

JÄTEVESIVIEMÄRISTÖN VUOTO- JA HULEVESIMÄÄRIEN ALUEELLINEN SELVITYS

Kohdeyrityksenä Jämsän Vesi Liikelaitos

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikan suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
Kevät 2011
Esa Jalomäki

Lahden ammattikorkeakoulu

Tekniikan ala

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

JALOMÄKI, ESA: Jätevesiviemäristön vuoto- ja hulevesimäärien
alueellinen selvitys
Kohdeyrityksenä Jämsän Vesi Liikelaitos

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 34 sivua, 1 liitesivu

Kevät 2011

TIIVISTELMÄ

Jätevesiverkoston sekä jätevedenpuhdistamon toiminnan kannalta on tärkeää, että verkostoon ei johdetaisi eikä muutenkaan pääsisi muuta kuin jätevettä. Vuoto ja hulevedet aiheuttavat ongelmia niin puhdistamon biologiselle prosessille, kuin jätevesiverkoston tulvimisriskin sateiden ja lumensulamisen aikaan. Lisäksi lisääntynyt puhdistettavan jäteveden määrä aiheuttaa taloudellisia lisäkustannuksia jätevedenpuhdistamolle.

Tämä työ on tehty Jämsän Vesi Liikelaitokselle tehdyn vuotovesiselvityksen toteutuksesta ja tuloksista. Selvityksessä tarkasteltiin Jämsän Vesi Liikelaitoksen jätevesiviemäristöä ja sen vuoto- ja hulevesimääriä. Tarkastelun aineistona käytettiin jätevesipumppaamojen pumppaustietoja, jätevedenpuhdistamon virtaustietoja, jäteveden laskutustietoja sekä verkostossa suoritettujen virtausmittausten tuloksia. Näillä tiedoilla laadittiin karkea mallinnus verkoston vuotovesimääristä.

Työssä käsitellään aluksi peruskäsitteitä, kuten hule- ja vuotovesiä sekä viemäröinnin yleisimmät toteutustavat. Viemäreiden saneerauksesta käsitellään yleisimmin käytettyjä viemäristön saneerausmenetelmiä sekä saneerauksen suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä pääkohtia. Työssä käydään läpi myös muutamia tutkimuksen ulkopuolisia vuoto- ja hulevesimäärien selvitykseen liittyviä menetelmiä.

Tutkimuksen tuloksena saatiin selvitettyä vuoto- ja hulevesimääriä koko jätevesiverkoston alueella sekä rajattua niitä pumppaamotietojen ja virtausmittausten perusteella pienempiin alueisiin. Tutkimuksessa löytyi myös useita virheellisiä pumppaamojen pumppausmittareita, jotka rajasivat tutkimuksen tarkkuutta. Virtausmittauksien osalta ei tutkimuksessa päästy alkutavoitteisiin, erinäisten ongelmien takia. Mittauksista saatiin kuitenkin kokemusta mittausten suorittamisesta ja niihin liittyvistä ongelmista.

Avainsanat: hulevesi, vuotovesi, jätevesi, viemäröinti, jätevedenpumppaamo

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology
Degree Programme in Environmental Technology

JALOMÄKI, ESA: Regional clarification on the quantity inflow and infiltration of a sanitary sewer system
Jämsä Water Business Administration

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 34 pages, 1 appendix

Spring 2011

ABSTRACT

For a sewage network and wastewater treatment plant operation it is important that the network does not end up with anything else than waste water. Infiltration and Inflow cause problems for the capacity of the plant as well as for the biological treatment processes. Infiltration and inflow also cause a risk of overwhelming of the sewage network. An increased volume of waste water also causes additional cost for the wastewater treatment plant.

This study was commissioned by the Jämsä Water Business Administration and it is based on the in implementation and the results of an infiltration report. The report analyzed the Jämsä Water Business Administration's sanitary sewer system inflow and the quantity of the infiltration. The material used in the report was information on wastewater pump's, the flow in wastewater treatment plants, information on wastewater billing, and the results received from the measurements from network flow. A rough modelling of the inflow and the infiltration amount of the wastewater network was carried out based on the previous information.

This work begins with the basic concepts, such as inflow, infiltration and the most common methods of implementing a sewage system. The commonly used methods in sewage systems as well details related with the reorganisation of the planning and implementation process are also discussed. This study also introduces some inflow and infiltration methods, which do not relate to this study.

As a result of the study, the amount of inflow and the infiltration of the entire sewage network area were clarified. The study also found a number of pumping stations where data was incorrect, which limited the accuracy of the study. The study did not reach all the objectives because of the various problems, but it provides experience on measuring and possible problem occurring.

Key words: inflow, infiltration, waste water, sewage, wastewater pumping

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	VUOTO- JA HULEVEDET	2
3	VIEMÄRÖINTI	6
4	VUOTO- JA HULEVESIMÄÄRIEN SELVITTÄMINEN	8
4.1	Kuvausmenetelmät	8
4.2	Savukoe	9
4.3	Pumppaamotiedot ja virtausmittaukset	11
5	VIEMÄRISTÖN SANEERAUS	12
6	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	19
6.1	Laskutustiedot	20
6.2	Virtausmittaukset	20
6.3	Pumppaamotiedot	21
7	TULOKSET	23
7.1	Virtausmittauksien tarkastelu	25
7.2	Pumppaamotietojen tarkastelu	29
8	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET	35
	LIITE	36

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyö on tehty Jämsän Vesi Liikelaitokselle tehdyn vuotovesitutkimuksen toteutuksesta ja tuloksista. Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia Jämsän kaupungin viemäriverkoston vuotovesiä sekä selvittää niiden syitä. Jätevesiverkoston vuotovesien vähentäminen on osa tavoitetta vähentää jätevedenpuhdistamon kuormitusta ja ohijuokсутustarvetta.

Etenkin keväisin vuotovedet ovat olleet suuri ongelma Jämsän keskusvedenpuhdistamolla. Puhdistamolla on suuresta hetkellisestä kuormituksesta johtuen, jouduttu ohijuokсутtamaan puhdistamolle tulevia jätevesiä, hiekanerotuksen ja väljän jälkeen suoraan Päijänteeseen laskevaan jokeen.

Tutkimuksen alkutietona on käytetty laskutettua jätevesimäärää verrattuna jätevedenpuhdistamolle tulevaan jätevesimäärään. Verkoston eri alueita on tarkasteltu pumppaamojen pumppaustietojen perusteella. Lisäksi on syksyn 2010 ja alkutalven 2011 aikana suoritettu virtaamamittauksia, osassa verkostoa. Tutkimuksen tuloksista laadittiin raportti, jossa käytiin läpi tutkimuksessa mukana olleiden pumppaamojen pumppaustiedot yksitellen. Raportin laadinnassa opasti FCG-konsulttitoimiston suunnittelupäällikkö Antti Smolander. Tässä työssä ei enää keskitytä yksittäisiin pumppaamoihin vaan painotus on toteutuksessa, lopputuloksissa ja yhteenvedossa.

2 VUOTO- JA HULEVEDET

Erillisviemärointijärjestelmässä tavoitteena on, että viemäriin ei johdettaisi tai muutenkaan pääsisi muuta kuin jätevettä. Jätevesiverkostoon päässeestä muusta vedestä käytetään englanninkielisiä termejä inflow ja infiltration, joiden vastineina suomen kielessä voi ajatella olevan hulevesi ja vuotovesi. Suomessa on jonkin verran eroja siinä, mitä missäkin lähteessä luetaan vuotovesiksi ja mitä hulevesiksi, joten tässä työssä käytetään infiltration ja inflow määritelmien mukaista määrittystä. (Global Water instrumentation INC, 2010.)

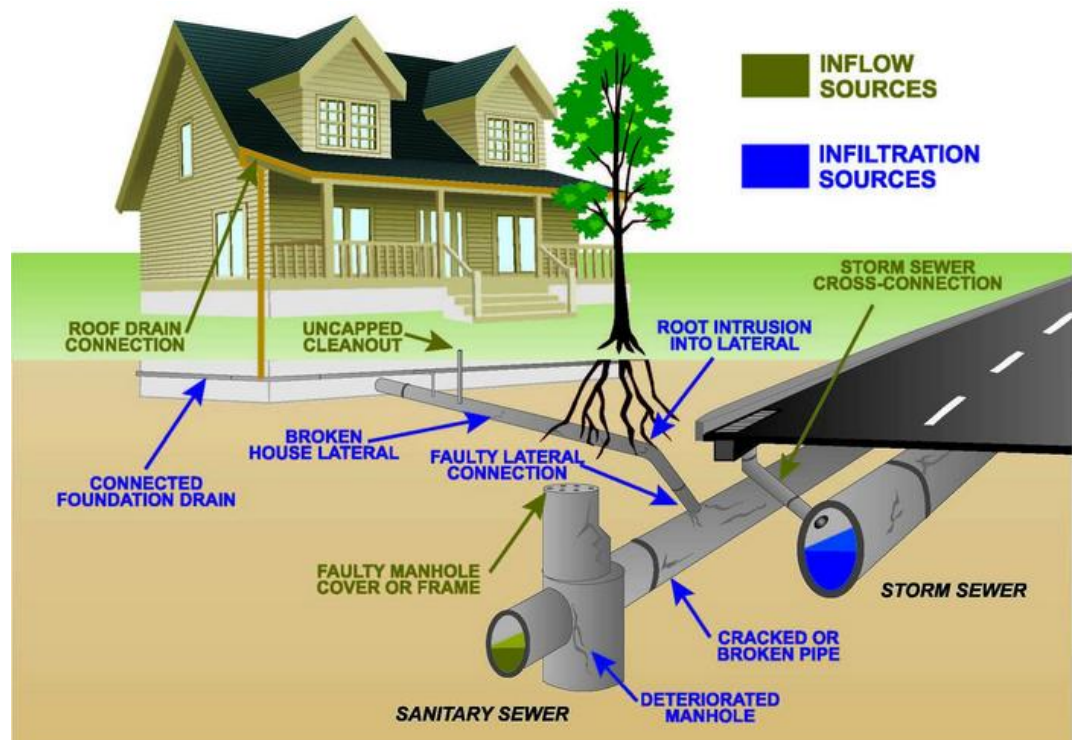
Aiemmin vuoto- ja hulevesien määrällä ja johtamisella viemäriverkostoon ei ollut suurtakaan merkitystä. On jopa pidetty hyvänä, että viemäriverkkoon johdetaan hulevesiä, sateiden aiheuttaman virtaamanvoimistumisen ja sen aiheuttaman tehokkaan viemäriin huuhtelun vuoksi. Kun jätevedenpuhdistusvaatimukset ovat nousseet, on myös huomio hulevesien ja vuotovesien määrään ja niiden vähentämiseen kasvanut. Niin hule- kuin vuotovedetkin ovat alkujaan puhtaita vesiä, joten niiden käsittelylle jätevedenpuhdistamolla ei ole mitään syytä. Vuoto- ja hulevesien määrien selvittäminen ja vähentäminen viemäriverkossa onkin noussut hyvin tärkeäksi tekijäksi. (Karttunen, Tuhkanen & Kiuru 2004, 463 - 465)

Hulevesi eli inflow on sade- ja lumensulamisvettä, joka tulee jätevesiviemäriin suoraan johdettuna. Pääasiassa viemäriin johdetut hulevedet ovat katto-, piha- tai kellarivesiä, jotka on johdettu joko tahallisesti tai tahattomasti viemäriverkostoon. Syynä huleveden johtamiselle viemäriverkostoon voi olla hulevesiverkoston puute tai välinpitämättömyys. (Global Water instrumentation INC. 2010.)

Vuotovesi eli infiltration on pohjavettä, joka pääsee viemäriin halkeamien tai viemäriputken vuotojen kautta. Halkeamat ja vuodot viemäriissä tai kaivoissa voivat johtua ajan ja kulutuksen aiheuttamista heikkenemisestä, liitosten heikentymisestä, huonosta suunnittelusta, asennus- tai huoltovirheistä tai kasvillisuuden juurien aiheuttamista rikoista. Pohjavesi pääsee kulkeutumaan viemäriin näistä halkeamista ja vuotokohdista sellaisilla alueilla, missä viemäriputki kulkee pohjave-

den alapuolella tai sateiden aikaan muillakin alueilla, kun maa vetistyy. (Global Water instrumentation INC. 2010.)

Kuviossa 1 on havainnollistettu hule- (inflow) ja vuotovesien (infiltratio) pääsyä jätevesiviemäriin.



KUVIO 1. Vuoto- ja hulevesien pääsy viemäristöön (Inflow & Infiltration 2011)

Hulevesien hallinta ja määrä

Hulevesiviemärit on tarkoitettu sadevesien ja perustusten kuivatusveden poisjohtamiseen. Hulevesi on alkujaan pääasiassa sadetta. Tärkeää on kuitenkin huomioda, että kaikki sadevesi ei ole hulevettä. Osa sadevesistä imeytyy maaperään eikä näin ollen muodostu hulevedeksi. Huleveden muodostuminen ei ole pelkästään sateella tapahtuvaa vaan myös lumiensulaminen aiheuttaa hulevesiä, kuten myös katujen huuhteluvedet. Hulevesi virtaa viemäriin pääasiassa kaduilta, pajoilta, katoilta, pihoilta ja muilta rakennetuilta alueilta. Huleveden määrään vaikuttavat monet eri tekijät, kuten sateen rankkuus, sateen määrä, valuma-alueen maanpinnan vedenläpäisevyys ja kaltevuus. Märkä ja vedestä kyllästynyt maa ei pysty enää imemään vettä, niinpä sateettomilla jaksoilla ja niiden pituudella on vaikutusta hulevesien määrään. Maastolliset ominaisuudet, kuten pintojen

kaltevuuden kasvu ja huonosti vettäläpäisevien tai läpäisemättömien pintojen kasvu, lisäävät hulevesien määrää. Myös ilmastolliset seikat, kuten matala lämpötila ja lyhyt poutakausi, lisäävät hulevesiä. Korkea lämpötila ja tuuliset olosuhteet vastaavasti lisäävät haihduntaa ja näin ollen vähentävät hulevesien määrää. Suurimmat hulevesimäärät syntyvät kevään lumensulamisen aikaan ja syksyn sateiden aikaan etenkin tiheästi asutuilla alueilla. (Kannala 2001, 13.)

Hulevesien määrän arviointiin on kehitetty monia eri menetelmiä. Valumakertoimen käyttö on hyvin yleinen tapa tutkia hulevesien määrää. Siinä alueelle on määritetty kerroin kuvaamaan alueen pintavalunnan osuutta. Tarkempi mutta työläämpi tapa on tarkastella aluetta tutkitun tai kokemusperäisen vakion avulla, jolla määritetään alueen imeytymis- ja haihtumismääriä. Alla on esitetty Ruotsalaisen tutkimuksen perusteella tehty kaava, jolla voidaan arvioida alueen hulevesimäärää. (Kannala 2001, 14.)

$$Q_v = a * A * (P - b) * 10^{-3}$$

Q_v = hulevesivalunta vuodessa (m^3)

a = valuma-alueen vettäläpäisemättömien, kovapintaisten pinta-alojen osuudesta riippuva vakio

A = kovapintaisten pinta-alojen kokonaispinta-ala valuma-alueella (m^2)

P = vuoden kokonaissadanta (mm)

b = maanpinnalta haihtuvan veden osuus (mm)

Vakion a arvot erilaisilla alueilla:

– omakotitalo alue	0,5 - 0,6
– kerrostaloalue	0,6 - 0,7
– keskusta-alue	0,8 - 0,9

A voidaan määrittää karttojen tai ilmakuvien perusteella seuraavasti:

- omakotitaloalueella 10 - 20 % kokonaispinta-alasta
- kerrostaloalueella 30 – 50 % kokonaispinta-alasta
- keskusta-alueella 80 % kokonaispinta-alasta

(Kannalla 2001, 14).

Kaavalla laskettu arvo Q ei huomioi salaojituksesta eikä vuotovesistä johtuvaa valuntaa, vaan ainoastaan vettäläpäisemättömiltä pinnoilta muodostuvan valunnan määrän. Osa sadevedestä varastoituu maanpinnalle painanteisiin ja pintarakenteen huokosrakenteeseen. Tämä osa sadantaa ei siis esiinny pintavaluntana eikä imeydy maaperään. Eri pinnoille pidättyneen veden määrä riippuu pinnan vedenvarastointikyvystä; mitä rakennetumpi alue, sitä vähäisempää on veden varastoituminen. Kasvustolla on maanpintaa suojaava vaikutus ja se estää maanpinnan kovettumista, jolloin maan imentäkyky paranee. Sadannasta haihtuu huomattava määrä sadannasta, Etelä- ja Keski-Suomessa haihdunta on noin 350 - 400 mm vuodessa. Haihduntamäärä laskee pohjoiseen siirryttäessä. Vuosihaihdunnasta yli puolet tapahtuu kolmen kesäkuukauden aikana. (Kannalla 2001, 14 - 15.)

Valunnan määrän ja laadun hallinta on kaupunkialueen huleveden hallinnan perusta. Rakenteellisilla ratkaisuilla voidaan vaikuttaa poisjohdettavan huleveden määrän muodostumisnopeuteen. Rakennetut päällystetyt vettäläpäisemättömät alueet muodostavat hulevettä, jolloin ennaltaehkäisy hulevesien muodostumisessa vaatii näiden rakenteiden muuttamista. Muutoksilla pyritään entistä luonnonmukaisempaan hulevesien hallintaan, jossa hulevesiä pyritään imeyttämään maahan (Kannalla 2001, 33.)

3 VIEMÄRÖINTI

Pääasiallisesti viemäröintijärjestelmä jaetaan kahteen pääryhmään: sekaviemäröintiin ja erillisviemäröintiin. Sekaviemäröinti on järjestelmä, jossa jäte-, hule- ja kuivatusvedet johdetaan samassa viemäriputkessa toisiinsa sekoittuneena. Sekaviemäröinnin tulvariskin pienentämiseksi on yleistä, että sekaviemäröintiviemärisä on niin sanottuja tulvakynnysrakenteita. Näiden rakenteiden avulla voidaan sateiden tai lumensulamisen aiheuttaman tulvimisen estämiseksi osa viemäriin vedestä johtaa suoraan vesistöön. Tällaisilla ratkaisuilla voidaan viemärikoko pitää pienempänä kuin tulvahuiput vaatisivat, myös rakennuskustannuksissa säästetään. Sekaviemäröinti on ollut alkujaan pääasiallinen viemäröinti menetelmä, myöhemmin siitä on pääasiassa luovuttu, sen tuottaman suuren jätevesimäärän takia. Mutta etenkin kaupunkien tiheästi asutuilla keskusta alueilla, käytetään sekaviemäröintiä edelleenkin. (Karttunen ym. 2004, 454.)

Erillisviemäröinnissä jätevedet johdetaan omassa viemäriputkessaan ja hulevedet omassa viemäriputkessaan tai avoviemäriin. Erillisviemäröintiin ei siis tulisi johtaa muuta kuin jätevettä. Perustusten kuivatusvedet saatetaan kuitenkin joutua johtamaan jätevesiviemäriin, jollei muuta mahdollisuutta ole käytettävissä. Etenkin jos hulevesiviemäriä ei ole tai se ei ole tarpeeksi syvällä kuivatusvesien johtamiselle. Erillisviemäröinnissä on myös mahdollista, että joillain alueilla olosuhteiden niin vaatiessa osa hulevesistä saatetaan joutua johtamaan jätevesiviemäriin. Tällaiset ratkaisut ovat yleisiä etenkin alueilla, joilla ei ole hulevesiviemäröintiä, vaan hulevesien johtaminen tapahtuu avo-ojassa ja osalle alueesta ei avo-ojia voi sijoittaa. (Karttunen ym. 2004, 454.)

Pääasiallisesti viemäröinnissä käytetään painovoimaista viemäröintiä, missä veden virtaus syntyy painovoiman aiheuttamana. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, vaan maaston korkeuserot tai vesistöt aiheuttavat tarpeen pumppaamolle ja paineviemäriille. Vedenjakaja ei kuitenkaan ole ainoa syy pumppaamojen tarpeelle, vaan joskus tasaisten viemäriosuuksien pieni kaltevuus ei riitä tarpeelliseen viemäriveden virtaukseen, vaan tarvitaan pumppausta. Kiinteistökohtaiset pumppaamot ovat myös yleisiä, kun halutaan pumpata kellarikerroksista jätevettä katu-

viemäriin, joka sijaitsee kiinteistön viemäritasoa ylempänä. Myös jätevedenpuhdistamolle saatetaan tarvita pumppausta veden virtauksen aikaansaamiseksi eri puhdistusvaiheiden lävitse. (Karttunen ym. 2004 487.)

Paineviemäriä käyttämällä voidaan pienentää viemärin kokoa ja vapaudutaan maaston korkeuserojen huomioinnilta. Paineviemäriä käytettäessä kiinteistöjen yhteydessä on oma pumppaamo, joka pumppaa jäteveden viemäriin, joka toimii paineellisena. Paineviemärin haittana on anaerobinen tila viemärissä, tämä aiheuttaa hajuhaittoja. Hajuhaitat ja alttius toimintahäiriöille ovat rajanneet järjestelmän suosiota. (Karttunen ym. 2004, 456.)

4 VUOTO- JA HULEVESIMÄÄRIEN SELVITTÄMINEN

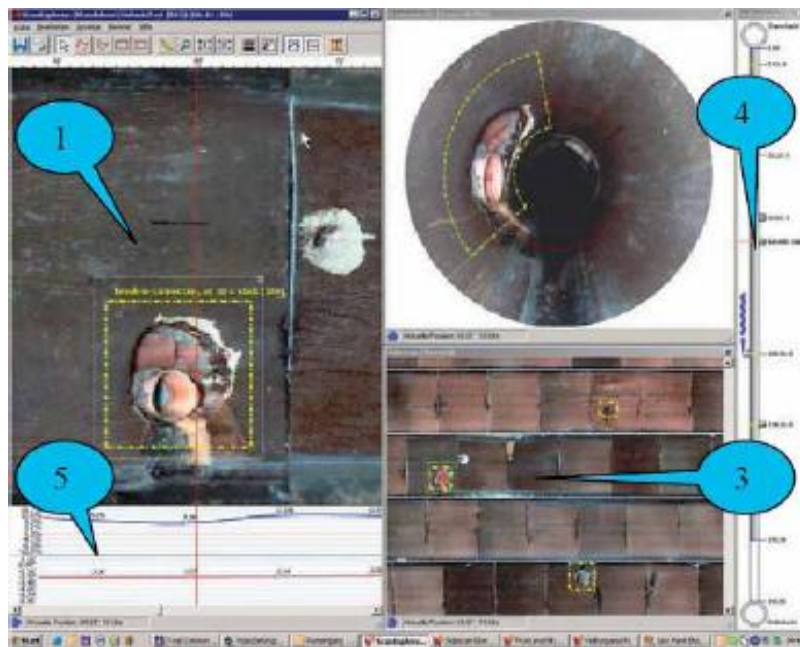
4.1 Kuvausmenetelmät

Tv-kuvaus ja digitaalinen kuvaus ovat viemärien kuvausmenetelmiä. Näistä käytetympi on tv-kuvaus, jota viemärien kuntotutkimuksissa on käytetty jo 80-luvun puolivälistä alkaen. Ensimmäiset viemärikuvaukseen tarkoitetut kamerat olivat suhteellisen suurikokoisia ja kuvasivat mustavalkoista kuvaa viemäristä. Kuvaus oli hidasta ja verrattain kömpelöä, sillä laitteistoa piti vetää köydellä viemärissä. Myöhemmin kameratekniikka on kuitenkin parantunut ja kamerat pienentyneet, jolloin kuvaaminen on helpottunut ja nopeutunut. Toinen tärkeä asia viemäriin kuvauksen kehittämisessä on ollut kuvausten raportoinnin ohjelmistojen kehitys. Vielä kymmenen vuotta sitten kuvausraportin täyttäminen tapahtui käsin, nykyisin kuvaus ja raportointi tallennetaan ja raportoidaan tarkoitukseen suunnitellulla tietokoneohjelmalla. Kuvauksella saadaan myös viemäristöstä pystyprofiili, jolloin voidaan viemäristä löytää myös mahdollisia painaumia. (Kuikka 2007.)

Nykyisin ei juuri enää puhuta pelkästä viemäriin tv-kuvauksesta, vaan viemäriin kuntotutkimuksesta. Pelkän kuvamateriaalin lisäksi luovutetaan kirjattu arvio havaituista vioista ja arvio niiden vika-asteesta. Kirjaamisessa noudatetaan kyllä yleisesti hyväksytyjä sääntöjä, mutta silti raportti jää helposti hieman vaikeasekoiseksi ja vaatii tarkkaa asiaan perehtymistä. Aikaavievan tarkastelun takia monesti raporteista luetaankin ainoastaan niiden lopun yhteenveto, jolloin arvioiden tekeminen on pitkälti kuvaajan vastuulla. Kuvauksen perusteella tehdään monesti suuria taloudellisia päätöksiä, joten kuvaajan ammattitaidolla on erittäin suuri merkitys kuvauksen tulkinnessa ja raportin laadinnassa. (Kuikka 2007.)

Digitaalinen viemäriin kuntotutkimus on tullut markkinoille 2000 luvun alussa. Menetelmässä kuva- ja kuntotiedot tallennetaan suoraan digitaaliseen muotoon, jolloin niiden käsittely nopeutuu ja helpottuu. Digitaalisessa kuvausmenetelmässä kuvaus suoritetaan 360-asteisena. Kuvaajan ei näin ollen tarvitse enää pysähtyä kuvaamaan huomattuja vikapaikkoja, vaan laitteisto voidaan ajaa pysähtymättä

viemäriosuuden läpi. Kuvatusta putkesta voidaan luoda erilaisia tarkastelumalleja, kuten kuvassa 2 on esitetty. Materiaalia läpikäytäessä voidaan yhtä viemäriosuutta tarkastella samanaikaisesti useasta eri kuvasta jolloin kohteen havainnointi paranee ja on helpompi ja nopeampi ymmärtää, mikä vika on kyseessä ja millaisissa olosuhteissa. (Kuikka 2007.)



KUVIO 2. Digikuvauksella saatu kuva viemäristä (Kuikka 2007)

4.2 Savukoe

Jätevesiverkostoon johdetut luvalliset ja luvattomat hulevedet aiheuttavat suuren rasituksen jätevedenpuhdistamolle. Useasti vesilaitoksella ei ole kattavaa tietoa jätevesiviemäriin liitetystä hulevesiliitoksesta. Tiedonpuutteesta johtuen jätevesiviemäriin johdetut hulevedet voivat lumensulamisen ja rankkojen sateiden aikaan aiheuttaa viemärin tulvimisriskin, etenkin alueilla, joissa niitä ei ole otettu huomioon viemäriä mitoittaessa. Tämä tiedonpuute aiheuttaa suuria ongelmia myös arvioitaessa eri alueiden vuotovesimääriä. Hulevedet voidaankin monesti virheellisesti tiedonpuutteen takia laskea ainakin osittain vuotovesiksi. Tällainen virhearvio voi johtaa turhiin verkoston saneerauksiin, jolloin todelliset syyt jäävät korjaamatta. Viemärilaitoksella olisikin syytä olla toimintamalli/-suunnitelma siitä, miten seurataan ja valvotaan hulevesiliitoksia viemärilaitoksen toiminta-alueella.

Liittymäkohdat tulisi lisätä käytössä olevaan verkostokarttaan, tämä mahdollistaisi hyvän kokonaiskuvan saamisen alueittain hulevesiliitosten määrästä. (Ei savua ilman viemärin vuotokohtaa 2011.)

Savukokeilla pystytään selvittämään alueellisten vuotovesien perimmäinen aiheuttaja ja alkuperä. Kun selvitetään vuotovesiä ja tavoitellaan niiden määrän vähentämistä, tulee huomio kiinnittää verkoston yleisen kunnon lisäksi kiinteistöjen viemäriin sekä hule- ja kuivatusvesien johtamiseen. Tällaisessa tarkastelussa savukoe on erinomainen apuväline. (Ei savua ilman viemärin vuotokohtaa 2011.)

Savukokeen suorittamisen ensimmäisenä vaiheena tulee rajata tarkasteltavat alueet viemärikarttojen ja edeltävien tutkimusten perusteella. Kartoista tulee näkyä viemäriverkostot ja -kaivot alueittain sekä mahdollisuuksien mukaan myös kiinteistöviemärit ja -kaivot sekä kiinteistöjen sijainnit. Alueilla, joista ei alkutietojen mukaan tule juurikaan vuoto-/hulevesiä on turha lähteä tekemään savukokeita. Kun alueet on valittu, on alueiden asukkaita ja paikallista palolaitosta tiedotettava tulevasta savukokeista. Asukkaiden tulee pyrkiä huolehtimaan että viemäri-vesilukot ovat täynnä vettä, ettei savu pääse viemäristä asuinhuoneistoihin. (Ei savua ilman viemärin vuotokohtaa 2011.)

Savukokeen suorittaminen tapahtuu johtamalla savua tutkittavaan viemäriosuuteen. Savu kulkeutuu viemäriessä nopeasti ja purkautumispaikat on helppo huomata. Parhaiten savukoe onnistuu käyttäen agrikaattia ja erillistä savukonetta. Savu ohjataan viemäriin taipuisalla putkella, jonka pää on kiinnitetty säädettävän jatkovarteen kohdistamisen helpottamiseksi. Putken pää asetetaan tarkastuskaivossa haluttuun viemärilähtöön ja savukone käynnistetään. Näin toimimalla saadaan selvitettyä tarkasti, mistä viemärilähdöstä kulkee yhteys mihinkin purkautumispaikkaan. Savukoe voidaan suorittaa myös yksinkertaisemmalla laitteistolla johtamalla savu pelkästään tarkastuskaivoon. Tällä menetelmällä ei kuitenkaan voida varmistua savun kulkeutumisesta jokaiseen kaivosta lähtevään viemärilähtöön. Savun kulkeutumista voi estää vedellä täyttynyt painanne, vesilukko tai jokin muu tukos viemäriessä. Tällaiset tukokset pystytään toteamaan ja rajaamaan, kun savu johdetaan kerrallaan yhteen viemärilähtöön.

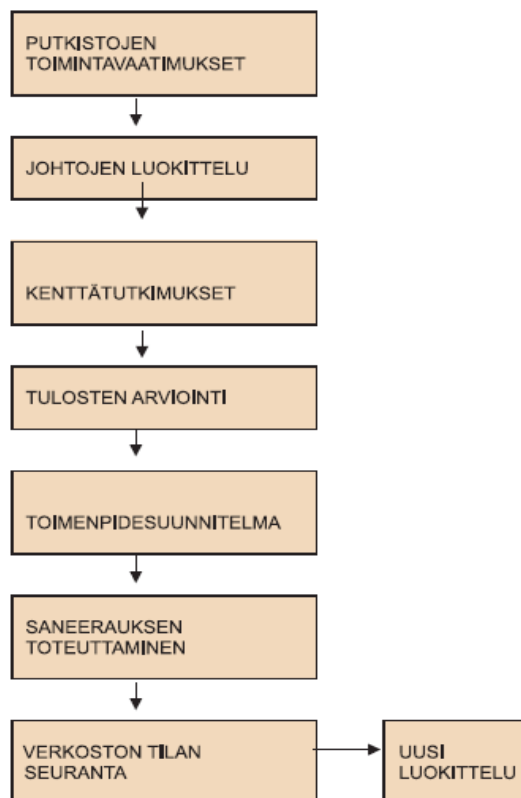
4.3 Pumppaamotiedot ja virtausmittaukset

Viemärissä kulkevan veden määrä on yksi ensimmäisistä viemärien kunnon tarkastelussa käytettävistä menetelmistä. Jätevedenpuhdistamolla mitataan tulevan veden määrää. Tätä virtaamaa seuraamalla saadaan hyvä kuva koko verkostoon tulevasta vuoto- ja hulevesienmäärästä ja kausivaihtelusta. Tarkempaa tarkastelua varten verkosto olisi saatava jaettua pienempiin osiin, mikä yleensä onnistuu, jos verkostossa on jätevedenpumppaamoita. Useasti pumppaamoalueilla ei kuitenkaan saada jaettua alueita kooltaan kovin tasaisiksi alueiksi. Pumppaamoalueiden koko voi vaihdella muutaman kiinteistön pumppaamoalueista, koko kaupungin keskustan kattavaan pumppaamoalueeseen. Lisäksi kaikilta pumppaamoilta ei ole saatavilla tietoa pumppausmääristä. Silloin kun pumppaamotiedot ovat käytettävissä, saadaan niiden avulla selvitettyä karkeasti eri alueiden vuotovesimääriä ja näin ollen selvitettyä alueet, joilla lisätarkastelu on tarpeen.

5 VIEMÄRISTÖN SANEERAUS

Viemäristön saneerauksen lähtökohtana tulee pitää huolellista lähtötietojen keruuta ja tulkintaa. Lähtötietoina toimivat verkostojen perustiedot, kuten materiaalit, ikä, edeltäneet tutkimukset ja huomiot, kuten jätevesimäärät ja niiden vaihtelu. Alkutietojen jälkeen verkosto voidaan jakaa luokkiin sen mukaan missä voidaan olettaa suurimpien ongelmien olevan. Ilman kattavaa alkuselvitystä ja huolellisesti toteutettua saneerausta ei lopputuloksessakaan voida päästä parhaaseen mahdolliseen tulokseen toiminnallisesti eikä taloudellisesti. Hyvä runko saneerausprosessille on esitetty taulukossa 1. Taulukon 1 mukainen prosessi antaa hyvän pohjan saneerausprosessin läpikäymiselle siten, että verkostokokonaisuus tulee huomioitua pienemmissäkin saneerauspäätöksissä. (Isakow 2004.)

TAULUKKO 1. Saneerauksen toteutus (Isakow 2004)



Saneerauksen ajankohta ja saneerausmenetelmä määritellään edeltäneiden vaiheiden perusteella kohdassa tulosten arviointi. Tästä arviosta laaditaan toimenpidesuunnitelma. Toimenpidesuunnitelman laadinta vaatii monien eri tekijöiden huo-

miointia. Taulukossa 2 on esitetty joitain tarpeellisia huomioita liittyen toimenpidesuunnitelman laadintaan. (Isakow 2004.)

TAULUKKO 2. Toimenpidesuunnitelman laadinnassa huomioitavia asioita (Isakow. 2004)

• mikä on hankkeiden kiireellisyysjärjestys? • onko jokin johtolinja vastaisuudessa enää edes tarpeellinen? • mikä on johto-osalle määriteltävä käyttöikä? • onko mahdollista muuttaa johtokokoa ehkä merkittävästikin? • minne tarvitaan lisää vesijohdon sulkuventtiilejä? • harvennetaanko viemärin kaivovälejä?	• putkistojen kunto, mitä puhdistus- ym. toimenpiteitä se edellyttää ja voidaanko vanhoja rakenteita käyttää hyväksi? - mitkä ulkoiset olosuhteet vaikuttavat saneeraustyöhön (maankäyttö, pohjavesi)? • työn ajankohta, • oman työn ja ostopalvelujen suhde, • oheistyöt kuten tonttijohtojen samanaikaiset saneeraukset, • miten vaikuttaa tonttiliittymien määrä? • muun kunnallistekniikan toteutus.
--	--

Saneeraustöiden onnistumisen kannalta on tärkeää valmistella töiden aloittaminen hyvin. Varsinainen saneeraustyö saattaa olla ohitse muutamissa tunteissa, mutta vain jos valmistelutyöt on suunniteltu ja toteutettu huolella. Valmistelutyöt saattavatkin usein viedä moninkertaisen määrän aikaa itse saneeraustyöhön verrattuna. Valmisteluvaiheessa onkin tarpeen huomioida isojoukko eri asioita onnistuneen ja nopean lopputuloksen saamiseksi. (Isakow 2004.) Taulukossa 3 on esitetty yleisimpiä valmisteluvaiheessa huomioitavia asioita.

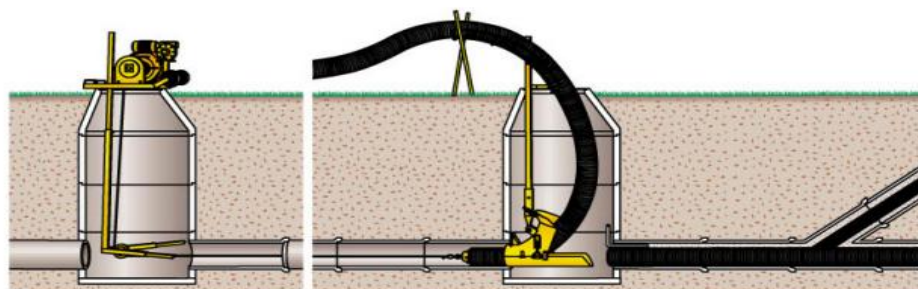
TAULUKKO 3. Valmisteluvaiheessa huomioitavaa (Isakow 2004)

• liikennejärjestelyt • ulkopuolisille aiheutuvien häiriöiden minimointi • asian riittävä informointi • väliaikainen vedenjakelu • jäteveden ohipumppaus • saneerausurakoitsijan tarpeet, kuten vesi, sähkö jne.	• yhteistyö kadun kunnossapidon kanssa • yhteistyö muiden laitosten kanssa • tarvittavien lupien hankkiminen • mahdollisten kaivutöiden valmistelu.
---	--

Saneerausmenetelmiä

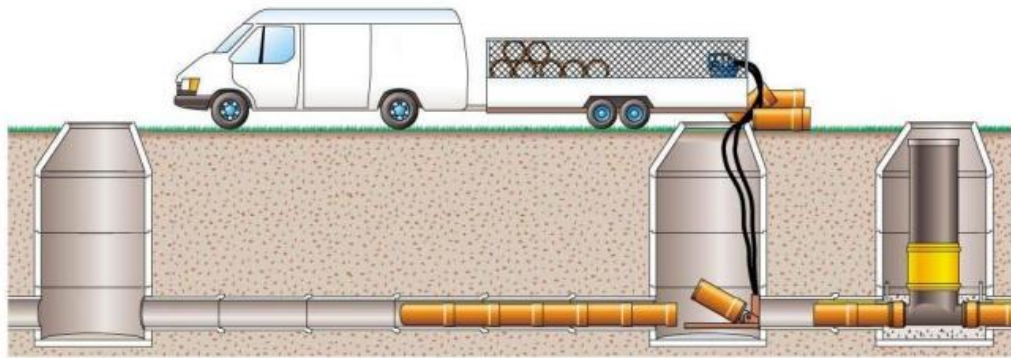
Viemäristön saneerausmenetelmään valinta tapahtuu yleensä kahden päätarkausmallin väliltä, joko kaivamalla viemäriinja auki ja uusimalla putket tai muiden saneerausmenetelmien kesken. Seuraavassa käsitellään muutamia yleisimmin käytettyjä saneerausmenetelmiä kaivamattomista tekniikoista viemäriin ja kaivojen saneerauksessa.

Pitkäsujutus korrukoidulla muoviputkella soveltuu paineettomalle viemäriputkelle, jonka halkaisija on 100 mm - 300 mm. Asennus tapahtuu sujuttamalla putki tarkastuskaivon kautta vanhan putken sisään ja vetämällä se viemäriin läpi toiseen tarkastuskaivoon työhön tarkoitetulla laitteistolla. Kuviossa 3 on esimerkki asennuksesta. Vanhan ja uuden viemäriin väliin jäävä tyhjä tila on suositeltavaa täyttää asennuksen jälkeen vaahtobetonilla parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Viemäri voidaan pitää käytössä sujutuksen ajan, joten erityisjärjestelyjä jäteveden ohitukselle ei tarvita. (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011.)



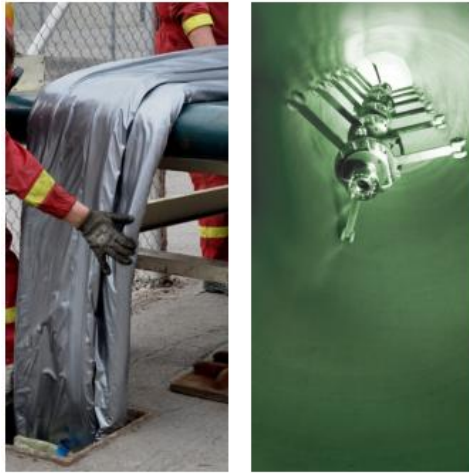
KUVIO 3. Pitkäsujutuksen suorittaminen (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät)

Pätkäsujutus on menetelmä, jossa saneerattavan linjan sisään asennetaan pienempi putki noin puolen metrin pätkissä (kuvio 4). Asennus tapahtuu tarkastuskaivon kautta, joten työ vaatii tarkastuskaivolta riittävää kokoa työskentelylle. Saneerattavan putken halkaisija on 100 mm - 600 mm. Myös pätkäsujutusputken ja vanhan putken välinen tyhjä tila on suositeltavaa täyttää vaahtobetonilla parhaan ja kestävänn lopputuloksen saamiseksi. Viemäri voidaan pitää käytössä sujutuksen ajan, joten erikoisjärjestelyjä jäteveden ohituksille ei tarvetta. (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011.)



KUVIO 4. Pätkäsujutuksen asennus (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011)

Paikallaan kovettava sujutusputki "sukkasujutus" on yhtenäinen saumaton lasikuidusta tai polyesterihuovasta valmistettu putki, joka kyllästetään hartsilla. Asennus tapahtuu kääntömenetelmällä tai vetämällä. Kun putki on asennettu viemäriin halutulle pituudelle, kovetetaan se muotoonsa joko lämmöllä tai UV-valolla. Menetelmä on kehitetty Englannissa, ja se on maailman käytetyin ei kaivamaton saneerausmenetelmä. Kuvio 5 asennuksesta ja putken kovetuksesta. Paikoilleen kovettava sujuteputki pienentää putken halkaisijaa ainoastaan sujuteputken seinämän paksuuden verran, sillä se painautuu tiiviisti saneerattavan putken seinämää vasten. Tyhjää välitilaa ei jää, joten täyttöaineitakaan ei tarvitse käyttää. Sujuteputki valmistetaan tilaajan vaatimusten mukaan aina kohteen rakenteellisten vaatimusten mukaiseksi. Sujuteputki soveltuu kaikenmuotoisille putken poikki-leikkauksille. (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011.)



KUVIO 5. Paikoilleen kovettuvan sujuteputken asennus ja putken kovettaminen (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011)

Muotoputkisujutuksessa käytetään tehtaalla kasaan (munuaisen muotoon) pakotettua muoviputkea. Asennus tapahtuu tarkastuskaivosta yleensä esilämmitettynä asennuksen helpottamiseksi. Paikoilleen asennuksen jälkeen putkeen muotoonpalautus tapahtuu höyryllä lämmittämällä ja paineistuksella. Saneerattu putkilinja pienenee ainoastaan sujutusputken seinämänpaksuudella. Kuva muotoonpalautuksesta kuviossa 6. Täyttöaineista ei tarvita sillä asennuksen väliin ei jää tyhjää tilaa. Menetelmä soveltuu myös vesijohtojen saneeraukseen polyeteenistä valmistetulla putkella. (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011.)



KUVIO 6. Muotoputken asennus (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011)

Elementtivuoraus on etenkin suurten kokoojaviemäreiden ja viemärikanaalien saneeraukseen käytetty menetelmä. Saneerauksessa käytettävät putkielementit valmistetaan yksilöllisesti kohteen vaatimusten mukaan. Asennus vaatii paljon

tilaa, joten teknisestikin se on mahdoton toteuttaa kovin pieneen putkeen, kuten kuvio 7 huomataan. (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011)



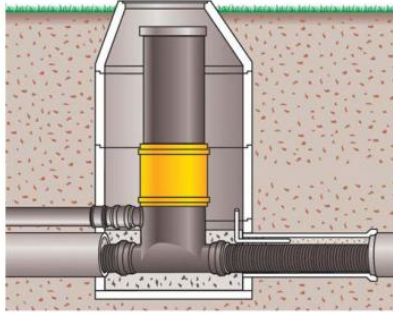
KUVIO 7. Elementtivuorausta suuressa viemärissä (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011.)

Kaivojen panelointi suoritetaan elementein, joilla kaivo vuorataan ja ekstruusiohitsataan lopuksi paneelit yhteen. Lopputuloksena saadaan rakenteeltaan vahva kaivo. Uuden kaivon sisämitta on vain vähän entistä pienempi, kuten kuvio 8 paneloinnilla saneeratusta kaivosta osoittaa. Asennuksessa paneelien ja saneerattavan kaivon väliin mahdollisesti jäävä tyhjätila, tulee täyttää vaahabetonilla. (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011)



KUVIO 8. Kaivon panelointi (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011)

Kaivojen saneeraus korjauskaivolla muuttaa saneerattavan kaivon kokoa useasti paljonkin pienemmäksi, niin kuin kuvista 9 voi huomata. Korjauskaivo on muovinen sisäkaivo, joka rakennetaan pienemmistä osista työmaalla kohdekohtaisesti. (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011.)



KUVIO 9. Korjauskaivo asennettuna vanhaan betonikaivoon (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011)

Kaivojen sementtilaastivuoraus eli ruiskubetonointi on menetelmä, jossa aluksi kaivon vuotokohdat injektoidaan. Tarvittaessa ennen seinämien ruiskutusta sementtilaastilla, kaivo verkotetaan vahvemman lopputuloksen saamiseksi. Ruiskutettu pinta liipataan ja pohja muotoillaan haluttuun muotoon. Saneerauksessa kaivon koko pienenee sementtikerroksen paksuudella. Sementtivuoraus on suhteellisen hankala ja työläs operaatio joka vaatii tekijältään suurta tarkkuutta ja ammattitaitoa. Kuviossa 10 on esimerkki kaivon saneerauksesta sementtilaastivuorauksella. (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011.)



KUVIO 10. Sementtivuorauksen toteutus saneerauskaivossa (Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011)

6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkimuksen alkutietoina käytettiin Jämsän Vesi liikelaitoksen johtokarttoja, joista saatiin tutkimuksen perustiedot, kuten viemäristön sijoittuminen maastoon, korkeustiedot, putken koko ja materiaalitiedot. Lisäksi tähän johtokartastoon vein koordinaatistotiedoilla pumppaamojen sijainnit, jolloin pumppaamoalueiden mukaisten verkostojen rajaaminen oli mahdollista.

Myös pumppaamojen pumppaustiedot pumpatuista jätevesien kuutiomääristä vietiin karttaohjelmaan kunkin pumppaamon kohdalle. Nämä pumppaamotiedot olivat saatavilla Jämsän valvomon koneelta sekä Jämsänkosken valvomonkoneelta. Lisäksi keskusjätevedenpuhdistamolta saatiin kokonaisjäteveden määrä. Kaikilta pumppaamoilta pumppaustietoa ei ollut saatavilla, joten nämä pumppaamot jäivät tarkastelun ulkopuolelle. Kartalle lisättiin myös jäteveden laskutustiedot, jotka saatiin Jämsän Veden laskutuksesta. Laskutustiedot kartalle vei FCG-konsulttitoimisto, osoitetietojen mukaan. Näillä laskutustiedoilla saatiin laskettua kullekin tarkasteltavalle alueelle jäteveden laskutusmäärä vuosina 2009 ja 2010. Tutkimukseen hankittiin lisäksi Ilmatieteen laitokselta säätietoja lämpötilan ja sademäärän osalta, jolloin pumppaamotietojen muutoksia voitiin verrata lumensulamiseen ja sadejaksoihin. Sadetilastoista ja pumppaamotiedoista tehtiin kuvaajat, joista on nähtävissä kunkin pumppaamon pumppaustietojen ja lämpötilan sekä sateiden yhteys.

Tutkimuksessa tarkasteltava jätevesiverkosto on osa Jämsän Vesi Liikelaitoksen viemäriverkostosta, siltä osin kuin sitä pystyttiin valituilla menetelmillä tarkastelemaan. Jämsän Vesi Liikelaitoksen viemäriverkoston kokonaispituus on 350 km. Tarkastelussa mukana olevan viettoviemärin pituus on 189 km. Tarkasteltavaa viemäriverkostoa on seuraavasti: Jämsä 80,5 km, Kaipola 13,6 ja Jämsänkoski 94,5 km. Tutkimuksesta poisjäävä verkosto on pääasiassa paineviemäriä ja sellaisia osia viemäristä, jota ei ole verkostokartoilla.

6.1 Laskutustiedot

Laskutustietojen mukaista jätevesimäärää verrattiin keskusjätevedenpuhdistamon kokonaisvirtaamaan, jolloin saatiin selvitettyä koko verkoston vuoto ja hulevesien määrä. Pumppaamojen pumppaustietojen tarkastelussa käytettiin laskutuskohteiden mukaisia jäteveden laskutustietoja. Nämä aluekohtaiset laskutustiedot kertoivat alueittaisen jäteveden määrän vuodessa, jolloin pystyttiin laskemaan vuoto- ja hulevesien määrä kullekin rajatulle alueelle, jonka pumppaustiedot olivat tiedossa. Kulutus saattaa vaihdella alueittain vuodenaikana ja jopa vuorokausittain, mikä aiheuttaa jonkin verran virhettä, jos tarkastellaan koko vuotta pienempää ajanjaksoa. Tarkempaa laskutustietoa ei kuitenkaan ollut saatavilla. Tiedoilla pystyttiin kuitenkin laskemaan karkea arvio alueittaisista vuotovesimääristä.

Pumppaamoalueiden vuoto- ja hulevesimäärien laskennassa verrattiin ensin koko vuoden pumppaustietoja koko vuoden laskutettuun jätevesimäärään. Tämä tulos kertoi vuoto- ja hulevesien kokonaismäärän koko vuoden aikana alueittain. Tarkempaan tarkasteluun päästiin, kun laskutetun jäteveden määrä jaettiin arvoksi päivää kohden, jolloin voitiin laskea vuodon määrä kuukausi- ja jopa päivätasolla. Laskennassa on kuitenkin huomioitava laskutavan epätarkkuus, sillä siinä ei ole huomioitu todellisen jäteveden määrän vaihtelua. Laskutustiedot antavat joka tapauksessa tarkemman jätevesimäärän alueittain, kuin pelkästään kiinteistöjen määrällä laskettu arvio jätevesimäärästä. Vuorokausikohtaisella tarkastelulla pystyttiin arvioimaan pumppaamon pumppaustiedon paikkansapitävyyttä. Suuri erotasaisen minimipumppauksen ja keskiarvollisen jäteveden laskutustiedon välillä antaa syytä pohtia pumppaustiedon paikkansapitävyyttä.

6.2 Virtausmittaukset

Osassa verkostoa suoritettiin virtausmittauksia, joilla oli tarkoitus selvittää vuotoveden määrää eri verkosto-osuuksilla. Mittaukset suoritettiin pinnankorkeuden mittauksella ultraäänimittalaitteella. Laite mittasi 15 minuutin välein etäisyyden mittalaitteesta virtauksen tai viemärin pohjaan. Tästä etäisyydestä saatiin laskettua

viemärissä yöllä olevan virtauksen korkeus, joka oletettiin vuotoveden määräksi, sillä oletuksella, ettei yöaikaan viemäriin päädy juurikaan jätevettä. Virtauksen minimipinnakorkeudesta laskettiin verkostotietojen avulla karkea vuotoveden määrä mallinnus WEMM-ohjelmalla. Ohjelman avulla muutettiin pinnankorkeus-tieto viiden kaivon välisillä verkostotiedoilla, virtaama määräksi l/s. Verkostotiedoista laskentaan tarvittiin kaivojen etäisyydet, pohjan korkeus kussakin kaivossa, viemärin halkaisija sekä karkeuskerroin, joka kaikkiin tapauksiin pidettiin samana mallinnuksen karkeuden takia.

Laitteisto vuokrattiin Finnish consulting groupilta, joka vastasi myös laitteiston käytön ja tulosten tulkinnan opastuksesta. Alkujaan mittauksia piti suorittaa kattavammin ja useammassa kohteessa verkostoa, suuri lumimäärä ja routa kuitenkin hankaloittivat mittauksille soveltuvien kaivojen löytymistä.

Lopulta mittauksia saatiin suoritettua 19:ssä eri verkostokohteessa. Näistä mittauksista kuitenkin epäonnistui suuri osa, jolloin onnistuneiden mittausten määräksi jäi vain 7. Onnistuneista mittauksista osa oli uusintamittauksia jo mitatuilla kohteilla. Suurimpana syynä epäonnistumisille saattaa olla suuret pakkaset, joita mittausten aikaan oli.

6.3 Pumppaamotiedot

Pumppaamotiedoista laskettiin alueelliset vuotovesimäärät kokonaisvuotomääränä päivän kuukauden ja vuoden ajalle kuin myös vuotavuus verkostokilometriä kohden. Tämä verkostopituudelle laskettu vuotavuus kuvaa hyvin verkoston kuntoa; sillä pystytään vertaamaan hyvin eripituisten verkostoalueiden kuntoa.

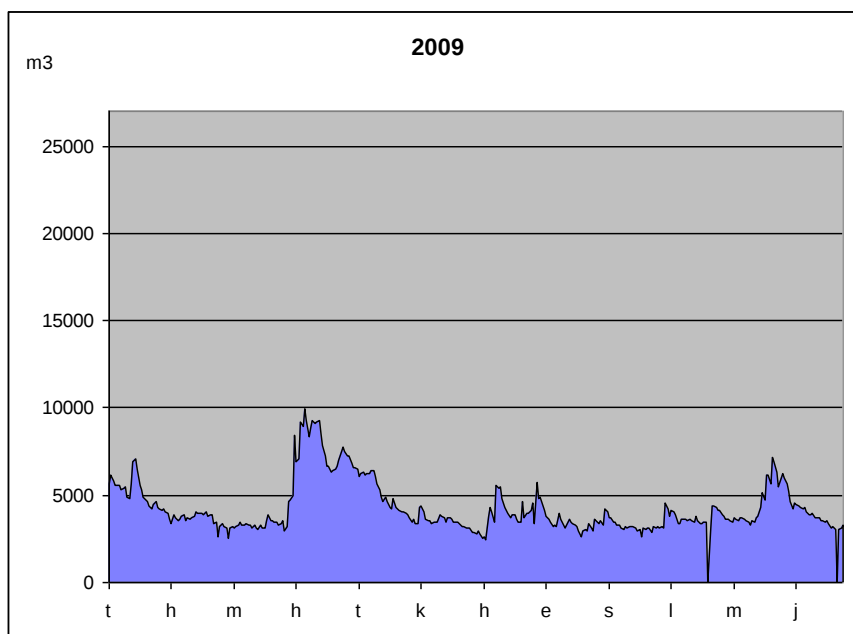
Pumppaamotietoja verrattiin laskutettuun jätevesimäärään jolloin, saatiin alueittain laskettua vuotoveden määrä. Tarkastelun alkuvaiheessa huomattiin, että kaikilla pumppaamoilla pumppaustiedot eivät pitäneet paikkaansa. Tämän paikkansapitämättömyyden takia osa pumppaamoista jouduttiin jättämään tarkastelun ulkopuolelle tai tarkastelua jouduttiin niiden osalta muuttamaan. Osalta pumppaamoista pumppaustieto ei tallentunut, joten tietoa pumppausmääristä näiltä pump-

paamoilta ei ollut käytettävissä. Virheet pumppaamotiedoissa johtuivat todennäköisesti mittalaitteiden logiikan asetusten virheistä tai viallisista laitteista.

Pumppaamotietoja kerättiin vuosilta 2008 - 2010. Suuren tietomäärän takia tarkastelua supistettiin kuitenkin vuosiin 2009 ja 2010. Vuodet 2009 ja 2010 olivat hyvin erilaisia sademääriltään, lumensulamisajaltaan kuin lämpötilaltaan, mikä oli tutkimuksen kannalta hyvä asia.

7 TULOKSET

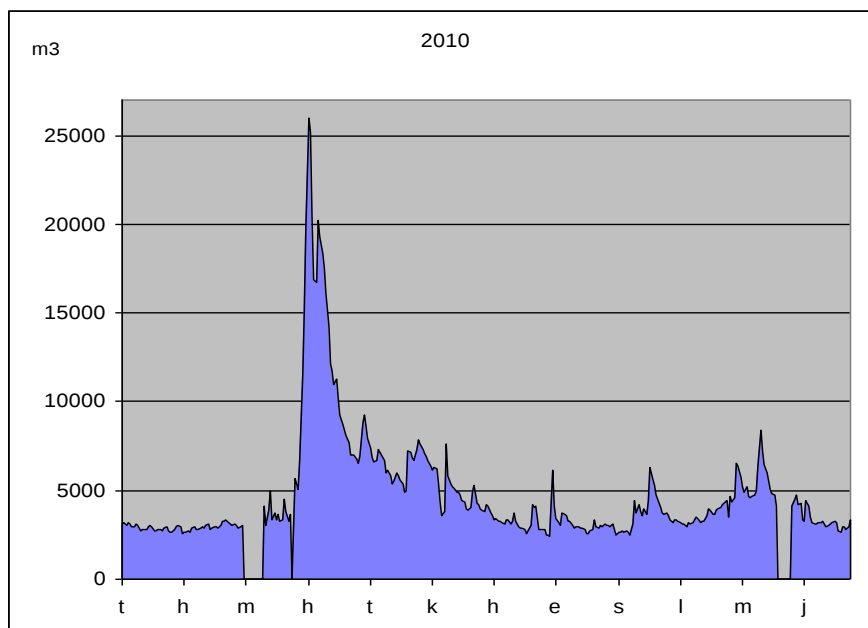
Vuoto- ja hulevesien kokonaismäärää tarkasteltiin ensiksi keskusjätevedenpuhdistamon virtaamamäärien mukaan. Jämsän keskuspuhdistamolla käsitelty jätevesimäärä oli vuonna 2009 yhteensä 1 556 660 m³ ja 2010 yhteensä 1 730 716 m³. Jätevedenpuhdistamon tulovirtaama oli vuosina 2009 ja 2010 kuvioiden 11 ja 12 mukaiset. Kuviosta 12 on selvästi huomattavissa kevään 2010 lumensulaminen, joka aiheuttaa suuren piikin jätevesimäärään, moninkertaistaen virtaaman pitkäksi aikaa. Myös kesän ja syksyn sateet erottuvat kuvaajista, vaikkakaan eivät enää samoissa määrin kuin keväiset sulamisvedet. Etenkin vuonna 2010 keväällä lumensulamisen aikaan on virtaamamäärä ollut huomattavan korkea, lähes 26 000 m³/d maksimissaan. Vuonna 2009 kevään lumensulaminen on myös aiheuttanut piikin keskusjätevedenpuhdistamon virtaamamäärässä, kuten kuviosta 11 huomaa. Muutos ei kuitenkaan ole yhtä huomattava kuin vuonna 2010.



KUVIO 11. Keskuspuhdistamon jätevesivirtaama 2009

Keskuspuhdistamon jätevesivirtaamat 2009

Keskiarvo	4 265 m ³ /d
Maksimi	9 930 m ³ /d
Minimi	2 411 m ³ /d



KUVIO 12. Keskuspuhdistamon jätevesivirtaama 2010

Keskuspuhdistamon jätevesivirtaamat 2010

Keskiarvo	4 783 m ³ /d
Maksimi	25 951 m ³ /d
Minimi	2 396 m ³ /d

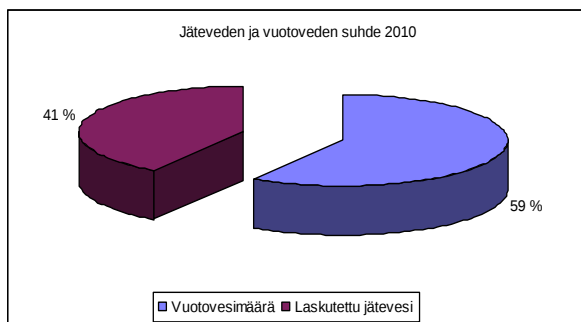
Jämsän keskusjätevedenpuhdistamon hydraulinen kapasiteetti on 12 000 m³/d. Keväisin puhdistamolla on jouduttu tekemään ylijuksutuksia, hetkellisen virtaaman ollessa liian suuri puhdistamon jäteveden biologiselle prosessille. Vuonna 2010 ylijuksutuksia on jouduttu tekemään keväällä 1.4. - 16.4. yhteensä 103 463,7 m³ ja maksimissaan 14 325 m³/d.

Vuotovesien määrä on suurimmillaan keväällä lumien sulamisen aikaan. Rankat syksyn sateet erottuvat myös selvästi virtaamamäärissä. Vuotovesien osuus jätevedestä on esitetty taulukossa 4. Vuotavuus on laskettu vuodon suhteella laskutettuun jäteveeseen, ei kokonaisvirtaaman.

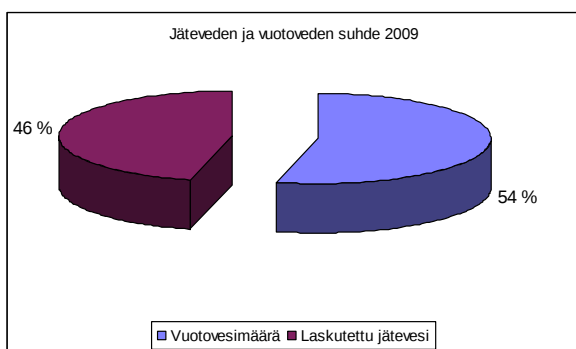
TAULUKKO 4. Vuotovedet koko Jämsän alueella

Vuosi	2010	2009
Keskiarvo	141 %	118 %
Maksimi	1256 %	406 %
Minimi	25 %	23 %
Vuotoveden määrä	1 032 160 m ³ /a	839 231 m ³ /a

Vuoto- ja huleveden suuri suhteellinen määrä ilmenee parhaiten kuvioista 13 ja 14. Vuoto- ja hulevedet ovat vuosina 2009 ja 2010 muodostaneet melkein puolet jäteveden kokonaismäärästä.



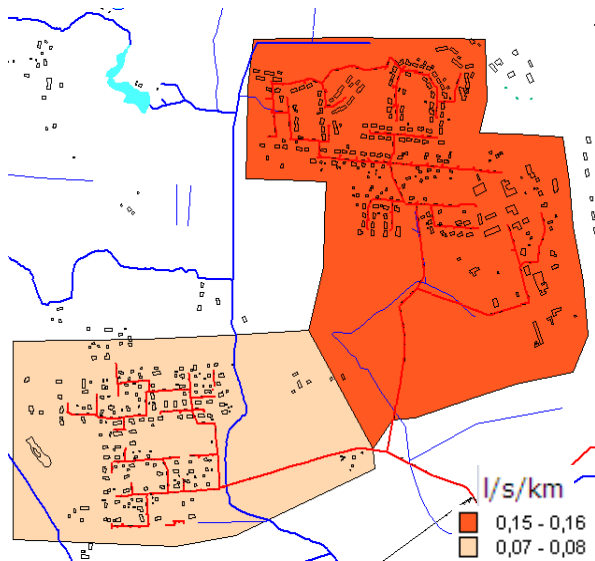
KUVIO 13. Jäteveden ja vuotoveden suhde vuonna 2010



KUVIO 14. Jäteveden ja vuotoveden suhde vuonna 2009

7.1 Virtausmittauksien tarkastelu

Pumppaamotietojen tarkastelun lisäksi jätevesiverkostossa suoritettiin virtausmittauksia ultraäänimittalaitteella talven 2010 ja 2011 aikana. Mittauksia suoritettiin kaikkiaan 29 kohteella. Mittauksista kuitenkin onnistui vain 7 ja näistäkin 2 uusintamittausta jo mitatuilla kohteilla. Vuotovesimittauksien tuloksena saatiin selvitettyä 5 kohteen vuotovesimääriä. Ensimmäisenä kohteena olivat Kääpälän ja Mäntymäen asuinalueet. Kuvioon 15 on rajattu kyseiset alueet ja väreillä painotettu alueet niiden vuotovesimäärien mukaisesti. Kuviossa 15 vasemmanpuoleinen alue on Kääpälän asuinalue ja oikeanpuoleinen Mäntymäen asuinalue.



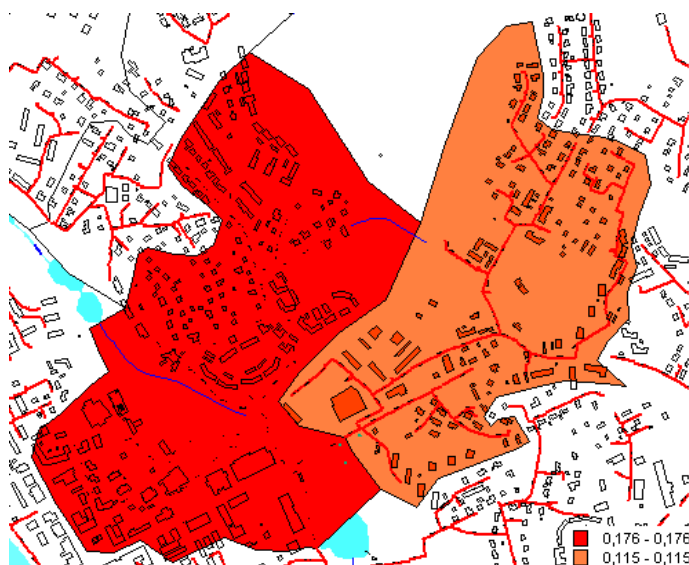
KUVIO 15. Kääpälä ja Mäntymäki. Alueet väritetty vuotavuuden mukaan l/s/km.

Mittaustulosten mukaan Mäntymäen alueelta muodostuu enemmän vuotovettä kuin Kääpälän alueelta. Vuotovesimäärät on esitetty vielä taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Kääpälän ja Mäntymäen vuotovesimäärät

Mäntymäki			Kääpälä		
	m3/d	m3/d/km		m3/d	m3/d/km
vuoto	51,8	13,500		24,2	6,314

Toinen alue, missä mittauksia suoritettiin onnistuneesti, oli Jämsän keskustan alue. Kartta alueesta on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1. Keskustassa kirjaston ja Citymarketin alueella suoritettiin kaksi mittausta, samalla verkostoalueella. Mittauksista verkostossa ylempi Citymarketin mittaustulos vähennettiin alemmasta kirjaston mittaustuloksesta, jolloin saatiin laskettua vuotomäärältä kuvion 16 mukaisille alueille. Alueista vasemmanpuoleinen eli kirjastomittauspisteen alue on mittauksen mukaan voimakkaammin vuotavaa verkostoaluetta.



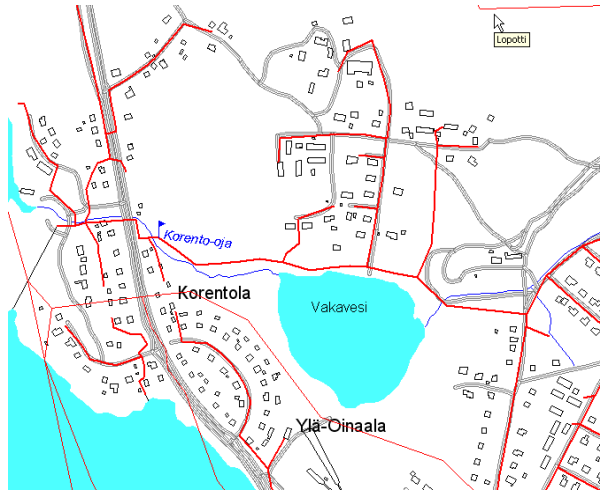
KUVIO 16. Vuoto l/s/km kirjaston ja Citymarketin mittausalueet

TAULUKKO 6. Keskustan mittauksen vuotavuusmäärät

Sairaalantie		Joonaantie		Kirjasto/uimaranta		Citymarket	
m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d/km	m ³ /d	m ³ /d/km	m ³ /d	m ³ /d/km	m ³ /d
6,674	24,2	83,467	302,4	15,17	156	9,988	42,3

Taulukon 6 mittaustuloksista on huomattavissa ristiriitainen tulos Sairaalantien ja Joonaantien mittausalueella, jotka kartalla rajattuna esitetty liitteessä 1. Verkostossa alempi mittauspiste Sairaalantie on antanut tulokseksi 24,2 m³/d, mutta ylempänä verkostossa oleva Joonaantien mittaus on antanut tulokseksi 302,4 m³/d. Joonaantien mittauksen kaivossa oli huomattavissa selvä padotus 4 cm, sillä kaivon pohja oli lähtöputkea alempana. Ero kuitenkin huomioitiin laskennassa, ja näin onkin mahdollista, että padotusta olisi myös viemärilinjassa ja tuo padotus vääristäisi mittaustulosta. Voidaankin todeta alueen todelliseksi vuotovesimääräksi mitä todennäköisimmin Sairaalantien mittauspisteen mittauksen mukainen 24,2 m³/d ja verkostokilometrille laskettuna 0,0225 l/s/km vuotavuus.

Myös Jämsänkoskella suoritettiin virtausmittauksia. Ainut tulokseltaan onnistunut oli Korkea-ojan mittausta. Kuviossa 17 on sinisellä lipulla merkitty kohta, jossa virtausmittaus suoritettiin.



KUVIO 17. Jämsänkosken vuotovesimittauksen alueesta

Kuviossa 17 on Jämsänkoskella suoritettu virtausmittaus merkitty sinisellä lipulla. Mittauskohdan yölliseksi pinnan korkeudeksi mitattiin 76 mm. Muut mittaukset Jämsänkosken osalta epäonnistuivat joko pakkasen aiheuttaman vian tai jonkin muun toimintahäiriön takia. Alueelle ei ole laskettu tarkkaa vuotovesimäärää, sillä linjan kaivoista ei verkostokartoissa ole korkotietoja. Alueelta voi kuitenkin pelkän pinnankorkeustiedon perusteella todeta muodostuvan runsaasti vuotovettä. Mittalaitteen asennuksen yhteydessä kaivonreunassa oli huomattavissa voimakas vuoto. Myös vesi kaivossa oli hyvin kirkasta, mikä jo sinällään on merkki voimakkaasta vuodosta. Vuotovedestä suurin osa muodostuu todennäköisesti Korento-ojan vieressä kulkevalla verkosto-osuudella sekä Vakaveden pohjoisrannan tuntumassa kulkevalla verkosto-osuudella.

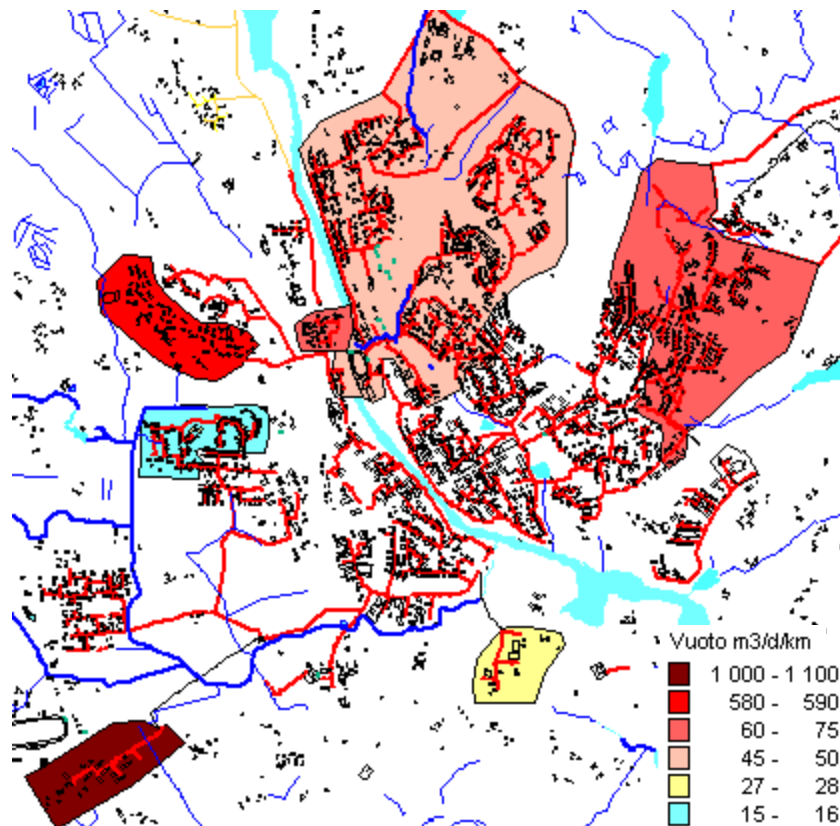
7.2 Pumppaamotietojen tarkastelu

Jämsässä ongelman vuotomäärien selvittämisessä aiheutti jätevedenpuhdistamolle pumppaavien suurten pumppaamoiden, Leilahti, Talviala ja Märäsoja, pumppaus-historian puuttuminen. Toisena rajoittavana tekijänä oli pumppaamoiden vääristyneet pumppaustiedot: Paunu ja Auvila sekä todennäköisesti Tervasmäki ja Kilpa-korpi sekä Jämsänkoscilla Soutula, Rekola, Matara, Haavisto sekä mahdollisesti Lopotti 2. Kolmantena tekijänä pumppaamotietojen m³/d osittainen puuttuminen pumppaamotiedoista Jaatilanrinteen kohdalla. Alla olevassa taulukossa 7 on lueteltuna ne pumppaamot, joiden pumppaustiedot eivät ole kunnossa.

TAULUKKO 7 Pumppaustiedoiltaan virheellisiksi todetut pumppaamot

Jämsä	Jämsänkoski
Leilahti	Mylly
Talviala	Kuorimo
Märäsoja	Aarnenpolku
Paunu	Oinala
Auvila	Soutula
Jaatilanrinne	Rekola
Tervasmäki	Matara
Sekä mahdollisesti Lopotti 2	

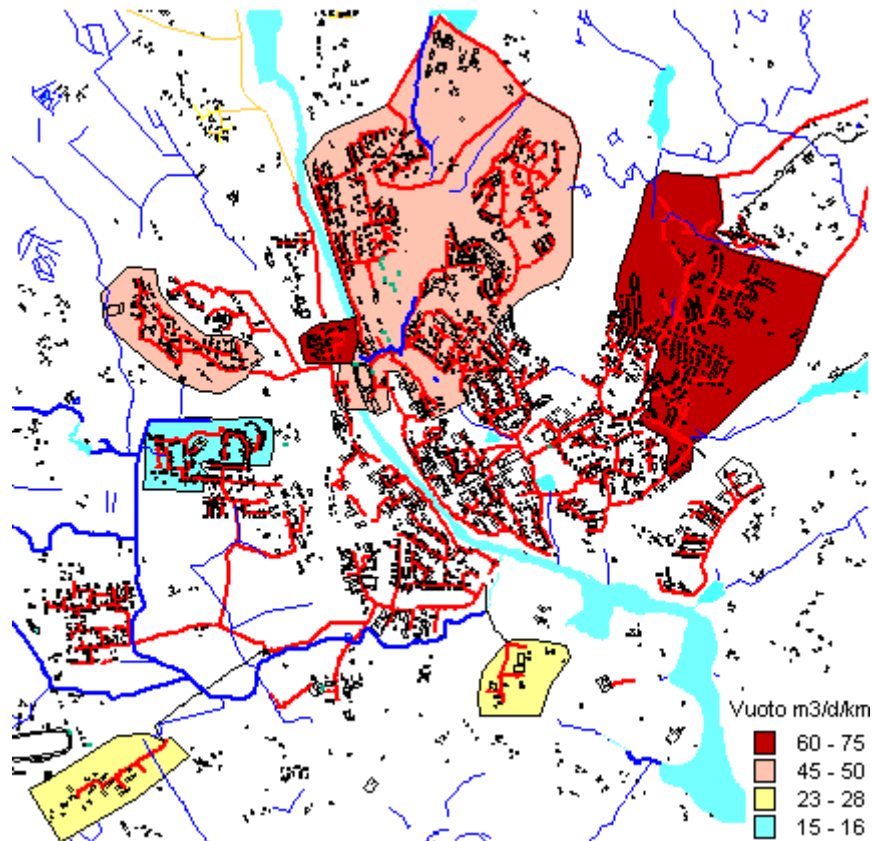
Kuviossa 18 on kevään 2010 mukaiset vuotavuudet Jämsän alueella niille pumpppaamoalueille laskettuna joilta oli saatavilla pumpppaustietoa.



KUVIO 18. Jämsän vuotovesimäärät kevät 2010

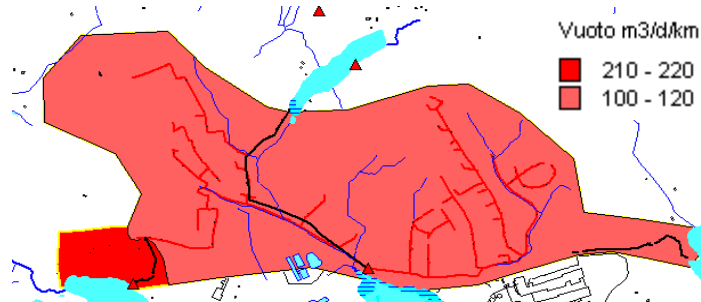
Alueista Kilpakorpi ja Tervasmäki ovat pumpppaamotietojen perusteella pahimpia vuotovesialueita (kuvio 18). Alueiden vuotavuus on kuitenkin niin suurta, että tulokseen niiden osalta on syytä suhtautua suurella varauksella. Alueiden vuotomäärät ovat lisäksi läpi vuoden hyvin suuria alueen kokoon nähden, mikä vahvistaa epäilyä pumpppaustietojen paikkaansa pitämättömyydestä. Tuloksia saattaa vääristää virheet pumpppaamon pumpppaustiedoissa. Todellinen vuotavuus Kilpakorven ja Tervasmäen osalta voi olla jotain aivan muuta. Kuviossa 19 on esitetty Kilpakorven ja Tervasmäen osalta muutettu vuotavuustulos. Laskentaan on käytetty oletusta, että alueilta ei kuivaan aikaan tulisi vuotovettä, ja näin ollen tuota tasoa on käytetty nollavuotona, josta on laskettu suhteellinen vuotovesien määrä.

Myös Paunun pumppaamon tiedoissa oli huomattavissa selvä virhe; tässä tapauksessa pumppausmäärä jäi huomattavasti laskutetusta jätevesimäärästä. Paunun pumppaamoalueelle laskettu vuotomäärä on laskettu pitäen kuivankauden alinta tasoa nollavuotona ja tähän arvoon verraten on laskettu vuotoprosentti, joka taas on suhteutettu laskutukseen ja tämän tuloksena saatu vuotoarvio alueelle. Paunun tapauksessa on käytetty tätä muutettua laskentatapaa molemmissa kuvioissa 18 ja 19. Uudelleen laskettu vuotavuus Tervasmäen ja Kilpakorven osalta esitetty kuviossa 19.



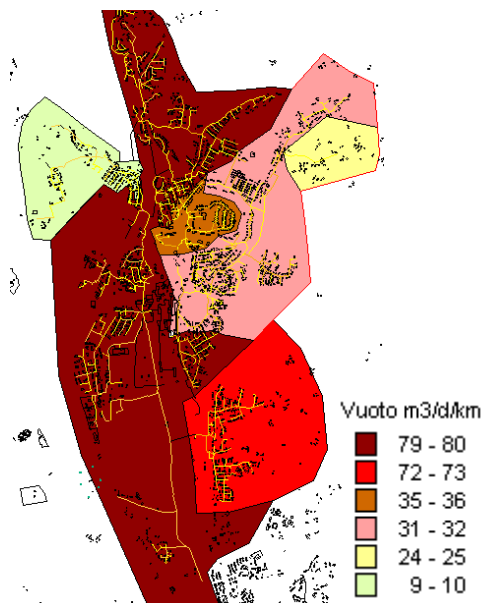
KUVIO 19. Jämsän vuotovesimäärät 2010

Jämsän keskustasta etelään sijaitsee Kaipolan alue joka jaettiin siellä olevien kahden pumppaamon mukaisiin alueisiin. Kaipolan alueelle laskettu vuotavuus kevään 2010 mukaan on esitetty kuviossa 20.



KUVIO 20. Kaipolan vuotovesimäärät keväällä 2010

Jämsänkoskella pahimmat vuotoalueet ovat pumppaamotietojen perusteella kuvion 21 osoittamat. Myllyn alue on esityksessä mukana, vaikka sen pumppaamotiedot eivät olekaan paikkansapitäviä. Myllyn keväinen vuotovesimäärä on kuitenkin kuivan kauden vertailun mukaan suurempi kuin Ilveslinnan vastaava vertailu, joten alueelta voi olettaa tulevan suhteessa enemmän vuotovettä kuin Ilveslinnan alueelta. Myllyn alueen vuotavuus voi siis olla jopa esitettyä suurempi. Myllyn alueen vuotavuus kuviossa 21 vuotavuudeltaan 35 - 36 m³/d/km.



KUVIO 21. Jämsänkosken vuotovesimääristä keväällä 2010

8 YHTEENVETO

Tutkimuksessa ei päästy siihen tarkkuuteen ja laajuuteen kun alussa asetettiin tavoitteeksi. Ei kuitenkaan voida sanoa että tutkimus olisi epäonnistunut, vaikka sen laajuus ja tarkkuus eivät toteutuneetkaan siinä määrin kuin alussa ajateltiin.

Pumppaamotietojen puutteet ja virheet jotka rajasivat tutkimusta, ovat itsessään tärkeitä huomioita. Mittauksien vähäinen onnistuminen oli valitettavaa, mutta epäonnistumisen syiden selvittely, arviointi ja huomiointi ovat kuitenkin itsessään tärkeitä. Voikin todeta, että vaikka lopputuloksena ei päästykään niin tarkkaan vuotovesimäärien alueelliseen rajaukseen kuin tavoiteltiin, onnistui tutkimus kuitenkin hyvin ottaen huomioon edellämainitut ongelmat pumppaamo tiedoissa ja mittauksissa.

Jatkotoimenpiteenä olisi hyvä tehdä myös lisämittauksia kevään tai syksyn aikana. Sopivien mittauspisteiden löytymiseksi ja mittauslaitteen toimintavarmuuden parantamiseksi mittauksia ei kannata jatkossa suorittaa talvella kovien pakkasien tai suuren lumimäärän aikaan. Lisämittaukset tulisi suorittaa alueilla, joilla on jo pumppaamotietojen perusteella havaittu muodostuvan suuria määriä vuotovesiä. Lisämittausten tavoitteena olisi kohdistaa vuotokohteet tarkemmin pienemmille verkosto-osuuksille. Mittauksien huonon onnistumisen takia olisi myös syytä miettiä erilaisen mittalaitteiston käyttöä.

Sellaisilla alueilla, joilla on rakennettu hulevesiverkosto ja joissa on paljon isompia kiinteistöjä, voisi suorittaa tutkimuksen hulevesien johtamisesta viemäriverkostoon. Suuri osa vuotovesistä (hulevesistä) tulee mitä todennäköisimmin jätevesiverkostoon johdetuista hulevesistä. Hulevesiliitokset viemäriverkostoon voi todeta esimerkiksi suorittamalla alueella savukokeita kesällä tai syksyllä. Jo suurimpien kiinteistöjen hulevesien johtaminen pois jätevesiviemäriverkostosta laskisi varmasti kevään ”vuotovesien” määrää viemäriverkostossa.

Ainakin osalla niistä pumppaamoista, jotka tutkimuksessa huomattiin pumppauksen mittaustiedoiltaan virheellisiksi, tulisi suorittaa mittalaitteiden tarkistus ja kalibrointi. Paikkaansa pitämättömillä pumppaustiedoilla on hankala arvioida alueen

verkoston kuntoa sekä vuoto- ja hulevesien määrää. Paineanturi ja logiikka ovat pumppaamoilla tarkastettavat asiat. Tarvittaessa laitteiston uusimista tulee myös harkita, ellei mittausta virheellisillä pumppaamoilla muuten saada kuntoon.

LÄHTEET

Ei savua ilman viemärin vuotokohtaa 2011. Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys Ry. [viitattu 20.4.2011]. Saatavissa: <http://www.fistt.net/savukoe.htm>

Global Water instrumentation, INC. 2010. Inflow and infiltration [viitattu 10.3.2011]. Saatavissa: <http://www.globalw.com/support/inflow.html>

Inflow & Infiltration 2011. City of Bryan [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: http://www.bryantx.gov/departments/default.asp?name=inflow_infiltration

Isakow. M. 2004. Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraus, saneerauksen suunnittelu [viitattu 10.4.2011]. Kiinteistö lehti. Saatavissa: www.promaint.net/downloader.asp?id=582&type=1

Kannala, M. 2001. Vaasan kaupungin hulevesikuormituksen vähentäminen. Vaasa: Länsi-Suomen Ympäristökeskus.

Karttunen, E., Tuhkanen, T. & Kiuru, H. 2004. RIL 124-2 Vesihuolto 2. Vammala: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Karttunen, E. 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Kuikka, S. 2007. Viemäreiden kuntotutkimus. Projecta Oy [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa: http://www.google.fi/url?sa=t&source=web&cd=7&ved=0CFUQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.promaint.net%2Fdownloader.asp%3Fid%3D2911%26type%3D1&rct=j&q=viem%C3%A4rin%20kuntotutkimus&ei=rGgTbaqLIWDOu3nvTQ&usg=AFQjCNEgLEPSIFGxQZuYETD_mXuRbLEbyA&sig2=3YaMUsmcrMlg9AvtUgM2Fw

Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät 2011. Suomen kaivamattoman tekniikan yhdistys Ry [viitattu 27.4.2011] Saatavissa: http://www.fistt.net/pdf/FiSTT_Saneerausmenetelmat_2010.pdf

LIITE

Liite 1. Mittauspisteet Sairaalandie, Joonantie, kirjasto/uimaranta ja Citymarket

Mittausalueet rajattu tumman- ja vaaleanvihreällä ja mittauspisteet merkitty sinisellä lipulla.

