

Veikko Voutilainen, Pekka Kolehmainen ja Taina Hammar

Pinta- ja pohjavesien kaukomittausjärjestelmän kehittäminen

KUOPIO 2001

Pinta- ja pohjavesien kaukomittausjärjestelmän kehittäminen

Vesistöjen säännöstelyn käytön tukeutuminen yhä enemmän vesistömalleilla laadittuihin ennusteisiin ja säännöstelyn tarkempi optimointi vaativat luotettavia ja reaaliaikaisia havaintotietoja. Reaaliaikaista ja suoraan käyttäjille siirrettyä tietoa tarvitsevat myös hydrologinen seuranta, tutkimus, valvonta ja tiedottaminen. Näitä tarpeita varten Pohjois-Savon ympäristökeskuksella oli tavoitteena yhteistyönä GWM-Systems Oy:n kanssa kehittää reaaliaikainen ympäristötiedon mittaus- ja tiedonsiirtojärjestelmä.

GWMS-kaukomittausjärjestelmä koostuu yleensä yhdestä tai useammasta mittausasemasta, välitysasemasta ja valvomosta. Mittausasema rekisteröi antureilta tulevat virta- ja jänniteviestit ja laskee niistä mittaustulokset. Tulokset lähetetään radio- tai GSM-tekniikkaa käyttäen valvomoon joko suoraan tai välitysaseman kautta. Välitysasema välittää tiedot tarvittaessa myös esimerkiksi kirjoittimille tai matkapuhelimeen.

Kaukomittausjärjestelmää kokeiltiin Pohjois-Savon ympäristökeskuksen alueella järvien vedenkorkeuksien ohella pohjavedenkorkeuden, sademäärän, ilman kosteuden ja -lämpötilan sekä pintaveden fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien havainnointiin.

Kokeilun perusteella GWMS-kaukomittausjärjestelmä toimii kokonaisuutena luotettavasti ja soveltuu hyvin monipuolisiin mittauksiin. Merkittävänä etuna on langattomuuden antama vapaus valita havaintopaikat. Muita järjestelmän olennaisia etuja ovat pieni sähkönkulutus, mahdollisuus kytkeä helposti erilaisia mitta-antureita sekä saavuttaa varma toimintakyky ilman mittausasemalle rakennettavia sähkö- ja puhelinkaapeleita ja erillisiä rakennuksia ja rakennelmia.

ISBN 952-11-0928-9

ISSN 1238-8610

Myynti:

Pohjois-Savon ympäristökeskus

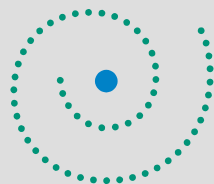
PL 1049, 70101 KUOPIO

puh. (017) 788 4763, faksi (017) 788 4764

Oy Edita Ab, asiakaspalvelu

PL 800, 00043 EDITA

puh. (09) 566 0266, faksi (09) 566 0380



Veikko Voutilainen, Pekka Kolehmainen ja Taina Hammar

Pinta- ja pohjavesien kaukomittausjärjestelmän kehittäminen



ISBN 952-11-0928-9
ISSN 1238-8610

Kannen kuva Patrick Hublin

Suomen Graafiset palvelut Oy Ltd
Kuopio 2001

Sisällys

1. Johdanto	5-6
2. Järjestelmän kuvaus	7
2.1 Anturit	7
2.2 Mittausasema	8
2.3 Valvomo	9
2.4 Väliytisasema	9
2.5 Mittausaseman asennus	10
2.6 Järjestelmän hinnat ja käyttökustannukset	10
3. Kiurujärven vedenkorkeuden mittaus	11
3.1 Laitteisto ja menetelmät	11
3.2 Kokemukset	12
4. Onki- ja Poroveden vedenkorkeuden ja lämpötilan mittaus	15
4.1 Laitteisto ja menetelmät	15
4.2 Kokemukset	17
5. Rautavaaran Kangaslahden pohjavesiaseman kaukomittausjärjestelmä	20
5.1 Laitteisto ja menetelmät	20
5.2 Kokemukset	21
6. Vedenlaadun kaukomittauskokeilu	22
6.1 Laitteisto ja menetelmät	23
6.2 Kokemuksia	23
7. Järjestelmän kehitys	27
Liitteet	28
Liite 1. Paineenanturin teknilliset tiedot	28
Liite 2. GWMS-2001 dataloggerin teknilliset tiedot	29
Liite 3a) ja 3b) Ohjepiirrokset kaukomittauslaitteiston ja anturin asennuksesta	30-31
Liite 4. Vuorokauden aikaiset lämpötila-, ph- ja happivaihtelut kolmena perättäisenä päivänä	32
Kuvailulehdet	33-34
Kuvailulehti suomi	33
Kuvailulehti englanti	34

Johdanto

.....

Perinteisesti vedenkorkeuksia havaitaan kallioon tai kiveen kiinnitetystä mitta-asteikosta, jonka 0- pisteen korkeus tunnetaan. Jäät ja muut luonnonolosuhteet saavat mitta-asteikon usein liikkumaan, jolloin niistä tehtyjen havaintojen tarkkuus heikkenee. Tästä syystä vedenkorkeuden havainnointiin käytetään myös ns. suppilomittaa, jolla vedenkorkeus mitataan vesistön pohjaan ”juntatusta” paalusta. Havainnot tehdään yleensä kerran päivässä ja ne kirjataan päiväkirjaan, joka lähetetään kuukausittain Suomen ympäristökeskukseen tai alueelliseen ympäristökeskukseen jatkokäsittelyä varten.

Pohjois- Savon ympäristökeskus vastaa alueellaan useasta vesistösäännöstelystä. Säännöstelyn käyttötoiminta tarvitsee reaaliaikaiset vedenkorkeustiedot vähintään kerran päivässä. Säännöstelyn yhä tarkempi hoito vaatii mieluummin usean päivittäisen vedenkorkeustiedon saantia. Säännöstelyn käytön tukeutuminen vesistömalleilla laadittuihin ennusteisiin ja säännöstelyn tarkempi optimointi vaativat myös luotettavia ja reaaliaikaisia havaintotietoja. Tästä johtuen havainnot tulee saada samanaikaisesti useaan paikkaan.

Vesistöjen käyttötoimintaan liittyvä vedenkorkeuden havainnointi on myös tapahtunut pääosin mitta-asteikolta käyttöhenkilöstön tai ulkopuolisten havait-sijoiden toimesta. Reaaliaikaisia mittaustietoja on saatu vain kahdelta Procoll-ase-malta. Nämä asemat vaativat toimiakseen suojarakennuksen ja kiinteän sähkö- ja puhelinverkon. Vesistöjen käyttötoiminnan kannalta havainnointi on ollut täysin riittämätöntä ja työlästä. Myös muilla tietojen käyttäjillä kuten tutkimuksella, val-vonnalla ja tiedottamisella on ollut tarve reaaliaikaisten havaintotietojen saantiin.

Näistä lähtökohdista Pohjois-Savon ympäristökeskus asetti tavoitteeksi ke-hittää vedenkorkeuden mittaustulosten, jolla saadaan reaaliaikaisia ja luotetta-via mittaustuloksia erityisesti vesistöjen käyttötoiminnan tarpeisiin. Mittaustu-



Kuva 1. Kallaveden ranta-kallioon on hakattu kor-keimmat ja matalimmat veden korkeudet

lokset tuli saada samanaikaisesti moneen paikkaan, ainakin vesistöjen käyttötietojärjestelmään, säännöstelypatojen hoitajille ja ympäristökeskukseen. Laitteiston tuli toimia maastossa ilman kiinteitä ulkopuolisia sähkö- ja tietoliikenneyhteyksiä, jotta se voidaan sijoittaa seurannan kannalta edustavimmalle paikalle. Lisäksi järjestelmän huoltotarpeen tuli olla vähäinen.

Vesistöjen käyttötoiminnan lisäksi mittaus- ja tiedonsiirtojärjestelmän tuottamaa reaaliaikaista ja suoraan käyttäjälle siirrettyä tietoa tarvitsevat myös mm. hydrologinen seuranta, tutkimus, valvonta ja tiedottaminen. Hydrologista seurantaan ajatellen järjestelmän tulee mitata vesistöjen vedenkorkeuksien lisäksi pohjaveden korkeutta, sadantaa ja virtaamia. Tutkimuksella ja valvonnalla on tarpeita järjestelmän kehittämiseksi veden kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien mittaamiseen.

GWM-Systems Oy:n kaukomittausjärjestelmällä katsottiin olevan edellytyksiä vastata ympäristökeskuksen tarpeisiin ja sitä päätettiin testata muutamissa keskeisissä mittauksissa.

Järjestelmän olennaisia piirteitä ovat langattomuus, pieni sähkönkulutus, mahdollisuus kytkeä helposti erilaisia mitta-antureita sekä saavuttaa varma toimintakyky ilman mittausasemalle rakennettavia sähkö- ja puhelinkaapeleita sekä erillisiä rakennuksia tai rakennelmia. Esimerkiksi pintaveden korkeutta mitattaessa mittausanturit asennetaan yleensä suoraan mitattavaan kohteeseen, järviin tai jokiin, minkä vuoksi kaivojen rakentaminen mittausta varten on tarpeetonta. Langattomuuden ansiosta järjestelmä kestää hyvin erilaisia sääoloja.

Järjestelmän keskeiset osat ovat mittausasemat ja mittaustietojen vastaanottolaitteisto (valvomo). Valvomo voi olla pelkkä PC tai myös automaatiojärjestelmän valvomo. Järjestelmästä yli 80 % on kotimaista tuotantoa.



Kuva 2. GWMS-mittausaseman asennus lumisateella Kiuruvedellä.

Järjestelmän kuvaus

2

GWMS 2001 -kaukomittausjärjestelmä koostuu yleensä yhdestä tai useammasta mittausasemasta sekä välitysasemasta ja valvomosta. Järjestelmän kentällä sijaitsevat mittausasemat on suunniteltu toimimaan ilman kiinteitä ulkopuolisia sähkö- ja tietoliikenneyhteyksiä. Näin ollen mittausasemien virrankulutus on erittäin vähäinen ja ne on varustettu aurinkopaneeleilla.

Mittausasema rekisteröi ennalta asetetuin aikaväleihin antureilta tulevat virta- tai jänniteviestit. Näiden viestien arvoista asema laskee mittaustuloksen. Mittaustulokset lähetetään radio- tai GSM-tekniikkaa käyttäen valvomoon tai välitysasemalle ennakolta asetetuin aikaväleihin. Valvomo tallentaa mittaustulokset ASCII (teksti)- tiedostoihin. Talletetut mittaustulokset voidaan jatkokäsitellä esimerkiksi taukukolaskentaohjelmilla, liittää www-dokumentteihin tai siirtää edelleen sähköpostitse.

2.1 Anturit

Anturit ovat järjestelmän tärkein osa. Ne vaikuttavat koko järjestelmän luotettavuuteen ja tulosten laatuun. Yhteen mittausasemaan voidaan liittää kahdeksan anturia/mittalaitetta. Koska anturitekniikka kehittyy jatkuvasti, mittausaseman anturiliitäntä on rakennettu teollisuusstandardin mukaiseksi. Näin uusia tai kehitteillä olevia antureita voidaan liittää järjestelmään myös myöhemmässä vaiheessa.

Mittausasemissa on toistaiseksi käytetty seuraavia antureita/mittalaitteita:
vedelle:

- paine (pinnankorkeudenmittaus)
- sameus
- sähkönjohtokyky
- lämpötila
- pH
- liuennut happi

ilmalle:

- lämpötila
- kosteus
- tuulen suunta ja nopeus
- lisäksi yleensä mittalaitteen akun jännitettä mitataan.

Järjestelmän antureina voidaan myös käyttää nk. monitoimiantureita, joissa anturin runkoon liitetään useampia eri suureita mittaavia antureita.

Antureiden yleiset valintaperusteet liittyvät luotettavuuteen ja kokonaisedullisuuteen. Lisäksi antureiden valintaan vaikuttavat halutut mittaustarkkuudet, asennuspaikat ja -olot. On esimerkiksi otettava huomioon se, että joissakin antureissa lämpötilan muutokset voivat vääristää mittaustuloksia. Joissakin oloissa on kiinnitettävä erityistä huomiota antureiden valmistusmateriaalin korroosionkestoon tai siihen, ettei anturissa olisi liikkuvia tai vahingoittuvia osia. Käyttökokemusten karttuessa valintaperusteet täsmentyvät.

Järjestelmässä mitataan anturien tuottamia sähköisiä signaaleja. Esimerkiksi pinnankorkeuden mittausanturin toiminta perustuu veden aiheuttaman hydrostaattisen paineen mittaamiseen joustavalla kalvolla, joka painuu sisäänpäin ulkoisen paineen noustessa. Veden alla havaittavasta absoluuttisesta paineesta osa johtuu vallitsevasta ilmanpaineesta, joka kompensoidaan viemällä pintalähtetimen kalvon toiselle puolelle pieni ilmaletku. Tällöin ei enää mitata absoluuttista painetta, vaan pelkästään veden aiheuttamaa hydrostaattista painetta. Kalvon asento muutetaan sähköiseen muotoon venymäliuskalla, jonka sähköisiä ominaisuuksia kalvon liikkeet muuttavat. Saatava signaali vahvistetaan ja muokataan veden syvyydestä lineaarisesti riippuvaan muotoon. Järjestelmässä yleisesti käytetyn vedenkorkeuden mittausanturin tekniset tiedot on esitetty liitteessä 1.

Lämpötilan vaikutus pinnanmittaustuloksiin on noin $1 \text{ cm}/10^\circ\text{C}$. Markkinoilla on olemassa myös lämpötilakompensoituja painelähtettä, jotka ovat hinnaltaan noin kaksi kertaa kalliimpia kuin ilman lämpötilakompensointia olevat lähetimet.

2.2 Mittausasema

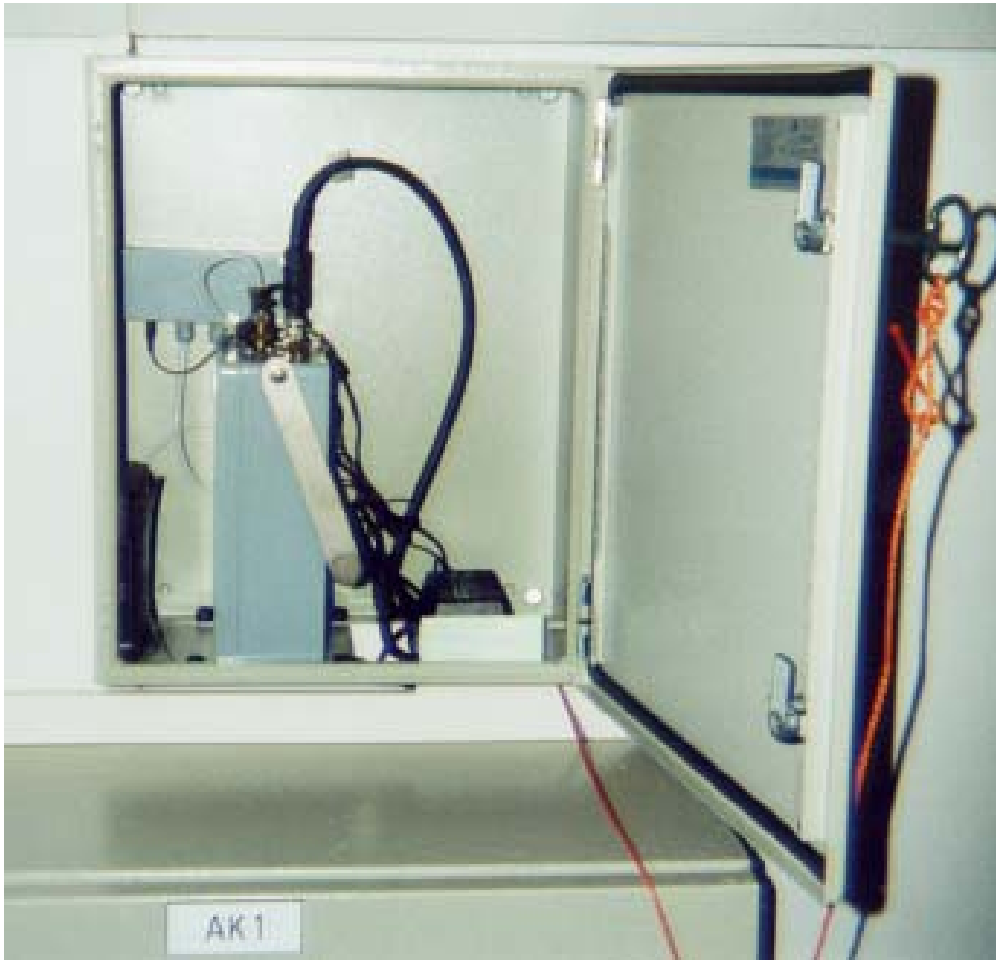
Mittausasema (kuva 3) rekisteröi mittaustiedot antureilta ja lähettää ne langattomasti radio- tai GSM- modeemia hyväksikäyttäen valvomoon tai välitykselle ennakolta asetetuin aikavälein. Mittaus- ja lähetystiheydet voidaan asettaa halutuiksi minuutin mittausvälistä kuukauden mittausväliin.



Mittausasema käsittää tiedonkeruuyksikön eli dataloggerin (tekniset tiedot liitteessä 2), 15 Ah:n akun, radio- tai GSM- modeemin suojakotelossa, antennin, 4:n tai 13 W:n aurinkopaneelijärjestelmän sekä suojaputken tai asennuskaapin. Tiedonkeruuyksikön muistiin mahtuu 3 000 (GSM- asemassa 15 000) mittaustulosta, ja muistin täytyessä vanhimman tuloksen päälle tallentuu uusi tulos. Muistin kapasiteetti ei järjestelmässä aiheuta ongelmia, koska mittaustulosten lähetysajat voidaan asettaa vapaasti. Akun ja aurinkopaneelin antamalla energialla mittausasema pystyy toimimaan ympäri vuoden. Jos aurinkopaneelijärjestelmää ei käytettäisi, järjestelmän toiminta-aika pelkän akun varassa olisi 6 - 18 kuukautta mittaus- ja lähetystiheyksistä riippuen.

Mittausaseman elektroniikka valmistetaan komponenteista joiden lämpötilankesto on $-40 - +80^\circ\text{C}$, radio- ja GSM-modeemien lämpötilankesto on valmistajien mukaan $-20 - +55^\circ\text{C}$.

Kuva 3. GWMS 2001 -mittausasema.



Kuva 4. Välitysasema.

2.3 Valvomo

Valvomo koostuu PC-koneesta (käyttöjärjestelmänä Windows NT 4.0), valvomo-ohjelmistosta sekä puhelin-, radio- tai GSM-modeemista. Valvomosta tulokset voidaan lähettää tai muutoin ohjata jatkokäsittelyä varten toisiin ohjelmistoihin tai www-sivuille saakka. Valvomosta voidaan kaukokäyttöyhteydellä muuttaa mittausasemien mittaus- ja lähetyksiä valvomoon sekä siirtää tarvittaessa anturin nollapisteen korkeustasoa esimerkiksi virhenäyttötilan korjaamiseksi. Valvomo laskee keskiarvot mittauksista. Yksi valvomo voi vastaanottaa mittauksia kymmeniltä mittausasemilta.

2.4 Välitysasema

Joissakin tapauksissa täytyy tai on järkevää käyttää välitysasemaa (kuva 4), johon mittausasema tai -asemat lähettävät mittauksia. Välitysasema vastaanottaa mittausasemilta tulevat tiedot radiomodeemilla ja välittää ne valvomoon sekä tarvittaessa esimerkiksi kirjoittimille ja GSM-puhelimiin puhelinmodeemilla yleisiä puhelinkaapeleita hyväksi käyttäen tai GSM-modeemilla. Välitysasema voi toimia myös mittausasemana.

Yleisin syy välitysaseman käyttämiseksi on pitkät, yli 20 km:n tiedonsiirtomatkat radiomodeemilla. Jos mittauksien lähettämiseen käytetään GSM-modeemia, lähetyksen pituus ei aiheuta ongelmia. Ainoa edellytys tällöin on, että mittausasema sijaitsee GSM-verkon kuuluvuusalueella.

Välitysasema vaatii toimiakseen kiinteän puhelinlinjan tai GSM-kuuluvuuden sekä paikan sähköasennuskaapille. Lisäksi välitysasema tarvitsee verkkovirran, koska sen on kyettävä jatkuvasti vastaanottamaan mittausasemilta tulevia tuloksia. Välitysasema voidaan sijoittaa lämmittämättömään tilaan. Välitysasema pystyy välittämään mittaustulokset kymmeneltä eri mittausasemalta valvomoon.

2.5 Mittausaseman asennus

Kun järjestelmää käytetään pintaveden korkeuden mittaamiseen, antureiden asentamisessa ja paikan valinnassa täytyy olla huolellinen. Oikean sijoituspaikan löytäminen mittausasemalle vaatii asiantuntemusta. Tuuli tai esim. kanavaliikenteen aallot eivät saa päästä vaikuttamaan vääristävästi mittaustuloksiin.

Mittaustulosten tarkistamisen kannalta hyviä sijoituspaikkoja ovat asteikokopaalujen tai limnigrafiasemien läheisyys. Mittaustulosten tarkkuuden parantamiseksi anturit kannattaa asentaa paikkaan ja syvyyteen, jossa veden lämpötilavaihtelut ovat mahdollisimman pieniä. Luonnollisesti anturit on asennettava paikkaan jossa ne eivät pääse jäätymään.

Liitteissä 3a ja 3b ovat ohjepiirroksat kaukomittauslaitteiston ja anturin asennuksesta.

2.6 Järjestelmän hinnat ja käyttökustannukset

Suurimmat järjestelmästä syntyvät kustannukset ovat kertaluonteisia hankintakustannuksia. Mittausaseman hintataso on noin 30 000 mk ja valvomon kustannus ilman PC:tä on noin 10 000 mk. Järjestelmän käyttökustannukset ovat edulliset. Radiomodeemin lupamaksu on vuodessa 100 mk/radiomodeemi. Jos välitysaseman ja valvomon välisessä yhteydessä käytetään lisäksi kiinteää puhelinverkkoa, kustannukset ovat vuodessa perusmaksujen lisäksi muutamia satoja markkoja. Jos tietojen siirtämiseen käytetään GSM-modeemia, kustannukset syntyvät operaattorin perus- ja käyttömaksuista. Arvio kustannuksista vuodessa on noin 500 mk/modeemi, kun mittaustuloksia lähetetään valvomoon kerran päivässä (200 mk perusmaksuja, 300 mk puhelin- ja tekstiviestimaksuja). Muuttuvia kustannuksia on kuitenkin mahdollista vähentää huomattavasti, mikäli mittaustulosten läheisyvälejä voidaan pidentää.

Kiurujärven vedenkorkeuden mittaus

3

Pohjois-Savon luoteisosassa sijaitsevan Kiurujärven vedenkorkeuksia säännöstelään Kiurujoen Saarikoskessa sijaitsevalla padolla. Säännöstely tapahtuu Pohjois-Savon ympäristökeskuksen toimesta ja vastuulla. Kiuruveden säännöstelyn lupamääräysten noudattaminen edellyttää luotettavia ja reaaliaikaisia vedenkorkeushavaintoja, koska järven vedenkorkeus on yleensä pidettävä erittäin ahtaissa rajoissa.

Kiurujärven vedenkorkeuden mittaamiseen oli käytössä puhelinvastaajalla varustettu limnigrafiasema, joka sijaitsi järven pohjoisosassa. Aseman toiminta oli monessa mielessä epätydyttävää. Laitteisto oli usein epäkunnossa niin että mittaustietoja ei tullut lainkaan tai ne olivat epäluotettavia. Lisäksi mittauspaikan vedenkorkeudet eivät talvella olleet samoja kuin muualla järvessä. Reaaliaikaiset mittaustiedot oli hankittava kiinteän puhelimen avulla, mikä vielä usein vääristi limnigrafian mittaaman tuloksen. Aseman epäluotettavan toiminnan vuoksi jouduttiin usein turvautumaan mittapaalulta tehtyihin havaintoihin.

Kiurujärvelle asennettiin vedenkorkeuden kaukomittausjärjestelmä talvella 1997. Mittausasema sijoitettiin Kiurujärven ylittävän rautatiesillan viereen paikkaan, josta voidaan luotettavasti havaita vedenkorkeuden vaihteluita. Samalla paikalla sijaitsee myös Kiurujärven vedenkorkeuden valtakunnallinen havaintopaikka.

3.1 Laitteisto ja menetelmät

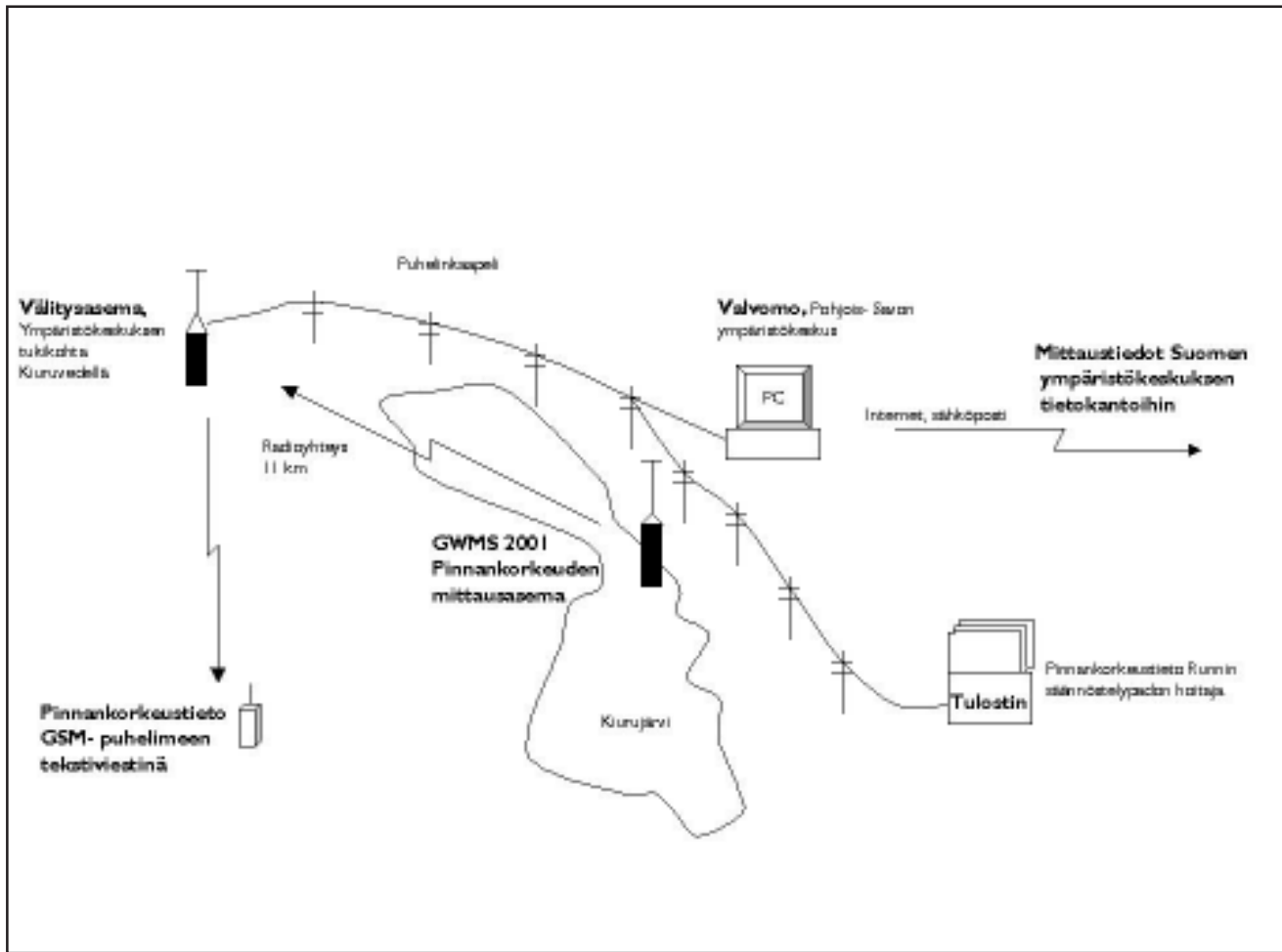
Kiurujärven mittausjärjestelmä koostuu painelähettimestä, mittausasemasta, välitysasemasta, valvomosta sekä kirjoittimesta (kuva 5, taulukko 1). Välitysasema sijaitsee Pohjois-Savon ympäristökeskuksen Kiuruveden tukikohdan varastossa ja valvomo ympäristökeskuksen toimitiloissa Kuopiossa. Kirjoitin on sijoitettu säännöstelypadon hoitajan kotiin.

Mittausasema mittaa järven vedenkorkeuden painelähettimen avulla kerran tunnissa. Anturikaapelit on asennettu suojaputkeen, jolloin anturin vaihtaminen tarvittaessa onnistuu talvellakin. Asennustavan ansiosta esimerkiksi jää ei aiheuta ongelmia. Näin saavutetaan hyvä mittaustarkkuus ja toimintavarmuus.

Mittaustulokset tallentuvat dataloggeriin, joka lähettää ne välitysasemalle radiomodeemilla.

Välitysasemalta mittaustulokset lähetetään puhelinkaapeleita käyttäen valvomoon, säännöstelypadon hoitajalla olevaan kirjoittimeen sekä tekstiviestinä vesistöjen säännöstelystä vastaavan henkilön GSM-puhelimeen. Valvomotietokoneeseen on kytketty lankapuhelinliittymä ja modeemi. Valvomosta mittaustulokset voidaan lukea päiväkeskiarvoina tai yksittäisinä mittaustuloksina. Ympäristökeskuksen valvomosta tiedot toimitetaan edelleen Helsinkiin, Suomen ympäristökeskuksen Hydro-järjestelmään, jossa tietoja jatkokäsitellään ja siirretään www-sivuille.

Järjestelmästä on tehty radioverkkosuunnitelma ja radiolupahakemus Telehallintokeskukselle.



Kuva 5. Kaaviokuva Kiurujärven mittausaseman toiminnasta.

Taulukko 1. Mittausjärjestelmän laitteisto

Pinnankorkeudenmittaus	Keller PR 26 W -painelähetin
Mittaustietojen keräys	GWMS 2001 -dataloggeri, akku 15 Ah Hitachi
Mittaustulostensiirto	Ultracom 4125 -radiomodeemi, taajuus 406,700 MHz
Välitysasema	GWMS 2001 -välitysasema
Valvomo	GWMS 2001 -valvomo
Antenni	ComAntY, 2 kpl
Aurinkopaneeli	Fortum, Diamond 4 W

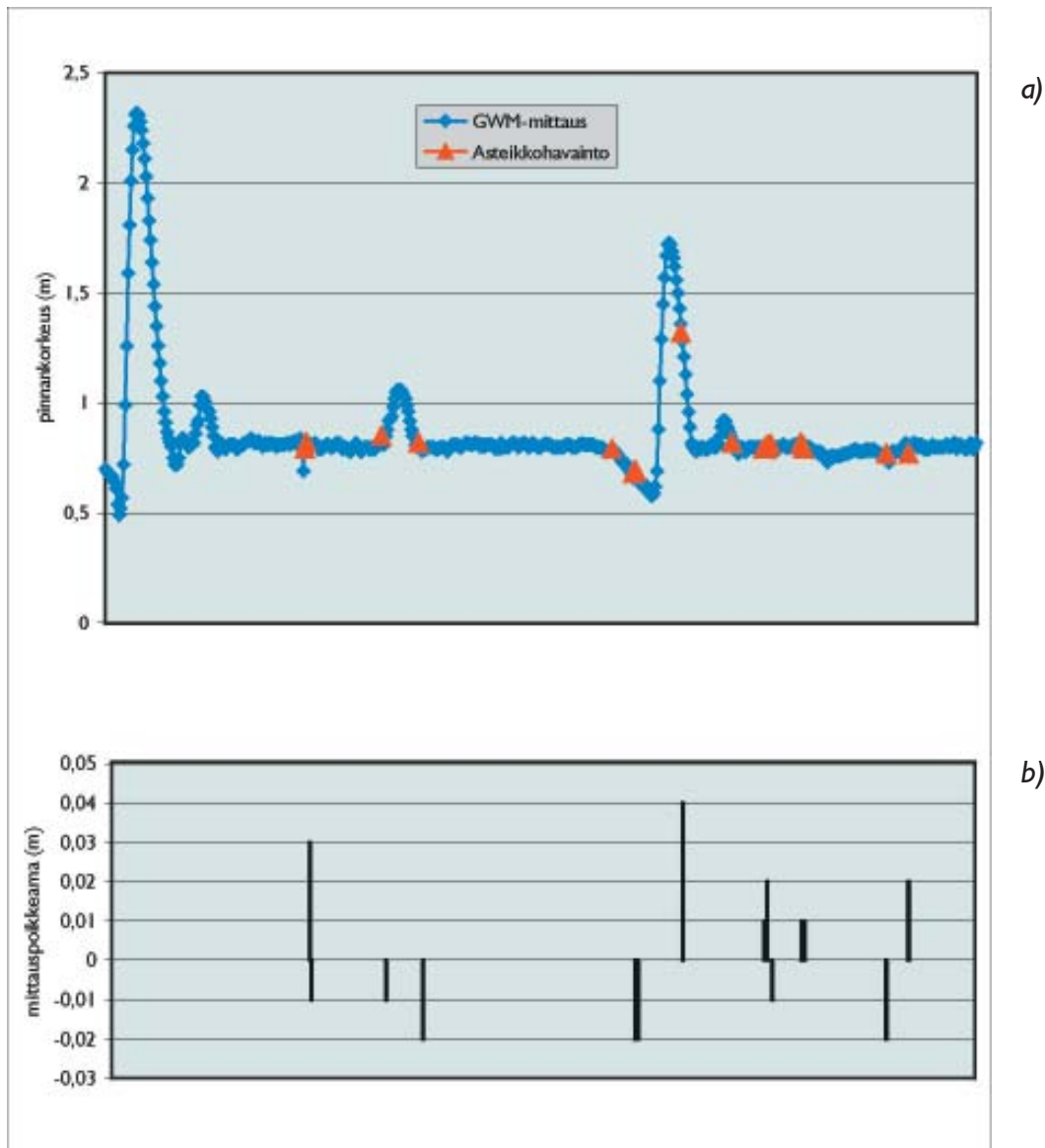
3.2 Kokemukset

Runsaa kolmen vuoden toiminta-aikana asemassa on ollut jonkin verran sekä mittaamiseen että tiedonsiirtoon liittyviä ongelmia. Aluksi mittaustuloksessa esiintyi huomattavaa hajontaa (kuva 6), minkä havaittiin aiheutuneen mittausaseman pään liittimen juotospintojen hapettumisesta. Liittimien suojaaminen on estänyt hapettumisen myöhemmin. Nykyisin kaikkien uusien järjestelmien liittimet suojataan. Asennuksen jälkeen radioyhteys mittausasemalta välitysasemalle oli hie- man katkonainen, mutta yhteyttä saatiin parannetuksi korottamalla antennia mo-

lemmissä päissä ja vaihtamalla antennit suuntaavampiin. Välitysaseman ja padonhoitajan puhelinmodeemit ovat molemmat kertaalleen rikkoontuneet ilmeisesti ukonilmasta tms. aiheutuneen ylijännitepiikin seurauksena. Kyseinen ongelma voidaan estää asentamalla ylijännitesuojaukset puhelin- ja sähköliittymiin.

Tekstiviestien lähetyksessä on ollut katkoksia, jotka ovat johtuneet teleoperaattorin järjestelmän vioista. Teleoperaattorin järjestelmässä on aina tietyllä hetkellä rajallinen määrä yhteyksiä, joten katkokset ovat voineet johtua yksinkertaisesti varattuna olevasta teleoperaattorin palvelunumerosta. Nykyisin käytettävissä GSM-asemissa käytetään yleistä GSM-tekstiviestipalvelua (SMS-järjestelmää) ja näissä asemissa ei ole havaittu vastaavanlaisia ongelmia.

Ongelmat esiintyivät pääsääntöisesti kokeilun alussa. Laitetoimittaja etsi ja korjasi viat nopeasti. Myöhemmin laitteiston kehittelyn tuloksena vikoja on ollut vähän. Tämän vuoksi eri käyttäjätahot ovat olleet kokeilun jälkeen kohtuullisen tyytyväisiä laitteen toimintaan.



Kuva 6. Kiurujärven GWMS 2001 -aseman mitaamat ja mitta-asteikolta havaitut pinnan korkeudet ajalta 15.4.1998- 12.11.1999 (a) ja mittauspoikkeamat (b).

Kiurujärven mittausasemassa ei ole muutoin ollut toiminnallisia ongelmia. Pari kertaa vuodessa aseman nollopisteen tasoa on jouduttu siirtämään muutamalla sentillä, mutta tämä on mahdollista suorittaa kaukokäytöllä. Vedenkorkeuden tarkastamiseksi ja tulosten oikeellisuuden varmistamiseksi paineantureita kannattaa käydä tarkistamassa kuukauden välein.

Kun mittausasemaan asennettiin aurinkopaneelijärjestelmä, järjestelmän käyttö on onnistunut ympäri vuoden ilman akun vaihtoa. Yleisesti ottaen järjestelmä ei tarvitse säännöllistä huoltoa.

GWMS-mittausjärjestelmän käyttöönotto on helpottanut ja tarkentanut säännöstelyä Kiurujärvässä. Reaaliaikaisen tiedon saanti vesistömallien käyttöön on parantanut ennusteiden luotettavuutta. Tämän lisäksi mittautietojen saanti padonhoitajalle, ympäristökeskuksen valvomoon ja säännöstelystä vastaavalle henkilölle antaa kaikille käyttötoimintaan osallistujille mahdollisuuden reagoida nopeasti vedenkorkeudenmuutoksiin ja parantaa säännöstelyn tarkkuutta. Säännöstelyn tarkentuminen näkyy siten, että uuden mittauslaitteiston käyttöönoton jälkeen lupaehdoja on kyetty noudattamaan.

Käyttötoiminnan työn helpottuminen ja kustannussäästöt syntyvät lähinnä siitä, että padonhoitaja ja säännöstelystä vastaava henkilö saavat vedenkorkeustiedot suoraan ja reaaliajassa, kun aiemmin padonhoitaja joutui usein hankkimaan mittautiedot 15 kilometrin päässä sijaitsevalta mitta-asteikolta.

Onki- ja Poroveden vedenkorkeuden ja lämpötilan mittaus

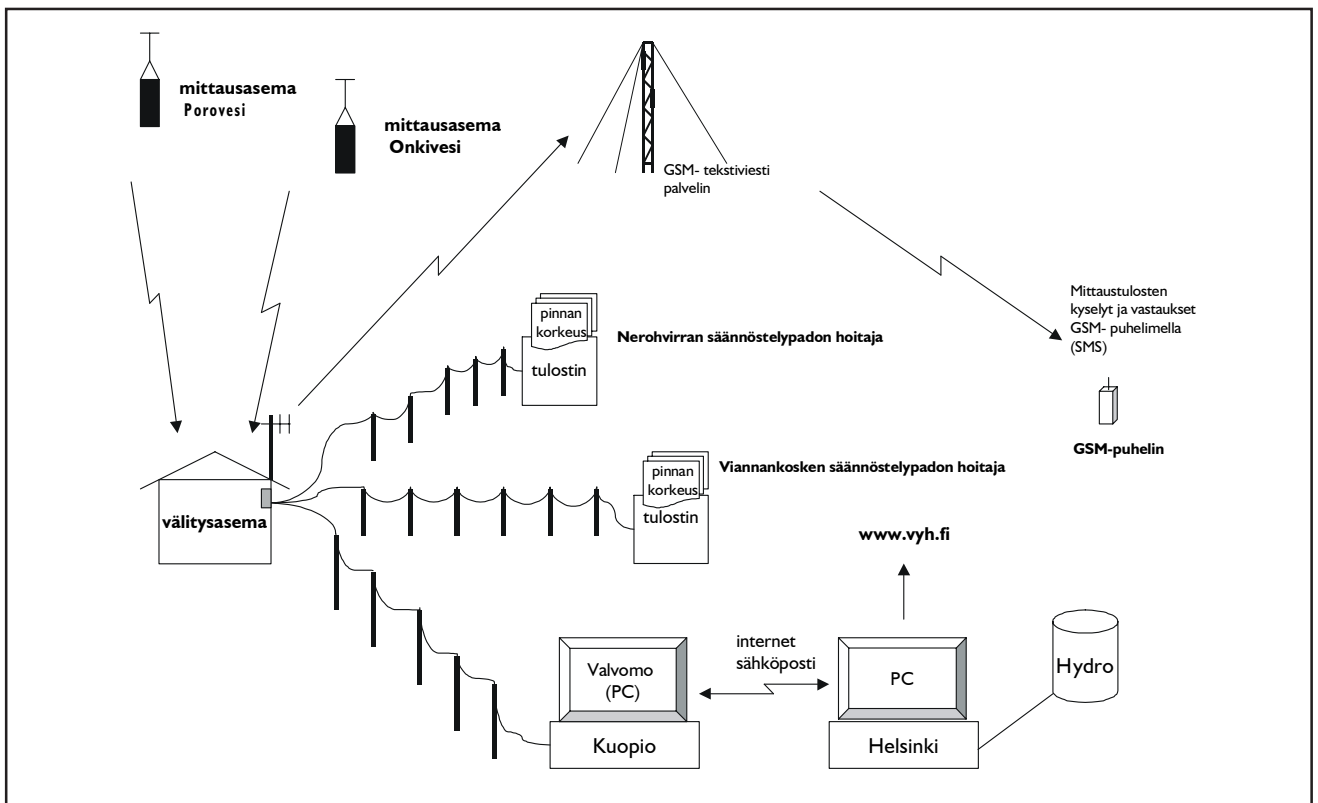
4

Pohjois-Savon ympäristökeskus säännöstelee Onkivettä ja viittä Poroveden tasossa olevaa erillistä järveä. Säännöstelyn käyttötoiminnan kannalta myös täällä oli tavoitteena reaaliaikaisten ja luotettavien vedenkorkeustietojen saanti suoraan eri käyttäjille. Lisäksi Onkiveden ja Poroveden vedenkorkeuden havainnointi oli vaikeutumassa sen vuoksi, että vesiliikennekanavat oli muutettu itsepalvelukäyttöiseksi ja kanavien henkilökuntaa vähennetty oleellisesti. Kanavien henkilöstö oli vastannut havainnoinnista ja tietojen lähettämisestä ympäristökeskukseen.

Onki- ja Poroveden mittausjärjestelmä on toteutettu suurelta osin samoin kuin Kiuruveden järjestelmä (kuva 7, taulukko 2). Mittausjärjestelmä asennettiin lokakuun alussa 1998. Järjestelmän mittausasemat on sijoitettu Onkivedelle, Lapinlahden venesatamaan (kuva 8) ja Poroveden tasossa olevalle Nerkoonjärvelle vesiliikennekanavan yläpuolelle (kuva 9).

4.1 Laitteisto ja menetelmät

Onki- ja Porovedellä sijaitsevat pinnan korkeutta sekä lämpötilaa mittaavat asemat. Mittausasemat on sijoitettu siten, että kanavan sulkujen avauksesta ja sulkeamisesta johtuva aaltoilu ei aiheuta virhettä mittaustuloksiin. Mittausasemalla ole-



Kuva 7. Kaaviokuva Onki- ja Poroveden kaukomittausjärjestelmän toiminnasta.

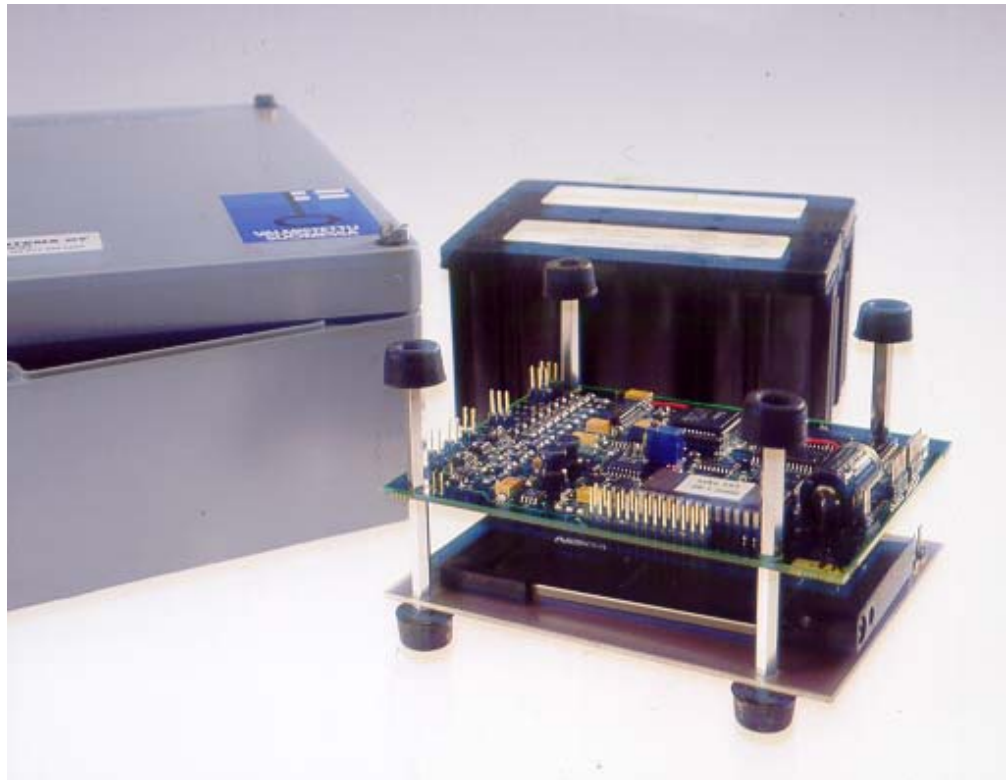
vat dataloggerit keräävät antureilta saadut tulokset ja tallentavat ne muistiinsa kerran tunnissa. Ennalta asetettuina lähetyksaikoina mittausasemat lähettävät radiomodeemin välityksellä tiedot välitysasemalle.

Välitysasema on sijoitettu Nerkoon vesiliikennekanavan yhteydessä olevaan tekniseen tilaan. Välitysasemalta mittaus tiedot siirretään puheliniinjoja pitkin Pohjois-Savon ympäristökeskuksen valvomoon, säännöstelypadon hoitajien tulostimiin sekä vesistöjen säännöstelystä vastaavan henkilön GSM- puhelimeen tekstiviestinä. Valvomossa tiedot tallennetaan tiedostoihin ja lähetetään eräajona Suomen ympäristökeskuksen tietokantoihin.

Järjestelmästä on tehty radioverkkosuunnitelma sekä lupahakemus Telehallintokeskukselle.

Taulukko 2. Mittausjärjestelmän laitteisto.

Pinnankorkeuden mittaus	Keller PR 26 W -painelähetin lämpötilanmittauksella
Mittaus tietojen keräys	GWMS 2001 -dataloggeri, akku 5 Ah Hawker
Mittaus tulostensiirto	Ultracom 4125 -radiomodeemi, taajuus 406,875 MHz
Välitysasema	GWMS 2001 –välitysasema
Valvomo	GWMS 2001 –valvomo
Antenni	ComAntD
Aurinkopaneeli	Fortum, Diamond 4 W



Kuva 8. Onkiveden mittausaseman dataloggeri.



Kuva 9. Poroveden mittausasema.

4.2 Kokemukset

Mittauslaitteet ovat toimineet Onki- ja Porovedellä puolitoista vuotta. Kokemuksia on siten sekä kesä- että talvioloista.

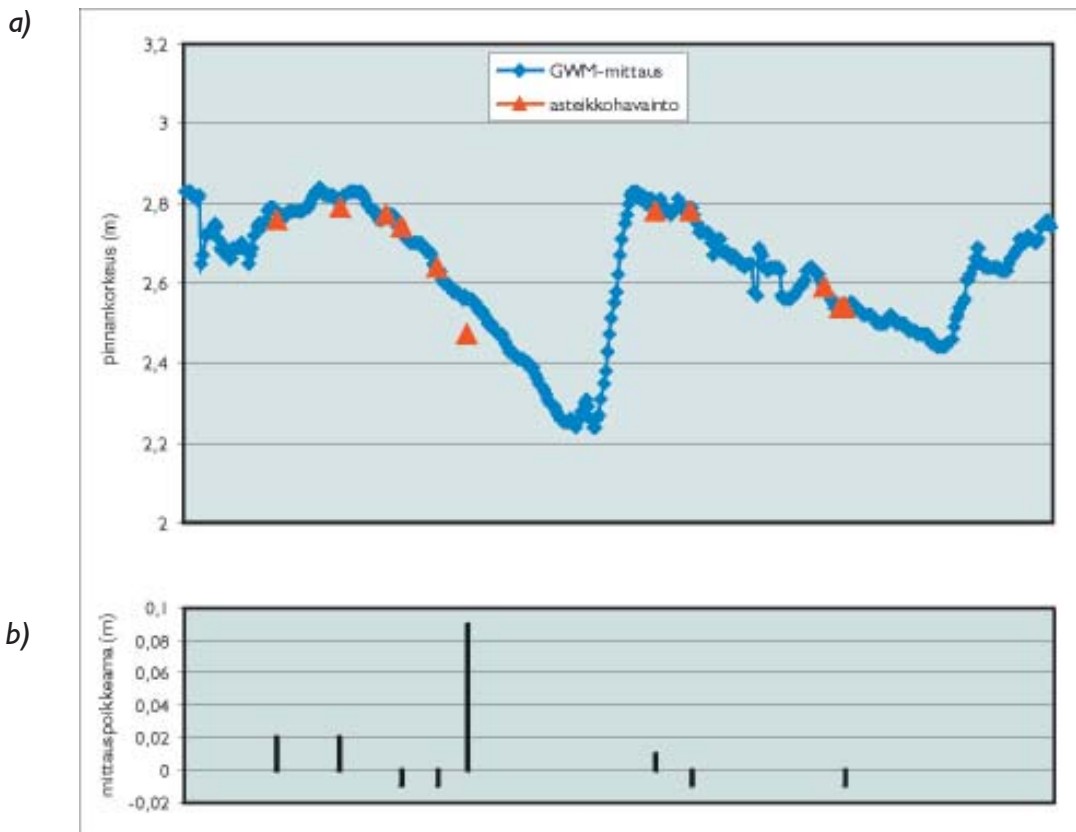
Talvella 1998 - 99 oli pitkiä pakkasjaksoja, jolloin mitattiin alhaisimmat lämpötilat vuosikymmeniin. Laitteiston pakkaskestävyys tuli testatuksi heti ensimmäisenä koevuotena. Laitteisto toimi ennätyspakkasillakin lähes moitteettomasti. Itse vedenkorkeuden mittaukseen eivät kovimmatkaan pakkaset aiheuttaneet ongelmia, mutta yli 35 asteen pakkasilla laitteisto ei lähettänyt muutamaa mittauksetulosta. Pakkasen vuoksi lähettämättä jääneet tulokset kuitenkin tallentuivat ja tulivat myöhemmin kaikkiin jakelukohteisiin.

Kesä 1999 oli puolestaan erittäin lämmin ja kuiva, jolloin laitteisto tuli testatuksi myös korkeissa lämpötiloissa (pintaveden lämpötila +27 °C). Veden lämpötilavaihtelujen vaikutus paineanturien mittaustarkkuuteen oli valmistajan ilmoittamissa rajoissa eli lämpötila vaikuttaa tuloksiin 1 cm /10 °C.

Äärevien lämpötilojen lisäksi säistä aiheutuvia ongelmia ovat olleet ukkosen aiheuttamat toimintahäiriöt kiinteässä puhelinverkossa kesällä 1999 ja padonhoitajalla olevan puhelinmodeemin toimimattomuus äkillisen sähkökatkoksen seurauksena. Jälkimmäinen ongelma voidaan poistaa varustamalla puhelinmodeemin sähkönsyöttö varavirtalähteellä (UPS).

Osa tiedonsiirto-ongelmista on johtunut inhimillisistä erehdyksistä. Esimerkiksi ympäristökeskuksen palvelimen sammuttamisen ja uudelleenkäynnistämisen yhteydessä sekä sähkökatkoksen jälkeen valvomo oli unohdettu käynnistää uudelleen. Kyseinen ongelma voidaan korjata siten että valvomo-ohjelmisto käynnistyy aina automaattisesti PC:n käynnistyksen yhteydessä. Kerran tiedonsiirto-
katkos johtui puhelinmodeemin johdon irtoamisesta.

Lukuisista tiedonsiirto-ongelmista huolimatta yhtään mittaustulosta ei ole toiminta-aikana kadonnut tai jäänyt tulematta valvomoon. Kun yhteys ei ole toiminut, tulokset ovat olleet tallennettuina dataloggeriin ja yhteyden alkaessa toimia uudelleen tulokset ovat saapuneet valvomoon.

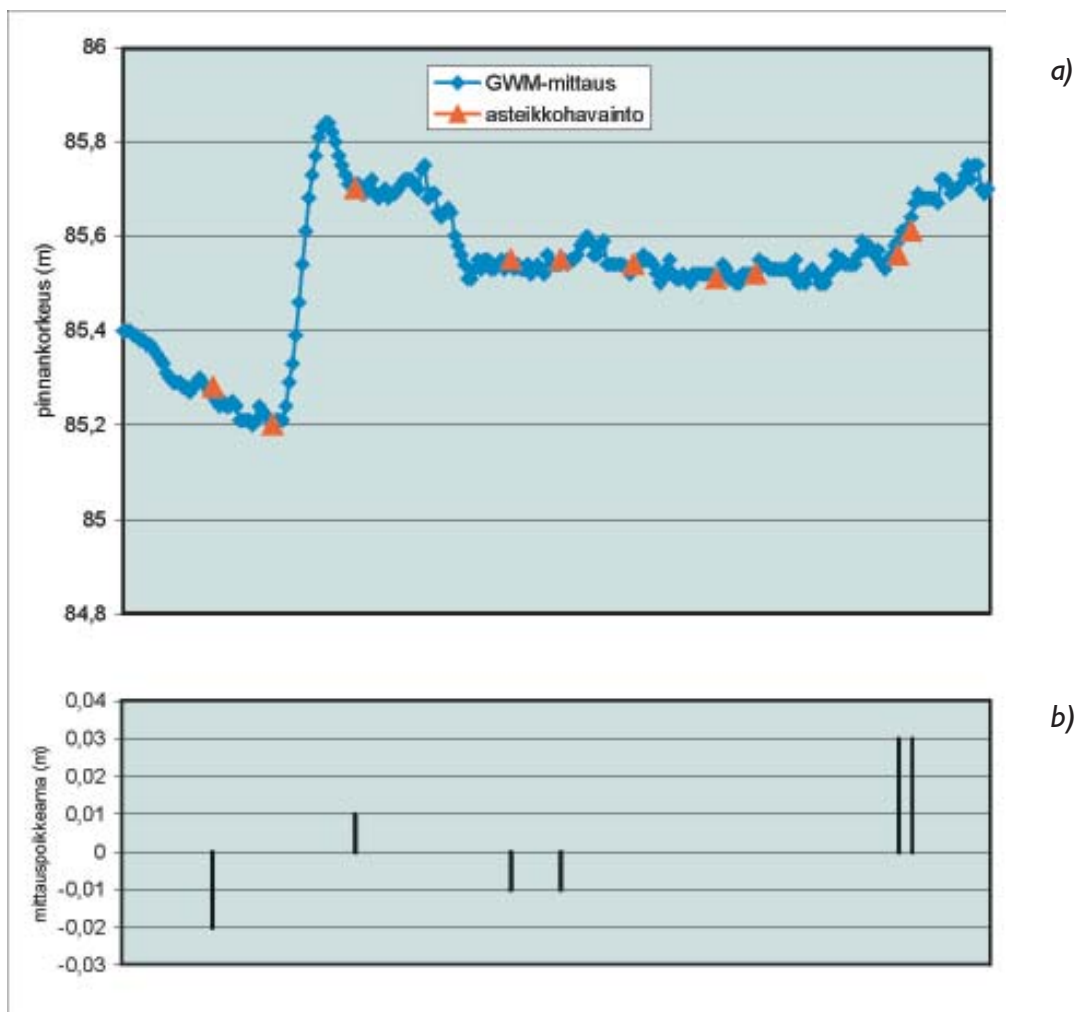


Kuva 10. Onkiveden GWMS 2001 -aseman mittaamat ja mitta-asteikolta havaitut pinnan-
korkeudet (a), ja mittauspoikkeamat (b).

Ainoa varsinainen tekninen vika on ollut aurinkopaneelin liittimen hapettuminen, jonka seurauksena akku purkautui. Molempien asemien kaikki liittimet suojattiin ja vika ei ole toistunut. Mittausaseman mittaustoiminto on toiminut koko ajan täysin luotettavasti. Onkivedellä olevan kaukomittausaseman mittaustulosten erot Ahkiolahden kanavan mittaustaikojen arvoihin verrattuna (kuva 10) johtuvat ilmeisesti siitä, että Ahkiolahden kanavan mitta-asteikko ja kaukomittausasema ovat usean kilometrin päässä toisistaan, jolloin tuuli voi vaikuttaa useita senttejä mittaustulokseen. Porovedellä sijaitsevasta mitta-asemasta mittaustulokset lähetetään suoraan NN-järjestelmän lukemina (kuva 11).

Laitteisto ei tarvitse säännöllistä huoltoa. Painelähtimet kannattaa käydä tarkastamassa ja mahdollisesti kalibroimassa kerran kuukaudessa.

Kaukomittausjärjestelmän käyttöönotto on helpottanut ja tarkentanut säännöstelyä myös Onki- ja Porovedellä samoilla perusteilla kuin edellä Kiuruveden mittausten yhteydessä on kerrottu. Kaikki säännöstelytoiminnan osapuolet ovat olleet laitteiston toimintaan tyytyväisiä. Merkittävänä tekijänä tyytyväisyyteen on ollut se, että laitetoimittaja on myös täällä etsinyt ja korjannut viat nopeasti ongelmien ilmaannuttua.



Kuva 11. Poroveden GWMS 2001 -aseman mitaamat ja mitta-asteikolta havaitut pinnan korkeudet NN- järjestelmässä (a), ja mittausero-asteikolla havaitut pinnan korkeudet (b).

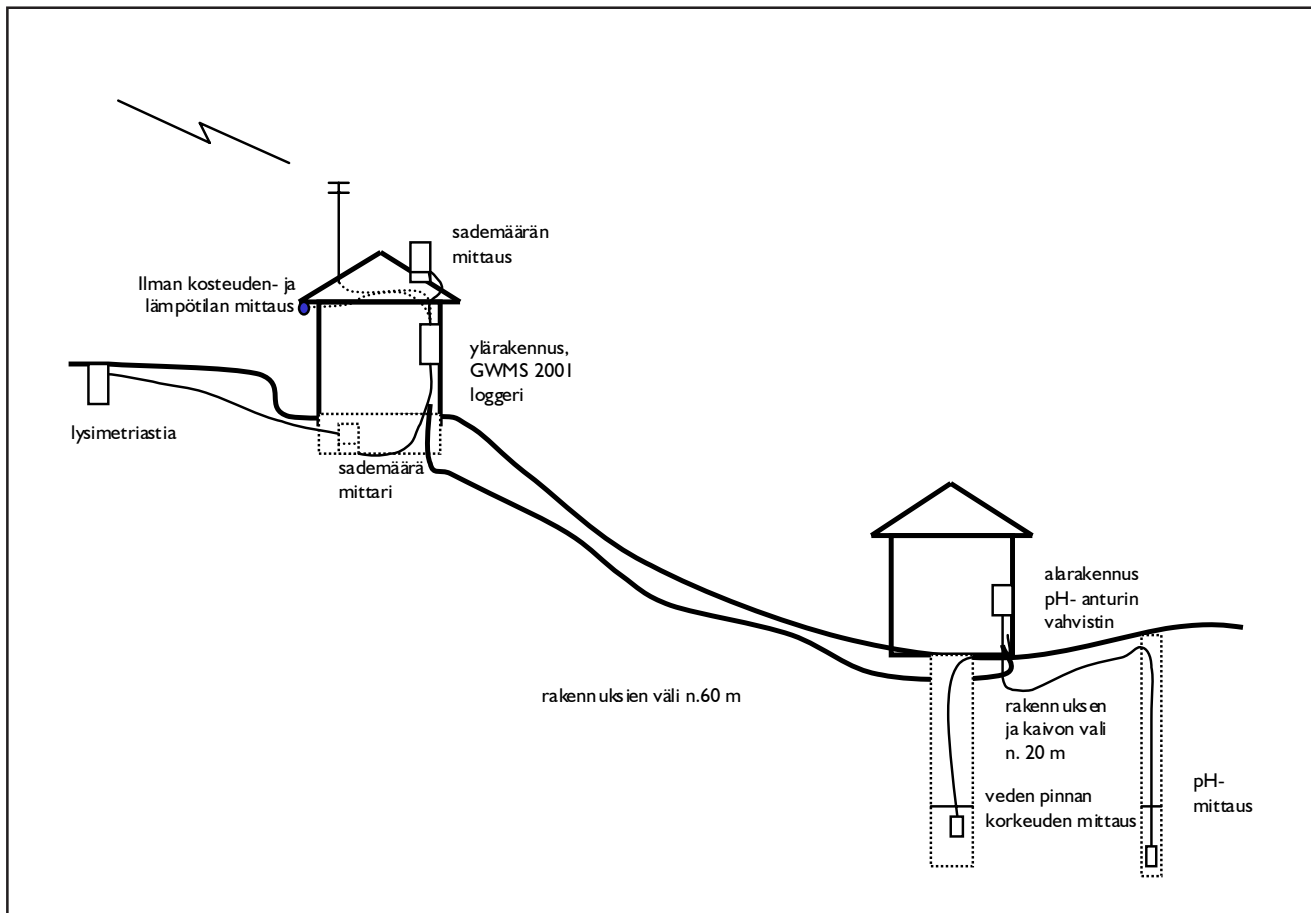
5

Rautavaaran Kangaslahden pohjavesiaseman kaukomittausjärjestelmä

Rautavaaralle asennettiin GWMS 2001 -mittausasema syksyllä 1999. Suurin poikkeavuus edellä esitellyistä järjestelmistä on mittautulosten siirtäminen GSM-tekniikkaa hyödyntäen. Mittausasemalla ei ole kiinteää sähköliittymää.

5.1 Laitteisto ja menetelmät

Mittausasema on sama kuin aiemmissakin sovelluksissa. Peruslaitteistona on GWMS 2001 -dataloggeri, johon on liitetty pohjavedenkorkeuden, ilman kosteuden ja lämpötilan sekä sademäärän mittausanturit (taulukko 3). Pohjavesiasemalla oli jo olemassa kaksi rakennusta, joita päätettiin käyttää asennuspaikkoina (kuva 12). Rakennukset sijaitsevat noin 60 metrin etäisyydellä toisistaan.



Kuva 12. Kaaviokuva Rautavaaran pohjavesiasemasta

Ylärakennukseen on sijoitettu dataloggeri sekä sade-, ilmankosteus- ja lämpötilamittaukset (kuva 13). Sademäärän mittaus tapahtuu käyttämällä tarkoitukseen kehitettyä sademääräanturia. Anturi sisältää pienen ”mittakauhan”, jonka tyhjentymisestä syntyvä pulssi rekisteröityy dataloggeriin. Ilman kosteus ja lämpötila mitataan analogiaviesteistä. Antureille syötetään käyttöjännite ja antureilta ulos tuleva jännite muuttuu lineaarisesti ilmankosteuden ja lämpötilan vaihdellessa.

Alarakennuksessa on kaivo, josta mitataan pohjaveden pinnan korkeus kaivossa sijaitsevan painelähettimen avulla. Mittaustieto siirretään 70 metrin mittaista kaapelia pitkin ylärakennuksessa olevaan dataloggeriin.

Myöhemmin asemalle on tarkoitus lisätä vielä muita mittauksia, mm. maankosteusmittauksia.

Järjestelmä lähettää mittaustulokset Kuopioon, Pohjois-Savon ympäristökeskuksessa olevaan valvomoon. Mittausasemalta on mahdollista kysellä mittaustuloksia tekstiviestien (SMS) välityksellä. Kyseinen sovellus ei luonnollisestikaan tarvitse välitysasemaa.



Kuva 13. Rautavaaran pohjavesiaseman mittauslaitteisto

Taulukko 3. Kangaslahden pohjavesiasemalla olevan mittausjärjestelmän laitteisto

Veden pinnankorkeus	Keller PR 26W
Veden lämpötila	GWM- LTV
Ilman kosteus	Vaisala HMP45A
Ilman lämpötila	Vaisala HMP45D
Sademittari	Vaisala Rain Gauge RG 13
Antenni	ComAntY 930
Mittaustulosten siirto	Nokia Card Phone I.0
Mittaustulosten keräys	GWMS 2001 dataloggeri
Valvomo	GWM 2001 valvomo

5.2 Kokemukset

Mittausasema on ollut havaintopaikalla muutaman kuukauden. Järjestelmä on toiminut hyvin ja mittaustulokset ovat tulleet valvomoon suunnitellusti. Sademittari ei luonnollisestikaan toimi talvella, koska mittarissa ei ole lämmitysvastusta. Kuluhan vuoden aikana pohjavesiasemalle on asennetaan kiinteä sähköliittymä, jolloin mm. lämmitettävän sademittarin käyttö onnistuu.

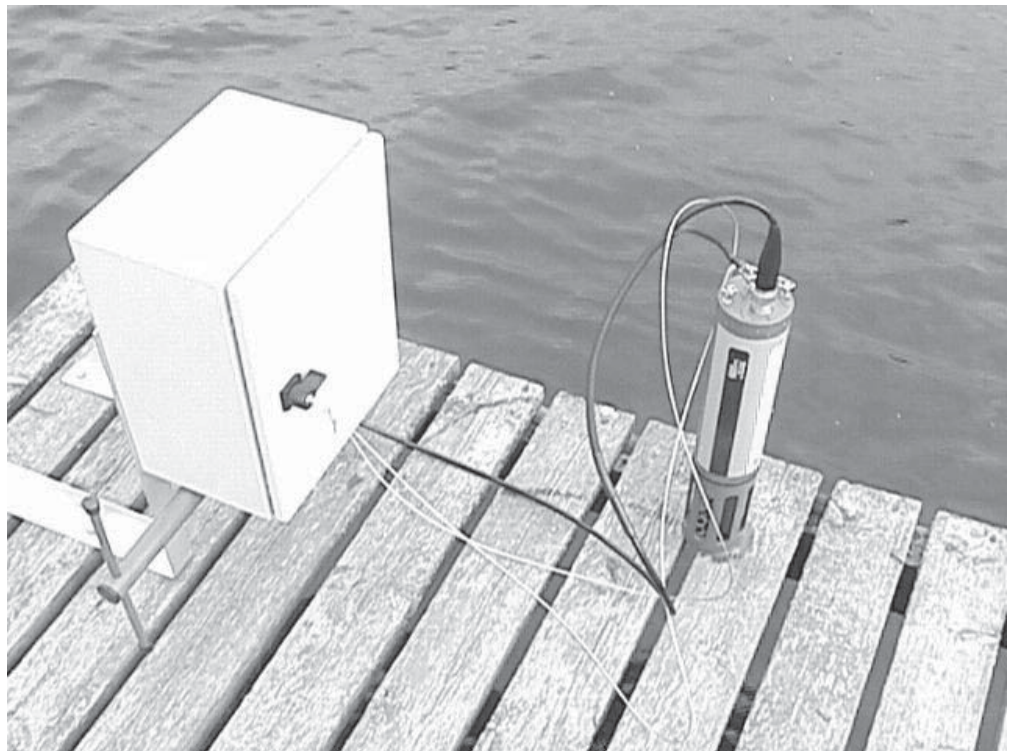
6

Vedenlaadun kaukomittauskokeilu

Pohjois-Savon ympäristökeskuksen alueella on runsaasti reheviä järviä ja heikosti puskuroituneita latvajokia, joissa vedenlaatumuutokset voivat olla merkittäviä jopa saman vuorokauden aikana. Tämän vuoksi muutama havaintoajankohta vuodessa ei riitä antamaan luotettavaa kuvaa vedenlaatumuuttujien vaihteluvälistä ja vedenlaadun muutosten arviointi on erittäin vaikeaa. Vedenlaadun kaukomittausjärjestelmä täsmentäisi tämäntyyppisten vesistöjen tilan arviointia ja sen avulla muu näytteenotto ja havainnointi olisi mahdollista suunnata tutkimusongelman kannalta optimaalisiin ajankohtiin.

Kaukomittausjärjestelmään kohdistuvat tarpeet olivat kokeilua aloitettaessa suuremmat kuin mitä käytännössä pystyttiin toteuttamaan, sillä käytettävissä olleet anturit eivät olleet kaikilta osin riittävän herkkiä. Esimerkiksi koekäyttöön otetun YSI 6000 -anturin nitraatti- ja ammoniumtyyppidetektorien erottelukyky oli vain 100 $\mu\text{g/l}$, kun nämä pitoisuudet luonnonvesissä ovat usein alle 10 $\mu\text{g/l}$. Jätevesien purkualueella ja pohjanläheisissä vesikerroksissa tällainen resoluutio voi olla riittävä. Lämpötilalle, sähkönjohtavuudelle, pH:lle, happipitoisuudelle ja sameudelle ilmoitetut mittausaluet, erottelukyvut ja tarkkuudet olivat tasoa, joka näytti tarjoavan mahdollisuuksia pintavesissä tapahtuvien vaihteluiden havainnointiin. Myös redox-potentiaalianuria olisi testattu, jos kokeilun kohteeksi olisi otettu pohjanläheinen vesikerros.

Kuva 14. Vedenlaadun kaukomittauksessa käytetty laitteisto.



6.1 Laitteisto ja menetelmät

Testattavana oli YSI 6000 -anturi, joka asennettiin Pohjois-Kallaveden Savilahteen Kuopion yliopiston laiturin päähän 1 metrin syvyyteen vedenpinnasta. Anturin avulla mitattiin veden lämpötilaa, sähkönjohtavuutta, pH:ta, happipitoisuutta ja sameutta puolen tunnin välein (kuva 14, taulukko 4). Testausaika oli 25.6. - 24.7.1998, jonka aikana otettiin 21 näytettä vastaavia laboratoriomääriä varten. Anturi kalibroitiin 29.6.1998.

GWM-Systems Oy toimitti mittalaitteen, joka siirsi YSI 6000 -anturista saatavan digitaalimuotoisen mittaustiedon radioliikenteen välityksellä valvomoon. Mittalaitteessa oli 3000 mittaustuloksen laajuinen dataloggeri, radiomodeemi, antenni ja akku. Valvomona toimi noin 300 metrin etäisyydellä mittausasemasta Pohjois-Savon ympäristökeskuksen tutkimusyksikön tiloissa oleva PC, johon oli asennettu GWMS 2001 -ohjelmisto, radiomodeemi ja antenni. Mittaustulokset voitiin ottaa suoraan Excelillä käsiteltäviksi.

Vertailunäytteiden lämpötilat mitattiin Limnos-vesinoutimen lämpömittarilla, joka oli kalibroitu kesäkuun alussa. Veden pH mitattiin potentiometrisesti (SFS 3021), sähkönjohtokyky konduktiomietrisesti (SFS-EN 27888), sameus nefelometrisesti (SFS-EN 27027) ja happi jodometrisesti (SFS-EN 25813) Pohjois-Savon ympäristökeskuksen laboratoriossa. Määriykset tehtiin näytteenottopäivinä.

Taulukko 4. YSI 6000 -anturin ominaisuudet.

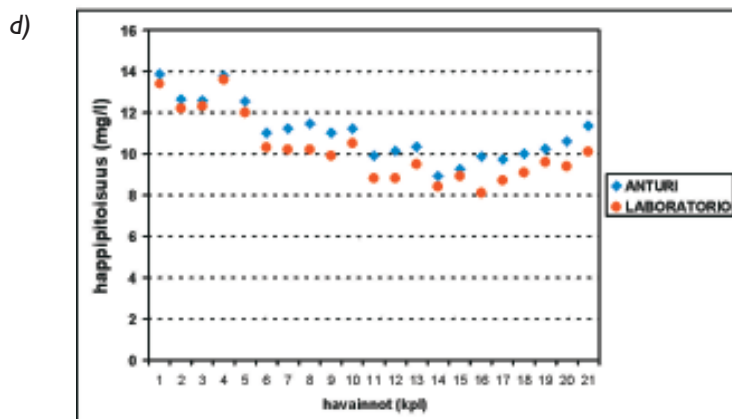
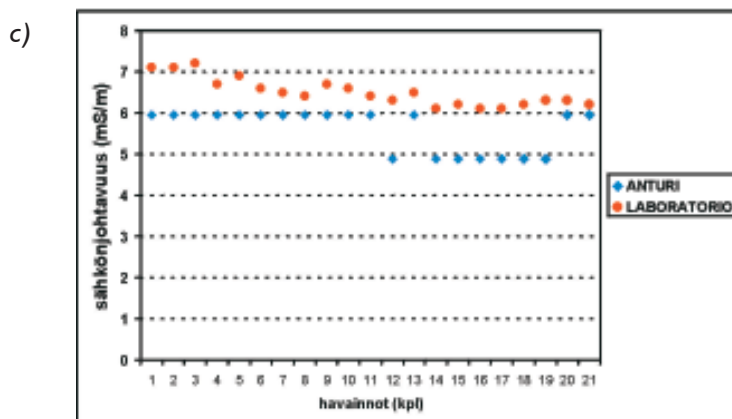
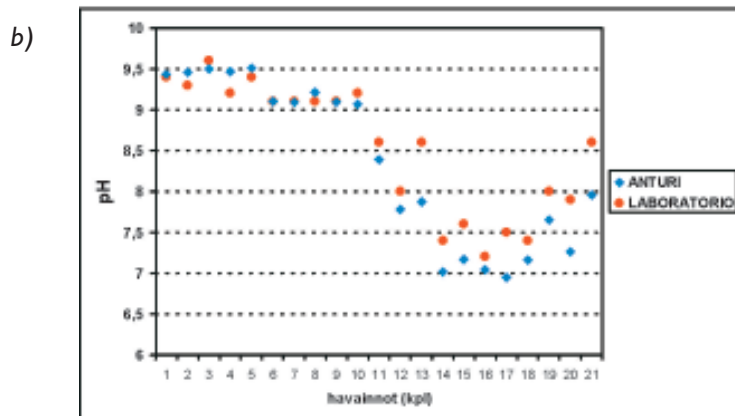
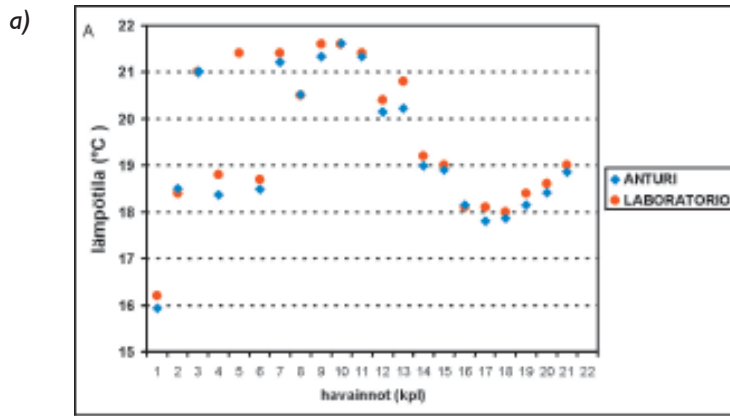
	mittausalue	erottelukyky	tarkkuus
lämpötila, °C	-5 ... +45	0,01	+ -0,15
happi, mg/l	0 ... 20	0,01	+ -0,2
sähkönjohtokyky, mS/cm	0 ... 100	0,01	+ -0,5% lukemasta + 0,001
pH	2 ... 14	0,01	+ -0,2
sameus, NTU	0 ... 1000	0,1	suurempi seuraavista: + -5% lukemasta tai 2 NTU

6.2 Kokemuksia

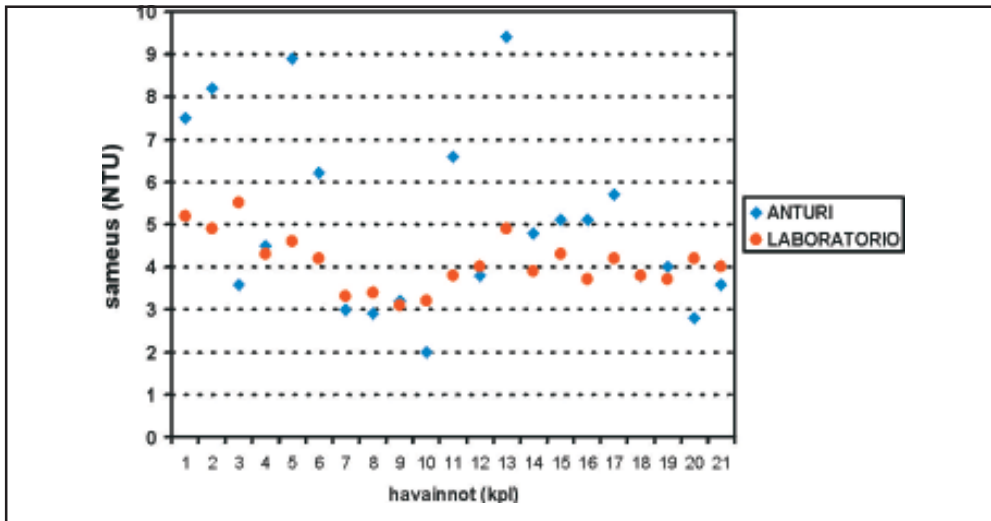
Tiedonsiirtojärjestelmä toimi erittäin hyvin. Koko kokeilujakson aikana vain 102 mittaustulosta - eli 1,5 % ohjelmoiduista mittauksista - jäi rekisteröitymättä tulostiedostoon. Sekä GWMS-mittalaitteen akun jännite että YSI-anturin paristojännite laskivat kuukauden koejakson aikana noin 80 V:sta 40 - 50 V:iin.

Anturilta saadut lämpötilatulokset olivat keskimäärin 0,17 °C alhaisemmat kuin vesinoutimen lämpömittarista luetut arvot (kuva 15). Vertailusarjojen välisessä erossa ei ole havaittavissa minkäänlaista suuntausta. Lämpötilatuloksia voidaan pitää täysin luotettavina, sillä näytteenottimen lämpömittarin hieman korkeammat arvot voivat selittyä sen reagoimisella auringon säteilyyn tai sillä, että ottimen lämpömittari mittaa tuloksen suuremmasta vesipatsaasta kuin YSI-anturi.

Anturin antamat pH-tulokset olivat kokeilun alkupuoliskolla hyvin lähellä laboratoriomittausten tuloksia: ero oli suuntaan tai toiseen keskimäärin alle 0,1 pH-yksikköä. Sen sijaan heinäkuun puolivälin tienoilla anturilta saadut pH-arvot olivat säännönmukaisesti alhaisemmat kuin laboratoriossa mitattujen samanai-kaisten näytteiden pH-tulokset. Kokeilun viimeisten kymmenen päivän aikana anturi antoi keskimäärin 0,4 pH-yksikköä pienempiä tuloksia, mikä on varsin huomattava ero.



Kuva 15. YSI 6000 -anturin mittaustulokset verrattuna samanaikaisten näytteiden laboratoriotuloksiin. A. Lämpötila; B. pH; C. Sähkönjohtokyky; D. Happi.

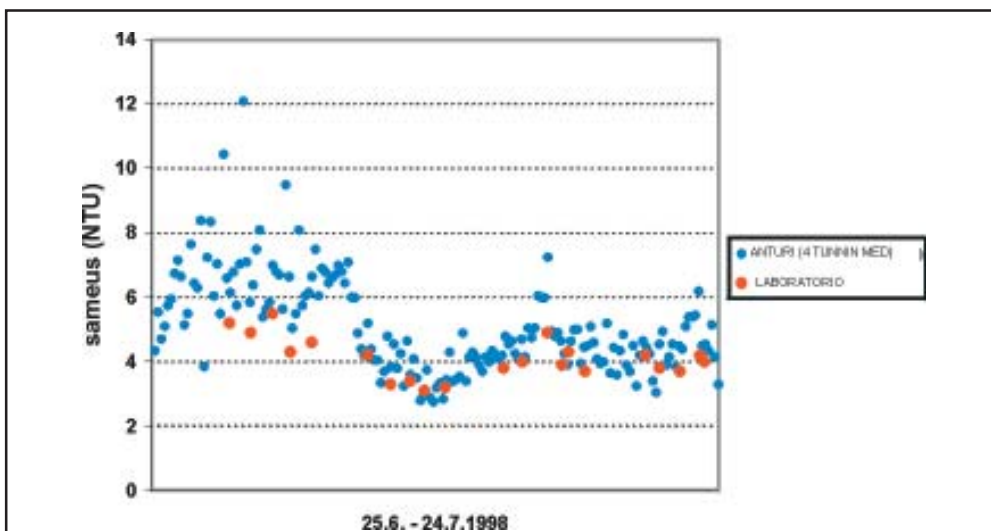


Kuva 16. YSI 6000 -anturin sameustulokset verrattuna samanaikaisten näytteiden laboratoriotuloksiin.

YSI-anturin mitaamat sähkönjohtokykyarvot olivat kaikkina vertailuajan-kohtina laboratoriossa mitattuja alhaisemmat eikä anturi reagoanut kovin herkästi sähkönjohtokyvyssä tapahtuneisiin muutoksiin. Mittausten välinen ero oli suurimmillaan 1,4 mS/m, joten anturin antama tulos oli 22 % laboratoriotulosta pienempi.

Happipitoisuuden kehitys oli hyvin yhdenmukainen molemmilla mittaustavoilla. Anturilta saadut tulokset olivat kuitenkin säännöllisesti laboratoriossa mitattuja korkeammat. Ero oli aluksi vähäinen, mutta korostui kokeilun kuluessa: viidellä ensimmäisellä vertailukerralla mittausten välinen ero oli selvästi alle 5 % (keskimäärin 0,4 mg/l), mutta kahden koeviikon jälkeen keskimäärin 10 % (1 mg/l).

Sameusmittauksissa anturin antamat tulokset vaihtelivat huomattavasti laboratoriotuloksia enemmän (kuva 16). Laboratoriotulokset vaihtelivat välillä 3,1 - 5,5 NTU ja anturin saman ajankohdan tulokset välillä 2 - 9,4 NTU. Muina aikoina sameudet nousivat hetkittäin kymmeniin NTU-yksiköihin. Suurimmat sameusar-



Kuva 17. YSI 6000-anturin sameustulosten neljän tunnin mediaanit ja vertailunäytteiden tulokset.

vot mitattiin kuitenkin silloin, kun happipitoisuudetkin olivat tavallista korkeammat, mikä voisi selittyä leväsamennuksella tai sillä, että vesimassa oli sekoittunut tällöin hyvin tehokkaasti ja samentunut samalla.

Sameusanturi näyttää havainnoivan hetkellisiä sameusmuutoksia, jotka kuvaavat vain anturin välitöntä suppeaa ympäristöä. Tämän vuoksi tulosaineistosta laskettiin neljän tunnin ajanjaksoilta mediaanit ja verrattiin tätä arvosarjaa vertailunäytteiden tuloksiin (kuva 17). Kokeilun alkupuolella anturin mittaustulokset olivat selvästi korkeammat kuin vertailunäytteiden, mutta loppupuolella tulokset olivat varsin yhdenmukaiset.

Kokeilu antoi siis varsin rohkaisevan kuvan YSI 6000 -anturin ja GWMS-tiedonsiirtojärjestelmän toimivuudesta testioloissa. Laitteisto toimi ilman huoltoa koko kuukauden kokeilujakson ajan. Valvomo-ohjelma oli käyttäjäystävällinen ja tulosaineisto oli helposti jatkokäsiteltävissä.

Happi- ja pH-tulokset olisivat saattaneet olla luotettavammat, jos anturi olisi kahden viikon jälkeen puhdistettu. Tällä edellytyksellä anturi antanee täysin oikean kuvan lämpötilan, hapen sekä pH:n arvoista mittauspaikalla. Muutosten suunnat olivat jo nyt oikeat. Sen sijaan sähkönjohtavuuden mittaus anturilla ei ole mielekästä järvioloissa, koska anturi ei ole tarpeeksi herkkä. Sameusanturin käyttö puolestaan rajoittuu vesistöihin, joiden sameustaso on suhteellisen korkea, ja tällöinkin olisi syytä käsitellä pikemmin usean tuloksen mediaaneja kuin yksittäisiä havaintoja.

Vedenlaadun kaukomittausjärjestelmän kokeilu vahvisti sen ennakkokäsityksen, että vedenlaatumuutokset ovat kesäaikaan suuria varsinkin rehevissä järvissä (liite 4). Tämä näkyi sekä vuorokautisina että perättäisten päivien välisinä eroina. Perinteisessä näytteenotossa vertailukelpoisten näytteiden saanti edellyttäisi sekä näytteenottoajankohdan että sääolojen vakioimista.

Järjestelmän kehitys

Pohjois-Savon ympäristökeskuksen ja GWM-Systems Oy:n kokeiluhankkeessa saatiin parannettua järjestelmän toimintavarmuutta monin tavoin. Nykyisin aurinkopaneeleita käytetään kaikissa mittausasemissa, jolloin vältytään akkujen vaihtamiselta ja lataamiselta. Mittaustulosten lähettämisen vähennetään yleisten puhelinverkkojen käyttöä niissä esiintyneiden ongelmien vuoksi ja vastavasti GSM-tekniikan käyttöä lisätään. Kokemuksen perusteella suuri osa käyttöhäiriöistä on liittynyt ukkosen aiheuttamiin ongelmiin printtereissä ja lankamodeemeissa. Näissäkin tapauksissa käyttöhäiriöt saadaan poistetuksi käyttämällä mittausasemilla GSM-tekniikkaa.

Radiomodeemia käytettäessä järjestelmästä ei ole mahdollista saada mittaustietoja puhelimella. Tällaiselle palvelulle olisi jossain määrin kysyntää esimerkiksi Kiurujärven osalta. Tässä tarkoituksessa yleisö- ja viranomaispalvelua on voitu parantaa siten, että mittaustiedot on saatavissa www-sivuilta

Tulevaisuudessa mittausasemien käyttö monipuolistuu siten että mittausasemat ohjelmoidaan suorittamaan laskentaa ja vain valmiit tulokset lähetetään valvomoon. Järjestelmän ominaisuuksiin kuuluu mittausasemien asennettavuus osaksi suurempaa automaatiojärjestelmää, jossa mittaustulokset ohjataan halutulla protokollalla valvomoon. Käytettävissä ovat tällä hetkellä MODBUS RTU sekä ANSI X 3.28 -protokollat.

Vedenlaadun kaukomittauskokeilussa anturit osoittautuivat pullonkaulaksi. Anturit kuitenkin kehittyvät koko ajan ja markkinoille tulee koko ajan uusiin mittauksiin kehitettyjä antureita. Antureiden kehittyessä myös järjestelmää voidaan kehittää ja käyttösovelluksia laajentaa. Säännöstelyn käyttötoiminnan kannalta merkittävänä kehittämiskohteena olisi jatkossa reaaliaikaisten virtaamietojen saanti. On todennäköistä, että reaaliaikaisten virtaamien mittaaminen käyttää hyväkseen nyt kehitettyä vedenkorkeuksien mittaamisjärjestelmää.

Järjestelmän kehittämistyössä tullaan soveltamaan myös paikkatietotekniikkaa. Valvomo voidaan toteuttaa näyttöruudulla esitettävälle karttapohjalle, jossa näkyvät GPS-järjestelmän avulla paikannetut havainnointipaikat ja näiden viimeisin mittaustulos.

Tulevaisuudessa GWMS 2001 -järjestelmän kehitys suuntautuu edellä esitetyn lisäksi myös GSM- ja Internet-sovelluksiin. Mittaustuloksia voidaan tarjota suurelle yleisölle www-sivujen tai WAP-puhelimien kautta tai tuloksia voi hakea GSM- tekstiviestikyselyjen (SMS) avulla.

KELLER

PAINELÄHETIN (SUHTEESSA ILMANPAINEESEEN)

SERIES 26 W

UPOTETTAVA PAINELÄHETIN NESTEEN PINNANKORKEUDEN MITTAUKSEEN

Anturina lähettimessä on sarjan 10 mittakenno, joista jokainen on käynyt yli 36 tunnin testin pitkäaikaisstabiilisuuden varmistamiseksi. Anturi ja elektroniikka-yksikkö on asennettu metalliputkeen. Referenssiputken sisältävä signaalkaapeli on tiivistetty kaksinkertaisella kaapelin ulostulotiivisteellä sekä varmistettu kufistuvalle muovisuojalla.

Mitta-anturin kalvo on suojattu teräksisellä suojahatulla. Lähettimen kärjessä ja sivussa olevat reiät poistavat vedessä olevien ilmakuplien aiheuttaman häiriön.

Sovelluksiin joissa mitattava aine on erittäin aggressiivista suosittelemme käytettäväksi sarja 10 mitta-anturin platina-hastelloy versiota.

TEKNISEET TIEDOT PR - 26

Mittausalueet (FS)	200	500	1000	2000	5000	mbar
Lineaarisuus Typ/Max	0,5/1	1/2	2/5	4/10	10/20	mbar
Stabiilisuus Typ/Max	1/3	1/3	2/4	2/4	3/6	mbar

Kompensoitu lämpötila	0...+50°C					
Lämpötilan aiheuttama virhe/10K:						
Nolla: Typ/Max	0,5/1	0,5/1	1/2	2/4	3/6	mbar
Herkkyys: Typ/Max	0,05/0,1					%

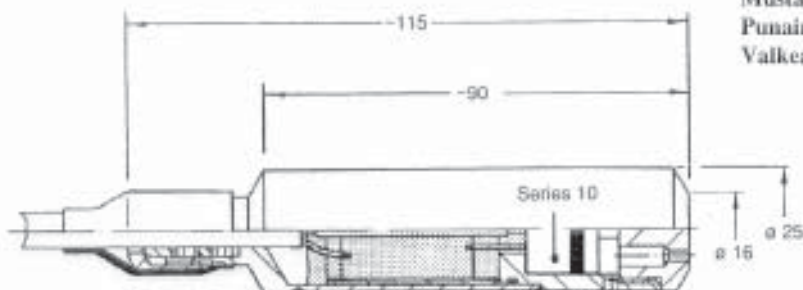
Viestityyppi:	2 - johdin	3 - johdin	3 - johdin	
Käyttöjännite:	15...30 V	15...28	15...28	V
Viesti:	4...20 mA	0...20 mA	0...10 V	
Resistiivinen kuorma	(U-5)/0,02	(U-5)/0,02		Ohm

Kaapeli: Ø7,3 mm tai 5,8 mm PolyURethan, sisällä ref. putki
 Kaapelin pituus: 5 m norm.
 Materiaalit: Ruost. teräs AISI316, Viton- tai Silicon O-rengas

Vaihtoehdot: Kaapelin pituus jopa 1000 m
 Platin-Hastelloy mitta-anturi



Plan 8369.1



SÄHKÖISET KYTKENNÄT

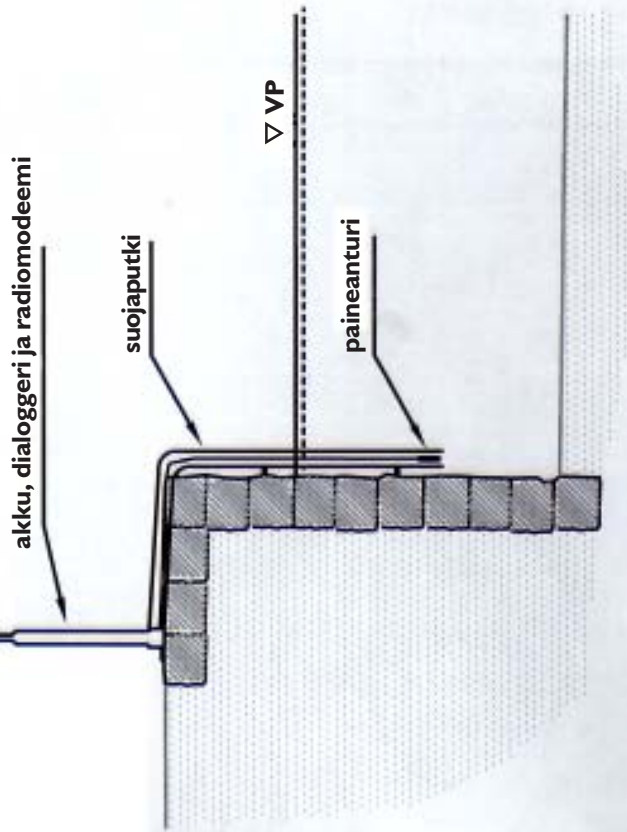
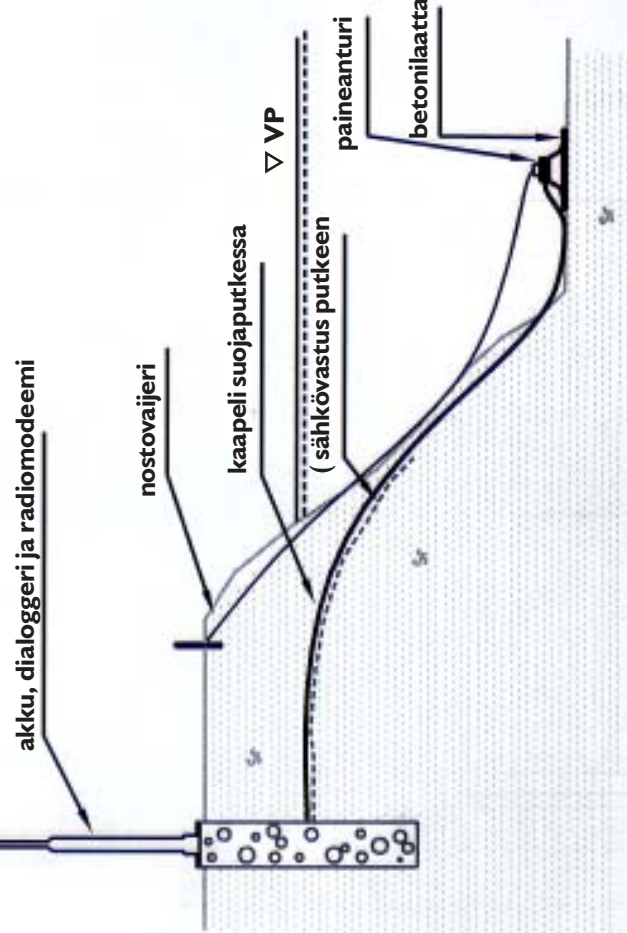
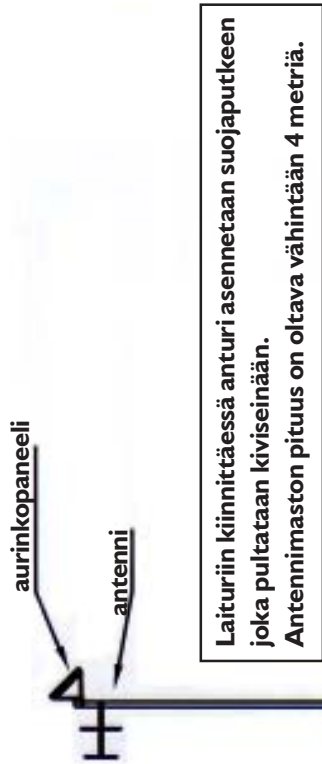
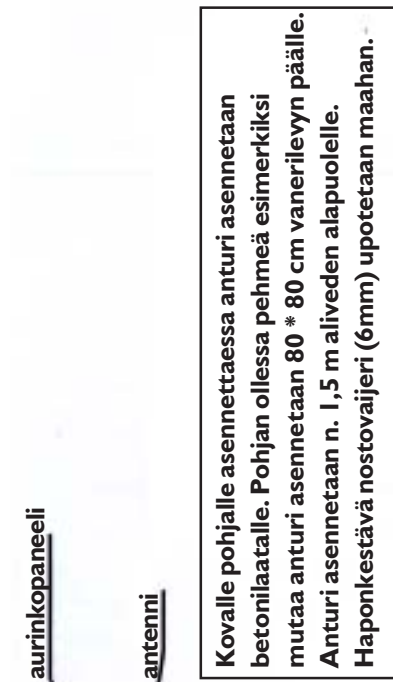
	2-johdin	3-johdin
Musta	+ IN	+ IN
Punainen	- IN	+ OUT
Valkea		- IN

KELLER AG für Druckmesstechnik
 KELLER Finland Ltd.

St. Gallerstrasse 119 CH-8404 Winterthur Tel. 052 232 11 26 Fax 052 232 70 67
 Kielotie 12 - 14 B FIN-13000 Vantaa Puh. 09 857 4013 Fax 09 857 4018

Liite 2. GWMS 2001 -dataloggerin tekniset tiedot:

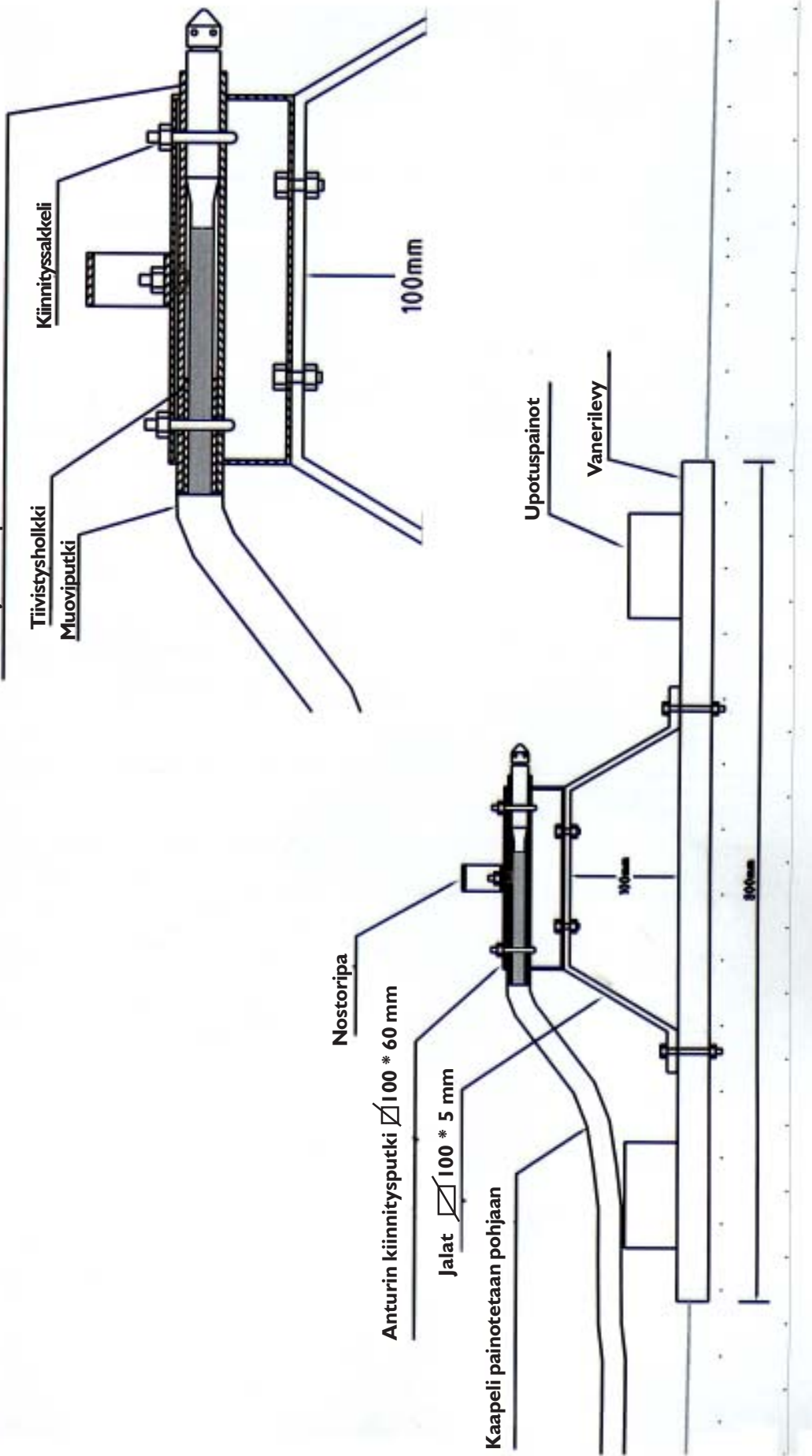
Käyttöjännite	7-16 V (36-14 mA)
Keskimääräinen virrankulutus	0.5- (36-14mA)
Muisti	64 Kt EPROM, 32 Kt EEPROM, 8 Kt SRAM ja 240 tavua paristovarmennettua RAM:ia.
Reaaliaikakellon toiminta-aika	Kortille asennetulla paristolla min. 10 vuotta.
Sarjaliikenneportit	2 tai 3 kpl sarjaliikenneporttia, nopeudet 1 200 bps, 2 400 bps, 4 800 bps ja 9 600 bps (2 kpl Tx, Rx, RTS ja CTS tai 1 kpl Tx, Rx, CTS, RTS ja 2 kpl Tx, Rx). RS232
AD- kanavat	8 kpl 13 AD- kanavia, jännitevedtin mittaus alueelta 0-5 V, virtaviestin mittausalue säädettävissä
Teholähdöt	3 kpl ohjattavia tehonlähtöjä, joista 2 kpl antaa tehonlähteen jännitettä max. 2 A ja 1 kpl 16 V 150 mA.
Laajennusmahdollisuus	Laajennuskortilla 32 kpl digitaali i/o kanavia.



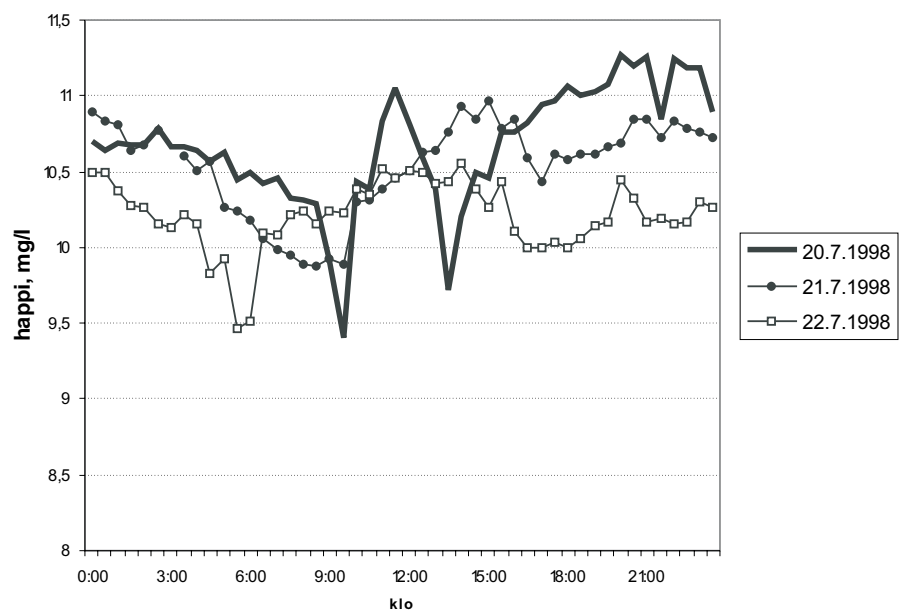
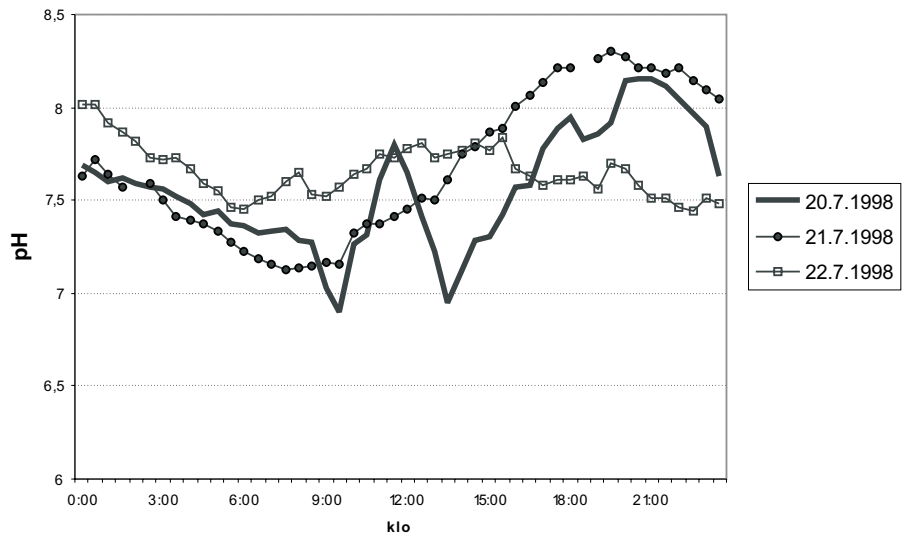
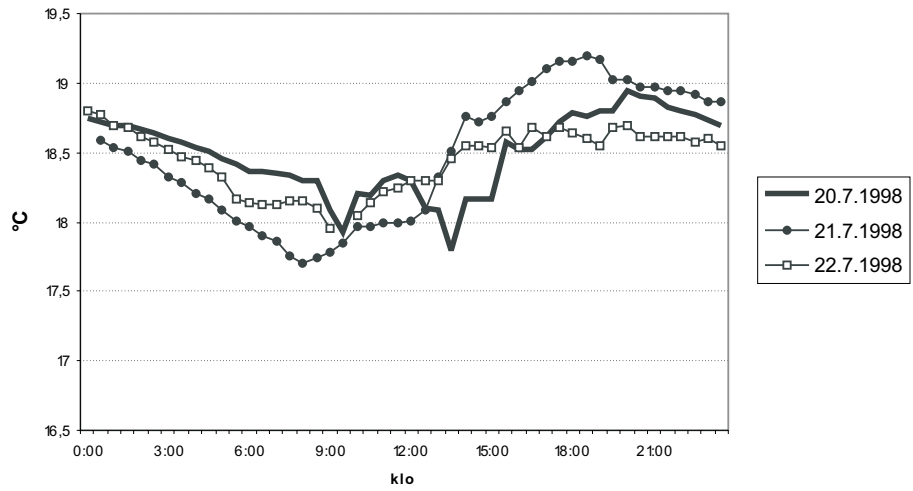
Anturin kiinnitysputki, nostoripa ja jalat tehdään austeniittisestä ruostumattomasta teräksestä esim. Outokumpu polarit 725

Kiinnityssakkelit, ruuvit ja mutterit haponkestävää terästä esim. AISI 316

Anturin ja muoviputken liitos tiivistetään esim. sikafleksillä



Liite 4. Vuorokaudenaikaiset lämpötila-, pH- ja happivaihtelut kolmena perättäisenä päivänä



Kuvailulehti

Julkaisija	Pohjois-Savon ympäristökeskus	Julkaisu-aika heinäkuu 2001
Tekijä(t)	Veikko Voutilainen, Pekka Kolehmainen ja Taina Hammar	
Julkaisun nimi	Pinta- ja pohjavesien kaukomittausjärjestelmän kehittäminen	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut		
Tiivistelmä	<p>Pohjois-Savon ympäristökeskuksessa akuutein tarve kaukomittausjärjestelmän hyödyntämiseen on ollut järvien vedenkorkeuksien seurannassa. Vedenkorkeuksien reaaliaikainen havainnointi- ja tiedonsiirtojärjestelmä ovat avuksi vesistömallien luotettavuuden ja tarkkuuden parantamisessa, mikä palvelee vesistöjen säännöstelyn optimointia. Tämän ohella tarvitaan paljon muuta reaaliaikaista tietoa, jotta tutkimukset voidaan ajoittaa haluttuihin ympäristöolosuhteisiin, sekä jatkuvia, tiheävälisiä mittauksia erityisesti rehevien järvien ja latvavesistöjen lyhytaikaisten muutosten havainnointiin.</p> <p>Kaukomittausjärjestelmää kokeiltiin järvien vedenkorkeuksien ohella pohjavedenkorkeuksien, sademäärän, ilmankosteuden ja -lämpötilan sekä pintavesien fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien havainnointiin. Kaukomittausjärjestelmä soveltui kaikkiin mittauksiin ja toimi kokonaisuutena luotettavasti. Kyseisissä sovelluksissa oli merkittävänä etuna langattomuuden antama vapaus sijoittaa mittausasemat sopiville paikoille. Järjestelmän perustamiskustannukset olivat edulliset, koska asennustapa on helppo eikä mitään rakennuksia tarvinnut järjestelmän vuoksi rakentaa. Anturit voitiin asentaa suoraan mitattavaan kohteeseen. Myös käyttökustannukset olivat edulliset ja niihin voidaan vaikuttaa lisäämällä tai vähentämällä lähetyskertoja.</p> <p>Kaukomittausjärjestelmän avulla saavutettiin kattavammat ja reaaliaikaisemmat tulokset kuin aiemmilla menetelmillä. Tulokset voitiin ohjata suoraan haluttuihin tiedostoihin ilman manuaalista tallennusta. Yhdessä kokeiluhankkeessa mittaustulokset siirrettiin valvomoon GSM-tekniikkaa hyödyntäen. Tässä tapauksessa mittausasemalta oli mahdollisuus kysellä tuloksia matkapuhelimen avulla.</p>	
Asiasanat	Kaukomittausjärjestelmä, vedenkorkeuden mittausta, pinta- ja pohjavedet, reaaliaikaisuus, vesistöjen säännöstely, ympäristön seuranta	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Alueelliset ympäristöjulkaisut 226	
Julkaisun teema		
Projektihankkeen nimi ja projektinumero		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Pohjois-Savon ympäristökeskus	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot		
	ISSN 1238-8610	ISBN 952-11-0928-9
	Sivuja 36	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta 64 mk
Julkaisun myynti/ jakaja	Pohjois-Savon ympäristökeskus puh. (017) 788 4763 fax. (017) 788 4764	Oy Edita Ab, julkaisumyynti puh. (09) 566 0266 fax (09) 566 0380
Julkaisun kustantaja	Pohjois-Savon ympäristökeskus	
Painopaikka ja -aika	Suomen Graafiset palvelut Oy Ltd, Kuopio 2001	

Documentation page

Publisher	North Savo Regional Environment Centre	Date july 2001
Author(s)	Veikko Voutilainen, Pekka Kolehmainen and Taina Hammar	
Title of publication	The Development of Telemetry System in Surface and Groundwater	
Parts of publication/ other project publications		
Abstract	<p>The most acute need at the North Savo Regional Environment Centre has been to exploit the Telemetry System for the follow-up of a lake water level. The real-time monitoring and data transfer system of a water level are of big help when improving the credibility and accuracy of watershed models; this helps to optimize the regulation of water systems. In addition to this we need a lot of other real-time information so that the researches can be scheduled to the desired environmental conditions; plus also constant, frequent measurements are needed to be able to observe transient changes especially in headwaters and eutrophic lakes.</p> <p>The Telemetry System was tested to observe in addition to the lake water level also the groundwater level, precipitation, air humidity and air temperature and also to observe physical-chemical quality of the surface water. The Telemetry System was suitable for all the measurements and it was reliable as a whole. In these applications the significant advantage is that the wireless system gives the freedom to place the measuring stations to desired locations. The starting expenses of this system were low, because the installation was easy and no extra buildings were needed to be built for the system. The probes could be installed directly to the object to be measured. Also the operating costs were low, and these can be influenced by adding or deducting the transmission times.</p> <p>Through the Telemetry System we have gained results that are more comprehensive and more in real-time than those gained with the old systems. The results could be directed straight to the desired file, without manual saving. At one testing project the measurement results were transferred to the central station by using the GSM-technique. In this case it was possible to get the results from the measuring station with a mobile phone.</p>	
Keywords	Telemetry System, Water Level Measurement, Surface and Ground Water, Real Time System, Regulation of Water System, Environmental monitoring	
Publication series and number	Regional Environment Publications 226	
Theme of publication		
Project name and number, if any		
Financier/ commissioner	North Savo Environment Centre	
Project organization		
	ISSN 1238-8610	ISBN 952-11-0928-9
	No. of pages 36	Language Finnish
	Restrictions For public use	Price 64 FIM
For sale at/ distributor	North Savo Regional Environment Centre tel. +358 17 788 4763 telefax +358 17 788 4764	Edita Ltd tel. +358 9 566 022 fax +358 9 566 0380
Financier of publication	North Savo Regional Environment Centre	
Printing place and year	Suomen Graafiset palvelut Oy Ltd, Kuopio 2001	