



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

POHJAVESITARKKAILUN AUTOMATISOINNIN MAHDOLLISUUDET MAA-AINESTEN OTTOTOIMINNASSA

TEKIJÄ: Tuomo Heikkinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Tuomo Heikkinen	
Työn nimi Pohjavesitarkkailun automatisoinnin mahdollisuudet maa-ainesten ottotoiminnassa	
Päiväys	31.5.2017
Sivumäärä/Liitteet	43/11
Ohjaaja(t) Teemu Räsänen, lehtori ja Pasi Pajula, yliopettaja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suomen GPS-Mittaus Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Jatkuvatoimisia online-monitorointijärjestelmiä käytetään ympäristötilan seuraamiseen ja teollisuuden prosessienkin valvontaan. Jatkuvatoimisella mittauksella saadaan kohteesta yksityiskohtaisempia ja tarkempia mittaus-tuloksia verrattuna käsin tehtyihin mittauksiin ja tätä kautta kohteen yleisilasta saadaan parempi näkemys. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää pohjavesitarkkailuun soveltuva jatkuvatoiminen mittausjärjestelmä ja koekäyttää laitteistoa asentamalla se Suomen GPS-Mittaus Oy:n osoittamaan maa-ainesten ottokohteeseen kahdeksi viikoksi 18.4.2017 - 2.5.2017. Mittaustuloksista täytyi selvittää, esiintyykö pohjaveden pinnankorkeudessa vaihteluita ja onko vaihtelulla vaikutusta maa-aineksen ottotoimintaan ja tuoko jatkuvatoiminen mittaus lisäarvoa ja kustannussäästöjä pohjavesitarkkailuun.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa tarkasteltiin maa-aineksen ottotoiminnassa tarvittavia lupia, sekä ottotoimintaa ohjaavia lakeja ja asetuksia. Teoriaosuudessa tarkasteltiin myös maa-aineksen ottoalueella tarvittavia pohjaveden tarkkailuputkia, niiden rakennetta ja asennusta, sekä pohjavesinäytteenotossa ja pohjaveden pinnantarkkailussa tarvittavia menetelmiä ja toimenpiteitä. Teoriaosuudessa käytiin läpi myös ympäristön jatkuvatoimisen monitorointijärjestelmän periaatteita ja hankintakäytäntöjä. Työssä esitellään valitun mittalaitteiston toimintaperiaate ja mittalaitteiston asennus tarkkailukohteeseen.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kahden viikon mittausjaksolta, neljästä eri suuresta kuusi mittausvuorokaudessa. Tuloksista saatiin selville, että mittausjaksolla pohjavedenpinta vaihtelee vuorokausittain, mukailen mittauskohteen ulkolämpötilan vaihteluita. Koko mittausjakson aikana pohjaveden pinnankorkeus vaihteli noin kymmenen senttimetriä. Pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelulla ei ole vaikutusta maa-aineksen ottotoimintaan tarkastellussa kohteessa. Jatkuvatoiminen mittausjärjestelmä toisi lisäarvoa ja kustannussäästöjä pohjavesitarkkailuun niillä alueille, joissa pohjaveden pinnantarkkailuvelvoite on neljä kertaa vuodessa.</p>	
Avainsanat Jatkuvatoiminen mittaus, onlinemittaus, pohjavesi, pohjaveden pinnankorkeuden muutokset, maa-ainesten otto, maa-ainesten ottotaso	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Tuomo Heikkinen			
Title of Thesis Possibilities of Groundwater Online Monitoring in Soil Excavation			
Date	31 May 2017	Pages/Appendices	43/11
Supervisor(s) Mr. Teemu Räsänen, Senior Lecturer, Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners SGM-Consulting Oy			
<p>Abstract</p> <p>Continuous online monitoring systems are used to monitor environmental conditions and control industrial processes. Online measurement provides more detailed and accurate measurements of the object compared to manual measurements and for that reason continuous online measurement gives a better view of the general state of the object. The purpose of this thesis was to find a continuous measurement system suitable for groundwater monitoring and to install it to a soil excavating target pointed by SGM-Consulting for two weeks from 18 April 2017 to 2 May 2017. The purpose was to find out based on measurements are there changes in the groundwater level and do these changes effect to the soil excavatin level and does the continuous online monitoring add extra value and savings to groundwater level monitoring.</p> <p>The theoretical part of this thesis looked at the permits, laws and regulations required for the excavating of soils. The theoretical part also looked at groundwater monitoring pipes, their construction and installation, as well as the required methods of groundwater sampling and groundwater monitoring. The theoretical part also included the principles and procurement practices of the online environmental monitoring system.</p> <p>As a result of this thesis, were obtained a two-week measurement period, six measurements per day on four different variables were obtained. The results showed that during the measurement period the groundwater level varies daily adjusting to the outdoor temperature variations. Throughout the measurement period the groundwater level increased about by about ten centimeters. This increase in level does not effect soil excavation. The continuous online monitoring system would give additional value and savings for groundwater monitoring in those areas where the groundwater monitoring obligation is four times a year.</p>			
<p>Keywords Continous monitoring, online monitoring, groundwater, groundwater level changes, land excavating, land excavation level</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	POHJAVEDEN OMINAISPIIRTEET JA LUOKITTELU.....	7
3	MAA-AINESTEN OTTOTOIMINTA.....	9
3.1	Maa-aines ja varantojen käyttö.....	9
3.2	Maa-aineksen oton ja käytön strategiset tavoitteet.....	10
3.3	Pohjavesivaikutukset maa-ainesten ottotoiminnassa.....	10
3.4	Pohjavesivaikutukset soran- ja kallionottotoiminnassa.....	11
4	MAA-AINEKSEN OTTOA OHJAAVAT LAIT JA ASETUKSET.....	12
4.1	Maa-ainelaki.....	12
4.2	Ympäristönsuojelulaki.....	12
4.3	Maa-ainestointia ohjaava muu lainsäädäntö.....	13
4.4	Ohjeistus ja vaatimukset pohjaveden suojeluun maa-ainesten ottotoiminnassa.....	14
4.4.1	Pohjavesitarkkailun vaatimukset pohjavesialueella.....	14
4.4.2	Pohjaveden suojelutoimenpiteet ja jälkihoitotoimenpiteet.....	14
5	POHJAVEDENPINNANMITTAUS JA POHJAVESINÄYTTEENOTTO.....	16
5.1	Pohjaveden pinnankorkeuden mittaaminen.....	16
5.2	Pohjavesinäytteenotto ja yleisperiaatteet.....	17
5.2.1	Pohjaveden havaintoputket.....	17
5.2.2	Havaintoputkityypit ja asennus tarkkailukohteeseen.....	18
5.3	Jatkuvatoiminen ympäristön monitorointi.....	19
5.4	Jatkuvatoimisen monitorointijärjestelmän valinta ja sen osat.....	21
6	LAITTEISTON ASENNUSKOHDE.....	23
6.1	Yleiskuvaus mittauslaitteiston asennuskohteesta.....	23
6.2	Alueen pinta- ja pohjaveden tarkkailusuunnitelma.....	24
6.2.1	Alueen vesitilanteen kuvaus.....	24
6.2.2	Pohjaveden tarkkailuohjelma ja ottamistoiminta.....	25
6.3	Maa-ainesten ottotoiminnan ympäristövaikutukset.....	26
7	MITTAUSJÄRJESTELMÄ.....	27
7.1	Mittalaitteiston tarvemäärittely ja valinta.....	27
7.2	Järjestelmän toimintaperiaate.....	28
7.3	Mittalaitteiston asennustoimenpiteet.....	32

8	TULOKSET JA NIIDEN TULKINTA.....	35
8.1	Virheenarviointi.....	38
8.2	Johtopäätökset	38
9	YHTEENVETO	40
	LÄHTEET	41
	LIITE 1: KELLER GSM-2-MODUULIN LAITTEISTOTIEDOT	44
	LIITE 2: KELLER PAA-36XW-ANTURIN LAITTEISTOTIEDOT	45
	LIITE 3: DATAMANAGERIN LASKEMAT POHJAVEDENPINNANKORKEUDET MERENPINNASTA....	46
	LIITE 4: LÄMPÖTILAKOMPENSOIDUN HYDROSTAATTISEN PAINEN JA VALLITSEVAN ILMANPAINEN EROTUKSET	47
	LIITE 5: ANTURN MITTAAMAT LÄMPÖTILAKOMPENSOIDUT HYDROSTAATTISET PAINHEET	48
	LIITE 6: ANTURIN MITTAAMAT VEDEN LÄMPÖTILAT	49
	LIITE 7: GSM-MODUULIN MITTAAMAT VALLITSEVAT ILMANPAINHEET	50
	LIITE 8: GSM-MODUULIN MITTAAMAT VALLITSEVAT ILMANLÄMPÖTILAT	51
	LIITE 9: MITTALAITTEISTOLLA MITATTU RAAKADATA	52
	LIITE 10: DATAMANAGERIN LASKEMA PINNANKORKEUDENVAIHTELU.....	53
	LIITE 11: ANTURIN KALIBROINTILOMAKE.....	54

1 JOHDANTO

Jatkuvatoimista ympäristön monitorointia käytetään ympäristön tilan selvittämiseen. Monitorointia voidaan käyttää monissa erityyppisissä kohteissa ja sen avulla hankittu tieto voi liittyä veden tai ilmanlaadun virtauksien ja laadun muutoksiin, sekä luonnonvarojen käyttöön ja niiden määrään. Monitoroinnista saatavia mittaustuloksia voidaan käyttää lupaveloitteiden täyttymisen seuraamiseen. Lähtökohtana tälle työlle on Suomen GPS-Mittaus Oy:n tarve selvittää, miten jatkuvatoiminen ja automatisoitu pohjaveden tarkkailu soveltuu heidän toimintaansa maa-ainesten ottotoiminnan seurannassa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on etsiä ja vertailla jatkuvatoimisia online-mittauslaitteistoja, jotka soveltuvat maa-ainesten ottoalueella pohjaveden tarkkailuun. Valittavan mittauslaitteen ominaisuuksiin tulee kuulua pohjaveden pinnankorkeuden muutosten mittaaminen ja laatuparametrien seuranta. Tarkoituksena on asentaa valittu mittalaitteisto Suomen GPS-mittaus Oy:n osoittamalle, pohjaveden tarkkailun piirissä olevalle, ympäristölupa-, ja maa-aineslupaveloitteiselle maa-ainesten ottoalueelle.

Työssä kartoitetaan tilaajan tarpeet mittauslaitteistolle ja asennuskohteen olosuhteet. Tämän jälkeen tehdään mittauslaitteistojen ominaisuuksien- ja hinnan vertailua, joiden perusteella Suomen GPS-Mittaus Oy valitsee kahdeksi viikoksi vuokrattavan mittauslaitteiston. Mittauslaitteiston testikäytöstä saatavasta mittausdatasta tulee tarkastella pohjaveden pinnankorkeuden vaihteluita ja pohtia jatkuvatoimisen mittauslaitteiston tuomaa lisäarvoa pohjaveden pinnan- ja laaduntarkkailuun, sekä mahdollisia mittauslaitteiston käytöstä syntyviä kustannussäästöjä.

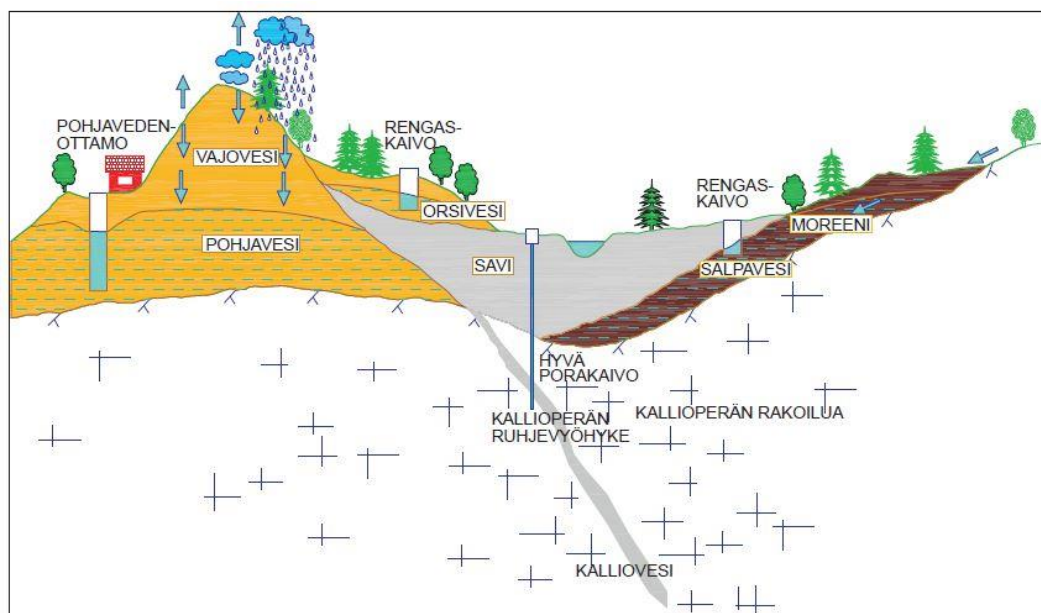
Suomen GPS-Mittaus Oy on vuonna 1993 perustettu, Savon Kuljetus Oy:n tytäryhtiö. Insinööritoimisto tarjoaa monipuolisia palveluita infra-sektorille. Suomen GPS-Mittaus Oy:n päätoimialana on infrahankkeisiin nivoutuvien palvelujen tuottaminen suunnittelijoille, rakentajille ja rakennuttajille. Yrityksen toimipisteet sijaitsevat kolmella paikkakunnalla Jyväskylässä, Varkaudessa ja Kuopiossa. Kuopiossa sijaitsee myös maa- ja kiviaineslaboratorio. Tarjottaviin palveluihin lukeutuvat erilaiset mittaukset, kuten laserkeilaukset ja 3D-maastomallinnukset. Suurin osa geotekniikan palveluista liittyvät pohjatutkimuksiin, jotka ovat geoteknisen suunnittelun perusta. Näihin kuuluvat esimerkiksi erilaiset kairaukset ja maastotutkimukset. Yritys tarjoaa myös silta-, maa- ja pientalohankkeisiin liittyvää asiantuntevaa laadunvalvontaa, suunnittelupalveluita sekä kivi- ja maa-aineslaboratoriopalveluita. Kiviaineslaboratoriossa on käytössä SFS-standardin mukaiset kivi- ja maa-ainestestit, sekä maalajien tunnistuksessa ja luokituksessa käytettävät GEO ja ISO-EN -luokitukset. Ympäristösuunnittelupalvelut koostuvat ympäristö- ja maa-aineslupahakemusten laadinnasta, melumittauksista ja -mallinuksista, ympäristönäytteenotosta ja pohjavesiseurannasta, sekä pilaantuneiden maa-alueiden kunnostussuunnitelmien laadinnasta ja valvonnasta. (Suomen GPS-Mittaus Oy 2015.) Yritys hoitaa emoyhtiö Savon Kuljetus Oy:n maa-ainesalueiden pohjavesitarkkailun.

2 POHJAVEDEN OMINAISPIIRTEET JA LUOKITTELU

Pohjavesi on uusiutuva luonnonvara, joka muodostuu sateen ja sulamisvesien suotautuessa ja varastoituu maa- ja kallioperään. Pohjavesimuodostelmaa kutsutaan akviferiksi, eli pohjaveden kylästämäksi, vettä hyvin johtavaksi ja varastoivaksi maa- tai kallioperän vyöhykkeeksi, josta vettä on mahdollista pumpata käyttökelpoisia määriä. Pohjavesi muodostuu alueilla, joiden maaperä on karkearakeista tai huokoista. Tällöin vesi pääsee imeytymään maakerrokseen. Saviperäisillä maa-alueilla pohjavettä ei synny, koska vesi ei pääse imeytymään tiiviin maalajin läpi. Kallioisilla alueilla pohjavettä syntyy, kun vesi suotautuu kallionrakoihin. Pohjaveden hyödyntämiseen otollisimpia alueita ovat harjujen sora- ja hiekkakerrostumat, kallioperän rikkonaisuus vyöhykkeissä ja karkeissa moreeni muodostelmissa. (Geologian tutkimuskeskus 2013.)

Pohjavesialueet jaetaan Suomessa kolmeen eri luokkaan suojelutarpeen ja käyttökelpoisuuden perusteella. Luokkien jaottelu on voimassa siihen asti rinnakkain, kunnes alueilla toteutettavat tarkistustoimenpiteet on tehty. (Ympäristöhallinto 2017.) Luokkaan yksi, vedenhankintaa varten tärkeäksi pohjavesialueiksi luokitellaan sellainen alue, jonka pohjavettä tullaan käyttämään 20 - 30 vuoden kuluessa, sitä käytetään nykyisin tai sitä tarvitaan muutoin vesihuollon hätätilanteissa varaveden hankintaan. Tämän luokan edellytyksenä on vedenotto vähintään 50 ihmisen tarpeisiin ja vedenotto on keskimääräisesti yli 10 m³/vrk. Luokan kaksi, vedenhankintaan soveltuvaksi pohjavesialueeksi määritellään alue, jota voidaan käyttää yhteisveden hankintaan, mutta jolle ei ole osoitettu käyttöä haja-asutuksen, yhdyskuntien tai muiden toimijoiden vedenhankintatoimenpiteessä. Luokan kolme, muuksi pohjavesialueeksi luokitellaan alueet, joissa hyödyntämiskelpoisuuden arviointi vaatii lisäselvityksiä veden laadun, vedensaannin ja veden muuttumisen tai likaantumisuhan selvittämiseksi. (Kuopion kaupunki 2015, 12.)

Pohjaveden laatu vaihtelee aiheuttavat sadeveden määrä ja sen liuotuskyky ja koostumus. Laatuun vaikuttaa myös, miten pohjavesi on varastoitunut, sen kierto ja viipymä, sekä maaperän ominaisuudet kuten maankamاران luontainen bakteeritoiminta, maaperän laatu ja paksuus. Ihmisen toiminnalla on myös merkittävä vaikutus pohjaveden laatuun. Pohjavesi voi jakaantua rajoittamattomasti, rajoitetusti ja orsivedeksi (kuvio 1). Rajoittamaton pohjavesi muodostaa vapaan pohjavedenpinnan. Rajoitettu, eli salpavesi muodostuu siten, että pohjaveden yläpinta rajoittuu vettä läpäisemättömään maakerrokseen. Tätä kutsutaan myös paineelliseksi akviferiksi, koska rajoitetun veden pinnalla paine on suurempi kuin vallitsevan ilmakehän paine. Tästä johtuen vesi virtaa maanpintaan, jos sellaiseen kohtaan syntyy luontainen aukko tai maakerroksen läpi porataan reikä. Orsivesi muodostuu silloin, kun vettä läpäisemättömän maakerroksen päälle on muodostunut pohjavesivarasto. Tämän kerroksen alapuolella voi olla erillinen pohjavesivarasto. (Isomäki, Valve, Kivimäki ja Lahti 2006, 7-8.)



Kuvio 1. Pohjaveden jakaantuminen (Isomäki ym. 2006, 8.)

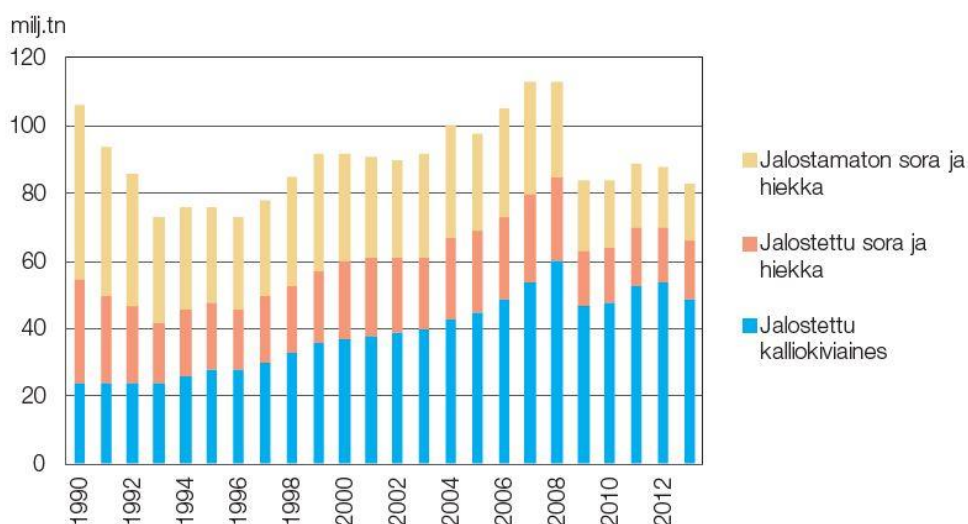
3 MAA-AINESTEN OTTOTOIMINTA

3.1 Maa-aines ja varantojen käyttö

Maa-aineksiin lukeutuvat maa-aineslain 555/1981 mukaan kaikki maa- ja kallioperän ainekset, sekä niiden sekoitukset, joita otetaan pois kuljetettavaksi, jalostettavaksi ja paikalla varastoitavaksi, lukuun ottamatta turvetta. Kiviaines-termiä käytetään erityisesti puhuttaessa hiekasta, sorasta ja kalliomurskeesta. Kalliomurskeen tuotanto, sekä soran ja hiekan ottotoiminta kuuluu kiviainesteollisuuteen. (Valtiovarainministeriö 2012, 4.) Kiviainekset jaetaan kahteen kategoriaan. Jalostamattomat kiviainekset ovat seulomattomia, luonnosta sellaisenaan käyttöön otettavia kiviaineksia. Jalostetut kiviainekset ovat sorasta tai kalliosta murskattua ja haluttuun raekokoon seulottua kiviainesta. (Alapassi, Britschgi, Rintala, Rytteri, Kinnunen, Valpasvuo, Savola, Tiainen ja Lavia 2009, 128.)

Suomessa on paljon ottotoimintaan soveltuvia hiekka- ja soravarantoja, sekä kalliokiviainesvarantoja, mutta niiden laatu ja riittävyys vaihtelevat suuresti alueellisesti. Käytettävyydeltään hyvät varannot eivät ole jakautuneet parhaalla mahdollisella tavalla. Useiden suurten asutuskeskusten läheisyydessä on syntynyt jo pulaa hyvälaatuisista, suoraan maaperästä otettavasta kiviaineksesta. Suomessa vuotuinen kiviainesten käyttö on noin 80 - 120 miljoonaa tonnia vuodessa (kuvio 2).

Tästä määrästä 70 - 80 % kiviaineksesta otetaan maa-aineslain mukaisilta ottoalueilta. Loput 20 - 30 % saadaan rakentamisen sivutuotteena. Taloudelliset suhdannevaihtelut ovat merkittävimmät kiviainestuotantoon vaikuttavat tekijät. Tämä johtuu siitä, että suurin osa kiviaineksesta käytetään infrastruktuurin ylläpitoon ja rakentamiseen. Kasvukeskukset ovat suurimpia kiviaineksen käyttäjiä, missä myös infrastruktuurin rakentaminen on suurinta. Suurin henkilöä kohden kulutettu kiviaineksen määrä on kuitenkin harvaan asutulla alueella. (Lonka, Loukola-Ruskeeniemi, Ehrukainen, Gustafsson, Honkanen, Härmä, Jauhiainen, Kuula, Nenonen, Pellinen, Rintala, Selonen, Martikainen ja Aalto 2015, 26-27.)



Kuvio 2. Kiviaineksen kokonaiskäyttö Suomessa 1990-2013 (Lonka ym. 2015, 27.)

3.2 Maa-aineksen oton ja käytön strategiset tavoitteet

Maa-aineksen ottamisen kannalta keskeisessä asemassa on maa-ainelaki, jonka tavoitteena on aineiden ottaminen kestävästä kehitystä tukevalla tavalla. Maa-ainesten käytettävyyttä täytyy turvata tuleville sukupolville niin määrällisesti kuin laadullisesti ilman, että vaarannetaan luonnon monimuotoisuutta. Maa- ja kallioperässä esiintyvä laadullisesti käyttökelpoinen pohjavesi tulee säilyttää määrällisesti ja laadullisesti hyvänä. Maa-aineksen ottotoiminta on kestävää silloin, kun huomioidaan luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeät pohjavesialueet ja luontotyypit, sekä säilytetään ne mahdollisimman luonnontilaisina. Ympäristöhallinto on arvottanut ja luokitellut 1970-luvulta lähtien erilaisia maa-ainesmuodostumia geologisina luontotyyppinä. Luontotyyppinä sisältyy myös erilaisiin suojeluohjelmiin ja Natura 2000-verkoston alueisiin. Näitä geologisia luontotyyppinä ovat esimerkiksi kallioalueet, moreenimuodostelmat, harjut ja reunamuodostelmat. Maa-aineksiä tulee pyrkiä ottamaan ja käyttämään taloudellisesti ja säästävasti eikä hyvälaatuisia maa-aineksiä saa tuhata toisarvoisiin käyttökohteisiin ja maa-aineksiä tulee myös kierrättää ja hyödyntää teollisuudesta tulevia mineraalipitoisia sivutuotteita. Maa-aineksen ottotoiminta tulee perustua kunnallista aluetta laajempaan tietopohjaan ja tarkastelualueeseen maa-ainesten saatavuudesta, laadusta ja määrästä ja toiminnassa tulee huomioida maa-ainesten kulutustarpeet ja korvaavien materiaalien käyttömahdollisuudet. (Alapassi ym. 2009, 10.)

Maa-ainesmuodostelmat voivat sijaita alueilla, joihin liittyy monia vaikeasti yhteen sovitettavia maankäytön tarpeita. Tällaiset tarpeet liittyvät esimerkiksi pohjavesien, luonnon- ja maisemansuojeluun. Ongelmakohtia maankäytön kannalta ovat myös erilaiset yhdyskuntarakentamiseen ja kiviaineshuoltoon, sekä ulkoilu- ja virkistyskäyttöön liittyvät kohteet. Näitä maankäytön tarpeiden ristiriitoja esiintyy etenkin asutuskeskusten ja suurten kaupunkien läheisyydessä. Maankäytön ja maa-ainesten ottamisen ristiriitoja pyritään vähentämään valtioneuvoston valtakunnallisen alueidenkäyttötavoitteiden VAT:n avulla. Maa-ainesalueen jälkihoidosta tulee huolehtia ja sen tavoitteena on sopeuttaa ottoalue ympäröivään luontoon ja sen maisemaan. Tavoitteena on myös vähentää alueen haitallisia vaikutuksia mahdolliseen pohjaveteen. Jälkihoito vaatii tapauskohtaista suunnittelua ja kohteen luonnontutkijoiden ja erityispiirteiden huomioimista. Jälkihoidolla voidaan tuoda myös alueelle korvaavia elinympäristöjä, joita ennen ottotoiminnan aloittamista alueella ei ole ollut. Tällaisia ovat esimerkiksi hyönteisille tai paahteisuutta vaativille kasveille sopivat elinympäristöt. (Alapassi ym. 2009, 11.)

3.3 Pohjavesivaikutukset maa-ainesten ottotoiminnassa

Pohjaveden laatuun vaikuttavat monet tekijät. Yksinkertaisimmillaan tekijät voidaan kuitenkin jakaa ihmistoiminnasta aiheutuviin ja luonnollisiin tekijöihin. Luonnollisia tekijöitä ovat merelliset-, maastolliset-, ja geologiset tekijät. Geologisiin tekijöihin kuuluvat maaperän kerrostumien rakenne, maannoksessa tapahtuvat prosessit, vedenjohtavuus, raekoko, sekä maa- ja kallioperän kivilaji- ja mineraalikoostumus. Suotautumisen aikana tapahtuu pääasiassa pohjaveden laadun määrättyminen. Suurin yksittäinen pohjaveden laatuun vaikuttava tekijä on sadannan ja pohjaveden muodostumisen välinen aikaero. Mitä pidempään vesi viipyy maaperässä, sitä kauemmin maaperän prosessit pystyvät vaikuttamaan veden laatuun. Maaperässä oleva runsas hienoainepitoisuus lisää reaktiopinta-alaa

ja viipymää. Luonnontilassa oleva maan pintakerros on pohjavedelle puskurikerros haitta-aineita vastaan. On todettu, että raskasmetallit, virukset ja bakteerit pidättäytyvät maaperän pintakerrokseen. Alueilla joilla on kiviainestuotantoa, tämä pidättäytyminen on vähäisempää. Maannoskerroksen poistamisella muutetaan myös pohjaveden muodostumisolosuhteita. Tällöin muutoksia on havaittavissa suotautuneen veden määrässä ja laadussa. Pohjavesivaikutukset jaetaan kiviainestuotannossa suoriin ja epäsuoriin vaikutuksiin. Suorat vaikutukset ovat muuttuneita muodostumisolosuhteita. Epäsuoriin vaikutuksiin lukeutuvat poltto- ja voiteluaineiden varastointiin ja käyttöön liittyvät vahinko- ja vuotoriskit. Pohjaveden likaantumiseriskiä voidaan vähentää ottoalueen yleisellä siisteydellä, työkohteiden ja laitteiden kunnossapidolla, oikealla suojakerroksen paksuudella ja tuotantoalueen jälkikivillä. (Rämö, Attila, Ehrukainen, Elo, Hakala, Järvinen, Kärkinen, Pärjälä, Sahivirta, Salonoja, Sjöblom, Sorri, Viitanen, Ylä-Outinen 2010, 45-46.)

3.4 Pohjavesivaikutukset soran- ja kalliionottoiminnassa

Pohjavesivaikutusten arviointi ja likaantumiseriskin hallinta on käsiteltävä käytännössä aina soranottoa suunniteltaessa, koska merkittävät pohjavesialueet ja soranottoon soveltuvat maa-ainekset ovat yleensä samoilla alueilla. On tutkittu, että pohjaveden tasossa ja laadussa on havaittavissa kiviainestuotannon vaikutus. Maannoksen ja kasvillisuuden poisto lisää sade- ja sulamisvesistä kehittyvää pohjaveden määrää, sekä pienentää veden haihtumista. Pohjaveden muodostumisen määrää lisää talviaikaan myös soranottoalueille kertyneen lumen sulaminen. Sadannasta suotautuu luonnontilassa olevilla hiekka- ja sora-alueilla pohjavedeksi noin 30 - 60 %. (Suomen ympäristökeskus, 2010) Poistettaessa maannoskerros ja kasvillisuus, haihdunta pienenee huomattavasti. Muodostuvan pohjaveden osuus sadannasta kasvaa 60 - 70 %. Tämän syyn johdosta pohjaveden pinnannousun lisäksi myös pinnankorkeuden vaihteluväli kasvaa 0,5 - 0,7 m:stä 1,0 - 1,5 m:iin. (Rämö ym. 2010, 46.)

Pohjavettä voi esiintyä kallioperässä ainoastaan halkeamissa ja raoissa, koska Suomen kallioperä on kiteinen ja sen kivilajit eivät ole huokoisia. Halkeamat ja raot ovat muodostuneet maankuoren ylimpään sataan metriin maanpinnan liikkeistä johtuen. Alueilla joissa kallio on rikkoutumatonta, kalliionottoiminnan aiheuttamat vaikutukset pohjaveteen ovat epätodennäköisiä, koska pintavesi ei imeydy pohjavesiin ja pohjavesiä ei tästä syystä pääse muodostumaan. Pohjaveden laadulliset vaihtelut ovat paikallisia ja samankaltaisia verrattuna soranottoimintaan ja huomattavin seuraus on valunnan lisääntyminen pidättävän pintakerroksen poistamisen seurauksena. Vaikutukset pohjaveden laatuun ja tasoon voivat olla suuremmat, jos ottotoiminta tapahtuu pohjavesitason alapuolelta ja tällöin ottamisalueen pohjaveden pinnantasoo voi laskea merkittävästi. Ottotoiminnan loputtua myös louhokseen tulevan pohjaveden pumppaus lopetetaan, jolloin pohjaveden pinnantasoo voi palautua lähes ennalleen. Ottotoiminnan aiheuttamat muutokset pohjaveden pinnankorkeuteen riippuvat veden virtaaman suuruudesta ja kallion ominaisuuksista, eli kallion koostumuksesta ja kalliiossa olevien ruhjeiden koosta ja määrästä. (Rämö ym. 2010, 47.)

4 MAA-AINEKSEN OTTOA OHJAAVAT LAIT JA ASETUKSET

4.1 Maa-aineslaki

Maa-aineslakia sovelletaan maa-aineksien kuten soran, kiven, saven ja hiekan ja mullan ottamiseen pois kuljetettavaksi tai ottokohteessa jalostettavaksi ja varastoitavaksi. (Maa-aineslaki 24.7.1981, 1 §.) Maa-aineslaissa mainittuja aineksia ei saa ottaa niin, että siitä seuraa kauniiden maisemien ja erikoisien luonnonesiintymien vahingoittumista tai luonnon merkittävien kauneusarvojen häviämistä. Ottotoiminta ei saa aiheuttaa ilmeisiä tai suurella alueella ulottuvia toimenpiteitä, jotka aiheuttavat suuria muutoksia luontaisissa olosuhteissa. Maa-aineksia ei saa myöskään ottaa ilman vesilain mukaista lupaa alueilta joilla on vedenhankintakäyttöön soveltuvia pohjavesiesiintymiä. Maa-aineksen otto on kielletty ilman erillistä syytä meren tai vesistön rantavyöhykkeeltä, ellei aluetta ole asema-kaavassa tai oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa osoitettu tätä tarkoitusta varten. Maa-ainesten ottamispaikat ja ainesten ottotoiminta ovat valmisteltava niin, että ottamistoiminnasta syntyvä maisemakuvaan ja luontoon aiheutuva vaikutus jää mahdollisimman pieneksi. Maa-ainesesiintymää hyödynnetään järkevästi ja säästeliääsi, eikä ottotoiminnasta saa aiheutua ympäristölle tai asutukselle vaaraa tai haittaa. (Maa-aineslaki 24.7.1981, 3 §.)

Maa-aineksen ottoon tarvittavaa lupaa haetaan kunnan toimivaltaiselta viranomaiselta. Lupa-asian ratkaisee kunnan ympäristönsuojeluviranomainen kuntien ympäristönsuojelun hallinnosta annetun lain 64/1986, KHYL nojalla. (Ympäristöministeriö 2016, 3.) Maa-aineslupaa haettaessa on lupahakemuksen yhteydessä esitettävä alueen tulevaa maa-ainesten ottoa kuvaava ottamissuunnitelma. Ottamissuunnitelmassa kuvataan ottamistoiminnan lisäksi ympäristön hoitamiseen ja alueen jälkikäyttöön liittyvät asiat. Ottamissuunnitelmaan on myös sisällytettävä tarvittavassa laajuudessa alueella vallitsevat luonnonolosuhteet, otettavan maa-ainesten määrä, niiden laatu ja kuvattava ottotoiminnasta aiheutuvat vaikutukset kohteen luontoon ja ympäristöön. (Maa-aineslaki 24.7.1981, 5 §.)

4.2 Ympäristönsuojelulaki

”Ympäristönsuojelulain tarkoituksena on (Ympäristönsuojelulaki 6.2014/527, 1 §.):

- Ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja.
- Turvata terveellinen ja viihtyisä sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö, tukea kestävää kehitystä sekä torjua ilmastonmuutosta.
- Edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä sekä vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia.

- Tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena.
- Parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon.”

Pohjaveden pilaamiskielto tarkoittaa, että pieneliöitä, ainetta tai energiaa ei saa vapauttaa tai laittaa paikkoihin tärkeällä pohjavesialueella, jotka voivat aiheuttaa pohjaveden laadun heikentymistä ja aiheuttavat vaaraa ihmisille ja ympäristölle. (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527, § 17.)

4.3 Maa-ainestoimintaa ohjaava muu lainsäädäntö

Maa-aineksen ottotoiminnan säätelyllä on kiinteä yhteys myös pohjavesien suojeluun, ympäristön- ja luonnonsuojeluun, maa- ja vesirakentamiseen ja maankäytön suunnitteluun. Maa-aineshankkeissa on huomioitava myös seuraavia lakeja ja asetuksia. (Ympäristöhallinto 2016.)

Maa-aineksen ottotoimintaa ohjaavat muut lait (Oikeusministeriö 2017.):

- Vesilaki, Finlex 527/2014
- Luonnonsuojelulaki, Finlex 1096/1996
- Maankäyttö- ja rakennuslaki, Finlex 132/1999
- Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä, Finlex 468/1994
- Maantielaki, Finlex 503/2005
- Muinaismuistolaki, Finlex 295/1963
- Metsälaki, Finlex 1093/1996
- Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä, Finlex 1299/2004
- Ratalaki, Finlex 110/2007
- Laki eräistä naapuruussuhteista, Finlex 26/1920
- Jätelaki, Finlex 646/2011

Maa-aineksen ottotoimintaa ohjaavat valtioneuvoston asetukset (Oikeusministeriö 2017.):

- Asetus maa-ainesten ottamisesta 926/2005
- Asetus ympäristönsuojelusta 713/2014
- Asetus jätteistä 179/2012
- Asetus ilmanlaadusta 387/2011
- Päätös melutason ohjearvoista 993/1992
- Kivenlouhimojen, muun kiven louhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta 800/2010, niin sanottu MURAUUS -asetus.

4.4 Ohjeistus ja vaatimukset pohjaveden suojeluun maa-ainesten ottotoiminnassa

4.4.1 Pohjavesitarkkailun vaatimukset pohjavesialueella

Edellytyksenä maa-aineksen ottamiselle pohjavesialueelta on, että alueelle laaditaan pohjaveden pinnankorkeuden ja laaduntarkkailuohjelma. Pohjaveden pinnankorkeuden mittaaminen riippuu kohteen toiminnan laajuudesta ja mittaukset suoritetaan 2 - 4 kertaa vuodessa. Pohjavedestä otetaan laatinäyte ennen toiminnan aloittamista. Säännöllisen toiminnan aikana laatinäyte otetaan kerran vuodessa ja toiminnan loppuessa. Toiminnan sijainti ja laajuus vaikuttavat pohjavedenpinnan ja laaduntarkkailuun tapauskohtaisesti, eli kuinka monta havaintoputkea alueelle täytyy asentaa. (Pohjois-Savon ELY-keskus 2016.)

Alueella, jolla on maa-aineksen ottotoimintaa, täytyy olla yksi tai useampi pohjaveden laaduntarkkailuun ja pinnankorkeuden mittaamiseen soveltuva havaintoputki. Havaintoputki voi sijaita myös toiminnan vaikutusalueella. Vaatimuksena maa-aineksen ottotoiminnan tarkkailuun havaintoputkelle on se, että putken siiviläosuuden on ulotuttava putken pohjatasosta pohjavedenpinnan yläpuolelle asti. Havaintoputken tulee ulottua vähintään neljä metriä pohjavedenpinnan alapuolelle tai kallioon asti. Putket, jotka vaativat kaivuriasennuksen eivät sovellu pohjaveden laadunseurantaan. Mikäli maa-aineksen ottoalueelle asennetaan uusia pohjaveden havaintoputkia, on putkikortit ja kairausdiagrammit lisättävä pohjavesirekisteriin joita ylläpitävät ELY-keskukset. Maa-ainesalueen lähellä olevat mahdollisesti häiriintyvät kohteet, kuten lähteet ja kaivot, on kartoitettava ja ne on tarvittaessa otettava mukaan tarkkailuohjelmaan. (Pohjois-Savon ELY-keskus 2016.)

Pohjavesinäytteenottajan tulee olla sertifioitu näytteenottaja. Ennen näytteenottoa vesi pumpataan pienellä tuotolla kirkaaksi. Eli tehdään niin kutsuttu tyhjennyspumppaus. Havaintoputken antoisuuden ollessa heikko, havaintoputki tyhjennyspumppataan 1 - 2 päivää ennen näytteenottoa. Ennen havaintoputken näytteenottopumppausta otetaan näytteet öljyhiilivetyjen analysointia varten noutamalla pohjaveden pintaosasta. Pohjavedestä seurattavia laatuparametrejä maa-aineksen ottoalueilla ovat sameus, väri, happi, pH, sähkönjohtavuus, kovuus, hiilidioksidi, nitraattityppi, kloridi, sulfaatti, rauta, mangaani, öljyhiilivetyjakeet C10-40, bensiinijakeet C5-10 ja CODMn tai TOC. Analyysivalikoimassa tapahtuvaan muutokseen toiminnan aikana on varauduttava. (Pohjois-Savon ELY-keskus 2016.)

4.4.2 Pohjaveden suojelutoimenpiteet ja jälkihoitotoimenpiteet

Maa-aineksen ottoalueilla käytetyistä kalustoista ja laitteistoista aiheutuvat mahdolliset päästöt maaperään on ennaltaehkäistävä mahdollisimman hyvin varotoimenpiteillä ja suojauksilla. Kaikki neste-mäiset polttoaineet, voiteluaineet ja muut pohjavedelle vaaraa aiheuttavat aineet on sijoitettava tukitoiminta-alueelle. Tukitoiminta-alueelle on sijoitettava myös edellä mainittujen aineiden varastointi ja jakelupisteet, aggregaatti ja maansiirtokaluston paikoitus. Tukitoiminta-alue on sijoitettava ensisijaisesti pohjavesialueen ulkopuolelle. Tukitoiminta-alueen ollessa pohjavesialueella, on alueen ja pohjaveden väliin jäätävä vähintään neljän metrin paksuinen suojakerros. Tukitoiminta-alue on pinnoitettava vettä huonosti läpäisevällä kalvolla tai pinnoitteella. (Pohjois-Savon ELY-keskus 2016.)

Mahdollisesti alueella säilytettävien öljytuotteiden säilöt on oltava kaksoisvaipallisia tai säiliöt on sijoitettava niiden tilavauutta vastaavaan suoja-altaaseen, joka on varustettu katoksella. Polttoainien jakelussa käytettävissä säiliöissä on oltava ylitäytön estävä mekanismi. Tukitoimialueiden sijoittamista pohjavesialueelle on harkittava tapauskohtaisesti. Maa-ainesten ottotoiminnassa käytettävien laitteiden ja ajoneuvojen huolto ja ylläpito on tehtävä pohjavesialueen ulkopuolella. Mikäli huolto- ja ylläpitotoimenpiteet täytyvät tehdä pohjavesialueella on tätä varten varattava imeytysmattoja tai vastaavia alustoja, joilla voidaan estää vuotojen imeytyminen maaperään ja sitä kautta pohjaveteen. Tukitoiminta-alueelle on laadittava vahinkotapausten varalle valmiussuunnitelma. (Pohjois-Savon ELY-keskus 2016.)

Maa-aineksen ottoon liittyvät alueen jälkikäyttö ja jälkitoimenpiteet on esitettävä maa-ainesotto-suunnitelmassa. Mikäli muuta jälkikäyttöä alueelle ei ole esitetty, on alueelle muodostettava vähintään kunnollinen kasvualusta kasvillisuudelle. Toimittaessa pohjavesialueella luonnollisen kasvialustan palauttamista ei katsota riittäväksi jälkitoimenpiteeksi. Tässä tapauksessa jälkitoimenpiteenä on tehtävä alueelle kunnollinen kasvualusta ja puusto palautettava istuttamalla tai siementämällä. (Pohjois-Savon ELY-keskus 2016.)

5 POHJAVEDENPINNANMITTAUS JA POHJAVESINÄYTTEENOTTO

5.1 Pohjaveden pinnankorkeuden mittaaminen

Eri puolilla Suomea mitataan pinnankorkeutta ja laatuparametrejä noin 80:llä pohjavesimittausasemalla. Mittausasemat on sijoitettu mahdollisimman luontaisille alueille, jotka on valittu edustamaan erilaisia geologisia ja hydrologisia olosuhteita. Asemilta saatavien pohjavesihavaintojen perusteella tiedotetaan vallitsevasta pohjavesitilanteesta. Saatujen seurantasarjojen perusteella voidaan analysoida pohjaveden laadun ja määrän paikallisia vaihteluita. Pohjavesitietoja on saatavilla 1970-luvun alkupuolelta lähtien. Tiedot tallennetaan alueellisten elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten ylläpitämiin POVET-pohjavesirekisteriin. Havaintoasemilta saatujen seurantatietojen perusteella raportoidaan kansainvälisesti ja kansallisesti pohjaveden laadun ja pinnankorkeuden muutoksista. Pohjaveden havaintoasemilta saadaan tietoa myös suotautuvien vesien laadusta ja määrästä, lumipeitteen paksuudesta ja roudan syvyydestä. (Orvomaa ja Mäkinen 2015.)

Pohjaveden käsin tehtävä pinnanmittaaminen tapahtuu havaintoputkista mittanauhalla, johon on kiinnitetty mittaluoti. Mittaluoti voi sisältää anturin, joka antaa valo- tai äänisignaalin saavutettuaan pohjavedenpinnan. Työskennellessä ilman anturia, pohjaveden pinnan määrittäminen tapahtuu kuulohavainnon perusteella. Havainto syntyy mittaluodin osuessa pohjavedenpintaan. (Suomen ympäristökeskus 2008, 35.) Pohjaveden pinnankorkeus mitataan pohjavesiputken päästä, ei suoja-putken päästä. Kuvassa 1 on esitetty Suomen GPS-Mittaus Oy:llä käytössä oleva sähköanturinen mittaluoti.



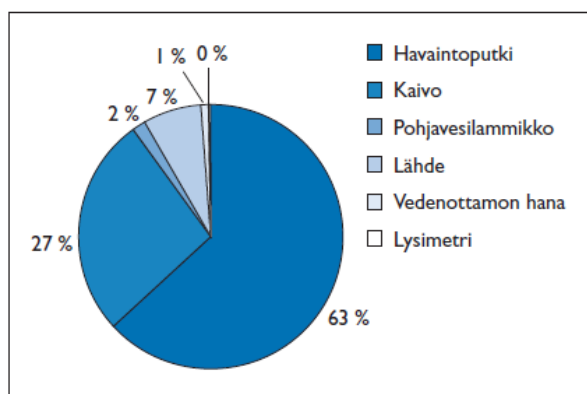
Kuva 1. Pohjaveden mittaus käsimittalaitteella havaintoputkesta

5.2 Pohjavesinäytteenotto ja yleisperiaatteet

Yleinen pohjavesinäytteenoton tavoite on, että siitä saadaan mahdollisimman edustavia näytteitä ja, että ne kuvaavat alueen pohjaveden ominaispiirteitä. Pohjavesinäytteenotto jakautuu moneen eri vaiheeseen ja siksi siihen liittyy myös monia virhemahdollisuuksia. Pohjavesinäytteiden analysoinnissa ja näytteenotossa esiintyvät virhemahdollisuudet voivat johtaa tuloksien vääristymiseen ja tätä kautta virheellisiin johtopäätöksiin ja tästä edelleen merkittäviin rahallisiin tappioihin. Pohjavesinäytteenottoon ja analysointiin liittyvien lainsäädännön ja standardien uusiutuminen on johtanut siihen, että näytteenottoon ja analysointiin kiinnitetään nykyisin enemmän huomiota. Monet laboratoriot käyttävät laatujärjestelmää ja tämän ansioista pohjavesinäytteiden käsittely voidaan tehdä laboratorio-olosuhteissa luotettavasti ja oikein. Kehittyneet näytteenottokalustot, pohjaveden laadun ja korkeuden mitta- ja seurantalaitteet, näytteenottajien sertifiointi, sekä tiedon tallentamiseen ja hyödyntämiseen soveltuvat tietojärjestelmät ovat nostaneet pohjavesinäytteenoton laatua viime vuosina. Pohjavesinäytteitä otetaan vuosittain tuhansia ja pohjaveden pinnankorkeuden mittauksia tehdään kymmeniä tuhansia ja näitä käytetään hyvin erilaisiin tarkoituksiin, esimerkiksi velvoitetarkkailuun, vedenhankinta-, pohjaveden pilaantumis-, geoteknisiin- tai seurantatutkimuksiin. Monet eri toimijat ja organisaatiot ottavat näytteitä, kuten konsulttitoimistot, tutkimuslaitokset, vesilaitokset ja ympäristö- ja terveystoimistot. (Suomen ympäristökeskus 2008, 7.)

5.2.1 Pohjaveden havaintoputket

Pohjaveden pinnankorkeutta seurataan ja laatu näytteitä otetaan erilaisista pohjaveden havaintokohteista. Havaintoputket ja -kaivot ovat yleisimpiä havaintokohteita. Kuviossa 3 on esitetty havaintokohteiden prosentuaalinen jakauma. Näytteitä voidaan ottaa myös koekuopista, pohjavesilammikoista ja vedenottamoiden tai kaivojen hanoista. Lysimetrillä voidaan lisäksi seurata maaveden laatua. (Suomen ympäristökeskus 2008, 15.)



Kuvio 3. Pohjavesitarkkailun näytteenotto-kohteet (Suomen ympäristökeskus 2008, 15.)

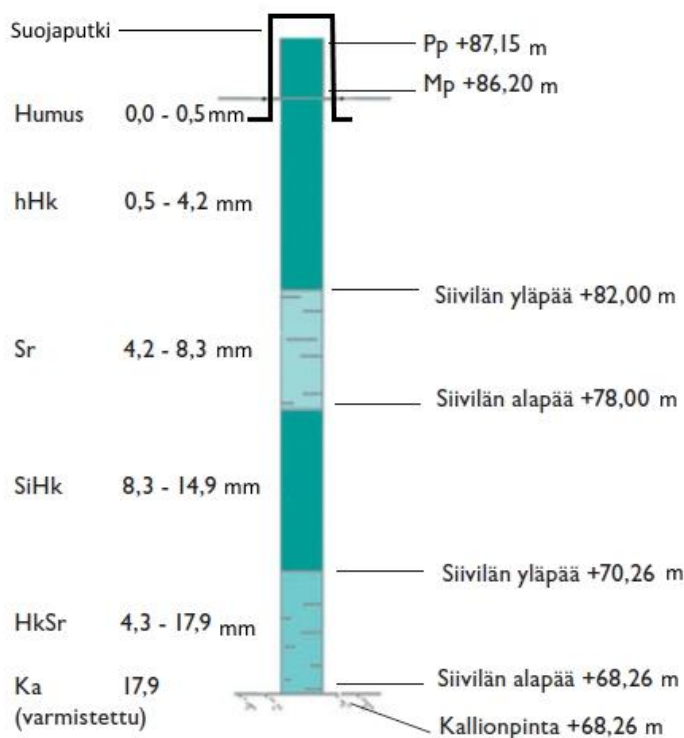
Halutusta kohdasta vesinäytteiden saaminen edellyttää uuden havaintopaikan perustamista, koska jo olemassa olevat putket eivät edusta välttämättä uuden kohteen vedenlaatua. Uuden tarkkailuputken yleisin asennustapa on asentaa putki maa- tai kallioperään. Asentamiskohteen maanomistajalta

tai alueen haltijalta täytyy aina olla tarkkailuputken asentamiseen lupa. Edustavan näytteen saamisessa on tärkeää, että havaintoputki on oikean tyyppinen ja se asennetaan oikeaan paikkaan. (Suomen ympäristökeskus 2008, 15.) Havaintoputkien avulla voidaan tutkia toistuvilla mittauksilla pohjavedenpinnan pinnakorkeuden asemaa ja siinä tapahtuvia muutoksia. Tarkkailtavan pohjavesialueen eri pisteisiin asennettavien havaintoputkista saatavien korkeuserojen perusteella voidaan selvittää pohjaveden virtaussuunnat. Havaintoputkista otettavista näytteistä pystytään myös selvittämään pohjaveden laatuparametrejä. Havaintoputkiin voidaan myös asentaa jatkuvatoimisia mittalaitteita, joilla voidaan niin ikään selvittää pinnankorkeuden vaihteluita ja ottaa laatuparametrinäytteitä. (Suomen vesiyhdistys 2005, 91.)

5.2.2 Havaintoputkityypit ja asennus tarkkailukohteeseen

Havaintoputkityyppejä on useita erilaisia ja ne eroavat toisistaan materiaalin, läpimitan ja rakenteensa osalta. Havaintoputken halkaisija ja siinä käytetty materiaali vaikuttavat näytteenottotapaan ja vesinäytteen laatuun. Pohjavesinäytteenotossa muoviputket sopivat pohjavesinäytteenottoon teräsputkia paremmin. Havaintoputkimateriaalina on aiemmin käytetty terästä mutta nykyisin teräksisiä havaintoputkia käytetään enää pohjavedenpinnan tarkkailuun. Teräsputket eivät sovi pohjavesinäytteenottoon, koska ne ruostuvat ja niistä voi liueta analysoitavaan veteen yhdisteitä, jotka vääristävät mittaustuloksia. Teräsputkien halkaisijat ovat 32 mm tai 50 mm ja niiden siiviläputkiosuuden raot ovat tavallisesti 3 mm. (Suomen ympäristökeskus 2008, 16.)

Muoviputket ovat valmistettu yleensä PVC tai PEH-muovista. Muovista valmistetut putket soveltuvat jatkuvatoimiseen mittaamiseen (laatuparametrit ja pinnankorkeus) ja käsin tapahtuvaan pohjavesinäytteenottoon ja pinnankorkeuden tarkkailuun. Muoviputkien sisähalkaisijat ovat yleensä 32 mm tai 52 mm. Laatuparametrien näytteenottoon soveltuvan putken sisähalkaisija on vähintään 52 mm. Muoviputki sisältää umpiputkesta ja rakosiiviläputkesta. Rakosiiviläputkessa raot ovat 0,1 - 0,5 mm välillä. Putkien rakovalimitta valitaan asennuskohteen maalajin rakeisuuden mukaan ja siiviläosan suodatustehoa voidaan tarvittaessa lisätä, lisäämällä siivilän päälle erillinen siiviläsukka. Putken umpi- ja siiviläosuuksien pituus vaihtelee metristä kahteen metriin ja putket yhdistetään toisiinsa kierrelitoksien avulla. Putken maanpinnalle jäävä osa suojataan yleensä galvanoidusta teräksestä tehdystä suojaputkesta, joka voidaan lukita. Muoviputket voivat talvella rikkoontua, joten suojaputken tuenta tehdään maahan ankkuroimalla. (Suomen ympäristökeskus 2008, 16.) Havaintoputken periaatteellinen rakenne on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Pohjaveden havaintoputken periaatekuva (Muokattu lähteestä Suomen ympäristökeskus 2008, 61.)

Pohjaveden tarkkailuputkien asennuksessa käytetään maaputkikairausta. Havaintoputki asennetaan haluttuun syvyyteen kairatun maaputken sisään. Tämän jälkeen maaputki nostetaan pois. Putken asennussyvyys määräytyy kairaustulosten perusteella siten, että siiviläputkiosuus asennetaan yleensä parhaiten vettä johtavaan, karkeimpaan maakerrokseen. Havaintoputkien käyttötarkoituksesta riippuen siiviläosan pituus ja asennussyvyys voivat vaihdella. Vesinäytteiden ja virtausmittauksien tekeminen eri syvyyksiltä vaativat sen, että siiviläosa ulottuu koko pohjavedenpinnan alapuolisen ja vettä johtavan kerroksen alueelle. Maakerroksien välissä voi olla erittäin hienojakoista maa-ainesta. Tällöin niiden kohdalle voidaan asentaa umpiputkea, jolla hienon maa-aineksen valuminen putkeen estetään. (Suomen vesiyhdistys 2005, 90.)

5.3 Jatkuva toiminen ympäristön monitorointi

Kuluvalla vuosisadalla ympäristötilasta on tullut tärkeä kysymys kautta maailman niin kehittyneissä maissa kuin maissa, jotka ovat kehityksen murrosvaiheessa. Maailman väkiluvun kasvu ja teknologinen kehitys ovat luoneet painolastia yhteiskunnalle vaatimalla jatkuvaa laajenemista ja samanaikaisesti luonnonvarojen laajentuvaa käyttöä. On olemassa merkittäviä todisteita siitä, että tällainen kehitys on johtanut haitallisiin vaikutuksiin ympäristössä. Tiedämme myös sen, että ihmistoiminta ja sen vaatimukset aiheuttavat arvaamattomia muutoksia maaperään, veteen, ilmakehään ja muihin luonnon resursseihin. Näiden haittavaikutuksien ymmärtäminen on johtanut lisääntyneeseen haluun suojella ympäristöä ja kiinnostukseen monitoroida fyysisiä, kemiallisia ja biologisia muuttujia, jotka vaikuttavat ympäristöön. Ympäristön monitoroinnista saatava tieto on tärkeässä asemassa

tutkimuksessa, päätöksenteossa ja nykyisten sosiaalisten toimintamallien muuttamisessa siihen suuntaan, että hyvinvoiva ympäristö voitaisiin säilyttää ja ylläpitää myös tuleville sukupolville. (Artiola, Pepper ja Brusseau 2004, 2.)

Jatkuvatoimisella ympäristön monitoroinnilla tarkoitetaan laitteistoa tai laitteistoverkkoa, jolla mitataan tiettyjä ympäristössä tapahtuvia muuttujia halutussa aikajaksossa. Mittauksien välillä oleva aikaväli, mittaustaajuus, on määriteltävissä tapauskohtaisesti esimerkiksi useasta mittauksesta minuutissa muutamaan mittaukseen viikossa. Muuttujia voivat olla erilaiset laatuparametrit ja mittauskohteet voivat vaihdella raakaveden hankintatoimista luonnonvesien seurantaan ja jätevesien käsittelyyn. Jatkuvatoimista monitorointia käytetään apuvälineenä myös ilmanlaadun seurannassa ja ilmaansaasteiden lähteiden kartoituksessa, sekä niiden vaikutuksista ihmisiin ja luontoon. (Artiola ym. 2004, 3-5.)

Monitorointiin soveltuvia mittauslaitteita on saatavilla monia erilaisia. Optisilla mittalaitteilla pystytään mittaamaan vedessä olevan orgaanisen aineen pitoisuuksia, hapetta, nitraattityyppiä ja sameutta. Nitraattityyppien mittaaminen perustuu spektrometriaan ja sameuden mittaaminen perustuu joko valon sirontaan tai valon läpäisyn vähenemiseen. Sähkömagneettisen säteilyn takaisinsirontaa mittaavat OBS-sameusanturit käyttävät säteilyn lähteenä joko infrapuna- tai laserdiodia. Anturi syöttää infrapunavaloa veteen ja mittaa vedessä olevista hiukkasista takaisin sironneen valon ja muuttaa tämän jälkeen tiedot NTU-sameusyksiköksi. OBS-sameusantureissa käytetään yleisesti linssinpuhdistuksessa harjapesuria. Linssinpuhdistuksessa voidaan käyttää myös etanoli-vesiseosta ja nollakohdan kalibroinnissa 0-liuosta. (Tattari, Koskiahon ja Tarvainen 2015, 4.) YSI-sameusanturien toimintaperiaate perustuu myös valon takaisinsironnan mittaamiseen. Anturit toimivat joko ulkoisella virtalähteellä tai sisäisellä paristolla ja ne mittaavat automaattisesti myös veden johtokyvyn ja lämpötilan. S::can-spektrometrian anturit mittaavat valon vaimenemista (kuva 2). Niillä voidaan mitata myös nitraattityyppiä, orgaanista ainetta ja sameutta. Anturi soveltuu luonnonvesiin, käyttö- ja jätevesikohteisiin, sekä teollisuuskohteisiin. Anturin mitta-alue sijoittuu näkyvän valon ja uv-valon alueelle 200 nm - 750 nm. (Tattari ym. 2015, 5.)



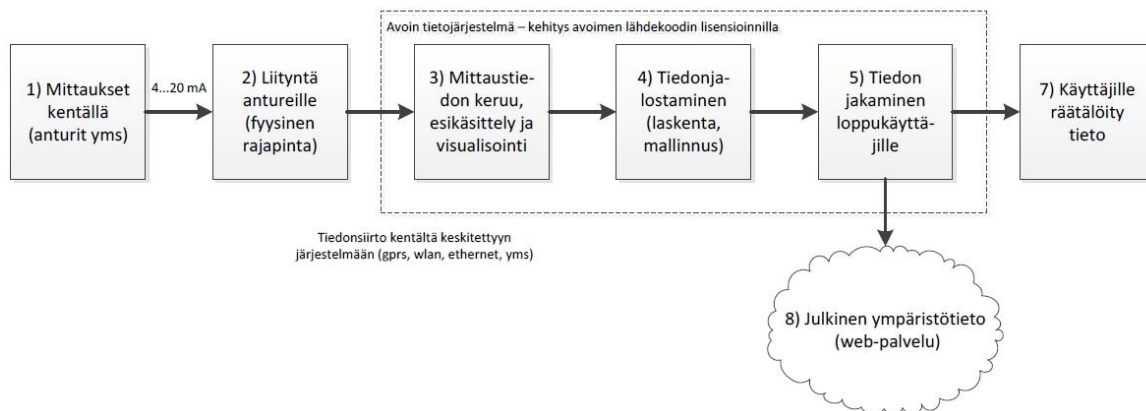
Kuva 2. S::CAN spektrometrian anturi laboratorio-olosuhteissa

Jatkuvatoimisen mittausjärjestelmän avulla mitattavan kohteen laatutekijöiden muutokset voidaan yhdistää tulosten perusteella esimerkiksi tietyllä ajankohdalla olleisiin säätekijöiden voimakkaisiin vaihteluihin. Mittausjärjestelmällä saadaan tarvittaessa korkeataajuuksinen mittaussarja, jolloin mitauskohteessa tapahtuneet nopeat muutokset rekisteröityvät mitaustuloksiin. Mittaustiedon tallennus, lähetys ja tarkastelu voidaan suorittaa reaaliajassa. Mittausjärjestelmälle voidaan asettaa jokin hälytysraja, esimerkiksi vedenpinnan nousemiselle tietyn rajan yli, jolloin mittausjärjestelmä lähettää hälytysviestin mobiililaitteeseen. Jatkuvatoiminen mittausjärjestelmä on hyvä apuväline ympäristön monitoroinnissa, jos mittausjärjestelmää osataan käyttää ja tulkita sillä saatuja tuloksia oikein. Mittausjärjestelmä on pidettävä myös toimintakuntoisena virheellisten tulosten välttämiseksi.

5.4 Jatkuvatoimisen monitorointijärjestelmän valinta ja sen osat

Ennen laitteistovaihtoehtojen kartoittamista, tilaamista ja asentamista on tehtävä tarvemäärittely. Tarvemäärittelyssä määritellään, millaiseen kohteeseen laitteisto asennetaan ja mitä muuttujia laitteistolla halutaan mitata. Ennen asentamista on myös huomioitava mahdollisesti tarvittavat asennustelineet ja suojarakenteet sään vaihtelun tai mahdollisen ilkvallan suojaksi.

Mittausjärjestelmään kuuluu anturi, joka on välittömässä kosketuksessa mitattavaan suureeseen kentällä. Anturi on kytketty joko langattomasti tai langallisesti dataloggeriin ja/tai lähettimeen, josta mitausdata siirtyy GSM/GPRS -verkon tai muun saatavilla olevan verkon välityksellä tietokantaan tai pilvipalvelun. Anturi ja loggeri sisältävät pitkäkestoiset paristot tai mittausjärjestelmä voidaan kytkeä sähköverkkoon tai akkuun. Mittaustuloksien tallennuksen ja siirron jälkeen tietoa täytyy käsitellä esimerkiksi MathLab:ia tai Excel:liä käyttäen. Tallennetusta mitausdatasta voi puuttua joltakin aikajaksoilta useampi mittaus ja tämä on otettava huomioon graafeja ja raportteja luotaessa. Mittaustulokset voidaan kerätä loggerista myös paikan päällä käymällä kytkemällä tietokone loggeriin langallisesti. Lähitiedonsiirto loggerista mobiililaitteeseen voidaan toteuttaa eräillä laitteilla bluetooth-yhteyden välityksellä. Tällöin mitausdatan siirto vaatii bluetooth-kantaman sisäpuolella olemisen. Antureiden likaantuminen, puutteellinen käyttötuntemus ja kalibroinnin puute voivat aiheuttaa mitaustuloksien vääristymän ja tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa vääristä mitaustuloksista tehdään vääriä johtopäätöksiä ja niistä edelleen vääriä jatkotoimenpiteitä. Tästä puolestaan voi seurata suuriakin taloudellisia menetyksiä ja monitoroidun kohteen ympäristölle tehtäviä vääriä toimenpiteitä. Mittaustuloksia voi kertyä paljon ja niitä voi olla useita tuhansia. Mittaustuloksien muokkauksen jälkeen niistä voidaan tehdä erilaisia raportteja hallinnollisiin elimiin kuten ELY-keskuksiin tai avoimiin internetpalveluihin. Tietokanta tai pilvipalvelu voi olla maksullinen laitteistotoimittajan tai palveluntarjoajan ylläpitämä palvelu tai avoimeen lähdekoodiin perustuva palvelu. Avoimen lähdekoodin tietokantaan on mahdollista räätälöidä juuri haluttuja kohdetta palvelevia ominaisuuksia ilman, että koko ohjelmisto on toteutettava alusta alkaen. Kuviossa 5 on esitetty periaate jatkuvatoimisen ympäristönmonitorointijärjestelmän toiminnasta.



Kuvio 5. Jatkuvat toimisen ymävistön monitorointijärjestelmän toimintaperiaate (Muokattu lähteestä Räsänen 2013, 21.)

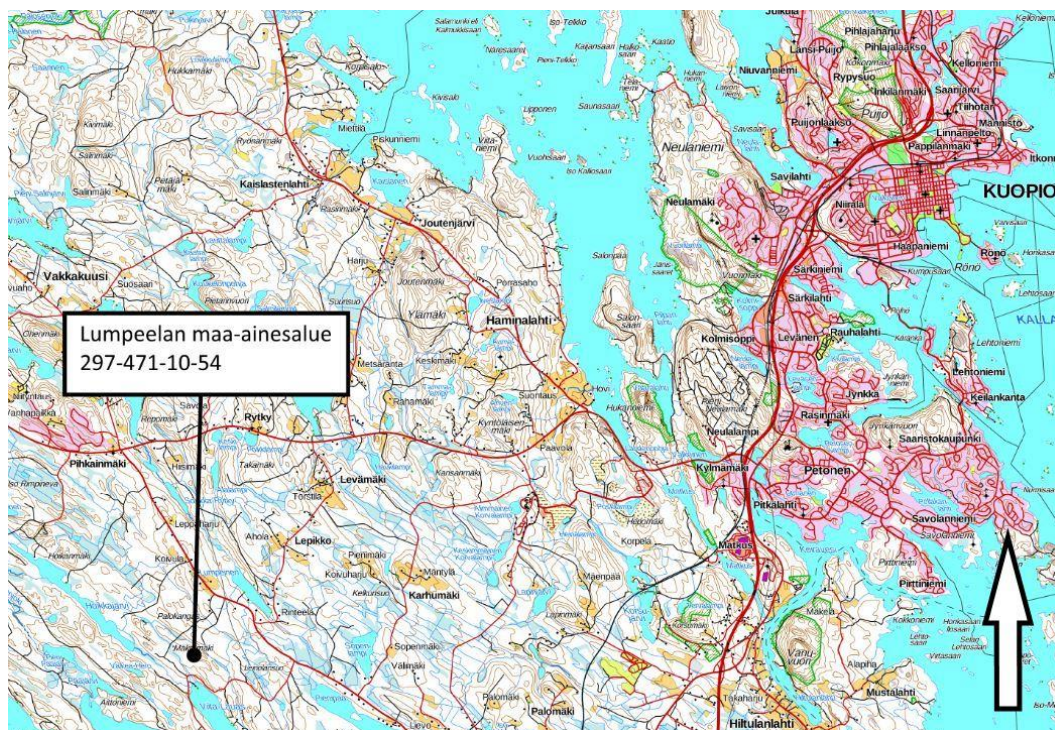
Anturin tehtävänä on kerätä tietoa tarkkailtavasta prosessista tai ympäristöstä. Anturiin kuuluu tuntoelin, mittamuunnin ja mittalähetin. Mittamuunnin muuntaa mitattavan suureen mittausarvot mittausviestiksi. Mittalähetin puolestaan muuntaa mittausarvot lähtöviestiksi, joka on yleensä 4 mA - 20 mA tai 0 V - 10 V. Lähtöviesti muunnetaan mikroprosessorin ja ohjelmistojen avulla mittauksiksi. Mittauksien täytyy olla mahdollisimman tarkkoja ja korjaamattomissa mittauksissa on aina satunnaisia ja systemaattisia virheitä. Mittausepävarmuus on yleensä ilmoitettu prosentteina käytössä olevasta mittausalueesta ja se sisältää satunnaiset ja tuntemattomat systemaattiset virheet. Anturin tarkkuuden mittana käytetään mittausepävarmuutta. Mittausepävarmuus sisältää epälineaarisuuden ja hystereesin. Epälineaarisuus tarkoittaa lähtöviestin poikkeamaa ideaalisuorasta. Hystereesi puolestaan on mittausarvojen ero mitattavan arvon nousu- ja laskusuunnassa. Mittausepävarmuuteen kuuluvat olennaisesti myös toistettavuus, resoluutio ja erotuskynnys. Toistettavuudella esitetään anturin kyky pitää tarkkuutensa mittauksilanteessa. Resoluutiota voidaan kutsua myös erotustarkkuudeksi eli anturin pienimäksi mahdolliseksi askelmuutokseksi. Erotuskynnyksellä tarkoitetaan pienintä mittausarvon muutosta, joka aiheuttaa lähtöviestissä muutoksen. (Honkanen 2013, 1.)

6 LAITTEISTON ASENNUSKOHDE

6.1 Yleiskuvaus mittauslaitteiston asennuskohteesta

Mittauslaitteiston asennuspaikka valikoitui lukuisista Savon Kuljetus Oy:n hallinnoimista maa-aineksen ottoaluevaihtoehdoista siten, että alue, jolle järjestelmä asennettiin testikäyttöön ei ollut liian kaukana. Kohteessa ollut havaintoputkityyppi oli mittausjärjestelmän asentamisen kannalta sopiva, sisähalkaisijaltaan 52 mm ja alue oli helppopääsyinen. Maa-aineksen ottoalue kuului myös pohjaveden velvoitetarkkailun piiriin.

Maa-aineksen ottoalue ja asennuskohde sijaitsevat Kuopion kaupungin Airakselan kylässä Lumpeelan tilalla, osoitteessa Kurkimäentie 1159 ja tilan pinta-ala on 488,3 ha. (kuvio 6.) Koko louhinta-alueen pinta-ala on kokonaisuudessaan noin 10 ha. Alueelta on arvioitu saatavan 540 000 m³ ktr:ta, mutta lupaa on haettu 400 000 m³ ktr kokonaisottomäärälle (Karttulan ympäristölautakunta 2007, Liite 1.)



Kuvio 6. Lumpeelan maa-ainesalueen sijainti. Muokattu lähteestä (Suomen GPS-Mittaus Oy, 2017).

Ottamisalueen pinta-ala on 100 000 m² ja maa-aineksen ottamissyvyys on enintään viisitoista metriä. Arvioitu vuotuinen ottomäärä on noin 20 000 k-m³ ja maa-aineksen kokonaisottoaika on 20 vuotta. Alueen maa-aineslupan hakija, Savon Kuljetus Oy, on jättänyt lupahakemuksen 16.3.2007 Karttulan ympäristölautakuntaan ja myönteinen maa-aineksen ottolupa on saatu 18.7.2007. Maa-aineksen ottaminen tapahtuu kallioperästä louhimalla ja murskaamalla. Kalliosta irrotettavaa louhetta ja siitä jalostettavaa mursketta hyödynnetään erilaisiin rakentamisen ja tienpidon tarpeisiin. Ottotoiminnan välittömässä vaikutuspiirissä ei ole asutusta. Paikka sijaitsee suurehkon metsätilan sisäalueella, joten kuljetusreitti ei tule asuntojen tai työpaikkojen läheisyyteen.

Kurkimäentieltä on oma maantieyhteys maa-aineksen ottoalueelle Lumpeelan tilan maiden kautta. Lähin vesistö sijaitsee noin 650 m päässä. Veden valumissuunta on ei ole suoraan lähimpään vesistöön päin, vaan valunta mutkittelee oja pitkin usean kilometrin matkan ennen päätymistä vesistöön. Alueella ei ole voimassa olevaa asema- tai yleiskaavaa. (Karttulan ympäristölautakunta 2007, Liite 1.)

Maa-ainesalueen ympäristöluvassa määrätään tankkaus- ja huoltotoimialueella, polttoaineiden, voiteluaineiden ja muiden kemikaalien säilytys- ja käsittelyalueella maaperää suojattavan öljyhiilivetyjä ja kemikaaleja kestäväällä muovilla. Muovin päälle täytyy levittää 30 cm:n kerros suojamaata. Toiminnanharjoittajan on seurattava alueen pohjaveden laatua ja pinnankorkeutta. Tarkkailu täytyy toteuttaa pohjaveden virtaussuunnassa yhdestä yläpuolisesta ja yhdestä alapuolisesta pohjavesiputkesta. (Kuopion kaupunki 2011, 17.) Tämän lisäksi ottotoiminnan vaikutuksia tulee seurata alueen läpivirtaavan pintavesiojan yhdestä yläpuolisesta ja yhdestä alapuolisesta tarkkailupisteestä. Toiminnanharjoittajan tulee myös toteuttaa yksityiskohtainen pohja- ja pintavesien tarkkailusuunnitelma ja hyväksyttävä se Kuopion kaupungin ympäristöpalvelulla. (Kuopion kaupunki 2011, 20.)

6.2 Alueen pinta- ja pohjaveden tarkkailusuunnitelma

6.2.1 Alueen vesitilanteen kuvaus

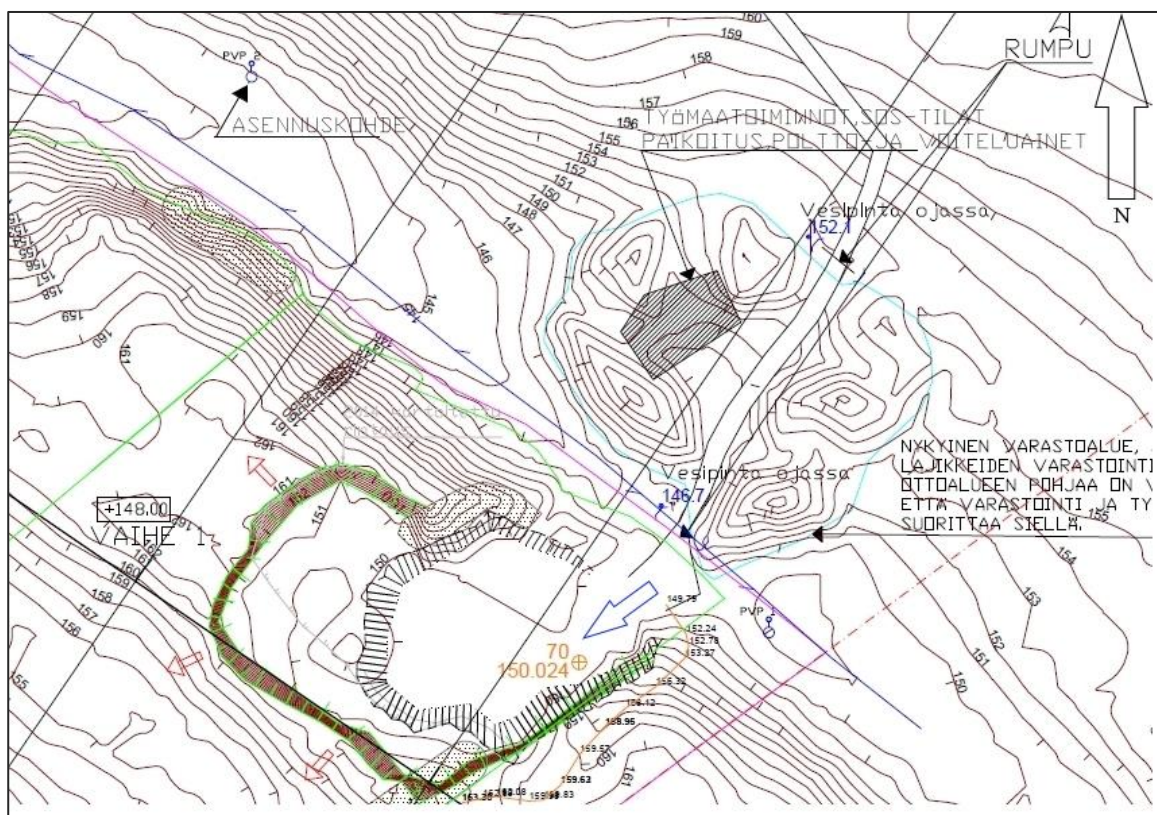
Maa-ainesalue ei sijaitse ympäristöhallinnon luokittelemalla pohjavesialueella ja se ei sijaitse minäkään vesistön välittömässä läheisyydessä. Lähin, luokan 2 pohjavesialue sijaitsee Lumpeelan maa-ainesalueelta noin 5,2 km päässä ja se on pohjaveden hankintaan soveltuva alue. Alueen ympäristölupaa suunniteltaessa on käytetty alueen reunassa kulkevan, kaakkois-luoteissuunnassa kulkevan pintavesiojan vedenpintatietoja. Ojan vedenpinta on keväällä 2010 ollut merenpinnasta +146,70 m tasolla. (Suomen GPS-Mittaus Oy 2013, 3.) Esitetyt pohjaveden pinnankorkeudet ovat N60-korkeusjärjestelmässä.

Pintavesiojan vedet päätyvät luoteessa sijaitsevan Vuorisen metsälammen kautta Hoikkajärveen. Alueella on kaksi pohjaveden havaintoputkea PVP1 ja PVP2 ja ne on asennettu syksyllä 2012. Havaintoputket on asennettu niin, että ne ovat ottoalueen reunalla virtaavan pintavesiojan läheisyydessä. Havaintoputket ovat materiaaliltaan PEH-muovia ja niiden sisähalkaisija on 52 mm. Havaintoputket on asennettu kallioon saakka ja putkien maanpäälle jäävä osa on suojattu teräksisellä ja lukittavalla suojaputkella. Pohjaveden pinnankorkeus havaintoputkissa on vaihdellut siten, että havaintoputkessa 1, PVP1 vedenpinta on ollut +148,01 m - +148,36 m merenpinnasta ja havaintoputkessa 2, PVP2 vedenpinta on ollut +142,95 m - +143,18 m merenpinnasta. Havaintojen perusteella alueen pohjavedenpinta laskee siirtyessä luodetta kohti. Pinnankorkeutta on mitattu havaintoputkesta PVP1 aikavälillä 10.9.2012 - 5.10.2016 kuusi kertaa ja havaintoputkesta kaksi PVP2 pinnankorkeutta on mitattu aikavälillä 16.11.2012 - 5.10.2016 viisi kertaa. (Suomen GPS-Mittaus Oy 2013, 3.) Pohjavesiputkesta PVP1 mitattu ylin pohjavedenpinta on +148,36 m merenpinnasta ja pohjaveteen on jätettävä 2 m suojakerrospaksuus. Tällöin sallittu alin ottotaso ei ole suunnitelmassa esitetyn mukaisesti +148 m merenpinnasta vaiheessa 1, vaan tarkalleen ottaen +150,36 m merenpinnasta. Tämä on

otettu huomioon alueella, koska ottotaso on jätetty suunniteltua tasoa ylemmälle tasolle ottotoiminnan edetessä. (Voutilainen 2017.)

6.2.2 Pohjaveden tarkkailuohjelma ja ottamistoiminta

Pohjaveden laadun- ja pinnankorkeuden tarkkailu tehdään kahdella alueelle asennetulla pohjaveden tarkkailuun tarkoitetulla putkella ja tarkkailun suorittaa Suomen GPS-Mittaus Oy Savon Kuljetus Oy:n toimeksiannosta. Pohjaveden pinnankorkeus mitataan kerran vuodessa kesäkuussa. Mikäli alueella on ollut toimintaa, tehdään pohjaveden laaduntarkkailu myös kesäkuussa (Suomen GPS-Mittaus Oy, 2013) Kuviossa 7 on esitetty maa-aineesalueen tämänhetkinen ottotilanne. Kuvasta nähdään korkeuskäyrät, maa-aineksen ottosuunta - punainen nuoli, tilan raja - punainen pistekatkoviiva, ottoalueen raja - violetti viiva, ottovaiheen 1 raja - vihreä viiva, kaivannaisjätteiden sijoitusalueet, sekä tukitoimialue, johon on sijoitettu työmaatoimitilat, sosiaalitalat, paikoitus sekä poltto- ja voiteluaineiden säilytyspaikat. Kuviossa on esitetty myös pohjaveden havaintoputket PVP1 ja PVP2, johon valittu mittausjärjestelmä asennettiin. (Suomen GPS-Mittaus 2017.) Kuvioon 7 on myös lisätty sinisellä nuolella merkitty kuvan 3 maa-aineksen ottorintauksen katselusuunta.



Kuvio 7. Maa-ainesten ottoalue ja asennuskohde (Muokattu kohteesta Suomen GPS-Mittaus Oy 2017.)



Kuva 3. Maa-aineksen ottoalueen 1-vaiheen rinta

6.3 Maa-ainesten ottotoiminnan ympäristövaikutukset

Kohteelle on tehty luontoselvitys ennen ottotoiminnan aloittamista. Alue ei kuulu valtakunnallisiin suojeluohjelmiin tai Natura 2000-alueeseen, eikä ottotoiminnalla ole luonnonsuojelullisia esteitä. Kohteessa ei myöskään esiinny metsälain 10 §:ssä kuvattuja metsien monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeitä elinympäristöjä. Alueella ei esiinny muita erityisiä luonnonarvoja, uhanalaisia eläin- tai kasvilajeja, tai muita tekijöitä joihin ottotoiminta voisi haitallisesti vaikuttaa. Mahdollista pohjavesien pilaantumista ei aiheudu, kun pohjaveden ja alimman ottotason väliin jätetään vähintään kapaleessa 6.2.1 esitetty suojakerrospaksuus. (Karttulan ympäristölautakunta 2017.)

7 MITTAUSJÄRJESTELMÄ

7.1 Mittalaitteiston tarvemäärittely ja valinta

Ennen online-mittauslaitteistojen kartoittamista Suomen GPS-Mittaus Oy asetti laitteistolle etsintäkriteereiksi, että mittalaitteisto on pystyttävä asentamaan sisähalkaisijaltaan 52 mm olevaan havaintoputkeen, joka on PEH-60-muovia. Laitteistolla täytyi pystyä mittaamaan pohjavedenpinnanvaihteita ilman mittauskohteessa käyntiä. Laitteistolta alun perin vaadittu laatuparametrien mittaus jätettiin pois, koska se vaatisi kohteessa tehtävän havaintoputken tyhjennyspumppauksen. Yritys halusi kartoitettavista mittauslaitteistoista seuraavat tiedot, joiden perusteella mittauslaitteisto mahdollisesti vuokrattaisiin testausta varten:

- Mittauslaitteistoon kuuluvat osat
- Mittauslaitteiston toimintaperiaate
- Mittauslaitteiston käyttämä korkeusjärjestelmä
- Mittauslaitteiston toimintalämpötila ja toimintasyvyys
- Mittauslaitteiston huollontarve
- Toimiiko mittauslaitteisto verkkovirralla tai akulla
- Onnistuuko mittauslaitteiston vuokraus
- Mittauslaitteiston vuokraus- ja ostohinta ohjelmistoiheen
- Mittauslaitteistotoimittajan yhteystiedot

Tarvemäärittelyn jälkeen aloitettiin ympäristömittauspalveluja ja laitteistoja tarjoavien yritysten etsiminen. Potentiaalisia yrityksiä löytyi noin viisitoista. Yritysten löytymisen jälkeen heihin otettiin yhteyttä niin puhelimitse kuin sähköpostitse. Tämän vaiheen aikana potentiaalisia yrityksiä karsiutui pois, koska yrityksillä ei ollut tarjota tarvemäärittelyn mukaisia laitteistoja, yritykset eivät olleet kiinnostuneita laitteistojen vuokraamisesta, se ei kuulunut heidän toimenkuvaansa tai heihin ei saanut mitään yhteyttä.

Viimeiseen valintavaiheeseen vartenotettavia laitteistoja tarjoavia yrityksiä jäi viisi. Suurin lopulliseen valintaan vaikuttava tekijä oli mittalaitteiston vuokrauksen mahdollisuus ja toimitusajan joustavuus, koska monella yrityksellä oli tarjottavanaan samanhintaisia ja samantyyppisiä laitteistoja. Suomen GPS-Mittaus Oy valitsi asennettavaksi ja testattavaksi mittalaitteistoksi kahden viikon testiajalle (18.4.2017-2.5.2017) Profimeas Oy:n toimittaman, Kellerin valmistaman pohjaveden pinnanmittauslaitteiston (kuva 4). Laitteistoon kuuluu Keller GSM-2-lähetin/dataloggeri (GSM-moduuli), Keller PAA-36XW-paineanturi, litiumparisto, Mini-SIM-kortti ja kaapeli paineanturin ja lähetin/dataloggerin välille. Tarkat laitteistospesifikaatiot on esitetty liitteissä 1 ja 2.



Kuva 4. GSM-2-moduuli ja PAA-36XW-paineanturi

7.2 Järjestelmän toimintaperiaate

Keller GSM-moduulissa on integroitu dataloggeri ja GSM-lähetin samaan yksikköön. Moduuli soveltuu kohteisiin, joissa tarvitaan virtaus- tai pinnanmittausta, kuten pohjaveden, kaivojen ja säiliöiden, järvien ja jokien, sekä vedenhankintaan ja jäteveden käsittelyyn liittyvissä sovelluksissa. Moduulissa on 15 mittauskanavaa ja sisäänrakennettu ilmanpaineanturi. Moduuli toimii litium-paristolla ja on vesitiivis. Moduuliin voi liittää RS485 ja SDI-12-rajapintoja käyttäviä antureita. (Keller 2009.) Esimerkiksi Ysin EXO1-sondi käyttää SDI-12-rajapintaa ja siihen voidaan valita neljä, esimerkiksi pH:n, sameuden, sähkönjohtavuuden ja liukoisen hapen mittaavaa anturia lämpötilan ja vedenpinnankorkeuden korkeusmittauksien lisäksi. (GWM-Engineering 2017.)

Keller PAA-36XW-anturin toiminta perustuu piezoresistiiviseen anturielementtiin. Piezoresistiivisessä anturissa piikiteessä olevassa kalvo taipuu veden aiheuttaman hydrostaattisen paineen vuoksi ja aiheuttaa piirissä resistanssin muutoksen. (Keller 2008.) Hydrostaattisen paineen määritelmä on

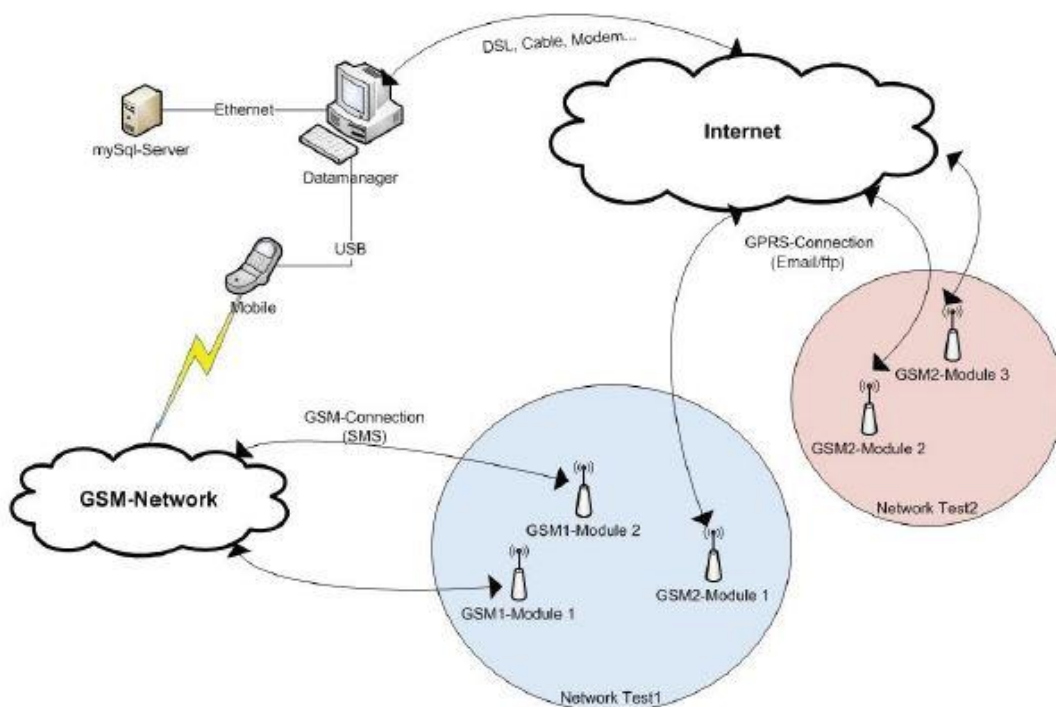
$$p = \rho gh \quad (1)$$

,missä ρ on nesteen tiheys (kg/m^3), g on maan vetovoimakihti (9,81 m/s^2) ja h syvyys vapaan nesteen pinnasta (m). Tästä saadaan laskettua vesipinnankorkeus muodossa

$$h = \frac{p}{\rho g} \quad (2)$$

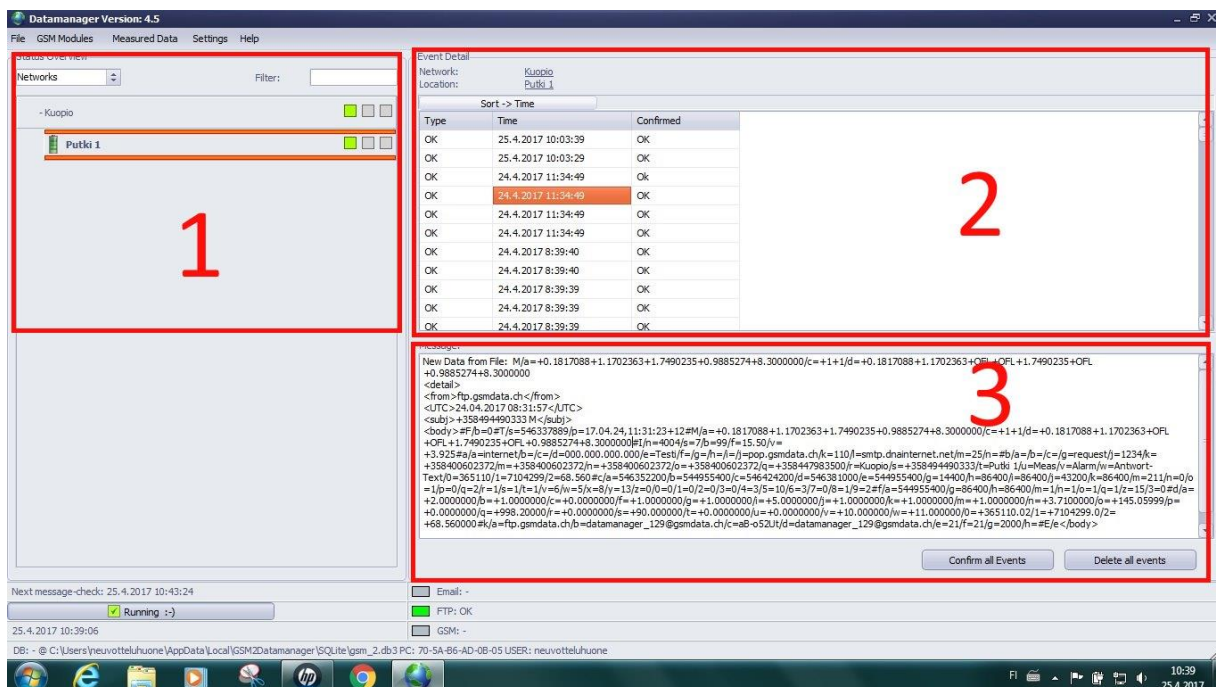
Resistanssin muutos muutetaan lähtöviestiksi, joka voi olla digitaalinen tai analoginen 4 - 20 mA tai 0 - 10 V. Anturi mittaa myös sitä ympäröivän veden lämpötilan, jota tarvitaan lämpötilakompensaatiossa. Anturi laskee lämpötilakompensaatiossa hydrostaattiselle paineelle kolmannen asteen polynomifunktiota käyttäen. Laskennan jälkeen lämpötilakompensoitu hydrostaattisen paineen arvo, vallitsevan ilmanpaineen arvo, veden lämpötila ja ilman lämpötila siirretään GSM-moduulin muistiin ja sieltä edelleen FTP-serverille. (Keller 2008.)

GSM-moduuli käyttää mittausdatan lähetykseen GSM-verkkoa (kuvio 8). Jokainen GSM-moduuli identifioidaan nimellä ja uniikilla GSM-numerolla. Mittaustieto lähetetään sähköpostilla pakettidatana tai tekstiviestillä GSM-moduulilta. Pakettidata siirtyy GPRS-yhteyden yli GSM-moduulilta FTP-serverille, josta Datamanager-ohjelmisto noutaa pakettidatan. Datamanager on keskeinen monitorointi, kontrollointi ja organisointi-ohjelmisto mittausdatan käsittelyssä ja muokkauksessa. Pakettidata on niin kutsuttua raakadataa. Datamanager laskee raakadatatista pinnankorkeuden ja tallettaa tiedon SQLite tai MySQL-tietokantaan. SQLiteä käyttäessä ei tarvitse erillistä serveriä tietokannan käyttämiseen, vaan tietokanta on käyttäjän tietokoneella. (Keller 2010, 4-6.) Tässä työssä käytettiin GPRS-yhteyttä ja SQLite-tietokantaa.



Kuvio 8. Periaatekuva Keller GSM-2-onlinemittausjärjestelmän tiedonsiirrosta. (Keller 2010, 4.)

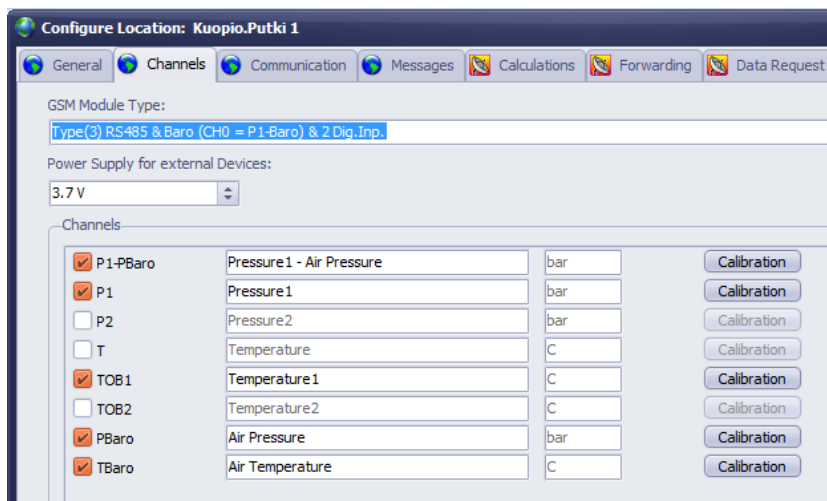
Datamanagerin käyttöliittymän aloitusnäky on esitetty kuvassa 5. Vasemmalla 1 on hallinnoitavissa olevat mittalaitteverkostot ja niiden alla olevat GSM-2-moduulit. Oikealla 2 on FTP-serveriltä noudettujen sähköpostien pakettidatan virheettömyyden tila, saapumisaika ja viestin kuittaus, sekä 3 pakettidatan sisältö.



Kuva 5. Datamanagerin käyttöliittymä

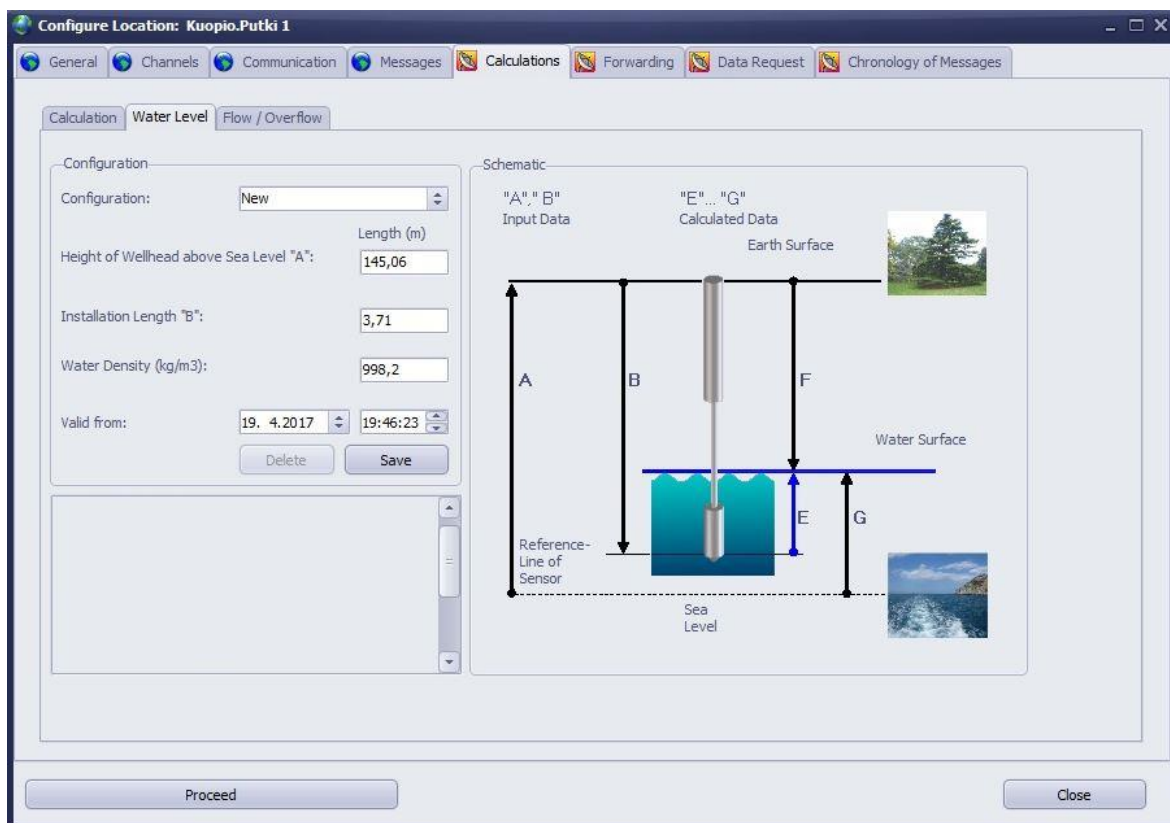
Datamanager ei ole sidottu mihinkään yhteisön tai työpaikan verkkoon, joten tämän ansioista tarkkailukohteen monitorointi onnistuu paikasta riippumatta. FTP-serveriltä haettavan raakadatan saaminen vaatii internet-yhteyden. Aiemmin FTP-serveriltä haettua mittausdataa voidaan tarkastella ilman internet-yhteyttä SQLite-tietokannasta. Tietoa voidaan lukea myös suoraan kentällä GSM-moduulista kannettavalla tietokoneella datakaapelin välityksellä. Raakadata ja pinnankorkeustiedot voidaan tuoda ohjelmasta ulos kuvatiedostoina tai CSV-tiedostoina myöhempää muokkaamista varten. (Sutinen 2017-04-18.)

Tiedonsiirto on kaksisuuntaista, eli Datamanagerilla voidaan vastaanottaa mittausdataa ja lähettää konfiguraatioita GSM-moduulille. Käyttäjä voi saada raakadatan ja Datamanagerissa asetetun hälytyksen tekstiviestin välityksellä puhelimeen, josta tieto voidaan edelleen siirtää USB-liitännän kautta tietokoneelle. Tässä työssä raakadatan oli (kuva 6) paineanturin laskema lämpötilakompensoitu hydrostaattinen paine P1 ja anturin mittaama veden lämpötila TOB1, GSM-moduulin mittaamat valitseva ilmanpaine PBaro ja vallitseva ilmanlämpötila TBaro, sekä varsinaisen pinnankorkeuden laskeamisessa tarvittava lämpötilakompensoitu hydrostaattisen paineen ja vallitsevan ilmanpaineen erotus P1-PBaro. (Sutinen 2017-4-18.)



Kuva 6. Anturin ja GSM-moduulin mittaamat muuttujat

Ennen pohjavedenpinnan laskemista (kuva 7) Datamanageriin täytyy syöttää käsin mitattu pohjaveden pinnankorkeus F , anturin asennussyvyys B ja havaintoputken pään korko merenpinnasta A . Korko on oltava vaaittu N60- tai N2000-korkeusjärjestelmään, jotta tuloksista saadaan paikkansapitäviä. Veden tiheytenä käytettiin arvoa $998,2 \text{ kg/m}^3$. Lähtötietoihin voidaan syöttää myös havaintoputken koordinaatit, jolloin putken sijaintia voidaan tarkastella esimerkiksi Googlemaps:lla. (Keller 2012.)



Kuva 7. Datamanageriin syötettävät lähtötiedot

Lähtötietojen syöttämisen jälkeen Datamanager laskee vedenpinnankorkeuden (E) kaavalla 3

$$E = \frac{\Delta p \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}}{\rho \cdot g} \quad (3)$$

, missä Δp on lämpötilakompensoidun vedenpaineen ja vallitsevan ilmanpaineen erotus (bar), ρ on veden tiheys (kg/m^3) ja g maan vetovoimakiinnoitus (m/s^2).

Tästä edelleen ohjelma laskee pohjavedenpinnan syvyyden tarkkailuputken päästä F kaavalla 4,

$$F = B - E = B - \frac{\Delta p \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}}{\rho \cdot g} \quad (4)$$

, missä B on anturin asennussyvyys havaintoputken päästä mitattuna.

Lopuksi Datamanager laskee pohjaveden G (m) pinnankorkeuden merenpinnasta kaavalla 5

$$G = A - B + E = A - B + \frac{\Delta p \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}}{\rho \cdot g} \quad (5)$$

, missä A on vaaittu havaintoputkenpään korko merenpinnasta. (Keller 2012.)

7.3 Mittalaitteiston asennustoimenpiteet

Profimeas Oy:n toimitusjohtaja ja yhteyshenkilö Heikki Sutinen esiasensi GSM-moduulin käyttövalmiiksi ennen toimitusta Suomen GPS-mittaus Oy:lle. Esivalmisteluihin kuului mittauksissa ja tiedonsiirrossa vaaditut GSM-moduulin vaatimat johdotuksien, pariston ja SIM-kortin asennukset, sekä GSM-tiedonsiirtoasetuksien muokkaaminen erillisellä GSM Configuration-ohjelmistolla. Mittaustulosten tarkastelussa käytettävään kannettavaan tietokoneeseen asennettiin Suomen GPS-Mittaus Oy:n toimesta Datamanager-ohjelmisto ja TeamViewer-etäkäyttö -ohjelmisto. Kannettavassa tietokoneessa oli käytössä Windows 7 -käyttöjärjestelmä.

Mittalaitteiston asennus oli suunniteltu alun perin tehtäväksi pohjavesiputken PVP1, mutta pohjavesiputkessa ei ollut asianmukaista lukkoa, joten asennus tehtiin pohjavesiputken PVP2 (kuvio 6). Pohjavesiputki PVP2:ssa ollut pohjaveden pinta oli noin 3,7 m havaintoputken päästä, joten anturin ja GSM-moduulin välinen kaapeli oli liian pitkä ja se täytyi niputtaa nippusiteillä kuvan 8 mukaisesti, koska muuten kaapelia ei olisi saanut lukitun pohjavesiputken sisään. Laitteiston maastoon asennuksessa ja sen poistamisessa apuna oli Suomen GPS-Mittaus Oy:n ympäristöinsinööri Henri Rytönen.



Kuva 8. Mittalaitteiston niputettu kaapeli

Laitteisto oli helppo asentaa havaintoputkeen (kuva 9). Halkaisijaltaan 52 mm tarkkailuputkeen ei tarvinnut asentaa mitään erillisiä kiinnikkeitä, vaan GSM-moduuli jäi lepäämään kaulusrenkaasta tukevasti havaintoputken reunaan vasten. Kuvassa 10 on esitetty mittausjärjestelmä asennettuna ja toimintavalmiudessa. Mittausjärjestelmän antenni sopi hyvin suljetun ja lukitun suojakuvun sisään.



Kuva 9. Mittalaitteiston asennus pohjavesiputkeen

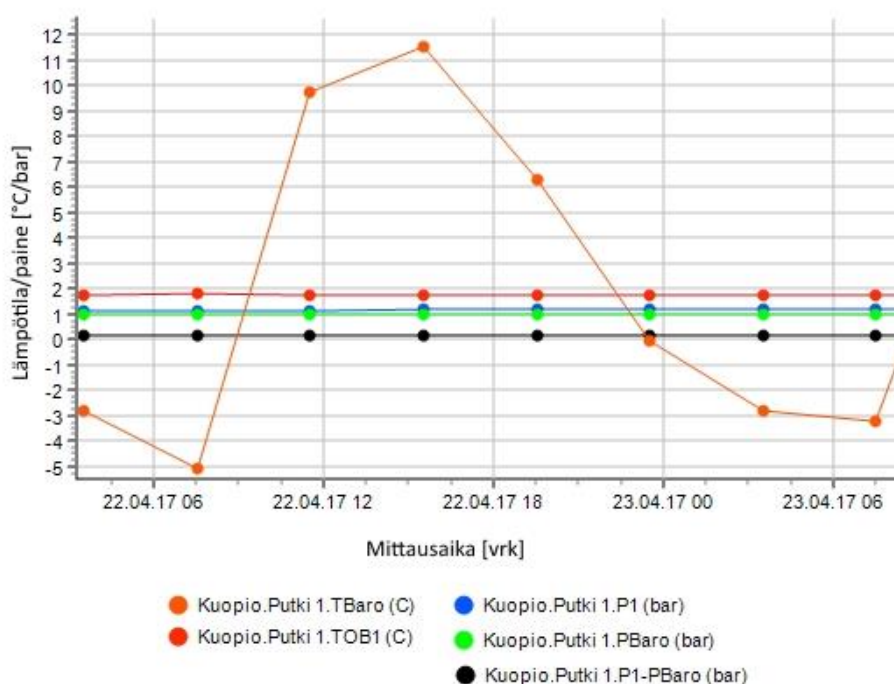


Kuva 10. Mittalaitteisto asennettuna pohjavesiputkeen

Laitteiston maastoon asennuksen jälkeen Heikki Sutinen konfiguroi TeamViewer-etäohjelmistolla Datamanagerin asetukset, sekä opasti ohjelmiston käytössä. Laitteisto poistettiin havaintoputkesta kahden viikon testijakson jälkeen 2.5.2017.

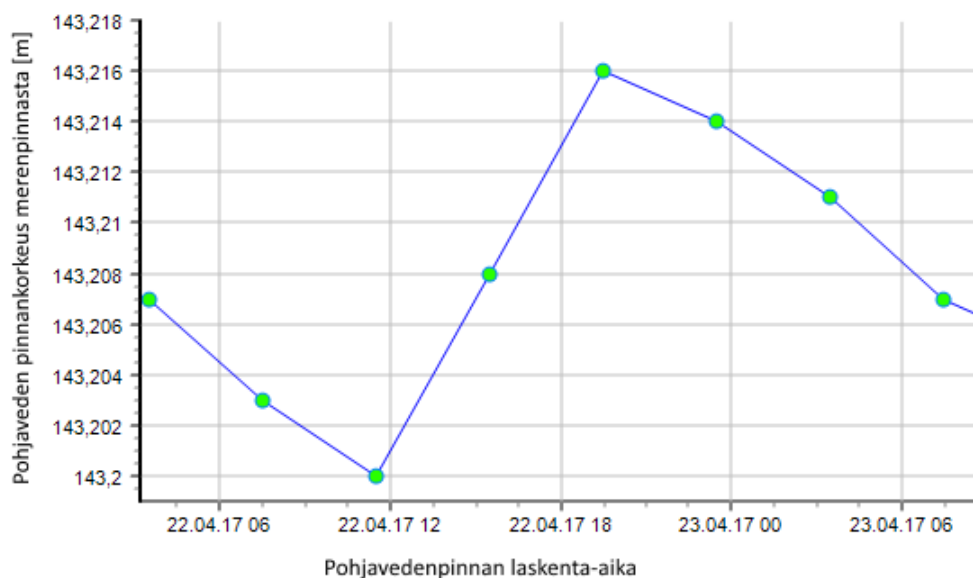
8 TULOKSET JA NIIDEN TULKINTA

Mittalaitteisto oli asennuskohteessa kaksi viikkoa tehden mittaukset kuusi kertaa vuorokaudessa neljälle eri suurelle aikavälillä 18.4.2017 - 2.5.2017. Mittalaitteiston asennusvuorokautena 18.4 Data-manager laski pohjaveden pinnankorkeuden kaksi kertaa ja asennuksen poistovuorokautena laskentoja oli kolme kertaa. Kuvassa 11 on esitetty esimerkki Datamanagerilla FTP-serveriltä vastaanotetusta raakadatasta aikavälillä 22.4.2017 - 23.4.2017. Kuvassa on esitetty GSM-moduulin mitaamat vallitsevan ulkoilman lämpötila TBaro ja vallitseva ilmanpaine PBaro, anturin mitaamat veden lämpötila TOB1 ja lämpötilakompensoitu hydrostaattinen paine P1. Kuvassa on myös hydrostaattisen lämpötilakompensoidun paineen ja vallitsevan ilmanpaineen erotus P1-PBaro. Kuvasta voidaan todeta, että kyseisellä mittausjaksolla lämpötila on vaihdellut yli 16 °C-astetta. Liitteessä 9 on esitetty koko mittausjaksolla mitattu raakadata.



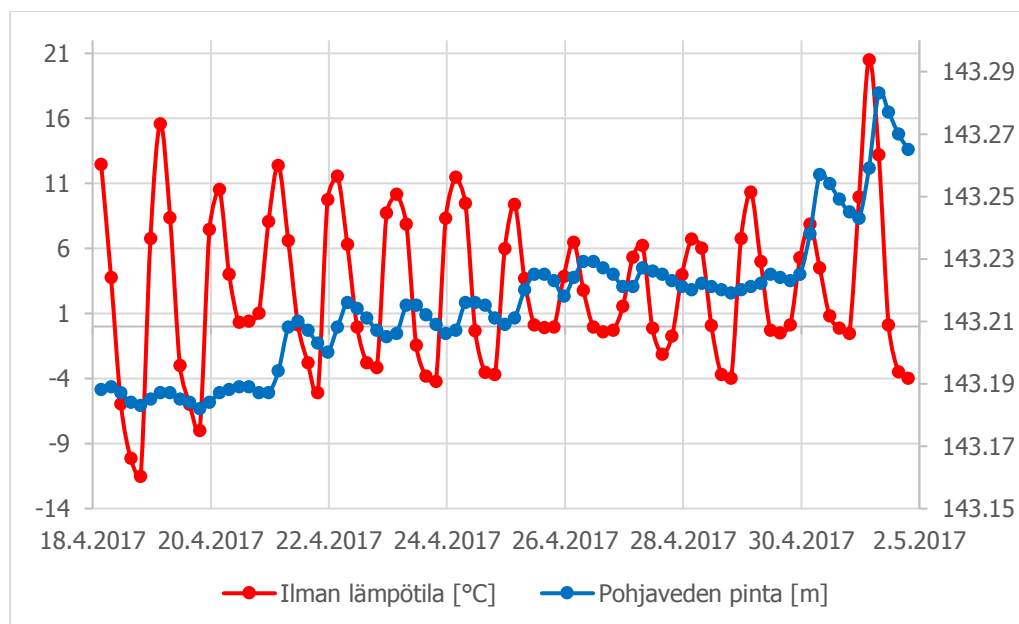
Kuva 11. Datamanagerin FTP-serveriltä noutamaa raakadataa

Kuvassa 12 on esitetty esimerkki Datamanagerin laskemista pohjaveden pinnankorkeuksista ja niiden vaihtelusta ajalla 22.4.2017-23.4.2017. Datamanager tekee pohjavedenpinnankorkeuden laskennan samalle hetkelle, kuin suureet on mitattu maastossa. Pohjavedenpinnan vaihtelut selittyvät lämpötilan vuorokautisilla vaihteluilla. Päivisin lämpötilan nousu sulattaa lunta ja jäätä, jolloin sulamisvedet pääsevät suotautumaan ja virtaamaan paremmin. Tulokset on esitetty N60-korkeusjärjestelmässä. Liitteessä 10 on esitetty koko mittausjaksolta Datamanagerin laskema pohjavedenpinnan vaihtelu.



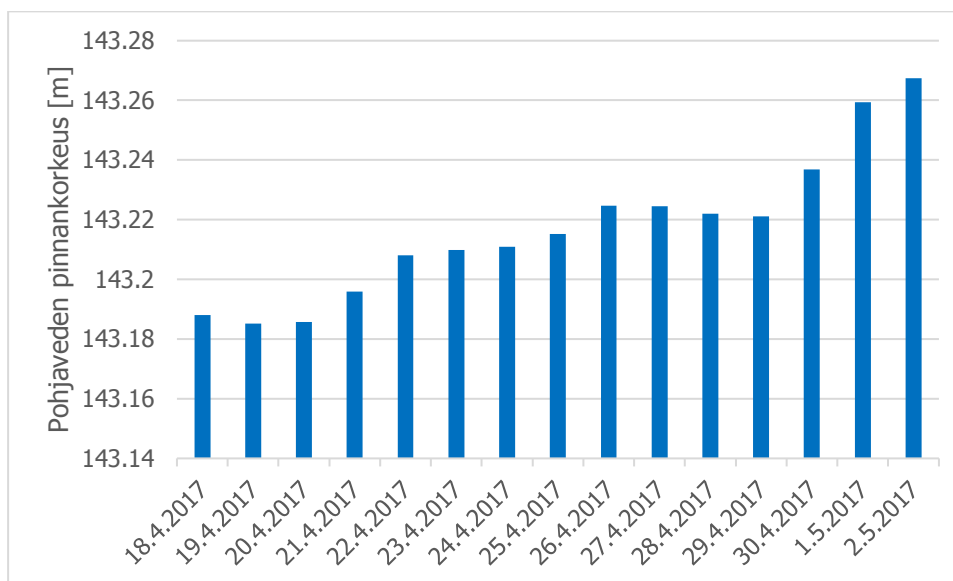
Kuva 12. Datamanagerin laskemat pohjavedenpinnankorkeudet

Kuviossa 9 on esitetty kahden viikon testiajalta 18.4.2017-2.5.2017 pohjaveden pinnanvaihtelut suhteessa havaintokohteessa vallinneeseen ilman lämpötilaan. Kuvioista voidaan huomata, että pohjavedenpinnan nousu ja lasku seuraavat usean tunnin viiveellä ulkolämpötilan vuorokaudellisia vaihteluita. Koko mittausjakson aikana pohjavedenpinnan vaihtelun trendinä on ollut jatkuva nousu.



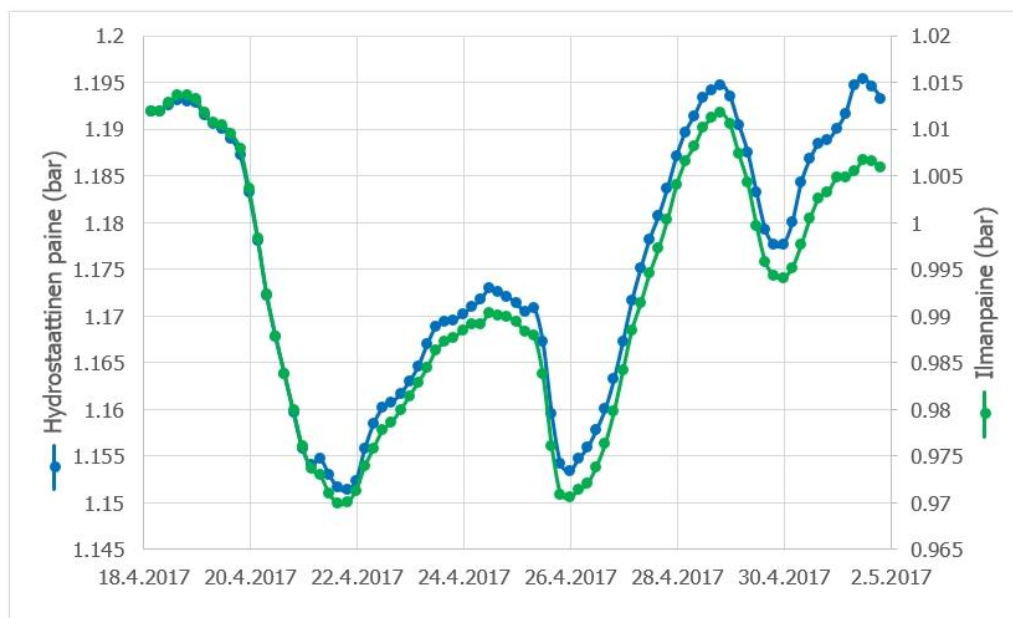
Kuvio 9. Pohjaveden pinnanvaihtelut suhteessa kohteessa vallinneeseen ilman lämpötilaan.

Kuviossa 10 on esitetty pohjavedenpinnan korkeudet vuorokaudessa keskimäärin kahden viikon mittausjaksolla. Kuvioista voidaan todeta selkeästi, että pohjaveden pinnanvaihtelu on ollut noususuhteinen koko mittausjakson ajan.



Kuvio 10. Pohjavedenpinnan pinnankorkeudet vuorokaudessa keskimäärin

Kuviossa 11 on esitetty hydrostaattisen lämpötilakompensoidun paineen ja vallitsevan ilmanpaineen suhde. Kuvioista täytyy huomioida, että hydrostaattisella paineella on eri asteikko kuin ilmanpaineella. Paineet korreloivat toisiaan, koska hydrostaattisen paineeseen vaikuttaa vapaassa vesipinnassa myös ilmanpaine. Ilmanpaineen vaihteluun ovat vaikuttaneet mittauskohteessa vallinneet sääolosuhteet.



Kuvio 11. Lämpötilakompensoidun hydrostaattisen paineen suhde vallitsevaan ilmanpaineeseen

Taulukossa 1 on esitetty mittausjaksolta saadut suureiden minimi- ja maksimiarvot. Pohjavedenpinnan taso on noussut koko mittausjakson perusteella 10,1 cm. Lämpötilan vaihtelu asennuskohteessa on ollut varsin suuri, noin 32 °C-astetta. Tämä johtuu osaltaan havaintoputken asennuspaikasta. Asennuspaikka on muutamia metrejä alempana muuta maa-aineksen ottoaluetta ja tuulelta suojassa olevassa paikassa, jolloin aurinko pääsee lämmittämään havaintoputkea.

Taulukko 1. Mittausjaksolta saadut suureiden minimi- ja maksimit

Suure	Mitattu arvo	Suureiden ero
Alin pohjaveden pinnantas	143.182 m	
Ylin pohjaveden pinnantas	143.283 m	0.101 m
Pienin hydrostaattinen (P1) paine	1.151 bar	
Suurin hydrostaattinen paine (P1)	1.195 bar	0.044 bar
Matalin veden lämpötila (TOB1)	1.70 °C	
Korkein veden lämpötila (TOB1)	1.81 °C	0.11 °C
Matalin vallitseva ilmanpaine (PBaro)	0.969 bar	
Korkein vallitseva ilmanpaine (PBaro)	1.013 bar	0.043 bar
Matalin ilman lämpötila (TBaro)	-11.5 °C	
Korkein ilman lämpötila (TBaro)	20.5 °C	32.04 °C

8.1 Virheenarviointi

Anturi teki mittauskohteessa kuusi mittausjaksoa vuorokaudessa, eli varsin vähän jatkuvatoimiselle mittauslaitteistolle. Mittauksien välissä on siis voinut olla huomattaviakin lämpötilan ja paineen muutoksia, joita nykyisen mittausaajuuden perusteella ei ole havaittu. Mittausaajuuden nostaminen olisi voinut vaikuttaa vuorokauden keskimääräiseen pohjaveden pinnantasoon ja mitattuihin suurimpiin ja pienimpiin suureiden arvoihin.

Anturin valmistajan toimittaman kalibrointilomakkeen mukaan (liite 11) testikäytössä olleelle anturille tehdyn tehdaskalibroinnin perusteella anturin kokonaismittausvirhe on ollut 0,006 % koko mittausalueesta, joka on ollut 0 - 3 bar:ia. Valmistajan antama teoreettinen mittausvirhe koko mittausalueelle on 0,10 % kun käytössä on digitaalinen lähtösignaali. Tehdaskalibroinnin perusteella teoreettinen mittausvirhe jää huomattavasti suuremmaksi. Hydrostaattisen paineen mittausalue on ollut tässä työssä 0,04 bar:ia. Virhe tälle mittausalueelle 0,10 %:n mukaan on 0,0044 bar:ia. Anturi on kalibrointivapaa, kun sitä käytetään olosuhteissa, jotka pysyvät laitteistospesifikaatioiden sisäpuolella (Sutinen 2017).

8.2 Johtopäätökset

Laitteisto toimi luotettavasti kahden viikon ajan asennuskohteessa keväisistä sään vaihteluista ja asennuskohteessa olleesta huonosta verkkoyhteydestä huolimatta. Datamanager-ohjelmisto oli helppokäyttöinen ja mittaus tulokset latautuivat FTP-serveriltä hyvin, eikä niiden käsittelyssä ollut ongelmia. Ohjelmistolla laaditut graafit olivat havainnollisia ja yksittäiseen graafiin on mahdollista ottaa tarkasteluun yhden suureen tai kaikki mitattavat suureet yhtä aikaa. Graafit ovat mahdollista tallentaa

kuvatiedostona ja mittaustulokset voi viedä esimerkiksi CSV-tiedostoon jatkokäsittelyä varten. Data-managerin laskemat pinnankorkeudet olivat todenmukaisia, kun niitä verrattiin pohjavesikortissa olleisiin aiemmin käsin tehtyihin pohjaveden pinnanmittauksiin. GSM-yhteys toimi ja siirsi mittaustulokset, vaikka GSM-signaalin voimakkuus oli koko testausjakson ajan noin 15 - 30 % parhaasta mahdollisesta signaalista. Signaalin heikkous johtui mittauskohteesta olleesta tiheästä puustosta ja maanpinnanmuodoista. Tämän perusteella laitteistoa on mahdollista käyttää myös alueilla, joissa GSM-signaali on heikko. GSM-signaalin ollessa huono, pariston virrankulutus on suurempi ja sen vaihtoväli voi pienetä. Kahden viikon testijakson lopussa Datamanagerin kautta tarkastellessa paristo kului yhden prosentin, joten virrankulutus ei muodostu ongelmaksi huonollakaan GSM-signaalilla.

Pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailuun testattu mittauslaitteisto soveltuu hyvin testijakson perusteella. Testijaksolla käytetty mittaustaajuus oli mielestäni hyvä, koska pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelut saadaan käytetyllä mittaustaajuudella riittävän hyvin selville. Ennen laatuparametrinäytteenottoa havaintoputkille on tehtävä tyhjennyspumppaus ja tämä vaatii kohteessa käynnin ja pumppauksen tekemisen käsin. Tällaisissa kohteissa testatun jatkuvatoimisen mittauslaitteiston käyttöarvoa ei voida täysin hyödyntää. Tämän syyn johdosta opinnäytetyössä keskityttiin ainoastaan pohjaveden pinnanvaihteluiden seurantaan.

Mikäli tarkastellaan säästöjä, jotka syntyvät kohteessa käyntien vähenemisenä, voidaan tarkastella esimerkiksi aluetta, jonka pohjaveden pinnanmittaus on veloitettu tehtäväksi neljä kertaa vuodessa ja alueen maa-aineslupakausi on 10 vuotta. Voidaan laskea, että maa-ainesalueella käytäisiin 10 vuoden ajalla 40 kertaa. Mikäli kyseisellä alueella olisi pohjaveden laaduntarkkailuvelvoite kerran vuodessa, niin alueelle täytyisi käydä ottamassa laatinäytteet 10 kertaa 10 vuoden aikana ja samalla kerralla voidaan mitata myös pohjaveden pinnankorkeus. Tästä voidaan puolestaan todeta, että kohteessa käyntejä säästyy kokonaisuudessaan 30 kertaa 10 vuodessa. Oletetaan, että alueella on yksi pohjaveden tarkkailuputki, maa-ainesten ottoalue sijaitsee 115 km päässä ja kilometrikorvaus on 0,70 €/km. Edestakainen matka on siis 230 km. Matkakustannuksista syntyisi säästöjä seuraavasti $30 * 230 \text{ km} * 0,70 \text{ €/km} = 4\ 830 \text{ €}$. Oletetaan myös, että mittauslaitteisto maksaisi 2 000 € - 3 000 €, niin 10 vuoden aikana kokonaissäästöjä syntyisi, riippuen mittauslaitteiston hinnasta 2 830 € - 1830 €.

Kahden viikon tarkkailujaksolla pohjaveden pinnankorkeudessa tapahtui vuorokaudellisia muutoksia mittaustulosten perusteella, joita käsin tehtävillä mittauksilla ei havaita. Alueen maa-ainesten ottoon testijakson aikana mitatut pohjaveden pinnanvaihtelut eivät vaikuta. Korkein mitattu pohjaveden pinnantaso oli +143,28 m merenpinnasta ja ottotaso on jätetty tasolle +150,36 m merenpinnasta, joten 2 m:n suojausvaatimus alimman ottotason ja pohjaveden pinnan välillä ei alitu. Mittauslaitteiston käyttö voi kustannusten säästön lisäksi joillain alueilla tuoda merkittävää lisätietoa pohjaveden pinnantasosta ja sen muutoksista pohjaveden suojelemiseksi.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli etsiä ja vertailla pohjaveden tarkkailuun soveltuva jatkuvatoiminen mittauslaitteisto ja asentaa se ympäristö- ja maa-aineslupavelvoitteisella maa-aineksen ottoalueella. Työssä piti tutkia myös, että saavutetaanko jatkuvatoimisella pohjaveden tarkkailulla kustannussäästöjä ja saako yritys mittauslaitteiston käytöstä lisäarvoa toimintaansa

Suomen GPS-Mittaus Oy:n asettamat kriteerit omaava jatkuvatoiminen mittauslaitteisto löytyi pitkäjänteisen mittauslaitteistojen hintojen ja ominaisuuksien vertailujen avulla. Tämä prosessi vaati yllättävän paljon aikaa ja paneutumista asiaan. Mittauslaitteiston asennustoimenpiteet ja tulosten tulkinta olivat virkistävä ja mielenkiintoinen lisä opinnäytetyöhön. Mittausjakson aikana oli kiinnostavaa avata mittauksien tarkastelussa käytetty tietokone ja katsoa aamulla ensimmäiseksi, miten pohjaveden pinnantaso on muuttunut kuluneen yön aikana. Mittauslaitteiston kenttäasennuksen lisäksi sain oppia myös käsin tehtävästä pohjaveden pinnanmittaamisesta, koska mittauslaitteiston asennus- ja purkamiskerroilla pohjavedenpinta mitattiin myös käsimittalaitteella. Testatulla mittauslaitteistolla saavutetaan kustannussäästöjä ja lisäarvoa pohjaveden suojelutoimenpiteisiin.

Työn paras anti oli se, että siinä pääsi perehtymään kokonaisvaltaisesti jatkuvatoimisen mittauslaitteiston hankintaprosessin eri vaiheisiin. Työ opetti myös sen, että alkuvaiheessa tehtyyn mittauslaitteiston tarvemäärittelyyn voi tulla muutoksia kesken projektin. Tästä hyvänä esimerkkinä oli laatuparametrinäytteenoton jättäminen pois työstä, koska sen toteuttaminen onlinemittauksena ei olisi täyttänyt pohjaveden laatunäytteenoton periaatteita. Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin ja sen työstäminen oli kokonaisuudessaan opettavainen projekti, jossa pääsi soveltamaan ympäristötekniikan koulutuksen oppeja.

LÄHTEET

ARTIOLA Janick, PEPPER Ian L, BRUSSEAU Mark L. 2004. Environmental Monitoring and Characterization. Elsevier Science & Technology Books

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS. 2013. Pohjavesi. [Verkkoaineisto] [Viitattu 6.3.2017] Saatavissa: <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/pohjavesi/>

GMW-ENGINEERING. 2017. YSI EXO1-sondi. [Verkkoaineisto] [Viitattu 30.4.2017] Saatavissa: <http://www.gwm-engineering.fi/fi/tuoteryhmat/vedenlaatu-ja-virtaamamittaukset/pitkaaikaisseurantaysi-exo-sarjan-sondit/exo1/>

HONKANEN Harri. 2013. Elektroniikan oppimateriaali. Kajaanin ammattikorkeakoulu. [Verkkoaineisto] [Viitattu 30.4.2017] Saatavissa: http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/hon-Har/ma/ELE_A%20N%20T%20U%20R%20I%20T.pdf

ISOMÄKI Eija, VALVE Matti, KIVIMÄKI Anna-Liisa, LAHTI Kirsti. 2006. Pienten pohjavesilaitosten ylläpito ja valvonta. [Verkkoaineisto] [Viitattu 8.3.2017] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38828/YO_PIPOT_2006.pdf?sequence=1

KARTTULAN YMPÄRISTÖLAUTAKUNTA. 2007. Maa-aineslupa. Liite 1. [Suomen GPS-Mittaus Oy:n dokumentti]

KELLER. 2008. Keller PAA-36XW Datasheet. [Verkkoaineisto] [Viitattu 29.3.2017] Saatavissa: http://www.keller-druck.com/picts/pdf/engl/36xw_e.pdf

KELLER. 2009. GSM-2 Remote data transmission. [Verkkoaineisto] [Viitattu 19.4.2017] Saatavissa: http://www.keller-druck.com/picts/pdf/engl/gsm2_leaflet_e.pdf

KELLER. 2010. GSM-2 Datamaneger Manual. [Verkkoaineisto] [Viitattu 20.4.2017] Saatavissa: http://www.keller-druck2.ch/swupdate/InstallerGSM2Datamaneger/manual/MAN_Data-manager_EN_en.pdf

KELLER. 2012. [Datamaneger-ohjelmistossa olevat kaavat] [Viitattu 22.4.2017]

KELLER. 2013. GSM-2 Operating manual. [Verkkoaineisto] [Viitattu 22.4.2017] Saatavissa: http://www.keller-druck2.ch/swupdate/GSMSetup/manual/man_gsm2_e_en.pdf

KUOPIO KAUPUNKI. 2011. Ympäristölupapäätös. [Suomen GPS-Mittaus Oy:n dokumentti]

KUOPIO KAUPUNKI. 2015. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelma yleinen osa. [Verkkoaineisto] [Viitattu 6.3.2017] Saatavissa: <http://publish.kuopio.fi/Kuopio/kokous/2016336903-7-1.PDF>

LONKA Harriet, LOUKOLA-RUSKEENIEMI Kirsti, EHRUKAINEN Eija, GUSTAFSSON Juhani, HONKANEN Mika, HÄRMÄ Paavo, JAUHIAINEN Pekka, KUULA Pirjo, NENONEN Keijo, PELLINEN Terhi, RINTALA Jari, SELONEN Olavi, MARTIKAINEN Mikko, AALTO Mika. 2015. Kiviaines- ja luonnonkiviteollisuuden kehitysnäkymät. [Verkkoaineisto] [Viitattu 12.3.2017] Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75045/TEMjul_54_2015_web_28102015.pdf?sequence=1

MAA-AINESLAKI 24.7.1981/555, [Verkkoaineisto] [Viitattu 14.3.2017] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810555>

OIKEUSMINISTERIÖ. 2017. Finlex-internetpalvelu. [Verkkoaineisto] [Viitattu 15.3.2017] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/>

ORVOMAA Mirjam, MÄKINEN Risto. 2015. Pohjaveden mittaaminen [Verkkoaineisto] [Viitattu 1.4.2017] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B47AFF373-0905-4AC6-B568-D72B5DBE1753%7D/76332>

POHJOISSAVON ELY-KESKUS. 2016. Ohjeita maa-aineslupaviranomaisille. [Suomen GPS-Mittauksen dokumentti]

RÄMÖ Pia, ATTILA Mikko, EHRUKAINEN Eija, ELO Tero, HAKALA Irina, JÄRVINEN Kirsi, KÄRKINEN Hannele, PÄRJÄLÄ Erkki, SAHIVIRTA Elise, SALONOJA Maarit, SJÖBLOM Urho, SORRI Jame, VIITANEN Jukka, YLÄ-OUTINEN Kai. 2010. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa. [Verkkoaineisto] [Viitattu 12.3.2017] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37976/SY25_2010.pdf?sequence=1

RÄSÄNEN Teemu. 2013. Jatkuvatoimisen monitorointitiedon hyödyntäminen. [Verkkoaineisto] [Viitattu 12.3.2017] Saatavissa: <http://docplayer.fi/5684357-Jatkuvatoimisen-monitorointitiedon-hyodyntaminen.html>

SUOMEN GPS-MITTAUS OY. 2013 Lumpeelan maa-ainesalueen pinta- ja pohjaveden tarkkailusuunnitelma. [Suomen GPS-Mittaus Oy:n dokumentti]

SUOMEN GPS-MITTAUS OY. 2015. [Verkkoaineisto] [Viitattu 14.3.2017] Saatavissa: <http://sgmconsulting.fi/>

SUOMEN GPS-MITTAUS OY. 2017. Lumpeelan maa-ainesalueen päivitetty aluekartta. [Suomen GPS-Mittaus Oy:n dokumentti]

SUOMEN VESIYHDISTYS. 2005. Pohjavesitutkimusopas. Käytännönohjeita. [Verkkoaineisto] [Viitattu 2.3.2017] Saatavissa: <https://www.vvy.fi/files/2653/Pohjavesiopas.pdf>

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS. 2008. Pohjavesinäytteenotto. Nykytila ja kehitystarpeet [Verkkoaineisto] [Viitattu 1.4.2017] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38376/SY_48_2008.pdf?sequence=1

SUTINEN Heikki. Profimeas Oy. [2017-4-18] [Puhelinkeskustelu]

TATTARI Sirkka, KOSKIAHO Jari ja TARVAINEN Marjo. 2015. Virtavesien vedenlaadun jatkuvatoiminen mittaaminen. Käytännön opas. [Verkkoaineisto] [Viitattu 20.3.2017] Saatavissa: <http://www.doria.fi/handle/10024/120177>

VALTIOVARAINMINISTERIÖ. 2012. Maa-ainesvero. Selvitys maa-aineveron käyttöönnoton mahdollisuuksista ja tarkoituksenmukaisuudesta. [Verkkoaineisto] [Viitattu 9.3.2017] Saatavissa: <http://www.vm.fi/dms-portlet/document/0/397878>

VOUTILAINEN Sanna. [2107-5-16] [Sähköpostiviesti]

YMPÄRISTÖHALLINTO. 2015. Maa-ainesten ottamista koskeva lainsäädäntö. [Verkkoaineisto] [Viitattu 22.3.2017] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Maaainesten_ottamiseen_liittyva_ilmoitus_ja_luvat/Maaainesten_ottamista_koskeva_lainsaadanto

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ. 2016. Ohje maa-aineslain ja ympäristösuojelulain mukaisen luvan yhteiskäsittelystä. [Verkkoaineisto] [Viitattu 20.3.2017] Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/name/%7B1E58D589-8CB0-45A7-8534-6D5437201E2F%7D/118329>

YMPÄRISTÖNSUOJELULAKI 27.6.2014/527 [Verkkoaineisto] [Viitattu 15.3.2017] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

LIITE 1: KELLER GSM-2-MODUULIN LAITTEISTOTIEDOT



KELLER

Specifications GSM-2

Field of Application	Installation in 2" tubes for measuring groundwater levels (corresponding accessories available – e.g. level sealing cap)	
Connection	1 cable gland (cable diameter of 3,5...6,5 mm)	
Level Sensor	Diverse level sensors, preferably with a digital RS485 interface: Series 36 XW, 36 Xi W (CTD), 46 X (measures pressure, temperature and, if necessary, conductivity)	
Interfaces / Measuring inputs	RS 485 KELLER-BUS SDI12 for the YSI multi-parameter sensor / 2 x voltage inputs (0...2,5 VDC, 10-bit resolution) 2 x digital input (alarm input / counter input)	
Power Supply for Sensors	12 V / 5 V / 3,7 V	
Atmospheric Pressure Sensor (integrated)	Measurement Range:	0,8...1,2 bar abs.
	Resolution:	ca. 0,03 mbar
	Accuracy Pressure (-20...50 °C):	max. ± 2 mbar
	Long-Term Stability:	1 mbar/year
	Accuracy Temperature (-20...50 °C):	max. ± 2 °C
Operating Temperature	-20...50 °C / optional -30 °C	
Supply	Lithium Battery type DD 3,9 V / 35 Ah	
GSM Band	(Quad-Band) 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz	
GSM Network	2,5 G / GPRS	
SIM Card	Mini-SIM (ID-000, 25 x 15 mm)	
Mode of Transmission	SMS, E-Mail (POP, SMTP), FTP	
Antenna Interface	SMA Connector (female)	
Shortest Measuring / Transmission Rate	1 minute	
Database	> 28'000 measuring values with time indication (2 MBit)	
Battery life ¹⁾	Up to 10 years with 1 measurement per hour and 1 transmission per day	
Configuration Interface	RS 485; type of connector Fischer DEE 103A054	
Housing / Seals	Stainless Steel 316L (DIN 1.4435) / Viton®, Nitrile	
Dimensions Housing	48 x 330 mm (diameter x height)	
Protection	IP65 / Optional IP67	
Weight	≈ 1,5 kg	



¹⁾ External influences and reception quality can lower battery service life.

LIITE 2: KELLER PAA-36XW-ANTURIN LAITTEISTOTIEDOT



KELLER

Specifications

	STANDARD PRESSURE RANGES (FS) AND OVERPRESSURE IN BAR			
	1	3	10	30
PR-36 X W	1	3	10	30
PAA-36 X W	1	3	10	30
Overpressure	3	5	20	60

	(digital)	(analog)	(analog)
Output	RS 485	4...20 mA (2-wire)	0...10 V (3-wire)
Supply (U)	8...28 Vcc	8...28 Vcc	13...28 Vcc
Accuracy, Error Band ¹⁾ (0...50 °C)	0,1 %FS	0,15 %FS	0,15 %FS

¹⁾ Linearity + Hysteresis + Repeatability + Temp. Coeff. + Zero + Span Tolerance

Linearity (best straight line)	0,025 %FS
True Output Rate	100 Hz
Resolution	0,002 %FS
Long Term Stability typ.	Range ≤ 1 bar: 1 mbar Range > 1 bar: 0,1 %FS
Load Resistance (Ω)	< (U - 7 V) / 0,02 A (2-wire) > 5'000 (3-wire)
Electrical Connection	Cable: Polyethylene (PE), vented
Insulation	> 100 MΩ / 50 V
Storage-/Operating Temperature Range	-20...80 °C
Pressure Endurance	10 Million Pressure Cycles 0...100 %FS at 25 °C
Vibration Endurance, IEC 68-2-6	20 g (5...2000 Hz, max. amplitude ± 3 mm)
Shock Endurance	20 g (11 ms)
Protection	IP 68
CE-Conformity	EN 61000-6-1 to -6-4
Material in Contact with Media	Stainless Steel 316L (DIN 1.4435) / Viton® / PE
Weight (without cable)	≈ 200 g
Dead Volume Change	< 0,1 mm ³

Remark: - RS485 pins (for digital output and for programming) is available on all types.

Options: - Switch output, programmable via interface
- Special calculations with pressure and temperature
- Different housing-material, oil filling or pressure thread

Note: The ranges 100, 200 or 500 mbar are realized with the 1 bar transmitter. Accuracy for these ranges is ± 1 mbar (0...50 °C)

All intermediate ranges for the analog output are realizable with no surcharge by spreading the standard ranges.

Option: Adjustment directly to intermediate ranges against surcharge.

Polynomial Compensation

This uses a mathematical model to derive the precise pressure value (P) from the signals measured by the pressure sensor (S) and the temperature sensor (T). The microprocessor in the transmitter calculates P using the following polynomial:

$$P(S,T) = A(T) \cdot S^3 + B(T) \cdot S^2 + C(T) \cdot S + D(T) \cdot S^3$$

With the following coefficients A(T)...D(T) depending on the temperature:

$$A(T) = A_0 \cdot T^0 + A_1 \cdot T^1 + A_2 \cdot T^2 + A_3 \cdot T^3$$

$$B(T) = B_0 \cdot T^0 + B_1 \cdot T^1 + B_2 \cdot T^2 + B_3 \cdot T^3$$

$$C(T) = C_0 \cdot T^0 + C_1 \cdot T^1 + C_2 \cdot T^2 + C_3 \cdot T^3$$

$$D(T) = D_0 \cdot T^0 + D_1 \cdot T^1 + D_2 \cdot T^2 + D_3 \cdot T^3$$

The transmitter is factory-tested at various levels of pressure and temperature. The corresponding measured values of S, together with the exact pressure and temperature values, allow the coefficients A₀...D₃ to be calculated. These are written into the EEPROM of the microprocessor.

When the pressure transmitter is in service, the microprocessor measures the signals (S) and (T), calculates the coefficients according to the temperature and produces the exact pressure value by solving the P(S,T) equation.

Calculations and conversions are performed at least 400 times per second.

LIITE 3: DATAMANANGERIN LASKEMAT POHJAVEDENPINNANKORKEUDET MERENPINNASTA

Kohde	Laskenta-aika	Pohjaveden pinnankorkeus merenpinnasta (m)	Kohde	Laskenta-aika	Pohjaveden pinnankorkeus merenpinnasta (m)
Putki 1 2	18.4.2017 15:30	143.188	Putki 1 2	25.4.2017 19:30	143.22
Putki 1 2	18.4.2017 19:30	143.189	Putki 1 2	25.4.2017 23:30	143.225
Putki 1 2	18.4.2017 23:30	143.187	Putki 1 2	26.4.2017 3:30	143.225
Putki 1 2	19.4.2017 3:30	143.184	Putki 1 2	26.4.2017 7:30	143.223
Putki 1 2	19.4.2017 7:30	143.183	Putki 1 2	26.4.2017 11:30	143.218
Putki 1 2	19.4.2017 11:30	143.185	Putki 1 2	26.4.2017 15:30	143.224
Putki 1 2	19.4.2017 15:30	143.187	Putki 1 2	26.4.2017 19:30	143.229
Putki 1 2	19.4.2017 19:30	143.187	Putki 1 2	26.4.2017 23:30	143.229
Putki 1 2	19.4.2017 23:30	143.185	Putki 1 2	27.4.2017 3:30	143.227
Putki 1 2	20.4.2017 3:30	143.184	Putki 1 2	27.4.2017 7:30	143.225
Putki 1 2	20.4.2017 7:30	143.182	Putki 1 2	27.4.2017 11:30	143.221
Putki 1 2	20.4.2017 11:30	143.184	Putki 1 2	27.4.2017 15:30	143.221
Putki 1 2	20.4.2017 15:30	143.187	Putki 1 2	27.4.2017 19:30	143.227
Putki 1 2	20.4.2017 19:30	143.188	Putki 1 2	27.4.2017 23:30	143.226
Putki 1 2	20.4.2017 23:30	143.189	Putki 1 2	28.4.2017 3:30	143.225
Putki 1 2	21.4.2017 3:30	143.189	Putki 1 2	28.4.2017 7:30	143.223
Putki 1 2	21.4.2017 7:30	143.187	Putki 1 2	28.4.2017 11:30	143.221
Putki 1 2	21.4.2017 11:30	143.187	Putki 1 2	28.4.2017 15:30	143.22
Putki 1 2	21.4.2017 15:30	143.194	Putki 1 2	28.4.2017 19:30	143.222
Putki 1 2	21.4.2017 19:30	143.208	Putki 1 2	28.4.2017 23:30	143.221
Putki 1 2	21.4.2017 23:30	143.21	Putki 1 2	29.4.2017 3:30	143.22
Putki 1 2	22.4.2017 3:30	143.207	Putki 1 2	29.4.2017 7:30	143.219
Putki 1 2	22.4.2017 7:30	143.203	Putki 1 2	29.4.2017 11:30	143.22
Putki 1 2	22.4.2017 11:30	143.2	Putki 1 2	29.4.2017 15:30	143.221
Putki 1 2	22.4.2017 15:30	143.208	Putki 1 2	29.4.2017 19:30	143.222
Putki 1 2	22.4.2017 19:30	143.216	Putki 1 2	29.4.2017 23:30	143.225
Putki 1 2	22.4.2017 23:30	143.214	Putki 1 2	30.4.2017 3:30	143.224
Putki 1 2	23.4.2017 3:30	143.211	Putki 1 2	30.4.2017 7:30	143.223
Putki 1 2	23.4.2017 7:30	143.207	Putki 1 2	30.4.2017 11:30	143.225
Putki 1 2	23.4.2017 11:30	143.205	Putki 1 2	30.4.2017 15:30	143.238
Putki 1 2	23.4.2017 15:30	143.206	Putki 1 2	30.4.2017 19:30	143.257
Putki 1 2	23.4.2017 19:30	143.215	Putki 1 2	30.4.2017 23:30	143.254
Putki 1 2	23.4.2017 23:30	143.215	Putki 1 2	1.5.2017 3:30	143.249
Putki 1 2	24.4.2017 3:30	143.212	Putki 1 2	1.5.2017 7:30	143.245
Putki 1 2	24.4.2017 7:30	143.209	Putki 1 2	1.5.2017 11:30	143.243
Putki 1 2	24.4.2017 11:30	143.206	Putki 1 2	1.5.2017 15:30	143.259
Putki 1 2	24.4.2017 15:30	143.207	Putki 1 2	1.5.2017 19:30	143.283
Putki 1 2	24.4.2017 19:30	143.216	Putki 1 2	1.5.2017 23:30	143.277
Putki 1 2	24.4.2017 23:30	143.216	Putki 1 2	2.5.2017 3:30	143.27
Putki 1 2	25.4.2017 3:30	143.215	Putki 1 2	2.5.2017 7:30	143.265
Putki 1 2	25.4.2017 7:30	143.211			
Putki 1 2	25.4.2017 11:30	143.209			
Putki 1 2	25.4.2017 15:30	143.211			

LIITE 4: LÄMPÖTILAKOMPENSOIDUN HYDROSTAATTISEN PAINEN JA VALLITSEVAN ILMANPAINEN EROTUKSET

Mittuasbarometri	Mittausaika	Paine-ero (bar)	Mittuasbarometri	Mittausaika	Paine-ero (bar)
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	18.4.2017 15:30	0.179955	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	25.4.2017 19:30	0.183006
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	18.4.2017 19:30	0.179993	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	25.4.2017 23:30	0.18354
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	18.4.2017 23:30	0.179817	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	26.4.2017 3:30	0.18351
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	19.4.2017 3:30	0.17955	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	26.4.2017 7:30	0.183304
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	19.4.2017 7:30	0.17944	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	26.4.2017 11:30	0.182861
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	19.4.2017 11:30	0.179596	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	26.4.2017 15:30	0.183392
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	19.4.2017 15:30	0.179829	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	26.4.2017 19:30	0.183907
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	19.4.2017 19:30	0.179844	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	26.4.2017 23:30	0.183949
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	19.4.2017 23:30	0.17963	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	27.4.2017 3:30	0.183704
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	20.4.2017 3:30	0.179497	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	27.4.2017 7:30	0.183491
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	20.4.2017 7:30	0.179337	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	27.4.2017 11:30	0.183144
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	20.4.2017 11:30	0.179493	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	27.4.2017 15:30	0.183136
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	20.4.2017 15:30	0.17984	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	27.4.2017 19:30	0.183723
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	20.4.2017 19:30	0.179913	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	27.4.2017 23:30	0.183662
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	20.4.2017 23:30	0.179993	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	28.4.2017 3:30	0.183491
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	21.4.2017 3:30	0.180046	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	28.4.2017 7:30	0.183319
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	21.4.2017 7:30	0.179836	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	28.4.2017 11:30	0.183125
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	21.4.2017 11:30	0.179844	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	28.4.2017 15:30	0.183094
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	21.4.2017 15:30	0.180515	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	28.4.2017 19:30	0.183262
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	21.4.2017 19:30	0.181828	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	28.4.2017 23:30	0.18314
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	21.4.2017 23:30	0.182022	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	29.4.2017 3:30	0.183002
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	22.4.2017 3:30	0.18177	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	29.4.2017 7:30	0.182991
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	22.4.2017 7:30	0.181335	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	29.4.2017 11:30	0.183025
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	22.4.2017 11:30	0.181103	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	29.4.2017 15:30	0.183098
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	22.4.2017 15:30	0.181911	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	29.4.2017 19:30	0.183258
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	22.4.2017 19:30	0.18264	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	29.4.2017 23:30	0.183544
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	22.4.2017 23:30	0.182442	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	30.4.2017 3:30	0.183437
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	23.4.2017 3:30	0.182167	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	30.4.2017 7:30	0.183319
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	23.4.2017 7:30	0.181793	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	30.4.2017 11:30	0.183559
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	23.4.2017 11:30	0.181618	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	30.4.2017 15:30	0.184837
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	23.4.2017 15:30	0.181713	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	30.4.2017 19:30	0.18668
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	23.4.2017 19:30	0.182541	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	30.4.2017 23:30	0.186382
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	23.4.2017 23:30	0.182549	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	1.5.2017 3:30	0.185844
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	24.4.2017 3:30	0.182232	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	1.5.2017 7:30	0.18552
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	24.4.2017 7:30	0.181927	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	1.5.2017 11:30	0.185284
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	24.4.2017 11:30	0.181705	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	1.5.2017 15:30	0.186817
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	24.4.2017 15:30	0.181759	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	1.5.2017 19:30	0.189236
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	24.4.2017 19:30	0.182625	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	1.5.2017 23:30	0.18866
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	24.4.2017 23:30	0.182697	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	2.5.2017 3:30	0.187946
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	25.4.2017 3:30	0.182533	Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	2.5.2017 7:30	0.187447
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	25.4.2017 7:30	0.182209			
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	25.4.2017 11:30	0.182011			
Kuopio.Putki 1.P1-PBaro	25.4.2017 15:30	0.182163			

LIITE 5: ANTURN MITTAAMAT LÄMPÖTILAKOMPENSOIDUT HYDROSTAATTISET PAINEET

Mittausbarometri	Mittausaika	Hydrostaattinen paine (bar)	Mittausbarometri	Mittausaika	Hydrostaattinen paine (bar)
Kuopio.Putki 1.P1	18.4.2017 15:30	1.19193	Kuopio.Putki 1.P1	25.4.2017 19:30	1.1709
Kuopio.Putki 1.P1	18.4.2017 19:30	1.19193	Kuopio.Putki 1.P1	25.4.2017 23:30	1.16733
Kuopio.Putki 1.P1	18.4.2017 23:30	1.19263	Kuopio.Putki 1.P1	26.4.2017 3:30	1.15958
Kuopio.Putki 1.P1	19.4.2017 3:30	1.19318	Kuopio.Putki 1.P1	26.4.2017 7:30	1.15421
Kuopio.Putki 1.P1	19.4.2017 7:30	1.19305	Kuopio.Putki 1.P1	26.4.2017 11:30	1.15341
Kuopio.Putki 1.P1	19.4.2017 11:30	1.19284	Kuopio.Putki 1.P1	26.4.2017 15:30	1.15472
Kuopio.Putki 1.P1	19.4.2017 15:30	1.19159	Kuopio.Putki 1.P1	26.4.2017 19:30	1.15591
Kuopio.Putki 1.P1	19.4.2017 19:30	1.19058	Kuopio.Putki 1.P1	26.4.2017 23:30	1.15778
Kuopio.Putki 1.P1	19.4.2017 23:30	1.19012	Kuopio.Putki 1.P1	27.4.2017 3:30	1.16003
Kuopio.Putki 1.P1	20.4.2017 3:30	1.18903	Kuopio.Putki 1.P1	27.4.2017 7:30	1.16327
Kuopio.Putki 1.P1	20.4.2017 7:30	1.18729	Kuopio.Putki 1.P1	27.4.2017 11:30	1.1673
Kuopio.Putki 1.P1	20.4.2017 11:30	1.1832	Kuopio.Putki 1.P1	27.4.2017 15:30	1.1716
Kuopio.Putki 1.P1	20.4.2017 15:30	1.17813	Kuopio.Putki 1.P1	27.4.2017 19:30	1.17511
Kuopio.Putki 1.P1	20.4.2017 19:30	1.17221	Kuopio.Putki 1.P1	27.4.2017 23:30	1.17825
Kuopio.Putki 1.P1	20.4.2017 23:30	1.16779	Kuopio.Putki 1.P1	28.4.2017 3:30	1.18073
Kuopio.Putki 1.P1	21.4.2017 3:30	1.16379	Kuopio.Putki 1.P1	28.4.2017 7:30	1.18369
Kuopio.Putki 1.P1	21.4.2017 7:30	1.15973	Kuopio.Putki 1.P1	28.4.2017 11:30	1.1871
Kuopio.Putki 1.P1	21.4.2017 11:30	1.15585	Kuopio.Putki 1.P1	28.4.2017 15:30	1.1897
Kuopio.Putki 1.P1	21.4.2017 15:30	1.15411	Kuopio.Putki 1.P1	28.4.2017 19:30	1.19144
Kuopio.Putki 1.P1	21.4.2017 19:30	1.15479	Kuopio.Putki 1.P1	28.4.2017 23:30	1.19336
Kuopio.Putki 1.P1	21.4.2017 23:30	1.15305	Kuopio.Putki 1.P1	29.4.2017 3:30	1.19418
Kuopio.Putki 1.P1	22.4.2017 3:30	1.15167	Kuopio.Putki 1.P1	29.4.2017 7:30	1.19479
Kuopio.Putki 1.P1	22.4.2017 7:30	1.15137	Kuopio.Putki 1.P1	29.4.2017 11:30	1.19357
Kuopio.Putki 1.P1	22.4.2017 11:30	1.15237	Kuopio.Putki 1.P1	29.4.2017 15:30	1.19052
Kuopio.Putki 1.P1	22.4.2017 15:30	1.15579	Kuopio.Putki 1.P1	29.4.2017 19:30	1.18756
Kuopio.Putki 1.P1	22.4.2017 19:30	1.15851	Kuopio.Putki 1.P1	29.4.2017 23:30	1.18326
Kuopio.Putki 1.P1	22.4.2017 23:30	1.16019	Kuopio.Putki 1.P1	30.4.2017 3:30	1.1792
Kuopio.Putki 1.P1	23.4.2017 3:30	1.16077	Kuopio.Putki 1.P1	30.4.2017 7:30	1.17764
Kuopio.Putki 1.P1	23.4.2017 7:30	1.16168	Kuopio.Putki 1.P1	30.4.2017 11:30	1.17767
Kuopio.Putki 1.P1	23.4.2017 11:30	1.16302	Kuopio.Putki 1.P1	30.4.2017 15:30	1.18002
Kuopio.Putki 1.P1	23.4.2017 15:30	1.16461	Kuopio.Putki 1.P1	30.4.2017 19:30	1.18427
Kuopio.Putki 1.P1	23.4.2017 19:30	1.16696	Kuopio.Putki 1.P1	30.4.2017 23:30	1.18683
Kuopio.Putki 1.P1	23.4.2017 23:30	1.16888	Kuopio.Putki 1.P1	1.5.2017 3:30	1.18851
Kuopio.Putki 1.P1	24.4.2017 3:30	1.16943	Kuopio.Putki 1.P1	1.5.2017 7:30	1.18881
Kuopio.Putki 1.P1	24.4.2017 7:30	1.16959	Kuopio.Putki 1.P1	1.5.2017 11:30	1.19009
Kuopio.Putki 1.P1	24.4.2017 11:30	1.17023	Kuopio.Putki 1.P1	1.5.2017 15:30	1.19171
Kuopio.Putki 1.P1	24.4.2017 15:30	1.17096	Kuopio.Putki 1.P1	1.5.2017 19:30	1.19476
Kuopio.Putki 1.P1	24.4.2017 19:30	1.17175	Kuopio.Putki 1.P1	1.5.2017 23:30	1.1954
Kuopio.Putki 1.P1	24.4.2017 23:30	1.17297	Kuopio.Putki 1.P1	2.5.2017 3:30	1.19458
Kuopio.Putki 1.P1	25.4.2017 3:30	1.17264	Kuopio.Putki 1.P1	2.5.2017 7:30	1.19333
Kuopio.Putki 1.P1	25.4.2017 7:30	1.17209			
Kuopio.Putki 1.P1	25.4.2017 11:30	1.17145			
Kuopio.Putki 1.P1	25.4.2017 15:30	1.17047			

LIITE 6: ANTURIN MITTAAMAT VEDEN LÄMPÖTILAT

Mittausbarometri	Mittausaika	Veden lämpötila (°C)	Mittausbarometri	Mittausaika	Veden lämpötila (°C)
Kuopio.Putki 1.TOB1	18.4.2017 15:30	1.81104	Kuopio.Putki 1.TOB1	25.4.2017 19:30	1.73096
Kuopio.Putki 1.TOB1	18.4.2017 19:30	1.81104	Kuopio.Putki 1.TOB1	25.4.2017 23:30	1.74902
Kuopio.Putki 1.TOB1	18.4.2017 23:30	1.75586	Kuopio.Putki 1.TOB1	26.4.2017 3:30	1.75977
Kuopio.Putki 1.TOB1	19.4.2017 3:30	1.71973	Kuopio.Putki 1.TOB1	26.4.2017 7:30	1.7417
Kuopio.Putki 1.TOB1	19.4.2017 7:30	1.73779	Kuopio.Putki 1.TOB1	26.4.2017 11:30	1.7417
Kuopio.Putki 1.TOB1	19.4.2017 11:30	1.73779	Kuopio.Putki 1.TOB1	26.4.2017 15:30	1.7417
Kuopio.Putki 1.TOB1	19.4.2017 15:30	1.75586	Kuopio.Putki 1.TOB1	26.4.2017 19:30	1.75977
Kuopio.Putki 1.TOB1	19.4.2017 19:30	1.79297	Kuopio.Putki 1.TOB1	26.4.2017 23:30	1.72363
Kuopio.Putki 1.TOB1	19.4.2017 23:30	1.75586	Kuopio.Putki 1.TOB1	27.4.2017 3:30	1.75977
Kuopio.Putki 1.TOB1	20.4.2017 3:30	1.76709	Kuopio.Putki 1.TOB1	27.4.2017 7:30	1.7417
Kuopio.Putki 1.TOB1	20.4.2017 7:30	1.78516	Kuopio.Putki 1.TOB1	27.4.2017 11:30	1.73096
Kuopio.Putki 1.TOB1	20.4.2017 11:30	1.78516	Kuopio.Putki 1.TOB1	27.4.2017 15:30	1.76709
Kuopio.Putki 1.TOB1	20.4.2017 15:30	1.78516	Kuopio.Putki 1.TOB1	27.4.2017 19:30	1.78516
Kuopio.Putki 1.TOB1	20.4.2017 19:30	1.78516	Kuopio.Putki 1.TOB1	27.4.2017 23:30	1.74902
Kuopio.Putki 1.TOB1	20.4.2017 23:30	1.76709	Kuopio.Putki 1.TOB1	28.4.2017 3:30	1.74902
Kuopio.Putki 1.TOB1	21.4.2017 3:30	1.77881	Kuopio.Putki 1.TOB1	28.4.2017 7:30	1.76709
Kuopio.Putki 1.TOB1	21.4.2017 7:30	1.81592	Kuopio.Putki 1.TOB1	28.4.2017 11:30	1.76709
Kuopio.Putki 1.TOB1	21.4.2017 11:30	1.75977	Kuopio.Putki 1.TOB1	28.4.2017 15:30	1.76709
Kuopio.Putki 1.TOB1	21.4.2017 15:30	1.77881	Kuopio.Putki 1.TOB1	28.4.2017 19:30	1.73779
Kuopio.Putki 1.TOB1	21.4.2017 19:30	1.77881	Kuopio.Putki 1.TOB1	28.4.2017 23:30	1.77393
Kuopio.Putki 1.TOB1	21.4.2017 23:30	1.77881	Kuopio.Putki 1.TOB1	29.4.2017 3:30	1.73779
Kuopio.Putki 1.TOB1	22.4.2017 3:30	1.75977	Kuopio.Putki 1.TOB1	29.4.2017 7:30	1.73779
Kuopio.Putki 1.TOB1	22.4.2017 7:30	1.77881	Kuopio.Putki 1.TOB1	29.4.2017 11:30	1.73779
Kuopio.Putki 1.TOB1	22.4.2017 11:30	1.75977	Kuopio.Putki 1.TOB1	29.4.2017 15:30	1.73779
Kuopio.Putki 1.TOB1	22.4.2017 15:30	1.75977	Kuopio.Putki 1.TOB1	29.4.2017 19:30	1.76709
Kuopio.Putki 1.TOB1	22.4.2017 19:30	1.75977	Kuopio.Putki 1.TOB1	29.4.2017 23:30	1.74902
Kuopio.Putki 1.TOB1	22.4.2017 23:30	1.75977	Kuopio.Putki 1.TOB1	30.4.2017 3:30	1.74902
Kuopio.Putki 1.TOB1	23.4.2017 3:30	1.7417	Kuopio.Putki 1.TOB1	30.4.2017 7:30	1.78516
Kuopio.Putki 1.TOB1	23.4.2017 7:30	1.75977	Kuopio.Putki 1.TOB1	30.4.2017 11:30	1.78516
Kuopio.Putki 1.TOB1	23.4.2017 11:30	1.75977	Kuopio.Putki 1.TOB1	30.4.2017 15:30	1.74902
Kuopio.Putki 1.TOB1	23.4.2017 15:30	1.75977	Kuopio.Putki 1.TOB1	30.4.2017 19:30	1.73096
Kuopio.Putki 1.TOB1	23.4.2017 19:30	1.74902	Kuopio.Putki 1.TOB1	30.4.2017 23:30	1.73096
Kuopio.Putki 1.TOB1	23.4.2017 23:30	1.73096	Kuopio.Putki 1.TOB1	1.5.2017 3:30	1.73096
Kuopio.Putki 1.TOB1	24.4.2017 3:30	1.78516	Kuopio.Putki 1.TOB1	1.5.2017 7:30	1.74902
Kuopio.Putki 1.TOB1	24.4.2017 7:30	1.73096	Kuopio.Putki 1.TOB1	1.5.2017 11:30	1.71973
Kuopio.Putki 1.TOB1	24.4.2017 11:30	1.74902	Kuopio.Putki 1.TOB1	1.5.2017 15:30	1.73779
Kuopio.Putki 1.TOB1	24.4.2017 15:30	1.73096	Kuopio.Putki 1.TOB1	1.5.2017 19:30	1.70068
Kuopio.Putki 1.TOB1	24.4.2017 19:30	1.74902	Kuopio.Putki 1.TOB1	1.5.2017 23:30	1.70068
Kuopio.Putki 1.TOB1	24.4.2017 23:30	1.74902	Kuopio.Putki 1.TOB1	2.5.2017 3:30	1.71973
Kuopio.Putki 1.TOB1	25.4.2017 3:30	1.73096	Kuopio.Putki 1.TOB1	2.5.2017 7:30	1.73779
Kuopio.Putki 1.TOB1	25.4.2017 7:30	1.73096			
Kuopio.Putki 1.TOB1	25.4.2017 11:30	1.76709			
Kuopio.Putki 1.TOB1	25.4.2017 15:30	1.74902			

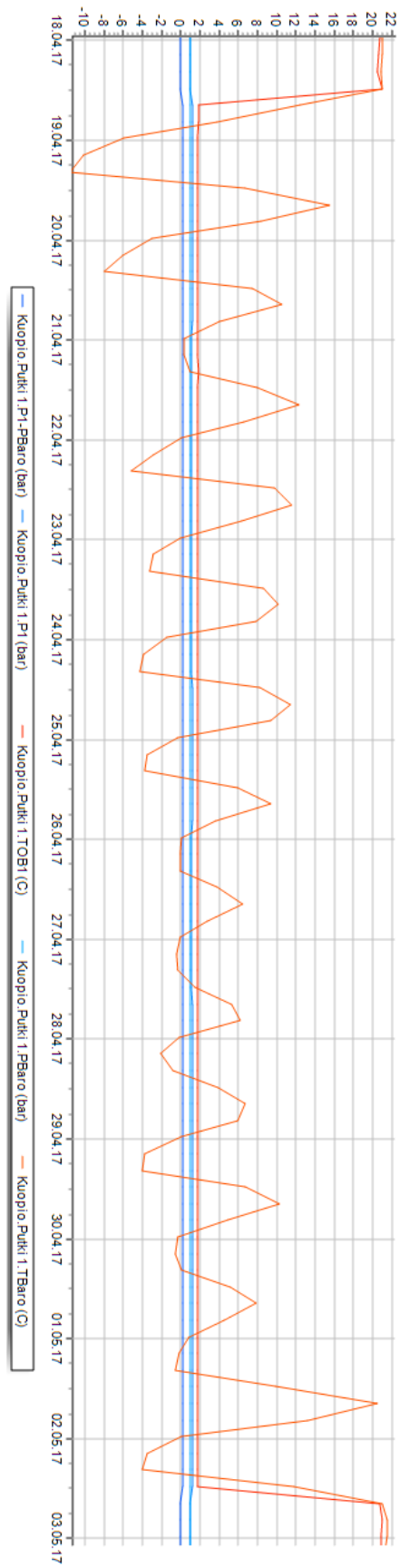
LIITE 7: GSM-MODUULIN MITTAAMAT VALLITSEVAT ILMANPAINEEET

Mittausbarometri	Mittausaika	Ilmanpaine (bar)	Mittausbarometri	Mittausaika	Ilmanpaine (bar)
Kuopio.Putki 1.PBaro	18.4.2017 15:30	1.01196	Kuopio.Putki 1.PBaro	25.4.2017 19:30	0.9879
Kuopio.Putki 1.PBaro	18.4.2017 19:30	1.01193	Kuopio.Putki 1.PBaro	25.4.2017 23:30	0.983795
Kuopio.Putki 1.PBaro	18.4.2017 23:30	1.01282	Kuopio.Putki 1.PBaro	26.4.2017 3:30	0.976059
Kuopio.Putki 1.PBaro	19.4.2017 3:30	1.01361	Kuopio.Putki 1.PBaro	26.4.2017 7:30	0.970886
Kuopio.Putki 1.PBaro	19.4.2017 7:30	1.01361	Kuopio.Putki 1.PBaro	26.4.2017 11:30	0.970551
Kuopio.Putki 1.PBaro	19.4.2017 11:30	1.01324	Kuopio.Putki 1.PBaro	26.4.2017 15:30	0.971344
Kuopio.Putki 1.PBaro	19.4.2017 15:30	1.01175	Kuopio.Putki 1.PBaro	26.4.2017 19:30	0.972015
Kuopio.Putki 1.PBaro	19.4.2017 19:30	1.01071	Kuopio.Putki 1.PBaro	26.4.2017 23:30	0.973831
Kuopio.Putki 1.PBaro	19.4.2017 23:30	1.0105	Kuopio.Putki 1.PBaro	27.4.2017 3:30	0.976318
Kuopio.Putki 1.PBaro	20.4.2017 3:30	1.00952	Kuopio.Putki 1.PBaro	27.4.2017 7:30	0.979782
Kuopio.Putki 1.PBaro	20.4.2017 7:30	1.00797	Kuopio.Putki 1.PBaro	27.4.2017 11:30	0.984161
Kuopio.Putki 1.PBaro	20.4.2017 11:30	1.00369	Kuopio.Putki 1.PBaro	27.4.2017 15:30	0.98848
Kuopio.Putki 1.PBaro	20.4.2017 15:30	0.998291	Kuopio.Putki 1.PBaro	27.4.2017 19:30	0.991394
Kuopio.Putki 1.PBaro	20.4.2017 19:30	0.99231	Kuopio.Putki 1.PBaro	27.4.2017 23:30	0.994583
Kuopio.Putki 1.PBaro	20.4.2017 23:30	0.987808	Kuopio.Putki 1.PBaro	28.4.2017 3:30	0.997238
Kuopio.Putki 1.PBaro	21.4.2017 3:30	0.983749	Kuopio.Putki 1.PBaro	28.4.2017 7:30	1.00037
Kuopio.Putki 1.PBaro	21.4.2017 7:30	0.979889	Kuopio.Putki 1.PBaro	28.4.2017 11:30	1.004
Kuopio.Putki 1.PBaro	21.4.2017 11:30	0.976013	Kuopio.Putki 1.PBaro	28.4.2017 15:30	1.00659
Kuopio.Putki 1.PBaro	21.4.2017 15:30	0.973618	Kuopio.Putki 1.PBaro	28.4.2017 19:30	1.00818
Kuopio.Putki 1.PBaro	21.4.2017 19:30	0.972961	Kuopio.Putki 1.PBaro	28.4.2017 23:30	1.01022
Kuopio.Putki 1.PBaro	21.4.2017 23:30	0.971024	Kuopio.Putki 1.PBaro	29.4.2017 3:30	1.0112
Kuopio.Putki 1.PBaro	22.4.2017 3:30	0.969894	Kuopio.Putki 1.PBaro	29.4.2017 7:30	1.01181
Kuopio.Putki 1.PBaro	22.4.2017 7:30	0.970032	Kuopio.Putki 1.PBaro	29.4.2017 11:30	1.01056
Kuopio.Putki 1.PBaro	22.4.2017 11:30	0.971283	Kuopio.Putki 1.PBaro	29.4.2017 15:30	1.00742
Kuopio.Putki 1.PBaro	22.4.2017 15:30	0.973892	Kuopio.Putki 1.PBaro	29.4.2017 19:30	1.0043
Kuopio.Putki 1.PBaro	22.4.2017 19:30	0.975861	Kuopio.Putki 1.PBaro	29.4.2017 23:30	0.99971
Kuopio.Putki 1.PBaro	22.4.2017 23:30	0.977753	Kuopio.Putki 1.PBaro	30.4.2017 3:30	0.995773
Kuopio.Putki 1.PBaro	23.4.2017 3:30	0.978607	Kuopio.Putki 1.PBaro	30.4.2017 7:30	0.994324
Kuopio.Putki 1.PBaro	23.4.2017 7:30	0.979904	Kuopio.Putki 1.PBaro	30.4.2017 11:30	0.994125
Kuopio.Putki 1.PBaro	23.4.2017 11:30	0.9814	Kuopio.Putki 1.PBaro	30.4.2017 15:30	0.995178
Kuopio.Putki 1.PBaro	23.4.2017 15:30	0.982895	Kuopio.Putki 1.PBaro	30.4.2017 19:30	0.997604
Kuopio.Putki 1.PBaro	23.4.2017 19:30	0.984421	Kuopio.Putki 1.PBaro	30.4.2017 23:30	1.00046
Kuopio.Putki 1.PBaro	23.4.2017 23:30	0.986343	Kuopio.Putki 1.PBaro	1.5.2017 3:30	1.00266
Kuopio.Putki 1.PBaro	24.4.2017 3:30	0.987213	Kuopio.Putki 1.PBaro	1.5.2017 7:30	1.0033
Kuopio.Putki 1.PBaro	24.4.2017 7:30	0.987671	Kuopio.Putki 1.PBaro	1.5.2017 11:30	1.00482
Kuopio.Putki 1.PBaro	24.4.2017 11:30	0.988525	Kuopio.Putki 1.PBaro	1.5.2017 15:30	1.00488
Kuopio.Putki 1.PBaro	24.4.2017 15:30	0.989197	Kuopio.Putki 1.PBaro	1.5.2017 19:30	1.00552
Kuopio.Putki 1.PBaro	24.4.2017 19:30	0.989136	Kuopio.Putki 1.PBaro	1.5.2017 23:30	1.00674
Kuopio.Putki 1.PBaro	24.4.2017 23:30	0.990265	Kuopio.Putki 1.PBaro	2.5.2017 3:30	1.00662
Kuopio.Putki 1.PBaro	25.4.2017 3:30	0.990097	Kuopio.Putki 1.PBaro	2.5.2017 7:30	1.00589
Kuopio.Putki 1.PBaro	25.4.2017 7:30	0.989899			
Kuopio.Putki 1.PBaro	25.4.2017 11:30	0.989456			
Kuopio.Putki 1.PBaro	25.4.2017 15:30	0.988297			

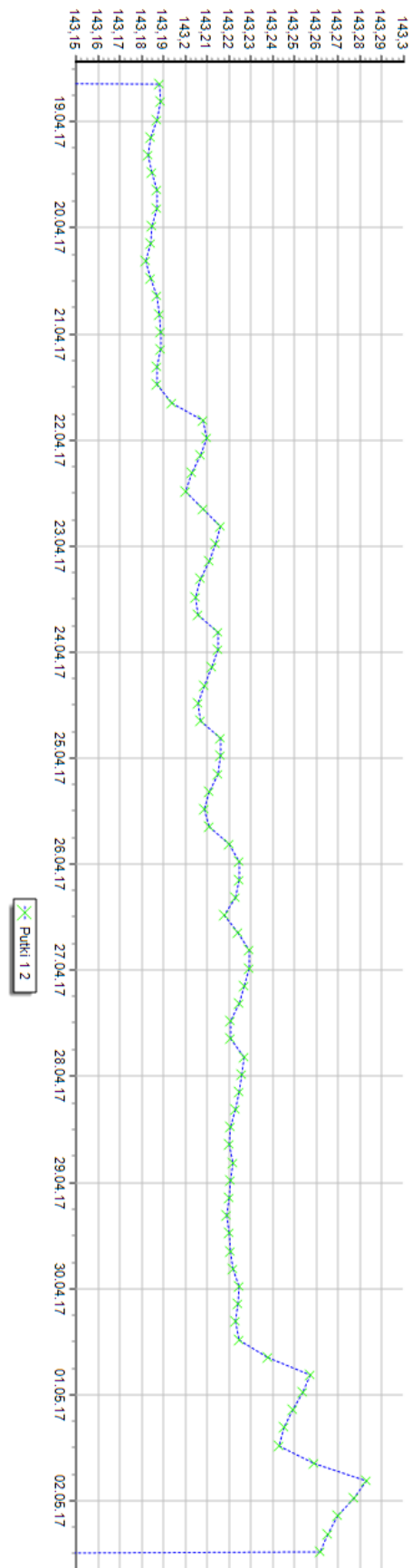
LIITE 8: GSM-MODUULIN MITTAAMAT VALLITSEVAT ILMANLÄMPÖTILAT

Mittausbarometri	Mittausaika	Ilman lämpötila (°C)	Mittausbarometri	Mittausaika	Ilman lämpötila (°C)
Kuopio.Putki 1.TBaro	18.4.2017 15:30	12.45	Kuopio.Putki 1.TBaro	25.4.2017 19:30	3.64996
Kuopio.Putki 1.TBaro	18.4.2017 19:30	3.75	Kuopio.Putki 1.TBaro	25.4.2017 23:30	0.099998
Kuopio.Putki 1.TBaro	18.4.2017 23:30	-5.94995	Kuopio.Putki 1.TBaro	26.4.2017 3:30	-0.099998
Kuopio.Putki 1.TBaro	19.4.2017 3:30	-10.1499	Kuopio.Putki 1.TBaro	26.4.2017 7:30	-0.049999
Kuopio.Putki 1.TBaro	19.4.2017 7:30	-11.5498	Kuopio.Putki 1.TBaro	26.4.2017 11:30	3.84998
Kuopio.Putki 1.TBaro	19.4.2017 11:30	6.75	Kuopio.Putki 1.TBaro	26.4.2017 15:30	6.44995
Kuopio.Putki 1.TBaro	19.4.2017 15:30	15.5498	Kuopio.Putki 1.TBaro	26.4.2017 19:30	2.75
Kuopio.Putki 1.TBaro	19.4.2017 19:30	8.34985	Kuopio.Putki 1.TBaro	26.4.2017 23:30	-0.049999
Kuopio.Putki 1.TBaro	19.4.2017 23:30	-3	Kuopio.Putki 1.TBaro	27.4.2017 3:30	-0.449997
Kuopio.Putki 1.TBaro	20.4.2017 3:30	-6	Kuopio.Putki 1.TBaro	27.4.2017 7:30	-0.299995
Kuopio.Putki 1.TBaro	20.4.2017 7:30	-8	Kuopio.Putki 1.TBaro	27.4.2017 11:30	1.54999
Kuopio.Putki 1.TBaro	20.4.2017 11:30	7.44995	Kuopio.Putki 1.TBaro	27.4.2017 15:30	5.29993
Kuopio.Putki 1.TBaro	20.4.2017 15:30	10.5	Kuopio.Putki 1.TBaro	27.4.2017 19:30	6.19995
Kuopio.Putki 1.TBaro	20.4.2017 19:30	4	Kuopio.Putki 1.TBaro	27.4.2017 23:30	-0.149998
Kuopio.Putki 1.TBaro	20.4.2017 23:30	0.299995	Kuopio.Putki 1.TBaro	28.4.2017 3:30	-2.14996
Kuopio.Putki 1.TBaro	21.4.2017 3:30	0.399994	Kuopio.Putki 1.TBaro	28.4.2017 7:30	-0.75
Kuopio.Putki 1.TBaro	21.4.2017 7:30	1	Kuopio.Putki 1.TBaro	28.4.2017 11:30	3.94995
Kuopio.Putki 1.TBaro	21.4.2017 11:30	8.0498	Kuopio.Putki 1.TBaro	28.4.2017 15:30	6.69995
Kuopio.Putki 1.TBaro	21.4.2017 15:30	12.3499	Kuopio.Putki 1.TBaro	28.4.2017 19:30	6
Kuopio.Putki 1.TBaro	21.4.2017 19:30	6.59998	Kuopio.Putki 1.TBaro	28.4.2017 23:30	0.049999
Kuopio.Putki 1.TBaro	21.4.2017 23:30	0.099998	Kuopio.Putki 1.TBaro	29.4.2017 3:30	-3.69995
Kuopio.Putki 1.TBaro	22.4.2017 3:30	-2.79999	Kuopio.Putki 1.TBaro	29.4.2017 7:30	-4
Kuopio.Putki 1.TBaro	22.4.2017 7:30	-5.09998	Kuopio.Putki 1.TBaro	29.4.2017 11:30	6.75
Kuopio.Putki 1.TBaro	22.4.2017 11:30	9.75	Kuopio.Putki 1.TBaro	29.4.2017 15:30	10.2998
Kuopio.Putki 1.TBaro	22.4.2017 15:30	11.5498	Kuopio.Putki 1.TBaro	29.4.2017 19:30	5
Kuopio.Putki 1.TBaro	22.4.2017 19:30	6.29993	Kuopio.Putki 1.TBaro	29.4.2017 23:30	-0.299995
Kuopio.Putki 1.TBaro	22.4.2017 23:30	-0.05	Kuopio.Putki 1.TBaro	30.4.2017 3:30	-0.5
Kuopio.Putki 1.TBaro	23.4.2017 3:30	-2.79999	Kuopio.Putki 1.TBaro	30.4.2017 7:30	0.099998
Kuopio.Putki 1.TBaro	23.4.2017 7:30	-3.19995	Kuopio.Putki 1.TBaro	30.4.2017 11:30	5.25
Kuopio.Putki 1.TBaro	23.4.2017 11:30	8.69995	Kuopio.Putki 1.TBaro	30.4.2017 15:30	7.84998
Kuopio.Putki 1.TBaro	23.4.2017 15:30	10.1499	Kuopio.Putki 1.TBaro	30.4.2017 19:30	4.5
Kuopio.Putki 1.TBaro	23.4.2017 19:30	7.84998	Kuopio.Putki 1.TBaro	30.4.2017 23:30	0.799988
Kuopio.Putki 1.TBaro	23.4.2017 23:30	-1.44998	Kuopio.Putki 1.TBaro	1.5.2017 3:30	-0.149998
Kuopio.Putki 1.TBaro	24.4.2017 3:30	-3.84998	Kuopio.Putki 1.TBaro	1.5.2017 7:30	-0.549988
Kuopio.Putki 1.TBaro	24.4.2017 7:30	-4.25	Kuopio.Putki 1.TBaro	1.5.2017 11:30	9.94995
Kuopio.Putki 1.TBaro	24.4.2017 11:30	8.2998	Kuopio.Putki 1.TBaro	1.5.2017 15:30	20.5
Kuopio.Putki 1.TBaro	24.4.2017 15:30	11.45	Kuopio.Putki 1.TBaro	1.5.2017 19:30	13.2
Kuopio.Putki 1.TBaro	24.4.2017 19:30	9.44995	Kuopio.Putki 1.TBaro	1.5.2017 23:30	0.099998
Kuopio.Putki 1.TBaro	24.4.2017 23:30	-0.35	Kuopio.Putki 1.TBaro	2.5.2017 3:30	-3.5
Kuopio.Putki 1.TBaro	25.4.2017 3:30	-3.54999	Kuopio.Putki 1.TBaro	2.5.2017 7:30	-4
Kuopio.Putki 1.TBaro	25.4.2017 7:30	-3.69995			
Kuopio.Putki 1.TBaro	25.4.2017 11:30	5.94995			
Kuopio.Putki 1.TBaro	25.4.2017 15:30	9.34985			

LIITE 9: MITTALAITTEISTOLLA MITATTU RAAKADATA



LIITE 10: DATAMANAGERIN LASKEMA PINNANKORKEUDENVAIHTELU



LIITE 11: ANTURIN KALIBROINTILOMAKE

Prüfprotokoll

Calibration certificate / Fiche de calibration

Typ :	PAA-36XW/2bar/80748.43		
Type / Type:			
Seriennummer :	592656	Produkt Nummer :	233610.0893
Serial no./ No. de serie :		Product no./ No. de produit :	
Messbereich :	0 ... 3	bar abs	
Measurement range/ Etendue de mesure :			
Komp. Temp. Bereich :	0 ... 50	°C	
Comp. temp. range/Gamme de temp. comp.			
Speisung :	3.2 ... 32	V DC	
Supply / Alimentation :			

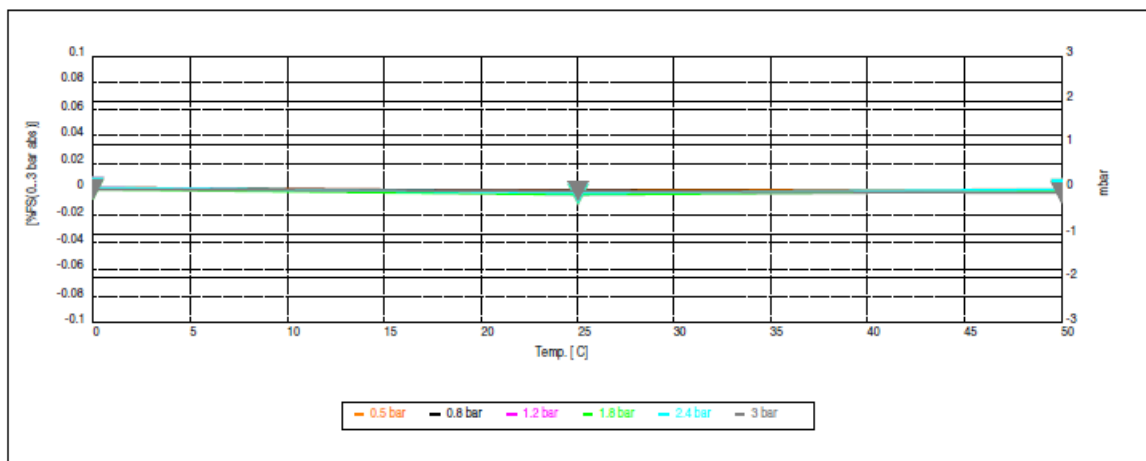
Anschluss :	Lemo FVN 1V 306 CLAC50		
Connector / Connecteur :			
	1	:	GND
	2	:	+Vcc
	4	:	RS 485A
	5	:	RS 485B

Bemerkung :

Remark / Remarque :

Abweichung Messbereich (digital)

Deviation measurement range / Deviation étendue de mesure



Linearitätsfehler:	0.001	%FS(Lbfsl) @ 25 °C
Linearity error / Erreur de linéarité:		
Totales Fehlerband :	-0.004 ... 0.002 %FS	@ 0 ... 50 °C
Accuracy(TEB)/Erreur total :		

PrüferIn :	Bit
Test person / Contrôlé par:	

Datum :	06.02.2017
Date / Date :	