



VERKOSTON MALLINNUS- JA MONITOROINTIJÄRJESTELMIEN VERTAILU JA SOVELTUVUUS KUOPION VEDELLE

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Mikko Laiho			
Työn nimi Verkoston mallinnus- ja monitorointijärjestelmien vertailu ja soveltuvuus Kuopion Vedelle			
Päiväys	27.5.2015	Sivumäärä/Liitteet	48+1
Ohjaaja(t) päätoiminen tuntiopettaja Teemu Räsänen ja yliopettaja Pasi Pajula, Petri Juntunen, Kuopion Vesi			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion Vesi			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä esiselvitys siitä, mikä markkinoilla olevista mallinnus- tai monitorointijärjestelmistä soveltuisi ominaisuuksiltaan parhaiten Kuopion Vedelle. Vertailuun valittiin Epanet, Bentley'n Water Gems v8, Tekla NIS, Schneider Electricin Aquis, WhiteWaterin BlueBox ja Takadu. Työssä vertailtiin valittujen järjestelmien ominaisuuksista kyselyä apuna käyttäen. Työssä oli myös teoriaosio, jossa käsiteltiin järjestelmiin liittyviä vesihuoltoa, vesilainsäädäntöä ja verkoston monitorointia.</p> <p>Vertailu aloitettiin etsimällä tietoa ominaisuuksista järjestelmien Internetsivuilta ja muista lähteistä. Järjestelmien tärkeimmät ominaisuudet listattiin, joita olivat muun muassa verkoston vuotojen paikallistaminen, vuotovesien vähentäminen ja veden laadun hallinta. Niiden pohjalta tehtiin kysely Webropol-sovelluksella, joka lähetettiin 18:lle Kuopion Veden työntekijöille. Heistä kyselyyn vastasi kahdeksan. Tarkoituksena oli selvittää työntekijöiden mielipide eri ominaisuuksien tärkeydestä. Kyselyn tulosten perusteella järjestelmät laitettiin paremmuusjärjestykseen.</p> <p>Tulosten perusteella tärkeimpinä ominaisuuksina pidettiin verkoston vuotojen havaitsemista ja niiden paikantamista ja siellä syntyvien tapahtumien nopeaan havainnointiin, sekä verkoston energiatehokkuuden parantamiseen. Eniten vertailussa pisteitä keräsi Schneider Electricin Aquis- mallinnusjärjestelmä (87,31) ja Takadun monitorointijärjestelmä(87,06). Järjestelmät eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia niiden erilaisten käyttöominaisuuksien vuoksi. Järjestelmää valittaessa täytyy tehdä päätös minkälaisia ominaisuuksia pitää tärkeimpänä.</p>			
Avainsanat monitorointijärjestelmä, mallinnus, Kuopion Vesi, verkostohallinta.			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Mikko Laiho			
Title of Thesis Network Modelling and Monitoring System Comparison and Suitability for Kuopio Vesi			
Date	27 May 2015	Pages/Appendices	48+1
Supervisor(s) Mr Teemu Räsänen, Lecturer and Mr Pasi Pajula, Principal Lecturer, Mr Petri Juntunen, Kuopio Vesi			
Client Organisation /Partners Kuopion Vesi			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this study was to make a preliminary study on which of the available systems on the market for modeling or monitoring would best meet the requirements of Kuopio Vesi. Epanet, Bentley Water Gems V8, Tekla NIS, Schneider Electric Aquis, Whitewater BlueBox and Takadu were selected for the comparison. The characteristics of the selected systems were compared using a questionnaire. The work also has a theory section on the related systems, water supply, water law and the monitoring of the network.</p> <p>The comparison was started by searching information on the characteristics of the systems on their Internet web pages and other sources. The main characteristics of systems were listed, among which were the local network leaks, reduction of water leaks and water quality management. On the basis of this, a survey was made with the Webropol application, which was sent to 18 employees at Kuopio Water. Among them, eight responded to the survey. The aim was to find out the employees' opinions about the importance of different characteristics. On the basis of the survey the results of systems were ranked.</p> <p>Based on the results, the most important qualities were leak detection in the network and the localizing and rapid detection of the events, as well as improving the energy efficiency of the network. The Aquis modelling system by Schneider Electric got most points, 87, 31 and the monitoring system by takadu got 87, 06 points. The systems are not fully comparable due to differences in their operating characteristics. When selecting a system a decision must be made on what kinds of features are considered the most important.</p>			
Keywords monitoring system, modelling, Kuopion Vesi, network management			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin kevään 2015 aikana ja haluaisin kiittää Kuopion Veden liikelaitoista mahdollisuudesta työn tekemiseen. Erityiskiitoksen haluan antaa kehitysinsinööri Petri Juntuselle, joka on ohjannut minua työn teossa, sekä perheelle ja läheisille jotka ovat tukeneet minua työn tekemisen aikana.

Savonia-ammattikorkeakoulun puolelta haluaisin kiittää Teemu Räsästä työn ohjaamisesta.

Kuopiossa 27.5.2015

Mikko Laiho

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	VESIHUOLTO SUOMESSA	8
2.1	Kuopion Vesi.....	9
2.2	Vesijohtoverkosto	9
2.3	Vesijohtoverkosto Kuopiossa.....	10
3	TALOUSVEDEN LAINSÄÄDÄNTÖ	12
3.1	Water Safety Plan- Vesiturvallisuuden kehittäminen	12
3.2	Verkoston monitorointijärjestelmän hyödyt WSP:n kannalta.....	14
4	VERKOSTON MONITOROINTI	15
4.1	Monitorointijärjestelmä.....	15
4.2	Monitoroinnin hyödyt	16
4.3	Verkoston mallinnus ja sen hyödyt	17
4.4	Verkoston monitoroinnin suunnittelu	17
4.5	Hydrauliikan seuranta verkostossa	18
4.6	Tiedonsiirtomenetelmät.....	19
4.7	Verkoston hallinta Kuopiossa	21
4.8	Muut Kuopion Veden käyttämät sovellukset	22
5	VERTAILTAVAT JÄRJESTELMÄT	23
5.1	Epanet 2.0.....	23
5.2	Bentley Water Gems V8.....	25
5.3	Tekla Oy.....	27
5.4	Schneider Electric	29
5.5	Whitewater.....	30
5.6	Takadu.....	31
6	MONITOROINTI- JA MALLINNUSJÄRJESTELMIEN VERTAILU	34
6.1	Epanet 2.0.....	36
6.2	Bentley Water Gems V8.....	36
6.3	Schneider Electric Aquis	37
6.4	White Water Bluebox	37
6.5	Takadu.....	37

6.6 Tekla Trimble NIS	38
7 YHTEENVETO.....	39
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	40
LIITE 1: KYSELY KUOPION VEDELLE	44

1 JOHDANTO

Kuopion Vesi liikelaitos on viime vuosina modernisoinut tekniikkaansa. Jätevedenpuhdistuslaitoksen automaatio on uudistettu ja laitos on päivitetty vastaamaan kiristynyttä lainsäädäntöä. Seuraavana modernisointikohteenä on Itkonniemen vedentuotantolaitos, jossa aiotaan vuonna 2017 uudistaa laitteisto- ja automaatiotekniikka vastaamaan tämän päivän vaatimuksia. Kuopion vesijohtoverkoston hallintajärjestelmät alkavat niin ikään olla tiensä päässä ja niitä olisi tarkoitus päivittää lähitulevaisuudessa. (Juntunen 2015–05-10a.)

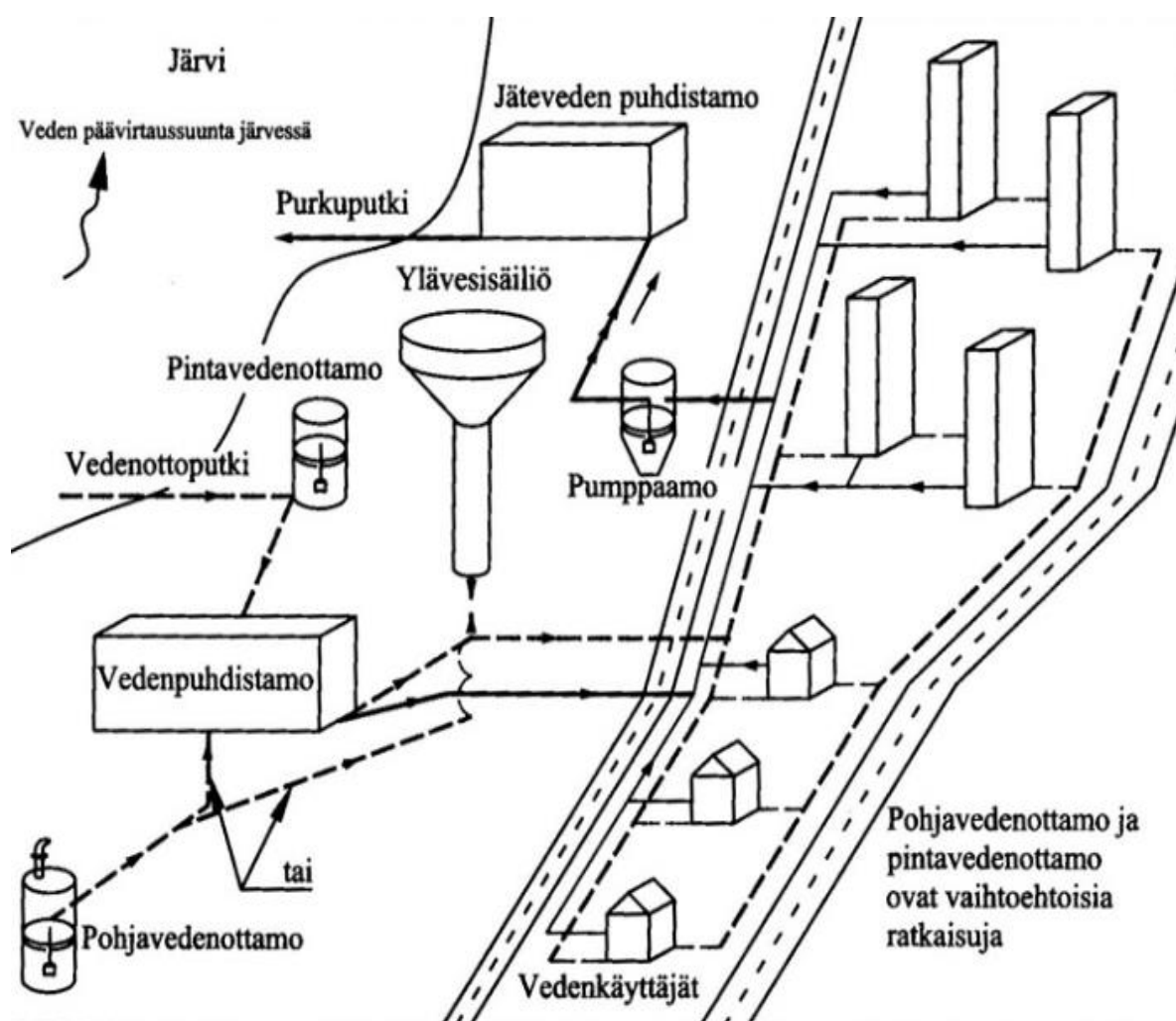
Opinnäytetyön aihe heräsi henkilökohtaisesta kiinnostuksesta. Tein eräällä kurssilla seminaarityön verkoston monitoroinnista. Aihe tuntui erityisen kiinnostavalta, koska en tiennyt siitä paljoakaan. Sattumoisin myös Kuopion Vedellä oli tarvetta tämän kaltaisen selvityksen saamiseksi. Ollessani kesätöissä Kuopion Vedellä kesällä 2014 minulle tarjoutui mahdollisuus tehdä aiheesta opinnäytetyö.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä esiselvitys vertailuun valituista verkoston monitorointi - mallinnusjärjestelmistä, ja selvittää mikä niistä soveltuisi ominaisuuksiltaan parhaiten Kuopion Veden käyttöön. Vertailuun valitaan kuusi sovellusta tai järjestelmää, joiden ominaisuudet poikkeavat toisistaan suuresti. Tämän vuoksi tehtävästä opinnäytetyöstä saadaan kokemuksia monentyyppisistä järjestelmistä ja ohjelmistoista.

Työ alkaa teoriaosuudella jossa käsitellään vesihuoltoa, vesijohtoverkoston ja sen hallintaan liittyviä asioita. Teoriaosuudessa käsitellään myös vesihuoltoon liittyvää lainsäädäntöä ja WSP:tä eli Water Safety Plan:ia. Sitten seuraa varsinainen vertailuosio, jossa käytetään Kuopion Vedelle tehtyä kyselyä ohjelmien tai järjestelmien ominaisuuksista ja niiden tarpeellisuudesta. Kyselystä saatuja tuloksia peilataan järjestelmien ja sovelluksien ominaisuuksiin jonka jälkeen punnitaan niiden tärkeyttä. Tämän tarkoituksena on löytää Kuopion Vedelle parhaiten soveltuva järjestelmä tai sovellus.

2 VESIHUOLTO SUOMESSA

Vesihuolto käsittää vedenhankinnan ja -jakelun kuluttajille sekä myös viemäroinnistä syntyvän jäteveden käsittelyn. Lisäksi vesihuoltolain mukaiseen vuosiuhollon määritelmään sisältyy hulevesien johtaminen ja mahdollinen käsittely. Raakavesi, joka on peräisin pohjaveden- tekopohjaveden tai pintavedenottamolta, johdetaan vesilaitokselle, missä se puhdistetaan juomakelpoiseksi. Tämän jälkeen vesi johdetaan vesijohtoverkosta pitkin kuluttajalle. Käytön jälkeen vesi johdetaan viemäreitä pitkin jätevedenpuhdistuslaitokseen käsiteltäväksi, josta se lasketaan takaisin vesistöön. Jäteveden puhdistuksen sivutuotteena syntyy lietettä, jota pyritään hyödyntämään energiantuotannossa tai sijoittamaan asianmukaisesti. Kuvassa 1 on kuvattu vesihuollon toimintaperiaate. (Vesilaitossyhditys.)



Kuva 1 Vesihuollon taustatietoa (RIL 124–1,2003)

Suomessa on noin 1 600 toiminnassa olevaa vesilaitosta, jotka toimittavat vettä vähintään 50 asukkaalle (Geologian tutkimuskeskus). Näiden vesilaitosten piirissä on noin 92 % Suomen kaikista talouksista, eli noin 5 miljoonaa asukasta. He käyttävät vettä keskimäärin 155 litraa vuorokaudessa. Kun tähän lisätään teollisuuden käyttämä vesi, on kokonaiskulutus 226 litraa asukasta kohden vuorokaudessa. Vedenkulutus on laskenut henkeä kohden johtuen uudesta vettä säästävästä tekniikasta ja vesimittarien yleistymisestä kerroistaloissa. (Motiva 2015).

2.1 Kuopion Vesi

Vuonna 1913 perustettu Kuopion vesilaitos sijaitsee Itkonniemellä ja se toimittaa vettä keskeiselle kaupunkialueelle noin 16 000 m³ vuorokaudessa. Vesilaitokselle tuleva vesi on peräisin Jännenniemen ja Hietasalon vedenottamoilta. Molemmilta vedenottamoilta tuleva vesi on rantaimetytettyä ja vedenlaatu on pohjaveden kaltaista. Jännenniemen vedenottamolle tulevasta raakavedestä poistetaan biologisessa puhdistusprosessissa rauta ja mangaani. Hietasalosta tuleva vesi käsitellään kemiallisella puhdistusprosessilla Itkoniemen vesilaitoksella. Raakavettä on myös mahdollisuus ottaa suoraan Kallavedestä ja se toimii varavesilähteenä. Talousvesi desinfioidaan klooramalla ennen sen kulutukseen syöttämistä. (Kuopion Vesi 2015a.)

Muita Kuopion Veden vedenottamoita on Melalahdessa, Kurkimäessä, Vehmersalmella, Karttulassa, Nilsiässä ja Maaningalla. Karttulan, Vehmersalmen, Nilsiän ja Melalahden vedet käsitellään vain neutralointikäsitelyllä, koska vesi on harjupohjavettä, mutta Kurkimäen kallioporakaivosta saatava vesi puhdistetaan hidassuodatusmenetelmällä. Vuoden 2015 alusta Kuopioon liitetyn Maaningan vesi on harjupohjavettä ja se käsitellään pelkästään UV-desinfioinnilla. Yhteensä Kuopion Veden tuottamaa vettä käyttää päivittäin noin 100 000 ihmistä. (Kuopion Vesi 2015a.)

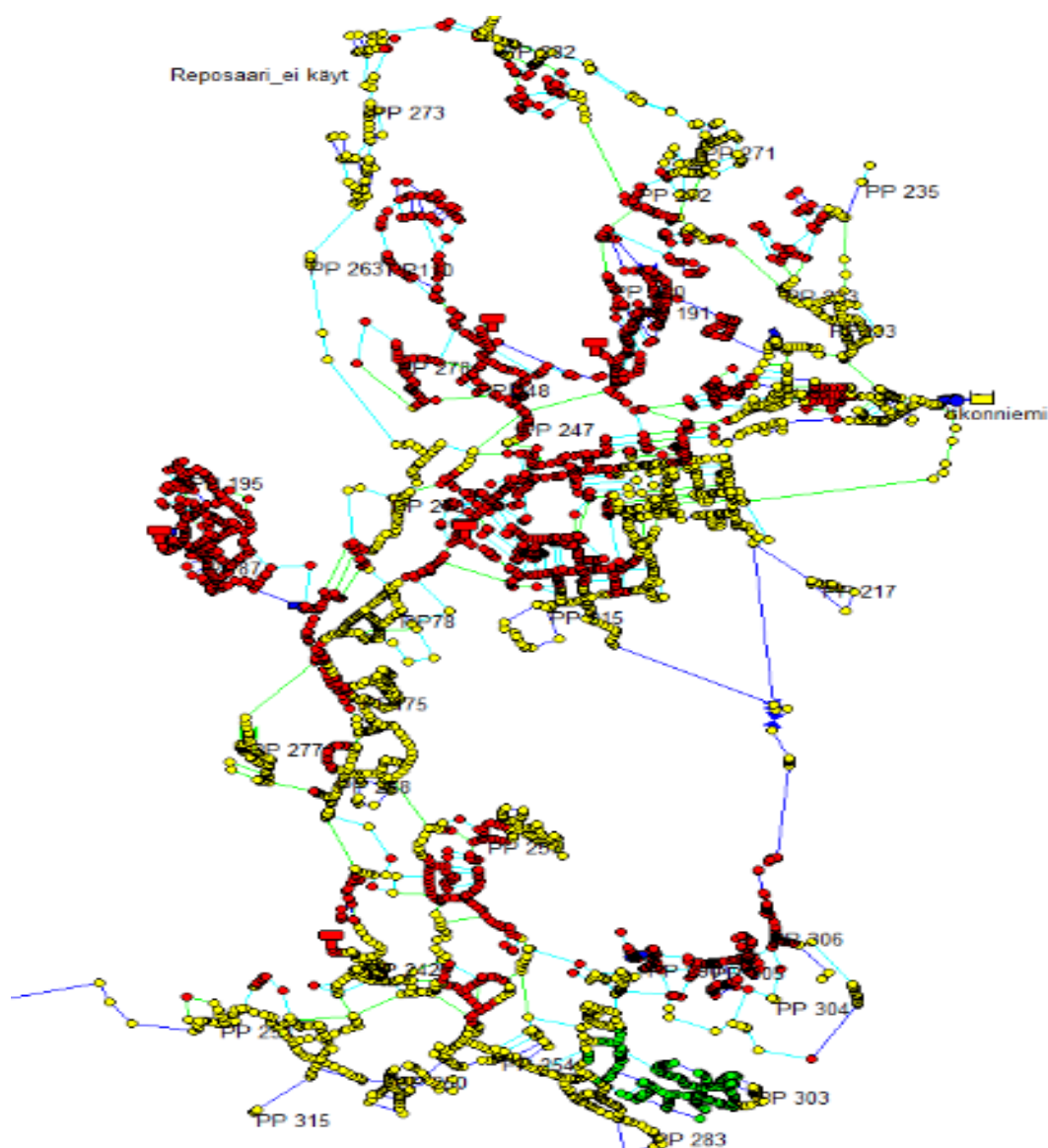
2.2 Vesijohtoverkosto

Vesijohtoverkoston tarkoitus on kuljettaa talousvettä vedentuotantolaitokselta kuluttajille ja lisäksi sammutusvettä palokunnan käyttöön. Kuluttajia ovat kotitaloudet ja muut yksityiset ja julkiset kiinteistöt, sekä vettä käyttävä teollisuus. Verkostoon kuuluu putkien lisäksi vesitorneja ja paineenkorotuspumppaamoita ja paloposteja. Vesijohdot sijaitsevat maan alla, missä vesi pysyy viileänä mutta ei kuitenkaan pääse jäätymään. Vesijohtoverkostoa alettiin rakentaa Suomessa 1920 - luvulla ja tällä hetkellä sitä on yhteensä noin 100 000 kilometriä. (Aksela 2012, 6.) Niiden arvo on vesilaitoksien omaisuudesta jopa 80 % ja uutta verkostoa rakennetaan vuosittain noin 1 600 km. Nykyisistä verkostoista suurin osa on rakennettu 1970–80- luvulla ja jopa aiemmin. (Vesihuoltoverkostojen nykytila ja saneeraustarve 2008, 3, 13.) Koska pääpaino on ollut uudisrakentamisessa, on ikääntyneiden verkostojen kunto alkanut huonontua. Tämä ilmenee lisääntyneinä putkirikkoina, vuotovesimäärien lisääntymisenä ja vedenjakeluhäiriöinä. Jotta verkostojen yleiskunto saataisiin pysymään nykyisellä tasolla, tulisi saneerauksen määrä olla ainakin kolme prosenttia sen kokonaispituudesta seuraavan vuosikymmenen ajan. Vuonna 2015 rakennetun omaisuuden tila -hanke eli ROTI arvioi Suomen vesihuollon kuntoa arvosanalla seitsemän asteikon ollessa 4 - 10. Kehityksen arvioitiin menevän huonompaan suuntaan. (Roti 2015, 2, 6, 8.)

Yleisin putkimateriaali on nykyisin muovi, jota on noin 80 % kaikista verkoston putkista. Muita käytössä olevia materiaaleja ovat erilaiset metallit joista yleisin on valurauta. Sementtipohjaisten materiaalien määrä on nykyisin vähäinen. (Pipelife, 2.)

2.3 Vesijohtoverkosto Kuopiossa

Kuopiossa vesijohtoverkosta (kuvassa 2) on yhteensä noin 700 kilometriä ja se on jakautunut kaupunkialueella 12 painepiiriin. Verkostossa on lisäksi kuusi ylävesisäiliötä (kuvassa 3) ja 13 paineenkorotusasemaa. Rakentamisessa on tällä hetkellä keskitytty uudisrakentamiseen ja uutta verkostoa syntyy muutamia kilometrejä vuodessa. Koko vesihuoltoverkoston saneeraukseen käytetään vuosittain keskimäärin 2 miljoonaa euroa. Vesijohtoverkoston kunto on erittäin hyvä jos verrataan vuotovesimääriä valtakunnallisesti. Vuonna 2013 keskimääräinen talousveden vuotovesiaste oli Suomessa 19 % kun Kuopiossa se oli 8 % (Kuopion Vesi 2013, 2). Myös Kuopiossa rakennusmateriaalina käytetään yleisemmin muovia ja jonkin verran myös valurautaa. (Kuopion Vesi 2015b.)



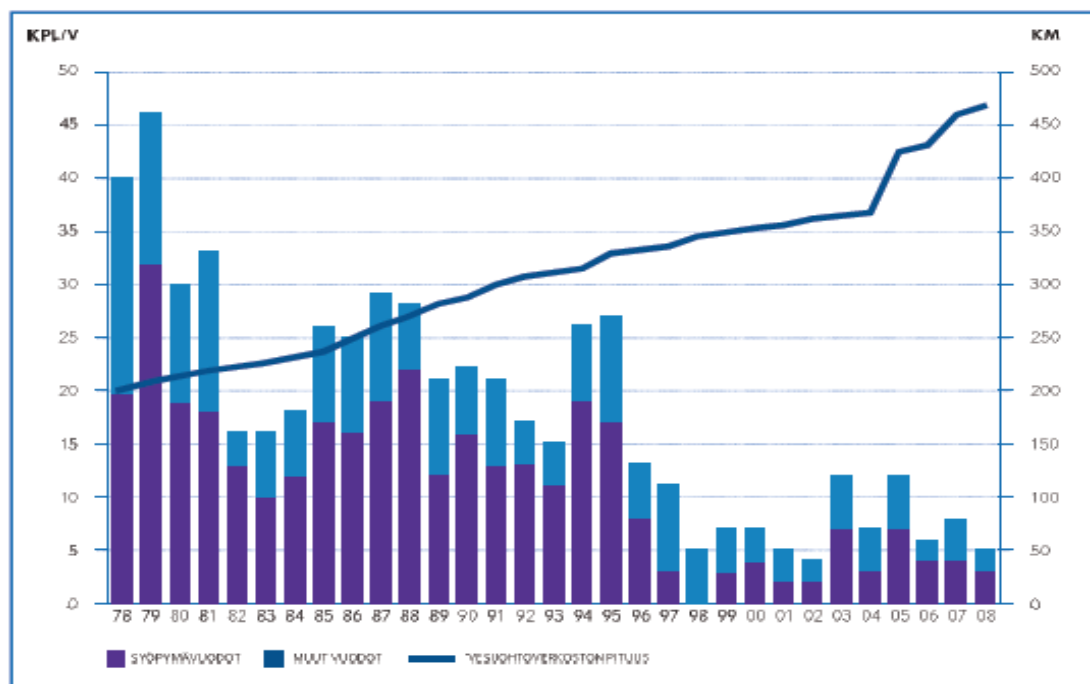
Kuva 2 Kuopion vesijohtoverkosto Epanetillä kuvattuna. (Juntunen 2015b)



Kuva 3 Petosen vesisäiliö (Juntunen 2015b)

Vuotoja etsittäessä tarkkaillaan paineenkorotuspumppaamoiden virtaamien muutoksia, yöllisiä vedenkulutuksia ja vesisäiliöiden täyttymistä. Jos saadaan epäily mahdollisesta vuodosta, voidaan alueen putkistoa tutkia tarkemmin paineloggereilla ja kuuntelulaitteilla (Juntunen 2015-05-10). Kuvio 1 on kuvattu Kuopion vesijohtoverkoston pituuden ja vuotojen kehitystä vuodesta 1978 vuoteen 2008. Vaikka verkoston pituus on tarkasteluaikana yli kaksinkertaistunut, on vuotojen määrä laskenut murto-osaan tarkastelujakson alusta.

Vesijohtoverkoston pituuden ja vuotojen kehitys



kuvio 1 Kuopion vesijohtoverkoston pituuden ja vuotojen kehitys. (Kuopion Vesi 2008d)

3 TALOUSVEDEN LAINSÄÄDÄNTÖ

Talousveden tuottamista ja jakelua ohjataan lainsäädännöllä. Sillä pyritään takaamaan hyvälaatuista ja ihmisen terveydelle vaaratonta vettä. Terveydensuojelulaki 763/1994 sisältää talousveden laatuun ja valvotaan kuuluvat yleiset määräykset. Kunnan terveydensuojeluviranomaisen on lain 20 §:n nojalla valvottava talousveden laatua säännöllisesti. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksissa 461/2000 ja 401/2001 on annettu vielä tarkemmat määräykset talousveden laadun valvonnasta. (Aksela 2012, 10.)

Vesihuoltolain 9.2.2001/119 tavoitteena on ”turvata sellainen vesihuolto, että kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävästi terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä sekä terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemärointi.” Vesihuoltolakiin tehtiin tarkennuksia, joista osa astui voimaan 22.8.2014. Uudistuksissa vesilaitos on velvoitettu 6 luvun § 27 mukaan hinnanalennuksiin, jos vesikatko kestää yli 12 tuntia tai vedenlaadussa ilmenee toistuvasti häiriöitä. Tämä johtaa vähintään 2 prosentin hinnan alennukseen vuotuisesta perus- ja käyttömaksusta. 6 luvun § 7 mukaan vesilaitos on myös velvoitettu vahingonkorvauksiin, jos sen vesihuollossa olevasta virheestä on aiheutunut asiakkaalle ansionmenetystä. (Vesihuoltolaki 2001/119.)

Vesihuoltolain 3 luvussa § 15 momentissa 1 ilmoitetaan, että verkostojen sijantiedot tulee saattaa sähköiseen muotoon. Lain 3 luvun § 15a momentin 2 mukaan vesilaitoksen tulee tehdä häiriötilanteiden varautumissuunnitelma. Tämän pykälän ehdot tulee olla täytettynä viimeistään 31.12.2016 Raakaveden määrää ja sen laatua koskevat riskit tulee olla vesihuoltolaitoksen tiedossa, sekä laitteiston kunto. Myös vuotovesien määrää tulee tarkkailla. (Vesihuoltolaki 2001, § 15.)

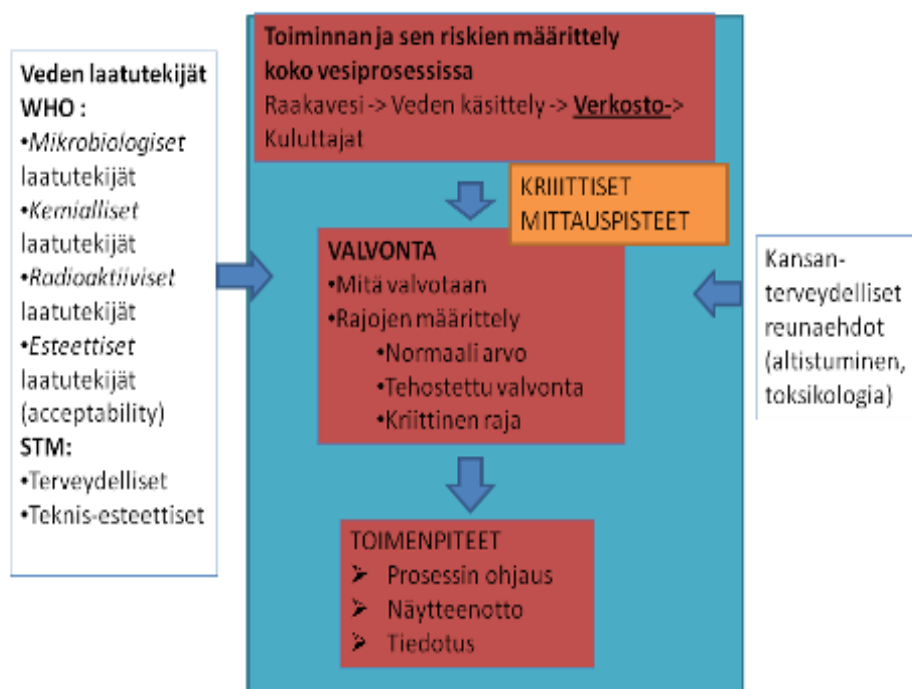
Tulevat lainsäädännön muutokset asettavat haasteita vesihuoltolaitoksille, joihin niiden pitää vastata. Käytännössä tämä voi tarkoittaa entistä kehittyneempiä hallintajärjestelmiä, joiden avulla pystytään hallitsemaan verkoston toimintaa paremmin ja näin minimoimaan mahdolliset riskit. Järjestelmät voivat olla myös mukana riskien tunnistamisessa. Veden riskien hallintaan on myös kehitetty riskien hallintakonsepti, josta on kerrottu tarkemmin luvussa 3.1.

3.1 Water Safety Plan - Vesiturvallisuuden kehittäminen

Vuonna 2003 Maailman Terveysjärjestö (World Health Organization) WHO laati talousveden laadun turvaamiseksi systemaattisen riskien hallintakonseptin. Hallintakonseptia kutsutaan nimellä Water Safety Plan (WSP). Se on koko vedentuotantoketjun riskien arviointi- ja hallintajärjestelmä, joka alkaa vedenottoa paikan valuma-alueelta ja päättyy aina kuluttajan vesihanaan saakka. (WHO 2004.)

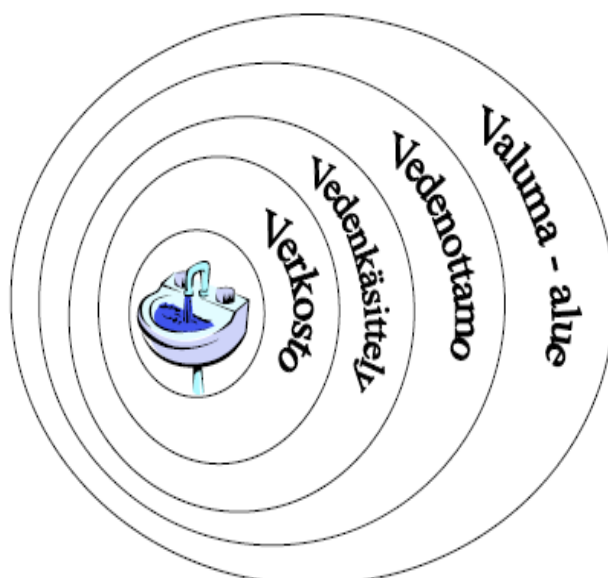
WSP:n ensimmäisessä vaiheessa kartoitetaan tuotantoketjun toimintaa kokonaisvaltaisesti, jonka jälkeen tarkastellaan riskitekijöitä ja kuinka todennäköisiä ne ovat. Seuraavassa vaiheessa määritellään tärkeät kontrollipisteet ja suunnitellaan monitorointia. Kaikissa ylläpito- ja kehittämistoimissa otetaan huomioon WHO:n veden laadulle määrittelemät parametrit (kuva 5). (Aksela 2012, 13.)

Juomaveden laatu (WHO)



Kuva 4 juomaveden laatuun vaikuttavat tekijät (Aksela 2012,14)

WSP turvaa monieste- eli multibarrien-periaatteen mukaisesti (kuva 6) kuluttajille tulevan talousveden laadun. Tarkoituksena on pyrkiä estämään vaaratekijät mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Jos vaaratekijän poistaminen ei onnistu vedentuotantoketjun alkuvaiheessa, se on mahdollista poistaa vielä myöhemmässä vaiheessa. (WHO 2004.)



Kuva 5 WSP:n mukainen monieste-periaate. (Innala ja Menonen 2010)

WSP-suunnitelma ei rajoitu ainoastaan vesilaitoksen toimivallan alaisiin toimintoihin, vaan siihen kuuluu paljon yhteistyötä vesilaitoksen ja viranomaisten välillä. Viranomaiset esimerkiksi vastaavat

joistain riskienhallintatoimenpiteistä pohja- tai pintavesialueilla. WSP on tarkoitus kytkeä muihin automaatio-ohjelmistoihin eikä olla vain erillinen sovellus. (WHO 2004.)

3.2 Verkoston monitorointijärjestelmän hyödyt WSP:n kannalta

Verkostosta saatavat vedenlaatutiedot perustuvat nykyisin vieläkin suurelta osin vesinäytteisiin, joita lainsäädäntö velvoittaa ottamaan. Ongelmana on hidas tiedonsaanti. Näyte pitää ensin kuljettaa laboratorioon, jossa se analysoidaan ja vasta jälkeen saadaan tulokset. Tämä prosessi kestää muutamasta tunnista jopa vuorokauteen, riippuen siitä, miten kaukaa näyte tuodaan ja mitä parametreja siitä analysoidaan. Jos vesinäytteen kuljetusmatka on pitkä, voi sen laatu heiketä, jolloin saadut tulokset vääristyvät. Lisäksi täytyy ottaa huomioon, että viikonloppuisin vesinäytteitä ei yleensä analysoida ollenkaan.

Koska prosessi on hidas, mahdolliset laatuhäiriöt vedessä voivat keretä aiheuttamaan vahinkoa. Tämän vuoksi olisi tärkeää saada verkoston veden laadusta reaaliaikaista tietoa, mikä mahdollistaa nopeat toimet ja minimoi mahdolliset syntyvät vahingot. Ratkaisu tähän olisi verkoston veden laadun online-mittaus, joita monitorointijärjestelmät käyttävät. Monitorointijärjestelmän avulla veden laatua ja veden hydraulikkaa, kuten painetta voi valvoa vedenottamolta aina kuluttajalle saakka. Monitoroinnista on kerrottu tarkemmin kappaleessa neljä.

4 VERKOSTON MONITOROINTI

Verkostojen hallinta on perinteisesti perustunut asiakkaiden yhteydenottoihin. Kun kuluttajat ovat ilmoittaneet veden laatua tai saatavuutta koskevasta häiriöstä, on sen jälkeen häiriön syitä aloitettu vasta selvittämään ja pyritty mahdollisimman nopeasti korjaamaan. Tällainen lähestymistapa on ollut toimiva silloin kun verkoston kunto on ollut hyvä. Verkoston tilan heikennyttyä tämänkaltaisen tapa lisää toistuvia käyttöhäiriöitä nostaa ylläpitokustannuksia sekä heikentää palvelutasoa. Tämä on lisännyt tarvetta aktiivisempaan verkostonhallintaan, jossa häiriöt pyritään ennaltaehkäisemään. (Aksela 2012, 7.)

Aktiivisessa verkostonhallinnassa saadaan staattista ja dynaamista tietoa eri hallintajärjestelmien kautta sekä hyödynnetään suorituskykykymittareita verkoston kunnan arvioinnissa ja ylläpidon tekemiä huomioita. Tästä saadaan ajantasainen kuva verkoston tilasta sekä päivittyvä kunnostuksen yleisuunnitelma joka pohjautuu verkoston kuntoon sen arvioituun kehitykseen. Verkostonhallinnassa voidaan myös hyödyntää kiinteistöihin asennettavia etäluettavia vesimittareita niin että se asennetaan jokaiseen kiinteistöön tai hallinnan kannalta tärkeiksi havaittuihin. (Aksela 2012, 7.)

Tarve kokonaisvaltaisempaan verkostonhallintaan johtuu myös kiristyvästä lainsäädännöstä ja tavoitteesta taata entistä korkeatasoisempi asiakaspalvelu. Tämän vuoksi on tärkeää havaita nopeasti verkostossa tapahtuvat häiriöt ja rajata niiden vaikutukset mahdollisimman pienelle alueelle. Parhaiten tämä onnistuu häiriötilanteiden ennaltaehkäisyllä kohdentamalla verkoston kunnostustoimet, pienentämällä vuotovesimääriä ja minimoimalla energiahäviöt. (Aksela 2012, 7.)

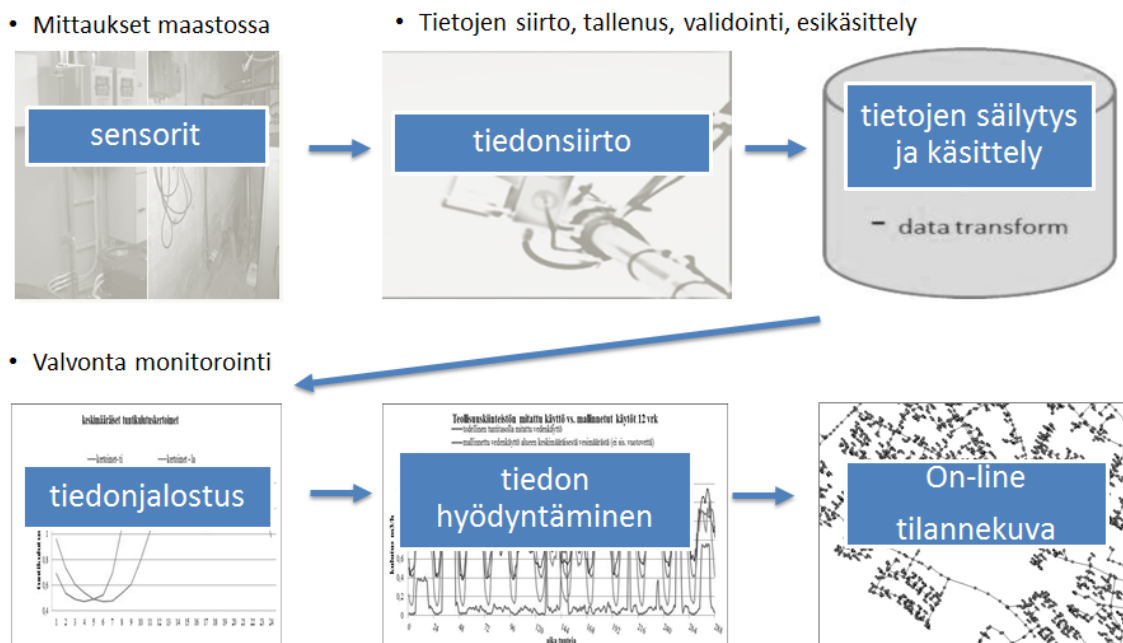
Suurimmat haasteet verkostojen tehokkaaseen hallintaan tuo visuaalisen näkemisen puuttuminen verkoston sisältä sekä sen käyttöikään vaikuttavat useat eri tekijät, jotka voidaan ryhmitellä ympäristötekijöihin, fysikaalisiin tekijöihin ja käyttöön liittyviin tekijöihin. Näiden muuttuvien tekijöiden vuoksi yleispäteviä suunnitelmia verkoston saneeraukseen tai mittarointiin ei voida tehdä. (Aksela 2012, 7.)

4.1 Monitorointijärjestelmä

Monitorointijärjestelmällä tarkoitetaan ohjelmistoa, jolla voidaan valvoa ja hallita vesijohtoverkossa tapahtuvaa toimintaa. Järjestelmä valvoo verkoston hydraulista toimintaa, kuten veden painetta ja virtausta mutta myös laatua. Verkostosta saadaan mittaustietoa SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) -käyttöjärjestelmän kautta ja se muokataan helposti ymmärrettävään muotoon ohjelmiston avulla. Verkostonäkymä voidaan esittää kartalla sekä kuvaajissa. Tieto on lähes reaaliaikaista ja käyttäjä saa tarkasti tiedot haluamastaan verkoston osasta. (FCGsmart.)

Monitorointijärjestelmä koostuu kuudesta eri osa prosessivaiheesta kuvan 7 mukaisesti. Ensimmäisessä vaiheessa on verkostosta tietoa keräävät sensorit. Ne ovat joko jatkuvatoimisia tai antavat dataa tarvittaessa. Sensoreiden sijainti verkostossa pitää valita huolella, jotta saadaan mahdollisimman kattava ja todellinen kuva verkoston tilasta. Tämän jälkeen saatua dataa siirretään sensoreilta

eteenpäin tallennettavaksi mittaustietokantaan ja samalla sitä esikäsittellään ja validoidaan. Seuraavaksi jalostettua tietoa siirrytään hyödyntämään ja havaitsemaan siinä olevia häiriöitä ja paikallistamaan ne alustavasti. Näiden vaiheiden jälkeen voidaan lopulta kehittää simuloinnin avustamana on-line-tilannekuvan muodostava järjestelmä. (Aksela 2012, 26.)



Kuva 6 Verkostohallintajärjestelmän toimintaprosessi tilannekuvan muodostamiseksi (Aksela 2012, 26)

4.2 Monitoroinnin hyödyt

Monitorointi helpottaa verkostonhallintaa antamalla sen tilasta mahdollisimman selkeän kuvan käyttäjälleen. Koska monitorointi on automatisoitua, se vähentää henkilökunnan työmäärää ja näin voidaan vähentää henkilöstökuluja. Riskinä automatisoidussa verkostonvalvonnassa on siihen syntyvä vika, jolloin valvonta täytyy hoitaa manuaalisesti käyttäen varajärjestelmää. Vika- ja poikkeustilanteisiin päästään monitoroinnin avulla kuitenkin helpommin kiinni. (Vesiverkkojen suunnittelu: RIL 237-1-2010, 165; Vesihuolto 1: RIL 124-1, 2003, 300.)

Muita monitoroinnissa saatavia etuja ovat

- vuotojen havaitseminen ja paikantaminen
- ajantasainen tieto veden laadusta
- seuranta kannettavilla päätteillä
- vähentää vääriä hälytyksiä
- huoltotiedot voi siirtää sähköiseen järjestelmään
- koko henkilökunnalla mahdollisuus seurata verkoston tapahtumia
- parempaa asiakaspalvelua, heitä voidaan tiedottaa automaattisesti
- tiedot voidaan yhdistää samaan järjestelmään ja näin karsia erillisiä ohjelmistoja ja
- energiatehokkuuden parantaminen. (Vilmi 2005, 13–14.)

4.3 Verkoston mallinnus ja sen hyödyt

Mallintamisessa haluttua asiaa kuvataan pienoiskoossa tehdyn mallin avulla. Esimerkiksi kartta on mallinnus maastosta. Mallintamalla vesijohtoverkosta voidaan tutkia sen toimintaa. Verkoston mallinnuksessa runkoverkon mallin tekeminen on tärkeää, sillä se sisältää verkoston runkojohdot sekä merkittävät jakelujohdot. Näistä malleista selviää miten vesi verkostossa liikkuu, kuinka kauan se on verkoston keskeisissä johto-osuuksissa ja kuinka linjojen kapasiteetti riittää. Jos vedenkäyttö muuttuu alueella merkittävästi, tehtyjen mallien avulla voidaan tehdä selvityksiä kapasiteetin riittävydestä. Mallinnusta käytetään myös aina verkosta suunniteltaessa tai saneerattaessa, jolloin voidaan edellä mainittujen lisäksi mallintaa veden laadun kehitystä, verkoston paineita, ja virtauksia, energia- ja kustannuslaskelmia. (Aksela 2012, 27.)

Simuloinnissa pyritään jäljittelemään todellisuutta mahdollisimman tarkasti. Verkostosta tehty malli simuloidaan, jolloin voidaan tutkia sen tapahtumia. Verkoston simuloinnissa tullaan tulevaisuudessa ottamaan käyttöön kehittyneempi paikkaresoluution mallinnus, johon on viety vedenkäyttöpaikat sekä suurin osa verkoston johdoista. Näissä malleissa vedenkäyttötiedot perustuvat nykyistä kehittyneempään vedenkäytön mallinnukseen sekä vedenkäytön mittaukseen hienommalla resoluutiolla. Perinteiseen mallinnukseen nähden tämä tarjoaa tehokkaamman verkostohallinnan kunnossapidon toimenpiteiden suunnittelun osalta. Esimerkiksi verkoston huuhteluita pystytään kohdentamaan ja todentamaan niiden vaikuttavuus. Täyden resoluution mallissa pystytään myös todentamaan johtosuusjaksia joissa vesi seisoo pitkiä aikoja tai hahmottamaan välityskykyä pienemmissä johtolinjoissa ja näin poimimaan tarvittaessa ylläpito- ja huoltotoimenpiteiden piiriin. (Aksela 2012, 27.)

Sekä perustason että paikkaresoluution mallinnuksessa on mahdollisuus verkoston jatkuvaan dynaamiseen tarkasteluun. Verkoston simuloinnissa hyödynnetään ajantasainen verkoston rakenne verkkotietojärjestelmästä sekä päivittyvät vedenkäyttötiedot asiakastietojärjestelmästä ja alati muuttuvat dynaamiset mittaustiedot kaukokäyttöjärjestelmästä sekä mahdollisesti kiinteistöjen automatisesta mittarinluentajärjestelmästä kuin myös vedenkäytön kiinteistötasoisia malleja. Tällaista simulointia on mahdollisuus hyödyntää myös häiriöiden alustavassa paikallistamisessa sekä vaikutusalueiden hahmottamisessa, mikäli häiriön havaitsemisesta on huolehdittu dynaamisten mittausten analysoinnilla hyödyntämällä mittaustietokantaan tallennettuja verkoston mittaustietoja. Verkoston dynaaminen simulointi voidaan toteuttaa halutulla aika-askeleella esimerkiksi vuorokausittain. Mallintamisella on vesihuollossa huomattavia etuja sen nopeuden ja helppouden ansiosta. Lisäksi sillä saadaan kehittyvän tekniikan ansiosta entistä monipuolisempaa ja tarkempaa tietoa. (Aksela 2012, 27.)

4.4 Verkoston monitoroinnin suunnittelu

Kun monitorointia suunnitellaan, täytyy mittauspisteiden sijainti valita niin, että mahdollisimman vähällä mittauspisteillä saadaan mahdollisimman kattava mittauspisteverkko. Myös mittauspisteiden paikkoihin kannattaa panostaa. Mittarit tarvitsevat lämmitetyn tilan, jossa on viemärointi ja sähköt.

Mittarit tarvitsevat myös mahdollisimman tehokkaan tiedonsiirron ja sopivat rajapintaratkaisut. Reaaliaikainen tilannekuva, jossa järjestelmästä riippuen näkyy sen hetkinen verkoston yleiskuva, tapahtumat ja hälytykset tarvitsevat lisäksi myös reaaliaikaisen tiedon siirron ja käsittelyn. Mittauspisteet olisi hyvä myös sijoittaa mahdollisimman lähelle paineenkorotusasemia käytännöllisyyden vuoksi. (Aksela 2012, 56.)

Jotta veden laadun mittauksesta saadaan luotettava, täytyy panostaa muuhunkin kuin mittareiden seuraamiseen, kuten säännölliseen huoltoon. Myöskään samat laatuparametrit eivät sovellu jokaiselle vesilaitokselle, vaan jokaisen laitoksen tulisi itse selvittää kenttäkokein, mitkä parametrit antavat eniten informaatiota. Saatujen tuloksien pohjalta voidaan valita esimerkiksi 2 - 4 parametria seuraavista:

- sähkönjohtavuus
- ominaisvastus
- lämpötila
- jäännöskloori tai kokonaiskloori
- sameus
- UV-absorbanssi
- PH
- suolaisuus
- Liuennut kiintoaines
- hapetus-pelkistys potentiaali

Näiden lisäksi verkostosta mitataan aina myös veden hydraulisia ominaisuuksia kuten painetta, virtausta ja veden määrää. Nämä ovat välttämättömiä mittauksia verkoston hallinnan kannalta.

Parametrilla riippuu kuinka usein mittaria tulee huoltaa ja kalibroida. Johtokyky- ja lämpötilamittarit tarvitsevat vain vähän huoltoa kun taas pH-mittaria vastaavasti eniten, jopa viikoittain. Muiden mittareiden osalla on suuria eroja, johtuen siitä millaisessa verkostossa mittaria sijaitsee. (Aksela 2012, 56.)

4.5 Hydraulikan seuranta verkostossa

Niin sanotussa käänteisessä analyysissä pyritään hyödyntämään verkoston hydraulillisia mittauksia laskennan ja simuloinnin kautta. Simuloinnin hyödyntämisessä on kuitenkin törmätty kolmeen ongelmaan. Virtausvastuksia ja asiakkaiden kulutustietoja ei tiedetä riittäväällä tarkkuudella ja toisaalta simulaatioissa suositut yksinkertaistetut verkostot ovat vuotojen havaitsemisen kannalta liian karkeita. Ongelmia on kuitenkin pyritty ratkaisemaan yhdistämällä simulointi todennäköisyyslaskentaan. Nykyisin osa ongelmista onkin jo ratkaistavissa. (Vesitalous 2010, 13–15.)

Verkoston hydraulinen simulointi voidaan toteuttaa täydelliselle verkostolle ja toisaalta myös asiakkaiden kulutuksen mittaamisessa ja mallintamisessa on tapahtunut edistystä. Verkostoille voidaan perustaa niin sanottuja mittausalueita, joihin asennetaan kiinteitä virtaus- ja painemittareita.

Virtaamamittari sijoitetaan yleensä suoralle johto-osuudelle, sillä mutkat ja putken koon muutokset saattavat heikentää mittauksen tarkkuutta. Nykyisin on saatavissa jo kuitenkin magneettisia virtaamamittareita, jotka eivät vaadi asennusta varten suoraa johto-osuutta. Virtaamamittareita on saatavilla sekä kaivoon että maahan asennettavia malleja. Mittarin olisi hyvä olla paikassa jossa sitä voidaan huoltaa helposti ja turvallisesti, mutta jos tämä ei esimerkiksi liikenteen takia onnistu voidaan mittarin tarvitsema sähkökaappi sijoittaa sivummalle turvalliseen paikkaan. (Vesitalous 2010, 13–15.)

Virtaamamittareihin kuuluu yleensä myös painemittaus ja alueen syöttöpisteeltä paine mitataan aina. Paineita kannattaa näiden lisäksi mitata kahdesta seurantapistestä: kriittisestä pisteestä sekä keskimääräisestä pisteestä. Näistä tärkeämpi kriittinen piste on paikka jossa paine on matalin tai paineongelmien todennäköisyys on suurin. Keskimääräinen piste laitetaan paikka joka edustaa verkoston paineen keskiarvoa. (Vesitalous 2010, 13–15.)

Vedenjakelussa on tärkeää että painetaso ja virtaama pysyvät riittävän korkeana verkoston kaikissa osissa myös poikkeustilanteiden aikana ja sen takia painetasoa on hyvä seurata paikoissa joissa on todennäköisemmin ongelmia: alueen korkeimmalla kohdalla, verkoston linjan päässä kaukana paineenkorotusasemalta tai kohdassa jossa on suuri painehäviö. Virtaama- ja painemittausten mittausvälin epäviralliseksi standardiksi on muodostunut 15min. Vaikka tiuampi yhden tai viiden minuutin mittausväli nopeuttaa virtaamaan muutosten havaitsemista, se ei kuitenkaan kompensoi vaadittua datansäilytyskapasiteetin lisäystä ja kasvavaa sähkönkulutusta. (Vesitalous 2010, 13–15.)

4.6 Tiedonsiirtomenetelmät

Monitorointijärjestelmissä hyvä tiedonsiirto luo perustan järjestelmän toiminnalle. Tiedonsiirtomenetelmät ovat kehittyneet vahvasti joka on lisännyt toteutusmahdollisuuksia sekä vaihtoehtoja. Nykyaikainen tiedonsiirto on kaukokohteiden välillä toteutettu yleensä langattomasti. Vesilaitosten tiedonsiirrossa käytettiin yleisesti puhelinkaapeleita vielä 1990-luvun alussa, ennen kuin kustannuksiltaan ja luotettavuudeltaan parempi radiomodeemiverkko alkoi yleistyä. Nykyään radiomodeemiverkko on käytössä pelkästään isoimmilla vesilaitoksilla, jotka keräävät runsaasti tietoa ympäri mittauskenttää. Pienemmät vesilaitokset käyttävät pääasiassa GSM/3G -tiedonsiirtoa joka alkoi yleistyä 2000-luvulla. Näissä hälytykseksi riittävät pelkästään tekstiviestit. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu: RIL 237-1, 2010, 162–163.)

Radiomodeemiverkko

Radiomodeemiverkossa siirretään radiotaajuuksien välityksellä valvonta- ja ohjaustietoja. Tämä onnistuu antenniverkolla ja radiolaitteella, jota kutsutaan myös modeemiksi. Radiomodeemiverkossa ilmenee yhteyksissä välillä käyttöhäiriöitä, joita voidaan minimoida muun muassa hyvällä suunnittelulla, lyhyillä viesteillä ja tiedonsiirtolaitteiden kunnossapidolla. Katvealueilla radiomodeemiverkon

toimintaa voidaan parantaa yksittäistä radiomodeemia käyttämällä esteiden takana oleville valvontakohteille. (Vilmi 2004.)

Käytettäessä radiomodeemiverkkoa vesilaitoksen tiedonsiirrossa tarvitaan oma radiotaajuus. Tämän saamiseksi tarvitaan lupa Viestintävirastosta. Luvan myöntämisehtoihin kuuluu radioverkkosuunnitelma, jossa on tiedot verkon toimintakuvauksesta ja ominaisuus- ja sijaintitiedot kenttäkohteiden radiolaitteista. Radioverkon kustannukset kertyvät laitteistoista, huolloista, ja ylläpidosta sekä lupamaksuista, jotka koostuvat enimmäkseen taajuusmaksusta. (Vilmi 2004.)

GSM-verkko

Kaukovalvontaa tarvitaan yhtälailla pienillä vesilaitoksilla kuin suurillakin. Laajemman kaukovalvontajärjestelmän investointikulut kasvavat kuitenkin niin runsaaksi, että usein pienemmillä laitoksilla ei ole siihen varaa. Onneksi nykyään on olemassa erilaisia vaihtoehtoja. Yksi mahdollinen vaihtoehto tiedonsiirtoon on GSM-verkko, joka on kustannustehokas ja järkevä ratkaisu pienillä tiedonsiirtotarpeilla. (Vilmi 1999.)

Matkapuhelimissa käytettävä GSM (Global System for Mobile Communications) verkko soveltuu ominaisuuksiltaan hyvin pienten vesilaitosten kaukovalvontaan. GSM-verkon kautta voidaan lähettää tai vastaanottaa tietoa kaukovalvontakohteissa oleviin GSM-modeemeihin. Käyttökustannukset tiedonsiirrossa perustuvat GSM-yhteyden aikaveloitukseen. Tämän vuoksi yhteyttä ei pidetä valvontakohteiden ja valvomon välillä kuin tarvittaessa. Hälytyksen tullessa tieto siirretään kuitenkin välittömästi. Varsinainen mittaustietojen kuten pumppujen käynti- ja virtaustietojen siirto tapahtuu yöaikaan keran vuorokaudessa, jolloin GSM-verkossa on vähemmän liikennettä. Tämä rajoittaa GSM-verkon käytettävyyttä, eikä se sen vuoksi sovellu reaaliaikaiseen mittaustiedon seurantaan. (Vilmi 1999.)

3G/4G -verkko

Nykyisissä puhelimissa kolmannen sukupolven matkaviestintäverkko eli 3G on yleistynyt ja se on siivuttanut aikaisemmin käytetyn GSM-verkon. 3G-puhelimet käyttävät Umts (Universal Mobile Telecommunications System) -verkkoa tiedonsiirtoon, joka tekee siitä GSM-verkkoa huomattavasti nopeamman. Teoreettinen tiedonsiirtonopeus on 42 Mbit sekunnissa, mutta se vaihtelee suuresti. (Sonera 2013.)

Vuonna 2010 markkinoille tuli neljännen sukupolven matkaviestintäverkko eli 4G. Se yleistyy varsinkin kalleimmissa älypuhelimissa nopeasti. 4G-verkko hyödyntää LTE (Long Term Evolution) -tekniikka, jonka ansiosta teoreettinen tiedonsiirtonopeus on 150 Mbit sekunnissa. 3G/4G -verkkojen heikkous on syrjäseuduilla olevat katvealueet, joissa ne eivät toimi ollenkaan. (Sonera 2013.)

Kiinnostus entistä nopeampaa tiedonsiirtotekniikkaa kohtaa on johtanut vesilaitokset testaamaan uusien langattomien yhteyksien toimivuutta kaukohallinnassa. Näiden käyttö on herättänyt pelkoa

yhteyden luotettavuudesta ja tietoturvasta. (Vilmi 2010.) Toistaiseksi Suomessa suojaus on 3G-verkossa 4G-verkkoa paremmalla tasolla (Pitkänen 2014).

Tietoturva

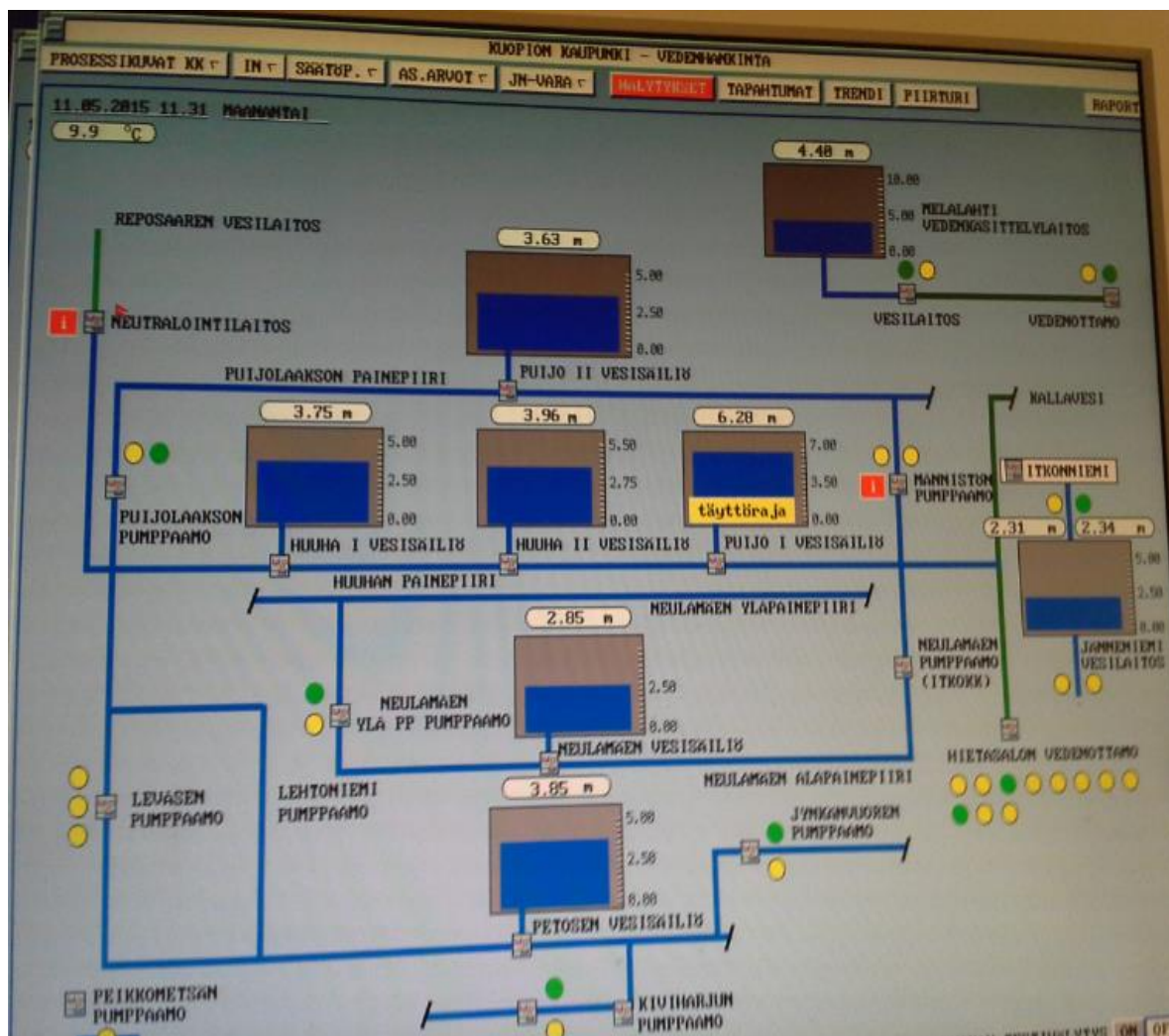
Hallintajärjestelmän suojaus keinoista paras on irrottaa se kokonaan Internetistä ja käyttää ainoastaan paikallista verkkoa. Jos näin ei voida tehdä, on yhteyksien sananasuojaus ja salaus olennaisia tapoja turvata yhteys. Lisäksi uusimmat tietoturvapäivitykset ja palomuri turvaavat järjestelmää haittaohjelmilta. Myöskään kannettavia laitteita ei tule yhdistää järjestelmään, koska niiden kautta sinne voi päästä viruksia ja haittaohjelmia. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu: RIL 137-1, 2010, 163.)

4.7 Verkoston hallinta Kuopiossa

Kuopion vedellä vesilaitoksen prosesseja ja samalla verkostossa olevia pumppaamoita ja ylävesisäiliöitä valvotaan Mipro Oy:n MiSO NET - valvontajärjestelmällä (kuvassa 8) jossa on rajapinta VERA-raportointijärjestelmään. Järjestelmän käyttäjiä ovat käyttöpäivystäjät ja käyttöhenkilöstö. Jätevesipuhdistamolla on käytössä INSTA Oy:n Siemens-pohjainen valvontajärjestelmä jossa raportointi on toteutettu INSTAn omalla Wahti raportointijärjestelmällä. (Niskanen 2013, 26)

Kuopion Veden vesijohtoverkostosta saadaan tietoa paineenkorotuspumppaamoissa, vesisäiliöissä ja venttiiliasemissa olevista antureista. Pumppaamoista mitataan yleensä pumppujen käyntitietoja, sähkönkulutusta, virtaamaa, tulo- ja lähtöpainetta sekä säiliöiden pinnankorkeuksia. Veden laatuparametreja mitataan vain muutamissa mittauspisteissä. Sameusmittaus on käytössä Lehtoniemen paineenkorotuspumppaamolla. Yhteensä vesijohtoverkostossa on noin 55 mittauspistettä, joista järjestelmä saa informaatiota. Vesilaitoksilla mitataan lähtevän talousveden painetta, virtaamaa, kemikaalien annostelua ja veden laadullisia tekijöitä. (Niskanen 2013, 26)

Mittaustietoa saadaan jatkuvasti Kuopion Veden käytössä olevista mittaus- ja valvontajärjestelmästä ja tunnin välein palvelin kokoaa tiedot. Koottu mittaustieto välitetään keskusvalvomoon, josta se siirtyy raportointijärjestelmään. Saatua informaatiota pääsevät hyödyntämään käyttöpäivystävät, suunnittelijat ja verkoston työntekijät. Mittaustietoa on saatavilla aina vuodesta 2006 lähtien. (Niskanen 2013, 26)



Kuva 7 Mipro Miso hallintajärjestelmän käyttöliittymä. (Mikko Laiho 2015)

4.8 Muut Kuopion Veden käyttämät sovellukset

Kuopion Vedellä on tällä hetkellä käytössä useita erilaisia ohjelmia, joissa on samoja käyttöominaisuuksia tai käyttötarkoitustapoja kuin vertailussa mukana olevissa järjestelmissä. Järjestelmissä nämä ominaisuudet ovat kuitenkin kaikki samassa paketissa, mikä parantaa käytettävyyttä.

Tähän on listattu tärkeimmät Kuopion Veden käytössä olevat ohjelmistot:

- StellaNet, Keypro verkostotietojen hallinta
- Taavi, paikkatieto-ohjelma
- Fiksu-suunnitteluohjelma sekä
- Epanet vesijohtoverkostonmallinnusohjelma. (Juntunen 2015-05-10.)

5 VERTAILTAVAT JÄRJESTELMÄT

Vertailuun valittiin yhteensä kuusi erilaista ohjelmaa tai järjestelmää. Neljä näistä on mallinnusohjelmia ja kaksi on monitorointijärjestelmiä. Mallinnusohjelmia ovat Epanet, Bentley'n Water Gems v8, Tekla NIS, Schneider Electricin Aquis ja monitorointijärjestelmiä Takadu ja WhiteWaterin BlueBox.

Mallinnusohjelmalla voidaan simuloida verkoston tapahtumia, eli ennustaa kuinka esimerkiksi veden paine tai virtaus muuttuu eri vedenkulutustilanteissa. Mallinnus on tärkeä ominaisuus kun suunnitellaan uutta verkostoa tai saneerataan vanhaa. Joihinkin mallinnusohjelmiin voidaan liittää myös ajantasaista tietoa verkostosta, joka monipuolistaa ohjelmiston käytettävyyttä. Monitorointijärjestelmät saavat verkostosta paineen ja virtauksen lisäksi tietoa myös veden laadusta, sekä tunnistavat laatuhäiriöt nopeasti. Monitorointijärjestelmät ja osa mallinnusohjelmista myös analysoi verkostosta saatavaa tietoa käyttämällä geneettistä algoritmia. Järjestelmä analysoi saatavaa dataa ja tekee sen perusteella useita laskutoimituksia, jonka tuloksena haluttu ominaisuus esimerkiksi verkostonpaine saadaan optimaaliseksi.

Valitut ohjelmat ovat Kuopion Vedelle ennestään tuttuja tai ominaisuuksiltaan kiinnostavia. Epanet-mallinnusohjelma on vesilaitoksella jo valmiiksi käytössä ja se valittiin mukaan, koska haluttiin tietää kuinka se pärjää vertailussa muita sovelluksia vastaan. Bentley'n Water Gems v8, Tekla NIS ja Schneider Electricin Aquis valittiin vertailuun mukaan, koska ne ovat olleet aikaisemmin yhteyksissä Kuopion Veden kanssa. Aquis on myös antanut tarjouksen järjestelmästänsä. Kuopion kaupungilla on käytössä Bentley'n valmistamia ohjelmia jo ennestään. Takadu ja WhiteWaterin BlueBox ovat markkinoilla menestyneet hyvien järjestelmiensä vuoksi, joten ne otettiin vertailuun mielenkiinnosta.

5.1 Epanet 2.0

Epanet-ohjelmisto on keskittynyt vesijohtoverkoston hydraulisten ominaisuuksien ja veden laadun mallintamiseen, mitä voidaan käyttää verkoston suunnittelussa. Ohjelman on kehittänyt Yhdysvaltojen ympäristöministeriö (Environmental Protection Agency) ja se on saatavana ilmaiseksi. Tällä hetkellä käytössä on ohjelmistoversio Epanet 2.0, joka tuli käyttöön vuonna 1999. Avoimen lähdekoodin vuoksi sovellusta on mahdollisuus muokata omaan käyttöön paremmin sopivaksi. (EPA 2000, 9-10.)

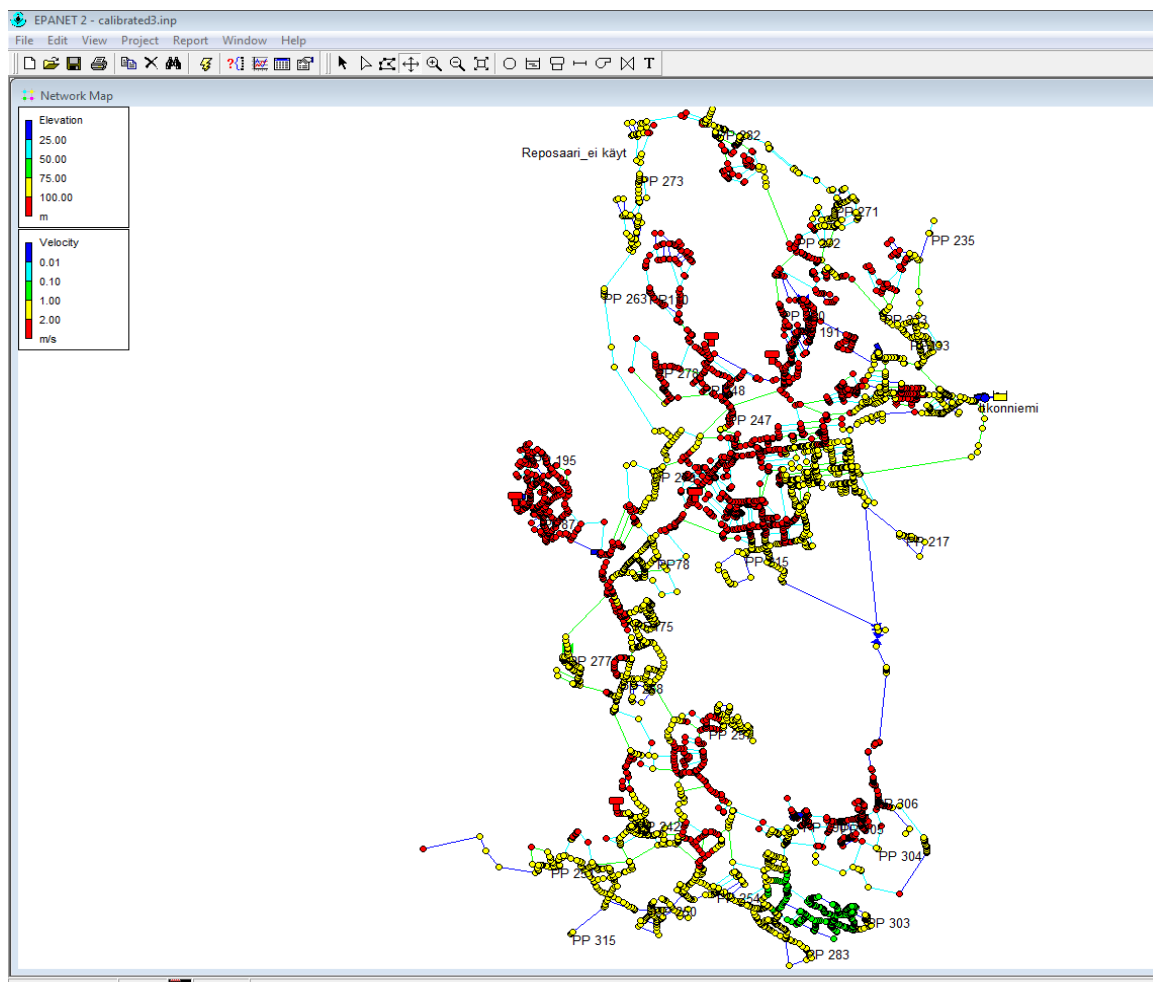
Epanetilla voidaan mallintaa hydraulisia ominaisuuksia monipuolisesti, kuten kitka- tai paikallishäviöiden laskentaa, erilaisten venttiilityyppien käyttöä ja mallinnus, vakio- ja vaihtumanopeuksien pumppujen mallintamista, pumppausenergian ja kustannusten laskemista, mahdollisuutta erimuotoisten vesisäiliöiden käyttöön, joiden pinnankorkeus voi olla vakio, ajan suhteen muuttuva tai perustua erilaisiin sääntöihin. Näiden lisäksi voidaan mallintaa erilaisten kulutustilanteita solmupisteissä, jolloin jokaiseen solmupisteeseen voi olla oma kulutuskaava. (EPA 2000, 9-10.)

Epanetillä voidaan veden laatua tutkiessa tarkastella eri lähteistä tulevien vesien sekoittumista, kloorijäämiä verkostossa, veden viipymää verkostossa, desinfiointin sivutuotteiden kasvua ja epäpuhtauksien kulkeutumista verkostossa. Näiden avulla Epanettiä on mahdollisuus hyödyntää muun muas-

sa näytteenotonsuunnitteluun, altistusarvioiden tuottamiseen, desinfioinnin sivutuotteiden muodostumisen tutkimiseen, vaihtoehtoisten suunnitelmien arvioitiin vedenlaadun parantamiseksi, pumppujen ja säiliöiden toiminnan muokkaamiseen, kustannussuunnitelmien laatimiseen putkistojen puhdistuksissa ja saneerauksessa, verkostojen hydraulisen toiminnan parantamiseen, energiakustannusten minimoinnissa, pumppujen ja venttiilien sijoittelun sekä mitoituksen suunnittelussa, palontorjuntalanteiden analysoimisessa, verkoston alttiustutkimuksiin ja käyttökoulutukseen. (EPA 2000, 9- 11: EPA 2013.)

Epanet tuottaa halutuista ominaisuuksista selkeitä raportteja ja teemakarttoja. Kuvassa 9 on Epanetin käyttöliittymä, jossa on kuvattu eri värein verkoston liikkuvan veden nopeutta ja verkoston korkeustason vaihtelua. Asteikko on kuitenkin melko väljä, joten eri värien antama informaatio on vain suuntaa antava. Esimerkiksi jos korkeus kohdassa x on 83 metriä, se merkitään keltaisella värillä, mikä kertoo että korkeus on jotain 75–100 metrin välillä. Tämän takia olisi hyvä jos korkeus olisi mahdollista esittää myös tarkkoina lukuarvoina värikoodauksen lisäksi.

Epanet on melko yksinkertainen käyttää, mutta sen pienet puutteet vaativat käyttäjältä enemmän työtä. Esimerkiksi ohjelmassa ei ole peruutustoimintoa, jolla käyttäjän tekemän virheen voisi korjata helposti. Lisäksi Epanetistä tiedonsiirtäminen toiseen ohjelmaan on hankalaa tiedostomuodon takia, joka on RPT. Verkostonmallin luomiseen tarvitaan myös aina toinen ohjelma esimerkiksi AutoCad, jossa malli luodaan ja siirretään sitten apuohjelman kautta Epanettiin.



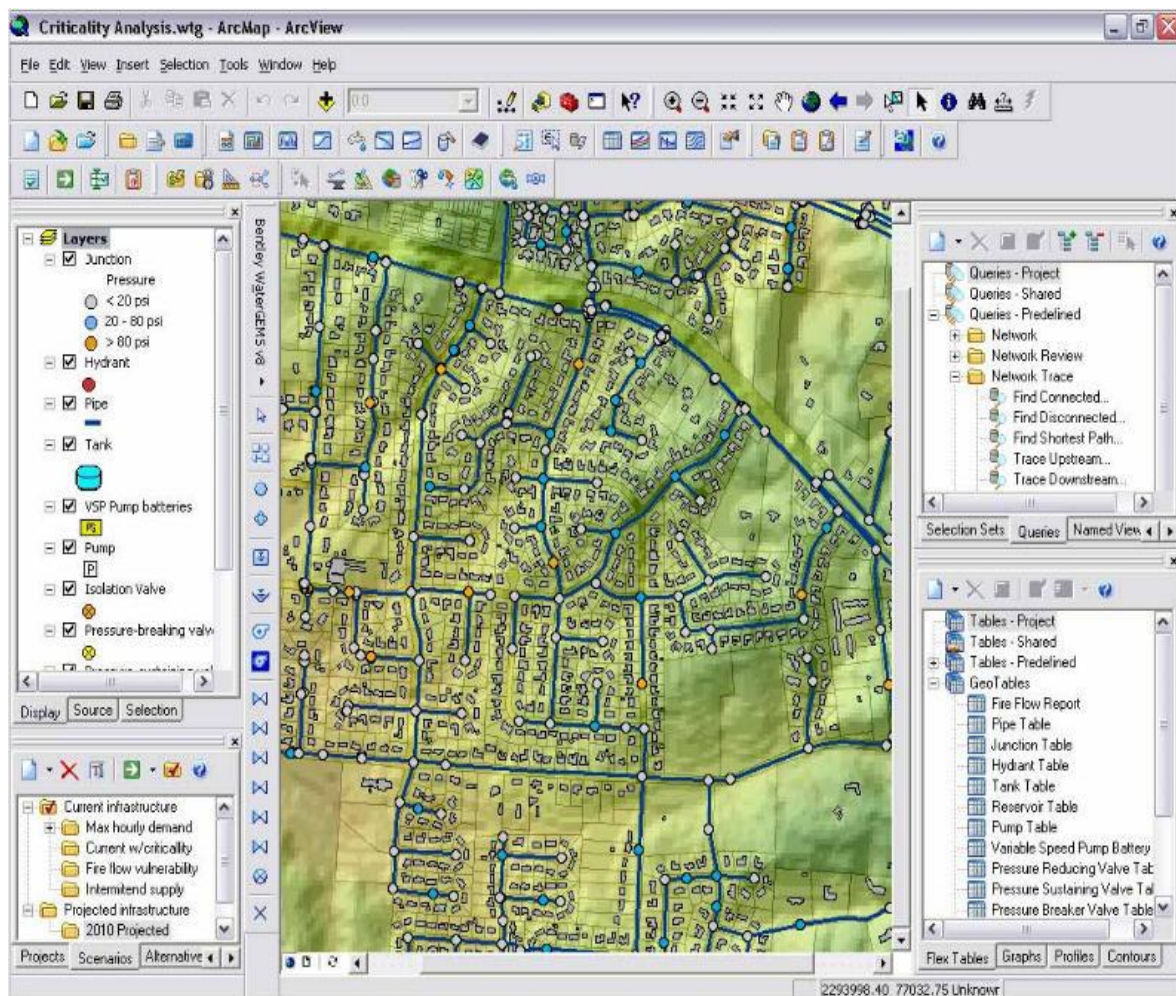
Kuva 8 Epanetin käyttöliittymä (Juntunen 2015b)

5.2 Bentley Water Gems v8

Bentley Systems on Yhdysvaltalainen vuonna 1984 perustettu yritys joka työllistää lähes 3 000 henkilöä yli 45 maassa muun muassa Suomessa. Bentley toimittaa kestävästä infrastruktuurin ohjelmistoratkaisuja. Erilaisia sovelluksia voidaan käyttää siltojen, teiden, rakennusten, kunnallistekniikan, vesihuollon, kuljetusjärjestelmien, energiantuotannon ja tehtaiden suunnitteluun, jotka on suunnattu insinööreille, arkkitehteille sekä urakoitsijoille. (Bentley 2015a.)

Water Gems v8

Bentleyllä on olemassa useita eri ohjelmistoratkaisuja vesihuoltoon, joista tähän vertailuun valittiin Water Gems v8 (kuvassa 10) sen monipuolisuuden vuoksi. Ohjelma on tarkoitettu vesijohtoverkoston mallinnus- ja hallintaohjelmaksi ja siihen on liitetty paikkatietosovellus GIS. Water Gems toimii neljällä eri alustalla ArcGIS, AutoCAD, MicroStation sekä Stand Alone. Water Gems voidaan tarvittaessa räätälöidä, jolloin asiakas voi muokata ohjelmaa itselleen paremmin sopivaksi. Valmistaja antaa asiakkaalle ohjelmistosta aina tuoreimman version ja ohjelman lisenssejä saa lähiverkko alueelle rajoittomasti. (Bentley 2015b.)



Kuva 9 Water Gems v8 käyttöliittymä (Bentley i)

- Darwin Calibrator
- Darwin Designer
- Darwin Scheduler
- Pipe Renewal Planner
- SCADAconnect ja
- Skelebrator. (Bentley 2015b.)

Darwin Calibrator -moduuli kalibroi verkostomallin automaattisesti käyttäen geneettistä algoritmia. Se laskee nopeasti miljoonista vaihtoehdoista mikä olisi verkoston kannalta tehokkain ratkaisu. Moduulilla voi mallintaa myös verkoston painetta ja virtausta, mitä voidaan hyödyntää vuotojen etsinnässä. (Bentley 2015c.)

Darwin Designer on optimoitu ja automaattinen verkonsuunnittelumoduuli. Ohjelmaan syötetään hydrauliset huippu – ja minimiarvot sekä sallitut verkoston putkikoot ja yksikkökustannukset. Tämän jälkeen ohjelma laskee automaattisesti kuinka saadaan paras mahdollinen hydraulinen suorituskyky mahdollisimman pienillä kustannuksilla. (Bentley 2015d.)

Darwin Scheduler - moduulin tehtävänä on optimoida pumppujen toiminta. Se tutkii pumppujen käyntitietoja, verkoston virtausta ja painetta sekä vesisäiliöiden pinnan tasoja. Lisäksi ohjelmaan

voidaan liittää sähkön hintatietoja. Näiden tietojen perusteella voidaan minimoida sähkön hinta tai energiankulutus. Näiden erona on että sähkölaskua pienennettäessä pumppuja pyritään pyörittämään silloin kuin sähkö on halvinta. (Bentley 2015e.)

Pipe Renewal Planner -moduuli on apuna verkoston saneerausta suunniteltaessa. Sillä voidaan arvioida verkoston nykyinen kunto ja mallintaa kuinka verkoston virtaukset muuttuisivat uudella putkella. Ohjelmalla voidaan myös laskea kustannuksia, jotta verkosto investoinneista saadaan mahdollisimman hyvä tuotto. (Bentley 2015f.)

Scadaconnect-moduuli yhdistää Scadasta saatavan datan Water Gems:iin. Verkostosta Scada kautta saadaan tietoa verkoston hydraulikasta, kuten paineesta ja virtauksesta reaaliaikaisesti. Tämän avulla voidaan verrata verkoston todellisia hydraulisia arvoja mallinnuksessa saataviin arvoihin. (Bentley 2015g.)

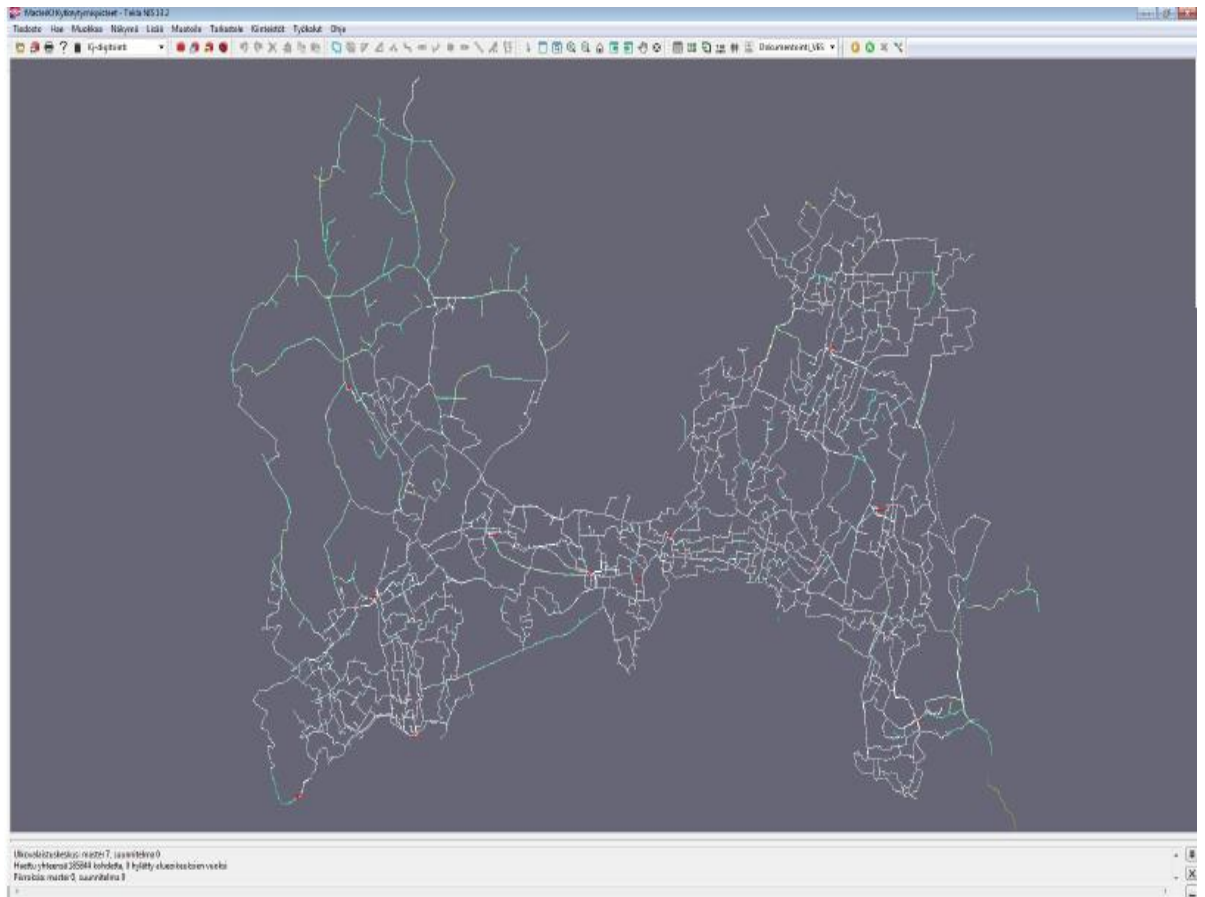
Slebrator-moduuli on älykäs hydraulinen vähennystyökalu, joka siivoaa tiedostosta pois ylimääräistä tietoa. Tämä selkeyttää verkostomallia, mikä tekee siitä selkeämmän ja helposti luettavan. Tiedoston siivoaminen ei vaikuta vääristävästi mallinnustuloksiin. (Bentley 2015h.)

5.3 Tekla Oy

Tekla Oyj eli Teknillinen laskenta Oy on suomalainen yritys joka on perustettu vuonna 1966, kun joukko insinööritoimistoja alkoi yhdessä tehdä suunnitteluohjelmistoja. Vuonna 1980 yhtiön viralliseksi nimeksi tuli Tekla Oy. Teklasta tuli osa Yhdysvaltalaisista Trimble konsernia vuonna 2011. Nykyään yhtiöllä on toimipisteitä yli 20 maassa ja maailmanlaajuinen kumppaniverkosto. Se myös työllistää lähes 600 työntekijää. Tekla valmistaa mallipohjaisia suunnitteluohjelmistoja ja tietojärjestelmiä kansainvälisille markkinoille. Ohjelmistot käyttävät kolmiulotteista suunnittelua, ja suunnittelu-kohteisiin on yleensä liitetty myös paikkatieto. (Tekla 2015a.)

Tekla NIS (*Network Information System*)

Tekla NIS (kuvassa 11) on verkkomallista ja siihen integroiduista paikkatieto-ominaisuuksista koostuva verkkotietojärjestelmä, joka on suunnattu energia- ja vesihuoltoyrityksille. Verkostoissa olevia tietoja ja ominaisuuksia pystytään hyödyntämään koko verkon elinkaaren ajan. (Tekla 2015b.)



Kuva 10 Tekla NIS käyttöliittymä (Malmberg 2014)

Järjestelmä tukee sähkö-, kaukolämpö-, vesihuolto- ja kaasuverkkoja. Sitä voidaan myös täydentää lisätiedoilla, kuten asiakastiedoilla. Tekla NIS koostuu seuraavista toimialasovelluksista:

- Verkostolaskenta
- Verkon suunnittelu ja rakentaminen
- Omaisuudenhallinta
- Verkkoinvestointien hallinta ja
- Kunnossapito. (Tekla 2015b.)

Verkostolaskentasovelluksella voidaan tarkistaa nykyisen, uuden tai suunniteltujen verkostojen tekniset mitoitusmitat. Luotettavuuslaskennassa vertaillaan erilaisten vaihtoehtojen pitkäaikaiskustannuksia ja luotettavuutta optimaalisen verkstorakenteen valitsemiseksi. (Tekla 2015b.)

Verkon suunnittelu ja rakentaminen – sovellus puolestaan tukee verkon suunnittelun kaikkia tasoja. Se myös tunnistaa verkon heikot osat ja simuloi vaihtoehtoja teknisestä, taloudellisesta ja luotettavuuden näkökulmasta. Rakentamisvaiheessa sovelluksella hallitaan verkon rakentamisen materiaaleja, toimenpiteitä ja kustannuksia. Suunnitelmista tehdään rakentamisprojekteja, joihin sisältyy todelliset budjetit materiaaleineen ja työkustannuksineen. (Tekla 2015b.)

OmaisuuDENhallintasovelluksella voidaan analysoida monipuolisesti energia- ja vesihuoltoverkkoa, infrastruktuuria ja maaomaisuutta. Ominaisuustietoja, kuten tilaa, kuntoa, määrää, sijaintia, ikää, suorituskykyä, varantoja, alueellisia kulutuksia ja kehitystrendejä kyetään analysoimaan. Näiden pohjalta voidaan laskea omaisuuden nykyinen arvo ja jälleenhankintakustannukset. Tällöin voidaan priorisoida investointeja. (Tekla 2015b.)

Kunnossapitosovellus on hyvä työkalu energia- ja vesihuoltoverkkojen sekä julkisen infrastruktuurin kunnossapitotoiminnalle. Korjaus-, tarkastus- ja kunnossapitotyöt voidaan suunnitella ja aikatauluttaa budjettiin ja resursseihin perustuen. Maastossa pystytään tarkastelemaan ja syöttämään kunnossapitotietoja mobiililaitteiden avulla. Näin saatuja tietoja voidaan analysoida ja raportoida investointisuunnitelmia varten. (Tekla 2015b.)

5.4 Schneider Electric

Schneider Electric on ranskalainen vuonna 1836 perustettu yritys, joka on nykyisin keskittynyt sähköalaan ja ohjausjärjestelmiin. Toimintaan kuuluu sähkönjakelu, teollisuusautomaatio, datakeskukset ja kiinteistöjen energianhallintajärjestelmät. Yritys toimii yli 100 maassa ja työllistää yhteensä yli 170 000 ihmistä. Suomessa Schneider toimii yli 20 paikkakunnalla ja työllistää yli 1000 henkilöä. Yrityksen liikevaihto oli 25 miljardia vuonna 2014. (Schneider Electric a.)

AQUIS

Aquis on vesiverkostojen hallintaan keskittynyt sovellus, jolla voidaan simuloida verkoston virtausta ja painetta. Aquis voidaan integroida SCADA-järjestelmään jolloin verkostosta saadaan ajantasaista tietoa paineesta, virtaus nopeudesta, vuotoasteesta ja veden iästä. Ohjelmaan voidaan liittää myös GIS-paikkatieto- ja laskutusjärjestelmä. Sääennusteen liittäminen järjestään mahdollistaa veden kulutuksen arvioinnin. Aquis on tarkoitettu verkoston suunnitteluun, käyttöön ja sen toiminnan optimointiin. Järjestelmään voidaan liittää lisäosia kuten paineen optimointi, pumppujen ja säiliöiden optimointi ja vuotojen havaitseminen. (Schneider Electric b.)

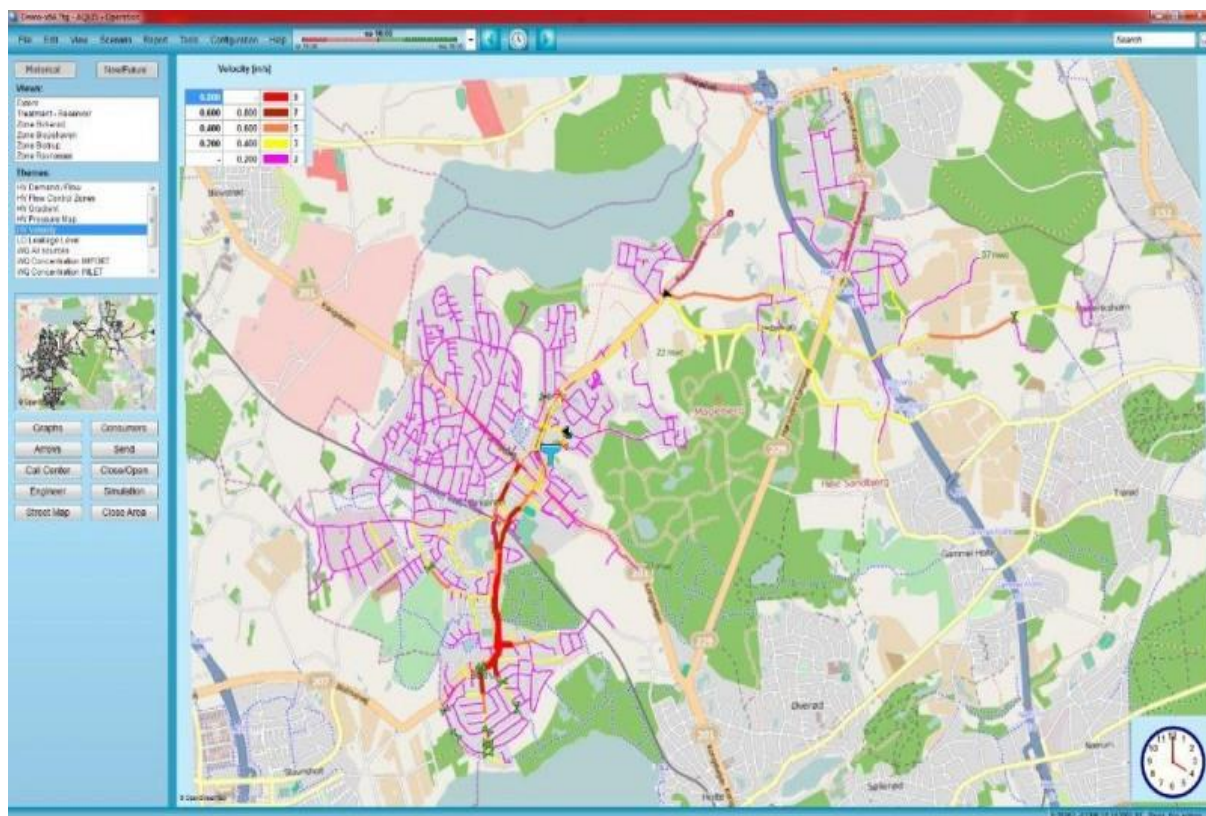
Paineen optimointi -moduuli yhdistää verkoston mallin tiedot automaattisesti SCADA-järjestelmään. Ohjelmisto saa näin tietoa verkostosta ja osaa laskea sen ihanteellisen painetason. Alempi paine pidentää verkoston käyttöikä, pienentää vuotovesien määrää ja laskee pumppauskustannuksia. (Schneider Electric b.)

Pumppujen ja säiliöiden optimointi -moduuli määrittää, kuinka pumppujen tulisi toimia pumppaus ja energiakustannusten kokonaismäärän minimoimiseksi. Moduuli huomioi pumppaustehon, energiakustannukset ja vedenkulutuksen. Pumppuja pyritään pyörittämään silloin kun sähkö on halvinta. (Schneider Electric b.)

Vuotojen havaitsemis- ja paikannusmoduulin toiminta perustuu ajantasaisiin virtaus- ja painemittauksiin. Mittaukset tehdään verkosto alueiden tulo – ja poistoaukkojen luona. Havaittu vuoto aiheut-

taa hälytyksen SCADA-järjestelmään. Moduuli pystyy havaitsemaan vuodon, jossa vuotovesiaste on 0,5 % läpi virtaavasta vedestä. Vuodon paikannus tarkkuus on 1 – 10 % ja se riippuu vuodon suuruudesta, veden virtausnopeudesta ja sen etäisyydestä painemittariin. (Schneider Electric b.)

Aquis-järjestelmän käyttöliittymä kuvassa 12 on tehty käyttäjäystävälliseksi. Jokainen käyttäjä voi muokata näkymää halutunlaiseksi ja määrittää omaan käyttöön sopivat pikanäppäimet. Tieto tallentuu verkkoon. (Schneider Electric b.)



Kuva 11 Aquis käyttöliittymä (ELTEC PETROL)

5.5 Whitewater

Whitewater on vuonna 2006 perustettu israelilainen yritys, jonka on keskittynyt älykkäiden vesijohdotoverkoston hallintajärjestelmien kehittämiseen. Tällä hetkellä heillä on markkinoilla kaksi eri järjestelmää WaterWall ja BlueBox, joka on vertailussa mukana. Yhtiön perustajana ja puheenjohtajana toimii Ori Yogev. (Whitewater 2015.)

BlueBox™

BlueBox on verkoston monitorointijärjestelmä, joka on tarkoitettu verkoston seurantaan ja hallintaan. Järjestelmä on integroitu SCADA:an ja se saa verkostosta paljon erilaista veden laatuun liittyvää dataa kuten johtokykyä, sameutta, vapaata klooria ja Ph:ta. Tämän vuoksi järjestelmä havaitsee nopeasti veden laadussa tapahtuvat muutokset. Näiden lisäksi verkostosta mitataan myös painetta, virtausta sekä vesisäiliöiden pinnan tasoja. BlueBox oppii tunnistamaan verkoston normaalit paine- ja virtausvaihtelut sekä normaalit laatuparametrien arvot ja näiden perusteella etsii datasta poikke-

uksia. Poikkeamat datassa eivät aina tarkoita häiriöitä verkostossa. Niinpä järjestelmä vertailee eri parametrien arvoja keskenään ja sen jälkeen antaa hälytyksen, jos siihen on aihetta. Tämä estää väärin hälytyksien syntymistä. Poikkeuksia voi syntyä vikaantuneista mittauslaitteista, verkostossa olevista vuodoista tai veden laatu häiriöistä, jotka järjestelmä osaa erottaa toisistaan. Vuotojen etsinnässä voidaan käyttää apuna myös ääniloggereita, jotka tarkkailevat verkoston kohinaa ja auttavat niiden paikantamisessa. (Whitewater 2015.)



Kuva 12 BlueBox käyttöliittymä (Whitewater 2015)

BlueBox-käyttöliittymä kuvassa 13 on tehty käyttäjän tarpeita ajatellen. Se on selkeä ja siinä on helppo liikkua paikasta toiseen. Koska järjestelmä toimii pilvipalveluna, voi sen toimintaa seurata kaikilla mobiililaitteilla, missä tahansa. (Whitewater 2015.)

5.6 Takadu

Takadu on israelilainen yritys, joka on keskittynyt vesiverkostojen hallintaohjelmien kehittämiseen. Yritys on perustettu vuonna 2008 ja sen perustajana sekä toimitusjohtajana toimii Amir Peleg. Takadun verkostohallintasovelluksesta on tullut nopeasti markkinoiden parhaimmista. Tämän takia Takadun liikevaihto on noussut 50 % vuodessa, vuosien 2013 ja 2014 aikana. (Bloomberg Business 2015.)

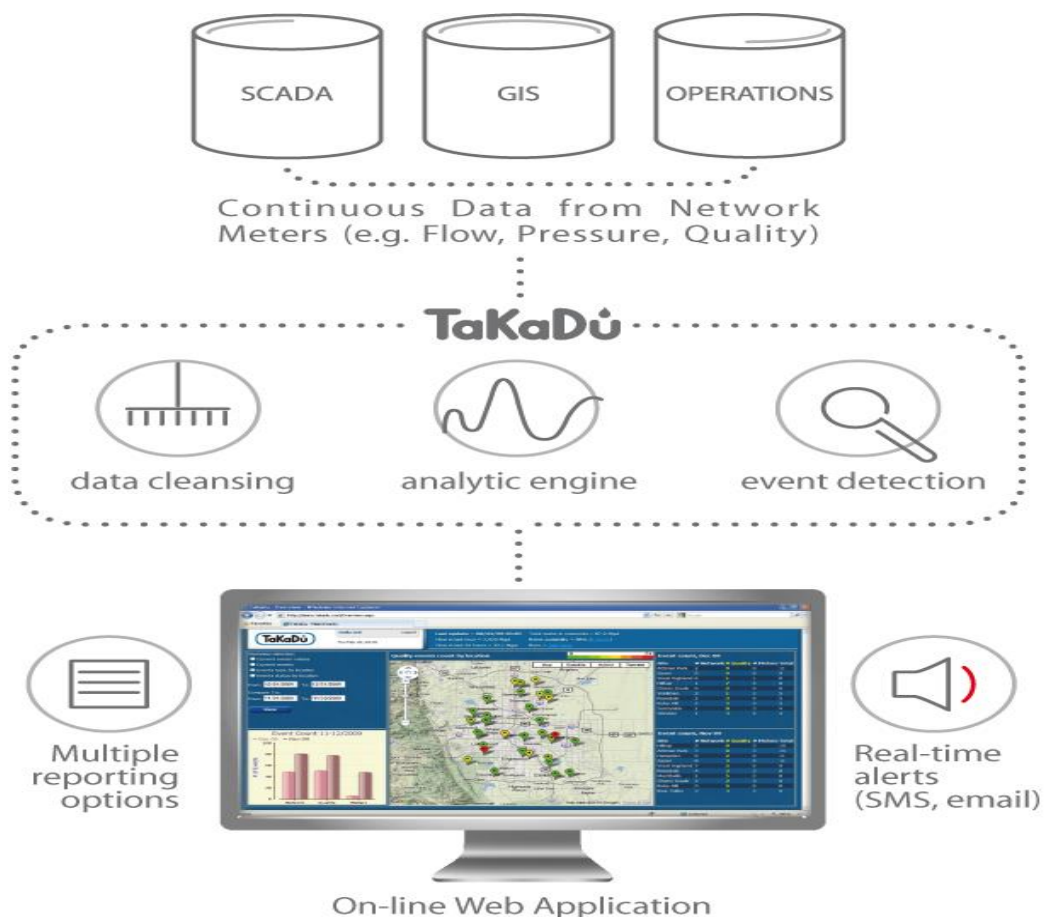
Takadu

Takadun monitorointijärjestelmä seuraa ja hallitsee tehokkaasti verkoston toimintaa. Järjestelmän älykkyys perustuu kehittyneiden tilastojen käyttämiseen, sekä matemaattiseen algoritmilaskentaan. Takaduun voidaan helposti integroida muita ohjelmia, kuten SCADA-järjestelmä ja GIS-paikkatietosovellus. Kuvassa 14 on havainnollistettu järjestelmän toimintaa. (Takadu.)

Verkostosta saadaan tietoa veden virtauksesta, paineesta, vesisäiliöiden pinnankorkeuksista, venttiilien tilasta, Ph:sta, sameudesta ja kloorin määrästä. Myös alueiden välisiä vedenkulutuksia vertaillaan. Peräkkäisten päivien vedenkulutuskäyriä voidaan vertailla keskenään ja sen pohjalta havaita vuotoja. Järjestelmään liitetään myös ulkopuolelta tulevaa tietoa kuten sääennustukset, tulevat tapahtumat, juhlapyhät ja vuorokauden ajat. Nämä tiedot auttavat ennustamaan tulevaan veden kuluusta. Muuta liitettävää tietoa laadusta saadaan vesinäytteistä, jotka kuuluvat lainmääräämään seurantavelvoitteeseen. (Takadu.)

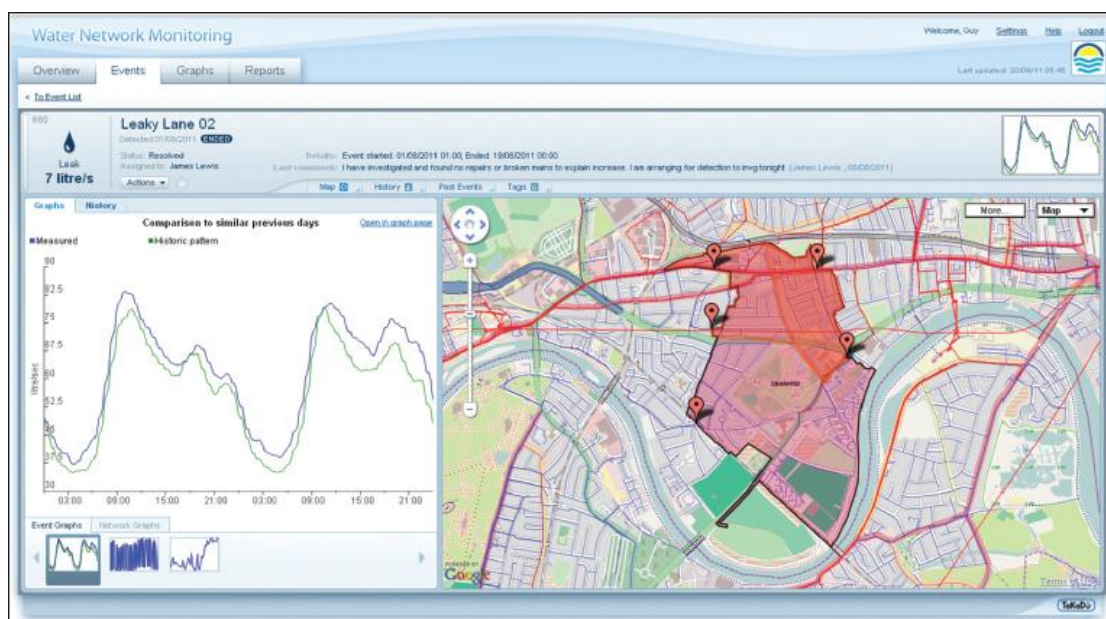
Saatu data siirretään suojatulla Internetyhteydellä pilvipalvelimille, jossa se käsitellään. Verkostosta saatava data voi olla huonolaatuista, koska vedenlaatusensorit ovat herkkiä laitteita ja niiden antama mittaus tieto vääristyy helposti epäpuhtauksien vuoksi. Siksi niitä täytyy myös säännöllisesti kalibroida. Tämän takia saatu data siivotaan ennen sen analysoimista. Siitä etsitään poikkeuksia ja tapahtumia ja luokitellaan niitä. (Takadu.)

Seuraavaksi kaikki saatu tieto yhdistetään ja analysoidaan, joka perustuu matemaattiseen algoritmiin. Analysointi seuraa kaikkien parametrien muutoksia, esimerkiksi pelkkä paineen muutos ei välttämättä aiheuta hälytystä. Näin voidaan välttää vääriä hälytyksiä. Jos aiheutta hälytykseen kuitenkin on, se tulee nopeasti ja GIS – paikkatieto-ohjelman ansiosta sen sijainti tiedetään tarkasti. Mahdollisia syitä hälytyksiin on verkostossa syntyneet vuodot, mittarien rikkoontumiset, veden laatuhäiriöt tai yhteysongelmat. Hälytys näkyy käyttöliittymässä, mutta se voidaan myös lähettää viestinä puhelimeen tai sähköpostiin. Takadu antaa käyttäjälleen runsaasti ajantasaista tietoa verkoston toiminnasta, jonka pohjalta on helppo tehdä päätöksiä. (Takadu.)



Kuva 13 Takadun toimintaperiaate (Takadu b)

Takadun käyttöliittymä kuvassa 15 on tehty selkeäksi ja helppokäyttöiseksi. Siinä on helppo navigoida ja löytää haluttua tietoa. Käyttöliittymä on web-pohjainen, jota sitä voi käyttää millä tahansa Internetyhteyden omaavalla mobiililaitteella. Tämän vuoksi takadua ei tarvitse asentaa, vaan sinne kirjaututaan omilla tunnuksilla. (Takadu.)



Kuva 14 Takadu käyttöliittymä (Takadu b)

6 MONITOROINTI- JA MALLINNUSJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää mikä sovelluksista soveltuisi ominaisuuksiltaan parhaiten Kuopion Vedelle. Vertailu aloitettiin keräämällä tietoa ohjelmien ominaisuuksista. Tietoa hankittiin pääasiassa valmistajien Internetsivuilta ja järjestelmiä kuvaavista videoista. Lisätietoja saatiin olemalla yhteydessä joihinkin valmistajiin ja niiden tuotteita käyttäviin yrityksiin. Tärkeimmät ominaisuudet listattiin ja sen jälkeen niistä tehtiin Webropol-sovelluksella kysely.

Kyselyn kysymykset oli ryhmitelty osioihin järjestelmän käyttäminen, kuluttaja, suunnittelu ja verkoston kunnostus, kustannukset sekä muut yleiset ominaisuudet. Tarkoituksena oli selvittää vesilaitoksen työntekijöiden mielipide siitä, mitä ominaisuuksia he pitivät tärkeänä ja mitä eivät. Jokainen ominaisuus pisteytettiin asteikolla 1 - 5, joista 1 oli turha ja 5 oli tärkeä. Näiden lisäksi piti laittaa hydrauliset ominaisuudet tärkeysjärjestykseen ja valita 10 parametrissa 2 - 4 tärkeintä kuvaamaan verkoston veden laatua. Tämän jälkeen laskettiin, miten paljon kukin ohjelma sai ominaisuuksista pisteitä. Kysely lähetettiin vesilaitoksen käyttöpäivystäjille, vedentuotannon vastuuhenkilöille, suunnittelijoille ja verkostontyöntekijöille. 18 työntekijästä kahdeksan vastasi kyselyyn. Kysely on nähtävissä liitteessä 1.

Kyselyn perusteella sovelluksen tärkein ominaisuus olisi verkostossa tapahtuvien vuotojen ja murtumien paikantaminen aikaisessa vaiheessa. Ominaisuus sai arvosanan 4,83/5. Toiseksi eniten pisteitä (4,6) sai vuotovesien vähentäminen. Muut tärkeät ominaisuudet liittyvät veden laatuhäiriöiden nopeaan havainnointiin, pumppujen käytön optimointiin, järjestelmän avulla verkoston suunnitteluun, mittarivikojen havainnointiin, verkostodatan käyttöön ja sen tarkasteluun. Nämä saivat 4,33 – 4,5 pistettä.

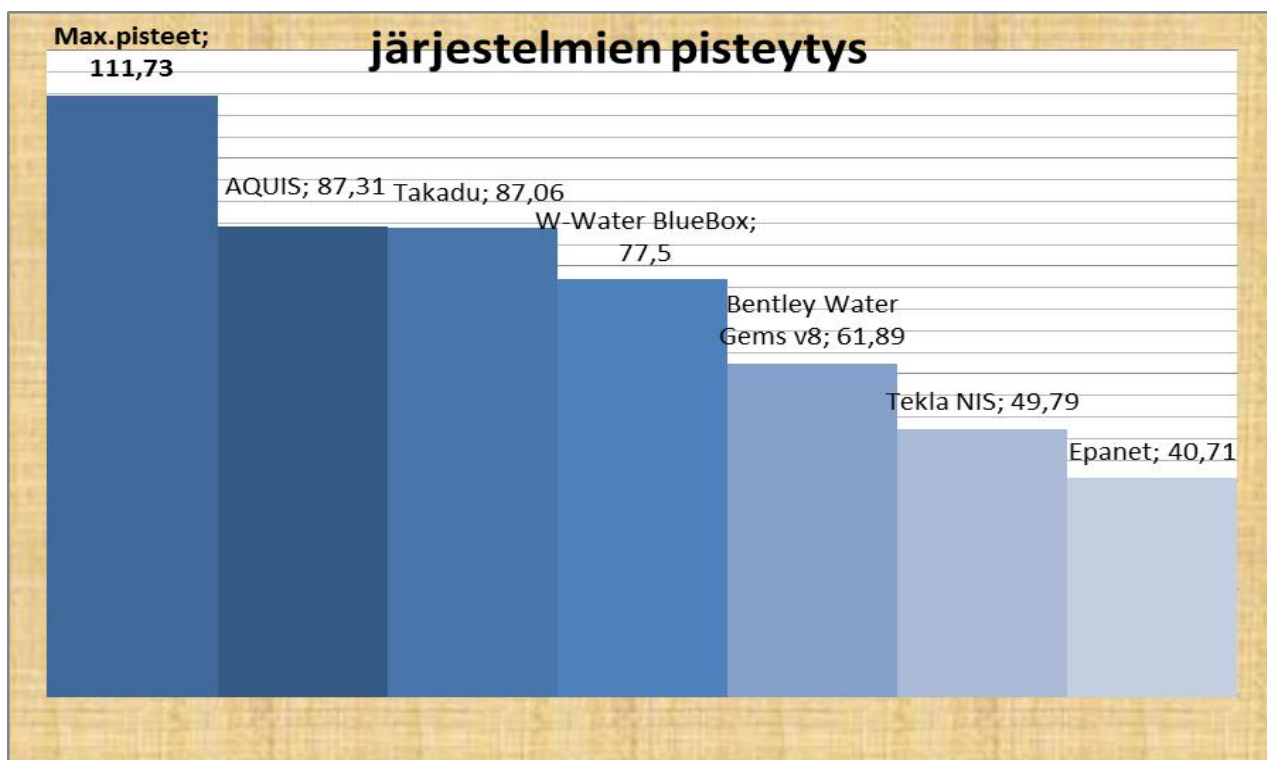
Alla olevaan taulukkoon 1 on koottu ohjelmien saamat pisteet. Tilan säästämisen vuoksi taulukkoon ei ole kirjoitettu kyselyssä olleita kysymyksiä, vaan ainoastaan kysymyksen numero, joka näkyy taulukon vasemmassa reunassa. Kysymykset ovat nähtävissä liitteessä 1. Seuraavaan sarakkeeseen on koottu kysymyksiä saamat painoarvot kyselyssä, jotka vaihtelevat 1 - 5 pisteen välillä. Muissa sarakkeissa ovat vertailussa olleet ohjelmistot. Taulukosta näkee mistä kysymyksistä ohjelmisto on saanut pisteensä ja taulukon alareunassa näkyvät saadut kokonaispisteet.

Taulukko 1 Järjestelmien saavat pisteet

Kysymys Nro	Saadut pisteet kysym.	Aquis	whitewater bluebox	takadu	bentley water gems v8	tekla trimble nis	epanet
1	4,13		4,13	4,13			
2	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38		3,38
3	3,5	3,5	3,5	3,5			
4	4,25	4,25	4,25	4,25		4,25	
5	3,63		3,63	3,63		3,63	
6	3,5				3,5		

7	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13
8	3,13	3,13		3,13			
9	4,17	4,17					
10	3,5	3,5		3,5			
11	4,4	4,4			4,4	4,4	4,4
12	4,4	4,4			4,4	4,4	4,4
13	4,2	4,2			4,2	4,2	4,2
14	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83		
15	4,5		4,5	4,5			
16	4,33		4,33	4,33			
17	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
18	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
19	4	4	4				
20	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	
21	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
22	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6		
23	3,6	3,6	3,6	3,6			
24	4	4	4	4	4		
25	2,6	2,6		2,6			
26	4,33			4,33	4,33	4,33	4,33
27	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17		4,17
28	4,5	4,5	4,5	4,5		4,5	
Pisteet.yht	111,73	87,31	77,5	87,06	61,89	49,79	40,71

Kuviossa 1 on esitetty pylväsdiagrammeilla ohjelmistojen vertailussa saamat kokonaispisteet. Vertailun vuoksi taulukkoon on laitettu myös maksimipisteille oma diagrammi kuvaamaan kuinka paljon eri sovellukset saivat pisteitä siihen nähden. Maksimipisteet kyselyssä olivat 111,73 ja lähimmäksi sitä pääsi Aquis 87,31 pisteellä ja Takadu 87,06 pisteellä. Kyseisten järjestelmien pisteet olivat niin lähellä toisiaan, että pisteiden valossa ei voi sanoa kumpi järjestelmistä on soveltuvampi. Seuraavaksi eniten pisteitä sai Whitewaterin BlueBox-järjestelmä, joka keräsi 77,5 pistettä. Seuraavaksi tuli Bentley'n Water Gems v8 61,89 pisteellä. Toiseksi viimeiseksi vertailussa tuli Teklan Trimble NIS 49,79 pisteellä ja viimeiseksi jäi Epanet 40,71 pisteellä.



kuvio 2 Järjestelmien pisteiden vertailu

6.1 Epanet 2.0

Epanetin hyviä puolia ovat monipuoliset mallinnusmahdollisuudet ja se, että ohjelma on ilmainen. Toisaalta Epanetin puutteiden takia käyttäjä joutuu tekemään itse enemmän töitä muihin järjestelmiin verrattuna, mikä nostaa työmäärää ja käyttökustannuksia. Epanetistä saatavia mallinnustietoja on yritetty siirtää verkkotietojärjestelmään mutta toistaiseksi tässä ei ole vielä onnistuttu tiedonsiirrossa syntyneiden ongelmien vuoksi. Tämän vuoksi mallinnusta voidaan tehdä vain offline-tilassa. QGIS-paikkatieto -ohjelmasta vesijohtoverkko voidaan tuoda Epanettiin, jolloin siihen saadaan sijaintitiedot ja näin parannetaan käytettävyyttä. Epanet on hyvä työkalu kun mallinnetaan verkoston toimintaa, mutta siinä pitää käyttää apuna myös muita sovelluksia. Avoimen lähdekoodin sovelluksena ohjelmaa voi muokata omaan käyttöön sopivaksi. Epanet saa sovelluksista vähiten pisteitä vertailussa ja näin ollen jää viimeiseksi.

6.2 Bentley Water Gems V8

Bentleyn Water Gems v8 ohjelma tarjoaa kokonaisvaltaista palvelua. Sillä voidaan suunnitella verkostoa Epanetin tavoin, mutta mallintaminen on älykkäämmän järjestelmän vuoksi nopeampaa ja helpompaa. Ohjelman verkostomalli esimerkiksi kalibroi itsensä automaattisesti ja ohjelma osaa itsenäisesti korjata verkoston virheitä. Mallinnuksen lisäksi Water Gems hallitsee verkostoa ja etsii sieltä vuotoja. Sovellukseen voidaan liittää paikkatietojärjestelmä ja SCADA, joten verkostosta saadaan ajantasaista dataa. Water Gems on käytössä älykäs algoritmilaskenta, jolla voidaan esimerkiksi optimoida kustannukset suunnittelussa. Sovellukseen kuuluu myös saneerausosio, jota voidaan käyttää verkoston putkistoa uusissa.

Ohjelman heikkoutena voidaan pitää sitä, ettei se tutki verkostosta veden laatua. Se ei myöskään tunnista rikkinäisiä mittareista verkostossa. Lisäksi käyttöliittymä pitää asentaa tietokoneelle, joten verkoston toimintaa ei voi seurata kaikilla mobiililaitteilla.

6.3 Schneider Electric Aquis

Aquis on kattava sovellus, jota voidaan hyödyntää verkoston suunnittelussa ja hallinnassa sekä optimoida verkoston toiminta energiatehokkaasti. Aquis antaa hyvän yleiskuvan verkoston tapahtumista. Kyselyssä Aquis keräsi pisteitä tasaisesti kaikilta osa-alueilta ja sen vuoksi pärjasi vertailussa erinomaisesti. Aquis tarjoaa hyvää asiakaspalvelua lähettämällä automaattisia ilmoituksia vedenjakeluhäiriöistä. Ohjelma on tehty käyttäjäystävälliseksi, sillä jokainen käyttäjä voi muokata omaa näkymää mieleisekseen.

Aquis havaitsee verkostossa olevat vuodot ja paikantaa ne. Vuotojen korjausta helpottaa mallinnus. Sen avulla voidaan simuloida venttiilien avausta tai sulkemista ja sen vaikutuksia jaettavan veden määrään sekä paineeseen. Näin tiedetään milloin venttiiliin voi sulkea, ilman että se vaikuttaa asiakkaiden veden saatavuuteen. Veden laadun arvio perustuu veden ikään. Ohjelmisto ei siis mittaa verkostosta varsinaisia laatuparametreja eikä tunnista rikkoutuneita mittareita. Nämä ovat ohjelmiston harvoja puutteita.

6.4 White Water Bluebox

Bluebox on verkoston seuranta- ja hallintajärjestelmä ja se saa veden laadusta tietoa monipuolisesti mittaamalla verkostosta Ph:ta, vapaata klooria, sameutta ja johtokykyä. Näiden lisäksi verkostosta saadaan tietoa paineesta, virtauksesta ja verkoston kohinasta, mikä auttaa vuotojen havaitsemisessa. Järjestelmä havaitsee rikkoutuneet mittarit verkostosta, mikä vähentää vääriä hälytyksiä. BlueBox osaa optimoida verkostoon syötetyn kloorin määrän. Valmistaja kertoo järjestelmän olevan helppokäyttöinen ja sen toimintaa voidaan seurata myös muilla web-laitteilla.

Järjestelmän heikkoudet kyselyssä olivat verkoston mallintamisen puuttuminen, joten se ei sovellu suunnitteluun, eikä se myöskään pysty simuloimaan erilaisia vedenkulutustilanteita. Järjestelmään ei kuulu paikkatietoa, mikä heikentää käytettävyyttä. Verkostosta veden laatua mittaavat sensorit pitää kalibroida usein, jotta ne näyttävät oikeanlaisia tuloksia. Tämä lisää ylläpitokustannuksia. BlueBox keräsi vertailussa hyvin pisteitä mutta mallintamisen puuttuminen tiputtaa sen pois kärkitaistelusta.

6.5 Takadu

Takadu on BlueBoxin tavoin vesijohtoverkoston seuranta- ja hallintajärjestelmä, joka mittaa verkostosta Ph:ta, sameutta, johtokykyä, UV-absorbanssia, painetta ja virtausta. Takadun vahvuuksia kyselyssä ovat veden laadun mittaaminen verkosta, vuotojen hallinta ja paikallistaminen, rikkoontuneiden mittareiden tunnistaminen, automaattiset asiakasilmoitukset ja veden kulutuksen ennustaminen säähän, lomiin tai tapahtumiin perustuen. Järjestelmän tietoihin voi myös syöttää otettujen vesinäytteiden tuloksia ja tarkastella niitä pitkälläkin aikajaksolla. Järjestelmä on tehty helppokäyttöiseksi ja

siitä on helppo etsiä haluttua tietoa verkostosta. Sitä ei myöskään tarvitse asentaa tietokoneelle ollenkaan, vaan järjestelmä on web-pohjainen, joten sen toimintaa pystyy seuraamaan kannettavilla mobiililaitteilla jossa on Internetyhteys. Verkostossa tapahtuvista tapahtumista Takadu tekee haluttaessa raportteja tai diagrammeja, joita voi tarkastella myöhemmin tai tallentaa erimuodoissa.

Takadun heikkouksia olivat mallintamisen puuttuminen, joten järjestelmä ei sovellu suunnitteluun, eikä erilaisia tilanteita voida simuloida etukäteen. Verkostossa olevat vedenlaatusensorit tarvitsevat paljon kalibrointia, jotta ne antaisivat oikeanlaisia tuloksia ja se kasvattaa huoltokustannuksia. Kokonaisuutena Takadu pärjää vertailussa erinomaisesti ja kerää pisteitä eniten Aquisin kanssa.

6.6 Tekla Trimble NIS

Teklan vahvuudet kyselyssä olivat hyvät suunnitteluominaisuudet, joihin kuuluu myös luotettavuuslaskenta. Kyseisessä laskennassa vertaillaan keskenään erilaisten vaihtoehtojen kokonaiskustannuksia ja luotettavuutta parhaimman verkostonrakenteen valitsemiseksi. Muista poiketen Teklaa voidaan hyödyntää myös verkoston rakennusvaiheessa, jossa sillä hallitaan kustannuksia, toimenpiteitä ja verkon rakentamisen materiaaleja. (Tekla 2015b)

Järjestelmään kuuluvalla omaisuudenhallintasovelluksella voidaan analysoida verkoston suorituskykyä, varantoja, tilaa, kuntoa, määrää, sijaintia, ikää, alueellisia kulutuksia ja kehitystrendejä. Näiden pohjalta voidaan laskea verkosto-omaisuuden nykyarvo ja jälleenhankintakustannukset. Tekla kunnossapitosovelluksella verkoston tarkastus, korjaus ja kunnossapitotyöt suunnitellaan ja aikataulutaan budjettiin ja resursseihin perustuen. Verkoston kunnossapitotietoja voidaan myös tarkastella ja päivittää mobiililaitteella kentällä. Verkoston kunnosta saadaan ajantasainen kuva ja näin olleen voidaan priorisoida kunnostustoimia.

Teklaan voidaan liittää monia lisäosia kuten asiakastietojärjestelmiä ja järjestelmää voidaan muokata käyttäjän tarpeita varten sopivaksi. Teklan järjestelmän puutteita ovat, ettei sitä voida liittää Scada-järjestelmään, joten se ei saa verkostosta tietoa verkoston hydraulisesta toiminnasta, eikä veden laadusta.

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli kyselyn avulla selvittää mikä tai mitkä vertailuun valituista ohjelmistoista soveltuivat parhaiten Kuopion Vedelle. Työ on esiselvitys mahdollisia tulevaisuuden järjestelmäpäivityksiä varten. Mikään järjestelmä ei ole ominaisuuksiltaan täydellinen. Kaikkia tärkeitä ominaisuuksia ei voi saada samaan järjestelmään. Siksi täytyy valita ovatko mallinnus- vai monitorointiominaisuudet tärkeämpiä.

Parhaiten vertailussa menestyi Schneider Electricin Aquis -hallintajärjestelmä ja Takadun monitorointijärjestelmä. Aquis mallintaa verkostoa ja sitä voidaan käyttää myös suunnittelutyökaluna. Takadu tutkii vedenlaatua ja hälyttää vedenlaadun muutoksista. Molemmat ohjelmistot saavat tietoa verkoston paineesta ja virtaustiedoista, sekä etsivät verkostosta vuotoja. Ne ovat myös vertailun ainoita ohjelmistoja jotka lähettävät asiakkaille ilmoituksia esimerkiksi vedenjakeluhäiriöistä.

Järjestelmien vertailua varten tehtyyn kyselyyn vastasi yhteensä 8 Kuopion Veden työntekijää. Jos vastaajia olisi ollut enemmän, olisi se saattanut muuttaa joidenkin kysymyksien tärkeyden painoarvoa ja näin ollen muuttaa kyselyn tuloksia, mikä olisi muuttanut ohjelmistojen keskinäistä järjestystä. Vielä kyselyn lähettämisen jälkeen uusista lähteistä löytyi lisätietoja, joita olisi voinut hyödyntää kyselyssä. Ne olisivat voineet parantaa joidenkin järjestelmien saamia pisteitä hieman.

Tietoa etsittiin pääasiassa järjestelmien omilta Internetsivuilta, missä niistä pyritään antamaan mahdollisimman hyvä ja myyvä kuva. Pelkästään tämän tiedon pohjalta on hankala saada realistinen kuva järjestelmästä. Toisaalta myös joidenkin järjestelmien Internetsivut olivat paljon informatiivisempiä kuin toisilla. Jotkut ominaisuudet ovat voineet jäädä pimentoon, koska niitä ei ole selkeästi löydettävissä. Vertailusta voisi saada paljon kattavamman, jos olisi mahdollista saada konkreettisia käyttökokemuksia kaikista vertailun järjestelmistä. Työn tärkein tavoite saada ohjelmistojen joukoista parhaiten Kuopion Vedelle sopivat täyttyi hyvin. Ainoastaan yksi tavoite jäi saavuttamatta. Järjestelmien kustannuslaskenta jäi puuttumaan, koska valmistajat antavat kustannusarvion vain tuoteyrityksen omaan käyttöön.

Järjestelmät kehittyvät nopeasti ja uusia ominaisuuksia tulee koko ajan lisää. Kun järjestelmien päivittäminen tulee ajankohtaiseksi, olisi kannattavaa tehdä uusi vertailu tässä tutkimuksessa parhaiten pärjänneiden järjestelmien kesken. Markkinoilla on olemassa paljon vertailussa olleiden ohjelmistojen kilpailijoita, joita voisi ottaa myös mukaan uuteen tutkimukseen.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AKSELA, Kia. (toim.). Vesijohtoverkoston reaaliaikainen hallinta -hanke. Aalto-yliopisto, Insinööri-tieteiden korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos, Vesitekniikka. [verkkojulkaisu]. 2012 [Viitattu 2015-03-02]. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/savel_loppuraportti.pdf

BENTLEY. Yritys [verkkojulkaisu]. 2015a [viitattu: 2015-04-10]. Saatavissa: <http://www.bentley.com/fi-FI/Corporate/>

BENTLEY. Water Gems [verkkojulkaisu]. 2015b [viitattu 2015-04-10]. Saatavissa: <http://www.bentley.com/en-GB/Products/WaterGEMS/>

BENTLEY. Water Gems [verkkojulkaisu]. 2015c [viitattu: 2015-04-10]. Saatavissa: <http://www.bentley.com/en-GB/Products/WaterGEMS/Darwin-Calibrator.htm>

BENTLEY. Water Gems [verkkojulkaisu]. 2015d [viitattu: 2015-04-10]. Saatavissa: <http://www.bentley.com/en-GB/Products/WaterGEMS/Darwin-Designer.htm>

BENTLEY. Water Gems [verkkojulkaisu]. 2015e [viitattu: 2015-04-10]. Saatavissa: <http://www.bentley.com/en-GB/Products/WaterGEMS/Darwin-Scheduler.htm>

BENTLEY. Water Gems [verkkojulkaisu]. 2015f [viitattu: 2015-04-10]. Saatavissa: <http://www.bentley.com/en-GB/Products/WaterGEMS/Pipe+Renewal+Planner.htm>

BENTLEY. Water Gems [verkkojulkaisu]. 2015g [viitattu: 2015-04-10]. Saatavissa: <http://www.bentley.com/en-GB/Products/WaterGEMS/SCADAConnect-Overview.htm>

BENTLEY. Water Gems [verkkojulkaisu]. 2015h [viitattu: 2015-04-10]. Saatavissa: <http://www.bentley.com/en-GB/Products/WaterGEMS/Skelebrator-Product.htm>

BENTLEY. Water Gems v8 käyttöliittymä [valokuva]. i Saatavana: <http://bentley-watergems-v8-xm.software.informer.com/screenshot/301772/>

BLOOMBERG BUSINESS. Takadu. [verkkojulkaisu]. 2015 [viitattu 2015-05-08]. Saatavissa: <http://www.bloomberg.com/bw/articles/2015-01-08/takadu-helps-israel-be-a-most-efficient-water-manager>

ELTEC PETROL. Aquis käyttöliittymä [valokuva]. Saatavissa: <http://www.eltec-petrol.com/water-distribution-system/technology/the-eltec-aquis-system-for-technical-economic-optimisation/>

EPA (U.S. Environmental Protection Agency) [verkkojulkaisu]. 2013 [viitattu: 2015-05-09]. Saatavissa: <http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html>

EPA (U.S. Environmental Protection Agency) 2000. Epanet 2 Users Manual. Cincinnati: OH

FCGSMART. Verkoston toiminnan monitorointi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-02-03]. Saatavissa: <http://www.fcgsmart.fi/ratkaisut/verkoston-toiminnan-monitorointi>

GEOLOGIAN TUTKIMUSLAITOS. Pohjavesi [verkkojulkaisu]. [viitattu 2015-01-27]. Saatavissa: <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/pohjavesi/>

INNALA, Tuulia; MENONEN, Juha 2010. WSP:n mukainen monieste-periaate [valokuva]. Sijainti: Riihimäki: Tekijän omat kuvakansiot.

JUNTUNEN, Petri 2015–05-10a. Kehitysinsinööri. [haastattelu]. Kuopio: Kuopion Vesi.

JUNTUNEN, Petri 2015b. Kuopion vesijohtoverkosto Epanetillä kuvattuna [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän työkuva-albumi.

KUOPION VESI. Tilinpäätöstiedot [verkkoaineisto]. 2013c [viitattu 2015-01-30]. Saatavissa: http://www.kuopio.fi/c/document_library/get_file?uuid=f47022c4-021f-4349-9e32-8403b5c2b6cf&groupId=518539

KUOPION VESI. Vedentuotanto ja – puhdistus [verkkojulkaisu]. 2015a [viitattu 2015-01-28]. Saatavissa: <http://www.kuopio.fi/web/kuopion-vesi/tuotanto-ja-puhdistus>

KUOPION VESI. Verkostot [verkkojulkaisu]. 2015b [viitattu 2015-01-30]. Saatavissa: <http://www.kuopio.fi/web/kuopion-vesi/verkostot>

KUOPION VESI 2008d. Kuopion vesijohtoverkoston pituuden ja vuotojen kehitys [valokuva]. Sijainti: Kuopio: Tekijän työkuva-albumi.

LAIHO, Mikko 2015-05-11. [Digitaaliset kuvat]. Sijainti: Kuopio: Tekijän sähköiset kokoelmat.

NISKANEN, Ilkka 2013. Vesihuollon automaatiojärjestelmät. Savonia-ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2015-02-20]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305209608>

MALMBERG, Jonne 2014. Tekla NIS käyttöliittymä [valokuva]. Sijainti: Vantaa: Tekijän kuva-albumi.

MOTIVA. Vedenkulutus [verkkojulkaisu]. [viitattu 2015-01-27]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus

PITKÄNEN, Perttu. 4g-verkkojen data kulkee Suomessa ilman suojausta [verkkoaineisto]. 2014 [viitattu 2015-03-10]. Saatavissa: <http://www.itviikko.fi/tietoturva/2014/04/03/4g-verkkojen-data-kulkee-suomessa-ilman-suojausta/20144706/7>

PIPELIFE. Muoviputket [verkkajulkaisu]. [viitattu 2015-01-30]. Saatavissa: http://www.pipelife.fi/media/fi/sidosryhmajulkaisut/Muoviputket_ympopas.pdf

ROTI. Yhdyskuntatekniikka [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-01-30]. Saatavissa: <http://www.roti.fi/fin/yhdyskuntatekniikka/pdf>

SCHNEIDER ELECTRIC. Yrityksestä [verkkajulkaisu]. a [viitattu 2015-05-07]. Saatavissa: <http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/yritys/profiili/keita-olemme/keita-olemme.page>

SCHNEIDER ELECTRIC. Aquis [verkkajulkaisu]. b [viitattu 2015-05-07]. Saatavissa: <http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/5100-software/5120-engineering-software/61612-aquis-engineering/?xtmc=AQUIS&xtcr=4>

SONERA. 3G / 4G [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-03-10]. Saatavissa: http://www5.sonera.fi/ohjeet/3G_ja_4G

TAKADU. Integrated Water Network Management [verkkajulkaisu]. a [viitattu 2015-05-08]. Saatavissa: <http://www.takadu.com/files/Cases/TakaduBrochureEnglishPDFOct2014.pdf>

TAKADU. Takadu käyttöliittymä [valokuva]. b Saatavissa: <http://www.takadu.com/category/Downloads>

TEKLA. Tietoa [verkkajulkaisu]. 2015a [viitattu 2015-04-05]. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/tietoa-teklasta/lyhyesti>

TEKLA. Trimble NIS [verkkajulkaisu]. 2015b [viitattu 2015-04-05]. Saatavissa: <http://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-nis>

VESIHUOLTOVERKKOJEN SUUNNITTELU: RIL 237-1. 2010. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

VESIHUOLTO 1: RIL 124-1. 2003. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

VESIHUOLTOLAKI 2001/119, § 15 [verkkoaineisto]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119#a119-2001>

VESILAITOSYHDISTYS. Vesihuolto [verkkajulkaisu]. [viitattu 2015-01-27]. Saatavissa: http://www.vvy.fi/vesihuolto_linkit_lainsaadanto

VESITALOUS. Saneeraukset ja kunnossapito. Kaikki irti vuodoista [verkkojulkaisu]. 2010 [viitattu 2015-03-20]. Saatavissa: http://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2013/05/6_2010.pdf

VILMI, Jouko. GSM-tiedonsiirrosta ratkaisu pienten vesi- ja viemärlaitosten kaukovalvontaan [verkkoinaisto]. 1999 [viitattu: 2015-02-25]. Saatavissa: <http://vilmi.com/julkaisut/julkaisu7.php>

Vilmi, Jouko. Vesihuollon avoin automaatio [verkkoinaisto]. 2010 [viitattu: 2015-03-10]. Saatavissa: http://www.vilmi.com/automaatio/loppuraportti_avoin_automaatio_6_8_2010.pdf

VILMI, Jouko. Radiomodeemiverkon soveltaminen vesihuollossa [verkkoinaisto]. 2004 [viitattu: 2015-02-25]. Saatavissa: <http://vilmi.com/julkaisut/julkaisu3.php>

VILMI, Jouko. Oulun Veden verkostoautomaatio käyttöön [verkkoinaisto]. [viitattu 2015-05-10]. Saatavissa: <http://www.vilmi.com/referenssit/oulunvesiautomaatio05.pdf>

WHITEWATER. BlueBox [verkkoinaisto]. [viitattu 2015-05-07]. Saatavissa: http://www.water.com/uploaded_files/documents/BB_small_U3747.pdf

WHO (World Health Organization). Guidelines for Drinking-Water Quality [verkkoinaisto]. 2004 [viitattu 2015-02-18]. Saatavissa: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_2.pdf?ua=1

LIITE 1: KYSELY KUOPION VEDELLE



Verkoston monitorointijärjestelmien ominaisuuksien vertailu

Alapuolelle on koottu lista kaikista vertailtavien monitorointijärjestelmien ominaisuuksista. Mikään järjestelmä ei sisällä kaikkia lueteltuja ominaisuuksia, joten sinun tehtäväsi on pisteyttää annetut ominaisuudet ajatellen sitä, miten tärkeä ominaisuus mielestäsi on Kuopion vesijohtoverkoston monitoroinnin kannalta. **Huom. Käyttöpäivystäjät vastaavat vain kysymyksiin 1-8!**

**Kuinka tärkeänä pidät että monitorointijärjestelmä:
(1=turha, 5=tärkeä)**

Järjestelmän käyttäminen

1. Vähentää vääriä hälytyksiä *

1 2 3 4 5

2. Antaa yleiskuvan verkostossa kulkevan veden laadusta, kuten iästä, hajusta ja mauista *

1 2 3 4 5

3. Voidaan mukauttaa jokaisen käyttäjän yksilöllisten tarpeiden ja vaatimusten mukaan *

1 2 3 4 5

4. On käyttäjäystävällinen *

1 2 3 4 5

5. On web-pohjainen käyttöliittymä jota voi seurata kaikista mobiililaitteista *

1 2 3 4 5

6. Voidaan käyttää monella eri alustalla, kuten Autocad, MicroStation, ArcGIS ja Stand Alone *

1 2 3 4 5

7. Voidaan liittää SCADA, GIS ja laskutusohjelmistoon *

1 2 3 4 5

8. Ennustaa vedenkulutusta sään, juhlapyhien ja lomien perusteella *

1 2 3 4 5

Kuluttaja

9. Kuluttajilla on ajantasainen tieto tulevista katkoksista tai toimitushäiriöistä

1 2 3 4 5

10. Lähettää kuluttajille automaattisia asiakasilmoituksia

1 2 3 4 5

Suunnittelu/verkon kunnostus

11. Auttaa mitoittamaan uuden vesiputkiston tarkasti

1 2 3 4 5

12. Auttaa uudelleenreitityksen ja huoltotyön suunnittelussa

1 2 3 4 5

13. Mallintaa verkoston toimintaa erilaisissa vedenkulutustilanteissa, jota voi käyttää verkoston suunnittelussa

1 2 3 4 5

14. Hälyttää aikaisessa vaiheessa putkiston vuodoista ja murtumista ja paikantaa ne 1-10 % tarkkuudella

1 2 3 4 5

15. Hälyttää aikaisessa vaiheessa veden laatuhäiriöistä

1 2 3 4 5

16. Havaitsee mittarien rikkoontumiset

- 1 2 3 4 5

17. Antaa hyödyllistä informaatiota päätöksenteon ja suunnittelun tueksi

- 1 2 3 4 5

Kustannukset

18. Optimoi pumppujen käytön, mikä vähentää sähkönkulusta, pienentää verkoston painetta ja hallitsee paineiskuja

- 1 2 3 4 5

19. Optimoi veden käsittelyprosessin kemikaalien käytön, kuten kloorin

- 1 2 3 4 5

20. Pienentää kenttälaitteisiin kohdistuvia kokonaiskustannuksia

- 1 2 3 4 5

21. Maksaa itsensä takaisin nopeasti

- 1 2 3 4 5

22. Pienentää vuotovesien määrää

- 1 2 3 4 5

Muut yleiset ominaisuudet

23. Parantaa veden laatua

- 1 2 3 4 5

24. Mahdollistaa kaikille työntekijöille tietojen saamisen paineesta, virtauksesta ja veden laadusta milloin tahansa

- 1 2 3 4 5

25. Pystytään toimittamaan nopeasti 4-6 viikossa

1 2 3 4 5

26. Voidaan muokata Kuopion veden tarpeiden mukaan

1 2 3 4 5

27. Tuottaa raportteja halutuista tiedoista esimerkiksi veden laadusta

1 2 3 4 5

28. Tallentaa menneet tapahtumat, joita voi myöhemmin tarkastella

1 2 3 4 5

29. Laita alla olevat parametrit tärkeysjärjestykseen(1=tärkein, 3=vähiten tärkeä) jotka ovat mielestäsi tärkeimmät kun halutaan selvittää verkoston hydrauliiikkaa

1 2 3

Veden määrän mittaus

Verkoston paineen mittaus

Veden virtaus

30. Valitse alla olevista vaihtoehdoista mielestäsi 4 tärkeintä parametria kun halutaan selvittää verkoston veden laatua:

- sähkönjohtavuus ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Kuvaa vedessä olevien sähköä johtavien yhdisteiden, ns. elektrolyyttien määrää. Mitä suurempi arvo, sitä enemmän vedessä on ravinteita)
- ominaisvastus ($\text{Ohm}\cdot\text{cm}$) (Kuvaa vedessä olevien sähköä johtavien yhdisteiden määrää. Sähkönjohtavuuden käänteisluku)
- Lämpötila (kuvaa verkostossa olevan veden lämpötilaa, voidaan verrata kuinka lämpötila muuttuu verkostossa liikkeessä)
- Jäännöskloori tai kokonaiskloori (kuvaa kuinka kloori kuluu verkostossa)
- Sameus (NTU)(Kuvaa vedessä olevien hiukkasten määrää. Mitä enemmän hiukkasia, sitä sameampaa vettä)
- UV- absorbanssi (mittaa veden väriä, jolloin saadaan epäsuorasti tietään liuenneen orgaanisen aineksen määrä).
- pH (kuvaa happamuuden määrä)
- suolaisuus (ppt) (kuvaa veteen liuenneen suolan määrää)
- Liennut kiintoainne (g/l) (kuvaa kuinka paljon kiintoaineista on liennut veteen)
- hapetus-pelkistys potentiaali (mV) (kuvaa liuoksen kykyä luovuttaa tai ottaa vastaan elektroneja)