi.

Kuljetuksen osalta tulee huolehtia siitä, että näytteet ovat viimeistään näytteenottoa seuraavan päivän aamuna laboratoriossa, jotta laboratorio pystyy kestäväimään ja analysoimaan näytteet määräajassa. Joissakin poikkeustapauksissa joudutaan hyväksymään normaalista poikkeava tapa. Tällöin validoinnilla tulee osoittaa, että mittausepävarmuus ja/tai systemaattinen virhe ei nouse oleellisesti.

Vesinäytteiden säilyttämisessä suositellaan pääsääntöisesti käytettävän standardia SFS-EN ISO 5667-3. Liitteessä 2 on eri analyyttien näytteenottoon ja säilytykseen liittyviä ohjeistuksia Kyröläisen ym. (2009) luonnoksen pohjalta. Näytteitä tulee pääsääntöisesti kuljettaa 1–5 °C lämpötilassa, pimeissä olosuhteissa, eikä niiden lämpötila saa nousta kuljetuksen aikana. Eri organisaatioilla voi olla tiukempia, omiin kokemuksiin perustuvia ohjeistuksia.

Osa analyyseistä vaatii näytteiden esikäsittelyä, esimerkiksi kestäväintä jo maastossa, jotta pitoisuudet eivät kuljetuksen aikana muuttuisi. Näytteiden kontaminoitumisen estämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, jos kuljetetaan sekä esikäsiteltyjä että käsittelemättömiä näytteitä. Ne olisikin hyvä kuljettaa ja säilyttää eri laatikoissa.

## 5.4 Vedenlaadun analyysimenetelmät

Vesien laadun analysointiin tutkimus-, seuranta-, velvoitetarkkailu- ja valvontatarkoituksissa käytetään menetelmästandardeja. Valtioneuvoston asetuksen (1040/2006) mukaan pinta- ja pohjavesien seurannoissa tulee käyttää SFS-, EN- ja ISO-standardien mukaisia menetelmiä sekä soveltuvin osin EN ISO/IEC 17025 mukaista tai vastaavaa laatujärjestelmää. Lisäksi laboratorion tulee osallistua pätevyyskokeisiin ja käyttää sopivia vertailuaineita (2000/90/EY). Menetelmien akkreditoinnilla voidaan osoittaa edellä olevien vaatimusten täyttyvän ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Tutkimus > Tukipalvelut > Ympäristöalan menetelmästandardisointi).

Menetelmästandardeilla pyritään vedenlaatuanalyysien tulosten laadukkuuteen ja keskinäiseen vertailtavuuteen. Laboratorioissa käytössä olevat vedenlaadun analyysimenetelmät perustuvat suurelta osin kansallisiin ja kansainvälisiin menetelmästandardeihin, joita voi käyttää sellaisenaan, mutta usein ne vaativat muutoksia ja soveltamista toimiakseen. Muutetun menetelmän soveltuvuus aiottuun käyttöön osoitetaan validoinnilla. Standardimenetelmille riittää, että keskeisimmät ominaisuudet, kuten määrittämissuure ja mittausepävarmuus validoidaan. Muiden mahdollisten menetelmien validointi tulee tehdä kattavammin.

Seurantasuunnitelmassa suunnitelluille vesianalyysille tulee asettaa määrittämissuuret ja mittausepävarmuustieto, jotta analyysimenetelmät ovat riittävän tarkkoja huomioimaan muutokset pitoisuuksissa. Analyysimenetelmien vaihtelu analyysikohtaisesti ei ole suositeltavaa, koska sillä on vaikutusta tulosten vertailtavuuteen hyvin monen analyysin kohdalla. Vedenlaatumäärittämissuureiden ja -ohjeistuksen muutoksia ja suosituksia tulee seurata, jotta tulokset pysyvät vertailukelpoisena. Mahdolliset analyysimuutokset kirjataan seuranta-asemien seurantakäsikirjan vesinäytteiden seurantaohjelmaan.

#### 5.4.1 Määrittämissuure

Määrittämissuure on kvantitatiivisen määrittämissuuren pitoisuusraja, jolle voidaan ilmoittaa epävarmuusarvio (Eurachem-Suomi 1997). Määrittämissuure arvioidaan menetelmän validoinnin yhteydessä. Määrittämissuure määritetään yleensä joko nollanäytteiden tai matalien pitoisuuksien rinnakkaisnäytteiden keskihajonnan perusteella. Suositusten mukaan keskihajonta arvioidaan vähintään kymmenen erillisen toistomittauksen perusteella nollanäytteestä tai matalan pitoisuuden näytteestä, jonka matriisi vastaa menetelmällä analysoitavia näytteitä. Toteamisrajana suositellaan käytettävän arvoa, joka on kolme kertaa analyysitulosten hajonta ja määrittämissuure arvoa, joka on kolme kertaa toteamisraja (ISO/TS 13530, 2009). *Määrittämissuuren alhaisuuteen vaikuttaa se, kuinka pieniä pitoisuuksia on tarvetta analysoidusta aineistosta tarkastella.* Liitteessä 3 on esimerkkejä määrittämissuuresuosituksista kirkkaille luonnonvesille Kyröläinen ym. (2009) mukaan. Sameus saattaa nostaa määrittämissuureja.

#### 5.4.2 Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus on mittaustulokseen liittyvä parametri, joka kuvaa mittaussuureen vaihtelua (Eurolab 2007). Kun pitoisuus pienenee, mittausta häiritsevien tekijöiden osuudet korostuvat, jolloin tulokseen liittyvä suhteellinen epävarmuus kasvaa. Mittausepävarmuus aiheutuu sekä satunnaisvirheestä että systemaattisesta virheestä. Satunnaisvirhettä voidaan määrittää näytteen rinnakkaisten avulla, mutta systemaattiseen virheeseen määrittämiseen tarvitaan myös pätevyyskokeita tai varmennettuja vertailumateriaaleja (Eurolab 2007). Ensimmäinen tavoite olisi saada systemaattinen virhe mahdollisimman pieneksi. Määrittämissuuren tuntumassa olisi hyvä ilmoittaa mittausepävarmuus absoluuttisena pitoisuutena ja suuremmissa pitoisuuksissa suhteellisenä pitoisuutena, jolloin mittausepävarmuusfunktiosta saadaan jatkuva koko pitoisuusalueelle (Kyröläinen ym. 2009). Liitteessä 3 on mittausepävarmuusarvosuosituksia kirkkaille luonnonvesille.

#### 5.4.3 Analyysit

Metsätalouden vesistökuorman seurannassa havainnoitavat vedenlaatumuuttujat vaihtelevat hankekohtaisesti. Yleisesti jokaiselta kohteelta tulisi seurata mahdollisuuksien mukaan kiintoainetta,

sameutta, väriä, happamuutta, johtokykyä, ravinteita (typpi ja fosfori), rautaa, alumiinia, kemiallista hapen kulutusta, kokonaishiiltä, liuennutta orgaanista hiiltä, raskasmetalleja: lyijyä, kadmiumia ja nikkeliä. Seuraavassa on esitelty yleisesti vedenlaadun mittaussparametreja ja niiden yhteyksiä metsätalouden toimiin.

*Kiintoaine* on puro- ja oja vesien mukana kulkeutuvaa kiinteää ainesta. Se voi olla joko orgaanista eli eloperäistä ainesta tai se voi koostua elottomasta mineraaliaineksesta. Raekooltaan se on suurempaa kuin 0,45 µm. Tätä hienempi aines kulkeutuu vedessä kolloideina (humusaineet) ja liuenneena. Kiintoainetta kerrostuu uoman pohjalle.

Kiintoainetta kulkeutuu luonnontilaisissakin uomissa, mutta kuormaa lisäävät kaikki maan pintaa rikkovat toimet kuten kunnostusojitus ja maanmuokkaus erityisesti kivennäis- ja ohutturpeisilla mailla. Eroosioriski korostuu varsinkin sateiden aikana. Iso osa kiintoaineesta kulkeutuu varsinkin suurissa uomissa pohjaosissa ja jää täten usein mittausten ulkopuolelle. Rankkasateella kiintoainesta lähtee usein liikkeelle, jolloin se siirtyy uomissa eteenpäin.

Kiintoainemäärittäyksessä käytetty suodatintyyppi pitää esittää tulosten yhteydessä. Hiukkasten kokojakauma eri näytteissä voi vaihdella suuresti. Sen tähden eri huokoskoon suodattimilla saatujen tulosten välillä ei ole korrelaatiota. Näin ollen mitään muuntokerrointa ei voida antaa yhdellä suodatintyyppillä saatujen tulosten muuttamiseksi toisella suodatintyyppillä saaduiksi tuloksiksi.

Kiintoainepitoisuudet noudattelevat hyvin sameuden vaihtelua. Kiintoainepitoisuuspiikit ovat usein lyhytaikaisia, veden virtaaman lisäyksestä, sateiden tai lumen sulamisesta johtuvia. Jatkuvat toimisen sameusmittauksen avulla voidaan laskea kiintoainepitoisuutta. Kiintoainepitoisuus voidaan johtaa jatkuvatoimisen sameusmittauksen avulla, jolloin kalibroinnissa käytetään hyväksi laboratoriomittauksia. Tällöin näytteet suodatetaan mieluiten 0,45 µm Nucleopore suodattimella.

*Sameus* kuvaa vedessä esiintyviä pienhiukkasia kuten mineraaleja, saviainesta, kuollutta orgaanista ainesta ja kasviplanktonia. Sameudesta käytetään kolmea eri yksikköä. Nykyisen standardin mukaan 1 FNU-yksikkö on arvoltaan sama kuin 1 FTU-yksikkö. NTU-yksikköä pidetään arvoltaan samana kuin FTU- ja FNU-yksiköitä.

Kirkkaan veden sameus on alle 1,0 FTU. Virtavedet ovat usein sameita ylivirtauksen aikaan. Sameusarvot vaihtelevat voimakkaasti vuodenaajoista ja sadannasta riippuen. Sameusmäärittäyksessä häiriötä voivat aiheuttaa näytteessä olevat ilmakuplat sekä värilliset aineet, jotka absorboivat valoa.

Sameuden mittaus jatkuvatoimisesti onnistuu hyvin. Antureita valittaessa on katsottava, että mittausalue ja tarkkuus ovat sopivat analysoitavalle vedelle. Luonnontilaisten metsäpurojen sameus on hyvinkin matala, jolloin mittaustarkkuuden tulisi olla ± 0,2-0,5 FTU ja laitteiden mittaussalueen 0-200 FTU (vaihtelee laitekohtaisesti). Toimenpiteiden yhteydessä sameus voi nousta huomattavasti, jolloin mittaussalueen tulee olla suurempi esimerkiksi 0-1000 FTU ja mittaustarkkuuden ± 3-5FTU. Tällöin voidaan käyttää kahta eri mittaussalueelle ja mittaustarkkuudelle suunniteltua anturia.

*pH* kuvaa veden happamuutta eli positiivisten vetyionien aktiivisuutta nesteessä. Metsämaan laatu vaikuttaa valumavesien happamuteen. Turvemaat ovat yleensä happamampia kuin kivennäismaat. pH-mittauksessa häiriötä voivat aiheuttaa näytteen kanssa kontaminoituvat happamat tai



emäksiset liuokset. pH-mittaukset suoritetaan laboratorio-oloissa +25 °C:ssa, koska lämpötilalla on vaikutusta mittauksiin. Jatkuvatoimisissa pH-antureissa on automaattinen lämpötilakorjain.

Happamuus mitataan lasi- ja vertailuelektrodien (yleensä yhdistelmäelektrodi) välisenä jännitteenä. Kalibrointi tehdään normaalisti kahteen pisteeseen (pH 4 ja 7). Elektrodit ovat kulutustavaraa ja puhtaillakin vesillä niiden käyttöikä on noin vuosi. Likaisilla vesillä se voi olla paljon lyhyempi. Elektrodien uusimistarpeesta kertoo kalibroimisen vaikeus molemmille kalibroinnissa käytetyille pH-arvoille tai näytteiden mittauksessa vakaan lukeman asettumisajan muuttuminen kohtuuttoman pitkäksi (puskureilla aika voi silti olla normaali).

Jatkuvatoimisten pH:n antureiden kalibrointi laboratorionäytteillä on haasteellista, koska mittausarvoihin vaikuttavat huomattavasti olosuhteet ja kalibrointiin otetun kerranäytteen kuljetusolosuhteet. Siksi käytännöllisintä olisi, että jatkuvatoimisten pH mittareiden kalibrointi tehdään kenttämittareilla.

*Alkaliniteetti* kuvaa veden haponsitomiskykyä. Se mittaa veden kykyä vastustaa pH-muutoksia. Happamoituminen ilmenee alkaliniteetin alenemisena ennen kuin se näkyy pH:ssa.

*Gran-alkaliniteetti* mittaa veden kovuutta ja ilmaisee happamoittavien aineiden kuormituksen aiheuttamaa maaalkalimetallien huuhtoutumista vesistöihin.

*Ravinnepitoisuudet* virtavesissä saattavat vaihdella huomattavastikin vuodenajan ja vuorokauden aikana. Ravinteet esiintyvät liukoissa tai sitoutuneissa muodoissa ja niiden kierto on nopeaa. Ravinteet kulkevat virtavesissä yleensä pulsseina, joihin vaikuttaa huomattavasti mm. rankkasateet.

Ravinteiden vapautumisessa on eroja. Avohakkuun jälkeisessä hakkuutähteiden ravinteiden mineralisoinnissa fosfori vapautuu melko nopeasti, ainoastaan paksut oksat ja juuret sitovat sitä pidempään. Typen mineralisaatio on taas hitainta (Palviainen ym. 2003, Joensuu ym. 2004). Varsinkin nitraattityypen pitoisuuksien nousu huippuunsa vie monessa tapauksessa kaksi vuotta tai enemmän ja pitoisuustasot pysyvät pitkään kohonneina (Kubin 1998).

*Fosfori* on yleensä perustuotannon minimitekijä vesistöissä. Se säätelee kasviplanktonin ja vesikasvien määrällistä kasvua, kun taas ravinnesuhteet typen kanssa säätelevät lajistoa. Osa fosforista kulkeutuu vesistöissä sitoutuneena toisiin partikkeleihin ja osa liukoissa muodossa. Liukoinen fosfori on nopeimmin kasvien ja levien käytössä. Sitoutunut fosfori taas vapautuu sopivissa olosuhteissa, kuten hapettomuudessa. Suurin osa fosforista kulkeutuu liukoisena orgaanisena fosforina.

Tällä hetkellä markkinoilla olevilla kustannuksiltaan potentiaalisilla jatkuvatoimisilla mittareilla ei päästä riittävään määritysrajaan kokonaisfosforin osalta. Partikkeleihin sitoutunutta fosforia voidaan johtaa samanaikaisten sameusmittausten avulla. Mm. maatalousvaltaisilla valuma-alueilla on päästy hyvään korrelaatioon sameuden ja kokonaisfosforin välillä (Koskiahho ym. 2010). Menetelmällä saadaan sitä parempi tulos, mitä suurempi osuus fosforista on sitoutuneena kiintoaineeseen.

*Fosfaattifosfori* on leville sekä muille vesikasveille välittömästi käytettävissä oleva kasviravinne. Fosfaattinäyte tulee suodattaa ennen analyysia. Suodatuksessa suositellaan toistaiseksi käytettäväksi 0,40 µm:n suodattimia (ns. Nuclepore-suodattimet), joita käytetään Suomen ympäristökes-

kuksen seurannoissa ja joiden tulosten käyttökelpoisuudesta on tutkimustietoa. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää 0,45 µm:n suodattimia, jotka ovat testatusti fosfaattifosforivapaita. Näytteen suodatustiedot tulee liittää tulostietoihin.

*Typpi* on fosforin ohella vesistöjen kasviraavinne. Typpi voidaan jakaa orgaaniseen tyypeen ja epäorgaanisiin suoloihin, kuten ammoniumtyppi sekä nitraatti- ja nitriittityppi. Typen kiertokulku vesistöissä poikkeaa jonkin verran fosforin kiertokulusta. Tyypeä joutuu vesistöihin huuhtoutumalla valuma-alueelta, sadannasta, kuivalaskeumasta, orgaanisen aineksen hajotuksesta, lannoitteista ym. Tyypeä myös vapautuu suotuisissa olosuhteissa vedestä ilmakehään ja toisaalta myös sitoutuu veteen. Typpi on usein turvevaltaisten valuma-alueiden jokien rehevöittävä tekijä, koska se lisää detrituksesta ravinteensa ottavien bakteerien ja sienten ravinnetarjontaa. Kokonaistypen pitoisuutta voidaan johtaa jatkuvatoimisten mittausten nitraattitypen tulosten perusteella, mutta menetelmä tarvitsee vielä kehittelyä metsäisillä valuma-alueilla.

*Nitraattitypen* osuus kokonaistypestä kasvaa valuma-alueen maatalousmaan osuuden nousun myötä (Vuorenmaa ym. 2002). Nitraattitypen mittaaminen onnistuu jatkuvatoimisesti, mutta vaatii menetelmä kehittelyä metsäisillä valuma-alueilla. Jatkuvatoimisilla mittauksilla maatalousvaltaisella alueella korkeat hiilen pitoisuudet yhdessä sameuden kanssa aiheuttivat hankaluuksia nitraatin mittaukselle (Kaitaranta 2009).

*Ammoniumtyypeä* on luonnonvesissä yleensä vähän. Turvesoiden valumavesissä saattaa ammoniumtyypeä olla poikkeuksellisen paljon. Ammoniumia joutuu vesiin typpipitoisten orgaanisten aineiden hajoamistuotteena, lannoitteista sekä teollisuuden ja asutuksen jätevesien mukana. Vesistöissä ammoniumtyppi hapettuu nitraatiksi; talvella hitaammin, kesällä nopeammin. Ammoniumtypen määrittämiseen tarvittaville mittaustarkkuuksille ei jatkuvatoimisilla mittauslaitteilla vielä pääse.

*Kemiallinen hapenkulutus, COD*, kuvaa veden sisältämien kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden määrää, eli vedessä olevaa eloperäistä ainetta, joka metsäpuroissa on yleensä humusta. Kemiallista hapenkulutusta ja väriä käytetään usein käytännön vesianalytiikassa mittaamaan humuspitoisuutta.

Kemiallista hapenkulutusta voidaan mitata jatkuvatoimisesti spektrofotometrisesti. Menetelmä eroaa laboratoriossa tehtävästä hapenkulutukseen perustuvasta määrittämisestä. Jatkuvatoimisen mittaukset kalibroidaan aina laboratoriotuloksia vastaan. Antureita valittaessa tulee huomioida mittausalue, jotta ne soveltuvat mitattavalle vedelle.

*Liuennut orgaaninen hiili, DOC*, kertoo veden humusmäärästä kemiallista hapenkulutusta tarkemmin. Sen käyttö on lisääntynyt humuspitoisuuden määrittämisessä. Vesinäytteestä suodatetaan ennen analyysia pois orgaaniset hiukkaset. Vesistöjen liuenneen hiilen määrä riippuu valuma-alueen olosuhteista. Pienissä puroissa liuenneen hiilen osuus voi olla jopa 90 % kokonaishiilestä. Partikkelimaisen hiilen osuus kasvaa virtaaman ja uoman koon kasvaessa. Liukoisen hiilen mittaaminen jatkuvatoimisilla mittareilla on mahdollista. Anturia valittaessa tulee huomioida, että mittausalue ja -tarkkuus ovat sopivat mitattavalle vedelle. Kaikille antureille ei ole tarkkuutta määritetty, koska veden muiden tekijöiden vaihtelulla voi olla vaikutusta mittaukseen.

*Kokonaishiili, TOC*, sisältää orgaanisen liukoisen hiilen ohessa myös partikkeleihin sitoutuneen orgaanisen hiilen. Partikkelimaisen hiilen osuus on näytteissä usein korkea, joten se antaa vain

viitteitä liukoisen humuksen määrästä. Orgaanisen kokonaishiilen määrää voidaan laskea liukoisen hiilen avulla uomakohtaisilla malleilla.

*Väriin* vaikuttavat valuma-alueen soilta ja maaperästä huuhtoutuneet humusaineet, rauta, vedessä olevat levät sekä kiinteät ja lienneet aineet eli väri on monen tekijän summa. Pääasiallinen veden väriä säätelevä tekijä on humuspitoisuus. Väriarvoissa voi olla huomattavaa vuodenaikais- ja vuosittaista vaihtelua. Valuma-alueen maanpinnan käsittelyt nostavat usein väriarvoa mm. raudan ja humuksen huuhtoutumisen lisääntyttä.

*Sähkönjohtavuus* kuvaa veden ionisoituneiden aineiden määrää. Sähkönjohtavuutta mitataan laboratoriossa platinaelektrodeilla varustetussa mittakennossa sekä lämpötilassa +25 °C:ssa, koska lämpötilalla on vaikutusta tuloksiin. Lämpötilan lisäksi mahdollisia häiriöitä sähkönjohtavuuden määrittämisessä voivat aiheuttaa suspentoituneen aineen määrä tai öljy, jotka liikaavat elektrodia muodostaen kerrostumia mittakennon päälle. Myös ilman hiilidioksidi ja ammoniakki voivat vaikuttaa häiritsevästi näytteen määrittämiseen sähkönjohtavuuden ollessa alle yksi mS m<sup>-1</sup>.

*Metalleista* alumiinin, raudan, mangaanin, elohopean, kuparin, kadmiumin ja lyijyn pitoisuuksien on todettu kasvaneen vesistöissä metsätaloustoimenpiteiden seurauksena.

*Rauta ja alumiini* ovat osittain metsätaloustoimenpiteiden vaikutuksesta huuhtoutuvia metalleja. Metsäpurojen väri on tumma johtuen osittain humusaineista, mutta myös valuma-alueelta huuhtoutuva rauta nostaa sitä. Raudan lisäksi myös veden alumiinipitoisuus puroissa voi paikoin nousta. Rauta ja alumiini kulkeutuvat usein purovesissä kiinto- ja humusaineisiin sitoutuneena. Raudan mittaamiseen jatkuvatoimisesti tarvitaan analysaattori, jota voi käyttää, kun olosuhteet ovat +0 °C yläpuolella.

Uudishakkuilla voi olla merkittävää vaikutusta metallien huuhtoutumiseen, koska pohjavesien pinta nousee hakkuiden jälkeen (Kenttämies ja Saukkonen 1996). Se muuttaa maaperän olosuhteet hapettomiksi, jolloin metallien liukoisuus kasvaa. Hakkuun ja maanmuokkauksen yhteydessä maan rikastumiskerroksen metalleja voi nousta pintaan, jolloin rauta- ja alumiiniyhdisteet huuhtoutuvat helpoimmin. Lisäksi maankuivatuksen seurauksena vedet suolla virtaavat aikaisempaa syvemmistä ja rautapitoisemmista kerroksista sekä suon alapuolisesta mineraalimaasta. Suurina pitoisuuksina rauta ja varsinkin alumiini ovat myrkyllistä pohjaeläimille ja kaloille. Alumiinin liukoisuus ja toksisuus kasvaa vesien happamoituessa.

*Lyijy* sitoutuu tehokkaasti humukseen eikä helposti kulkeudu maaperässä. Hapettavat ja happamat olosuhteet sekä kompleksoituminen liukosiin yhdisteisiin lisäävät lyijyn liukoisuutta ja kulkeutuvuutta.

*Kadmium* on raskasmetalleista liikkuvim. Kadmiumyhdisteet ovat vesiliukoisia, joten ne voivat helposti liikkua veden mukana paikasta toiseen. Maaperän happamuus ja orgaanisen aineksen tai metalleja sitovien saostumien vähäisyys lisäävät kadmiumin ja sen yhdisteiden liikkuvuutta ja kulkeutumista maaperässä.

*Sinkkiä* on maaperässä luontaisesti runsaasti sulfidipitoisen kallioperän alueilla (mustaliuskealueet) ja sulfidisavimaissa sekä sulfidipitoisissa turvesoissa. Maaperässä sinkki voi muodostaa erilaisia epäorgaanisia ja orgaanisia kompleksiyhdisteitä, joista monet ovat liukoisia ja siten helposti liikkuvia (esim. ZnSO<sub>4</sub>-kompleksi). Maaperän happamoituminen ja alumiinin liukoisuuden kasvu lisäävät sinkin kulkeutuvuutta. Orgaanisen aineksen, savimineraalien sekä rauta- ja alumiini-

nioksidisaostumien runsaus edistävät sinkin sitoutumista maahan. Myös emäksiset ja voimakkaasti pelkistävät olosuhteet heikentävät sinkin liukoisuutta ja liikkuvuutta.

*Nikkelin* liikkuvuutta maaperässä säätelevät pH sekä orgaanisen aineksen ja alumiinipitoisten savimineraalien määrä. Nikkeliä pidättyy niukkaliukoisena orgaanisen aineksen lisäksi maaperän hienoaineksen savi- ja oksidimineraaleihin.

*Elohopea* voi esiintyä luonnossa metallisena, vesiliukoisena kloridina ja orgaanisissa yhdisteissä. Vesistöön joutuessaan se muuttuu mikro-organismien vaikutuksesta metyylielohopeaksi, joka ei liukene helposti veteen, mutta humuspitoisesta vedestä kertyy helposti eliöihin.

*Kalium, kalsium ja magnesium*, alkalimetallien seuranta on tärkeää maan ja vesistöjen happamoitumisen kannalta. Kalium on nopeimmin vapautuva ravinne ja melkein kaikki hakkuutähteiden sisältämä kalium vapautuu jo ensimmäisenä hakkuun jälkeisenä vuotena.

*Torjunta-aineiden* käyttö on metsätaloudessa vähäistä, eikä sitä rekisteröidä. Torjunta-aineiden myynnin seurannan mukaan myynti tapahtuu pääsääntöisesti maatalouteen, mistä lähinnä glysofaattia käytetään vähäisissä määrin ja harvakseltaan metsäpuolella.

## 5.5 Kenttämittaus ja -mittarit

Metsätalouden vesistökuormituksen seurannassa kenttämittareiden käyttö on vähäistä, vaikka toisinaan vedenlaadun muutoksista olisi hyvä saada tietoa nopeasti. Kenttämittareita ei kuitenkaan ole olemassa mille tahansa mitattavalle parametrille. Niiden määritysraja ja mittaepävarmuus eivät myöskään aina ole riittäviä.

Kenttämittareiden tulee olla helppokäyttöisiä, siirreltäviä, häiriö- ja olosuhdevaihtelua kestäviä. Niiden antamien tulosten tulisi olla käytettävissä nopeasti. Kenttämittarien toiminta ei käytännössä ole varmaa. Tulosten epävarmuus ja mittaukseen liittyvät rajoitukset sekä niihin vaikuttavat tekijät tulee tuntea, kun mittauksia suunnitellaan. Näitä rajoituksia on verrattava haluttuun tulokseen ja tarkkuuteen.

Tulosten luotettavuutta voidaan kasvattaa näytteiden lukumäärällä, jolloin laitteen kenttäkelppoisuus saavutetaan tinkimällä analyysitulosten laadussa ja määritysrajoissa. Kenttämittareiden avulla saadaan tulokset heti, näytteiden määrää voidaan kasvattaa edullisesti, pienentää kontaminaatoriskiä ja näytteiden kuljetuksesta johtuvaa muuttumista. Kenttämittausten rajoituksina ovat tulosten vertailtavuus laboratoriossa analysoituihin, vaihtelevien ympäristöolosuhteiden vaikutus mittaustarkkuuteen, kalibroinnin vaikeus ja tarkastuksen mahdottomuus kentällä.

Kenttämittauksille on omat suositukset laadunvarmistukseen ja tietokantoihin vientiin. Kenttämittausten laadunvarmistukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska mittaolosuhteet vaihtelevat maastossa huomattavasti enemmän kuin laboratoriossa. Tulosten siirrossa tietokantoihin käytetään eri koodeja kuin laboratorioanalyysillä saaduille tuloksille.

## 6 Valuma-alueilta tulevan kuorman määrittäminen

### 6.1 Kertanäytteiden vuosittainen ottotiheys

Kertanäytteiden vedenlaatu vaihtelee näytteenottoajankohdasta riippuen. Kuivien kausien ja ylivirtaamakausien pitoisuudet vaihtelevat kuin myös eri vuorokauden aikoina otettujen näytteiden pitoisuudet. Erityisesti pienikokoisilla alueilla valuman ja vedenlaadun vaihtelut ovat suuria, koska sulamis- ja sadevesien vaikutusta tasaava viive on lyhyt (Kohonen 1982). Suurten valuma-alueiden kyky pidättää valuntaa on parempi kuin pienen alueen virtaaman lisääntyessä.

Myös mitattavien vedenlaatusuureiden välillä on eroja. Joissakin pitoisuus kasvaa, kun virtaamat alueella lisääntyvät. Toisissa pitoisuudet saattavat olla korkeita alivirtaaman aikaan. Joissakin kohonnut pitoisuus esiintyy vain hetkellisesti ylivirtaaman aikoihin kun taas toisissa kohonnut pitoisuus säilyy pitkään.

Näytteenoton tiheyttä suunniteltaessa tulee miettiä vastauksia seuraaviin kysymyksiin (Ellis ja Lacey 1980): mitä näytteenotolla halutaan selvittää, kuinka paljon tiedetään tutkimuskohteen vedenlaadun ja kuormituksen vaihtelusta ja kuinka suuri epävarmuus tuloksissa sallitaan.

Metsätaloustoimenpiteiden seurannassa tavoitteena on laskea näytteistä analysoitujen pitoisuuksien avulla vesistöihin joutuvaa ainehuuhtoumaa, kuormaa. Analyysitiheydellä on vaikutusta laskettujen kokonaiskuormien tarkkuuteen (Ekholm ym. 1995, Rekolainen ym. 1991). Näytteenottotiheydessä tasaväliset, esim. kerran kuussa tehdyt näytteenotot eivät ole suositeltavia, koska ne saattavat aliarvioida varsinkin fosfori- ja kiintoainekuormaa verrattuna virtaamapainotteisiin näytteenottotiheyksiin (Kauppila ja Koskiaho 2003, Rekolainen 1989).

Pienillä valuma-alueilla, joilla vedenlaatumuutokset ovat nopeita, tulee luotettavan huuhtouma-arvion saamiseksi näytteenoton olla riittävän tiheä ja oikein ajoitettu. Mittauksien tavoitteena on saada käsitys pitoisuuksien vaihteluista sekä tavoittaa maksimihuuhtoumat, jolloin tihein näytteenotto tulisi painottua ylivirtaamakausiin. Yleisesti suurimmat huuhtoumat ovat runsaimman virtaaman aikaan keväällä. Viimeaikoina leutojen talvien seurauksena myös syksyn ja talven virtaamat ja kuormat ovat kasvaneet. Siksi näytteenottoa suunniteltaessa olisi kevään lisäksi huomioitava syksyn pituus ja talven alkaminen. Pitkään jatkuneen syksyn aikana joudutaan varautumaan näytteenoton tihentämiseen ja pidentämiseen. Lisäksi ylivirtaama-aika voi vaihdella riippuen kohteen maantieteellisestä sijainnista. Etelä-Suomessa ajankohta on eri kuin pohjoisessa. Virtaaman suuruutta voi seurata aseman virtaamamittaustulosten avulla.

Yleistä periaatetta näytteenoton tiheydestä on yleensä vaikea antaa, koska vasta kattavat kohdekohtaiset tiedot ainevirtaamien vuodenaikaisesta vaihtelusta ja käyttäytymisestä ratkaisevat, miten usein näytteitä olisi otettava (Rekolainen ym. 1991). Näytteenoton määrää suunniteltaessa olisi hyvä tilastollisin menetelmin etsiä asemakohtaista näytemäärää käyttämällä erilaisia näytteenottotiheyksiä ja kuormanlaskemismenetelmiä ainakin kalibroituvuosien ajan. Erityisesti tulee tarkastella pitoisuuksiltaan nopeasti vaihtelevia muuttujia kuten fosfori ja kiintoaine.

Keskimäärin aliveden aikaan näytetiheydeksi riittäisi usean selvityksen mukaan noin yksi kerta kuukaudessa ja ylivirtaamien aikaan noin 1–2 kertaa viikossa luotettavan kuormitusarvion saamiseksi. Monissa aiemmissa tutkimuksissa näytteitä on otettu noin 12–25 jopa 60–90 kertaa vuo-

nessa (esim. Ahtiainen 1990, Alatalo 2000). Rekolaisen ym. (1991) tulosten mukaan 30–50 näytteellä voidaan saada tarkkoja huuhtoumatuloksia, mutta tarvittavaan näytemäärään vaikuttaa aina tapauskohtaisesti alueen hydrologiset tekijät ja mitattava muuttuja.

## 6.2 Kuorman laskeminen

Metsätaloustoimenpiteiden aiheuttaman kuorman laskemiseen on monia lähestymistapoja (esim. Rekolainen 1991, Alatalo 2000, Sillanpää ym. 2006). Kuormaa voidaan laskea eripituisille jaksoille, koko vuodelle tai vuodenajalle. Sitä voidaan laskea suoraan pitoisuuden ja virtaaman tulo-  
na, virtaamapainotettuna, määrittää lyhyemmän tai pidemmän ajan keskiarvoista, ym. Laskentamenetelmät ovat osaltaan riippuvaisia aineistosta ja mittaustiheydestä.

Hajakuormituksen analyysitiheys sekä huuhtouman laskemiseen käytetyt menetelmät vaikuttavat laskettujen kokonaiskuormien tarkkuuteen (Rekolainen ym. 1991, Ekholm ym. 1995). Vuosikuormien laskemiseen käytetyimpien menetelmien välinen poikkeama on yleensä alle 10 %, mutta voi ääritapauksissa olla 100 % (Alatalo 2000). Usein tasaväliset esim. kerran kuussa tehtyjen näytteenottojen ja analyysien perusteella lasketut kuormat saattavat aliarvioida varsinkin fosforin ja kiintoaineen kuormaa verrattuna virtaamapainotteisiin näytteenottotiheyksiin (Alatalo 2000, Kauppila ja Koskiaho 2003, Rekolainen 1989). Ero virtaamaa painottamattomiin näytteenottomenetelmiin voi ravinteiden osalta olla 10–20 % ja kiintoaineen osalta 30–40 %. Typen osalta erot eivät ole niin selviä, mikä osaltaan kertoo aineiden erilaisesta käyttäytymisestä.

Pitkien aikavälien kuormitustarkasteluissa on syytä huomioida laskentamenetelmiin sisältyvä epävarmuus. Huuhtouman määrä on paljolti riippuvainen hydrologisista olosuhteista, joten se vaihtelee vuodesta ja vuodenajasta toiseen. Kertänäytteillä mitattujen pitoisuuksien perusteella lasketuissa huuhtoumissa on yksittäisten vuosien kuormitusarviossa yleisesti epävarmuutta. Pitkällä, useiden vuosien jaksoilla vesinäytteisiin perustuvat kuormitusarviot ovat lähempänä oikeaa kuormitustasoa virheiden kaksisuuntaisuuden vuoksi (Linjama ym. 2010).

*Pienillä metsäisillä valuma-alueilla huuhtouman laskemisessa käytettävää menetelmää valittaessa tulee huomioida alueiden hydrologiset ominaispiirteet ja mitattavien aineiden käyttäytyminen. Pienillä valuma-alueilla ei ole valumia hidastavia vesistöjä, vaan olosuhteet muuttuvat nopeammin kuin suurilla alueilla, jolloin kuorma lähtee herkästi liikkeelle virtaaman lisääntyessä. Tästä syystä pienten alueiden kuormituksen laskentamenetelmäksi soveltuu parhaiten sellainen, jossa kuormitus lasketaan mahdollisimman lyhyen aikavälin pitoisuusmittauksilla sekä vuorokausivaluma-arvoja hyväksi käyttäen (Alatalo 2000). Interpolointia hyödynnettäessä tulee interpolointi mieluummin tehdä pitoisuusarvoille eikä huuhtouma-arvoille. Tällöin riski interpoloida ali- tai yli-estimaatin perusteella pienenee, koska interpoloidut pitoisuusarvot kerrotaan valuma-arvoilla. Alueen kalibrointivuosien aikana on hyvä testata eri näytteenottotiheyksiä ja erimenetelmillä laskettuja kuormia eri muuttujilla, jotta saataisiin tarkimmat menetelmät käyttöön. Käytetyt laskutavat tulee dokumentoida riittävän selvästi, jotta vertailtavuus muihin ja aiempiin tutkimuksiin onnistuu.*

## 7 Seurannan dokumentointi ja raportointi

### 7.1 Seurantatulosten dokumentointi

Pitkäaikaisten seurantaverkkojen aineiston dokumentointi tapahtuu monella tasolla. Tallennettava aineisto koostuu alueen perustiedoista, toimenpidetiedoista ja seurantatiedoista sekä sen lisäksi tulosten saamiseksi tehdyistä toimista. Lyhytaikaisissa tutkimuksissa voidaan näitä ohjeita käyttää soveltuvin osin.

Aseman tiedot ja valuma-alueella tehdyt toimet dokumentoidaan seuranta-aseman tietokantaan. Sinne kootaan:

- seurantasuunnitelma sopimuksineen, lupineen, vastuineen ym.
- aseman taustatiedot, pysyviä tietoja
- aseman paikkatieto
- aseman toimenpidetiedot, kerätään vuosittain ja laitetaan myös paikkatietoihin
- sää tiedot, sademäärä ja lämpötila, jäätyminen, sulaminen
- aseman virtaamatiedot
- aseman jatkuvatoimiset vedenlaadun mittaustiedot sovitussa aikayksikössä
- kertanäytteenottojen analyysitulokset
- kertanäytteistä virtaaman avulla lasketut kuormatiedot

Muita dokumentoitavia tietoja ovat aineiston saantiin liittyvät tapahtumat

- kertanäytteenottoihin liittyvät kirjaukset
- jatkuvatoimisten mittalaitteiden toiminta, kalibrointi ja huolto
- laboratoriomenetelmiin liittyvät muutokset
- aineiston käsittelyssä tehdyt päätökset ja muutokset
- poikkeukset ohjelmasta sekä syy ja mahdollinen korjaus asiaan

Esimerkkinä ympäristöhallinnon tietokantojen käytön ohjeistus, joka löytyy Internet-sivuilta: [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Palvelut ja tuotteet > Tietojärjestelmät ja -aineistot

### 7.2 Seurantatulosten tarkastus, hyväksyntä, tallennus ja tietokannat

Seurannasta saatavat tulokset tulee hyödyntää. Ennen tulosten julkaisemista ne tulee tarkistaa, muokata ja tiivistää, tallentaa sekä laskea niiden avulla arvoja, joilla voidaan vastata kysymyksiin metsätalouden aiheuttaman vesistökuorman suuruudesta.

Seurannan mittauksista saatavista tuloksista osa on raakamittaustuloksia, kuten virtaamaa mittavien antureiden hetkittäiset vedenkorkeudet. Osa on johdettuja mittaustuloksia, kuten em. vedenkorkeuden avulla laskettu virtaama. Osa on käyttövalmiita mittaustuloksia kuten sameus ja pitoisuudet. Edellisten tulosten avulla lasketaan metsätalouden kuormituksen määrä. Jokaisen tuloksen kohdalla on virhemahdollisuuksia, jotka tulisi toimissa minimoida ja tarkastaa, minkä jälkeen tulos hyväksytään, korjataan tai hylätään. Tehdyt poikkeukset ja muutokset tulee dokumentoida.

Tietokantoihin vietävät tulokset hyväksytään ennen tallennusta. Tarkastaminen ei ole jokaisen yksittäisen luvun tarkastamista, vaan lähinnä yleissilmäys ja asiantuntija-arvio ovatko tulokset asiallisia. Toimella pyritään poistamaan inhimillisen tekijän aiheuttamat virheet. *Aineiston tarkastaja tulee nimetä ja tarkastuksessa esille tulleet epäselvyyden dokumentoida.*

*Seuranta-aineiston dokumentointi tehdään seurannalle suunnitellun tietojärjestelmän tietokantaan, josta tiedot eri perusteilla on kätevästi poimittavissa erilaisiin tarkoituksiin. Kaikki linkit myös muihin aseman tietoja kerääviin tietokantoihin (esimerkiksi vedenlaatutiedot Hertta/Oiva-järjestelmässä) laitetaan aseman perustietoihin. Tallennuksen yhteydessä laitetaan myös tarvittavat koodit näytteenottomenetelmästä, esikäsitteystä, analyysimenetelmästä ym.*

*Jatkuvatoimisten mittauslaitteiden aineisto ei sellaisenaan sovellu tallettavaksi tietokantaan. Aineisto tulee tiivistää ja määrittää millä tarkkuudelle (tunti, vuorokausi, tms.) aineisto lasketaan ennen tallennusta. Tarkkuutta voidaan johtaa aineiston käyttötarkoituksen perusteella. Jatkuvatoimisten asemien raakatulokset säilytetään seuranta-asemien tietojärjestelmässä.*

Jatkuvatoimisten asemien tuottamassa aineistossa saattaa olla eri syistä johtuvia virheitä, joista osa näkyy selvänä piikkinä mittaustuloksissa tai pikkuhiljaa tapahtuneena arvojen kasvuna tuloksissa. Datan käsittelyssä selvät virheet tulee huomioida ja poistaa. Oikeaa tasoa voi interpoloida muiden mittaustulosten perusteella tai jättää tulokset pois. Jos aineistoon tehdään korjauksia, niin korjaukset tulee dokumentoida. Virheelliseksi arvioitujen arvojen kohtalosta tulee tehdä suunnitelma, mitä voidaan kehittää ja dokumentoida kokemuksen karttuessa. Aineiston virheellisyys tulisi minimoida datan seurannalla ja reagoimalla virheilmoituksiin nopeasti.

### **7.3 Raportointi**

Metsätalouden verkostoseurannan tulosten raportointi on hyvä jakaa osaraportteihin. Vuosittain tulisi tehdä lyhyt raportti analyysituloksista, laskea huuhtoumat mitatuille aineille kuukausittain, eri vuodenaikoina ja koko vuonna, huomioida vuoden sääolosuhteet pääpiirteissään kuukausittain ja kartoittaa tehdyt metsätaloustoimenpiteet ym. muut alueeseen ja tuloksien saantiin vaikuttaneet seikat. 5–10 vuoden välein tulee tehdä pidemmän aikavälin kattava kokoomaraportti, jossa hyödynnetään osakatsausten tietoja ja käsitellään tuloksia pidemmällä aikavälillä.

## **8 Laadun ylläpito seurannassa**

Laadunhallinnan avulla organisaatio voi pitää toimintansa ja tuotantonsa riittävällä tasolla. Sillä saadaan selkeyttä prosesseihin, toimintoihin ja jatkuvaan kehittämiseen. Tavoitteet laadun suhteen perustuvat toiminnan tarpeisiin ja odotuksiin. Laadunhallinnan eri osa-alueilla kuten auditoinneilla, omavalvonnalla ja prosessien hallinnalla edistetään tavoitteiden saavuttamista. Laadunhallinnan standardit sisältävät ohjeita ja malleja sekä asettavat yleisiä vaatimuksia tuotannon suorituskyvyn ja tarkkuuden mittauksiin käytettyjen mittauslaitteiden kalibroinnin suhteen.

Metsätalouden seuranta tekevillä organisaatioilla tulisi olla asianhallintajärjestelmä, mielellään akreditoitua menetelmiä, nimetyt vastuuhenkilöt ja kenttähenkilöiden sertifiointi sekä toiminnan dokumentointi. Osa seurannan toimista voidaan ostaa ulkopuolisilta, joilla on riittävän korkea laadun hallinta työn suorittamiseen. Riittävän laadunhallinnan määrittäminen voi joskus olla hankalaa, jolloin tavoitteiden täyttymistä ja niihin käytettyjä menetelmiä tulee selvittää ja verrata.

*Parhaiten laatu todennetaan toiminnasta tehdyillä dokumenteilla. Seuranta tulee myös tarpeiden muuttuessa ja tekniikan kehittyessä kehittää eteenpäin. Siinä aikaisempien toimien doku-*



mentointi on tärkeää, jotta toimien heikkoudet tulevat esille. Jatkuvatoimisten mittalaitteiden ja anturien kehittyessä voidaan niitä lisätä seurantasuureiden joukkoon. Lisäksi seurantavelvollisuuksien lisääntyessä tulee vedenlaatumuuttujavalikoima päivittää ja laatia uusille muuttujille ohjeistus. Seurannan dokumentointi ja tallennus tietokantaan toimii parhaiten sähköisessä muodossa, mitä varten tarvitaan sähköinen tietojärjestelmä eri toimijoiden välille.

## **8.1 Sisäiset auditoinnit**

Sisäiset säännölliset auditoinnit ovat tärkeitä työkaluja kehitettäessä näytteenoton laatua ja luotettavuutta. Siinä seurataan toiminnan onnistumista eri mittareilla. Auditointeja varten on hyvä tehdä suunnitelma, joka sisältää koko toiminnan ml. näytteenotto- ja kuljetusvälineet, kenttä ja laboratoriotyöskentelyn määrittäminen, henkilökunnan pätevyyden ja koulutuksen sekä seurannan kokonaistoiminnan, raportoinnin ja dokumentoinnin tarkastamisen sopivilla vuosirotaatioilla. Auditoinnin tulisi teknisesti hallita kyseessä oleva toiminta. (FINAS S51/2000, liite 2).

## Kirjallisuus

- Ahtiainen, M. 1988. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja 45:1–110.
- Alatalo, M. 2000. Metsätaloustoimenpiteistä aiheutunut ravinne- ja kiintoainekuormitus. Helsinki. Suomen ympäristö 381. 64 s.
- Arola, H. (toim.) 2012. Jatkuvatoinen sameusmittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistokäsittely. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2012. 51 s.
- Arola, H., Arvola, L., Kotamäki, N., Kotilainen, H., Linjama, J. & Näykki, T. 2012. Antureiden kalibrointi ja ainepitoisuuksien jatkuva seuranta sameusanturin avulla. Teoksessa Jatkuvatoinen sameusmittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistokäsittely. Arola, H. (toim.). Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2012. 51 s.
- Downing J. 2006. Twenty-five years with OBS sensors: The good, the bad and the ugly. *Continental Shelf Research*. 26: 2299–2318.
- Ekholm, P., Krongvang, B., Posch, M. & Rekolainen, S. 1995. Accuracy and precision of annual nutrient load estimates in Nordic rivers. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja A205. Vesi- ja ympäristöhallitus.
- Ellis, J.C. & Lacey, R.F. 1980. Sampling: Defining the task and planning the scheme. *Wat. Pollut. Control*. 79(4):452–467.
- Eurachem-Suomi, 1997. Analyttisen ja kliinisen kemian laadunvarmistussanasto.
- Eurolab, 2007. Measurement uncertainty revisited: Alternative approaches to uncertainty evaluation. Eurolab, Technical Report No. 1/2007. [www.eurolab.org/docs/technical%20report/Technical\\_Report\\_Measurement\\_Uncertainty\\_2007.pdf](http://www.eurolab.org/docs/technical%20report/Technical_Report_Measurement_Uncertainty_2007.pdf) (31.08.2012)
- ISO/TS 13530, 2009. Water quality – Guidance on analytical quality control for chemical and physicochemical water analysis.
- Jaakkola, E. & Järvinen, J. 2010. Vedenkorkeuden perinteinen havainnointi sekä vertailu uuteen mittausmekaniikkaan. Envisense (= Kannattavuutta ja lisäarvoa maatalouteen ympäristön reaaliaikaisesta seurannasta) -projektin raportti. [www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=120858&lan=fi](http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=120858&lan=fi) (31.08.2012)
- Joensuu, S., Makkonen, T. & Matila, A. 2004. Metsätalouden vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki. Hyvän metsänhoidon opassarja.
- Kaitaranta, J. 2009. Nopeat vedenlaadun muutokset maatalousvaikutteisessa purossa – automaattinen veden laadun mittaus pitoisuuksien ja kuormituksen arvioinnissa. Pro gradu -tutkielma. Helsingin Yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos. 88 s.
- Kallio, K., Koskiahho, J., Lepistö, A., Kiirikki, M. & Tattari, S. 2010. Mitä uutta nykytekniikalla saadaan selville valuma-alue-järvikokonaisuudesta? Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 9:10–18.
- Kauppila, P. & Koskiahho, J. 2003. Evaluation of Annual Loads of Nutrients and Suspended Solids in Baltic Rivers. *Nordic Hydrology* 34(3): 203–220.
- Ketola, T. 2003. Vesistövaikutusten arviointi lupamenettelyssä. Ympäristöopas 105. Suomen ympäristökeskus. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Palvelut ja tuotteet > Julkaisut > Ympäristöoppaat > Ympäristöopas-sarja 2003 > YO105 Vesistövaikutusten arviointi lupamenettelyssä (31.08.2012)
- Kohonen, T. 1982. Influence of sampling frequency on the estimates of runoff water quality. Vesihallitus – National Board of Waters, Finland. Helsinki. 30 s.
- Kotamäki N., Thessler, S., Koskiahho, J., Hannukkala, A.O., Huitu, H., Huttula, T., Havento, J. & Järvenpää, M. 2009. 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. *Sensors* 9(4): 2862–2883.
- Kemian metrologian opas 2005. Mittatekniikan keskus, kemian ja mikrobiologian jaosto, kemian työryhmä julkaisu J6/2005. Toimittanut Tapio Ehder. Helsinki. 65 s.
- Kenttämies, K. & Saukkonen, S. 1996. Metsätalous ja vesistöt. Yhteistutkimusprojektin "Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta" (METVE) yhteenveto. MMM:n julkaisu 4/1996.
- Kettunen, I., Mäkelä, A. & Heinonen, P. 2008. Vesistötietoa näyttöentottajille. Ympäristöopas 2008, Suomen ympäristökeskus. 78 s.
- Korhonen, J. 2007. Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut. Helsinki. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 45/2007. 120 s.

- Kortelainen, P. 1999. Occurance of Humic Waters. Teoksessa: Keskkitalo, J. & Eloranta, P. (toim.) *Limnology of Humic Waters*. Backhuys Publishers, Leiden. s. 43–57.
- Koskiaho, J., Lepistö, A., Tattari, S. & Kirkkala, T. 2010: On-line measurements provide more accurate estimates of nutrient loading: a case of the Yläneenjoki river basin, southwest Finland. *Water Science & Technology-WST Vol 62(1)*: 115–122.
- Kubin, E. 1998. Leaching of nitrate nitrogen into the groundwater after clear felling and site preparation. *Boreal Environment Research* 3: 38.
- Kyröläinen, H., Witick, A., & Mäkinen, I. 2009. Suositukset vesistä tehtävien analytyttien määritysrajoille, mittausepävarmuuksille sekä säilytysajoille ja -tavoille. Luonnos 15.12.2009.
- Lepistö, A., Huttula, T., Granlund, K., Kallio, K., Kiirikki, M., Kirkkala, T., Koponen, S., Koskiaho, J., Liukko, N., Malve, O., Pyhälähti, T., Rasmus, K. & Tattari, S. 2010. Uudet menetelmät ympäristöntutkimuksessa ja seurannassa – pilottina Säskylän Pyhäjärvi. Suomen ympäristö 9/2010, Suomen ympäristökeskus. 46 s.
- Linjama, J., Koskiaho, J., Puustinen M. & Tattari, S. 2009. Implementation of small catchments for monitoring of hydrology and agricultural water pollution based on continuously measured sensors. *Journal of Agricultural and Food Science* 18: 417–427.
- Linjama, J., Granlund, K., Kotilainen, H., Puustinen, M., Tattari, S., Koskiaho, J. & Mäkinen R. 2010. Valuma-alueiden seurantamenetelmien kehittäminen. Teoksessa *Maatalouden vesistökuormituksen hallinta – Seuranta, mallit ja kustannustehokkaat toimenpiteet vesienhoidon toimenpideohjelmassa* toim. Väisänen, S ja Puustinen, M. Suomen ympäristö 23/2010. Suomen ympäristökeskus. 134 s.
- Mäkelä, A. ym. 1992. Vesitutkimuksen näytteenottomenetelmät. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisusarja B 10.
- Palviainen, M., Finér, L., Kurka, A.M., Mannerkoski, H., Piirainen, S. & Starr, M. 2003. Ravinteiden vapautuminen hakkuutähteistä. Julkaisussa: Finér, L., Laurén, A. & Karvinen, L (toim.): *Ajankohtaista metsätalouden ympäristökuormituksesta tutkimustietoa ja työkaluja – seminaari Kolin Luontokeskus Ukko 23.9.2002*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886: 43–48.
- Rekolainen, S. 1989. Phosphorus concentration and nitrogen load from forest and agricultural areas in Finland. *Aqua Fennica*. Vol 19: 95–107.
- Rekolainen, S., Posch, M., Kämäri, J. & Ekholm, P. 1991. Evaluation of the accuracy and precision of annual phosphorus load estimates from two agricultural basins in Finland. *Journal of Hydrology* 128: 237–255.
- Sillanpää P, Bilaletdin Ä, Kaipainen H, Frisk T. & Sallantausta T. 2006. Metsätalouden aiheuttaman kuormituksen laskentamenetelmä. Suomen ympäristö- julkaisu nro 817. Tampereen yliopistopaino Oy, Tampere. 41 s. ISBN 952-11-2173-4.
- Vuorenmaa, J., Rekolainen, S., Lepistö, A., Kenttämies, K. & Kauppila, P. 2002. Losses of nitrogen and phosphorus from agricultural and forest areas in Finland during the 1980s and 1990s. *Environmental monitoring and assessment* 76: 213–248.

## Sanasto

**Alivirtaama** (NQ) on pienin tarkastelujaksolla virrannut vesimäärä uomassa.

**Alueen kalibrointi** on se ajanjakso, jossa selvitetään alueen luonnontilaisia virtausolosuhteita ja kuormittavuutta ennen metsätaloustoimenpiteiden tekemistä sekä alueelle suunniteltujen mittauslaitteiden toimivuutta. Kalibrointijakso kestää noin 3–5 vuotta.

**Huuhtouma** on maa-alueelta huuhtoutuneen aineksen määrä aika- ja pinta-alayksikköä kohden.

**Jääreduktio** tehdään virtauksen purkautumiskäyrään, kun vedenkorkeuden mittaaminen on häiriintynyt uomassa olevan jääpadotuksen takia. Sitä varten tulee tuntea uoman purkautumiskäyrä ja tehdä talviaikaisia kenttämittauksia oikean virtaaman määrittämiseksi.

**Keskivirtaama** (MQ) on tarkastelujaksolla keskimääräinen virrannut vesimäärä uomassa.

**Mittausepävarmuus** on mittaustulokseen liittyvä parametri, joka kuvaa mitattavan suureen arvojen oletettua vaihtelua.

**Purkautumiskäyrä** kuvaa vedenkorkeuden ja virtaaman välistä riippuvuutta. Purkautumiskäyrän avulla voidaan määrittää vedenkorkeudesta uoman virtaama ilman virtaamamittauksia.

**Seuranta-asema** on metsäisen valuma-alueen lasku-uomaan sijoitettu vedenlaadun (ainepitoisuuksiin) ja virtaaman seuranta-asema. Aseman kohdalta seurataan veden laatua useasti vuodessa tehtävillä kertavesinäytteillä sekä mahdollisuuksien mukaan jatkuvatoimisella mittauksella. Seuranta-aseman varustuksiin kuuluu mittapato, kaivo mittapadolla tai putkikaivo, johon mittalaitteisto on asennettu. Jatkuvatoimisen mittauksen laitteisto koostuu veteen sijoitettavista antureista sekä dataa tallentavista ja siirtävistä dataloggereista. Lisäksi tarvitaan akkuja virran varastointiin ja aurinkopaneeleita virran keräämiseen.

**Seurantasuunnitelma** sisältää seurattavan valuma-alueen seurannan tavoitteet, seurannasta vastaavat yksiköt ja henkilöt sekä vastuiden jakautumisen. Osana seurantasuunnitelmaa ovat seuranta-asemakohtaiset seurantakäsikirjat, jotka sisältävät seurantamenetelmät kuten jatkuvatoimisen mittauksen suunnitelman ja vesinäytteenotto-ohjelman sekä niihin liittyvän ohjeistuksen ja käytännön. Lisäksi aseman seurantakäsikirjan toimien seurantakirjaan päivitetään asemalla tehdyt toimenpiteet ja huomiot asemien tapahtumista sekä jatkuvatoimisten mittausten että kertanäytteiden osalta. Kaikki tieto talletetaan samaan, seuranta-aluekohtaiseen tietokantaan, joka on osa seurannan tietojärjestelmää.

**Systemaattinen virhe** johtuu käytetystä mittalaitteesta tai mittausten menetelmästä. Tällaisissa tilanteissa virhe on mahdollista korjata kalibroimalla mittalaitte standardinäytteellä.

**Toimenpidealue** on se alue, jossa tehdään seurannassa tarkkailtavia metsätaloustoimenpiteitä kuten ojitusta, hakkuita, maanmuokkausta tai lannoitusta. Alueella saatetaan tehdä myös tehostettuja vesien-suojelutoimia.

**Valuma-alue** tarkoittaa aluetta, jolta järvi, joki, puro tai meri saa vetensä. Valuma-alueen rajat ovat vedenjakajia eli maaston korkeimpia kohtia.

**Vedenkorkeus** ilmoitetaan korkeutena merenpinnasta (cm) tavallisesti NN+ tai N60+ järjestelmässä. Peruskartoissa ilmoitetut korkeudet ovat N60+järjestelmässä. Vanhat vesiluvat ovat tavallisesti sidottu tasoon NN+. Korkeudet voidaan muuntaa järjestelmästä toiseen. Muutoksen suuruus on erilainen eri osissa Suomea.

**Vertailualue** on luonnontilainen metsä tai kasvatusmetsiä, joissa ei oleteta näkyvän kuormituksen merkkejä edellisistä metsätaloustoimenpiteistä. Vertailualueella ei tehdä metsätaloustoimenpiteitä sinä aikana, kun toimenpidealueella seurataan toimenpiteen vaikutusta.

**Vesistöalue**-nimitystä käytetään isoista valuma-alueista. Suomi on jaettu 74 päävesistöalueeseen. Kukin päävesistöalue jakautuu omalla alueellaan pienemmiksi osa-alueiksi (1. jakovaihe) ja osa-alueet edelleen pienemmiksi (2. jakovaihe) ja edelleen pienemmiksi (3. jakovaihe).

**Vesistömalli** on vesistön veden hydrologista kiertokulkua sadannasta virtaamaksi kuvaava malli.

**Virtaama** on uomassa yhdessä kohdassa virtaavan veden määrä aikayksikössä. Virtaaman yksikkönä käytetään tavallisesti kuutiota sekunnissa  $m^3s^{-1}$ .

**Ylivirtaama** (HQ) on suurin tarkastelujaksolla virrannut vesimäärä uomassa.

**Liite 1.** Pienten virtavesien vedenlaadun jatkuvatoimista seuranta suuniteltaessa selvitettäviä asioita. (Lista ei ole kattava, vaan ohjeistukseksi. Lisätietoa on tekstissä.)

### **Mitä seurataan**

- mitä kaikkea vedestä mitataan, mitä seurataan jatkuvatoimisesti ja mitä kertavesinäytteillä
- millaisella pitoisuusalueella liikutaan, millainen mittaväli ja tarkkuus tulee olla, jotta voidaan seurata riittävän tarkasti kohdevesistön vedenlaadun muutoksia
- tehdäänkö yläpuolisella valuma-alueella toimenpiteitä, jotka vaikuttavat pitoisuuksiin ja mitausalueeseen

### **Missä seurataan**

- sijainti ja miten asemalle pääsee, tarvitseeko rakentaa tie
- aseman ympäristö, maalajit, putouskorkeus, ym. vaihtelu
- millainen seuranta-asema soveltuu, pato, mittakaivo, tai putki
- soveltuuko monivuotiseen seurantaan
- miten sähköistys hoidetaan, aurinkopaneeleilla vai verkkovirralla osa antureista vaatii verkkovirran toimiakseen moitteettomasti
- sopimukset, luvat, ilmoitukset ym. maanomistajan ja viranomaisten kanssa

### **Mitä hankitaan ja mitä tehdään itse**

- hankkija voi ostaa pelkän laitteiston, osan toimista tai koko datan tuoton palveluna
- kuka rakentaa seuranta-aseman
- kuka asentaa ja kalibroi laitteiston paikallisiin vesiolosuhteisiin
- kuka valvoo laitteiden toimintaa
- kuka huoltaa laitteiston
- mihin voi itse vaikuttaa, jos data ostetaan palveluna ja miten vastuut jakautuvat

### **Mitta-anturit sekä datan tallennus- ja lähetyslaitteisto**

- riittääkö antureiden mitta-alue ja tarkkuus
- laitteistovaatimukset -> antureiden kestävyys seurannan olosuhteissa ml. ympärivuotisuus, kalibrointitarve, puhdistustarve ja huolto, korjaus, varaosat, talvisuojaus, laitekohtaiset antureiden puhdistusmenetelmät
- voidaanko samalla anturilla mitata useampaa muuttujaa, voiko laitteistoon lisätä uusia antureita
- voiko käyttäjä itse säätää antureiden toimintaa
- datan tallennuskapasiteetin riittävyys ja varmuus, datan lähetyksen toimivuus alueella
- missä muodossa aineisto halutaan

### **Sopimukset ja vastuut laitetoimittajan kanssa**

- kuka vastaa aseman ja laitteiston toimivuudesta kohteessa
- mitä dataa toimittaja luovuttaa tilaajalle: raakadata, korjattu data, korjaustiedot, kalibrointi-aineistot niihin liittyvine tilastotietoineen ym.
- jos toiminnassa jaettu vastuu, niin missä tilanteissa vastuu on tilaajalla ja missä toimittajalla

**Liite 2.** Luonnonvesien säilyminen eräille analyyteille (Kyröläinen ym. 2009, käsikirjoitus). Taulukossa olevat vrk- ja kk-tiedot tarkoittavat pisintä säilytysaikaa näytteenottohetkestä analysointiin. Mikäli erikseen ei mainita, tulee säilytyslämpötilan olla 1–5 °C.

Analyytti	Säilytystapa ja säilytyksen enimmäisaika (vrk tai kk)	Lisätietoa (mm. menetelmäohjeissa olleita tietoja)
pH	0,25–1 vrk, ks. <sup>1)</sup>	ilmattomasti suljettu ja täyteen täytetty pullo
Alkaliniteetti	1 vrk	ilmattomasti suljettu ja täyteen täytetty pullo
Asiditeetti	1 vrk	ilmattomasti suljettu ja täyteen täytetty pullo
BOD <sub>7</sub>	1 vrk tai pakastus (1 kk) <sup>2)</sup>	ilmattomasti suljettu ja täyteen täytetty pullo
COD <sub>Mn</sub> (permang.ind.)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -kestävöinti 7 vrk, pakastus 1 kk	
COD <sub>Cr</sub>	1 vrk (kestävöimätön), H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -kestävöinti tai pakastus 1 kk	
Elohopea	HNO <sub>3</sub> -kestävöinti ja K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> n lisäys, 1 kk	menetelmästandardin mukaan 7 vrk
Fosfori, kokonais-	Kestävöimättä 1 vrk:n sisällä, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -kestävöinti/7 vrk	SFS-EN ISO 5667-3:n mukaan voidaan käyttää pakastamista, mitä ei kuitenkaan suositella kuin silloin, kun pitoisuudet korkeita (yli 1 mg/l).
Fosfori, fosfaatti-	Kestävöitynä vrk:n sisällä	
Kiintoaine	2 vrk	
Rauta, fotom.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -kestävöinti, 6 kk	
Sameus	1 vrk	
Sulfaatti	1 kk tai pakastus	
Sähkönjohtavuus	1 vrk	Sähkönjohtavuuden perusteella p.o. 1 vrk.
TOC, kok. org. hiili	HCl-kestävöinti 7 vrk, pakastus 1 kk	
Typpi, kokonais-	2 vrk, pakastus 1kk	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -kestävöintiä (pH 2, max 8 vrk) ei juurikaan käytetä. SFS-EN ISO 11905-1:n mukaan autoklavoituna useita viikkoja, <sup>3)</sup>
Typpi, ammonium-	1 vrk. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -kestävöinti (pH 1–2, 21 vrk); ei yleisesti käytössä.	Standardimenetelmä: 1-3 vrk, luonnonvesille ei yli 1 vrk, <sup>3)</sup>
Typpi, nitriitti-	1 vrk	Määrittäminen mieluummin heti
Typpi, nitraatti-	1 vrk, pakastus 1 kk	Max 3 vrk, jos säilyvyys testattu (eri matriisit)
Väri	1–5 vrk pimeässä	Hapettomien näytteiden ilmastuminen estettävä
Metallit	HNO <sub>3</sub> -kestävöinti (pH 1–2), 1–6 kk	Huoneenlämpötilassa

1) Standardiohjeen SFS-EN ISO 5667-3 mukaan määrittäminen tulisi tehdä 6 tunnin sisällä, mikä tarkoittaisi työaikajärjestelyjä tai kentällä tehtäviä määrittäksiä, joita ei kuitenkaan tässä vaiheessa suositella niihin sisältyvien laadullisten ongelmien takia. Suosituksena on, että määrittäminen viihteeseen näytteenotto-päivää seuraavan päivän aamupäivänä.

2) Pakastus saattaa muuttaa BOD-tulosta selvästi, mikä on otettava huomioon tulosten tulkinnessa.

3) Ammoniakin imeytyminen ilmasta näytteeseen tulee estää esim. sulkemalla pullot hyvin ja huolehtimalla, että näytteitä ei säilytetä esim. samoissa tiloissa jätevesinäytteiden kanssa.

**Liite 3.** Vedenlaatuanalyysien määrittämissä- ja mittausepävarmuussuosituksia kirkkaille luonnonvesille laboratoriomittauksissa (Kyröläinen ym. 2009). Sameus saattaa nostaa määrittämissärajaa.

Analyytti	Yksikkö	Määrittämissäraja ja mittausepävarmuus		Mittausepävarmuus optimipitoisuusalueella	
pH			± 0,2		± 0,2
Alkaliniteetti	mmol/l	0,02	± 0,01	>0,1	± 10 %
Alumiini, spektrofot.	µg/l	10	± 5	>50	± 10 %
Asiditeetti	mmol/l	0,02	± 0,01	>0,1	± 10 %
BOD <sub>7</sub>	mg/l	0,5	± 0,5	>3	± 20 %
COD <sub>Mn</sub> , happena (KMnO <sub>4</sub> :na)	mg/l	0,5 (2)	± 0,4 (± 1,6)	>4 (>16)	± 10 % (± 10 %)
Elohopea	µg/l	0,005	± 0,005	>0,033	15 %
Fosfori, kokonais-	µg/l	3–5	± 1,5	>10	± 15 %
Fosfori, fosfaatti-	µg/l	2–5	± 1,5	>10	± 15 %
Kiintoaine, suodatin GF/C	mg/l	2	± 0,5	>3	± 20 %
Kiintoaine, suodatin 0,45 µm	mg/l	2	± 0,5	>3	± 20 %
Kiintoaine, suodatin 0,4 µm	mg/l	2	± 0,5	>3	± 20 %
Mangaani, spektrofotometrinen	µg/l	10	± 5	>50	±10 %
Rauta, spektrofotometrinen	µg/l	10	± 5	>50	> ±10 %
Sameus	FTU	0,5	± 0,2	>1	±20 %
Sähkönjohtavuus	mS/m	1,0	± 0,2	>4	± 5 %
TOC, kokonaisorg.hiili	mg/l	0,5	± 0,4	>2,5	± 15 %
Typpi, kokonais-	µg/l	50	± 10	>70	± 15 %
Typpi, ammonium-	µg/l	5	± 3	>20	± 15 %
Typpi, nitriitti-	µg/l	2	± 1	>7	± 15 %
Typpi, nitraatti-/nitriitti-nitraatti-	µg/l	5	± 2	>13	± 15 %
Väri	mg/l Pt	5	± 5	>25	± 20 %
Natrium	mg/l	0,1	± 0,05	>0,5	± 10 %
Kalium	mg/l	0,1	± 0,05	>0,5	± 10 %
Kalsium	mg/l	0,1	± 0,05	>0,5	± 10 %
Magnesium	mg/l	0,1	± 0,05	>0,5	± 10 %