



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TIURUN POHJAVESIKAIVON NYKYTILAN SELVITYS JA SANEERAUSTARPEEN MÄÄRITTÄMINEN

TEKIJÄ: Niina Kosunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Niina Kosunen			
Työn nimi Tiurun pohjavesikaivon nykytilan selvitys ja saneeraustarpeen määrittäminen			
Päiväys	22.4.2013	Sivumäärä/Liitteet	62/4
Ohjaaja(t) yliopettaja Pasi Pajula, päätoiminen tuntiopettaja Teemu Räsänen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lappeenrannan Lämpövoima Oy/tuotantomestari Tommy Vesterlund			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä työ tehtiin Lappeenrannan Energia Oy:n tytäryhtiölle Lappeenrannan Lämpövoima Oy:lle, joka huolehtii Lappeenrannan alueen vesihuoltolaitosten toiminnasta. Vesihuoltolaitos vastaa toiminta-alueellaan vesihuollon toimivuudesta ja yksi sen velvollisuuksista on varavedenoton järjestäminen erityistilanteita varten. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Lappeenrannan Tiuruniemessä sijaitsevan pohjavesikaivon tämänhetkinen tila sekä suunnitella tarvittavat toimenpiteet, joiden avulla kaivosta saadaan nopeasti käyttöön otettava ja varmatoiminen varavedenottamo. Kaivo on tällä hetkellä vielä Lappeenrannan kaupungin omistuksessa, mutta siirtyy Lappeenrannan Energia Oy:lle todennäköisesti syksyllä 2013.</p> <p>Kaivon nykytilan selvittämiseen kuului koepumppaussuunnitelman sekä näytteenotto-ohjelman tekeminen kaivon ja pohjavesialueen osan antoisuuden sekä veden laadun tutkimiseksi. Nämä asiat tulee selvittää, jotta voidaan varmistua siitä, että kaivo pystyy toimimaan varavedenottamona. Lisäksi laadittiin tarkistuslista kaivon rakenteiden kunnon tutkimiseksi ja tehtiin kaivolle listan mukainen kuntoarvio. Kuntoarvion pohjalta mietittiin, millaisia saneeraustoimia kaivolle tulee tehdä. Työssä myös suunniteltiin kaivolle tarvittavat laitehankinnat ja pohdittiin laitteiden alustavaa mitoitusta sekä sitä, millaiset laitetilat kaivolle on syytä rakentaa.</p> <p>Työn tuloksena saatiin suunnitelma, jonka pohjalta työn tilaaja voi ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin Tiurun pohjavesikaivon saneeraamiseksi varavedenottamona käytettäväksi.</p>			
Avainsanat Pohjavesikaivo, kuntoarvio, koepumppaus, saneeraus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Niina Kosunen			
Title of Thesis Present Condition Survey and Determination of the Need for Renovation for the Groundwater Well of Tiuru			
Date	22 April 2013	Pages/Appendices	62/4
Supervisor(s) Mr Pasi Pajula, Principal Lecturer and Mr Teemu Räsänen, Full-Time Teacher			
Client Organisation /Partners Lappeenranta Lämpövoima Ltd/Mr Tommy Vesterlund, Head of Production			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was made for Lappeenranta Lämpövoima Ltd, which takes care of the water supply and sewerage operations in Lappeenranta. The facility is responsible for the functionality of water supply and sewerage on its region of operation and one of its duties is to arrange the emergency water supply in case of special circumstances. The objective of this thesis was to survey the present condition of a groundwater well in Tiuruniemi, Lappeenranta. One goal was also to plan the necessary measures for making sure that the Tiuru well can be put into operation quickly and that it will perform reliably. At the moment the well is in the ownership of the city of Lappeenranta but it will probably become the property of Lappeenranta Energia Ltd in the autumn 2013.</p> <p>Two main things to find out about the wells current condition were the yield and quality of water. A pumping test scheme and a sampling plan were made for these purposes. A check list was made for surveying the structural condition of the well and a condition survey according to this list was also carried out. The necessary renovation measures were planned based on the condition survey. The procurement and sizing of the requisite instruments were considered too as well as the placement of the instruments.</p> <p>As a result of this thesis a plan was made to take the necessary actions in renovating the Tiuru well to be used as an emergency water supply.</p>			
Keywords Groundwater well, condition survey, pumping test, renovation			

ESIPUHE

Ajatus opinnäytetyön tekemisestä Lappeenrannan Lämpövoima Oy:lle heräsi viimekesäisessä työharjoittelussani. Marraskuun lopulla 2012 sain yrityksen puolelta ehdotelman työn aiheesta; Tiurunien kaivon saneeraussuunnitelma. Aihe tuntui kiinnostavalle ja alkuvuodesta 2013 ryhdyin sen parissa työskentelemään. Aihe on työn edessä myös kehittynyt ja laajentunutkin jonkin verran ja olen sen myötä päässyt tutustumaan pohjavedenottoon liittyviin asioihin monelta kannalta.

Tahdonkin nyt kiittää Lappeenrannan Lämpövoima Oy:n puolelta työni ohjaajana toiminutta tuotantomestari Tommy Vesterlundia tämän työn tarjoamisesta ja kaikesta siitä avusta ja ohjauksesta, jota olen häneltä työn aikana saanut. Lisäksi haluan kiittää koulun puolelta työtäni ohjanneita yliopettaja Pasi Pajulaa sekä päätoimista tuntiopettajaa Teemu Räsästä.

Kuopiossa 22.4.2013

Niina Kosunen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	POHJAVESITUTKIMUKSET JA -KAIVOT	9
2.1	Pohjavesitutkimukset	9
2.2	Kaivon koepumppaus	10
2.3	Pohjavesikaivotyytit.....	12
2.3.1	Kuulukaivot.....	13
2.3.2	Siiviläputkikaivot	14
2.3.3	Kallioporakaivot	16
3	TYYPILLISIMMÄT VEDENKÄSITTELYTARPEET POHJAVEDENOTTAMOILLA.....	17
3.1	Alkalointi	17
3.2	Raudan ja mangaanin poisto	18
3.3	Desinfointi	19
3.3.1	Klooraus	19
3.3.2	UV-desinfointi	20
4	VEDEN PUMPPAUS JA MITTAUKSET	23
4.1	Pumput pohjavedenotossa.....	23
4.2	Pohjavedenottamolla tarvittavia mittauksia	25
4.2.1	Vedenpinnan korkeus	25
4.2.2	Virtaama.....	26
4.2.3	Veden nopeus.....	26
4.2.4	Veden paine	26
4.2.5	pH.....	27
4.2.6	Klooripitoisuus	27
4.2.7	Lämpötila	27
4.2.8	Alkaliteetti	27
4.2.9	Sameus ja väri	28
4.2.10	Rauta ja mangaani	28
4.2.11	Sähkönjohtokyky.....	28
5	LAPPEENRANNAN LÄMPÖVOIMA OY.....	29
5.1	Vedenottamot.....	29
5.2	Jätevesi ja puhdistamot.....	30

5.3	Verkostot	30
6	TIURUNIEMEN POHJAVESIALUE JA TIURUN POHJAVESIKAIVO	31
6.1	Pohjavesialueen ominaisuudet	31
6.2	Kaivon paikalla tehdyt pohjatutkimukset sekä koepumppaukset	32
6.3	Kaivon ominaisuustiedot ja varustelu.....	33
6.4	Veden laatutiedot.....	35
6.5	Kaivon aiempi ja nykyinen käyttö sekä tulevat käyttötilanteet	36
7	TIURUN POHJAVESIKAIVON NYKYTILAN SELVITTÄMINEN	37
7.1	Antoisuuden ja veden laadun selvittäminen	37
7.1.1	Lyhytkestoinen koepumppaus kaivon suorituskyvyn testaamiseksi.....	40
7.1.2	Pidempikestoinen koepumppaus pohjavesialueen antoisuuden selvittämiseksi.....	41
7.2	Pohjavesikaivon kuntoarvio.....	43
8	TARVITTAVAT TOIMENPITEET KAIVON KÄYTETTÄVYYDEN VARMISTAMISEKSI.....	50
8.1	Koepumppaukset	50
8.2	Olemassa olevat kaivorakenteet.....	50
8.3	Tarve veden käsittelylle.....	51
8.4	Vedenottamon varustelu	51
8.4.1	Pumppu.....	51
8.4.2	UV-laitteisto.....	52
8.4.3	Alkalointi	53
8.4.4	Virtaamamittari	54
8.4.5	Muut mittaukset ja näytteenotto	54
8.5	Automaatio- ja kaukokäyttöjärjestelmä.....	54
8.6	Vaihtoehdot kaivon laitetilaksi.....	55
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	58
	LÄHTEET	60

LIITTEET

Liite xx vain tilaajan käyttöön

Liite xx vain tilaajan käyttöön

Liite 3 Putkisto- ja laitepiirustus

Liite 4 Koepumppaus- ja näytteenotto-ohjelma

1 JOHDANTO

Vesihuolto on yhteiskunnan kannalta välttämätön toiminto ja se käsittää vedenhankinnan sekä viemäröinnin. Vesihuollosta ja sen järjestämisestä säädetään mm. vesihuoltolaissa. Lain tavoitteena vedenhankinnan osalta on varmistaa, että terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä on saatavissa riittävästi ja kohtuullisin kustannuksin. Vesihuoltolakia ollaan uudistamassa ja uudistuksella pyritään muun muassa siihen, että vesihuollon erityistilanteisiin varauduttaisiin entistä paremmin. Poikkeusolojen ja normaaliajan erityistilanteiden vedenhankinnan turvaaminen on asetettu myös Etelä-Karjalan maakunnan vesihuollon kehittämissuunnitelman yhdeksi painopisteeksi. Vesihuoltolaitos vastaa toiminta-alueellaan vesihuollon toimivuudesta ja sen tulee varmistaa, että vesihuolto toimii myös erityistilanteissa mahdollisimman hyvin ja palvelutaso saadaan normalisoitua mahdollisimman nopeasti. Tämä tarkoittaa vedenhankinnan kannalta esimerkiksi varavedenoton järjestämistä. (Etelä-Karjalan maakunnan vesihuollon kehittämissuunnitelma 2013–2050, 3; Vesihuoltolaki.)

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Lappeenrannan Lämpövoima Oy, joka vastaa sähkön, kaukolämmön sekä höyryn tuotannon ohella myös Lappeenrannan alueen vesihuollon järjestämisestä. Sen omistuksessa on tällä hetkellä kahdeksan vedenottamo. Näistä suurimmalla, Huhtiniemen vesilaitoksella, valmistetaan tekopohjavettä ja muut ovat pohjavesilaitoksia. Lappeenrannassa on lisäksi yksi varavedenottamo. Etelä-Karjalan maakunnan vesihuollon kehittämissuunnitelman mukaan Lappeenrannan vedenkulutus tulee tulevaisuudessa kasvamaan sekä lisääntyvän matkailun, että väestökasvun vuoksi. Näin ollen kaupungin vesihuollon toimintavarmuutta tulee parantaa. (Etelä-Karjalan maakunnan vesihuollon kehittämissuunnitelma 2013–2050, 10.)

Työn tarkoituksena on tehdä Lappeenrannassa Tiuruniemen pohjavesialueella sijaitsevan pohjavesikaivon nykytilanteen selvitys sekä niiden toimenpiteiden määrittäminen, joilla varmistetaan kaivon suorituskyky tulevilla käyttötilanteilla. Tiuruniemen pohjavesikaivo kuuluu tällä hetkellä Lappeenrannan kaupungille, mutta sen on tarkoitus siirtyä Lappeenrannan Lämpövoima Oy:n omistukseen samalla kun Tiuruniemen verkosto yhdistetään Rauhan alueen verkostoon. Kaivo tulee toimimaan varavedenottamona, mutta siitä pumpataan jatkuvasti vähän vettä verkostoon, jotta se pysyy toimintakuntoisena ja on helpompi ottaa runsaampaan käyttöön esimerkiksi mahdollisessa poikkeustilanteessa. Vedenottamon avulla voidaan myös turvata läheisen tärkeän matkailualueen, Holiday Club Saimaan, vedensaantia. Tiuruniemen entisen sairaalan tiloihin ollaan myös kaavailemassa senioreille suunnattua terveys- ja hyvinvointipalveluihin, asumiseen, loma-asumiseen sekä matkailuun keskittyvää toimintaa. Tämä lisäisi toteutuessaan myös alueen vedentarvetta. (Vesterlund 30.1.2013; Lappeenrannan kaupunki..., 2013, 33.)

Pohjavesikaivon nykytilanteen selvittämisessä keskeisellä sijalla on pohjavesimuodostuman ja kaivon antoisuus, veden laatu sekä kaivon rakenteiden ja tekniikan kunto. Jotta Tiuruniemen kaivo voidaan ottaa varavedenottamoksi, tulee varmistua siitä, että kaivosta saadaan tarvittaessa otettua suurempiakin määriä hyvälaatuista vettä. Käytännössä tämä tarkoittaa koepumppauksen sekä pumppauksen yhteydessä tehtävien vesianalyyseiden järjestämistä. Näin saadaan selvitettyä kaivon maksimive-

denottomäärä sekä veden laatu suuremmillakin pumppausmäärillä. Pumppauksia ja näytteenottoja ei tehdä tämän työn yhteydessä, mutta niistä laaditaan alustava suunnitelma.

Tiuruniemen kaivon rakenteiden ja tekniikan kunnon arviointia varten laaditaan tarkistuslista, jota voidaan hyödyntää myös muiden kaivojen kuntoa arvioitaessa. Kaivolle myös tehdään kuntoarvio laadittua tarkistuslistaa apuna käyttäen. Kaivon mahdolliset tulevat käyttötilanteet selvitetään ja niiden sekä laaditun kuntoarvion pohjalta mietitään kaivon olemassa olevien rakenteiden soveltuvuutta tulevan käytön kannalta. Tämän lisäksi mietitään, millaisia muutoksia ja lisäyksiä kaivon rakenteisiin ja varusteluun tulee tehdä, jotta se täyttää tulevien käyttötilanteiden vaatimukset.

Kaivon varustelua tullaan lisäämään vähintään UV-desinfioinnilla veden hygieenisen laadun varmistamiseksi. Myös uusi virtaamamittari asennetaan ja tarve muille mittauksille arvioidaan. Varusteiden lisäämisen vuoksi kaivolle tarvitaan tulevaisuudessa laitetila niiden sijoittamiseksi ja laittilan toteutusta pohditaan alustavasti tämän työn yhteydessä. Myös kaivon pumppu tullaan saneerauksen yhteydessä vaihtamaan, joten työhön kuuluu sekä pumppua että UV-laitteistoa mitoittavien tekijöiden selvittäminen. Lisäksi mietitään veden laadun perusteella mahdollisten muiden vedenkäsittelyprosessien, esimerkiksi alkaloinnin, tarvetta ja toteutusta. Suunnittelussa tulee myös huomioida näytteenoton sekä huoltotoimien helppo ja turvallinen toteuttaminen.

Työn kirjallisuustutkimusosiossa perehdytään yleisesti pohjavesitutkimuksiin, pohjavesikaivoihin ja niiden suunnitteluun, yleisimpiin pohjavedenottamoilla tarvittaviin vedenkäsittelymenetelmiin sekä veden pumppaukseen ja mittauksiin.

2 POHJAVESITUTKIMUKSET JA -KAIVOT

Pohjavesi on vettä, joka täyttää avoimet tilat maa- ja kallioperässä. Sitä syntyy, kun sade- tai pintavesi imeytyy maakerrosten läpi tai virtaa kallioperän rakoihin. Pohjavesi on yleensä laadultaan parempaa sekä paremmin suojassa likaantumiselta kuin pintavesi. Suomessa pohjavettä lisäksi on lähes kaikkialla, eniten kuitenkin alueilla, joilla maaperä koostuu vettä hyvin johtavista sora- ja hiekamuodostumista. Näin ollen pohjaveden käyttö talous- sekä vesilaitosten raakavetenä on erittäin yleistä. Noin 65 % vesilaitosten jakamasta vedestä on pohjavettä, sisältäen pintavedestä, eli esimerkiksi järvien tai jokien vedestä valmistetun tekopohjaveden. Tekopohjavettä valmistetaan imeyttämällä pintavettä maaperään, jossa se sekoittuu luonnon pohjaveteen. Näin saadaan lisättyä antoisuudeltaan huonosta pohjavesiesiintymästä saatavaa vesimäärää. (Valtion ympäristöhallinto.) Pohjavesialueet jaetaan käyttökelpoisuutensa ja suojelutarpeensa mukaan kolmeen luokkaan (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 274):

- I. vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue
- II. vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue
- III. muu pohjavesialue.

Luokkaan I kuuluvaa aluetta käytetään tai tullaan käyttämään 20–30 vuoden kuluessa vedenhankintaan. Myös muu tarve, kuten kriisiajan vedenhankinta, voi aiheuttaa alueen kuulumisen I-luokkaan. II-luokan alueesta tiedetään, että se soveltuu vedenhankintaan, mutta sille ei kuitenkaan ole vielä osoitettavissa käyttöä ja III-luokan alue vaatii vielä lisätutkimuksia, jotta voidaan selvittää, onko se soveltuva vedenhankintaan. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 274.)

Vuonna 1996 Suomen pohjavesivarojen kokonaisuuden on todettu olevan noin 5,7 miljoonaa m³/d, josta 48,4 % vedenhankinnalle tärkeitä pohjavesivaroja. Näistä yhdyskunnat käyttävät keskimäärin 25,1 %. Kartoitettuja pohjavesialueita Suomessa on yhteensä 7 141, joista ensimmäiseen luokkaan kuuluu 2 226 kappaletta. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 275–276.)

2.1 Pohjavesitutkimukset

Pohjavesiesiintymän käyttöönottoa suunniteltaessa on sille tehtävä erilaisia tutkimuksia, jotta saadaan selville esiintymän antoisuus sekä varastoitunut vesimäärä, vedenottoaikan ja kaivon rakenteiden suunnittelussa tarvittavat tiedot, veden laatu sekä veden oton ympäristövaikutukset. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 276.) Antoisuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä vesimäärää, joka esiintymästä voidaan jatkuvasti ottaa.

Pohjavesialueen inventointivaiheessa selvitetään alueen laajuus sekä lähteet ja muut pohjaveden purkautumispaikat, joiden virtaamat myös mitataan. Inventoinnin pohjalta suunnitellaan maaperätutkimukset, joihin kuuluu esimerkiksi vettä johtavien ja varastoivien maakerrosten sijainnin, laajuuden, raekoostumuksen sekä kerrosvahvuuden selvittäminen. Myös pohjavedenpinnan korkeudet

vaaitaan ja kerätään tiedot alueen kaivoista. Näiden selvitysten pohjalta valitaan alue, jolla varsinaiset kaivonpaikkatutkimukset tehdään. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 276.)

Teknisesti käyttökelpoinen pohjavesiesiintymä voi syntyä, mikäli alueella on riittävän laaja ja yhtenäinen lajittuneiden eli tasarakeisten ja suhteellisen karkearakeisten maalajien muodostuma. Esiintymän teoreettinen antoisuus voidaan arvioida alueen geologisten tietojen sekä sademäärien ja niistä maahan imeytyvän osuuden perusteella. Lopullinen sijainti, josta teoreettinen antoisuus saadaan hyödynnettyä, määräytyy kuitenkin maakerrosten raekoostumuksen sekä yhtenäisyyden perusteella. Todellisen antoisuuden määrittämiseksi onkin tehtävä koepumppaus. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 277.)

Koepumppaus on useimmiten syytä tehdä lähellä pohjaveden luonnollista purkautumispaikkaa, mahdollisimman paksujen vettä johtavien kerrosten kohdalla sekä raekoostumuksensa puolesta hyvin vettä johtavissa muodostumissa. Pumppaus tapahtuu yhden tai useamman siiviläosalla varustetun koepumppausputken kautta. Putkien määrään vaikuttaa maaperän vedenjohtavuus. Myös pohjaveden havaintoputkia on asennettava eri puolille pohjavesiesiintymää, jotta voidaan seurata pumppauksen vaikutusta pohjavedenpinnan korkeuksiin. Lisäksi täytyy tarkkailla pumppauksen vaikutusalueella sijaitsevien muiden kaivojen, vanhojen havaintoputkien sekä mahdollisesti myös vesistöjen pintoja ja esimerkiksi purojen virtaamia. Pinnankorkeuksien lisäksi pumppauksen aikana seurataan veden laatua vesinäytteistä, esimerkiksi pH:n, hapen, raudan, mangaanin sekä orgaanisen aineksen osalta. Vedenlaadun äkilliset muutokset voivat kertoa veden virtaussuunnan muuttumisesta tai virtausnopeuden kiihtymisestä esiintymässä. Pumppauksessa pyritään löytämään tilanne, jossa pumppausteho ja esiintymän antoisuus ovat tasapainossa niin, etteivät vedenkorkeudet havaintoputkissa enää muutu. Antoisuus kannattaa aina arvioida hieman loppuvaiheen pumppaustehoa pienemmäksi, sillä etenkin laajoissa, karkearakeisissa esiintymissä pohjavesipintojen alenema saattaa tulla esille vasta otettaessa vettä pitkään todellista antoisuutta suuremmalla teholla. Koepumppaus uudella pohjavesialueella tulisi tavallisesti tehdä mahdollisimman pitkällä ajanjaksolla luotettavien tulosten saamiseksi ja vuodenaikojen vaihtelun aiheuttamien muutosten havaitsemiseksi. Normaali koepumppausjakson kesto on kolmesta viikosta kuuteen kuukauteen. Pohjavesialueen ollessa jo käytössä, on koepumppauksen järjestäminen vaikeampaa ja vaatii tarkempaa seuranta. Mikäli koepumppaukseen ei ole riittävästi aikaa tai mahdollisuuksia, mikä on yleistä etenkin kunnostettavien vedenottamoiden osalta, saattavat pumppaukset jäädä hyvinkin lyhyiksi. Tällöin tulosten tulkinnan merkitys korostuu ja on hyödyllistä käyttää avuksi pumppaustilanteen simulointiin kehitettyjä laskentamalleja. Koepumppauksen avulla ja sen tuloksia tulkittamalla voidaan selvittää pohjavesiesiintymän antoisuus ja kuormituskestävyys, esiintymän laajuus ja pohjaveden virtaussuunnat sekä arvioida otettavan veden laadusta. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 277–280; Pohjavesilaitosten kehittäminen 1997, 14–16.)

2.2 Kaivon koepumppaus

Kaivon koepumppauksella pyritään selvittämään kaivon suorituskykyä sekä veden laatua. Tätä varten ei tarvita välttämättä erillisiä havaintoputkia, vaan kaivosta saatavan vesimäärän ja vedenpinnan

aleneman sekä veden laadun tarkkailu eri pumppausmäärillä riittää. Jos samalla halutaan tutkia kaivon suodatinkerroksen toimintaa, voidaan kaivon ulkopuolelle, suodatinsorakerrokseen asentaa huokospainemittari. Mikäli erillisiä havaintoputkia on olemassa, voidaan niiden vedenpintojen tarkkailun avulla tehdä mahdollisesti päätelmiä myös akviferin ominaisuuksista. Akviferi on pohjaveden johtomuodostuma eli vettä sisältävä ja hyvin johtava geologinen muodostuma (Airaksinen, 1978, 244). Koepumppauksen avulla saadaan myös tietoa kaivon kestävydestä, eli siitä, säilyykö kaivon antoisuus ja vedenlaatu ennallaan pumpattaessa pidemmän aikaa. Lyhytkestoinen koepumppaus on kuitenkin harvoin riittävä kaivon kestävyttä koskevien johtopäätösten tekemiseen. Kaivon koepumppaus kannattaa suorittaa kuivana aikana, jolloin pohjaveden muodostuminen on vähäistä. (Misstear, Banks ja Clark 2006, 293–297, 300.)

Koepumppauksesta tulee kustannuksia esimerkiksi laitteistojen, tuottamattoman vedenoton sekä energiankulutuksen vuoksi. Tämän vuoksi pumppaus on syytä suunnitella huolella. Suunnittelussa huomioitavia asioita ovat mm. pumppauksen tarkoitus, odotettu veden antoisuus sekä laatu, jo olemassa olevat tiedot pohjavesialueesta, pumppauksen mahdolliset ympäristövaikutukset sekä pumpatun veden pois johtaminen. Koepumppausta suunniteltaessa tulee selvittää mahdolliset tarvittavat luvat, joita voi tarvita niin veden pumppaamiseen kuin pumpatun veden maastoon johtamiseenkin. Myös tarvittavat resurssit, kuten ihmiset ja laitteet, on hyvä miettiä tarkkaan ja pohtia myös koepumppaukseen liittyviä riskejä. (Misstear, Banks ja Clark 2006, 297–300.)

Lyhytaikaisessa kaivon koepumppauksessa pyritään selvittämään pumppausmäärän vaikutusta kaivon vedenpinnan alenemaan. Testi tehdään yleensä ainakin neljällä eri virtaamalla $Q_1 - Q_4$ ja näiden suuruuksiksi suositellaan seuraavaa: $Q_1=Q_s/3$, $Q_2=2Q_s/3$, $Q_3=Q_s$ ja $Q_4=4Q_s/3$, missä Q_s on kaivon suunniteltu tavoitetuotto. Kunkin pumppausvaiheen kesto riippuu paikkakohtaisista olosuhteista, mutta keston tulisi olla sellainen, että vedenpinnan alenema on suurin piirtein tasaantunut pumppauksen lopussa ja jokaisen pumppausvaiheen tulisi kestää yhtä kauan, kaksi tuntia on tyyppinen yhden vaiheen kesto. Testissä edetään pienestä tuotosta suurempaan, joko niin, että vedenpinnan annetaan palautua pumppausten välillä tai siirtyen suoraan seuraavaan suurempaan pumppausmäärään edellisen vaiheen loputtua. Mikäli pumppausjaksojen välillä pidetään taukoa, tulisi sen olla kestoltaan vähintään pumppausajan mittainen. Ilman taukoja testi saadaan suoritettua nopeammin, mutta tulosten tulkinta on hankalampaa. (Misstear ym. 2006, 314.)

Pumppauksen aikana veden laatua voidaan tarkkailla jatkuvatoimisilla mittareilla ja ottamalla näytteitä kunkin pumppausvaiheen loppupuolella. Näin saadaan tietää muuttuuko veden laatu nopeasti pumpatun vesimäärän kasvaessa. Pidempiaikaisissa pumppauksissa näytteitä voidaan ottaa myös säännöllisin väliajoin, jolloin voidaan tutkia vuodenaikojen vaikutusta sekä pidemmällä aikavälillä tapahtuvia muutoksia veden laadussa. (Misstear ym. 2006, 294.)

Monesti lyhytkestoista, asteittain kasvavalla vesimäärällä tehtyä testiä seuraa pidempi, vakiopumppausmäärällä tehtävä koepumppaus. Välissä akviferin vedenpinnan annetaan palautua pumppausta edeltäneeseen tilaan, yleensä noin vuorokausi riittää palautumiseen lyhytkestoisen pumppauksen jälkeen. Vakiomäärällä tehtävä pumppaus kestää yleensä yhdestä kymmeneen päivään, riippuen

mm. kaivohankkeen koosta ja tärkeydestä sekä viranomaisvaatimuksista. Pumpattava vesimäärä valitaan sen mukaan, kuinka kaivoa tullaan tulevaisuudessa käyttämään. Esimerkiksi niin, että ensin tehdään lyhyempikestoinen pumppaus suunnitellulla huippuvirtaamalla ja tämän jälkeen akviferin taas palaututtua normaalitilaan toinen pidempikestoinen, viikkoja tai kuukausia kestävä pumppaus kaivon oletetulla keskimääräisellä virtaamalla. Pumppauksen aikana veden pinta kaivossa täytyy pysyä hyväksyttävällä tasolla eikä haitallisia vaikutuksia ympäristöön saa ilmetä. (Misstearym. 2006, 314–316.)

Mikäli tahdotaan varmistaa, että kaivon tuotto ja veden laatu säilyvät toivotunlaisina pidemmälläkin aikavälillä, on järjestettävä pitkäkestoinen koepumppaus. Lyhytkestoisen pumppauksen perusteella tällaisia johtopäätöksiä on mahdotonta tehdä, mikäli kyseisestä akviferista ei ole jo ennestään olemassa riittävän kattavia tietoja. Pitkäkestoiset kokeet ovat kuitenkin kalliita ja tulevat kysymykseen mikäli kyseessä on mittava vedenotto, alueen tuntemus on huono ja on olemassa merkittävien ympäristövaikutusten riski. (Misstearym. 2006, 295–296.)

2.3 Pohjavesikaivotyypit

Jotta pohjavesi voidaan ottaa käyttöön, tarvitaan yksi tai useampia kaivoja. Kaivoja on erityyppisiä ja kullekin kohteelle sopiva kaivotyyppi tulee määrittää ennen tarkempaa kaivon suunnittelua. Pohjavesikaivot jaotellaan seuraavasti (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 280):

1. kuilukaivot
 - a. betonirengaskaivot
 - b. paikalla valetut kaivot (uppokaivot)
 - c. kivi- tai puukehyksiset kaivot
2. putkikaivot
 - a. asennetuilla suodatinkerroksilla varustetut
 - b. huuhtelemalla tehdyillä suodatinosilla varustetut
3. kallioporakaivot
4. muut kaivot (esim. yhdistelmät edellä mainituista).

Rakennuspaikan maaperä, vedenottamon teho sekä pohjaveden pinnan korkeus maanpintaan verrattuna vaikuttavat kaivon tyyppin valintaan. Jotta näitä tietoja saadaan, täytyy tehdä tutkimuksia alueen maaperästä ja pohjavesiolosuhteista. Tutkimukset tulisi tehdä yksityiskohtaisesti jokaisen kaivon kohdalla, sillä olosuhteet saattavat vaihdella lyhyelläkin etäisyydellä. Tärkeimpiä suunnittelussa tarvittavia tutkimustuloksia ovat (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 280–281):

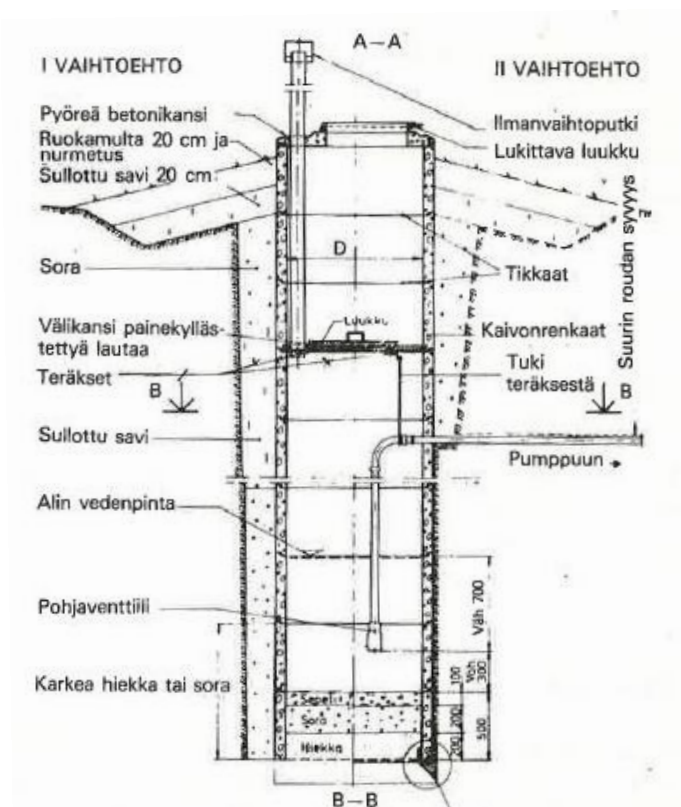
1. kairauksin ja maanäyttein hankitut maaperätiedot vedenottamoalueelta
2. eri syvyyksiltä tutkitut antoisuuspumppaustiedot
3. koepumppaustiedot
4. vedenlaatutiedot

5. maanpinnan ja maalajikerrostumien sekä pohjavedenpinnan ja sen tutkimusten aikaisten muutosten korkotiedot
6. vedenottamoalueen ja tutkimuspisteiden sijaintitiedot.

Kuilukaivo on sopiva vaihtoehto, jos maaperä ei ole liian kivistä sen rakentamiseen, pohjavesi on korkealla, vettä läpäisemätön kova pohja on lähellä ja maaperä on riittävän karkearakeinen. Putkikaivo puolestaan soveltuu paremmin tilanteisiin, joissa pohjavesi sijaitsee syvemmällä ja vettäjohtava kerros on paksu. Kallioporakaivo tulee kysymykseen kun kuilu- tai putkikaivo ei ole käyttökelpoinen. Kallioperän tulee myös olla riittävän lähellä maanpintaa. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 280–281.)

2.3.1 Kuilukaivot

Kuilukaivo voidaan rakentaa renkaista tai valaa teräsbetonista. Esimerkki betonirengaskaivon rakenteesta on esitetty kuvassa 1. Mikäli on pelkona, että vettä johtavat maakerrokset häiriintyvät, voidaan rakentaminen tehdä uppotyönä. Kaivo upotetaan paikalleen kaivamalla maa sisäkautta ulos. Kaivoa ei upoteta pohjamoreeniin tai kallioon saakka, vaan vedelle jätetään mahdollisuus suotautua pohjan kautta. Tätä varten tarvitaan vähintään 0,5–1,0 m paksuinen vettä johtava kerros. Kaivon seiniin voidaan myös jättää verkoilla varustettuja aukkoja veden pääsyn helpottamiseksi. Kaivon pohja varustetaan suodatinkerroksella, jotta hienoaines ei pääse huuhtoutumaan pois eikä pohja nousemaan. Suodatinkerroksen tehokkaan raekoon d_{10} , eli seulontakokeen perusteella piirretyn rakeisuuskäyrän mukaisen 10 %:n läpäisyä vastaavan raekoon, tulisi olla korkeintaan kolminkertainen alapuoliseen kerrokseen verrattuna. Tarvittaessa voidaan käyttää useampia eri raekoon omaavia suodatinkerroksia, jotta päästään em. suhteeseen toisiinsa rajoittuvien suodatinkerrosten kesken. Kunkin suodatinkerroksen paksuuden tulisi olla 100–300 mm, myös kaivon halkaisijan valinnalla voidaan vaikuttaa hienoaineksen liikkumiseen maaperässä. Kuilukaivossa voidaan käyttää keskipakopumppuja jos imukorkeus on yhteensä alle 4–6 m, tätä suuremmilla imukorkeuksilla tulee käyttää oppopumppuja. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 281–285; Airaksinen, 1978, 127.)



Kuva 1 Betonirengaskaivo (Airaksinen, 1978, 198, kuva 8.1.)

Kuilukaivon mitoituksen perustana on, ettei veden nopeus pohjakerroksissa saa aiheuttaa maaineksen liikumista virtauksen mukana. Mikäli vesi virtaa kaivoon vain pohjan kautta, voidaan kuilukaivon mitoitukseen käyttää seuraavaa kokemukseräistä kaavaa (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 284):

$$Q_s = \frac{D_s^2 \times \pi \times d_{10}}{4 \times 280} \quad (1)$$

Q_s = kaivon tuotto, m^3/s

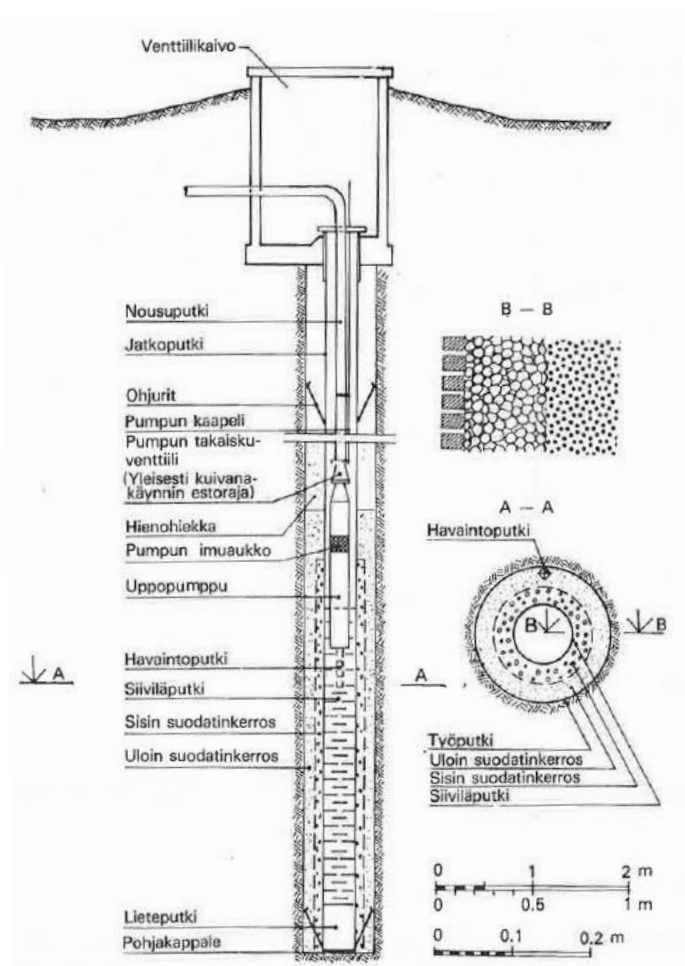
D_s = kaivon sisäläpimitta, m

d_{10} = perusmaan tehokas raekoko, mm

280 = kokemukseräisesti saatu luku

2.3.2 Siiviläputkikaivot

Siiviläputkikaivo (kuva 2) on syöpymätön putki, jonka alaosa sijoitetaan vettä johtavaan maakerrokseen. Vesi pääsee kaivoon putken alapään siiviläosan kautta. Siiviläosia voi tarvittaessa olla useampiakin eri syvyyksillä. Jotta hienoaines ei pääse kaivoon, ympäröidään siiviläosa joko hiekkasuodatimella tai putken pintaan liimatulla suodatinkerroksella. Kaivon ja siivilän materiaaleina käytetään kestävästi päällystettyä terästä, muovia ja keraamisia putkia. Putkikaivo rakennetaan maahan haluttuun syvyyteen upotettavan suojaputken avulla. Putki tyhjennetään maasta ja sen sisään asennetaan putkikaivo, jonka ympäryks täytetään suodatinsoralla. Lopuksi suojaputki vedetään pois. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 285–287.)



Kuva 2 Siiviläputkikaivo (Airaksinen, 1978, 200, kuva 8.3.)

Siiviläputkikaivon suodatinosa ja putken halkaisija on mitoitettava maaperän ominaisuudet ja vedenoton teho huomioiden niin, että virtausnopeus pysyy hyväksyttävissä arvoissa. Jos nopeus on liian suuri, aiheuttaa se siiviläosan tukkeutumisen, mikäli vedessä on hienoainesta. Virtaustilan tulisikin pysyä laminaarisella alueella. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 287–288.)

Suodatinkerroksen ulkohalkaisijan mitoitukseen on olemassa kokemukseräinen kaava:

$$D_p = \frac{m \times Q}{\pi \times L \times d_{10}} \quad (2)$$

D_p = suodatinosan halkaisija, mm

Q = kaivon tuotto, m³/s

L = siiviläosan pituus, m

d_{10} = maaperän tehokas raekoko, mm

m = kerroin, 280

Siiviläosan pituuteen vaikuttaa kaivon suunniteltu syvyys sekä pohjavedenpinnan alin taso. Siiviläosan yläpinta ei saisi missään tilanteessa jäädä vedenpinnan yläpuolelle, sillä ajoittain kuivana ollessaan se tukkeutuisi pian. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 286.)

Virtauksen laminaarisuuden voi tarkastaa seuraavan kaavan avulla.

$$v_f = \frac{Re \times \mu}{d_s \times 10^{-3}} \quad (3)$$

Re = Reynoldsin luku < 10

μ = kinemaattinen viskositeetti

d_s = siiviläputken rajoittuvan suodatinkerroksen keskimääräinen raekoko, mm

v_f = voidaan laskea kaivon halkaisijan D, tuoton Q ja siiviläosan pituuden L avulla

Jos veden virtausnopeus suodatinkerroksen ja siiviläputken rajapinnalla on enintään em. ehdon suuruinen, vaatimus laminaarisuudesta täyttyy. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 286–287.)

Kaivon sisähalkaisijaan vaikuttaa myös vedenottotapa. Kaivon halkaisijan tulee olla 50–100 mm pumppua suurempi asennustyön ja virtausvastusten vuoksi, joten halutun tuoton sallivan pumpun koko vaikuttaa kaivon halkaisijaan. Tavallisimmat putkikaivoissa käytetyt oppopumput ovat halkaisijaltaan noin 200 mm, jolloin kaivon halkaisijana käytetään 400 mm. Kaivon jatkoputki on yleensä samansuuruinen siiviläputken kanssa. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 287.)

Putkea ympäröivän maaperän raekoostumus määrää suodatinkerroksen rakeisuuden. Suodatinkerroksen ulomman osan raekoko on 4–5 kertainen maaperän seulontakäyrältä luettuun 80–50 % läpäisyä vastaavaan arvoon verrattuna. Käyrältä voidaan valita sitä suurempi arvo, mitä tasarakeisempää maa on. Putken siivilän rakokoko tulisi olla 25–35 % sitä vastassa olevan kerroksen raekoosta, tarvittaessa käytetään useita suodatinkerroksia, jotta tähän tilanteeseen päästään. Siivilän aukkojen pinta-alan tulee olla vähintään 10 % koko putken seinämän pinta-alasta. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 287.)

2.3.3 Kallioporakaivot

Kalliokaivot tehdään poraamalla, jopa satojen metrien syvyyteen. Kaivon antoisuus kuitenkin harvoin lisääntyy enää 100–150 m jälkeen. Kalliokaivojen antoisuus ei ole yleensä kovin suuri, keskimäärin 40–50 m³/d. Kallioporakaivojen mitoittaminen on hankalaa ja yleensä niiden toimivuus ja veden riittävyys selviää vasta kun kaivo on rakennettu. Päätelmiä antoisuudesta voidaan kuitenkin tehdä kartta- ja maastotarkasteluin, esim. kallioperän koostumuksen, rakoilu suunnan ja halkeilumäärän perusteella. Kallioperän koostumus ja pinnanmuodostus voivat myös antaa viitteitä veden laadusta. Kalliokaivoissa käytetään yleensä ejektoripumppua tai mikäli veden tarve on muutaman talouden tarvetta suurempi, oppopumppua. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 287–289.)

3 TYYPILLISIMMÄT VEDENKÄSITTELYTARPEET POHJAVEDENOTTAMOILLA

Mikäli pohjaveden mikrobiologinen tai kemiallinen laatu ei yllä lainsäädännön asettamiin vaatimuksiin tai vesi on tekniseltä laadultaan heikkoa, aiheuttaen syöpymiä tai saostumia putkistoihin, tulee vettä käsitellä laadun parantamiseksi. Vaikka pohjaveden laatu Suomessa on yleensä hyvä, voi joillain alueille vedessä esiintyä haitallisia määriä rautaa tai mangaania ja kallioporakaivoissa ongelmana saattavat lisäksi olla korkeat arseeni-, radon- tai fluoridipitoisuudet (Valtion ympäristöhallinto). Myös aggressiivisuus sekä pehmeys ovat tyypillisiä ominaisuuksia Suomen pohjavesille. Näin ollen yleisimpiä pohjavedelle tehtäviä käsittelytoimia ovat veden alkaliteetin ja pH:n säätäminen yhdessä kovuuden lisäämisen kanssa sekä raudan ja mangaanin poisto. Nykyään pohjavedenottamot on myös useimmiten varustettu UV-desinfiointilaitteilla pohjaveden likaantumistaustausta varalta.

3.1 Alkalointi

Koska pohjavedet Suomessa ovat usein aggressiivisia ja pehmeitä, on niiden käsittely vedenjakelulaitteiden syöpymisen estämiseksi tarpeen. Veden aggressiivisuus johtuu alhaisesta pH:sta sekä liiallisesta vapaan hiilidioksidin määrästä ja veden tulisi olla ns. kalkkihiilidioksiditasapainossa, jotta se ei aiheuttaisi syöpymistä. Veden pehmeys eli lähinnä kalsiumin ja magnesiumin suolojen vähäisyys puolestaan aiheuttaa sen, ettei putkistojen pintaan saostu korroosiolta suojaavaa kerrosta. Veden ylimääräistä hiilidioksidia voidaan joko poistaa esimerkiksi ilmastamalla tai sitoa kemiallisesti harmittomampaan muotoon. Hiilidioksidin kemiallista sitomista nimitetään yleisesti alkaloinniksi, jolla tarkoitetaan veden pH-arvon nostamista ja puskurikapasiteetin eli alkaliteetin lisäämistä. Alkalointi voidaan toteuttaa lisäämällä veteen alkaloivia kemikaaleja tai käyttämällä alkaloivia massoja. Alkaloinnin yhteydessä myös veden kovuutta usein lisätään käyttämällä kalsiumpitoista alkalointikemikaalia tai -massaa. Veden pH-arvo pyritään säätämään välille 7,5–8,5, veden kovuudesta riippuen. (Isomäki, Valve, Kivimäki ja Lahti 2006, 35; Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 146–147.)

Alkalointiin voidaan käyttää

1. kemikaaleja
 - a. lipeää eli natriumhydroksidia (NaOH)
 - b. soodaa eli natriumkarbonaattia (Na₂CO₃)
 - c. sammutettua kalkkia eli kalsiumhydroksidia (Ca(OH)₂)
2. alkaloivia massoja
 - a. kalkkikiveä eli kalsiumkarbonaattia (CaCO₃)
 - b. dolomiittia eli kalsium- ja magnesiumkarbonaattia (CaMg(CO₃)₂).

Lipeä ja sooda syötetään veteen liuoksena ja kalkki joko kalkkimaitona tai -vetenä. Alkalointikemikaalin annostusta ohjataan virtaaman perusteella tai säädetään jatkuvatoimisen pH-mittarin avulla. Järjestelmä kannattaa varustaa molemmilla menetelmillä, jotta pH-mittarin toimintahäiriön sattuessa on virtaamaan perustuva annostus varalla. Alkaloivat massat voivat olla joko avoimessa suodattimessa, jolloin vesi syötetään massan yläpinnalle tai suljetussa paineellisessa suodattimessa, jolloin virtaussuunta voi olla joko ylös tai alaspäin. Alkalointimassaa on ajoittain lisättävä sen kulumisen

vuoksi ja suodatin saattaa myös tukkeutua, mikäli vedessä on kiintoainesta tai rautaa. Massat on myös esihuhdeltava ennen käyttöönottoa. Alkaloivan massan reaktionopeus on suuri ja noin 5–10 minuutin kontaktiaika riittää. Alkalointireaktion pitäisi teoriassa pysähtyä kun kalkkihiilidioksiditasapaino on saavutettu, mutta käytännön kokemus on osoittanut, että kontaktiajan ollessa poikkeuksellisen suuri, sen jatkuessa esimerkiksi yön yli, voivat veden alkaliteetti ja kovuus nousta hyvinkin suureksi. (Isomäki ym. 2006, 35–36; Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 149.)

Veden syövyttävyyttä voidaan tutkia määrittämällä korroosioindeksi. Korroosioindeksin tulisi olla yli 1,5, jotta vesi ei aiheuttaisi putkistojen syöymistä. Korroosioindeksi saadaan jakamalla veden alkaliteetti (mmol/l) sulfaatin ja kloridin ainemäärien summalla. Mikäli indeksi ei ole riittävän suuri, voidaan samalla kaavalla ratkaista veden tarvittava alkaliteetti sijoittamalla korroosioindeksiksi haluttu 1,5. Kalkkihiilidioksiditasapainon määrittämiseen puolestaan voidaan käyttää esimerkiksi Langlierin menetelmää tai Hooverin nomogrammia. Näiden perusteella saadaan selville veden tarvittava pH-arvo. Tämän lasketun ja todellisen pH-arvon välinen erotus kertoo, onko vesi aggressiivista vai ylikyllästettyä, eli tilassa, jossa kalsiumkarbonaattia saostuu. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 149; Pessi Matti 2012.)

3.2 Raudan ja mangaanin poisto

Rauta ja mangaani liukenevat niukkahappiseen pohjaveteen hapetus-pelkistys-potentiaalilla ollessa riittävän pieni ja näin ollen pohjavesissä esiintyy usein molempia. Mikäli pitoisuudet ovat asetettuja vaatimuksia suurempia, täytyy rautaa ja mangaania poistaa vedestä. Vähitellen tapahtuvan saostumisen myötä pitoisuudet verkostossa voivat pienentyä, mutta rautapitoisuus voi myös kasvaa verkostokorroosion vaikutuksesta. (Pohjavesilaitosten kehittäminen 1997, 45.)

Raudan ja mangaanin poistoon on olemassa useita menetelmiä. Yleisimpiä ovat ilmastus ja hiekkasuodatus, hidassuodatus, bio- tai kuivasuodatus, VYR-menetelmä sekä katalyyttiset suodattimet. Ilmastuksen avulla rautaa ja mangaania saadaan saostumaan vedestä. Ilmastus voi tapahtua joko hajottamalla vesi pisaroiksi ja johtamalla se ilmavirtaan tai kuplittamalla ilmaa vesipatjan läpi. Myös suljetuissa torneissa tai avonaisissa altaissa tapahtuvia valutusmenetelmiä käytetään. Ilmastuksessa muodostuneet saostumat voidaan poistaa hiekkasuodatuksen avulla ja pienillä laitoksilla käytetään myös yhdistettyjä hiekka-kalkkikivisuodattimia. Hiekkasuodatintyyppisiä ovat yksikerros-, monikerros- sekä käänteissuodatin ja ne voivat olla joko avoimia tai suljettuja paineellisia. Ajan myötä suodattimiin kertyy kiintoainesta ja niiden teho heikkenee, tämä voidaan todeta mittaamalla esimerkiksi painehäviöitä, veden sameutta tai kiintoainepitoisuutta. Tämän vuoksi suodattimia tulee ajoittain huuhdella vastavirtapesulla joko pelkällä vedellä tai vesi-ilmahuuhtelulla, suodattimen tyypistä riippuen. Huuhtelun käynnistyminen voi tapahtua pienillä laitoksilla esimerkiksi kiinteällä aikavälillä tai käsitellyn vesimäärän perusteella ja suuremmilla laitoksilla painehäviöiden tai veden sameuden mittaustuloksiin perustuen. (Isomäki ym. 2006, 37–40.)

Hidassuodatus on hiekkasuodatuksen tyyppinen menetelmä, jonka puhdistusprosessi hiekkasuodatukselta poiketen on pääasiassa biologinen. Sen avulla voidaan poistaa useita veden epäpuhtauksia,

rauta ja mangaani mukaan lukien. Menetelmässä suodatinhiekan pinnalle muodostuu biologisesti aktiivinen kerros, jossa puhdistuminen tapahtuu. Toisin kuin hiekkasuodattimia, hidassuodattimia ei yleensä pestä, vaan niiden pinta kuoritaan. Kuorinnan jälkeen uuden biofilmin muodostuminen saattaa kestää muutamista päivistä viikkoihin ja mangaania hapettavan biofilmin kohdalla jopa useita kuukausia. Suodattimia tulisikin olla vähintään kaksi rinnakkain, jotta veden käsittelyyn ei tule katkoksia. Suodattimien olisi myös syytä olla katettuja ja suodatuksen jälkeen vesi on desinfioitava. Myös bio- tai kuivasuodatus perustuu rautaa ja mangaania hapettavien mikrobien toimintaan pika-hiekkasuodattimen kaltaisessa suodattimessa, johon johdetaan ilmaa. Mikrobit hapettavat raudan ja mangaanin, jonka jälkeen se saostuu suodattimeen. (Isomäki ym. 2006, 40–41.)

VYR-menetelmässä puhdistuminen tapahtuu maaperässä biologisesti niin, että maanpinnalla ilmastettavana käytetty vesi imeytetään takaisin maaperään, jossa rauta ja mangaani hapettuvat ja saostuvat. Tämän jälkeen vesi virtaa keräilykaivoihin ja pumpataan niistä eteenpäin muihin käsittelyvaiheisiin. (Isomäki ym. 2006, 41.)

Katalyyttisiä suodattimia käytetään erityisesti raudan ja mangaanin poistoon. Suodatin on varustettu katalyyttisellä massalla, jota voidaan aktivoida jatkuvalla kemikaalien syötöllä tai panoksittain. Katalyyttisillä massoilla raudan ja mangaanin hapettuminen on huomattavasti nopeampaa kuin ilmalla ja niitä voidaankin käyttää 2–4 kertaa suuremmilla nopeuksilla kuin hiekkapikasuodattimia. (Isomäki ym. 2006, 44.)

3.3 Desinfiointi

Desinfiointin tarkoituksena on haitallisten mikrobien, eli pieneliöiden kuten bakteerien tai virusten, tuhoaminen vedestä. Pintavesilaitoksilla desinfiointi on välttämättömyys, mutta pohjavesilaitoksilla raakavesi on yleensä hygieeniset laatuvaatimukset täyttävää ilman desinfiointiakin. Suurin osa Suomessa tapahtuneista talousveden välityksellä levinneistä epidemioista on kuitenkin ilmennyt pienillä, alle 500 henkilöä palvelevilla pohjavedenottoamoilla. Syynä tähän on ollut pohjaveden saastuminen tauteja aiheuttavilla mikrobeilla, esimerkiksi pintavaluntojen jouduttua pohjaveteen. Näin ollen myös pohjavesilaitoksilla täytyy ainakin varautua desinfiointiin ja mielellään ottaa se myös jatkuvaan käyttöön. Desinfiointi toteutetaan pienillä laitoksilla yleensä klooraamalla ja/tai UV-valolla. (Isomäki ym. 2004, 30; Pohjavesilaitosten kehittäminen 1997, 58; Miettinen, Pitkänen ja Zacheus 2005, 9–10).

3.3.1 Klooraus

Klooraus on desinfiointimenetelmä, jossa veteen lisätään kloorikemikaalia, pienillä vesilaitoksilla tyyppillisesti natriumhypokloriittia. Kloorauksen etuna on se, että se vaikuttaa myös verkostossa estäen haitallisten mikrobien kasvua. Klooraus kuitenkin aiheuttaa veteen vierasta hajua ja makua sekä yhdessä orgaanisen aineksen kanssa haitallisia sivutuotteita. Kloori annostellaan veteen ennen painesäiliötä tai varastoallasta, jotta myös ne desinfioituvat ja kemikaalin vaikutusaika ennen verkostoon johtamista pitenee. Kloorin tehokkaasta sekoittumisesta veteen tulee huolehtia, jotta hyvä des-

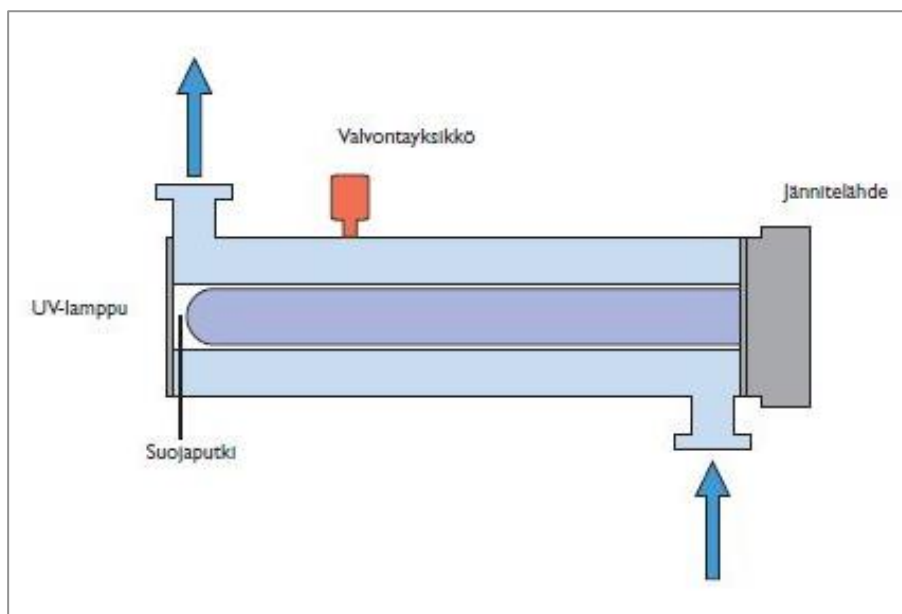
infiointiteho saavutetaan. Tästä syystä on syytä järjestää staattinen sekoitus, mikäli kemikaalia syötetään suoraan putkeen. (Isomäki ym. 2006, 30–31; Pohjavesilaitosten kehittäminen 1997, 59.)

Kloorin annostus määritellään ja tarkastetaan vapaan jäännösklooripitoisuuden perusteella. Jäännöskloorin määrää vedessä myös tarkkaillaan säännöllisesti. Kloorin annostus saa olla korkeintaan 5 mg/l ja jäännöskloorin pitoisuus verkoston äärilaidoilla tulisi olla vähintään 0,05 mg/l, jotta riittävä desinfiointivaikutus saavutetaan. Viipymän ennen ensimmäistä kulutus pistettä tulisi olla vähintään 30 minuuttia ja veden pH-arvon 6,5–7,5, jotta klooraus toimisi tehokkaasti. pH vaikuttaa siihen, missä suhteessa kloori muodostaa vedessä alikloorihapoketta ja hypokloriittia. Alikloorihapoke on tehokkaampi desinfioija ja sen suhteellinen osuus on suurempi alhaisessa pH-arvossa. Jotta desinfioinnista saadaan mahdollisimman tehokas, on hypokloriitti syytä lisätä veteen hyvissä ajoin ennen alkalointia. Klooraus ei tuhoa vedestä kaikkia taudinaiheuttajia, esimerkiksi joitain viruksia ja alkueläimiä. Vettä voidaan desinfioida myös klooriamiinilla, joka on hidaskaikuteisempi, mutta toisaalta pysyvämpi ja sitä kautta verkoston desinfioinnin kannalta tehokkaampi menetelmä. Sitä ei kuitenkaan suositella käytettäväksi yksistään, sillä sen desinfiointiteho alkueläimiin ja joihinkin viruksiin on heikko. (Isomäki ym. 2006, 31–32; Pohjavesilaitosten kehittäminen 1997, 59–60.)

3.3.2 UV-desinfiointi

Ultravioletivalon aallonpituudet jakaantuvat seuraavasti: tyhjiö UV (10–200 nm), UV-C (200–280 nm), UV-B (280–320 nm) ja UV-A (320–400 nm). UV-lamppu lähettää aallonpituudeltaan 200–400 nm valoa, josta aallonpituudelle 200–300 nm sijoittuvaa osuutta kutsutaan germisidiseksi eli mikrobeja tuhoavaksi. Tehokkain aallonpituus mikrobien inaktivoinnissa on 260 nm. Se tunkeutuu mikrobien DNA:han sekä RNA:han, aiheuttaen muutoksia niiden rakenteeseen ja tehden mikrobit kyvyttömäksi jakaantumaan, jolloin ne eivät myöskään pysty aiheuttamaan sairastumisia. Inaktivoituvien mikrobien määrä riippuu UV-annoksesta, joka määritellään UV-C-alueen valon voimakkuuden eli intensiteetin ja vaikutusajan tulona. UV-annoksen yksikkö on J/m^2 . Usein desinfiointiteho ilmoitetaan jäljelle jääneiden ja alkuperäisten mikrobien lukumäärän suhteena. Esimerkiksi 10 % mikrobeista selviytyessä lisääntymiskykyisenä on kyseessä 1log-vähennys. UV-desinfiointi ei merkittävässä määrin muuta veden laatua eikä myöskään aiheuta haitallisia sivutuotteita. Sen on todettu olevan tehokas useimmille bakteereille, viruksille sekä alkueläimille. UV-desinfioinnin vaikutus ei kuitenkaan ulotu verkostoon saakka, toisin kuin klooripohjaisten desinfiointimenetelmien. (Talousveden desinfiointi ultravioletivalolla, 2003, 3–4; Bolton ja Cotton 2008, 1–2.)

Saatavilla olevat UV-laitteistot voidaan jakaa kahteen päätyyppiin; avokanava- sekä umpinaiisiin malleihin. Ensimmäisiä käytetään lähinnä jätevedenpuhdistamoilla ja jälkimmäisiä talousveden käsittelyyn. Desinfiointiyksikkö sisältää UV-lampun, UV-anturit, kvartsisen suoja putken sekä mahdollisen puhdistusjärjestelmän. Nämä sijaitsevat tyypillisesti sylinterimäisen, ruostumattomasta teräksestä valmistetun säteilykammion sisällä. Reaktorit voivat olla rakenteeltaan ja lammppumäärältään erilaisia käyttökohteesta ja reaktorin läpi virtaavasta vesimäärästä riippuen. Yksinkertainen esimerkki UV-laitteen rakenteesta on esitetty kuvassa 3. (Bolton ja Cotton 2008, 49–51; Talousveden desinfiointi ultravioletivalolla, 2003, 5.)



Kuva 3 Kaavio UV-laitteesta. (Isomäki ym., 2006, 33, kuva 8.)

UV-lamput ovat tärkein komponentti desinfiointijärjestelmässä. Niiden tulee pystyä tuottamaan aallonpituudeltaan 200–300 nm:n säteilyä riittävän tehokkaasti sekä kestää käytössä mahdollisimman kauan. Suurin osa UV-desinfointiin käytettävistä lampuista on elohopeahöyrylamppeja, joista käytetään pääasiassa kahta toisistaan elohopean kaasunpaineeltaan eroavaa lampputyyppeä; matala- ja keskipainelamppeja. Matalapainelampun lähettämän UV-säteilyn pääasiallinen aallonpituus on noin 254 nm, joka inaktivoi mikrobeja hyvin tehokkaasti. Lampun desinfiointiteho riippuu kuitenkin paljon lampun lämpötilasta, optimilämpötilan ollessa yleensä noin 40 °C. Lamppua ympäröivää lämpötilaa voidaan säätää muuttamalla lampun vedestä erottavan kvartsiputken halkaisijaa. Matalapainelamput sopivat hyvin pienten virtaamien käsittelyyn, sillä niiden UV-teho lampun pituutta kohti on pieni. Matalapainelamppujen käyttöikä vaihtelee 8 000–10 000 tuntiin. Keskipainelamppujen lähettämän säteilyn aallonpituus vaihtelee huomattavan paljon, eivätkä ne niin ollen ole yhtä tehokkaita mikrobien inaktivoinnissa kuin matalapainelamput. Keskipainelamppujen säteilyteho on kuitenkin korkeampi, eikä veden lämpötilalla ole siihen vaikutusta lamppujen korkean käyttölämpötilan vuoksi. Keskipainelampun käyttöikä on noin 4 000 tuntia. (Bolton ja Cotton 2008, 51–58; Talousveden desinfiointi ultraviolettivalolla, 2003, 6–9.)

Lamppujen suojaputkien materiaalina käytetään usein kvartssia, sillä se on yksi harvoista materiaaleista, jonka UV-valo läpäisee 200–300 nm aallonpituusalueella. Suojaputki erottaa lampun virtaavasta vedestä suojaten sitä mekaaniselta rikkoontumiselta ja veden paineelta sekä tasaten lamppujen lämpötilan vaihteluita ja estäen niiden likaantumista. Useimpien vedessä olevien mineraalisuolojen, kuten kalsiumin, magnesiumin sekä rautasuolojen liukoisuus pienenee lämpötilojen noustessa ja myös fotokemialliset reaktiot voivat aiheuttaa mineraalien saostumista. Näin ollen UV-lamppujen lähellä ympäröivää vettä lämpimämmässä paikassa sijaitsevat kvartsiputket ovat alttiina niiden pinnalle saostuville suoloille. Jotta kvartsiputken UV-läpäisevyys pysyisi hyvänä, tulee putkia puhdistaa säännöllisesti. Puhdistustiheyteen vaikuttaa käytetty lampputyyppe ja veden laatu. (Bolton ja Cotton 2008, 59; Talousveden desinfiointi ultraviolettivalolla, 2003, 11.)

UV-anturi on tärkeä osa reaktoria, sillä sen avulla voidaan tarkkailla UV-säteilyn intensiteettiä. Intensiiteetin avulla puolestaan saadaan selvitettyä UV-annos, mikäli tunnetaan veden virtaama ja laatu. UV-antureihin asennetaan usein suotimet, jotta ne ovat aktiivisia vain germisidisella aallonpituudella 200–300 nm. Anturit mittaavat jatkuvasti säteilyä tietyssä kohtaa reaktoria, anturin lukemaan vaikuttavat kuitenkin monet tekijät. Näitä ovat UV-lampun teho sekä kvartsiputken, veden ja anturin lukupään läpäisevyys. Oikeanlaisella huollolla voidaan välttyä kvartsiputken ja anturin lukupään likaantumisen aiheuttamilta ongelmilta, jolloin suurin merkitys on lampun teholla sekä veden läpäisevyydellä. Anturi tulee myös kalibroida säännöllisesti valmistajan ohjeen mukaisesti. (Bolton ja Cotton 2008, 58; Talousveden desinfiointi ultraviolettivalolla, 2003, 12.)

UV-laitteisto voi olla ohjaukseltaan täysin automatisoitu tai hyvinkin yksinkertainen. Laitteiston ohjausyksikköön kuuluvat tarvittavat muuntajat, kuristimet sekä näyttö ja sen avulla laitteistoa voidaan käyttää käsin. Käyttö- ja ohjaustiedot voidaan tarvittaessa viedä myös kaukovalvontaan. Laitteiston valvonnan tulisi pitää sisällään vähintään lamppujen toiminnan tarkkailun, intensiteettimittauksen, lamppujen käyttöiän laskurin sekä ylikuumenemisen estävän lämpökatkaisun. Lisäksi on tarpeen mitata veden virtaamaa, mahdollisesti laitteiston sähköyksikön lämpötilaa sekä suurissa yksiköissä myös veden UV-läpäisevyyttä. (Talousveden desinfiointi ultraviolettivalolla, 2003, 11.)

UV-laitteiston valintaan vaikuttavat veden virtaama, veden UV-valon läpäisevyys, rauta- ja mangaanipitoisuus sekä prosessi johon laitetta ollaan sijoittamassa. UV-annoksen mitoitus riippuu myös siitä, onko UV-laite prosessin ainoa desinfiointimenetelmä. Laitteistoa mitoitettaessa on myös tiedettävä millaiseen desinfiointitulokseen halutaan päästä ja millaisia mikrobeja laitteella on tarkoitus inaktivoita. UV-annossuositus käsittelemättömille pohjavesille on 400 J/m^2 . (Orava, Ala-Peijari ja Pan, 2003, 13–14.)

UV-laitteita on paljon erilaisia eri käyttötarkoituksiin ja erilaisille maksimivirtaamille. Laitteen toiminnan kannalta on tärkeää, että sille asetettu maksimivirtaama ei pääse ylittymään. Näin varmistetaan, että tarvittava UV-annos toteutuu kaikkialla reaktorissa. Myös liian pieni virtaama voi heikentää tehoa, sillä veden sekoittuminen on vähäistä pienellä virtaamalla. (Orava ym. 2003, 12; Isomäki ym. 2006, 33.)

Veden UV-valoa absorboivat ominaisuudet vaikuttavat heikentävästi UV-desinfiointitehoon. Esimerkiksi veden sameus ja väri vähentävät UV-valon läpäisyä. Rauta ja mangaani vaikuttavat lähinnä lisäämällä UV-lampun suojalasin likaantumista ja myös kalsiumia voi saostua suojaputken pintaan. (Orava ym. 2003, 13–14; Isomäki ym. 2006, 33.)

Laitteiston sijoittamisessa laitokselle täytyy huomioida esimerkiksi laitoksella käytettävissä oleva tila vs. laitteiston tilantarve, putkistojen muutostyöt ja tarvittavat venttiilit, huollon ja näytteenoton mahdollistaminen, laitteiston ohituksen järjestäminen tarvittaessa, tarvittavat mittaukset sekä ohjauskaapin sijoittaminen. Laitteen sähköyksikön on sijaittava kuivassa ja mielellään ilmastoidussa tilassa. (Talousveden desinfiointi ultraviolettivalolla, 2003, 26.)

4 VEDEN PUMPPAUS JA MITTAUKSET

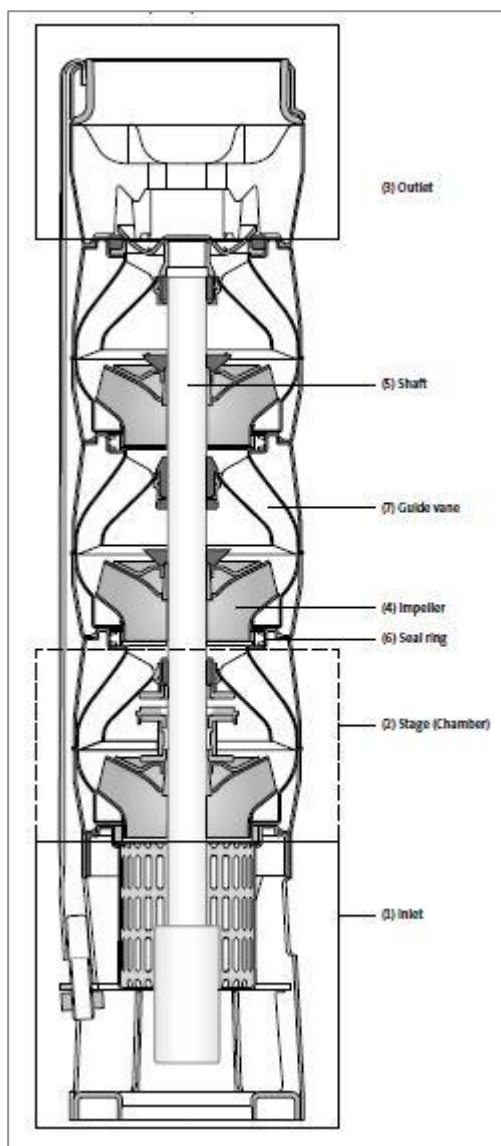
Vesilaitostoimintaan olennaisena osana kuuluvat erilaiset pumput, joita tarvitaan esimerkiksi raaka-veden ja laitoksella käsitellyn puhtaan veden pumppaamisen lisäksi mm. paineenkorotukseen sekä kemikaalien annosteluun. Kaivoissa käytetään useimmiten uppopumppuja, mutta etenkin vanhoilla vedenottamoilla saattaa olla myös erillinen pumppaamo. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 248–249.) Myös erilaiset mittaukset ovat tärkeässä roolissa vedenotossa, käsittelyssä sekä jakelussa. Niiden avulla voidaan tarkkailla ja säätää prosessien toimintaa ja ne ovat välttämättömiä laitoksen omavalvonnassa. (Isomäki ym. 2006, Liite 4.)

4.1 Pumput pohjavedenotossa

Pumppujen avulla muutetaan mekaanista energiaa hydrauliseksi energiaksi. Valtaosa vesihuoltotekniikassa käytettävistä pumpuista on keskipakopumppuja. Keskipakopumpun pääosat ovat moottori, juoksupyörä sekä pumppukammio. Moottori pyörittää pumppukammion sisällä olevaa juoksupyörää, minkä seurauksena pumpattavaan nesteeseen saadaan haluttu paine. Aikaan saadun hydraulisen energian vaikutuksesta neste tunkeutuu paineputkeen voittaen korkeuseron, virtausvastukset sekä vastassa olevan paineen. Jatkuva virtaus pumpun läpi syntyy imujohdossa vallitsevan alipaineen vaikutuksesta kun neste poistuu juoksupyörän kehältä ja pyörän keskustaan virtaa uutta nestettä tilalle. Juoksupyörästä neste virtaa sitä ympäröivään asteittain laajenevaan spiraalimaiseen pumppukammioon ja siitä paineyhteen kautta painejohtoon. (Vesihuolto I: RIL 124-1, 2003, 181–182.)

Pumpun staattinen nostokorkeus on korkeusero vedenotto- eli imutasosta nosto- eli painetasoon. Korkeuserot mitataan pumpun akselista vastaaviin vedenpintoihin, joten pumpun sijainti imu- ja painetasojen välillä tulee huomioida. Pumpun keskipisteen etäisyys vedenottotasosta on staattinen imukorkeus ja etäisyys nostotasoon verrattuna staattinen painekorkeus. Virtaus- ja paikallisvastukset aiheuttavat paineputkissa häviöitä, jotka on myös huomioitava pumpun nostokorkeutta määritettäessä. Pumpun kokonaisnostokorkeus on siis imu- ja painekorkeuksien sekä imu- ja painepuolen painehäviöiden summa. Nostokorkeus vesihuoltotekniikassa ilmoitetaan usein metreinä vesipatsasta ja se voidaan normaalissa käyttötilanteessa mitata imu- ja painepuolen paineiden avulla. (Vesihuolto I: RIL 124-1, 2003, 182–183.)

Uppopumppu on tavanomainen putkikaivoissa käytettävä pumpputyyppejä. Uppopumput voivat olla yksi- tai monikammioisia, riippuen siitä, kuinka suuri paine-ero pumpulla täytyy aikaansaada. Uppopumppujen kaksi päätyyppiä ovat radiaalinen ja puoliakselialinen. Radiaalilla pumpulla saadaan aikaan korkea paine ja puoliakselialinen pumppu puolestaan soveltuu suurille virtaamille. Uppopumppu koostuu imuaukosta, yhdestä tai useammasta kammioista sekä ulostuloaukosta. Uppopumpun rakenne on esitetty kuvassa 4. (SP Engineering Manual, 25–27.)



Kuva 4 Uppopumpun rakenne.

(SP Engineering Manual, 25, kuva 20.)

Uppopumpussa pumpun moottori sijaitsee pumppuyksikön alapuolella ja koko laite on asennettu vedenpinnan alapuolelle. Uppopumpun moottorin jäähtytys tapahtuu sen ohi imuaukkoon virtaavan veden vaikutuksesta. Uppopumpun hankinta- ja asennuskustannukset riippuvat asennussyvyydestä, paine- ja kapasiteettivaatimuksista, veden syövyttävyydestä ym. tekijöistä. Käyttökustannuksiin puolestaan vaikuttavat esimerkiksi moottorin hyötysuhde sekä erilaiset häviöt. Uppopumpun etuja ovat esimerkiksi maanpäällisten laitteiden tarpeen minimointi sekä hiljainen käyttöäni. Ne soveltuvat erityisen hyvin kohteisiin, joissa tarvitaan korkea paine, mutta vesimäärät eivät ole suuria. (Groundwater; Manual of Water Supply Practices – M21, 110.)

Pumpun valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat mm. pumpattavan veden laatu, hydrauliset tekijät kuten pumpun tuotto sekä nosto- ja imukorkeus, pumpun asennustapa sekä toiminnanohjauksen järjestäminen. Lisäksi tulee huomioida myös taloudellisuus niin hankinnassa kuin käytössäkin, käyttö- ja huoltovarmuus sekä toimitusaika. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 255–256.)

Kun pumppua ryhdytään valitsemaan, täytyy ensin arvioida tarvittava virtaama ja kokonaisnostokorkeus. Tarvittavaan virtaamaan vaikuttaa veden tarve, joka voidaan määrittää esimerkiksi verkostoon liittyvän henkilömäärän perusteella, mutta myös kaivon tuotto tulee huomioida virtaaman arvioinnissa. Virtaamaa kannattaa pienentää mahdollisuuksien mukaan, sillä näin saadaan pidettyä pohjavedenpinnan alenema minimissä ja vähennettyä energian kulutusta. Pumpun valinta tehdään pumppukäyrien avulla ja siihen voidaan käyttää apuna esimerkiksi Grundfosin WinCAPS/WebCAPS -ohjelmaa tai tuote-esitteitä. Pumppukäyrä voi kuvata esimerkiksi virtaaman ja nostokorkeuden välistä riippuvuutta, tällöin puhutaan Q/H-käyrästä. Lisäksi käyrässä voidaan esittää mm. pumpun tehontarve, hyötysuhde sekä NPHS-arvo, joka kertoo pumpun imupään yläpuolella olevan vesikerroksen minimikorkeuden. Mikäli NPHS-arvo ei toteudu, kasvaa pumpun kavitaatiovaurioiden riski. (SP Engineering Manual, 28–30.) Pumpun ominaiskäyrän lisäksi tulisi tuntea myös putken tai putkisysteemin ominaiskäyrä ja se kannattaa piirtää samaan kuvaan pumppukäyrien kanssa. Q/H-käyrän ja putkiston ominaiskäyrän leikkauspisteessä on pumpun toimintapiste, jolta haluttuun suuntaan etenemällä voidaan kuvasta lukea esimerkiksi pumpun tuotto ja nostokorkeus. (Vesihuolto I: RIL 124-1, 2003, 188–189.)

4.2 Pohjavedenottamalla tarvittavia mittauksia

Erilaisia mittaustietoja tarvitaan niin vesihuollon suunnittelu- kuin käyttövaiheessakin. Käyttövaiheessa mittaaminen on tarpeen prosessin säätämisen sekä laitoksen omavalvonnan vuoksi. Tyypillisimpiä mitattavia hydraulisia suureita ovat vedenpinnan korkeus, virtaama, veden nopeus sekä veden paine. Muita mitattavia suureita ovat esimerkiksi pH, klooripitoisuus, lämpötila, alkaliteetti, sameus, väri, rautapitoisuus sekä sähkönjohtokyky. (Vesihuolto I: RIL 124-1, 2003, 167; Isomäki ym. 2006, Liite 4.) Vedenottamalla tarvittavat mittaukset tulee aina määrittää tapauskohtaisesti esimerkiksi ottamon tyypistä ja mahdollisista käsittelyprosesseista riippuen niin, että ne ovat tarkoituksenmukaiset ja riittävät prosessin toiminnan tarkkailuun.

Mittauksia tarvitaan moniin tarkoituksiin, esimerkiksi tarkkailtaessa, että laitos täyttää saamansa vesioikeudellisen luvan ehdot tai yleiset vesihuoltoa koskevan lainsäädännön vaatimukset sekä laitoksen käytön ohjaamisessa. Sähköisiä mittauksia käytetään paljon niiden helpon tuottamisen, vahvistamisen, käsittelyn ja tallentamisen vuoksi. Sähköisessä mittauksessa mitattava suure muutetaan toiseksi suureeksi, eli se on ns. välillistä mittaamista. Mittauslaite rekisteröi mitattavan suureen anturin avulla, vahvistaa tai heikentää saadun signaalin, vertaa signaalia käytettyyn mittayksikköön sekä ilmoittaa tuloksen selvässä muodossa joko analogisesti tai digitaalisesti. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 41.)

4.2.1 Vedenpinnan korkeus

Vedenpinnan korkeuden mittaaminen on tarpeen esimerkiksi kun halutaan tietää pinnankorkeus kaivossa tai tarvitaan vesisäiliöltä pinnankorkeustietoa pumppujen ohjaamiseksi. Pinnankorkeuden mittaukset jaetaan jatkuviin sekä rajapintamittauksiin. Rajapintamittauksista ei saada jatkuvaa pinnankorkeuden näyttöä tai säätöviestiä. Yleisiä jatkuvatoimisia mittauksia ovat kapasitiivinen sekä kup-

laputkimittaus, joista ensimmäinen on sähköinen ja toinen pneumaattinen tai sähköpneumaattinen. Yleisin pumppujen ohjaukseen käytetty rajapintamittaus tapahtuu kellukekytkimillä. Muita menetelmiä ovat esimerkiksi uimurimittaus, pintaelektrodit sekä ultraäänimenetelmä. Pinnankorkeutta voidaan mitata myös altaan tai kanavan pohjaan asennetun paineanturin avulla. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 42–44.)

4.2.2 Virtaama

Jokainen vedenottamo on syytä varustaa virtaamamittarilla, sillä vesimäärä on vesihuoltosysteemiin liittyvä välttämätön perustieto. Virtaaman mittaukseen on olemassa useita menetelmiä, joista suurin osa on hydraulisia, mutta myös sähköisiä ja ultraääneen perustuvia menetelmiä on kehitetty. Mittausmenetelmät voidaan jaotella myös sen mukaan, tapahtuuko mittaaminen putkessa vai kanavassa. (Vesihuolto I: RIL 124-1, 2003, 169–170.) Magneettinen virtaamamittari on yksinkertainen, luotettava ja tarkka, mutta saattaa vaatia säännöllistä puhdistamista etenkin mikäli vesi on rautapitoista. (Isomäki ym. 2006, Liite 4.) Menetelmä perustuu virtaavan veden toimintaan magneettikentässä liikkuvana johtimena, johon indusoituu virtausnopeuteen verrannollinen jännite. Jännite mitataan putken seinämällä sijaitsevilla mittauselektrodeilla. Mittausmenetelmän toimimiseksi tulee mitattavan paineputken olla veden täyttämä. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 46.) Muita yleisiä virtaaman mittaamiseen käytettäviä menetelmiä ovat esimerkiksi paine-erojen mittaukseen perustuva venturimittaus, tilavuusmittarit, siivikkomittaus sekä mittaus ultraäänen avulla. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 45–47.)

Virtaamamittarin valinnassa, asennuksessa, kalibroinnissa ja huollossa tulee huomioida mitattavan nesteen ominaisuudet. Mittareiden tarkkuuteen ja käyttöikään vaikuttavat mm. nesteen lämpötila, paine, tiheys, viskositeetti, sähkönjohtavuus sekä virtausnopeus. Jotta virtaamamittari toimii oikein, tulee sen asennukseen kiinnittää huomiota. Yleisesti ottaen on suositeltavaa asentaa virtaamamittari pystysuuntaiseen putkeen, jossa virtaus tapahtuu ylöspäin. Useimmat virtaamamittarit edellyttävät, että putki mittarin kummallakin puolella on suora, halkaisijaltaan sama kuin mittari, sileä sisäpinnaltaan eikä siinä saisi olla putkiyhteitä, jotta virtauksen nopeusjakauma olisi mahdollisimman yhtenäinen ja virtaus pyörteetöntä. Painemittari tulisi sijoittaa ennen virtaamamittaria ja lämpömittari sen jälkeen. (Goettsche, 2005, 143–144.)

4.2.3 Veden nopeus

Vesihuollossa veden nopeutta täytyy mitata useissa eri kohteissa. Esimerkiksi puhdistuslaitosten selkeyttämöiden mitoituksessa sekä vesijohtoverkoston viipymän muodostumisessa veden virtausnopeudella on suuri merkitys. Nopeuden mittaus on usein sidoksissa virtaaman mittaukseen, sillä virtaama lasketaan nopeuden avulla. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 48.)

4.2.4 Veden paine

Vesihuollossa paineen yksikkönä käytetään usein vesipatsaan korkeutta metreinä (mvp) ilmaistuna. Muita yleisiä paineen yksiköitä ovat pascal sekä bar. Painetta mitataan joko manometrin avulla tai

mittaamalla paineen aiheuttama muodonmuutos kaarevassa metallitangossa. Tällä hetkellä useimmat paineenmittausmenetelmät perustuvat näistä menetelmistä jälkimmäiseen. Niin sanotut bourdon-painemittarit ovat yleisimpiä tämän tyyppisiä mittareita ja niistä paineen aiheuttama muutos voidaan lukea joko suoraan asteikolta tai se voidaan muuttaa sähköiseksi viestiksi. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 45.)

4.2.5 pH

pH:n määrittämiseen on olemassa useita menetelmiä, joista yksinkertaisin lienee pH-paperi. Myös komparaattoria tai kolorimetriä voidaan pH:n määrittämiseen käyttää. Tarkin menetelmä, jota käytetään aina jatkuvatoimisessa mittauksessa, on pH-anturiin ja jännitemittariin perustuva mittaus. Tämän kaltaista mittaria käytetään esimerkiksi alkaloinnin säätämiseen, mutta jollei laitoksella säädetä pH:ta, riittää yksinkertainen laite pH:n mittaamiseen. Laitteen elektrodi tulee valita käyttökohteen mukaan ja laitteen oikeanlaisesta huollosta ja kalibroinnista tulee huolehtia, jotta saatuihin mittaus tuloksiin voidaan luottaa. (Isomäki ym. 2006, Liite 4.) pH-mittariin kuuluu mittaus-, vertailu- sekä lämpötilan vaikutuksia kompensoiva elektrodi. Mittauselektrodi kehittää vetyionin aktiivisuuteen perustuvan potentiaalin, vertailuelektrodi välittää yhteyden tutkittavasta nesteestä pH-mittarille ja lämpötilaelektrodi kompensoi lämpötilan vaikutuksen, jotta saadaan standardiolosuhteiden kanssa vertailukelpoinen arvo. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 50.)

4.2.6 Klooripitoisuus

Klooripitoisuuden mittaaminen on tarpeen, mikäli laitoksella käytetään kloorikemikaalia desinfiointiin. Jäännöskloorin määrää mittaamalla saadaan varmistettua kemikaalin oikea annostus. Klooripitoisuutta voidaan mitata komparaattoreilla, kolorimetreillä, spektrofotometreillä tai sähköisillä mittareilla. Parhaiten pienten vesilaitosten käyttöön soveltuu kolorimetri tai valmiiksi annostellut reagenssit. Ohjeiden mukaisten lämpötilan sekä reaktioajan noudattaminen on erittäin tärkeää ja näytettä on tarvittaessa laimennettava tislattulla vedellä, mikäli pitoisuus lähestyy mittausalueen ylärajaa. Laimennuskerroin on tällöin huomioitava mittaus tuloksessa. (Isomäki ym. 2006, Liite 4.)

4.2.7 Lämpötila

Lämpötilaa voidaan mitata jatkuvatoimisesti sähköisillä, lähettimen välityksellä näyttölaitteeseen kytkeytyillä lämpötila-antureilla tai kertamittauksena esimerkiksi digitaalimittarilla. Esimerkiksi pH- ja sähkönjohtokyky mittareissa on monesti mukana myös lämpötila-anturi. Lämpötilan mittaaminen on tarpeen mm. tehtäessä jotain muuta määrittystä, johon lämpötilalla on vaikutusta. (Isomäki ym. 2006, Liite 4.) Myös monet vesihuollon prosessit ovat hyvin lämpötilariippuvaisia, minkä vuoksi lämpötila on yksi vesihuollon perusmittauksista. (Vesihuolto II: RIL 124-2, 2004, 48.)

4.2.8 Alkaliteetti

Jatkuvatoimisia automaattisia alkaliteettimittareita on olemassa, mutta niitä harvoin käytetään pienillä vesilaitoksilla. Alkaliteetti voidaan määrittää titraamalla ja laskemalla titraamiseen kuluneen hapon

määrän perusteella. Määritykseen on myös olemassa valmiita paketteja, jotka sisältävät kaikki tarvittavat välineet ja reagenssit. (Isomäki ym. 2006, Liite 4.)

4.2.9 Sameus ja väri

Sameutta voidaan mitata jatkuvatoimisilla automaattisilla tai laboratoriomittareilla. Mittari mittaa joko valon sirontaa näytteestä tai näytteen läpäisevän valon voimakkuuden laskua. Kuten muillakin mittareilla, ovat oikeanlainen huolto ja kalibrointi erittäin tärkeitä. Esimerkiksi anturin likaantumista on tarkkailtava säännöllisesti. Sameuden mittaus on yksi tärkeimmistä vedenkäsittelyn toimivuudesta sekä käsitellyn veden laadusta kertovista mittauksista. Veden väriä voidaan mitata kolorimetrillä tai komparaattorilla ja se voi kertoa veden humus- tai rautapitoisuudesta. (Isomäki ym. 2006, Liite 4.)

4.2.10 Rauta ja mangaani

Raudan ja mangaanin mittaukseen voidaan käyttää esimerkiksi kolorimetriä tai fotometriä. Menetelmät perustuvat mitattavan aineen reagointiin väriä muodostavan yhdisteen kanssa ja näin muodostuneen värin voimakkuuden mittaamiseen. (Isomäki ym. 2006, Liite 4.)

4.2.11 Sähkönjohtokyky

Sähkönjohtokyky mittaa veteen liuenneiden suolojen, kuten kloridin ja sulfaatin, pitoisuutta. Mittari koostuu vastusmittarista ja siihen kytketystä elektrodista ja usein siihen on liitetty myös lämpötilanturi, sillä lämpötila vaikuttaa sähkönjohtavuuteen. pH-mittauksen voi yhdistää samaan mittariin johtokyvyn mittauksen kanssa. (Isomäki ym. 2006, Liite 4.)

5 LAPPEENRANNAN LÄMPÖVOIMA OY

Lappeenrannan Lämpövoima Oy on Lappeenrannan Energia Oy:n tytäryhtiö, jonka toimintoihin kuuluvat sähkön, kaukolämmön sekä höyryn tuotannon lisäksi Lappeenrannan alueen talousveden tuotanto ja jäteveden käsittely. Vesihuoltolaitosten toiminta-alueet on jaoteltu Kanta-Lappeenrantaan, Kanta-Joutsenoon, Korvenkylään, Nuijamaahan, Perämelntolaan sekä Ylämaahan. Laitosten toiminta-alueelle kuuluu noin 64 000 asukasta. Lappeenrannan Energia konsernin yhtiöt ja niiden toimialat on esitetty kuviossa 1. (Lappeenrannan Energia Oy.)



Kuvio 1 Lappeenrannan Energia -konsernin yhtiöt ja niiden toimialat (Kosunen 25.2.2013)

5.1 Vedenottamot

Lappeenrannan Lämpövoima Oy:llä on tällä hetkellä käytössä kahdeksan vedenottamo; Huhtiniemi, Myllypuro, Ilottula–Puslamäki, Korvenkylä, Honkala, Peräsuonniitty, Ylämaa sekä Nuijamaa ja lisäksi Ahvenlammen varavedenottamo. Laitosten pumppaama vesimäärä vuorokausittain on yhteensä noin 15 600 m³, josta noin 8 000 m³ on Huhtiniemellä valmistettua tekopohjavettä ja loput pohjavettä. Vedenottamot sekä niiden vuonna 2012 vuorokausittain keskimäärin pumppaamat vesimäärät on esitetty taulukossa 1. (Lappeenrannan Energia Oy.)

Taulukko 1 Lappeenrannan Lämpövoima Oy:n vedenottamot ja niiden pumppaamat vesimäärät vuonna 2012 (Kosunen 25.2.2013)

Vedenottamo	pumpattu määrä (m ³ /vrk)
Huhtiniemi	10 040
Myllypuro	2 650
– josta Imatralle	1 100
Ilottula – Puslamäki	2 050
Korvenkylä	380
Honkala	100
Peräsuonniitty	290
Ylämaa	60
Nuijamaa	60

5.2 Jätevesi ja puhdistamot

Lappeenrannan pääjätevedenpuhdistamot ovat Toikansuo sekä Oravaharju. Toikansuon jätevedenpuhdistamolla käsitellään kaikki Lappeenrannan asemakaavoitetulta alueelta kerättävät jätevedet sekä Lemin ja Taipalsaaren kuntien viemäröintialueen vedet. Laitos käsittelee vuosittain lähes kuusi miljoonaa kuutiota jätevettä. Puhdistettu jätevesi puretaan Rakkolanjokeen, joka virtaa Haapajärven kautta Viipurinlahteen. Oravaharjun puhdistamolle puolestaan johdetaan Joutsenon keskustaajaman jätevedet ja siellä käsitellään noin puoli miljoonaa kuutiota jätevettä vuodessa. Oravaharjun puhdistamon purkupaikkana toimii Saimaan Honkalahti. Lisäksi Nuijamaalla, Ylämaalla sekä Vainikkalassa sijaitsevat pienpuhdistamot, joissa niiden keskustaajamien jätevedet käsitellään. Korvenkylän alueen jätevedet johdetaan puhdistettavaksi Imatralle sijaitsevalle Meltolan puhdistamolle. (Lappeenrannan Energia Oy.)

5.3 Verkostot

Toiminta-alueet kattavat pääosin Lappeenrannan asemakaava-alueen ja Nuijamaan taajaman. Lappeenrannan toiminta-alueella on yhteensä noin 1120 km vesihuoltoverkostoa. Verkostosta on n. 470 km vesijohtoa, n. 400 km jätevesiviemäriä ja n. 250 hulevesiviemäriä. (Lappeenrannan Energia Oy.)

6 TIURUNIEMEN POHJAVESIALUE JA TIURUN POHJAVESIKAIVO

Tiurun pohjavesikaivo sijaitsee Lappeenrannassa, Tiuruniemen pohjavesialueella (liite 1). Kyseessä on siiviläputkikaivo, johon ei nykyisellään kuulu lainkaan veden käsittelyä. Kaivo sijaitsee Tiuruniemen länsipuolella Saimaata kohti viettävässä maastossa. Kyseinen kaivo on aiemmin toiminut Tiurun sairaalan ja myöhemmin samoissa tiloissa toimineen Joutsenon vastaanottokeskuksen vedenottamona vuoteen 2012 saakka, mutta kyseiset toiminnot on sittemmin lakkautettu. Entinen sairaalarakennus sijaitsee noin 75 metrin päässä kaivolta sen yläpuolisessa maastossa. Vedenottamo toimii tällä hetkellä vedenlähteenä muutamille omakoti- sekä pienkerrostaloille. Tiurun alueen verkosto ei ole yhteydessä muihin verkostoihin, mutta se on tulevaisuudessa tarkoitus yhdistää Rauhan alueen verkostoon. Aiemmin kyseiset verkostot ovat olleet yhdistettyinä, mutta Rauhan alueen laajamittaisen rakentamistoimien yhteydessä ne erotettiin. (Vesterlund 26.11.2012 ja 20.12.2012.)

6.1 Pohjavesialueen ominaisuudet

Tiuruniemen pohjavesialue (nro. 0517301) on osa ensimmäiseen Salpausselkään kuuluvaa harjun reunamuodostumaa, jonka proksimaali- eli jäätikön puoleinen osa on monin paikoin sandurmaista suppa-alueita. Sanduri on jäätikön reunalta kuivalle maalle purkautuneen jäätikköjoen mukanaan kuljettamien maa-ainesten muodostama suistoalue ja suppia puolestaan on muodostunut maa-ainesten alle hautautuneiden jäälohkareiden sulaessa (Geologian tutkimuskeskus). Akviferi on tyypiltään antiklininen eli vettä purkava. Alueelle on kerrostunut paksusti soraa ja hiekkaa ja pohjaveden pinta on syvällä suppia lukuun ottamatta. Alueen pohjoisreunan materiaali on eteläreunaa karkeampaa. Sora ja hiekkakerrosten välissä on paikoittain vettä huonosti johtavia moreenikerroksia. Tiuruniemen pohjavesialueen pääsijaintikunta on Lappeenranta, se ulottuu osittain myös Imatran puolelle ja kuuluu 1 Vuoksen vesienhoitoalueeseen. Tiuruniemen muodostuma rajoittuu pohjoisessa Saimaaseen ja etelässä tiiviisiin, huonosti vettä johtaviin kerroksiin. Lännessä pohjavedenjakaja kulkee luode-kaakko -suuntaisesti Mustajärven kohdalla ja idässä alue puolestaan ulottuu Lappeenrannan rajalle, josta se jatkuu Imatran Korvenkannan pohjavesialueena. Muodostuman eteläreunalla on useita lähteitä ja nämä eteläpuoleiset purkautumistasot ovat noin 10 metriä Saimaan keskivedenpintaa alempana. Osa alueen pohjoisosan supista toimii luultavasti pohjaveden kerääjinä. Rungas soranotto haittaa alueen hydrogeologisia ominaisuuksia. (OIVA -ympäristö- ja paikkatietopalvelu.)

Tiuruniemen pohjavesialue kuuluu luokkaan I eli vedenhankintaa varten tärkeisiin pohjavesialueisiin, alueen imeytymiskerroin eli imeytymisen ja sadannan suhde on 0,5 ja sillä muodostuvan pohjaveden määräksi on arvioitu 8 500 m³/d. Alueen kokonaispinta-ala on 14,7 km² ja muodostumisalueen ala 10,9 km². Pohjavesialueesta 68,4 % on metsätalouskäytössä, 10,2 % peltoviljelyksenä ja 7,9 % haja-asutusalueena ja siellä harjoitetaan myös maa-ainesten ottoa (2,1 %) sekä teollisuutta (1,0 %). Pohjavesialueella toimii Tiurun vedenottamon lisäksi Korvenkylän sekä Honkalan vedenottamot. (OIVA -ympäristö- ja paikkatietopalvelu.)

6.2 Kaivon paikalla tehdyt pohjatutkimukset sekä koepumppaukset

Maa ja vesi Oy on tutkinut helmikuussa 1983 kairauskokein mahdollisuutta rakentaa sairaalan vedenottamona aiemmin toimineen 40-luvulla rakennetun kuilukaivon välittömään läheisyyteen putkikaivon. Vanha kuilukaivo on noin 14 m syvä ja sen pohjaan on lyöty kaksi halkaisijaltaan 100 mm siiviläputkea. Putkien pituus on noin 9 m, josta siiviläosan pituus 1 m. Tarve uudelle kaivolle on ilmennyt edellisen kaivon antoisuuden heikettyä ja otetun veden sisältämän maa-aineksen lisääntyä putkien rikkoontumisen ja/tai tukkeutumisen vuoksi. (Vedenottoaikan tutkimus, 1983.)

Kohteessa on suoritettu yksi kairaus noin 10 metrin etäisyydellä vanhasta kaivosta. Maanpinnan korko kairauspisteellä on ollut N_{60} -järjestelmässä + 93,1 m. Maaperän on todettu olevan hiekkaa, hienoa hiekkaa sekä kivistä hienoa hiekkaa. 20,4 metrin jälkeen vastaan on tullut kiviä ja kairaus on lopetettu kolmen tangon jäätyä maahan. Kairaustulokset on esitetty taulukossa 2. Vaikka kairaus on päätynyt kiveen, eikä tietoja alemmista maakerroksista ole saatu, kaivo on kuitenkin suositeltu rakennettavaksi kyseiseen paikkaan. Tarkempien maaperätietojen puuttuessa kaivon syvyys, siiviläosan pituus sekä rakokoko on määritetty vasta rakentamisvaiheessa, rakentamisen yhteydessä otettujen maanäytteiden perusteella. (Vedenottoaikan tutkimus, 1983.)

Taulukko 2 Kaivonpaikalla tehdyn koekairauksen tulokset

Kairaussyvyys	Maalaji
17,0 m	Hiekka, hieno hiekka
18,0 m	Kivinen hieno hiekka
19,0 m	Hiekka
20,4 m	Kivinen hieno hiekka
	Kivi (maahan jäänyt kolme tankoa)

Samassa yhteydessä on tutkittu pumppauksen vaikutusta vanhan vedenottamon pinnankorkeuksiin helmikuussa 1983. Tutkimuksessa on todettu veden olleen lepotilassa korossa + 77,50 m ja laske-
neen 475 m^3 :n vuorokausipumppauksella ensimmäisessä putkessa noin 2 m ja toisessa noin 4,2 m. Pumppauksen kestoa ei tutkimustuloksissa ole ilmoitettu. (Vedenottoaikan tutkimus, 1983.)

Rakennetulla siiviläputkikaivolla on suoritettu koepumppaus vuonna 1983. Vettä on pumpattu tuolloin kuutena päivänä, 26.8.–2.9. välisenä aikana. Pumppausvirtaama on ollut aluksi 50 litraa minuutissa. Neljäntenä pumppauspäivänä sitä on nostettu pumpun maksimiviesimäärään, 300 litraan minuutissa eli noin 430 kuutioon vuorokaudessa. Vedenpinnankorkeutta on samalla tarkkailtu, eikä sen ole todettu muuttuvan kolmen päivän aikana pumpattaessa vettä pumpun maksimituotolla. Ennen koepumppauksen aloitusta vedenpinnan korko on ollut + 77,25 ja pumppauksen aikana se on laske-
nut tasoon + 70,70. Pumppaustulokset ovat nähtävillä taulukossa 3. (Koepumppauspöytäkirja, 1983.)

Taulukko 3 Siiviläputkikaivon koepumppaustulokset

Päivämäärä	Pumppausaika, h	Tuotto, l/min	Vedenpinnan korkeus, m	Siiviläputken yläpään asema vedenpintaan nähden, m
26.8.	5	50 – 100	+ 77,25	- 15,45
29.8.	19	100 – 150	+ 74,20	- 12,40
30.8.	14	200	+ 73,05	- 11,25
31.8.	18	200 – 300	+ 70,70	- 8,90
1.9.	17	300	+ 70,70	- 8,90
2.9.	4	300	+ 70,70	- 8,90

Saimaan pinta on tuolloin ollut pumppausten aikana noin korossa + 76 m, joten pohjavesi on pumppausten seurauksena laskenut suurimmillaan kuusi metriä sen alapuolelle. Pohjavedenpinnan laskiessa läheisen vesistön pinnan alapuolelle alkaa pintavettä imeytyä ja sekoittua pohjaveteen. Tämä voi yhtäältä lisätä alueen antoisuutta, mutta toisaalta aiheuttaa ongelmia veden laadun suhteen. (Valtion ympäristöhallinto.)

6.3 Kaivon ominaisuustiedot ja varustelu

Vedenottamo on rakennettu vuonna 1983 ja se koostuu siiviläputkikaivosta sekä sen yläpuolisesta venttiilikaivosta (liite 3). Kaivon kannen korko N₂₀₀₀-järjestelmässä on + 94,53 m, korko nousuputken päältä + 91,61 m ja läpivientiputken päältä + 91,26 m. Venttiilikaivon (kuva 5) syvyydeksi tulee näin ollen noin 3,3 m kannesta läpivientiputken laipan yläpintaan mitattuna, eli kaivosta on rakennettu syvämpi kuin suunnitelmapiirustuksissa esitetty 2,5 m. Venttiilikaivo on varustettu kahdella eri syvyydelle ulottuvalla ilmanvaihtoputkella sekä lämpöeristetyllä luukulla (kuva 6). Lisäksi kaivossa on halkaisijaltaan 40 mm pohjaveden havaintoputki. (Putkisto- ja laitepiirustus.)



Kuva 5 Venttiilikaivo (Kosunen 9.1.2013.)



Kuva 6 Huoltoluukku ja tuuletusputket (Kosunen 9.1.2013.)

Putkikaivo on kokonaispituudeltaan 34,5 m ja sen halkaisija on kauttaaltaan 400 mm. Putkikaivon ylin osa on 29 metriä pitkä jatkoputki, jonka alapuolella sijaitsee viisi metriä pitkä siiviläosa. Alimmaisena kaivossa on vielä puoli metriä pitkä lieteputki. Alun perin kaivo on varustettu Pleuger N 65-8 -uppopumpulla, jonka tiedot on esitetty kuvassa 7. Pumppu on vaihdettu vuonna 2008 uuteen vastaavanlaiseen (Vesterlund 7.3.3013). Pumpun kuivakäynnin eston sijainti N₂₀₀₀-järjestelmän mukaisessa korossa on + 63,36 m ja imuaukon + 62,76 m. (Putkisto- ja laitepiirustus.)

KÄYTTÖTAULUKKO		V 951																								
PLEUGER UNTERWASSERPUMPEN G. M. B. H. HAMBURG UPPOPUMPPU																										
Asennus: Aggregaattia ei saa milloinkaan käynnistää kuivana Ennen asennusta on moottori täytettävä vedellä <i>n. 4 litraa</i>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">N 65-8 + V 6-25.5</div> No. <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">V8302399-01</div> Koko <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 50px;"></div>	Käytöstä poistettaessa: Ennen varastointia tyhjennettävä ja puhdistettava Säilytettävä pystyssä, ei koskaan makaavassa asennossa																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Q l/min</td> <td style="width: 33%;">V</td> <td style="width: 33%;">A</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">300</td> <td style="text-align: center;">380</td> <td style="text-align: center;">13,5</td> </tr> <tr> <td>H m vp</td> <td>Hv</td> <td>kW</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> <tr> <td>Porrasluku</td> <td>µF</td> <td>Kytkenä</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">Δ</td> </tr> <tr> <td></td> <td>k/min.</td> <td>Hz.</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2900</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> </table>			Q l/min	V	A	300	380	13,5	H m vp	Hv	kW	62		6	Porrasluku	µF	Kytkenä	8		Δ		k/min.	Hz.		2900	50
Q l/min	V	A																								
300	380	13,5																								
H m vp	Hv	kW																								
62		6																								
Porrasluku	µF	Kytkenä																								
8		Δ																								
	k/min.	Hz.																								
	2900	50																								
Malli, merkki ja rakenne lailla suojattu.																										
Käyttöohjeita sekä lisälehdessä no. annettuja ohjeita noudatettava.																										
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">Moottorisuoja-säätö yllämainitulle teholle</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">: 12.0</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">A</td> </tr> <tr> <td>Moottorisuoja-säätö korkeintaan</td> <td style="text-align: right;">: 13.5</td> <td style="text-align: right;">A</td> </tr> <tr> <td>Sopiva hidastettu varoke</td> <td style="text-align: right;">: 20</td> <td style="text-align: right;">A</td> </tr> <tr> <td>Hätätilassa nopea varoke</td> <td style="text-align: right;">: 25</td> <td style="text-align: right;">A</td> </tr> </table>			Moottorisuoja-säätö yllämainitulle teholle	: 12.0	A	Moottorisuoja-säätö korkeintaan	: 13.5	A	Sopiva hidastettu varoke	: 20	A	Hätätilassa nopea varoke	: 25	A												
Moottorisuoja-säätö yllämainitulle teholle	: 12.0	A																								
Moottorisuoja-säätö korkeintaan	: 13.5	A																								
Sopiva hidastettu varoke	: 20	A																								
Hätätilassa nopea varoke	: 25	A																								

Kuva 7 Pleuger uppopumpun käyttötaulukko

Kaivosta vesi pumpataan ylävesisäiliön kautta verkostoon. Kaivon nousuputki on materiaaliltaan ruostumatonta terästä ja halkaisijaltaan 88,9 mm. Venttiilikauvon ulkopuolella nousuputki yhdistyy PVC-putkeen, joka kulkee lähellä sijaitsevan aiemmin käytössä olleen kuilukaivon kautta. Kuilu-kaivossa sijaitsee pumpun ohjauslaitteisto, virtaama- ja painemittarit sekä näytteenottohana. Virtaamamittari ei tosin toimi tällä hetkellä. Pumpun ohjaus tapahtuu ylävesisäiliön pinnankorkeuden mukaan, niin että pumppu käynnistyy veden pinnan laskiessa määritettyyn alarajaan ja sammuu ylärajan tullessa vastaan. Vaihteluväli ala- ja ylärajan välillä on asetettu 30 cm:iin. (Vedenottamon tehostaminen, 1983; Putkisto- ja laitepiirustus.)

6.4 Veden laatutiedot

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista koskee vettä, jota toimitetaan talousvetenä käytettäväksi vähintään 10 m³ päivässä taikka vähintään 50 henkilön tarpeisiin. Asetuksen mukaan talousvedessä ei saa olla pieneliöitä tai loisia tai mitään aineita sellaisina määrinä tai pitoisuuksina, joista voi olla vaaraa ihmisten terveydelle. Talousveden on oltava myös muuten käyttötarkoitukseensa soveltuva, eikä se saa aiheuttaa haitallista syöpymistä tai haitallisten saostumien syntymistä vesijohdoissa ja vedenkäyttölaitteissa. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus..., 2013, § 2 ja 4.)

Tiuruniemen pohjavesikaivon vesi täyttää heinäkuussa 2009 ja syyskuussa 2011 tehtyjen analyysien tulosten perusteella STM:n asetuksen 461/2000 mukaiset mikrobiologiset ja kemialliset laatuvaatimukset sekä -suositukset, niiltä osin miltä analyysija oli tehty. Veden teknisen laadun osalta asetuksessa todetaan, että vesi ei saa olla syövyttävää ja pH:n tulee olla 6,5–9,5, sähkönjohtavuuden <2500 µS/cm, kloridipitoisuuden <25 mg/l ja sulfaattipitoisuuden <150 mg/l. Kloridille ja sulfaatille vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi asetetut pitoisuusrajat ovat alhaisemmat kuin niille laatusuosituksissa esitetyt arvot. Tiurun kaivon vesi täyttää nämäkin vaatimukset, joten sen ei pitäisi

olla verkostoja syövyttävää. Veden syövyttävyys on kuitenkin syytä tutkia tarkemmin koepumppaus-
ten yhteydessä tehtävien vesianalyysien avulla. Syövyttävyyttä voidaan tutkia sekä alkaliteettia sää-
tää luvussa 3.1 kuvatuilla menetelmillä.

Tiuruniemen kaivon vettä on myös tutkittu joulukuussa 2012 Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen toi-
mesta vaarallisten ja haitallisten aineiden sekä lääkeaineiden ja hormonien osalta, eikä vedessä ole
todettu merkittäviä pitoisuuksia mistään tutkituista aineista.

6.5 Kaivon aiempi ja nykyinen käyttö sekä tulevat käyttötilanteet

Kaivoa on käytetty aikoinaan Tiurun sairaalan ja sittemmin samassa rakennuksessa toimineen Jout-
senon vastaanottokeskuksen vedenottamona. Sairaalan vedenkäyttö vuosina 1980–1982 on ollut
noin 52 000–55 000 m³/v eli 150 m³/vrk. Vuonna 1990 tehdyn Korvenkylän alueen geohydrologisen
selvityksen mukaan vettä on puolestaan kulunut noin 140 m³/vrk. (Vedenottoaikan tutkimus, 1983;
Korvenkylän alueen geohydrologinen selvitys, 1990.) Veden kulutusta ei ole kaiken kaikkiaan seurat-
tu kovinkaan järjestelmällisesti, sillä vettä ei ole laskutettu erikseen, vaan se on sisältynyt sairaalan
ja vastaanottokeskuksen vuokriin.

Tällä hetkellä kaivosta otetaan vettä omakoti- sekä pienkerrostaloille. Verkostoon liittyneiden talouk-
sien henkilömäärä on 450 (Vesterlund 29.1.2013). Tarkkoja vedenkulutusmääriä ei ole tiedossa,
mutta 150 l/hlö vuorokausittaisella kulutuksella arvioituna tulee määräksi noin 67,5 m³/vrk.

Tulevaisuudessa Rauhan ja Tiuruniemen verkostojen yhdistämisen jälkeen Tiurun kaivo on tarkoitus
pitää varavedenottamona. Kaivosta kuitenkin tullaan pumppaamaan jatkuvasti noin 80 m³/vrk, jotta
se kestää kunnossa ja on häiriötilanteessa helpompi ottaa käyttöön. (Vesterlund 30.1.2013.) Pump-
paus tullaan toteuttamaan todennäköisesti vuorokausittain esimerkiksi neljässä tunnin jaksossa, eli
tuolloin kussakin jaksossa pumpattaisiin noin 20 m³/h. Alkuvaiheessa pumppausta ohjataan luulta-
vasti kellokytkimellä. Kaivon mahdolliset varavedenoton käyttötilanteet liittyvät Korvenkylän tai Hon-
kalan vedenottamoilla ilmeneviin häiriöihin. Mikäli jompikumpi näistä ottamoista olisi jostain syystä
poissa käytöstä, voitaisiin sitä korvata Tiurun kaivolla. Korvenkylän vedenottamolta on pumpattu
vuonna 2012 noin 380 m³/vrk ja Honkalasta noin 100 m³/vrk, joten Tiurusta pitäisi pystyä saamaan
ainakin lyhytaikaisesti vastaavia vesimääriä. Tämä täytyy kuitenkin varmistaa koepumppauksella.
Tulevaisuudessa, mikäli Tiuruniemen alue kehittyy ja sen vedentarve kasvaa, on myös mahdollista,
että Tiurun kaivoa tultaisiin käyttämään jatkuvastikin runsaammin. (Vesterlund 7.3.2013.)

7 TIURUN POHJAVESIKAIVON NYKYTILAN SELVITTÄMINEN

Vesi- ja viemärlaitosyhdistyksen julkaisun Pohjavesilaitosten kehittäminen (1997, 11) mukaan koko vedentuotannon ketjua raakavesilähteeltä kuluttajien hanaan saakka tulisi tarkastella järjestelmällisesti, jotta vedenottamon tilasta saataisiin kokonaisuudessaan mahdollisimman kattava käsitys. Tarkastelun tulisi kohdistua niin normaali- kuin poikkeustilanteisiin. Pohjavesilaitoksen kyseessä ollessa suuri merkitys on pohjavesiesiintymän sekä kaivon antoisuudella, veden kemiallisella, fysikaalisella sekä mikrobiologisella laadulla sekä erilaisten rakenteiden ja tekniikoiden kunnan arvioinnilla. Myös laitoksen käyttöön ja kunnossapitoon on syytä kiinnittää huomiota. Jos vedenottamalla on jonkinlainen vedenkäsittely, tulisi prosessin jokaisen osatekijän toiminta ja suorituskyky varmistaa. Sama pätee myös pumppausten suhteen, mukaan lukien varalaitteet, huoltotoimet sekä huollon organisoinnin.

Mikäli vanhaa pohjavedenottamoä käytetään antoisuuden ylärajalla tai kaivoa suunniteltaessa tehdyistä tutkimuksista saadut aluetta koskevat geologiset tiedot ovat puutteellisia, tulisi pohjavesimuodostuma tutkia uudelleen aiempaa perusteellisemmin. Tutkimuksilla pyritään paikallistamaan vettä johtavia maakerroksia, määrittelemään pohjaveden korkeutta ja maaperän vedenläpäisevyyttä sekä selvittämään veden määrää ja laatua. Näiden tutkimusten avulla saadaan selville esimerkiksi pohjavesiesiintymän antoisuus, pohjavesikaivoille otolliset paikat ja niiden mitoitus tarvittavia tietoja sekä arvio veden käsittelyn tarpeesta ja vedenoton aiheuttamista vaikutuksista. (Pohjavesilaitosten kehittäminen, 1997, 11–13.)

7.1 Antoisuuden ja veden laadun selvittäminen

Korvenkylän alueen geohydrologisen selvityksen (1990, 2–3) mukaan Rauhan, Tiuruniemen sekä Joutsenrannan valuma-alueella muodostuu pohjavettä noin 2 000 m³/vrk. Muodostuvan veden määrän pitäisi siis olla riittävä alueelta otettavaan vesimäärään nähden, mutta selvityksessä myös todetaan, että alueen vedenottamot eivät sijaitse valuma-alueeseen nähden edullisimmissa kohdissa. Jos oltaisiin etsimässä paikkaa uudelle vedenottamolle, olisi tehtävä tarkempia pohjavesiesiintymän ja maaperän ominaisuuksia selvittäviä tutkimuksia. Koska tässä yhteydessä ei ole kuitenkaan tarkoitus etsiä paikkaa uudelle kaivolle, riittää että selvitetään olemassa olevan kaivon antoisuus sekä sen lähialueen vedenjohtavuus koepumppauksen avulla. Tiurun kaivoa tullaan käyttämään ainakin aluksi vain vähäisessä määrin jatkuvasti ja mahdollisen poikkeustilanteen sattuessa kaivon runsaampi käyttö on lyhytaikaista. Tästä syystä riittää suhteellisen lyhytkestaisen koepumppauksen järjestäminen. Jos kaivosta aiotaan tulevaisuudessa pumpata jatkuvasti suurempia vesimääriä, tulee sitä varten järjestää uusi, pitkäkestoinen koepumppaus.

Tiuruniemen pohjavesikaivon tavoitetuotoksi on suunnitteluvaiheessa asetettu noin 500 m³/vrk ja kaivoa on vuonna 1983 koepumpattu enimmillään noin 430 m³/vrk virtaamalla. Koepumppaus on ollut lyhytkestoinen ja kaivoa on tämän jälkeen käytetty suunniteltua huomattavasti pienemmällä vesimäärällä. Kaivon tämän hetkisestä todellisesta antoisuudesta ei siis ole tietoa, joten ennen kaivon käyttöönottoa on syytä suorittaa koepumppaus asian selvittämiseksi. Samalla tulisi tutkia myös ve-

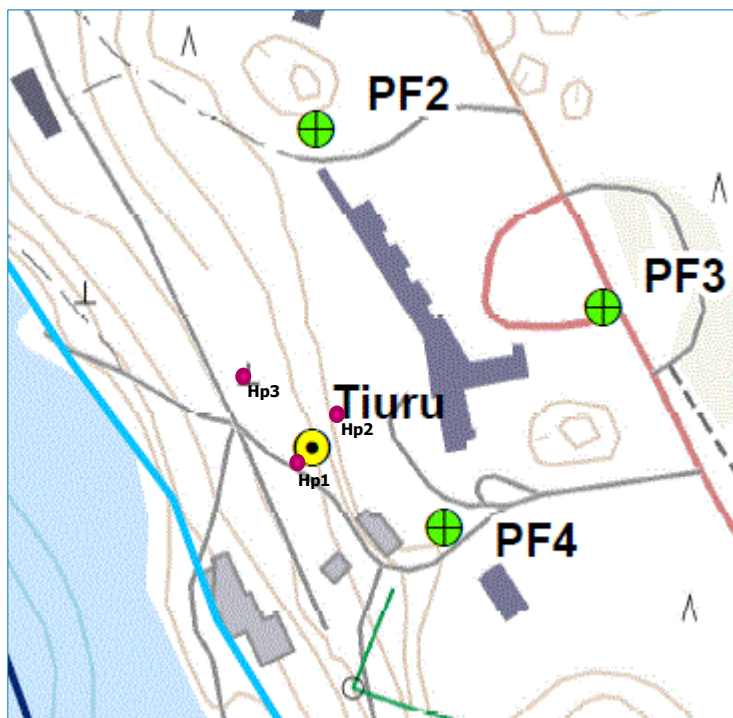
den laatua suuremmilla pumppausmäärillä. Näiden asioiden määrittäminen on tärkeää, jotta kaivon toimintakykyyn varavedenottamona voidaan luottaa ja tiedetään, millaisella kapasiteetilla vettä pystytään kaivosta poikkeustilanteessa saamaan.

Koepumppauksen tarkoituksena on selvittää kaivon ominaisantoisuus kaivossa pumppauksen aikana tapahtuvan vedenpinnan aleneman perusteella sekä kaivoa ympäröivän maaperän vedenjohtavuutta sen perusteella, kuinka vedenpinta havaintoputkissa käyttäytyy. Pidempiaikaisella pumppauksella saadaan myös muodostettua käsitystä koko pohjavesialueen osan vedenantoisuudesta. Kuten kaikissa tutkimuksissa, on tulosten tulkinnalla suuri merkitys ja se tuleeikin tehdä asiaan perehtyneen ammattilaisen toimesta. Näin vältetään virhepäätelmiltä ja ongelmilta jatkossa. Airaksisen (1978, 184) mukaan pumppauksen ensimmäisten tuntien ja vuorokausien aikaiset suuret pohjaveden pinnan alenemat kertovat akviferin heikosta vedenjohtokyvystä sekä mahdollisesta pienialaisuudesta. Tällaisessa akviferissa myös pinnan palautuminen pumppauksen jälkeen on hidasta. Vähäiset alenemat pumppauksen alussa ja nopea palautuminen pumppauksen loputtua puolestaan kertovat laajasta ja hyvin vettä johtavasta akviferista.

Pumppaus on syytä suorittaa aikana, jolloin pohjaveden muodostuminen on vähäistä ja pinnat alhaisimmillaan, jotta saadaan selville vedenoton vaikutus huonoimmassa mahdollisessa tilanteessa. Soveltuva aika on siis esimerkiksi talvella ennen lumien sulamista tai keski-/loppukesällä ennen syyssateita. Tutkittavan kaivon, läheisten havaintoputkien sekä alueella sijaitsevien muiden kaivojen vedenpinnan korkeuksia seurataan pumppauksen aikana, mutta myös ennen ja jälkeen pumppausta. Honkalan ja Tiurun vedenottamoiden pohjaveden tarkkailuohjelmassa on esitetty rakennettavaksi Tiurun kaivon läheisyyteen kolme uutta pohjaveden havaintoputkea PF2, PF3 ja PF4 (liite 2). Nämä on syytä ottaa mukaan pumppauksen aikaiseen tarkkailuun, mikäli ne rakennetaan ennen pumppauksen aloittamista. Lisäksi tarkkailuun sisällytetään jo olemassa olevista havaintoputkista esimerkiksi HP6, PVP2, 0703 sekä 0721. Jo olemassa olevat sekä suunnitellut havaintoputket sijaitsevat melko kaukana kaivosta, eikä niiden veden pinnan korkeuksia tarkkailemalla saada käsitystä kaivon lähialueen vedenjohtavuudesta. Tämän vuoksi on lisäksi suositeltavaa rakentaa lähemmäksi kaivoa vähintään kaksi, mutta mahdollisuuksien mukaan useampiakin havaintoputkia. Havaintoputkia olisi hyvä olla joka puolella kaivon ympärillä. Niiden sijainnit voisivat olla Airaksisen (1978, 183) esittämää mallia mukaillen esimerkiksi seuraavat:

- hp1 10 m päässä kaivon lounaispuolella
- hp2 20 m päässä kaivon koillispuolella
- hp3 40 m kaivon luoteispuolella.

Lisäksi jo aiemmin suunniteltu putki PF4 toimisi osana kaivon lähihavaintoverkkoa sijoittuen noin 75 m kaivosta kaakkoon. Rakennettavaksi suositeltujen putkien likimääräiset sijainnit on esitetty seuraavassa kuvassa (kuva 8).



Kuva 8 Ehdotetut havaintoputkien paikat
(muokattu Lappeenrannan Energia Oy:n kartasta)

Vedenpinnan korkeuksia kannattaa seurata myös esimerkiksi kahden viikon ajan ennen koepumppauksen aloittamista, jotta saadaan jonkinlainen käsitys siitä, millaista luonnollista vaihtelua niissä tapahtuu. Mikäli lähistöllä on esimerkiksi yksityisten talouksien kaivoja, joihin pumppauksella saattaa olla vaikutusta, täytyy kaivojen omistajia tiedottaa asiasta etukäteen ja varautua myös varaveden toimittamiseen kaivojen omistajille, mikäli koepumppaus laskee kaivojen vedenpintoja niin, että veden saanti estyy. Jos kaivon lähistöllä sijaitsee lähteitä, myös niiden virtaamia kannattaa mahdollisuuksien mukaan seurata. Kaivojen pintojen korkeuksien sekä lähteiden virtaamien lisäksi tulee seurata pumppauksen aikaista sadantaa, jotta voidaan huomioida sen vaikutus pohjaveden muodostumiseen. (Pohjavesitutkimusopas – käytännön ohjeita, 2005, 22; Misstear ym. 2006, 299–300.)

Pumpatun veden purkupaikka tulee valita niin, ettei vesi pääse imeytymään takaisin pohjavesiesiintymään ja vaikuttamaan näin pumppauksen tuloksiin (Pohjavesitutkimusopas – käytännön ohjeita, 2005, 28). Tiurun kaivo sijaitsee lähellä Saimaan rantaa, joten vesistö on tässä tapauksessa järkevin purkupaikka.

Ennen varsinaista koepumppausta tai mikäli kaivon suorituskykyä mittaavassa koepumppauksessa ilmenee ongelmia, saattaa myös olla aiheellista tehdä huuhtelupumppaus mahdollisten rauta- tai mangaanisaostumien tai hienoaineskertymien poistamiseksi. Saostumat voivat olla silminnähden havaittavissa uppopumpussa tai kaivolta lähtevässä vesijohdossa tai myös kaivon antoisuuden pieneneminen voi kertoa saostumien muodostumisesta. Saostumia voidaan poistaa mekaanisella tai kemiallisella huuhtelulla. Tukkeuman aiheuttaja tulee selvittää ennen huuhtelun aloittamista, jotta voidaan valita oikea huuhtelumenetelmä. Hienoaineksen poistoon riittää mekaaninen huuhtelu, mutta

rauta- ja mangaanisaostumien poistoon tarvitaan yleensä kemiallinen huuhtelu. (Reijonen 2004, 34; Pohjavesilaitosten kehittäminen 1997, 23–24.)

7.1.1 Lyhytkestoinen koepumppaus kaivon suorituskyvyn testaamiseksi

Tiuruniemen kaivon koepumppaus suoritetaan kahdessa osassa. Ensin tehdään kaivon suorituskykyä mittaava lyhytkestoinen pumppaus asteittain kasvavilla virtaamilla, jotta nähdään, kuinka paljon vedenpinta kaivossa alenee eri pumppausmäärillä. Tällä järjestelyllä saadaan käsitys siitä, kuinka esteettömästi vesi pääsee virtaamaan kaivoon ja selvitetään myös toimiiko kaivo sille suunnitellussa normaaliajan käyttötilanteessa. Kaivon ja sen läheisten pohjaveden havaintoputkien vedenpinnan alenemien perusteella pystytään muodostamaan käsitystä kaivoa ympäröivän maaperän veden läpäisevyydestä. Jos veden pinta laskee kaivossa nopeasti, mutta ei läheisissä havaintoputkissa juurikaan, kertoo se maaperän huonosta vedenläpäisevyydestä tai mahdollisesta kaivon siiviläosan tukkeutumisesta. Pumppauksen avulla voidaan varmistaa, onko kaivon antoisuus riittävä, kuinka kaivon vedenpinnan alenema käyttäytyy pumppaustehoa kasvatettaessa sekä myös arvioida pumppauskustannuksiin vaikuttavia kaivohäviöitä. (Mistear ym. 2006, 293.)

Pumppaus aloitetaan pienimmällä virtaamalla, jolla sitä jatketaan kahden tunnin ajan. Tämän jälkeen pidetään noin kahden tunnin tauko, jonka aikana vedenpinnan tulisi palautua pumppausta edeltäneeseen tilanteeseen. Tauon tulisi olla vähintään pumppausjakson mittainen, mutta jollei vedenpinta tuona aikana palaudu pumppausta edeltäneeseen tilanteeseen, voi tauko olla pidempikin. Sama toistetaan jokaisella virtaamalla, kullakin kaksi tuntia pumppausta ja noin kaksi tuntia taukoa ennen seuraavaan suurempaan virtaamaan siirtymistä. Tiurun kaivoa on tulevaisuudessa tarkoitus pumpata jatkuvasti noin $80 \text{ m}^3/\text{vrk}$, neljässä tunnin mittaisessa jaksossa, eli $20 \text{ m}^3/\text{h}$. Tällöin suunnitelluksi virtaamaksi tulee tuo $20 \text{ m}^3/\text{h}$ ja muut testattavat virtaamat määräytyvät luvussa 2.2 esitetyn menetelmän mukaan seuraavasti:

$$Q_1 = \frac{20 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3} = 6,66 \dots \approx 7 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_2 = \frac{2 * 20 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3} = 13,33 \dots \approx 13 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_3 = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_4 = \frac{4 * 20 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3} = 26,66 \dots \approx 27 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Vedenpinnan korkeus tutkittavasta kaivosta mitataan ennen pumppauksen aloittamista ja pumppauksen aikana niin, että mittaukset tehdään pumppauksen alussa tiheämmin, pumppauksen loppua

kohden harventuen. Käytännössä helpointa olisi, jos kaivo voitaisiin varustaa jatkuvatoimisella pinnan korkeuden mittauksella. Havaintovälin tulisi olla korkeintaan 1/10 pumppauksen aloittamisesta kuluneesta ajasta (Airaksinen, 1978, 186). Havaintoputkien mittaustiheyteen vaikuttaa myös niiden etäisyys pumppauspaikasta, eikä kauimmaisista putkia ole tarpeen mitata yhtä tiheään kuin itse kaivo ja sitä lähimpänä sijaitsevia putkia. Havaintoväli ainakin kaivossa, mutta mahdollisuuksien mukaan myös lähimmissä putkissa voisi olla esimerkiksi seuraavassa taulukossa esitetyn mukainen.

Taulukko 4 Vedenpinnan korkeuksien havaintoväli lyhytkestoisessa koepumppauksessa (Kosunen 19.3.2013)

Pumppausaika (min)	Havaintoväli (min)
0-10	0,5
10-20	1
20-30	2
30-60	3
60-90	6
90-120	9

Lyhytkestoisen koepumppauksen yhteydessä tutkitaan myös veden laatua, jotta nähdään, kuinka se muuttuu pumpattavan vesimäärän kasvaessa. Tutkimuksissa voidaan käyttää mahdollisuuksien mukaan mittareita ja muutoin laboratorioskokeita. Tässä yhteydessä tehdään suppeampi analyysiohjelma, jota laajennetaan pidempikestoiseen koepumppaukseen. Ohjelma on esitetty oheisessa Excel-tilaukossa. Analyysit tehdään ennen pumppauksen aloittamista sekä jokaisen pumppausvaiheen loppupuolella. Jos kaivoa ei ole huuhtelupumpattu ennen koepumppausta, tulee myös tarkkailla veden mukana kulkeutuvan kiintoaineksen määrää. Pumpattavan vesimäärän kasvaessa kaivon saattaa alkaa kulkeutumaan hiekkaa, mikä taas voi aiheuttaa ongelmia pumpulle.

Mikäli jonkin pumppausvaiheen aikana veden pinta kaivossa alkaa alella huomattavasti, voidaan todeta, ettei kaivo kestä niin suurta pumppausta. Tällöin on syytä alentaa pumpattavaa vesimäärää ja etsiä maksimimäärä, jolla pinnan alenema kaivossa pysyy hyväksyttävissä rajoissa. Lyhytaikaisen pumppauksen tulokset vaikuttavat myös seuraavan vaiheen toteutukseen. Jos käy ilmi, että kaivo ei edes lyhytaikaisesti kestä tiettyä pumppausmäärää, ei se tule sitä pidemmässäkään pumppauksessa kestävä. Kaivon antoisuutta voidaan mahdollisesti parantaa huuhtelupumppauksen avulla, mikäli sitä ei ole tehty jo ennen koepumppauksiin ryhtymistä.

7.1.2 Pidempikestoisen koepumppaus pohjavesialueen antoisuuden selvittämiseksi

Kun nämä kahden tunnin pumppausjaksot on suoritettu, lopetetaan pumppaukset esimerkiksi vuorokaudeksi, jona aikana vedenpinnan pitäisi palautua normaalille tasolle. Tämän jälkeen tehdään pidempiaikaiset pumppaukset, joilla on tarkoitus selvittää, mikä on suurin vesimäärä, jota kaivosta voidaan jatkuvasti pidemmällä ajanjaksolla ottaa. Tämä saattaisi tulla kysymykseen esimerkiksi tilanteessa, jossa joudutaan korvaamaan jonkin toisen vedenottamon toimintaa. Lisäksi halutaan tietää, kuinka veden laatu muuttuu pumppauksen jatkuessa. Pumppauksessa on myös tarkoitus etsiä tila,

jossa pohjavedenpinta ei vielä laske Saimaan vedenpinnan alapuolelle, sillä veden rantaimeytykseltä halutaan välttyä (Vesterlund 7.3.2013).

Pidempiaikaisen koepumppauksen tavoitetuotoksi asetetaan suunnitteluvaiheessa määritelty 500 m³/vrk. Misstear ym. esittävät kirjassaan *Water Wells and Boreholes* (2006, 315–316) että lyhytkestoisen kaivon suorituskykyä testaavan pumppauksen jälkeisen, tasaisella virtaamalla tehtävän koepumppauksen kesto tulisi olla 500–1000 kuution vuorokausittaisella pumppauksella minimissään kaksi päivää. Tässä tapauksessa halutaan kuitenkin selvittää perusteellisemmin vedenoton vaikutuksia sekä veden laatua, ryhtymättä kuitenkaan useita kuukausia kestäviin koepumppauksiin, joita suuremmissa vedenottohankkeissa yleensä suositellaan. Näin ollen pumppauksen kestoksi tulee noin yksi kuukausi.

Pumppaus aloitetaan 500 kuution vuorokausittaisella virtaamalla. Pumppausta jatketaan tällä virtaamalla viikon ajan, mikäli pintojen lasku kaivossa sekä muissa tarkkailtavissa pisteissä pysyy hyväksyttävissä rajoissa. Jos liiallista pintojen laskua tai haitallisia veden laadun muutoksia ei ilmene, voidaan vuorokausittaista virtaamaa ensimmäisen viikon jälkeen lähteä kasvattamaan esimerkiksi 700 kuution ja hakemaan suurinta mahdollista pumpattavaa vesimäärää. Tällä suuremmalla virtaamalla pumpataan viikon ajan, jollei ongelmia ilmene. Tämän jälkeen palataan takaisin alkuperäiseen virtaamaan ja jatketaan sillä pumppauksen loppuun. Jos kuitenkin jossain vaiheessa huomataan, että pumpattava määrä on liian suuri, täytyy sitä pienentää ja koettaa hakea tasapainotila, jossa pintojen lasku pysyy sallituissa rajoissa ja veden laatu säilyy hyvänä. Kun tämä tila löydetään, voidaan kyseisellä virtaamalla jatkaa koepumppauksen loppuun saakka.

Vedenpinnan korkeudet mitataan tutkittavasta kaivosta sekä lähialueen muista kaivoista ja pohjaveden havaintoputkista ennen pumppauksen aloittamista. Korkeuksia mitataan pumppauksen alkuvaiheessa tiheämmin, harventaen mittaustiheyttä pumppauksen edetessä. Pumpattavan vesimäärän kasvaessa on mittaustiheyttä taas syytä kasvattaa. Airaksisen (1978, 184) mukaan lähimpien havaintoputkien pinnat tulisi mitata pumppauksen ensimmäisen vuorokauden aikana kahden tunnin välein, mutta pumppauspaikasta kauimmaisten putkien mittaus kahdesti vuorokaudessa riittää. Ensimmäisen vuorokauden jälkeen mittaukset voidaan suorittaa 1–2 kertaa vuorokaudessa. Koepumppauksen jälkeen mitataan ensimmäinen vuorokausi kahden tunnin välein, seuraavan viikon ajan kahdesti vuorokaudessa ja tämän jälkeen kerran viikossa kunnes pinnat ovat palautuneet pumppausta edeltävälle tasolle tai vedenpinnan kohoaminen on lakannut. Yleensä pumppausvirtaama mitataan kahdesti tai kolmesti vuorokaudessa.

Vesinäytteet tutkittavasta kaivosta otetaan ennen pumppauksen aloittamista ja sen jälkeen viikoittain. Veden laadun heiketessä näytteenottoväliä tulee tihentää (Airaksinen, 1978, 184). Myös muiden kaivojen ja pohjavedenhavaintoputkien vedenlaatua voidaan tutkia ottamalla näytteet esimerkiksi ennen pumppauksen aloittamista ja pumppauksen loppupuolella. Pidempiaikaisen pumppauksen yhteydessä tehdään laajemmat vesianalyysit kuin lyhyessä pumppauksessa. Pohjavesitutkimusoppaassa (2005, 28) suositellaan koepumppauksen yhteydessä tehtäväksi vähintään seuraavat analyysit: pH, sähkönjohtavuus, sameus, väri, happi, rauta, mangaani, permanganaattiluku, COD eli

kemiallinen hapenkulutus tai TOC eli orgaanisen hiilen kokonaismäärä, typpiyhdisteet sekä bakteerit. Analyysiin sisällytetään myös veden syövyttävyyden selvittämiseksi tarvittavat alkaliteetti, kloridi sekä sulfaatti, jotta voidaan arvioida veden alkaloinnin tarvetta. Myös veden lämpötila, haju ja maku on hyvä tutkia. Lisäksi suositellaan huomioimaan läheiset riskikohteet, eli tässä tapauksessa esimerkiksi kaivon lähistöllä sijaitsevan lämpökeskuksen mahdollinen vaikutus, etenkin kun on tiedossa, että lämmityksessä käytettyä öljyä on päässyt keskuksella maaperään. Tiuruniemen alueella on ollut myös esimerkiksi kasvihuone- sekä kaatopaikkatoimintaa. Näin ollen analyysiohjelmaan sisällytetään myös Honkalan ja Tiurun vedenottamoiden pohjavesien tarkkailuohjelmassa esitetyt analyysit: raskasmetallit, torjunta-aineet, haihtuvat hiilivedyt, PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt, öljyhiilivedyt sekä fenoliset yhdisteet. Nämä tehdään kaksi kertaa; pumppauksen alussa ja lopussa. Koska talousveden laatuvaatimuksista on säädetty Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa, on syytä ainakin yhdellä näytteenotokerralla tutkia kaikki ne aineet ja yhdisteet, joille pitoisuusvaatimuksia on asetettu. Kaivovedelle sekä Saimaan vedelle tehdään myös isotooppitutkimukset ennen pumppausta ja sen loppupuolella, jotta nähdään sekoittuuko Saimaan vettä pohjaveteen pumppauksen seurauksena (Vesterlund 7.3.2013). Myös veden UV-valon läpäisevyys tulee selvittää laitehankintaa varten.

Koepumppaus- sekä näytteenotto-ohjelma on esitetty oheisessa Excel-tilustuksessa (liite 4). Ohjelmassa esitetyt pumppausvirtaamat sekä ajat ovat alustavia arvioita ja niitä täytyy tarpeen mukaan säätää pumppauksen aikaisen todellisen tilanteen mukaan. Mikäli esimerkiksi vaikuttaa, että pinnat tarkkailtavissa pisteissä alkavat laskemaan liiaksi jo aloitusvirtaamalla, tulee pumppauksen eteneminen miettiä uudelleen.

7.2 Pohjavesikaivon kuntoarvio

Kaivon kuntoa arvioitaessa tulee huomiota kiinnittää kaivon ympäristöön, putkikaivon yläpuolisiin rakenteisiin eli venttiilikaivoon, putkikaivoon sekä kaivoon kuuluvien laitteiden ja varusteiden kuntoon ja asianmukaiseen toimintaan. Seuraavassa taulukossa (taulukko 5) on esitetty useamman lähteen pohjalta muokattu tarkistuslista, jonka perusteella kaivon kuntoa voidaan lähteä arvioimaan. Samaa listaa voidaan soveltaa kaiken tyyppisille kaivoille, kunkin kaivon ominaispiirteet huomioiden.

Taulukko 5 Tarkistuslista kaivon kunnan arviointiin (Isomäki ym. 2006, 25–26 ja Liite 7; Reijonen 2004, 33–35; Virtanen, 28.1.2013.)

Kaivon sijainti ja lähiympäristö	kyllä	ei	
Sijaitseeko kaivon lähellä pilaantumisen vaaraa aiheuttavia toimintoja?			Esim. viemärit tai kiinteistökohtaiset jätevedenkäsittelyjärjestelmät aiheuttavat pilaantumisen vaaran ja niistä aiheutuvat riskit tulee mahdollisuuksien mukaan poistaa. Mikäli tämä ei ole mahdollista, täytyy toimintoja valvoa ja vedestä tutkia säännöllisesti toiminnosta mahdollisesti veteen pääseviä haitta-aineita.
Onko kaivo merkitty karttaan/maastoon?			Kaivon merkitseminen voi yhtäältä vähentää huolimattomuudesta aiheutuvia ongelmia mutta toisaalta altistaa kaivoa esimerkiksi ilkivallalle.
Onko vedenottamoalue aidattu?			Alue olisi syytä aidata ilkivallan välttämiseksi ja eläinten alueelle pääsyn estämiseksi.
Ovatko maastonmuodot sellaiset, että pintavalunnat kerääntyvät kaivon lähelle?			Kaivo ei saisi sijaita maaston alavimmassa kohdassa, jotta sade- ja sulamisvedet eivät pääse lammikoitumaan kaivon lähelle.
Pääsevätkö tulvavedet tai vesistön pinnanousu tulvittamaan vedenottamoa?			Vedenottamon tulisi sijaita paikalla, jossa pintavedet eivät pääse likaamaan raakavettä tulvien aikana.
Pääseekö pintavesiä imeytymään kaivon lähellä?			Vesi ei useinkaan puhdistu riittävästi mikäli imeytymisalue on lähellä vedenottoaikkaa.
Onko kaivon ympäristö siisti?			Kaivon ympäristöstä tulee poistaa liika kasvillisuus ja sen tulee muutoinkin olla siisti.
Onko kaivo lukittu?			Kaivon tulee olla lukittu ilkivallan estämiseksi.
Venttiilikaivon kunto			
Ulottuvatko kaivon rakenteet reilusti maanpinnan yläpuolelle/onko maa kaivon ympärillä luiskattu ja tiivistetty?			Kaivon tulisi ulottua maanpinnan yläpuolelle ja maan kaivon ympärillä tulisi olla luiskattu 4-5 m joka suuntaan, jotta pintavalunnat eivät pääse kertymään kaivon lähelle
Ovatko kaivon renkaat ja kansi asennettu oikein ("urospuoli" ylöspäin)?			Jos renkaat on asennettu väärin päin, johtaa sauma sadevedet ja sen myötä myös lika-aineet helpommin kaivoon
Ovatko kaivon kansi sekä huoltoluukku tiiviitä ja ehjiä?			Rikkinäisistä ja harvoista kansista/luukuista kaivon voi päästä pintavaluntoja, roskia tai eläimiä
Onko kaivon kannessa ritilällä varustetut tuuletusputket?			Pieneläimet voivat päästä kaivon tuuletusputkien kautta mikäli niissä ei ole ritilöitä
Onko kaivo suojattu routaantumislta ja lämpöeristetty?			Routasuojaus ja lämpöeristys suojaavat kaivon rakenteita rikkoontumiselta ja estävät veden jäätymisen.
Onko kaivon sisäosien huolto mahdollista?			Kaivossa tulisi olla huoltoluukku ja tikkaat, jotta huoltotoimia päästään tekemään.
Ovatko kaivon renkaiden välit tiiviit ja ehjät?			Harvoista väleistä kaivon voi päästä pintavaluntoja tai pieneläimiä. Kaivon renkaissa sisäpuolella näkyvät vuotojäljet kertovat saumojen vuotamisesta. Kaivorakenteiden tulee olla tiiviitä pohjavedenpinnan yläpuolella.
Ovatko läpiviennit (putket ja sähköjohdot) tiiviitä?			Harvoista läpivienneistä voi päästä kaivon esimerkiksi vesiä.
Onko kaivossa puisia tai ruostuvia rakenteita?			Puun lahoaminen ja metallien ruostuminen aiheuttavat roskaantumista ja voivat myös vaarantaa veden saannin tai työturvallisuuden kuluneiden

			rakenteiden rikkoutuessa.
Onko putkikaivon läpivienti suojattu?			Mikäli läpivienti on avonainen, joutuu kaivoon esimerkiksi huoltotöiden yhteydessä roskia ym.
Mikäli kaivo on viemäröity, onko viemäri toimintakunnossa?			Mikäli viemäri on tukossa, saattaa se aiheuttaa veden tulvimista kaivoon.
Onko kaivossa havaittavissa kasvustoja tai liettymistä?			Kasvustot ja liettymät kielivät huollon laiminlyönnistä ja aiheuttavat mahdollisesti hygieenisen riskin vedelle.
Putkikaivon kunto			
Onko kaivon antoisuus/vedenpinnan alenema kaivossa pysynyt ennallaan?			Siiviläputkikaivot tukkeutuvat usein ajan myötä ja niitä tulisikin huuhtoa aika-ajoin siiviläputkeen ja sitä ympäröivään maahan muodostuvien saostumien/hienoaineksen poistamiseksi
Onko pumpatussa vedessä havaittu kiintoainesta?			Mikäli kaivon siiviläosa on vaurioitunut tai väärin mitoitettu, saattaa kiintoainesta kulkeutua veden mukana.
Onko kaivo suunniteltu siten, että veden-saanti on riittävää myös poikkeuksellisen kuivuuden aikana?			Mikäli kaivon alimmat siivilät sijaitsevat liian korkealla, saattaa veden saanti vaarantua pohjavedenpinnan laskiessa reilusti.
Kaivon muut varusteet			
Onko pumpun painetaso/tuotto laskenut?			Tämä voi kertoa pumpun kulumisesta tai rikkoutumisesta, jolloin pumppu on uusittava.
Ovatko kaivon varusteet (putket, yhteen, venttiilit yms.) ehjiä			Kaikkien varusteiden tulee olla ehjiä ja hyväkuntoisia, jotta veden saanti ei vaarannu.
Onko kaivo varustettu tarvittavilla mittauksilla (esim. paine ja virtaama) ja ovatko mittarit ehjiä?			Kaivon ja sen laitteiden toiminnan tarkkaileminen on tärkeää ja erilaisten mittauksien avulla voidaan huomata toiminnassa tapahtuvat muutokset.
Onko olemassa varalaitteita rikkoontumisten varalle?			Vedensaannin turvaamiseksi laiterikkoihin on syytä varautua varalaittein.
Onko varavoiman saanti järjestetty?			Myös sähkökatkoihin on syytä varautua järjestämällä varavoiman saanti, jotta vedenjakeluun ei tule katkoksia.

Listassa on kiinnitetty huomiota pääasiassa kaivon ja sen lähiympäristön rakenteisiin sekä kaivon sijaintiin, mutta kun halutaan varmistua veden laadun ja saatavuuden turvaamisesta, on tärkeää aina huomioida myös pohjavesialueeseen liittyvät seikat. Mikäli pohjavesialueelle on tehty suojelusuunnitelma, on siihen syytä tutustua ja selvittää millaiset riskit kyseistä aluetta uhkaavat. Suojelusuunnitelmissa myös esitetään keinoja riskien hallitsemiseksi ja niihin tulisi mahdollisuuksien mukaan ryhtyä. Pohjavesialueen asukkaille ja yrityksille kannattaa tiedottaa pohjavesien suojelusta, sillä kaikki eivät ole välttämättä tietoisia pohjavesialueesta ja saattavat näin ollen tahtomattaan aiheuttaa riskejä pohjavedelle. Pohjavesilaitoksen on myös syytä seurata aktiivisesti alueen maankäytön suunnittelua ja pyrkiä osaltaan vaikuttamaan siihen, että kaavoituksessa ja lupien myöntämisessä huomioidaan vedenottamolle aiheutuvat riskit. Lisäksi on tärkeää olla selvillä siitä, onko kaivon paikkaa etsittäessä tehty riittävästi tutkimuksia esimerkiksi pohjaveden riittoisuuden määrittämiseksi. Mikäli esiintymä on pieni ja sen pinnankorkeudet vaihtelevat kuivien jaksojen vuoksi, aiheuttaa se ongelmia niin veden riittävyydelle kuin laadullekin. (Isomäki ym. 2006, Liite 7.)

Tiuruniemen pohjavesialueelle on tehty suojelusuunnitelma vuonna 2004 ja sitä ollaan uudistamassa parhaillaan Lappeenrannan alueen pohjavesien suojelusuunnitelmaa laadittaessa. Sairaalan 150 mm muoviviemäri kulkee noin 60 metrin päässä kaivosta, sen yläpuolisessa maastossa. Alueella tehtävien verkoston saneeraustoimien yhteydessä linjaukset tulevat kuitenkin todennäköisesti muuttumaan, eikä kyseinen viemäri tule olemaan käytössä tulevaisuudessa. Kaivon lounaispuolella Saimaan rannalla sijaitsee lämpökeskus, jonka polttoaineena on jossain vaiheessa käytetty öljyä ja eteläpuolella pylväsmuuntaja. Nykyään lämpökeskus toimii maakaasulla. Lämpökeskuksen läheisen maaperän on todettu likaantuneen öljyllä ja sen puhdistamiseksi on ryhdytty toimenpiteisiin. (Vesterlund 7.3.2013.)

Pohjaveden päävirtaussuunta alueella on kohti Saimaata, eli vedenottamolta lämpökeskukselle päin. Alueella on ollut vuosikymmenten saatossa monenlaisia toimintoja, joista on aiheutunut pilaantumista pohjavedelle, esimerkiksi Tiuruniemen sairaalan kaatopaikka, viemäroimätöntä asutusta sekä kasvihuoneita. Kaatopaikan osalta on toteutettu pilaantuneen maaperän puhdistushanke, jossa jätemateriaali sekä pilaantuneet maa-ainekset on kuljetettu pois alueelta asianmukaiseen jätteenkäsittelylaitokseen. Tiurun vedenottamon analyysituloksissa ei ole tehty poikkeavia havaintoja vuosina 2011 ja 2012 otetuissa näytteissä, mutta ottamoa ympäröivissä pohjavesissä on havaittu mm. bakteereja, pieniä määriä bensiniijakeita sekä fenolia. Tiurun ja Honkalan vedenottamoille on laadittu alueella tehtyjen analyysien tulosten pohjalta yhteinen vuosittainen pohjavesien tarkkailuohjelma, jossa on myös ehdotettu uusien pohjaveden havaintoputkien asentamista alueelle. (Lappeenrannan kaupunki..., 2013, 13)

Tiurun pohjavesikaivo on rakennettu 80-luvulla, ja se on tällä hetkellä muutoin alkuperäisessä kunnossaan, mutta pumppu on vaihdettu vuonna 2008 (Vesterlund 7.3.2013). Kaivo sijaitsee harjun rinteessä noin 80 metrin päässä Saimaasta. Saimaan vedenkorkeus on keskimäärin + 76 metriä (Valtion ympäristöhallinto) ja kaivon kansi noin korossa + 94 metriä, joten Saimaan pinnan kohoaminen ei aiheuta kaivolle tulvimisriskiä. Runsaan lumen vuoksi kaivoa ympäröivän maanpinnan tarkka muotoa oli mahdoton erottaa, mutta kaivo sijaitsee muusta maastosta selkeästi erottuvalla kummalla, eli maa-ainekset kaivon renkaiden ympärillä on luiskattu. Lumen pinta oli kaivon ympärillä aivan kaivon kannen tasalla, joten kaivon renkaat eivät ulotu kovin paljoa maanpinnan yläpuolelle. Koska kaivo sijaitsee rinteessä, myöskään ympäristössä virtaavat hulevedet eivät jää kaivon lähelle imeytymään, vaan valuvat rinnettä pitkin kohti Saimaata. Kaivon välittömässä läheisyydessä sijaitsee suurehkoja kuusia ja kaivon ympäristö on muutenkin melko epäsiisti (kuva 9) muun pienemmän kasvillisuuden sekä esimerkiksi katkeilleiden puun oksien vuoksi.



Kuva 9 Tiurun kaivon lähiympäristöä. (Kosunen 9.1.2013.)

Vedenottamoaluetta ei ole aidattu, mutta itse kaivo on lukittu. Kaivo on varustettu tuuletusputkilla, mutta pieneläinten pääsyä estävät ritilät putkista puuttuvat. Kaivo on lämpöeristetty ja sen sisäosien huolto on mahdollista kannessa olevan huoltoluukun sekä kaivossa sijaitsevien tikkaiden avulla. Kaivon renkaat ovat ehjän ja siistin näköiset ja niiden saumat on tiivistetty (kuva 10). Myös läpiviennit ovat tiiviitä, eikä missään näy merkkejä saumojen vuotamisesta tai pieneläimistä. Venttiilikaivon pohjalta lähtevän putkikaivon läpivienti on suojattu, joten esimerkiksi kengissä kulkeutuva lika ei pääse suoraan putkikaivoon. Venttiilikaivon pohja on hieman epäsiistin näköinen, nähtävästi aikojen saatossa kengissä kulkeutuneen lian vuoksi. Lisäksi esimerkiksi laippaliitoksen muttereissa on havaittavissa ruostumista.



Kuva 10 Kaivo sisältäpäin (Kosunen 9.1.2013.)

Kaivon antoisuuteen ja pumpun toimintaan ei tässä yhteydessä perehdytty. Antoisuus selvitetään koepumppauksin ja pumppu tullaan vaihtamaan joka tapauksessa, joten sen kuntoa ei ole tarvetta ainakaan tämän kaivon käyttöä varten tutkia. Kaivo on varustettu paine- ja virtaamamittareilla, mutta virtaamamittari ei toimi tällä hetkellä. Myöskään putkikaivon kuntoa ei päästy arvioimaan, mutta sitä voitaisiin haluttaessa tutkia kuvauttamalla putki. Koepumppaukset antavat myös tietoa putkikaivon kunnosta. Kaivoille olisi syytä tehdä huuhtelupumppauksia ajoittain ja koska tälle kaivolle niitä ei tiettävästi ole tehty, tulisi tarve huuhtelulle arvioida.

Suurimmat puutteet kaivon ympäristössä sekä putkikaivon yläpuolisten rakenteiden kunnossa olivat alueen aitaamattomuus ja epäsiisteys sekä lisäksi kaivon tuuletusputkista puuttuvat pieneläinten pääsyä estävät ritilät ja kaivosta löytyneet ruosteiset osat. Myös kaivon renkaiden korottaminen olisi aiheellista, jotta kaivon kansi ei jää talvella lumen peittoon. Virtaamamittauksen toimimattomuus on myös suuri puute. Nämä asiat tulisikin kaivon saneerauksen yhteydessä korjata. Kaivon ympäristön raivauksen yhteydessä kaivon viereen tulisi myös rakentaa huoltotie, jotta esimerkiksi pumppu päästäisiin vaihtamaan helposti.

Varavoiman järjestäminen Tiurun vedenottamolle ei vielä tällä hetkellä ole varauduttu, mutta asia tullaan tulevaisuudessa korjaamaan. Korvenkylän vedenottamolla on varavoimakoneen liittämismah-

dollisuus, joten Rauhan alueen vedenjakelu järjestetään nykyisellään sähkökatkosteessa sen avulla. Nykyinen varavoimakone on turhan suuri siirrettäväksi, joten suunnitelmissa on hankkia pienempi kone esimerkiksi Tiurun kaivoa varten. (Vesterlund 15.3.2013.)

8 TARVITTAVAT TOIMENPITEET KAIVON KÄYTETTÄVYYDEN VARMISTAMISEKSI

Tiurun pohjavesikaivosta tulee pystyä saamaan tulevilla käyttötilanteissa tarvittava määrä laadultaan hyväksyttävissä olevaa vettä. Tämän varmistamiseksi täytyy kaivon nykyisiä rakenteita kunnostaa ja varustelua lisätä. Järjestämällä koepumppaukset varmistetaan, että kaivosta saadaan riittävästi vettä ja että veden laatu säilyy hyvänä. Koepumppauksen yhteydessä määritetyn veden laadun perusteella voidaan tehdä lopulliset päätelmät mahdollisista vedenkäsittelytarpeista. Tämä puolestaan vaikuttaa tarvittavan laittilan kokoon. Lisäksi tehdään laaditun kuntoarvion mukaiset saneeraus-toimenpiteet olemassa oleville kaivorakenteille.

8.1 Koepumppaukset

Kaivolle tehdään kaksiosainen koepumppaus. Ensimmäisessä lyhytkestoisessa, vain päivän kestävässä pumppauksessa tutkitaan kaivon antoisuutta ja sen läheisen maaperän vedenjohtavuutta. Päätelmiä näistä seikoista voidaan tehdä kaivon ja sen lähelle rakennettavien pohjaveden havaintoputkien vedenpintojen alenemista pumppauksen aikana sekä palautumisesta pumppausjaksojen välillä. Lisäksi tutkitaan, tapahtuuko vedenlaadussa nopeasti muutoksia pumpattavan vesimäärän kasvaessa.

Tämän jälkeen tehdään noin kuukauden mittainen pidempikestoinen koepumppaus, jonka avulla saadaan enemmän tietoa pohjavesialueen osan ominaisuuksista. Tämän pumppauksen tarkoituksena on selvittää, kuinka paljon vettä alueelta voidaan ottaa pidemmällä aikavälillä ja kuinka veden laatu muuttuu pumppausten jatkuessa. Pohjavedenpintojen käyttäytymistä tarkkaillaan laajemmalla alueella kuin lyhytkestoisessa pumppauksessa ja veden laadulle myös tehdään laajempia analyysejä. Koepumppausmenettely on selostettu tarkemmin luvuissa 7.1.1 ja 7.1.2.

8.2 Olemassa olevat kaivorakenteet

Kaivolle tehdyn kuntoarvion pohjalta voidaan todeta, että siiviläputken yläpuoliset kaivorakenteet ovat melko hyvässä kunnossa. Kaivon tuuletusputkiin tulee asentaa ritilät ja kaivo puhdistaa sisältä, sillä sinne on ajan myötä kertynyt hiekkaa ja muuta likaa. Myös venttiilikaivon korottaminen lisärenkaalla voisi olla aiheellista. Vedenottamoalue täytyy myös aidata ja siistiä. Kaivon lähellä olevat kuuset on kaadettava ja muu pienempi kasvillisuus sekä irto-oksat yms. poistettava. Ruosteiset mutterit kaivon nousuputken laippaliitoksesta kannattaa myös vaihtaa. Kaivon viereen myös tulee rakentaa huoltotie, jotta kaivon lähelle päästään esteettömästi kuorma-autolla esimerkiksi pumpun vaihdon vuoksi.

Koska putkikaivoa tulisi ajoittain huuhtoa ja tätä kaivoa ei tietävästi ole huuhdeltu, on suositeltavaa tehdä huuhtelupumppaus ennen koepumppaukseen ryhtymistä tai mikäli koepumppauksessa huomataan tarvetta huuhtelulle.

8.3 Tarve veden käsittelylle

Koska vesi täyttää kaikki STM:n asetuksen veden laatua koskevat vaatimukset, ei veden käsittelylle nykyisillä pumppausmäärillä ole välttämätöntä tarvetta. Veden syövyttävyyttä ei ole kuitenkaan tietävästi määritetty, joten se olisi syytä varmistaa joka tapauksessa. Muita yleisimpiä pohjaveden laatuongelmia ovat liian suuri rauta- ja mangaanipitoisuus, mutta Tiurun kaivon kohdalla sitä ongelmaa ei tehtyjen vesianalyyysien perusteella ole. Veden laatu ja sen myötä käsittelyn tarve suuremmilla pumppausmäärillä tulee kuitenkin vielä varmistaa ennen kuin tilaaja ottaa kaivon varavedenottamokseen. Laitetilan suunnittelussa lienee syytä varautua siihen, että esimerkiksi kalkkikivisuodattimella tehtävä alkalointi tulitaisiin jossain vaiheessa ottamaan käyttöön.

Vaikka veden mikrobiologinen laatu on hyvä, varustetaan kaivo kuitenkin UV-desinfiointilaitteella veden mahdollisen likaantumisen varalta. UV-desinfiointilaitteen hankintaan sekä mahdollisen alkaloinnin toteuttamiseen liittyviä tekijöitä on tarkasteltu seuraavassa luvussa.

8.4 Vedenottamon varustelu

8.4.1 Pumppu

Pumppuja on olemassa monenlaisiin eri tarkoituksiin ja tässä tapauksessa valitaan pohjavedenottoon suunniteltu uppopumppu. Pumpun mitoituksen lähtökohtina ovat vaadittu virtaama sekä kokonaisnostokorkeus. Kaivosta tullaan pumppaamaan jatkuvasti vain noin 80 m³/vrk, mutta pumppaus toteutetaan jaksoissa, jotta pumppu toimisi paremmalla hyötysuhteella ja samalla pystyttäisiin taasaamaan kulutushuippuja (Vesterlund 7.3.2013). Kaivo on tällä hetkellä varustettu pumpulla, jonka tuotto on noin 20 m³/h. Kaivon tuotoksi on suunniteltu 500 m³/vrk, joka tullaan varmistamaan koe-pumppauksella. Mikäli todetaan, että kaivosta pystytään ottamaan suunnitellun mukainen vesimäärä, voidaan uudenkin pumpun tuotoksi valita noin 20 m³/h.

Tiuruniemen ja Rauhan alueen verkostojen yhdistämisen jälkeen vettä tullaan pumppaamaan Tiurun kaivosta Korvenkylän vesitorniin, jonka vedenpinnan korko on + 132 metriä. Staattiseksi nostokorkeudeksi tulee näin ollen noin 70 metriä. Tilanne tulee siis muuttumaan jonkin verran tämän hetkestä, joten uuden pumpun valintaa ei voi tehdä vanhan pumpun tietojen perusteella. Myös verkostopituus kaivolta vesisäiliölle kasvaa tämänhetkisestä ja se puolestaan tulee vaikuttamaan verkostohäviöiden kautta kokonaisnostokorkeuteen. Verkostohäviöiden osuutta on tässä vaiheessa mahdollonta laskea, sillä verkostot tullaan rakentamaan uusiksi, eikä niistä ole vielä olemassa tarkkoja suunnitelmia, joista esimerkiksi linjan pituuden sekä putken koon ja materiaalin saisi selville.

Pumpun ohjaus tulee tapahtumaan alkuvaiheessa kellokytkimellä, mutta pumpattavan vesimäärän tulevaisuudessa mahdollisesti kasvaessa tullaan ohjaus toteuttamaan taajuusmuuttajalla Korvenkylän vesitornin pinnankorkeuden tai paineen mukaan. Lisäksi pumpulla tulee olla myös käsikäyttömahdollisuus. Tornin pinnankorkeuden mukaan tapahtuva ohjaus perustuu pinnalle asetettuihin raja-arvoihin. Kun pinta tornissa laskee alarajalle, rekisteröi mittalaite tämän ja lähettää pumpulle viestin. Viestin seurauksena pumppu käynnistyy ja pumppaa kunnes tornin pinta nousee asetetulle ylä-

rajalle. Tällöin pumppu saa jälleen viestin, jonka perusteella se pysähtyy. Verkoston paineeseen perustuva ajotapa puolestaan toimii niin, että paineen laskiessa liian alhaiseksi, saa pumppu käynnistymiskäskyn. Tämän jälkeen se pumppaa, kunnes tarvittava paine on jälleen saavutettu. (Vesterlund 7.3.2013.)

8.4.2 UV-laitteisto

Tiurun kaivon tapauksessa ongelmaksi UV-laitteiston kannalta muodostuu pumppauksen jaksottainen ajotapa. Pumppua aiotaan käyttää vuorokausittain neljässä tunnin mittaisessa jaksossa, jolloin 20 tuntia vuorokaudesta UV-laitteen läpi ei kulkisi lainkaan vettä. Tämä aiheuttaa lampulle ylikuumenemisiongelman. Jotta ongelmalta vältyttäisiin, UV-laitteen pitäisi siis toimia niin, että se sammuu aina pumpun sammussa. Koska lamppujen sytytys kestää viidestä kymmeneen minuuttiin, eikä laitteella ole tuolloin vielä desinfiointitehoa, tulisi virtaus käynnistää aina pienellä viiveellä lamppujen sytyttämiseen nähden. Jatkuva sytyttäminen ja sammuttaminen ei ole myöskään lamppujen keston kannalta paras mahdollinen ratkaisu. Pumppauksen toteuttamista myös esimerkiksi kahdessa kahden tunnin jaksossa voisi harkita, jolloin lamppujen sytyttämiset ja sammuttamiset vähenisivät puoleen tämän hetkisen suunnitelman mukaisesta. Mikäli UV-laite tahdotaan pitää jatkuvasti päällä, täytyy sen pumppausjaksojen välinen jäähdytys järjestää jollain tavalla, esimerkiksi kierrättämällä vettä jatkuvasti laitteiston läpi. 5–10 l/h virtaama riittää estämään matalapainelamppujen ylikuumenemisen (Talousveden desinfiointi ultravioletivalolla, 2003, 25).

Kaivosta pumpattava vesimäärä saattaa muuttua poikkeustilanteen sattuessa. Mikäli kaivolla jouduttaisiin korvaamaan Honkalan vedenottamo, olisi vuorokausittainen pumppausmäärä noin 100 m³. Korvenkylän vedenottamolta pumpattava vesimäärä vaihtelee, mutta vuonna 2012 se on ollut 380 m³/vrk. Vaikka vuorokausittainen vesimäärä muuttuisikin normaalitilanteesta, voidaan pumppaus kuitenkin toteuttaa niin, että virtaama pysyy UV-desinfiointin kannalta sopivalla tasolla. UV-laitteen desinfiointitehon kannalta on tärkeintä, että mitoitusvirtaamaa ei ylitetä. Kuitenkin myös merkittävästi pienempi virtaama saattaa heikentää tehoa, sillä veden sekoittuminen on tuolloin huonompaa.

Varustettaessa kaivo yhdellä UV-desinfiointilaitteella, tulee sen viereen rakentaa ohitus ja miettiä kuinka huolto toteutetaan. Käytännössä pumppaus verkostoon tulisi keskeyttää huollon ajaksi tai mikäli tämä ei ole mahdollista, syöttää veteen huollon aikana desinfiointikemikaalia. Mahdollista olisi myös hankkia kaksi rinnakkaista UV-laitetta, joista vain toinen olisi jatkuvassa käytössä. Tämä tietenkin nostaa taas hankintakustannuksia. Kahden laitteen etuna kuitenkin olisi, että toinen toimisi samalla varalaitteena. (Talousveden desinfiointi ultravioletivalolla, 2003, 31.)

Tehtyjen vesianalyysien perusteella Tiuruniemen pohjaveden rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat alhaiset, jolloin niiden saostuminen UV-laitteen suojaputkiin ei pitäisi olla ongelma. Mikäli vettä ei alkaloita kalkkia sisältävällä kemikaalilla, ei veden kovuudenkaan pitäisi aiheuttaa saostumista. Veden laatu täytyy kuitenkin tarkastaa vielä koepumppausten yhteydessä ja tehdä lopullisia päätelmiä vasta tuolloin. Samalla tulee selvittää veden UV-valon läpäisevyys, joka on UV-desinfiointin onnistumisen kannalta merkittävin tekijä veden laadussa. Muita UV-laitteen hankinnan kannalta olennaisia ve-

sianalyyseja ovat sameus, orgaanisen aineen pitoisuus (KMnO_4 – luku tai TOC), Nitraatti ja lämpötila. Mikäli halutaan lisäksi arvioida kalsiumkarbonaatin saostumista, täytyy määrittää veden kovuus, pH, alkaliteetti sekä hiilihappo. (Talousveden desinfiointi ultravioletivalolla, 2003, Liite 3, 1/7.) Tämä siis lähinnä siinä tapauksessa, että vettä alkaloidaan lisäämällä siihen kalkkia, sillä Suomen pohjavedet ovat tyypillisesti luonnostaan varsin pehmeitä.

Koska Tiurun pohjavesikaivolle ei tule muita vettä puhdistavia käsittelyvaiheita, on käytettävän UV-annoksen biosimetrisen annossuositus 400 J/m^2 . Tämän arvon tulee toteutua vielä lampun käyttötien loppuvaiheessa. Kyseisellä annoksella saavutetaan vesivälitteisten terveysvaikutteisten bakteerien 6log-vähennys ja virusten 4log-vähennys. (Talousveden desinfiointi ultravioletivalolla, 2003, 29.)

Lappeenrannan Lämpövoima Oy:llä käytetään Wedeco tai Trojan merkkiä UV-desinfiointilaitteita. Molemmilta valmistajilta löytyy kyseiseen käyttötarkoitukseen ja kapasiteetiltaan sopivia laitteita. Mallista riippuen laitteet voidaan haluttaessa varustaa automaattisella puhdistusjärjestelmällä ja niiden tehoa pystytään säätämään. Näin ollen mikäli kaivon pumppua jossain vaiheessa käytettäisiin UV-laitteen mitoitusvirtaamaa pienemmällä virtaamalla, voidaan lampputehoa säätämällä säästää energiaa. Laitteet on myös usein varustettu säteilyn intensiteetin mittauksella ja hälytyksellä intensiteetin laskiessa liian alhaiseksi. Lopulliseen laitevalintaan ei vielä tässä vaiheessa oteta kantaa, vaan sen tekee laitevalmistaja/-myyjä hänelle toimitetussa tarjouspyynnössä kerrottujen laitetta mitoittavien tekijöiden perusteella. (Vesterlund 7.3.2013; Hyxo Oy; Sarlin Group.)

Vedenottamalla on syytä varautua myös kloorikemikaalin syöttöön UV-laitteiston huoltotilanteita varten, jollei pumppausta ei tahdota kokonaan sulkea huollon ajaksi tai ellei käytettävissä ole toista rinnakkaista UV-desinfiointilaitetta. Kloorikemikaalin syöttö voi olla myös tarpeen verkoston desinfiointiksi, mikäli sinne on päässyt haitallisia mikrobeja esimerkiksi UV-laitteen toimintahäiriön vuoksi.

8.4.3 Alkalointi

Mikäli tarkempien veden laadun tutkimusten perusteella päädytään siihen, että alkalointi on tarpeen, olisi paineellinen kalkkikivisuodatin helpoin ja vähiten tilaa vievä ratkaisu sen toteuttamiseen. Tällöin ei tarvitsisi järjestää erillistä pumppausta kemikaalin syöttöä varten, kuten esimerkiksi soodalla alkalointaessa. Kemikaalin yliannostuksen ei myöskään pitäisi muodostua ongelmaksi ja kalkkikivellä alkalointaessa saadaan samalla kasvatettua myös veden kovuutta, mikä yleensä on tarpeen Suomen pohjavesille. Sooda-alkalointi myös työllistää enemmän, sillä soodaliuos täytyy käydä sekoittamalla laitoksella esimerkiksi viikoittain, pumpattavista vesimääristä riippuen.

Alkaloivia painesuodattimia myyvät esimerkiksi Oy Callidus Ab sekä Oy WatMan Ab. Laitteet ovat noin metrin korkuisia ja halkaisijaltaan noin 25–45 cm. Laitetyypistä riippuen niillä voi olla useammanlaisiakin käyttötarkoituksia, esimerkiksi Watman FeA -laite poistaa vedestä myös rautaa ja mangaania. Laitteet mitoitetaan virtaaman perusteella ja niitä täytyy huoltaa lisäämällä välillä alkaloivaa massaa. (Kaivoveden käsittelylaitteita, 2012.)

8.4.4 Virtaamamittari

Kaivo tullaan varustamaan uudella virtaamamittarilla. Mittarin tyyppiä valitaan tilaajan toivomuksesta magneettinen virtaamamittari. Magneettisen virtaamamittarin etuna on esimerkiksi se, ettei siinä ole kuluvia osia eikä se aiheuta painehäviöitä. Ennen virtaamamittaria tulisi olla suoraa putkea vähintään viisi kertaa putken halkaisijan verran ja mittarin jälkeen vähintään kaksi kertaa putken halkaisijan mitta. Näin saadaan yleensä poistettua esimerkiksi putken taitteiden tai venttiilien aiheuttaman häiriöt virtauksessa. Mittarin virtausputken voi asentaa mihin tahansa asentoon vaak- ja pystysuoran välillä, mutta pystyasennus ylöspäin suuntautuvalla virtauksella on suositeltava. Magneettisen virtaamamittarin elektrodit tulee kuitenkin asentaa vaakatasoon. Virtausputken oikea koko on tärkeä tekijä mittarin valinnassa. Se tulisi valita niin, että nesteen virtausnopeus pysyy sopivissa rajoissa. (Goettsche, 2005, 146, 149.)

Nykyään on olemassa myös mittareita, jotka eivät vaadi suoria putkiosuuksia ympärilleen. Laitteen jälleenmyyjän puolelta on kuitenkin todettu, että mittarit ovat tarkempia jos mittarin ympärillä käytetään edes jonkinlaisia suoria osuuksia, mutta ne täyttävät joka tapauksessa laskutukseen käytettävän mittalaitteen vaatimukset. Mittareita valmistavat ja jälleenmyyvät useat yritykset, mutta tilaajan vesilaitoksilla käytetään yleensä Krohnen tai Siemensin mittareita. (Vesterlund 7.3.2013 ja 11.4.2013.)

8.4.5 Muut mittaukset ja näytteenotto

Jos alkalointi toteutetaan, on vedenottamo varustettava myös pH-mittarilla, jotta alkaloinnin toimivuutta voidaan seurata. Kaivossa olisi hyvä olla jatkuvatoiminen vedenpinnan mittaus, jotta vedenpinnan alenemasta saadaan jatkuvaa tietoa. Näin voidaan reagoida ajoissa, mikäli näyttää, että pinta alkaa jostain syystä laskea liian alas. Myös paine- ja lämpötilamittarit kuuluvat vedenottamoiden perusvarustukseen. Kaivo tulee myös varustaa näytteenottohanalla vedenlaadun seurantaan liittyvien vesinäytteiden ottamiseksi.

8.5 Automaatio- ja kaukokäyttöjärjestelmä

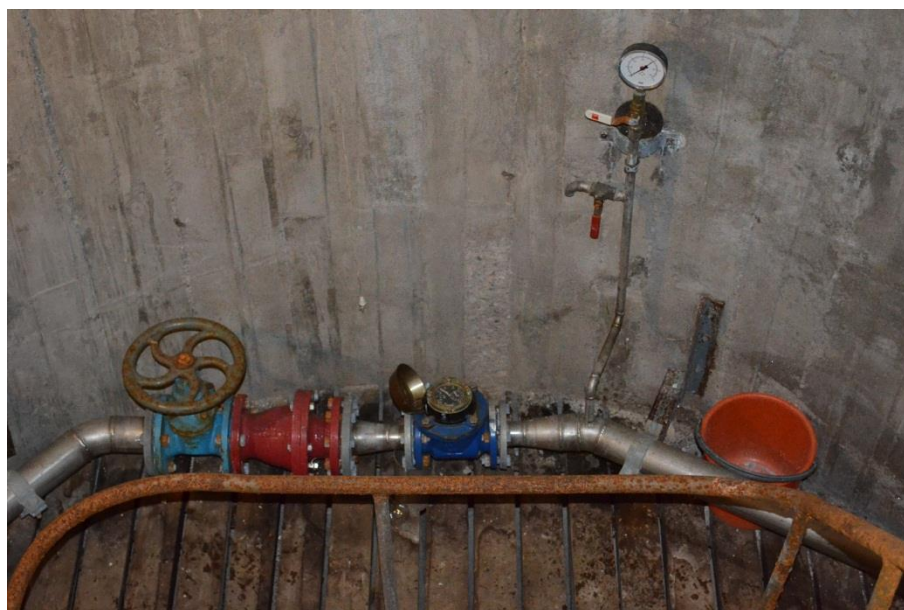
Tiurun kaivolle ei heti alkuun tule minkäänlaista automaatio- tai kaukokäyttöjärjestelmää, vaan pumppaus hoidetaan kellokytkimellä ajastamalla. Myöhemmässä vaiheessa jonkinlainen järjestelmä tullaan kuitenkin ottamaan käyttöön ja yhteys tullaan todennäköisesti toteuttamaan GPRS:n avulla. (Vesterlund 15.3.2013.) Järjestelmä tulee toimimaan periaatteella, jossa vesitornin pinnankorkeus-tieto siirtyy kaukovalvonnan välityksellä kaivolle. Siellä automaatio antaa käyntikäskyn pumpulle, joka voi olla esimerkiksi taajuusmuuttajalla ohjattu. Lisäksi pumppu voidaan käynnistää manuaalisesti valvomosta. (Vesterlund 2.4.2013.)

Tiurun kaivolle tulee kaukovalvontajärjestelmä, jonka avulla kaivon ja siihen liittyvien laitteiden toimintaa voidaan seurata. Kaukovalvonnan kautta valvomoon tulee tieto esimerkiksi UV-laitteen toiminnasta sekä virtaamasta ja pumpun käynnistä. (Vesterlund 2.4.2013.)

8.6 Vaihtoehdot kaivon laitetilaksi

Kaivon pumppu tullaan vaihtamaan ja kaivo tullaan varustamaan vähintään virtaamamittauksella sekä UV-desinfioinnilla. Koska kaivoa ei ole tällä hetkellä varustettu minkäänlaisella vedenkäsittelylaitteistolla, täytyy tarvittavia laitteita varten suunnitella laitetila. Myös mahdollisen alkaloinnin tai muun veden käsittelyn sekä muiden tarpeellisten mittausten vaatima tilanterve tulee huomioida mietittäessä vaihtoehtoja laitetilan toteuttamiseksi.

Kaivolta lähtevä vesijohto kulkee tällä hetkellä läheisen vanhan kuilukaivon kautta ja sinne on sijoitettu myös virtaama- ja painemittarit sekä näytteenottohana (kuva 11). Kaivo on noin 14 metriä syvä ja sen pohjalle johtavat portaat ja kaiteet ovat erittäin ruostuneet ja vaarallisen oloiset (kuva 12). Kuilukaivon käyttäminen jatkossakin laitetilana vaatisi huoltotöiden tekemisen ja näytteenoton turvallisuuden varmistamista. Oletettavasti on helpompaa ja halvempaa rakentaa kokonaan uusi laitetila, kuin lähteä saneeraamaan vanhaa kaivoa siihen tarkoitukseen.



Kuva 11 Virtaama- ja painemittaus sekä näytteenottohana (Kosunen 9.1.2013.)



Kuva 12 Vanha kuilukaivo (Kosunen 9.1.2013.)

Toteutuksen kannalta helpoin vaihtoehto olisi, jos nykyistä venttiilikaivoa pystyttäisiin hyödyntämään laitetilana. Koska kaivo on kuitenkin tarkoitus varustaa vähintään virtaamamittarilla sekä UV-laitteistolla, tulee tilantarve rajoittavaksi tekijäksi. Laitteiden ominaismittojen lisäksi tarvitaan tilaa esimerkiksi huoltotoimien toteuttamista varten sekä laitteisiin liittyville sähkö-/automaatiokeskuksille yms. Käytännössä ei siis ole mahdollista sijoittaa laitteita nykyiseen venttiilikaivoon, etenkin kun myös veden alkalointi joudutaan mahdollisesti järjestämään.

Toinen vaihtoehto olisi erillisen huoltokaivon rakentaminen nykyisen venttiilikaivon läheisyyteen. Halkaisijaltaan riittävän suuren kaivon avulla saataisiin laitteiden vaatima tilantarve täytettyä, mutta huoltokaivon käytännön ongelmaksi muodostuu huoltotöiden ja näytteenoton hankala toteuttaminen sekä taloudellisuus. Kaivoon ja kaivosta kiipeäminen aiheuttaa mahdollisia vaaratilanteita ja myös esimerkiksi tarvittavien työkalujen, varaosien ja näytteenottotarvikkeiden kuljettaminen kaivoon ja kaivosta pois on hankalaa. Kaivossa ei saa myöskään työskennellä yksin, vaan huoltotöihin tarvitaan aina kahden henkilön työpanos. Huoltokaivo voisi kuitenkin tulla kysymykseen, mikäli tarkempien vesianalysien perusteella ei ilmene tarvetta muille vedenkäsittelyille UV-desinfiointiin lisäksi, jolloin ainoa säännöllinen huoltotoimi olisi UV-lamppujen mahdollinen puhdistaminen ja vaihto. Jos kalkkikivialkalointi toteutetaan, täytyy myös kalkkikiven ajoittainen lisääminen suodattimiin järjestää jottenkin. Huoltokaivo voidaan tehdä esimerkiksi betonirenkaista tai halkaisijaltaan suuresta muoviputkesta. Materiaalikustannusten lisäksi kaivoa rakennettaessa muodostuu kaivukustannuksia.

Kolmantena vaihtoehtona on erillinen maanpäällinen huoltorakennus. Tämä on huoltotöiden ja näytteenoton kannalta taloudellisin ja turvallisin vaihtoehto. Huoltorakennus tulee myös olemaan ainoa järkevä vaihtoehto jos vedenotto joudutaan varustamaan esimerkiksi kalkkikivialkaloinnilla, jolloin laitteiden tilan- sekä huollontarve kasvaa. Huoltorakennus voidaan toteuttaa esimerkiksi työmaaparakin kaltaisen ratkaisun avulla, jolloin ei varsinaisesti tarvitse rakentaa muuta kuin perustukset parakille. Lappeenrannan Lämpövoima Oy:llä on entuudestaan kokemuksia samankaltaisista ratkaisuis-

ta ja ne ovat osoittautuneet varsin toimiviksi. Tällaisia parakkeja myy esimerkiksi M-Partners Oy Ab. (Vesterlund 7.3.2013.)

Oli ratkaisuna sitten huoltokaivo tai -rakennus, täytyy kohteessa joka tapauksessa tehdä putkistojen muutostöitä, sähkötöitä yms. Näiden kustannukset kuitenkin lienevät samaa luokkaa kummassakin ratkaisussa. Vaikka huoltorakennuksen hankintahinta kohoaisikin kaivon vastaavaa korkeammaksi, on se käyttökustannuksiltaan edullisempi pienemmän työvoiman tarpeen vuoksi. Lisäksi sinne mahtuu paremmin kaikki tarvittavat laitteet oheisjärjestelmineen. Huoltotöiden tekeminen on myös helpompaa ja turvallisempaa kun niitä varten ei tarvitse laskeutua kaivoon ja niiden tekemiseksi on enemmän tilaa.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli selvittää Lappeenrannassa Tiuruniemen pohjavesialueella sijaitsevan Tiurun pohjavesikaivon tämänhetkinen kunto. Kaivoa tullaan tulevaisuudessa käyttämään varavedenottona. Tämän vuoksi on tärkeää varmistaa, että kaivo pystytään ottamaan tarvittaessa nopeasti käyttöön ja että se pystyy toimimaan varavedenottotilanteessa veden määrän ja laadun kannalta luotettavasti. Kuntoarvion tekemistä varten laadittiin tarkistuslista, jonka avulla käytiin läpi merkittävimmät kaivon turvallisuuteen ja käyttövarmuuteen vaikuttavat tekijät. Tarkistuslistassa huomioitiin lähinnä kaivon lähiympäristöön sekä rakenteisiin liittyviä seikkoja. Kaivon sijainnin ja rakenteiden arvioimisen lisäksi on tärkeää selvittää kaivon ja sen sijaintipaikan pohjavesialueen osan antoisuus sekä kaivosta saatavan veden laatu. Tätä varten laadittiin koepumppaus- ja näytteenotto-ohjelma. Ohjelman avulla tutkitaan millaisia vesimääriä kaivosta pystytään pumpaamaan ilman, että pohjavedenpinta kaivossa tai sen lähialueella laskee liikaa tai veden laatu heikkenee liiaksi. Lisäksi laaditun kuntoarvion pohjalta sekä kaivon tuleviin käyttötilanteisiin perustuen määritettiin tarvittavat toimenpiteet kaivon toimintakyvyn varmistamiseksi.

Kaivon kuntoarviossa todettiin, että se on pääosin hyvässä kunnossa. Kaivon lähiympäristön siisteyden suhteen on parantamisen varaa ja siitä tuleekin raivata puut ja pensaat. Kaivoalue täytyy lisäksi aidata ja kaivossa olevat tuuletusputket varustaa pieneläinten pääsyä estävillä rutilöillä. Venttiili-kaivon pohjalle on vuosien saatossa kertynyt likaa, joten kaivo olisi hyvä puhdistaa. Kaivon nousu-putken laippaliitoksen ruostuneet mutterit olisi myös syytä vaihtaa. Putkikaivon kuntoa ei päästy tutkimaan, mutta aikanaan tehtävä koepumppaus antaa tietoa myös siitä. Koska kaivoa ei ole huuhtelupumpattu, olisi huuhtelutarpeen määrittäminen ja mahdollinen huuhtelun tekeminen suositeltavaa.

Kaivon koepumppaus suunniteltiin tehtäväksi kahdessa osassa niin, että ensimmäisessä lyhytkestoisessa pumppauksessa pyritään selvittämään kaivon ja sen läheisen maaperän vedenjohtavuutta ja toisessa pidempikestoisessa pumppauksessa laajemmin kyseisen pohjavesialueen osan antoisuutta. Näistä seikoista voidaan tehdä päätelmiä seuraamalla pohjavedenpinnan alenemia itse tutkittavassa kaivossa sekä sen ympäristössä sijaitsevista pohjaveden havaintoputkissa. Kumpaankin koepumppausvaiheeseen liittyy myös veden laadun tarkkailu, jotta nähdään muuttuuko laatu pumpattavan vesimäärän kasvaessa tai pumpattaessa pidempiä ajanjaksoja. Veden laadun perusteella voidaan myös tehdä lopulliset päätelmät vedenkäsittelytarpeesta, lähinnä alkaloinnin suhteen.

Työssä käsiteltiin myös kaivolla tarvittavien laitteiden valintaa sekä niitä mitoittavia tekijöitä. Kaivon pumppu tullaan vaihtamaan, sillä verkostomuutosten myötä myös esimerkiksi nostokorkeus kasvaa, eikä nykyistä pumppua pystytä enää käyttämään. Veden mikrobiologisen laadun varmistamiseksi kaivo halutaan varustaa UV-desinfiointilaitteella, joten sen valintaan vaikuttavia tekijöitä pohdittiin myös. Lisäksi mietittiin kaivolla tarvittavia mittauksia ja mittareiden hankintaa. Varsinaiset laitevalinnat jäävät kuitenkin tilaajan ja laitteiden myyjien tehtäväksi. Myös mahdollisen alkaloinnin toteuttamista pohdittiin alustavasti.

Koska kaivon varustelu lisääntyy nykyisestä saneerauksen myötä, tulee myös laitteiden tilantarve kasvamaan. Laitteiden sijoittamiseksi vaihtoehdot olivat joko nykyisen venttiilikaivon hyödyntäminen laitetilana tai erillisen huoltokaivon tai maanpäällisen huoltorakennuksen rakentaminen. Huoltorakennus on näistä vaihtoehdoista järkevin, sillä huoltotöiden ja näytteenoton tekeminen on huomattavasti helpompaa ja turvallisempaa, kun niitä varten ei tarvitse laskeutua kaivoon. Tämä myös mahdollistaa sen, että esimerkiksi UV-laitteiston huollon voi tehdä yksi ihminen, kun taas kaivossa tehtäviin töihin tarvitaan työturvallisuussyistä aina toinen henkilö mukaan. Laitetilan valinnassa on myös syytä varautua siihen, että alkointi joudutaan toteuttamaan. Tämänkin vuoksi huoltorakennus on järkevin vaihtoehto.

Työn sisältö muotoutui jonkun verran alkuperäisestä suunnitelmasta työskentelyn aikana. Työssä päästiin kuitenkin hyvään lopputulokseen ja saatiin tehtyä suunnitelma, jonka avulla tilaaja voi ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin varmistaakseen Tiurun kaivon toimivuuden varavedenottamona ennen kaivon käyttöönottoa. Alkuperäinen ajatus oli, että työ painottuisi enemmän kaivolla käytettävän tekniikan valintaan. Työtä tehdessä kuitenkin kävi ilmi, että kaivon rakenteiden kunnon sekä kaivosta saatavan veden määrän ja laadun varmistaminen ovat olennaisessa asemassa, joten painotus siirtyi enemmän kuntoarvion sekä koepumppauksen ja näytteenoton suunnitteluun. Laitteiden tarkka mitoittaminen ja lopullisten laitevalintojen tekeminen ei myöskään ollut ajankohtaista tai mahdollista tässä vaiheessa, sillä kaikkia mitoittavia ja valintaan vaikuttavia tekijöitä ei ollut vielä tiedossa.

LÄHTEET

Airaksinen, J. 1978. *Maa- ja Pohjavesihydrologia*. Oulu: Kirjapaino Osakeyhtiö Kaleva.

Bolton, J. ja Cotton, C. 2008. *The ultraviolet disinfection handbook* [verkkojulkaisu]. American water works association [viitattu 31.1.2013]. Saatavissa:

http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=3624&VerticalID=0

Etelä-Karjalan maakunnan vesihuollon kehittämissuunnitelma 2013–2050 [verkkodokumentti]. Kaakkois-Suomen ELY -keskus 2013 [viitattu 18.2.2013]. Saatavissa: [http://www.ely-](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/KaakkoisSuomenELY/Vesivarojenkayttojahoito/Documents/Osaraportti_III.PDF)

[kes-](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/KaakkoisSuomenELY/Vesivarojenkayttojahoito/Documents/Osaraportti_III.PDF)

[kus.fi/fi/ELYkeskukset/KaakkoisSuomenELY/Vesivarojenkayttojahoito/Documents/Osaraportti_III.PDF](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/KaakkoisSuomenELY/Vesivarojenkayttojahoito/Documents/Osaraportti_III.PDF)

Geologian tutkimuskeskus. [viitattu 3.4.2013]. Saatavissa: http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/jaatikkojoki_deltat.htm

Goettsche, L. 2005. *Maintenance of Instruments and Systems* [verkkojulkaisu]. ISA [viitattu 4.3.2013]. Saatavissa:

http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=1825&VerticalID=0

Groundwater; Manual of Water Supply Practices –M21. 2003. [verkkojulkaisu]. American Water Works Association [viitattu 8.2.2013]. Saatavissa:

http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=3571&VerticalID=0

Hyxo Oy. Tuotteet. Vedenkäsittelylaitteet. UV-desinfiointi. [viitattu 27.3.2013]. Saatavissa:

<http://www.hyxo.fi>

Isomäki, E., Valve, M., Kivimäki, A-L. ja Lahti, K. 2006. *Pienten pohjavesilaitosten ylläpito ja valvonta* [verkkojulkaisu]. Suomen ympäristökeskus [viitattu 17.1.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=62570&lan=fi>

Kaivoveden käsittelylaitteita. 2012. [verkkodokumentti]. Suomen ympäristökeskus. [viitattu 27.3.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=118514&lan=fi>

Koepumppauspöytäkirja. 1983. Vesto Oy.

Korvenkylän alueen geohydrologinen selvitys. 1990. Hollola: Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy.

Lappeenrannan Energia Oy. Palvelut. Vesi. [viitattu 22.1.2013]. Saatavissa:

<http://www.lappeenrannanenergia.fi/index.php>

Lappeenrannan kaupunki: Tiuruniemen ydinalue; Asemakaava, asemakaavan muutos. 2013. [verkodokumentti]. [viitattu 11.3.2013]. Saatavissa:

<http://www.lappeenranta.fi/loader.aspx?id=9aa38e39-1d44-4b07-b01f-b9b64c54bfbb>

Miettinen, I., Pitkänen, T. ja Zacheus, O. 2005. Vesitalous (4) [digilehti]. [viitattu 31.1.2013]. Saatavissa: http://www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2005/4_2005.pdf

Missstear, B., Banks, D. ja Clark, L. 2006. *Water Wells and Boreholes* [verkkojulkaisu]. John Wiley & Sons [viitattu 18.2.2013]. Saatavissa:

http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=3347&VerticalID=0

OIVA -ympäristö- ja paikkatietopalvelu. [viitattu 25.1.2013]. Saatavissa:

<http://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>

Orava, M., Ala-Peijari, T. ja Pan, H. 2003. Vesitalous (1) [digilehti]. [viitattu 5.2.2013]. Saatavissa:

http://www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2003/1_2003.pdf

Pessi Matti. 2012. *Vesi- ja ympäristötekniikan laboraatiot*. Savonia-ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö Kuopio. Ympäristöteknologia. Opetusmoniste.

Pohjavesilaitosten kehittäminen. 1997. Helsinki: Vesi- ja viemäri­laitosyhdistys.

Pohjavesitutkimusopas – käytännön ohjeita. 2005. [verkkojulkaisu]. Helsinki: Suomen Vesiyhdistys Ry. [viitattu 19.3.2013]. Saatavissa: <http://www.vvy.fi/files/2653/Pohjavesiopas.pdf>

Putkisto- ja laitepiirustus. Lappeenranta: Maa- ja Vesi Oy.

Reijonen, Jussi 2004. *Putkikaivon kunnossapito*. Kunnossapito (5) [digilehti]. [viitattu 17.1.2013].

Saatavissa: http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu_id=133

Sarlin Group. Prosessitekniikka. UV-desinfiointi. [viitattu 27.3.2013]. Saatavissa:

<http://www.sarlin.com>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista.

461/2000. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 12.2.2013]. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461#Pid1901526>

SP Engineering Manual. [verkkajulkaisu]. GRUNDFOS [viitattu 8.2.2013]. Saatavissa: http://net.grundfos.com/doc/webnet/mining/_downloads/sp-engineering-manual.pdf

Talousveden desinfiointi ultraviolettilalla. 2003. Helsinki: Vesi- ja viemärilaitosyhdistys.

Valtion ympäristöhallinto. Etelä-Savo. Ympäristön tila. Pintavedet. Saimaan vedenkorkeus. [viitattu 25.2.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>

Valtion ympäristöhallinto. Ympäristön tila. Pohjavesi. [viitattu 28.1.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>

Valtion ympäristöhallinto. Ympäristön tila. Pohjavesi. Tekopohjavesi. Tekopohjaveden muodostaminen. [viitattu 11.3.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>

Valtion ympäristöhallinto. Vesivarojen käyttö. Pohjaveden käyttö. [viitattu 28.1.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>

Vedenottamon tehostaminen. 1983. Lappeenranta: Maa- ja Vesi Oy.

Vedenottoaikan tutkimus. 1983. Lappeenranta: Maa ja Vesi Oy.

Vesihuolto I: RIL 124-1. 2003. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto.

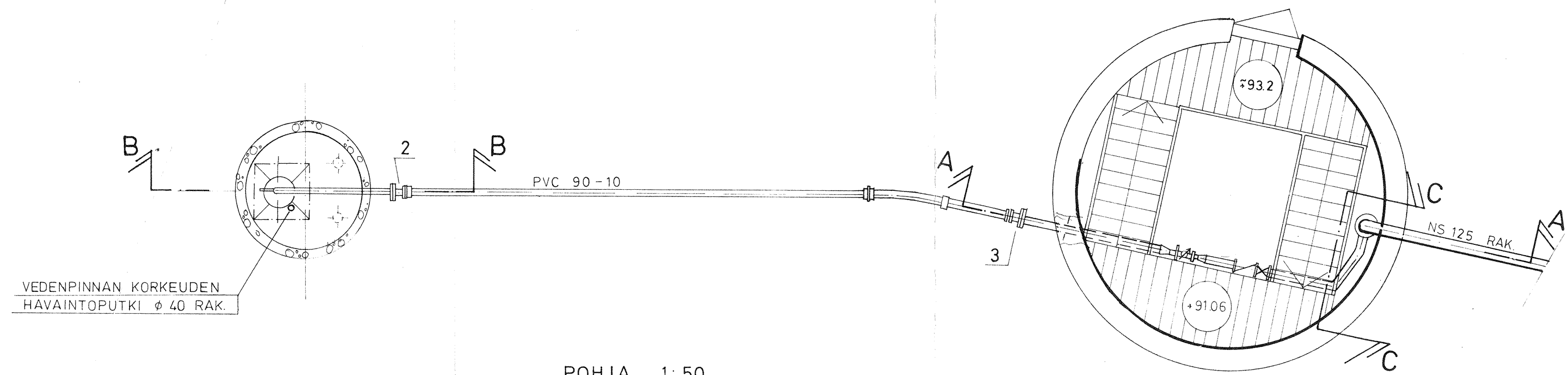
Vesihuolto II: RIL 124-2. 2004. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto.

Vesihuoltolaki. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 18.2.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

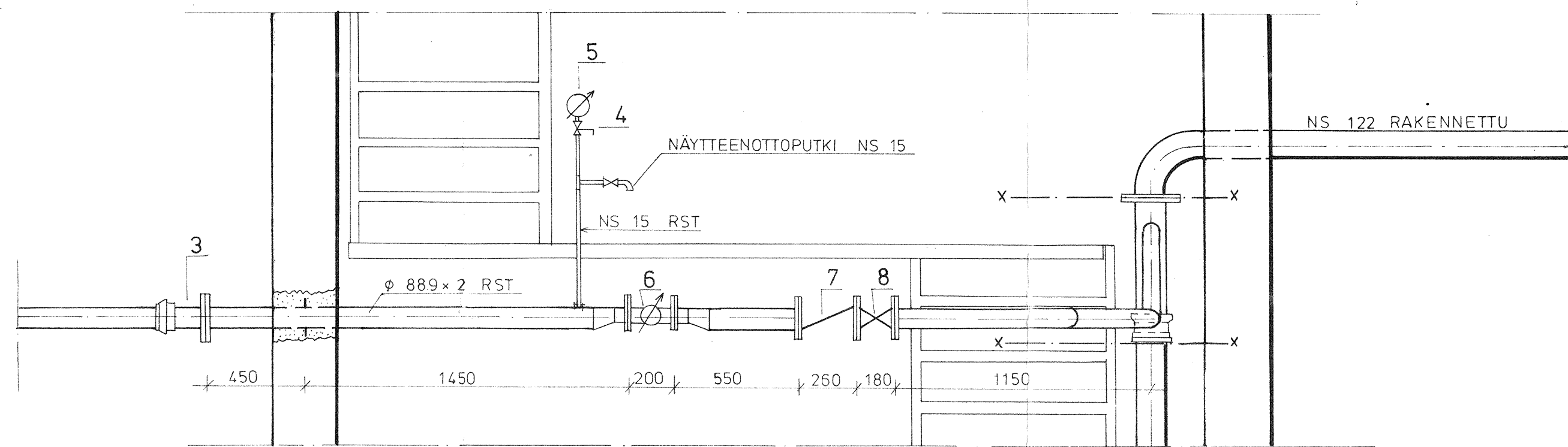
Vesterlund, Tommy 7.3.2013. Tuotantomestari [haastattelu]. Lappeenranta: Huhtiniemen vesilaitos.

Vesterlund, Tommy. Päättötyö [sähköposti]. Vastaanottaja: Niina Kosunen.

Virtanen, Pertti. 28.1.2013. Toimitusjohtaja. [puhelinhaastattelu].

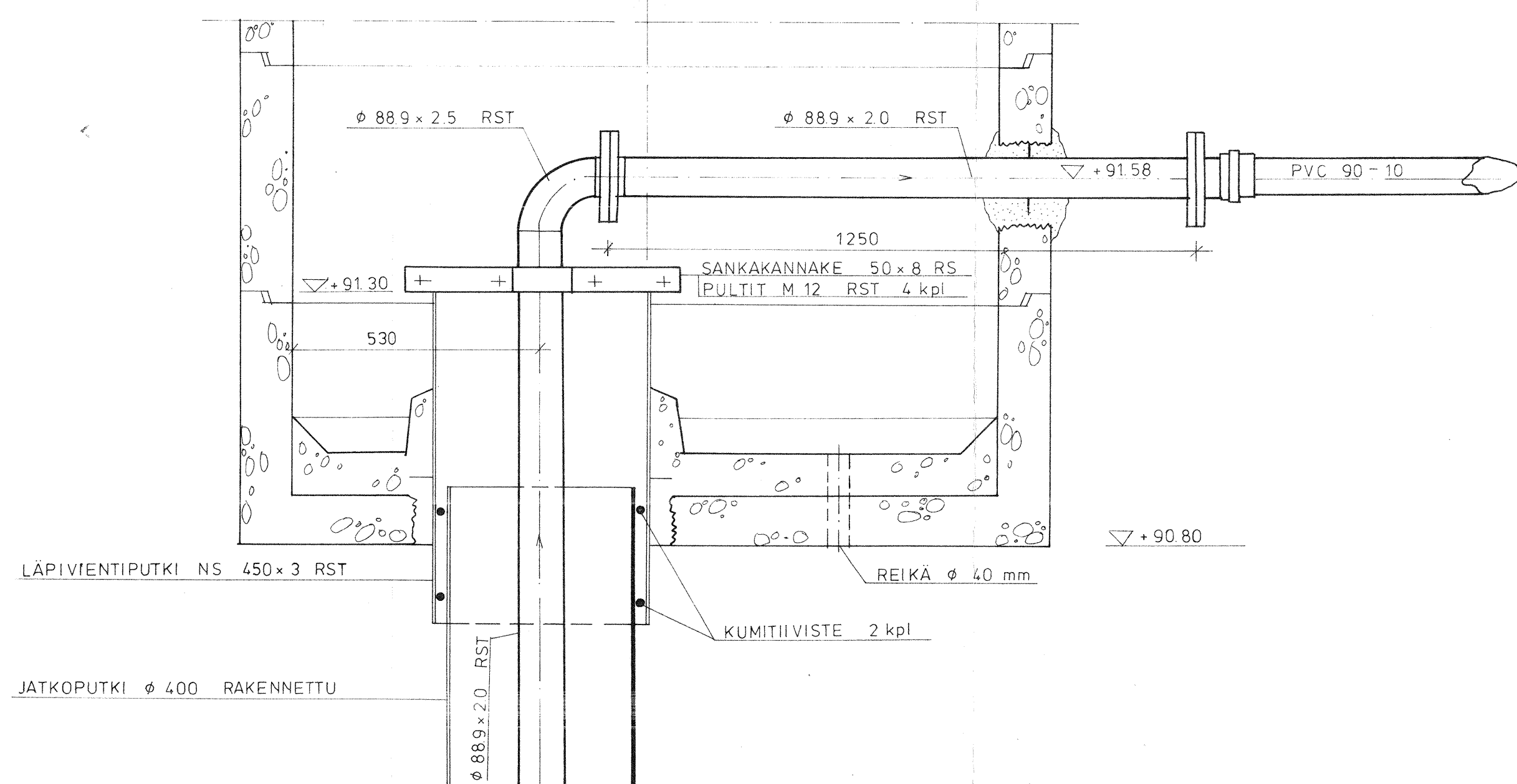


POHJA 1:50

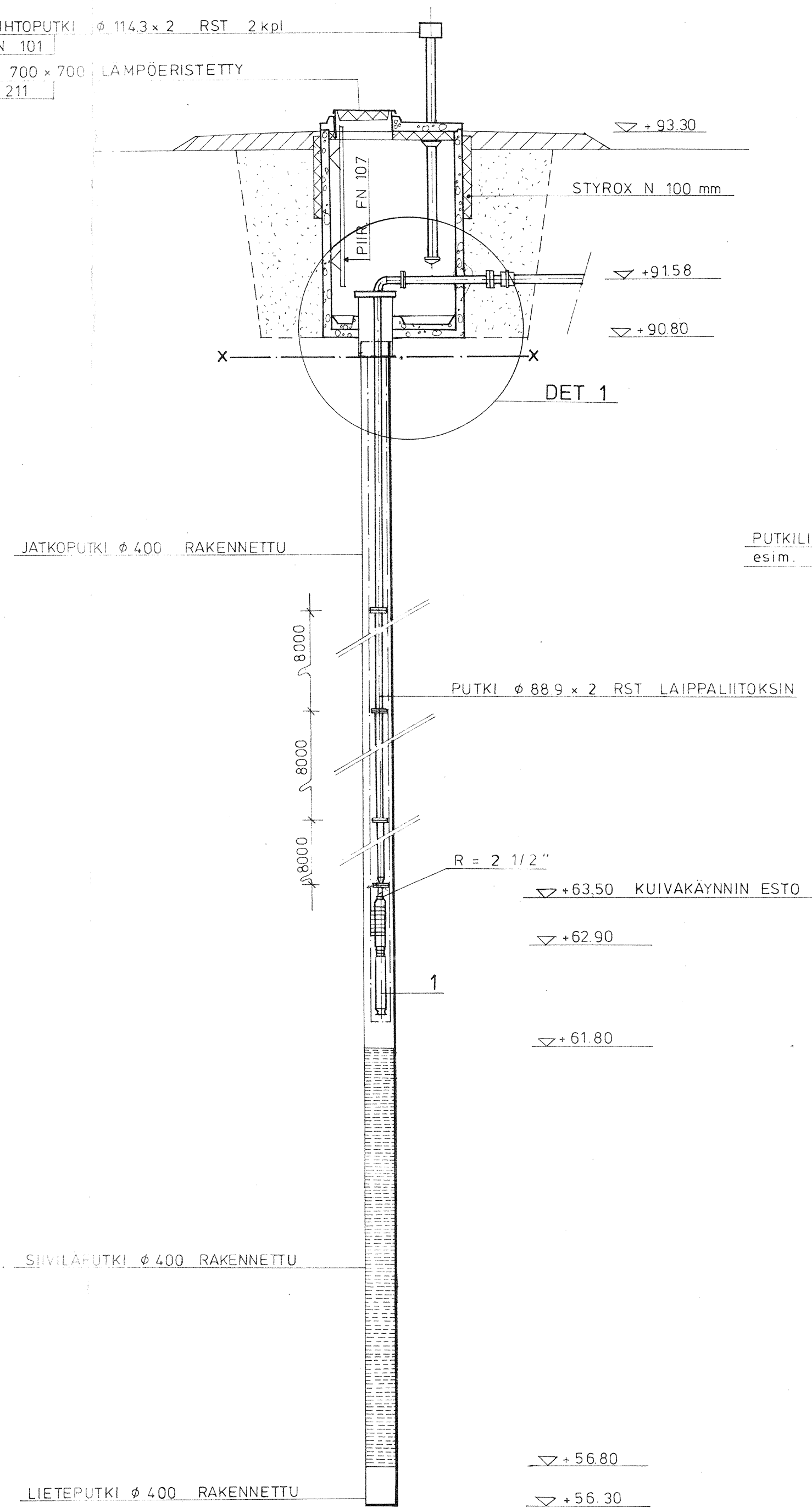


A - A 1:20

HUOM. PUTKIPITUUDET JA SIIJOITUS TARKISTETTAVA TYÖPAIKALLA

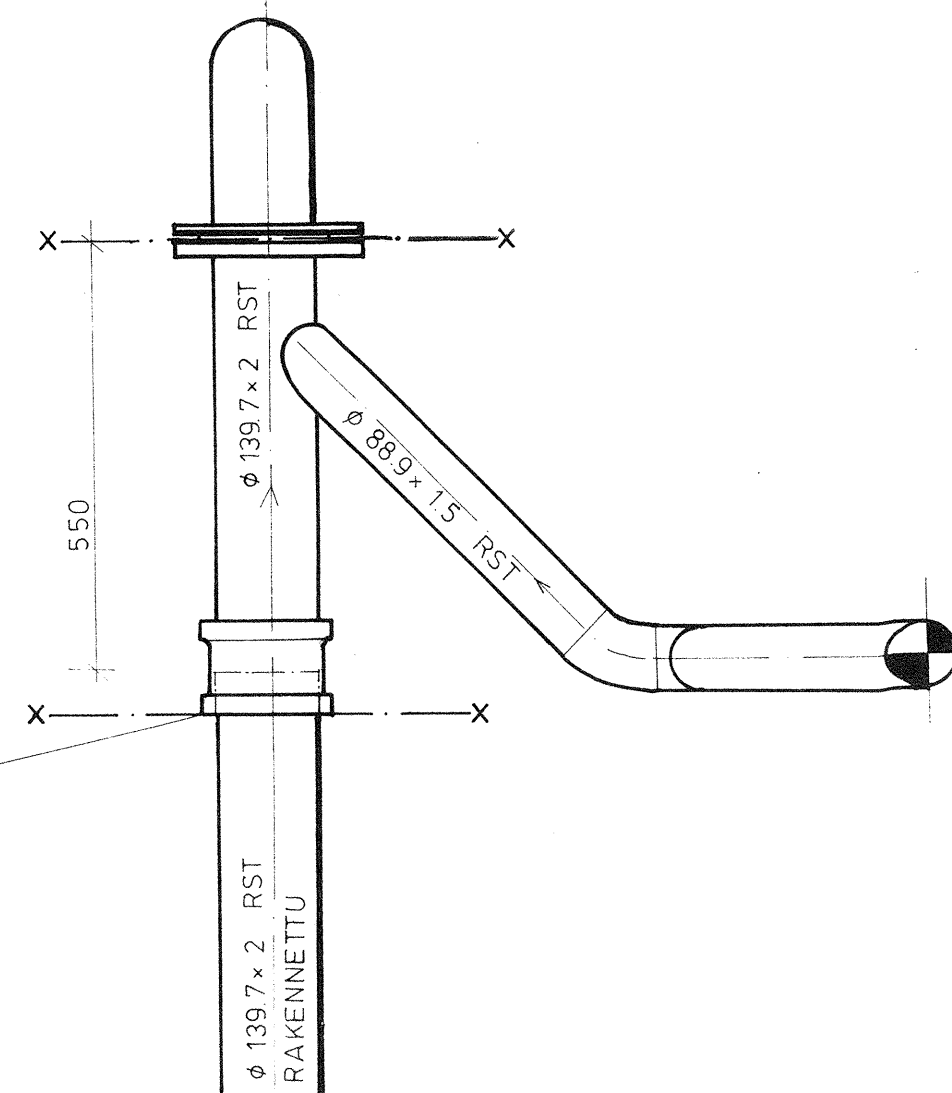


ILMANVAIHTOPUTKI ϕ 114.3 x 2 RST 2 kpl
PIIR FN 101
LUUKKU 700 x 700 LAMPÖERISTETTY
PIIR L 211



B - B 1:50

PUTKILIITIN ϕ 139.7 PUTKELLE esim. VIKING JOHNSON



C - C 1:10

X - X URAKKARAJA

OSALUETTELO

OSA NO	ESINE	kpl	NS	PN	
1	UPPOPUMPPU	1+1	R=21/2		PLEUGER N 65-8 300 l/min x 62 mvp. MOOTTORI 5.5 kW 2900 r/min
2	LAIPPAYHDE (F-PUTKI)	1	80/90	10	UPONOR N:O 188831
3	LAIPPAMUHVIYHDE (E-PUTKI)	1	90/80	10	UPONOR N:O 156131
4	PAINEMITTARIHANA R=1/2"	1	15		LVI N:O 339522015-9
5	PAINEMITTARI R=1/2"	1	15		ASTEIKKO 100 mm, 0-16 bar.
6	VESIMITTARI	1	50		ANDRAE Wp KAIKO OY
7	YKSISUUNTAVENTTIILI LAIPOIN	1	80	10	SILENTA KAIKO OY
8	LUISTIVENTTIILI	1	80	10	TIIVISTEPINNAT KUMIA LVI N:O 332467 180-3

- IRTOLAIPAT DIN 2642 NP 10 SINKITYT
- PULTIT, MUTTERIT JA ALUSLEVYT SINKITYTÄ
- LAIPAT, PULTIT, MUTTERIT JA ALUSLEVYT KÄSITELLÄN KERTAALLEN ENNEN ASENNUSTA EPOKSIPIKIMAALILLA.
- KORJAUSMAALAUUS EPOKSIPIKIMAALILLA ASENNUKSEN JÄLKEEN
- LAIPPALIITOSTEN TIIVISTEISSÄ KÄYTETÄÄN 2 mm:n PAKSUISIA VANGASVAHVISTEISIA KUMILEVYTIIVISTEITÄ

A	Muutos	Nimi	Päivä
Tunnus	Lukumäärä	Muutos	
Tilaa ja suunnittelukohteen nimi ja osoite			Mittakaava
KYMEN-MIKKELIN TUBERKULOOSIPIIRIN KL. TIURU			1:50, 1:20
VEDENOTTAMON TEHOSTAMINEN			POHJA, LEIKKAUKSET A-A, B-B JA C-C
MAA JA VESI OY			1:10
Valtakatu 39, 53100 Lappeenranta 10			
PIIRIT	PSK	Työn ja piirustuksen n:o	Muutos
SUUNNITELMA	1 N		

Lyhytaikainen koepumppaus (1 päivä)

	1. pumppausjakso							2. pumppausjakso							3. pumppausjakso							4. pumppausjakso						
	ennen pumppauksen aloitusta	0-10 min	10-20 min	20-30 min	30-60 min	60-90 min	90-120 min	palautumisjakso noin 2 h	0-10 min	10-20 min	20-30 min	30-60 min	60-90 min	90-120 min	palautumisjakso noin 2 h	0-10 min	10-20 min	20-30 min	30-60 min	60-90 min	90-120 min	palautumisjakso noin 2 h	0-10 min	10-20 min	20-30 min	30-60 min	60-90 min	90-120 min
Virtaama m ³ /h:								0							0							0						0
pinnan korkeuksien mittaust.								Veden pinnan korkeuksia m																				
kaivosta	kahden viikon ajan kolme kertaa v	30 s välein	1 min välein	2 min välein	3 min välein	6 min välein	9 min välein		30 s välein	1 min välein	2 min välein	3 min välein	6 min välein	9 min välein		30 s välein	1 min välein	2 min välein	3 min välein	6 min välein	9 min välein		30 s välein	1 min välein	2 min välein	3 min välein	6 min välein	9 min välein
hp1	kahden viikon ajan kolme kertaa v	10 krt *	6 krt	4 krt	6 krt**	4 krt	2 krt		10 krt *	6 krt	4 krt	6 krt**	4 krt	2 krt		10 krt *	6 krt	4 krt	6 krt**	4 krt	2 krt		10 krt *	6 krt	4 krt	6 krt**	4 krt	2 krt
hp2	kahden viikon ajan kolme kertaa v	8 krt	4 krt	2 krt	4 krt	2 krt	1 krt		8 krt	4 krt	2 krt	4 krt	2 krt	1 krt		8 krt	4 krt	2 krt	4 krt	2 krt	1 krt		8 krt	4 krt	2 krt	4 krt	2 krt	1 krt
hp3	kahden viikon ajan kolme kertaa v	6 krt	2 krt	1 krt	2 krt	1 krt	1 krt		6 krt	2 krt	1 krt	2 krt	1 krt	1 krt		6 krt	2 krt	1 krt	2 krt	1 krt	1 krt		6 krt	2 krt	1 krt	2 krt	1 krt	1 krt
PF4	kahden viikon ajan kolme kertaa v	4 krt	1 krt	1 krt	1 krt	1 krt	1 krt		4 krt	1 krt	1 krt	1 krt	1 krt	1 krt		4 krt	1 krt	1 krt	1 krt	1 krt	1 krt		4 krt	1 krt	1 krt	1 krt	1 krt	1 krt
Näytteenotto/mittaus (ks. Ohjelma alla)	x (juuri ennen pumppausta)							x (näytteenotto)							x							x						x

* Havaintopulkin pinnanmittausten määrät ovat suuntaa antavia, periaatteena kuitenkin sama kuin kaivon pinnan mittauksessa. Eli alkuun mitataan tiheästi ja harvennetaan ajan kuluessa. Samoin kauemmissa putkista voi mitata lähimpä harvempaan.
 ** Huom! Pidempi ajanjakso kuin aiemmissa.

HUOM! Pitoisuuksia voidaan tutkia myös kenttämittareilla, mikäli sellaisia on käytettävissä, mutta siinä tapauksessa tulee ottaa myös vertailunäytteet esimerkiksi kahdella näytteenotokerralla.

Analyyssi
E. Coli
Suolistoperäiset enterokokit
Ammoniumtyppi
Nitriittityppi
Nitraattityppi
lämpötila
pH
Sähköjohtavuus
Kovuus
Happi
Rauta
Mangaani
Permanganaattiluku/COD
Väri
Sameus
Haju
Maku

Pidempiaikainen koepumppaus (1 kk)

	1. viikko							2. viikko							3. viikko							4. viikko								
	päivä 1	päivä 2	päivä 3	päivä 4	päivä 5	päivä 6	päivä 7	päivä 1	päivä 2	päivä 3	päivä 4	päivä 5	päivä 6	päivä 7	päivä 1	päivä 2	päivä 3	päivä 4	päivä 5	päivä 6	päivä 7	päivä 1	päivä 2	päivä 3	päivä 4	päivä 5	päivä 6	päivä 7		
Virtaama m ³ /vrk:		500		500		500		500		700		700		700		700		700		700		700		500		500		500		500
Virtaama m ³ /h:		n. 20		n. 20		n. 20		n. 20		n. 30		n. 30		n. 30		n. 30		n. 30		n. 30		n. 30		n. 20		n. 20		n. 20		n. 20
pinnan korkeuksien mittaust.																														
kaivosta	kahden tunnin välein	2 kertaa/vrk	2 kertaa/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	kahden tunnin välein	2 kertaa/vrk	2 kertaa/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	kahden tunnin välein	2 kertaa/vrk	2 kertaa/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	kahden tunnin välein	2 kertaa/vrk	2 kertaa/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk		
hp1, hp2, hp3 ja PF4	kahden tunnin välein	2 kertaa/vrk	2 kertaa/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	kahden tunnin välein	2 kertaa/vrk	2 kertaa/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	kahden tunnin välein	2 kertaa/vrk	2 kertaa/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	kahden tunnin välein	2 kertaa/vrk	2 kertaa/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk		
Lähekkäin kaivot ja muut havaintoputket	kaksi kertaa vuorokaudessa	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	kaksi kertaa vuorokaudessa	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	kaksi kertaa vuorokaudessa	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	kaksi kertaa vuorokaudessa	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk	1 kerta/vrk		
Näytteenotto/mittaus (ks. Ohjelma alla)							x							x								x						x		

Analyyssi
Koliformiset bakteerit
E. Coli
Suolistoperäiset enterokokit
Kokonaipesäkeluku
Ammoniumityppi
Nitriittityppi
Nitraattityppi
lämpötila
pH
Sähköjohtavuus
Kovuus
Happi
Rauta
Mangaani
Permanganaattiluku
COD tai TOC
Alkaliteetti
Kloridi
Sulfaatti
Väri
Sameus
Haju
Maku
Raskasmetallit *
Torjunta-aineet *
VOC *
PAH *
Oljyhilivedyt *
Fenoliset yhdisteet *
UV-transmittanssi **
Isotooppitutkimukset

* vain ensimmäisellä ja viimeisellä viikolla
 ** jollain näytteenotokerralla

HUOM! Lisäksi tulee harkita esimerkiksi yhteistyössä terveystarkastajan kanssa tarvetta tutkia myös tästä ohjelmasta puuttuvat yhdisteet, joista STM on esittänyt laatusuosituksen.