



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KEVÄISIN TULVIVAN JÄTEVEDENPUMPPAAMON JÄTEVESIMÄÄRIEN JA NYKYISEN KAPASITEETIN SELVITYS

TEKIJÄ: Juuso Tervo

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Juuso Tervo	
Työn nimi Keväisin tulvivan jätevedenpumppaamon jätevesimäärien ja nykyisen kapasiteetin selvitys	
Päiväys 19.5.2017	Sivumäärä/Liitteet 74(8)
Ohjaaja(t) Yliopettaja Pasi Pajula ja lehtori Teemu Räsänen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuhmon kaupunki, Kaupunkiympäristön palvelualue, Vesihuoltolaitos	
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Kuhmon kaupungissa sijaitsevan Raplatien jätevedenpumppaamon ylivuoto-ongelman syitä. Ongelmaa selvitettiin tekemällä vuotovesiselvitystä Raplatien pumppaamopiirillä. Keväiset pumppaamon ylivuodot johtuvat lumen sulamisesta syntyvistä vuotovesistä, jotka kasvattavat tulovirtaaman moninkertaiseksi normaalista. Vähentämällä vuotovesien pääsyä viemäriverkoston vesilaitos säästää jätevedenpumppaamoiden ja jätevedenpuhdistamon käyttökustannuksissa.</p> <p>Työn tavoitteena oli selvittää viemäriverkoston vuotavimpia alueita pumppaamoiden käyntiaikatietojen ja verkoston virtaamien mittaamisen perusteella. Toisena tavoitteena oli selvittää keinoja ylivuotojen hallintaan.</p> <p>Työ aloitettiin tekemällä tuottomittauksia tutkimusalueen pumppaamoilla. Pumppaamopiirien vuotavuudet laskettiin käyntiaikatietojen ja tuottomittausten perusteella. Vuotavimmaksi osoittautuneella alueella tehtiin virtaamamittauksia viettoviemäreistä talviaikaan ja keväällä lumen sulamisaikaan. Virtaamamittausten erotuksena saatiin selvitettyä lisääntynyt vuotovesimäärä eri puolilla viemäriverkoston.</p> <p>Työn tuloksena saatiin selvitettyä tutkittujen alueiden vuotavuuksia ja vuotojen syitä. Aineistoa voi käyttää apuna viemäriverkoston saneerausten suunnittelussa. Työssä on ehdotettu ratkaisuja keväisten ylivuotojen estämiseksi ja vuotoveden määrän vähentämiseksi.</p>	
Avainsanat pumppaamo, jätevesi, vuotovesi, ylivuoto, viemäriverkosto, virtausmittaus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Juuso Tervo			
Title of Thesis Research on the Amount of Wastewater and the Current Capacity of the Wastewater Pumping Station			
Date	19 May 2017	Pages/Appendices	74(8)
Supervisor(s) Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer and Mr. Teemu Räsänen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Kuhmon kaupunki, Kaupunkiympäristön palvelualue, Vesihuoltolaitos			
<p>Abstract</p> <p>This thesis investigated the causes of the overflow problem in the Raplatie sewage pumping plant in the city of Kuhmo. The problem was clarified by conducting a leak test in the Raplatie pumping district. The pumping overflows in the spring are due to the leakage of melting snow which multiplies the inflow. By reducing leakage to the sewer, the water plant saves in the operating costs of the wastewater pumping station and sewage treatment plant.</p> <p>The aim of this thesis was to find out the most leaking areas in the waste water network based on the pumping time data and network flow measurement. Another objective was to find ways to manage overflows.</p> <p>This thesis was started by performing measurements in the pumping stations of the research area. The leaks in the pumping circuits were calculated on the basis of run time data and yield measurements. In the area that proved to be the most leaking one, flow measurements were made from the sewer during the winter time and in spring when the snow was melting. As a difference in the flow measurements, an increase in leakage rates was detected in different parts of the sewerage network.</p> <p>As a result of this thesis the leakage rates and the causes of leakage were found out. This material can be used to plan renovations in the sewer network. This thesis proposes solutions for preventing spring overflows and reducing the amount of leakage.</p>			
<p>Keywords pumping station, waste water, leakage water, overflow, sewer system, flow measurement</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	VIEMÄRÖINTI YHDYSKUNNAN ALUEELLA.....	7
2.1	Viemäriverdet	7
2.2	Vuoto- ja hulevuotovedet	10
2.3	Viemäreiden kuntoselvitykset vuotovesien etsinnässä.....	11
3	VIEMÄRIVEDEN VIRTAAMAN MITTAUS.....	13
3.1	Mittauspaikat	13
3.2	Ultraäänimittaus	14
3.3	Keppimittaus	16
3.4	Astiamittaus	17
3.5	Pumppujen tuottokäyristä laskettu virtaama	18
3.5.1	Kokonaisnostokorkeuden määrittäminen	19
3.5.2	Pumput	23
3.6	Vuotovesimäärän laskeminen.....	25
4	TUTKIMUSKOHDE	26
4.1	Kohteen rajaus	27
4.2	Tutkimuksen lähtötiedot.....	27
4.2.1	Pumppaamoiden tiedot.....	28
4.2.2	Johtokartat ja vedenlaskutusjärjestelmä	28
4.3	Viemäriverkosto	29
4.4	Pumppaamot	30
5	PUMPPAAMOIDEN TULOKSET.....	31
5.1	Koirisärkkä	31
5.2	Sudenpolku	33
5.3	Tönölä.....	35
5.4	Hiihtokeskus.....	36
5.5	Kanninpyörätie	38
5.6	Kanninpyörätien osa-alue	40
5.7	Kannintie.....	42
5.8	Kannintien osa-alue	44
5.9	Raplatie.....	46

5.10	Raplatien osa-alue	48
5.11	Pumppaamoalueiden yhteenveto	50
6	VIETTOVIEMÄREIDEN VIRTAAMAMITTAUKSIEN TULOKSET	52
6.1	Mittauspisteet	53
6.2	Virtaamamittausten yhteenveto	62
7	RAPLATIEN PUMPPAAMON TARKASTELU	65
7.1	Nykyinen toiminta ja ongelmat	66
7.2	Ratkaisut	68
7.2.1	Verkoston saneeraus tiiviimmäksi	68
7.2.2	Toisen pumppaamon rakentaminen	69
7.2.3	Uuden paineviemäriin rakentaminen	70
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	72
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	73
	LIITE 1: MANNINGIN KITKAKERROIN JA PYÖREÄN PUTKEN K-ARVO	75
	LIITE 2: PAIKALLISVASTUSKERTOIMIA	76
	LIITE 3: KUHMON KESKUSTAN RAKENNUSKAAVA-ALUEET	77
	LIITE 4: MITTAUSPISTEET	78
	LIITE 5: MITTAUSPÖYTÄKIRJA	79
	LIITE 6: VIRTAAMAMITTAUSTULOKSET TALVELLA	81
	LIITE 7: VIRTAAMAMITTAUSTULOKSET KEVÄÄLLÄ	82

1 JOHDANTO

Työn aiheena on tarkastella Kuhmon kaupungissa sijaitsevaa jätevedenpumppaamo, josta aiheutuu ylivuoto-ongelmaa keväisin. Ylivuoto toistuu keväisin, kun lumen sulamisvesiä pääsee viemäriin, jolloin pumppaamon siirtokapasiteetti ei riitä ja pumppamo tulvii. Pumppaamo on suunniteltu ja rakennettu 1960-luvun lopussa, jonka jälkeen jätevesien keräysalue on laajentunut merkittävästi uusien asuinalueiden ja viemäreiden rakentamisen myötä.

Työssä tutkitaan pumppaamolle tulevia jätevesimääriä viemäriverkoston tarkastuskaivoista ja jätevedenpumppamoista. Jätevesimäärien arviointiin käytetään pumppaamoiden automaatiojärjestelmän tallentamia käyntiaikatietoja, jotka ovat saatavilla vesihuollon automaatiojärjestelmästä. Vietto- viemäröidyillä alueilla suoritetaan kenttämittauksia jätevesimäärien arviointiin. Talousveden kulutus-tietoja vertaillaan alueittain jäteveden määriin ja selvitetään viemäriin tulleiden sulamis- ja vuotovesien syntyalueet. Jätevesimäärien vertailussa käytetään talven kuivaa pakkasjaksoa ja kevään sulamis-aikaa.

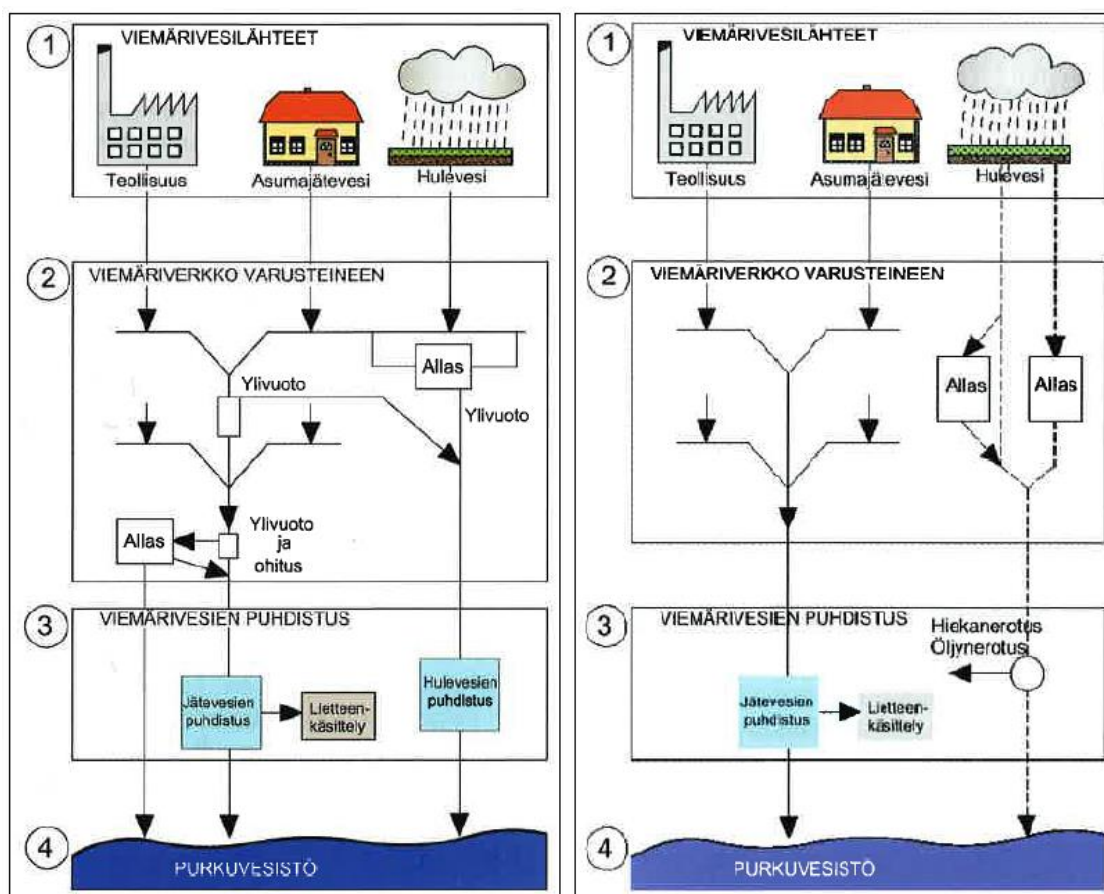
Työn toimeksiantajana on Kuhmon kaupungin Kaupunkiympäristön palvelualueella toimiva vesihuoltolaitos. Vesihuoltolaitoksen toimintaan kuuluvat talousveden tuotanto ja jakelu ja jätevesien keräys ja puhdistus. Vesihuoltolaitoksen toimintatavoitteena on, että jätevesistä ei aiheudu välillisiä tai välitömiä haittoja ympäristöön keräämisen, käsittelyn tai poiston aikana.

Työn tarkoituksena on tuottaa tietoa pumppaamon toiminnasta ja pumppaamolle tulevista vuoto- ja jätevesien määristä. Kirjallisuustutkimuksen tavoitteena on löytää tietoa muun muassa mittaus- ja tutkimusmenetelmistä. Pumppaamodatan tulkinnassa tavoitellaan mahdollisimman pientä virhemarginaalia ja kenttämittauksilla varmistetaan viemäriverkoston todelliset virtaamat. Opinnäytetyön tavoitteena on, että vesihuoltolaitos hyötyy saaduista tuloksista valitessaan ratkaisua pumppaamon tulvimisongelmaan.

2 VIEMÄRÖINTI YHDYSKUNNAN ALUEELLA

Yhdyskunnan alueella syntyvät vedet jaetaan kolmeen ryhmään. Ensimmäinen ryhmä on kotitalouksissa ja teollisuudessa syntyvä likainen jätevesi, toinen ryhmä on sateesta ja lumen sulamisesta syntyvä suhteellisen puhdas hulevesi ja kolmas ryhmä on viemäriin johdetut salaojavedet ja tahattomasti pääsevät vuotovedet. (Vesihuolto 1: RIL 124-1-2003, 50.)

Viemärit jaetaan seka- ja erillisjärjestelmiksi niihin johdettavien vesien perusteella. Sekajärjestelmiin johdetaan kaikki yhdyskunnan alueelta tulevat vedet veden alkuperää katsomatta. Erillisjärjestelmissä on kaksi viemäriä, joista toinen on varsinaisille jätevesille ja toinen hule- ja salaojavesille. (Vesihuolto 1: RIL 124-1-2003, 50.) Allaolevissa kuvissa vasemmanpuoleissa on esitetty yleiskuva sekajärjestelmästä ja oikeanpuoleisessa erillisjärjestelmästä.

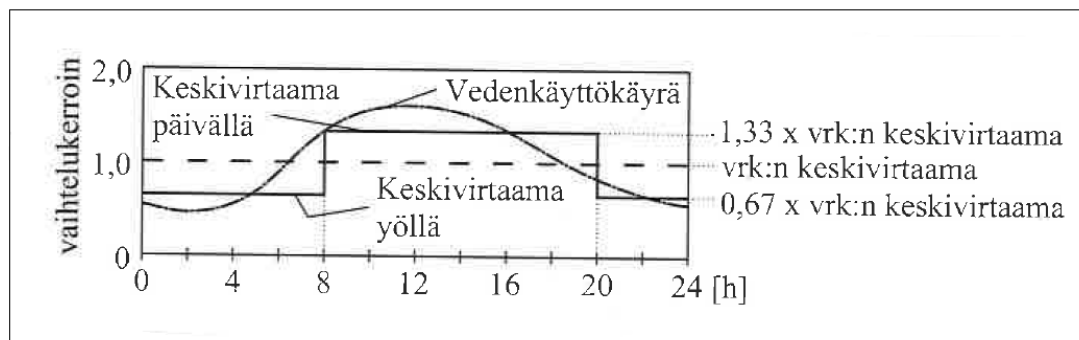


Kuva 1. Yleiskuvat seka- ja erillisjärjestelmistä (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu RIL 237-1-2010, 116 - 117.)

2.1 Viemärivedet

Asumisjätevesi on pääosin kotitaloudessa käytettyä ja sieltä poistettua likaantunutta vettä. Asumisjätevedeksi luetaan myös erilaisissa laitoksista tulevat jätevedet kuten hotelleista, sairaaloista ja karjataloilta, koska näiltä tulevien jätevesien laatu ja vuorokausittainen vaihtelu ovat hyvin samankaltaisia kuin asumisjätevedellä (Vesihuolto 2: RIL 124-2-2004, 457.).

Lähes kaikki asumisjätevesi on peräisin vesijohtovedestä, jonka määrän on arvioitu olevan 80 - 90 % viemäriin päätyvistä vesistä. Viemäreitä suunniteltaessa asumisjätevesien määrä oletetaan usein samaksi kuin vesijohtoveden kulutus. Keskimääräinen asumisjäteveden määrä voidaan arvioida asukasta kohti samaksi kuin vesijohtoveden ominaiskäyttö. Suomessa käytetään viemäreiden mitoituksessa 200 - 400 l/as*d veden ominaiskäyttöä. Jäteveden huippuvirtaamaa laskettaessa on huomiotava sen vaihtelu vuodenajasta, viikonpäivästä ja vuorokauden ajasta riippuen. (Vesihuolto 2: RIL 124-2-2004, 457 - 458.) Viemäriveden virtaamaa ja vesijohtoveden käyttöä on kuvattu kuvassa 2.



Kuva 2. Viemäriveden virtaaman ja vedenkulutuksen vaihtelu vuorokauden aikana (Vesihuolto 2: RIL 124-2-2004, 458.)

Teollisuusjäteveden määrän arviointi on paljon vaikeampaa kuin asumisjäteveden. Teollisuusjäteveden määrään ja laatuun vaikuttavat teollisuuden ala, tehtaan suuruus, vuoden aika, raaka-aineet ym. tekijät. Kaupungeissa teollisuusjäteveden osuus viemärivedestä on keskimäärin 10 - 30 %. (Vesihuolto 2: RIL 124-2-2004, 459.)

Teollisuusvesimäärien arviointiin on käytetty seuraavia menetelmiä:

- Käynnissä olevan laitoksen vedenkulutusta mitataan ja veden käyttöä havainnoidaan riittävän pitkällä ajanjaksolla.
- Teollisuusvesimäärää voidaan arvioida likimäärin tuote- ja raaka-ainemääristä, kun tiedetään vastaavien laitosten veden käyttöarvoja.
- Tulevan teollisuuden veden tarpeiden arviointiin voidaan käyttää tiheään rakennettujen asuntoalueiden vedenkulutusta, mikä on noin 1 - 2 l/s*ha. (Vesihuolto 2: RIL 124-2-2004, 459.)

Suuret teollisuuslaitokset, jotka käyttävät paljon vettä järjestää tavallisesti vedenottonsa ja viemärintensä itse. Pienemmät teollisuuslaitokset liitetään usein kunnalliseen viemäriin. Kunnalla on mahdollisuus asettaa teollisuusjäteveden määrää ja laatua koskevia ehtoja, joilla turvataan viemäreitä ja jäteveden käsittelylaitoksia mahdollisilta teollisuusvesien haittavaikutuksilta. (Vesihuolto 2: RIL 124-2-2004, 459.)

Viemäröintiä koskevat lait ja asetukset

Viemäröintiä koskevat muun muassa seuraavat lait ja asetukset:

- Vesilaki (587/2011)
- Vesihuoltolaki (119/2001)
- Laki vesihuoltolain muuttamisesta (681/2014)
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014)
- Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä (888/2006)
- Valtioneuvoston asetus ympäristön suojelusta (713/2014)
- Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)
- EU:n yhdyskuntajätevesidirektiivi (91/271/ETY).

Vesilain (587/2011) tavoitteena on edistää vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä niin, että se on yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä. Tavoitteena on myös ehkäistä ja vähentää vedestä ja vesiympäristön käytöstä aiheutuvia haittoja ja parantaa vesivarojen ja vesiympäristön tilaa. (Vesilaki 587/2011, § 1.)

Vesihuoltolain (119/2001) tavoitteena on turvata vesihuolto niin, että se on saatavissa kohtuullisin kustannuksin ja viemäröinti on toteutettu terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukaisesti (Vesihuoltolaki 119/2001, § 1.). Vesihuoltolaitoksen pitää tarkkailla tuotetun raakaveden määrää ja laatua ja laitteistojen kuntoa sekä vuotovesien määriä vesijohto- ja viemäriverkostoissaan. Huleveden viemäröinti ei ole enää VhL 3 §:n mukaan vesihuoltoa. (Laki vesihuoltolain muuttamisesta 681/2014, § 15, § 3.) Vesihuoltolain 17 d § mukaan kiinteistöltä ei saa johtaa hulevesiä vesihuoltolaitoksen jätevesiviemäriin ellei seuraavat ehdot täyty: 1) jätevesiviemäri on rakennettu ennen vuotta 2015 ja se on mitoitettu myös hulevedelle, 2) alueella ei ole huleveden viemäriverkosta, johon kiinteistön voi liittää, 3) vesihuoltolaitos voi huolehtia jätevesiviemäriin johdettavasta hulevedestä taloudellisesti ja asianmukaisesti (Laki vesihuoltolain muuttamisesta 681/2014, § 17 d.).

Ympäristönsuojelulain (527/2014) tarkoituksena on ehkäistä ympäristön pilaantumista, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, § 1.). Toiminnanharjoittajalla on selvilläolovelvollisuus toimintansa ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä ja niiden hallinnasta sekä haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, § 6.). Toiminnanharjoittajan täytyy järjestää toiminta siten, että ympäristön pilaantuminen on ennalta ehkäistävässä. Jos pilaantumista ei voida kokonaan estää, se on rajoitettava mahdollisimman vähäiseksi. Toiminnasta tulevat päästöt ympäristöön ja viemäriverkostoon on rajoitettava mahdollisimman vähäiseksi (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, § 7.). Ympäristöluvassa tarvittaessa määräyksiä teollisuudesta johdettavien jätevesien laadusta pilaantumisen ehkäisemiseksi ja toiminnan turvaamiseksi (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, § 67.). Puhdistamon luvassa on annettu viemäriverkkoa koskevia määräyksiä muun muassa ylivuodoista ja viemäriin tulevista vuotovesistä.

Valtioneuvoston asetusta yhdyskuntajätevesistä (888/2006) sovelletaan ympäristönsuojelulain mukaista ympäristölupaa vaativaan yhdyskuntajätevesien käsittelyyn ja johtamiseen (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006, § 1.). Jätevesiviemärien rakentamisessa ja ylläpidossa on kiinnitettävä erityistä huomiota: 1) yhdyskuntajätevesien määrään ja ominaisuuksiin, 2) vuotojen estämiseen, 3) ylivuotovesistä aiheutuvaan vesien pilaantumisen rajoittamiseen (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006, § 3.).

2.2 Vuoto- ja hulevuotovedet

Vuotovedet ovat tahattomasti viemäriin tulevia vesiä. Varsinaiset vuotovedet ovat pohja- ja vajovesistä viemäriin imeytyvää vettä. Varsinaisia vuotovesiä voi päästä viemäriin silloin kun linja tilapäisesti tai pysyvästi pohjaveden alapuolella. (Forss, 2005, 22.) Vuotovedet tulevat viemäriä ympäröivästä maaperästä rikkiäisistä putkista tai tarkastuskaivoista, huonoista liitoksista ja huokoisista putkenseimämisistä. Maalajin ominaisuudet vaikuttavat paljon viemäriin tulevan vuotoveden määrään. Hyvin vettä läpäisevässä maaperässä vesi saattaa päästä nopeammin vuotokohtaan. Sateet vaikuttavat suoraan vuotovesimäärään joko hule- tai pohjaveden välityksellä. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu RIL 237-1-2010, 120.)

Hulevuotovesi on hulevedestä syntyvää vuotovettä, joka pääsee viemäriin muun muassa kaivojen kansista, putkien saumoista ja ylivuodoista. (Forss, 2005, 22.) Huleveden pääsyyn viemäriputkiin vaikuttavat sadeolot, maaperän ominaisuudet, rakennusmateriaalit, asentajien ammattitaito ja laittomat liitännät. Liitosvuodot ovat yleisimpiä vuotokohtia ja liitoksien tiiveyttä onkin huomioitu vuotovesien rajoittamisessa parantamalla liitostapoja ja lisäämällä ammattitaitoa. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu RIL 237-1-2010, 120.)

Kiinteistöiltä suurimmat vuotovesimäärät muodostuvat virheellisistä liitoksista. Katto- ja kuivatusvedet voivat olla liitetty suoraan jätevesiviemäriin tai sakokaivoon. Sakokaivo voi taas olla liitetty kunnalliseen jätevesiviemäriin. Sakokaivoista aiheutuva vuotovesimäärä riippuu muun muassa virheellisistä liitoksista ja kaivon sekä kansien vuotamisesta. (Uusitalo, 2017, 10 - 11.) Sakokaivoja on poistettu käytöstä ohittamalla ne muoviputkella. Ohitetusta sakokaivosta ei pääse vuotovesiä viemäriin, jos ohituksessa käytetty muoviputki on ehjä ja tehdyt liitokset ovat tiiviitä.

Jätevedenpumppaamojen virtaamaseurannan tai käyntiaikatietojen avulla voidaan arvioida viemäriin tuleva vuotoveden määrä, kun alueen vesijohtoveden kulutus tunnetaan. Vuotovesien määrää voidaan arvioida myös prosenttilisinä jätevesien määrään tai viemäriputkisuuden perusteella. Yleisimmin jätevesiviemäriin vuotovesimäärä ilmoitetaan yksikössä l/s johtokilometrille. Vuotovesien mitoitusarvona käytetään yleensä 0,3 - 0,6 l/s johtokilometriä kohti (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu RIL 237-2-2010, 48.). Betoniviemäreille sallitut vuotovesimäärät selviävät taulukosta 1, sallittu vuotovesimäärä johtokilometriä kohti kasvaa putkikoon kasvaessa.

Taulukko 1. Betoniviemäreille sallitut vuotovesimäärät (Vesihuolto 2: RIL 124-2-2004, 467.)

Putken läpimitta [mm]	Sallittu vuotovesimäärä [l/s*johto-km]
150	0,11
200	0,14
250	0,17
300	0,20
375	0,26
450...900	0,41

Viemäriin pääsevät hulevedet aiheuttavat lisäkustannuksia pumppaamoilla ja jätevedenkäsittelylaitoksilla muun muassa lisääntyneenä sähkönkulutuksena. Vuotovedet laimentavat viemäriverkoston ja keväisin myös viilentävät niitä, mikä voi aiheuttaa häiriöitä jäteveden puhdistusprosesseihin. Hulevuotovedet erityisesti aiheuttavat nopeita virtaaman vaihteluita viemäriverkostoon, mikä voi johtaa kapasiteettiongelmiin. Viemäriverkoston määrä voi lyhytaikaisesti olla yli 10-kertainen suhteessa alueelle myytyyn puhtaaseen veteen (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu RIL 237-1-2010, 153.). Pumppaamon kapasiteetin ylittyessä aiheutuu viemäriverkostossa ylivuotoja ja viemäritulvia.

2.3 Viemäreiden kuntoselvitykset vuotovesien etsinnässä

Viemäriin pääseviä vuotovesiä voidaan etsiä seuraavilla viemäreiden kuntoselvityksillä:

- vuotovesiselvitys
- viemäreiden TV-kuvaus
- tarkastuskaivojen kuntoselvitys
- savukoe.

Vuotovesiselvitys alkaa jätevedenpuhdistamon virtaaman jatkuvalla seuraamisella ja tulkinnalla. Vuotovedet voivat olla tyypillisesti vuodessa noin 50 % jäteveden määrästä. Vuotoveden huippuvirtaamat ovat usein moninkertaisia verrattuna jäteveden virtaamaan. Vuotovesiselvityksessä tutkitaan vuotovesien määrää, vuotojen sijaintia ja vuotojen syitä. (Forss, 2005, 22.)

Vuotovesien määrän seuraamiseen tulee virtaamien seuranta ja analysointi tehdä valuma-alueittain. Valuma-alueiden virtaaman seuranta voidaan toteuttaa seuraamalla jätevedenpumppaamoihin tulevaa virtaamaa. Vedenkulutustietojen perusteella voidaan arvioida viemäriin johdettavia jätevesimääriä. Jos vuotovesiä havaitaan runsaasti, on siirryttävä tarkempiin johtolinjakohtaisiin virtaaman mittauksiin. Viemäriverkoston virtaamien seuranta voidaan tehdä kannettavien viemäriverkoston osien avulla. Virtaamamittausten tulokset analysoimalla voidaan löytää vuotavimmat verkoston osat ja tehdä johtopäätöksiä vuotovesien syistä. Virtaamamittausta voidaan käyttää osoittamaan vuotovesien vähentämiseksi tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksia. (Forss, 2005, 22.)

Viemäreiden TV-kuvaus on yleisin menetelmä viemäreiden rakenteellisen ja toiminnallisen kunnan tutkimisessa. TV-kuvauksella tarkoitetaan viemäriputkien sisäpuolista kuvaamista ja kuvauksen tarkoituksena on selvittää kuvattujen osien kuntoa. Viemärikuvauksella voidaan saada tietoa myös

vuodoista, viemäritukoksien syistä ja viemäri liittymien sijainnista. Viemäreiden kuvaamista käytetään kunnon ja toimivuuden selvittämiseksi, saneeraussuunnittelua varten ja uusien ja saneerattujen viemäreiden laadunvalvontaan. (Forss, 2005, 24 - 25.)

Tarkastuskaivojen kuntoa tulee tarkkailla viemäreiden kunnossapidon esim. puhdistuksen yhteydessä (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu RIL 237-1-2010, 148.). Tarkastuskaivojen kuntoselvitys tehdään alueilla, joilta muodostuu vuotovesiä kaivojen kautta viemäriin. Tarkastuskaivot tutkitaan pääsääntöisesti silmämääräisesti. Kaivoista selvitetään kaivon rakenne ja korkeusasema, liittymäputket ja kaivon kunto. Erityistä huomiota tulee kiinnittää kannen ja putkiliitosten tiiveyteen. Betonikaivoissa renkaiden välinen sauma on mahdollinen vuotokohta. Tarkastuksen tulokset kirjataan kaivokorteille, joita voidaan täydentää valokuvilla. (Vesihuolto 2: RIL 124-2-2004, 662.)

Savukoe on yksinkertainen menetelmä viemäriin vuotovesien alkuperän selvittämisessä. Viemäriin puhalletaan savua viemärikaivosta, joka kulkeutuu viemärissä purkautuen viemäroinnin avoimista päistä, kuten kaivon kansista, kiinteistöjen tuuletusputkista, rikkoontuneen viemäriin vuotokohdista ja virheellisiä liitoksista.

Kokeella voidaan paikallistaa vuotavia viemäri linjoja, jos ne kulkevat tarpeeksi lähellä maanpintaa ja maa ei ole liian tiivistä. Koe tulisi tehdä sulan maan aikana, jolloin lumi ja routa eivät häiritse savun kulkeutumista. Savukokeella löydetään usein virheelliset liitokset, joissa sade- ja sulamisvedet ovat ohjattu jätevesiviemäriin salaojien tai rännikaivojen kautta. Savukoetta käytetään esimerkiksi TV-kuvausta täydentävänä menetelmänä. (Forss, 2005, 26.)

3 VIEMÄRIVEDEN VIRTAAMAN MITTAUS

Virtaama on tietyn poikkileikkauksen läpi kulkevan ainemäärän tilavuus aikayksikössä. SI-järjestelmässä virtaaman yksikkö on m³/s. Viemäreiden hetkellisiä virtaamia mitatessa voidaan käyttää yksikköä l/s.

Putkessa virtaava vesi voi olla laminaarista tai turbulanttista. Laminaarisessa virtauksessa nestepartikkelin hetkellinen nopeus on sama kuin virtauksen keskimääräinen nopeus. Nestekerrokset eivät sekoitu keskenään. Turbulenttisessa virtauksessa nestepartikkelin nopeus ja suunta poikkeavat satumanvaraisesti keskiarvosta ja nestekerrokset sekoittuvat virtauksessa. Reynoldsin luvulla (Re-luku) voidaan määrittää putkivirtauksen tyyppi. Reynoldsin kaava on tarkoitettu täysille putkille, jolloin puhutaan täyden putken virtaamasta. Vajaatäyttöisiin putkiin sovelletaan samoja kaavoja kuin avouomille. Reynoldsin luku pyöreälle putkelle on noin 2 300, mikä erottaa laminaarisen ja turbulenttisen virtauksen. Turbulenttisen virtauksen Re-luku on yli 2 300. Vesihuollossa turbulenttinen virtaus on yleisempää, mutta puhdasta turbulanttista virtausta esiintyy harvemmin. Virtaus on usein ns. siirtymävyöhykkeellä laminaarisen ja turbulenttisen välillä. (Vesihuolto 1: RIL 124-1-2003, 133, 136.)

Virtaaman laskemiseen tarvitaan virtauspoikkileikkauksen pinta-ala ja keskimääräinen virtausnopeus. Jos virtauspoikkileikkauksen pinta-ala ja keskimääräinen virtausnopeus tiedetään, saadaan virtaama laskettua kaavalla:

$$Q = v * A$$

Kaava 1

$$Q = \text{virtaama [m}^3/\text{s]}$$

$$v = \text{keskimääräinen virtausnopeus [m/s]}$$

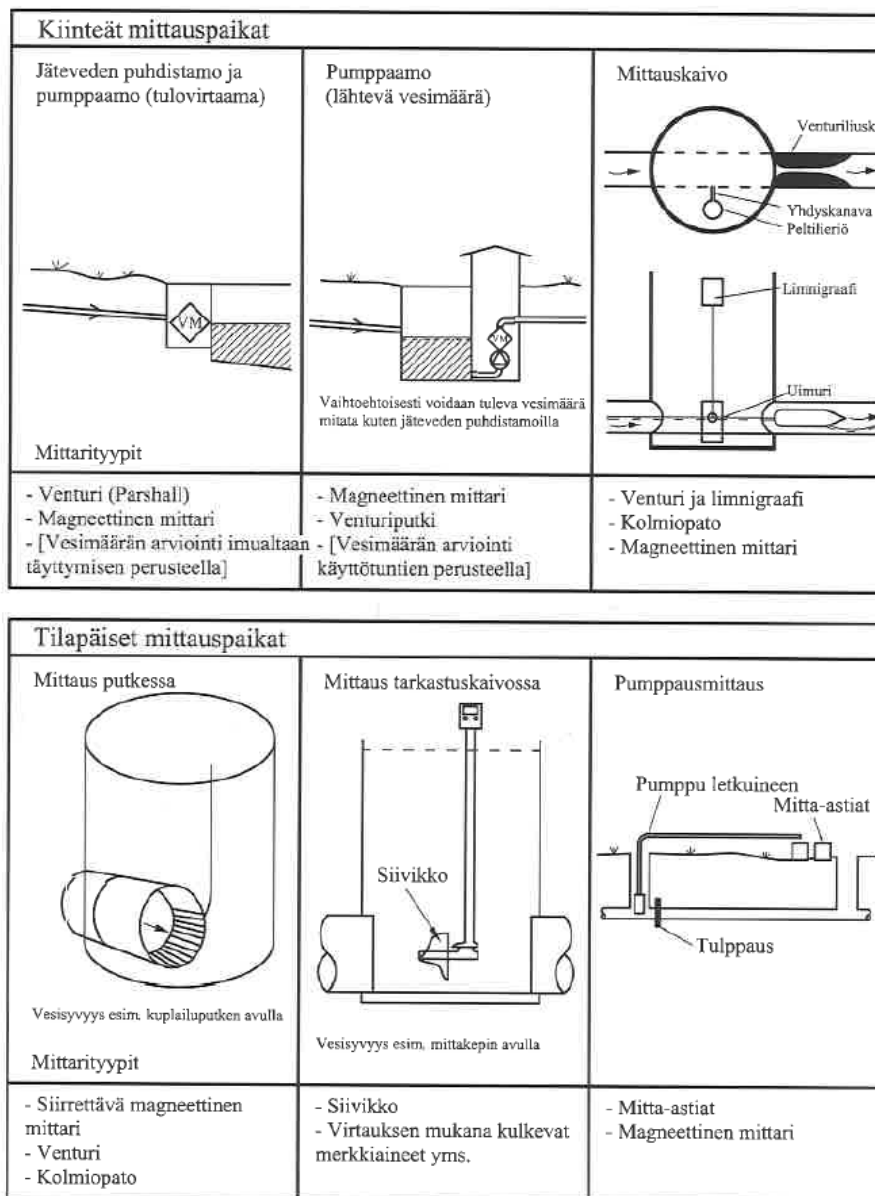
$$A = \text{virtauspoikkileikkauksen pinta-ala [m}^2\text{].}$$

Usein virtaaman laskemiseen ei ole tarvittavia lähtötietoja, jolloin tarvitaan erilaisia mittausvälineitä ja mittausmenetelmiä.

3.1 Mittauspaikat

Viemäri-vesien virtaaman mittaaminen voi olla jatkuvaa tai hetkellistä. Jatkovaa seuraamista voi olla esimerkiksi jätevedenpuhdistamolla, pumppaamolla ja mittauskaivoissa. Puhdistamolla lähtevää virtaamaa voidaan mitata esimerkiksi V-padon avulla. Pumppaamolla voidaan käyttää virtaaman mittaukseen esimerkiksi magneettista virtausmittaria tai astiamittaukseen perustuvaa mittausta. Mittauskaivoissa voidaan käyttää esimerkiksi magnettista tai ultraäänellä toimivaa virtausmittaria.

Hetkellisiä mittauksia voidaan tehdä tilapäisistä mittaustaikoista, joita ovat yleensä tarkastuskaivot. Tarkastuskaivoista voi esimerkiksi mitata vesisyvyyttä ja laskea kaavojen kautta virtaamaa. Ultraääni- ja siivikkomittaukset antavat reaaliaikaista virtaamatietoa viemäri- ja putkissa liikkuvista vesistä. Kuvassa 3 on esitetty tarkemmin kiinteitä ja tilapäisiä mittaustaikoja.



Kuva 3. Viemäri- ja putkissa virtaamamittauspaikat ja -laitteet (Vesihuolto 2: RIL 124-2-2004, 661.)

3.2 Ultraäänimittaus

Virtaaman mittaus ultraäänellä perustuu siihen, että äänen nopeus on vakio nesteessä. Ultraäänimittarit ovat kustannustehokkaita varsinkin suurille putkille, koska usein putken koko ei vaikuta juurikaan hintaan. Ultraäänimittarin tarkkuuteen voivat vaikuttaa häiritsevästi epäpuhtaudet vedessä ja virtauksen vaihtelut. Ultraäänimittaus sijoitetaan sellaiseen paikkaan, missä virtaustilan muutoksia ei tapahdu. Mittari tarvitsee riittävästi suoraa putkea ennen ja jälkeen mittauksen. Ultraäänimittaukseen ei tulisi sijoittaa lähelle pumppua, venttiiliä tai putken kulmia. (Vesihuolto 2: RIL 124-2-2004, 47.) Ultraäänimittaus voi perustua ristikorrelaatiomittaukseen, Doppler-ilmiöön tai kulkuajamittaukseen.

Ristikorrelaatiomittaus soveltuu jätevedelle ja nesteille, jotka sisältävät kiintoainetta. Ristikorrelaatiomittausta voidaan käyttää täysien ja vajaiden putkien virtausmittaukseen. Vajaatäyttöisillä putkilla voidaan käyttää putken sisälle asennettavaa kiila-anturia ja täysillä putkilla putkiyhteeseen asennettavaa putkianturia. (Labkotec, 2016, 25.)

Doppler-ilmiötä hyödyntävää mittaus soveltuu kiintoaineista sisältäville aineille. Mitattavan aineen tasalaatuisuus vaikuttaa mittauksen tarkkuuteen. Doppler-mittausta voidaan käyttää vähemmän tarkkuutta vaativiin mittauksiin esimerkiksi ylivuodon mittaamiseen. Doppler-mittauksessa voidaan käyttää putkianturia tai putken ulkopinnalle asennettavaa anturia "Clamp-On"-tekniikalla. (Labkotec, 2016, 25, 27.)

Kulkuaikamittauksessa aineen viskositeetti ja lämpötila eivät vaikuta mittaukseen, mutta mitattavassa aineessa ei saa juurikaan olla suspendoitunutta kiintoainetta ja aine ei saa kuplia. Kulkuaikamittausta käytetään täysille putkille. Mittausanturit voidaan asentaa "Clamp-On"-tekniikalla, jolloin putkistoon ei tarvitse tehdä muutoksia ja anturit eivät ole kosketuksissa mitattavaan aineeseen. (Labkotec, 2016, 25.)

Esimerkkinä ultraäänimittauksesta on tässä työssä käytetty Nivus PCM 4, joka on kannettava virtausmittauslaite, jonka toiminta perustuu ristikorrelaatiomittaukseen. Laitetta käytetään yleisesti tilapäiseen virtausmittaukseen. Mitattavat kohteet ovat muun muassa verkostojen virtausten seuranta sadeolosuhteissa, putkirikojen valvonta, muiden mittauksien tarkistukset ja omavalvonnan mittaukset. Laitetta käytetään täyden ja vajaan putken mittaamiseen. (Labkotec, 2016, 26.)



Kuva 4. PCM 4 -yksikkö ja ilma- ja vesitultraäänianturit (Labkotec, 2008.)

PCM 4 on saksalaisen Nivus GmbH:n valmistama laite. Laitteistoon kuuluu kannettava virtausmittauslaite ja anturi (kuva 4). PCM 4 -yksikkö toimii ladattavalla akulla, paristoilla tai verkkovirralla. Yksiköllä on IP67 luokitus, joten laite on pölytiivis sekä kestää hetkellisen upotuksen veteen. Yksikkö painaa noin kaksi kiloa ilman antureita ja paristoja. Yksikköön on integroitu 128 * 128 pikselin näyttö. (Nivus GmbH, 2007, 10.)

Antureita on kahta mallia, vesi-ultraäänianturi ja ilma-ultraäänianturi (kuva 4). Tässä työssä käytetty vesi-ultraäänianturi soveltuu paremmin viemäreiden tilapäiseen virtausmittaukseen. Anturi mittaa pinnan korkeutta ultraäänien kulkuajalla ja paineanturilla. Ultraäänellä pinnan korkeuden mittaus onnistuu 5 - 200 cm:n välillä ± 2 mm:n tarkkuudella ja paineanturilla 0 - 350 cm välillä $\leq 0,5$ % saadusta arvosta. Virtausnopeuden määrittämiseen anturi käyttää ristikorrelaatiota. Virtausnopeuden mittausalue on $-1...+6$ m/s. Virtausnopeuden tarkkuus on < 1 % mitatusta arvosta nopeuden ollessa > 1 m/s ja $< 0,5$ % mitatusta arvosta nopeuden ollessa 5 mm/s ja 1 m/s välillä. Lämpötilan mittausalue on -20 °C - $+60$ °C ja tarkkuus $\pm 0,5$ K. (Nivus GmbH, 2007, 11 - 12.)

3.3 Keppimittaus

Vajaatäyttöisten putkien virtaaman mittaamiseen voidaan käyttää keppimittausta. Keppimittaus on edullinen toteuttaa ja siitä saadut tulokset ovat hyvin vertailtavissa keskenään. Viemäreiden virtaaman mittaamiseen tarvitaan viemärin vesisyvyys, halkaisija ja kaltevuus. Vesisyvyys voidaan mitata kepillä tarkastuskaivosta, jos kaivon pohja on ehjä ja viemäriputken kanssa samassa tasossa (kuva 5). Virtaaman laskemiseen voidaan soveltaa Manningin kaavaa, mikä on yleisin kaava viemäreiden, kourujen, kanavien ja avouomien mitoituksessa (Vesihuolto 1: RIL 124-1-2003, 145.). Kaava soveltuu hyvin myös vajaatäyttöisten putkien virtaaman laskemiseen. Putkivirtausten laskemisen kaava on johdettu Manningin kaavasta:

$$Q = \frac{K}{n} * h^{8/3} * I^{1/2}$$

Kaava 2

Q = virtaama [m^3/s]

$K = h/d$

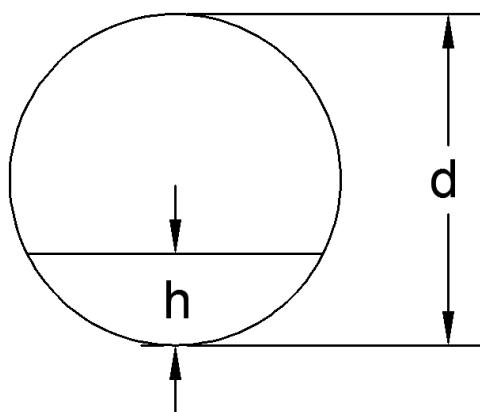
n = Manningin kitkakerroin [dimensioton]

h = vesisyvyys [m]

I = energiaviivan kaltevuus [m/m]

d = putken halkaisija [m]

K ja n saadaan LIITTEEN 1 taulukoista.



Kuva 5. Viemäriputken vesisyvyyden korkeus

3.4 Astiamittaus

Virtaaman määrittämiseen ilman virtaamamittaria voidaan usein käyttää astiamittausta. Astiamittauksen periaatteena on mitata tunnetun suuruisen astian täyttymiseen kuluva aika, ja laskea siitä virtaama. Astiamittaus on edullinen vaihtoehto, ja toteutettavissa useissa eri tapauksissa.

Jätevedenpumppaamoita voidaan käyttää astiana tulovirtaamaa mitatessa, jos pumppaamon tilavuus voidaan laskea. Tulovirtaamaa mitatessa tulee tarkasteltava tilavuus ottaa tuloviemärin alapuolelta, ettei padotus aiheuta virheitä mittaustulokseen. Jos pumppaamolla on tilavuutta vieviä varusteita, tulee näiden viemä tilavuus vähentää vesitilavuudesta. Pumppaamosta valitaan tarkasteltava väli Δh ja aloitetaan ajanotto, kun vesipinta on alarajan kohdalla. Ajanotto lopetetaan silloin, kun vesipinta on ylärajan kohdalla. Sylinterin muotoisen pumppaamon tulovirtaaman laskemiseen voidaan käyttää kaavaa:

$$Q = \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \Delta h}{t}$$

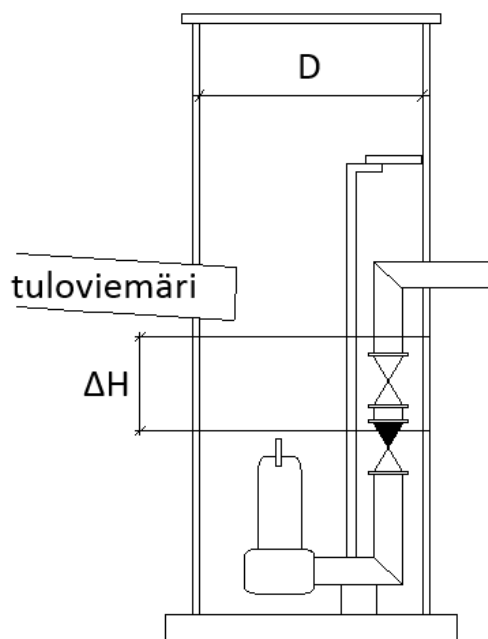
Kaava 3

Q = virtaama [m^3/s]

D = astian sisähalkaisija [m]

Δh = pinnankorkeuden muutos [m]

t = astian täyttymiseen/tyhjentyemiseen kulunut aika [s].

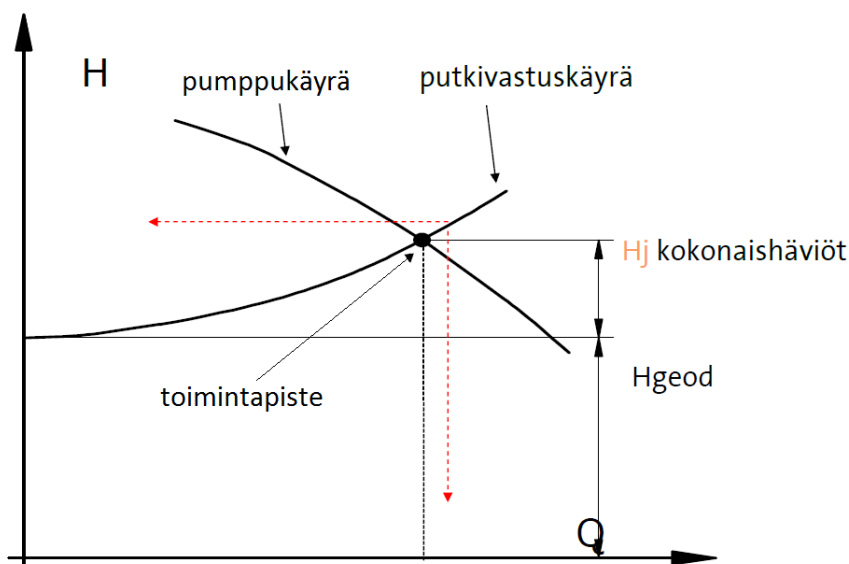


Kuva 6. Esimerkkipiirros astiamittaukseen soveltuvasta pumpusta

Jätevedenpumpun pumpujen tuotot voidaan myös määrittää astiamittauksella, kun mitataan ensin tulovirtaama ja oletetaan sen olevan muuttumaton mittauksen aikana. Pumpun aikana tuloviemäristä tullut vesimäärä lasketaan mukaan astian tilavuuteen, että saadaan laskettua oikea tuotto. Tuoton laskeminen onnistuu suoraan kaavalla 3, jos tulovirtaama on jaksottaista, eikä mitaus hetkellä ole tulovirtaamaa. (Mäkitalo, 2013, 29 - 30.)

3.5 Pumpun tuottokäyrästä laskettu virtaama

Pumpun virtaamaan laskemiseen tulee tietää pumpun tuottokäyrän ja kokonaisnostokorkeuden ($H_{\text{geod}} + h_j$) leikkauskohta eli toimintapiste (kuva 7). Toimintapisteen kohdalla on pumpun tuotto Q , joka on yksikössä l/s tai m^3/h . Kertomalla tuoton (m^3/h) pumpun käyntiajalla (h) saadaan pumpusta pumpattu vesitilavuus (m^3).



Kuva 7. QH-käyrä yhden pumpun käytöllä (Grundfos, 2014.)

Kokonaisnostokorkeus on geodeettisen nostokorkeuden ja putkiston häviöiden summa (kuva 8). Kokonaisnostokorkeutta tarvitaan muun muassa pumppua valitessa. Geodeettinen nostokorkeus on pumppaamon pysäytystason ja paineputken purkukorkeuden välinen erotus.

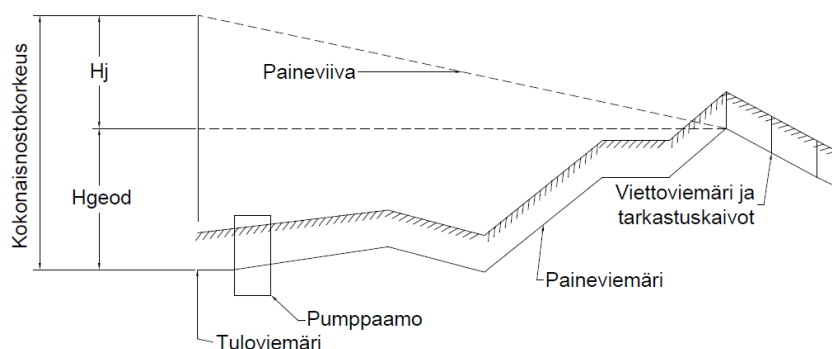
$$H = H_{geod} + H_j$$

Kaava 4

H = kokonaisnostokorkeus [m]

H_{geod} = geodeettinen nostokorkeus [m]

H_j = putkiston häviöt [m]



Kuva 8. Kokonaisnostokorkeuden määräytyminen

Internetissä on käytettävissä maksuttomia mitoitusohjelmia, joilla voidaan tarkastella tarkemmin paineviemäreitä ja pumppaamoita. Tällaisia ohjelmia ovat esimerkiksi Grundfosin Product Center ja Xylemin Xylect-mitoitusohjelma. Product Center on tehty Grundfosin pumppuille ja Xylect Flygtin pumppuille. Mitoitusohjelmien käyttö on paljon käsinlaskemista nopeampaa ja helpompaa. Ohjelmat piirtävät putkivastuskäyrän annetuilla lähtötiedoilla ja auttavat löytämään kohteelle parhaiten soveltuvan pumpun.

3.5.1 Kokonaisnostokorkeuden määrittäminen

Paineviemärin koon määrää virtausnopeus mitoitusvirtaama tilanteessa. Pienikokoisille paineviemäreille, kooltaan 100 - 300 mm, voidaan käyttää 1,0 - 1,3 m/s virtausnopeutta ja suurille ≥ 400 mm jopa 1,4 - 1,5 m/s loivan painehäviökäyrän takia. Pumppaamon sisäiset paineputket ja lyhyet paineviemärit voidaan mitoittaa suurille nopeuksille 1,5 - 3 m/s. Paineviemärin virtausnopeus ei saa olla alle 0,7 m/s, jotta johto olisi itsepuhdistuva. (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu RIL 237-2-2010, 58.)

Putkiston painehäviöt tulevat kitkavastushäviöistä ja paikallisvastusten aiheuttamista painehäviöistä. Kitkahäviö lasketaan putkiosuutta kohti ja lisäämällä siihen putkiston varusteiden aiheuttamat kerta- ja paikallisvastushäviöt, voidaan laskea putkiston kokonaispainehäviö.

$$H_j = H_{jp} + H_{jn}$$

Kaava 5

H_j = putkiston häviöt [m]

H_{jp} = paineputken kitkahäviöt [m]

H_{jn} = paikallisvastusten häviöt [m].

Paineviemäreissä voi esiintyä monenlaisia häiriötekijöitä, jotka voivat aiheuttaa pumppauskapasiteetin alenemista. Pitkissä painelinjoissa kokonaisnostokorkeuden määrittäminen voi olla vaikeaa, kun linjoissa voi olla suuriakin korkeuseroja. Putkilinjaan korkeisiin kohtiin kertyvä ilma ja kaasu lisäävät kokonaisnostokorkeutta (kuva 9). (Pulli, 2016, 118 - 119.)

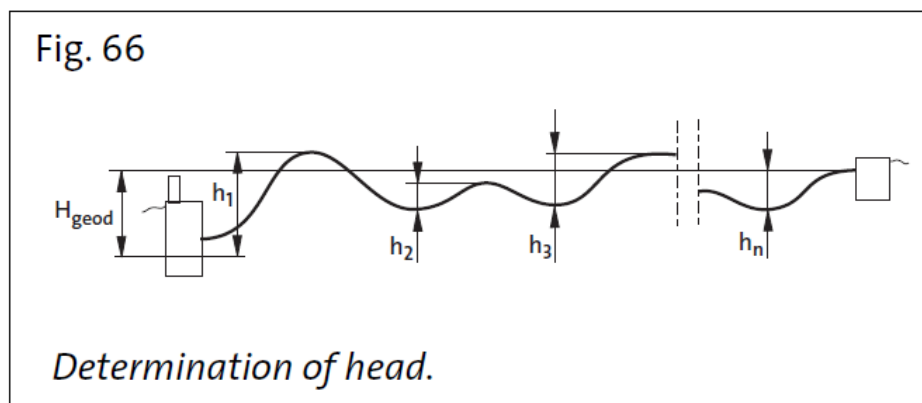


Kuva 9. Ilman kertyminen painelinjaan (Pulli, 2016, 119.)

Jos teoreettisesti lasketut pumppujen nostokorkeudet eivät riitä haluttuun virtauskapasiteettiin on todennäköinen syy linjaan kerääntyneessä ilmassa. Ilman määrä vaihtelee putkessa, joten nostokorkeutta voidaan arvioida laskemalla linjan minimi- ja maksiminostokorkeudet (kaavat 6 ja 7, kuva 10). Todellinen nostokorkeus arvioidaan näiden väliltä. Tällaisten linjojen pumppuja valitessa tulee varmistua pumppujen soveltuvuudesta vaihtelevalle nostokorkeudelle. (Grundfos, 2004, 51.)

$$H_{min} = H_{geod} + H_j \quad \text{Kaava 6}$$

$$H_{max} = H_1 + H_2 + H_3 + H_n + H_j \quad \text{Kaava 7}$$



Kuva 10. Kokonaisnostokorkeuden määrittäminen polveilevassa painelinjassa (Grundfos, 2004, 51.)

Kitkavastushäviöt

Alla oleva kaava (kaava 8) on yleinen painehäviön laskentaan käytetty Darcy-Weisbachin painehäviön kaava, jota voidaan käyttää kaiken muotoisille putkille. Kaavassa ei huomioida paikallisvastusten aiheuttamia painehäviöitä. Painehäviölaskennassa voidaan käyttää myös turbulenttisella virtausalueella pätevää Colebrookin kaavaa ja vesijohdoille ja paineviemäreille soveltuvaa Hazen-Williamsin kaavaa. (Pulli, 2016, 101.)

$$H_{jp} = f * \frac{L * V^2}{2 * g * d}$$

Kaava 8

H_{jp} = paineputken kitkahäviöt [m] (vp)

f = putkivastuskerroin [dimensioton]

L = putken pituus [m]

V = virtausnopeus [m/s]

g = vetovoiman aiheuttama kiihtyvyyys [m/s²]

d = putken sisähalkaisija [m].

Putken halkaisijaa määrittäessä tulee olla huolellinen, koska sillä on yllättävän suuri vaikutus painehäviöön varsinkin pienikokoisilla putkilla. Pienellä putkella painehäviö on suurempi kuin suuremmalla putkella, jonka virtausnopeus on yhtä suuri. Putkikoot ilmoitetaan usein ns. nimellishalkaisijan DN mukaan. Poikkeama sisähalkaisijan ja DN halkaisijan välillä voi olla varsin suuri. (Pulli, 2016, 102.) Oikeat sisähalkaisijat löytyvät putkitoimittajien kuvastoista.

Putkivastuskerroin (f) on riippuvainen Reynoldsin luvusta ja putken karheuden suhteesta putken sisähalkaisijaan. Taulukossa 2 on määritelty karheusarvoja (k) erilaisille putken sisäpinnoille.

Taulukko 2. Erilaisten putkien k -arvoja (Vesihuolto 1: RIL 124-1-2003, 142.)

Putken materiaali	Uusi putki k (mm)	Vanha putki k (mm)
Muovi	0,01	0,25
Vedetty teräs	0,05	1,0
Hitsattu teräs	0,10	1,0
Vedetty haponkestävä teräs	0,05	0,25
Hitsattu haponkestävä teräs	0,1	0,25
Asfaloitu valurauta	0,12	
Sinkitty teräs	0,12	
Asbestisementti	0,025	0,25
Valurauta	0,25	1,0
Asfaloitu valurauta	0,12	
Betoni	0,3–2,0	

Putkivastuskerroin (f) luetaan Moodyn käyrästä (kuvio 1). Käyrästä lukemiseen täytyy selvittää Reynoldsin luku (kaava 9) ja putken k -arvon suhde putken sisähalkaisijaan (k/d).

Reynoldsin luku saadaan kaavalla:

$$Re = \frac{d \cdot v}{\nu}$$

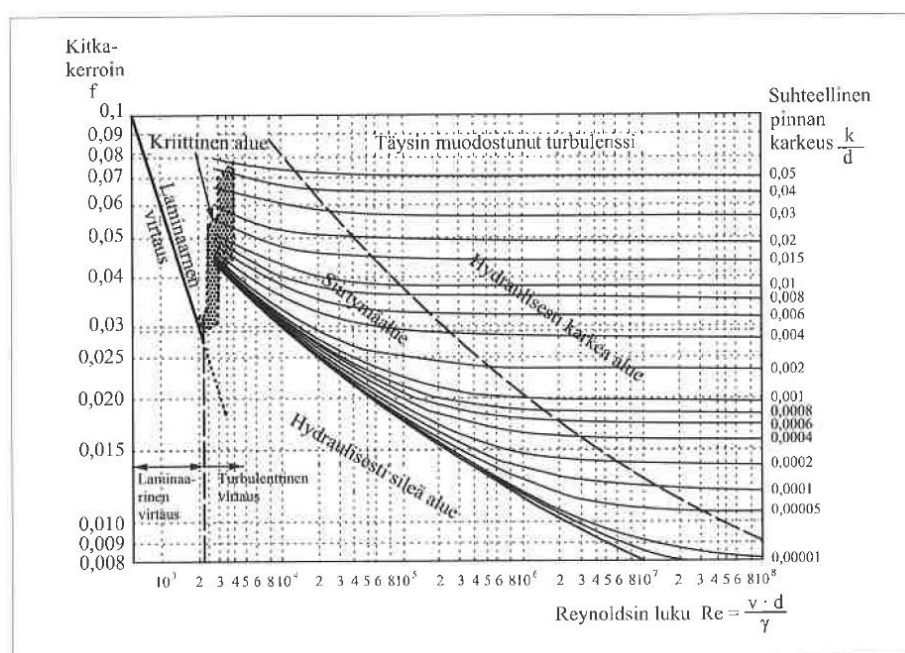
Kaava 9

Re = Reynoldsin luku [dimensioton]

d = putken sisähalkaisija [m]

v = veden keskimääräinen nopeus [m/s]

ν = kinemaattinen viskositeetti [m²/s].



Kuvio 1. Moodyn käyrästä (Vesihuolto 1: RIL 124-1-2003, 142.)

Paikallisvastus

Paikallisvastusten osuus on pitkissä johdoissa yleensä niin pieni koko painehäviöstä, että sitä ei oteta huomioon. Pumppaamojen putkistojen suunnittelussa taas pyritään parempaan tarkkuuteen ja paikallisvastukset lasketaan mukaan. Pienissä pumppaamoissa voidaan olettaa pumppaamon sisäisten painehäviöiden olevan noin yksi metri (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu RIL 237-2-2010, 59.). Verkostolaitteiden esim. sulkuventtiilien vastuskerroin yleensä pienenee johtokoon kasvaessa. Johdon supistumisesta tai laajenemisesta aiheutuva vastus riippuu suhteellisesta muutoksesta. Paikallisvastuksia voidaan laskea esimerkiksi alla olevalla kaavalla. (Vesihuolto 1: RIL 124-1-2003, 151.)

$$h_{jn} = \zeta \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Kaava 10

h_{jn} = paikallisvastusten häviöt [m]

v = virtausnopeus [m/s]

ζ = paikallisvastuskerroin [dimensioton]

g = vetovoiman aiheuttama kiihtyvyyys [m/s²].

Paikallisvastuskerroimet ovat dimensiottomia lukuja, joita esimerkiksi verkostolaittevalmistajat ilmoittavat valmistamilleen tuotteille. Liitteessä 2 on taulukko paikallisvastuskertoimista. Esimerkiksi palloventtiin paikallisvastuskerroin on 0,10 ja istukkaventtiin 10.

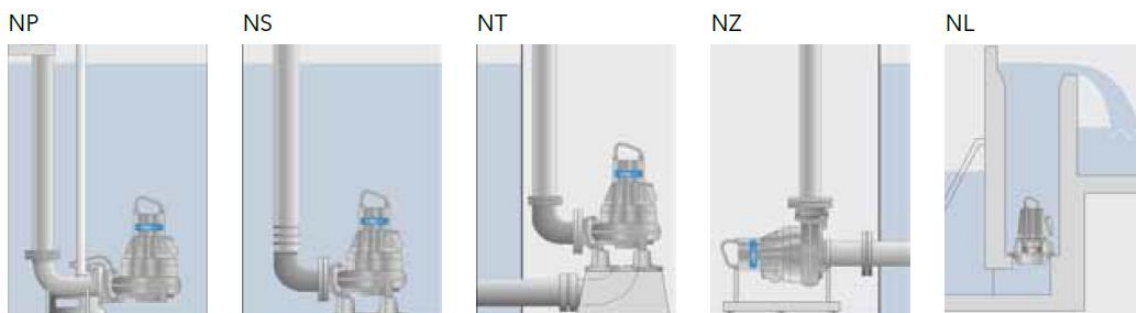
3.5.2 Pumput

Pumppujen valinnassa yksi keskeisimmistä asioista on pumpputyypin ja pumppujen määrän valinta.

Pumpun valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa:

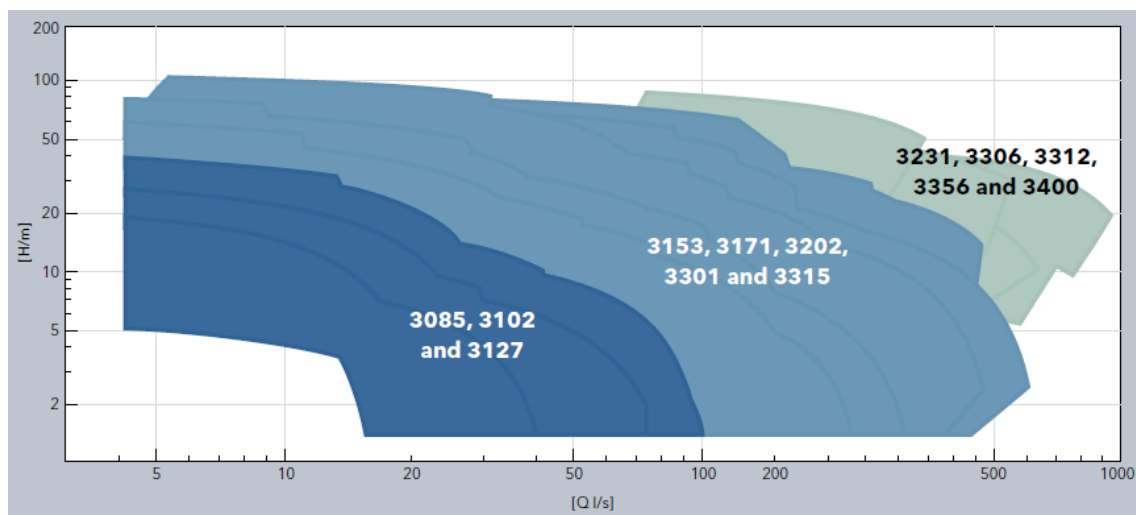
- pumpattavan veden laatu
- pumpun tuotto ja pumpulta vaadittava nostokorkeus
- asennustapa
- pumppujen ohjaus
- luotettavuus
- taloudellisuus
- huollon varmuus.

Pumppujen asennustapa vaikuttaa pumppujen valintaan. Yleensä pienillä jätevedenpumppaamoilla käytetään uppoasenteisia ja suuremmilla kuiva-asenteisiä pumppuja. Kuvassa 11 on erilaisia pumppujen asennustapoja.



Kuva 11. Flygt-pumppujen asennustyyppit: NP ja NS uppoasennus, NT kuiva-asennus, NZ kuiva-asennus vaakamalli, NL puolikiinteä asennus putkeen (Xylem, 2010.)

Pumppujen alustava valinta tehdään vertaamalla vaadittua tuottoa ja nostokorkeutta pumpun valmistajien käyrästöihin (kuva 12). Käyrästöistä löytyvät oikeassa toimintapisteessä käyvät pumppumallit. Pumppujen lopullinen valinta on parempi ulkoistaa esimerkiksi pumpputoimittajalle, joka voi tarvittaessa osoittaa pumppujen pääsyn luvattuihin arvoihin.



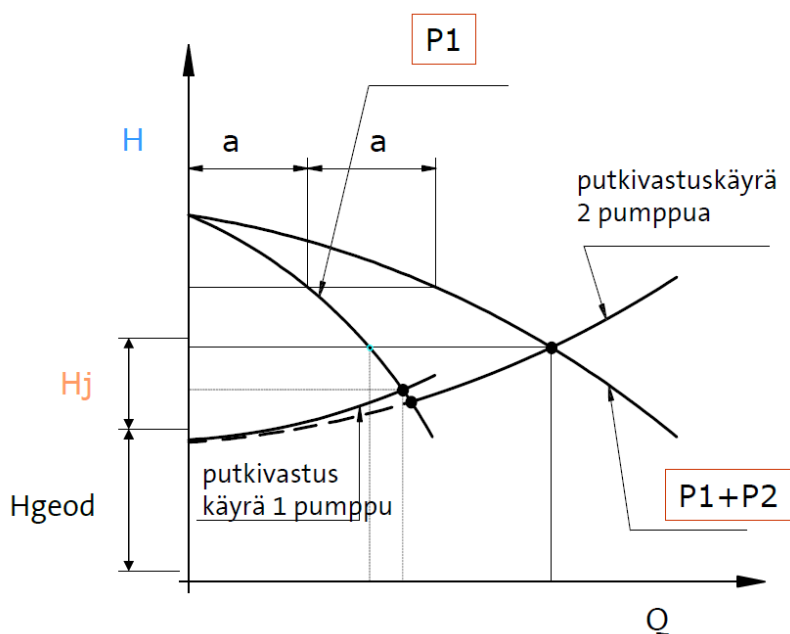
Kuva 12. Flygt valintakäyrästä (Xylem, 2010.)

Pumppukäyrät

Tärkeimmät tekijät pumppukäyrissä ovat pumpun tuotto (Q) ja pumpun nostokorkeus (H). Pumpun QH-käyrässä tuotto on muuttujana. Usein myös merkitään hyötysuhde- ja tehontarvekäyrät (η ja E). Kaikki edelliset käyrät ovat pumpun ominaiskäyriä. (Vesihuolto 1: RIL 124-1-2003, 186.)

Pumppujen mitoitus tehdään siten, että tarvittava virtaama saadaan yhdellä pumpulla. Pumppaamoissa on yleensä vähintään kaksi rinnan asennettua pumppua, jotka käyvät vuorottelemalla. Jos yksi pumppu ei saa pumpattua tulevaa vesimäärää, käynnistyy toinen pumppu mukaan toisen pumpun käynnistysrajan ylittyessä.

Rinnan asetetut pumput nostavat pumppaamon tuottoa, mutta nostokorkeus jää samaksi kuin yhdellä pumpulla, jos käytetään keskenään samanlaisia pumppuja. Tuotto ei kasva kaksinkertaiseksi rinnakkain käytössä, koska virtaushäviöt putkessa ovat suhteessa tuoton toiseen potenssiin. Lisäntyneiden vastusten takia kahden pumpun yhteinen tuotto on aina pienempi kuin kahden yksittäisen pumpun tuotto. (Vesihuolto 1: RIL 124-1-2003, 189.) Jos pumppaamoon on valittu painehäviökäyrältään jyrkkä eli pienikokoinen putki, ei kahden pumpun rinnakkain käyttö yleensä lisää merkittävästi tuottoa (Vesihuoltoverkkojen suunnittelu RIL 237-2-2010, 58.). Kuvassa 13 on esitetty QH-käyrät yhdellä ja kahdella pumpulla.



Kuva 13. Yhden ja kahden pumpun QH-käyrät (Grundfos, 2014.)

3.6 Vuotovesimäärän laskeminen

Vuotoveden määrä viemärivereden virtaamasta voidaan laskea vähentämällä laskutetun talousveden osuus viemärivereden määrästä. Viemärivereden määrä voidaan laskea pumppaamosta tai viemäristä mitatun virtaaman perusteella. Laskutetun talousveden määrä saadaan vesilaitoksen vedenlaskutusjärjestelmästä. Vuotoveden määrä lasketaan kaavalla 11. Vuotoveden yksikkönä voidaan käyttää tarkastelujaksoa parhaiten kuvaavaa, esimerkiksi vuositasolla kuutiota vuodessa (m^3/a) ja lyhyemmällä jaksolla kuutiota päivässä (m^3/d).

$$\text{Vuotovesi} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] = \text{Viemäriveresi} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] - \text{Laskutettu talousvesi} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right] \quad \text{Kaava 11}$$

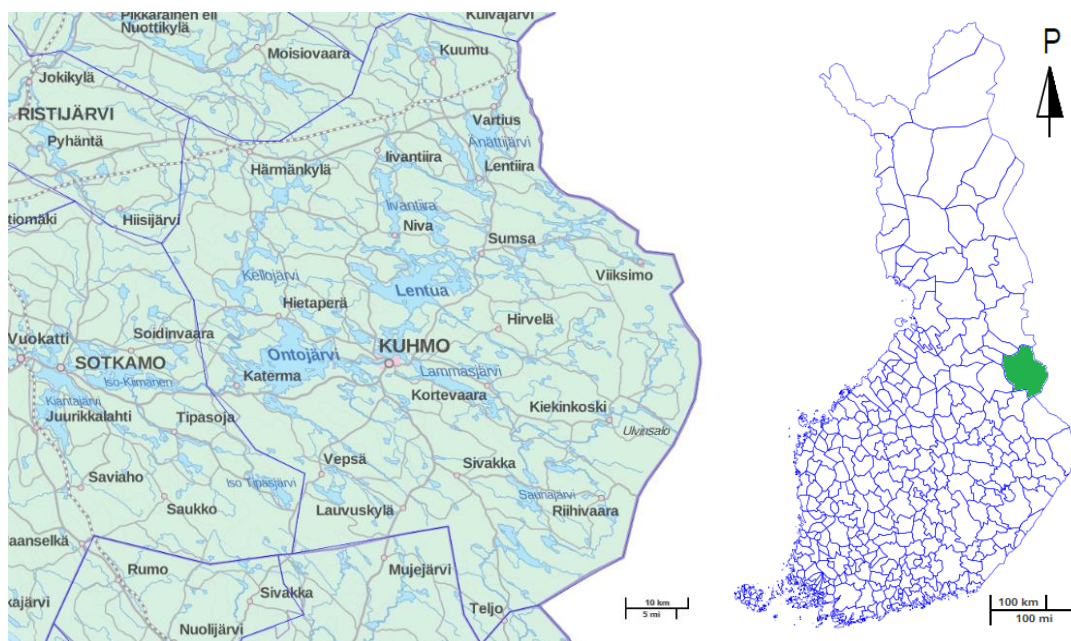
Vuotovesiprosentti kuvaa vuotoveden osuutta viemärivereden kokonaisvirtaamasta. Vuotovesiprosentti lasketaan kaavalla 12.

$$\text{Vuotovesiprosentti} [\%] = \frac{\text{Vuotovesi} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right]}{\text{Viemärivereden kokonaisvirtaama} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right]} * 100 [\%] \quad \text{Kaava 12}$$

4 TUTKIMUSKOHDE

Tutkimuskohde sijaitsee Kuhmon kaupungissa Kainuussa, Suomen itäraajalla. Kuhmo oli kunta vuodesta 1865 vuoteen 1986, jolloin Kuhmo muutettiin kaupungiksi. Pinta-alaltaan Kuhmo on Suomen suurimpia kaupunkeja (5 458 km²). Asukasluku vuoden 2016 tammikuussa oli 8 806. (Kuhmon kaupunki, 2016.) Kuhmossa toimi vuoteen 1976 Kuhmon vesijohto- ja viemäriolosuuskunta, jonka jälkeen siitä tehtiin vesihuoltolaitos ja sen toiminta siirtyi kunnalle ja sittemmin kaupungille.

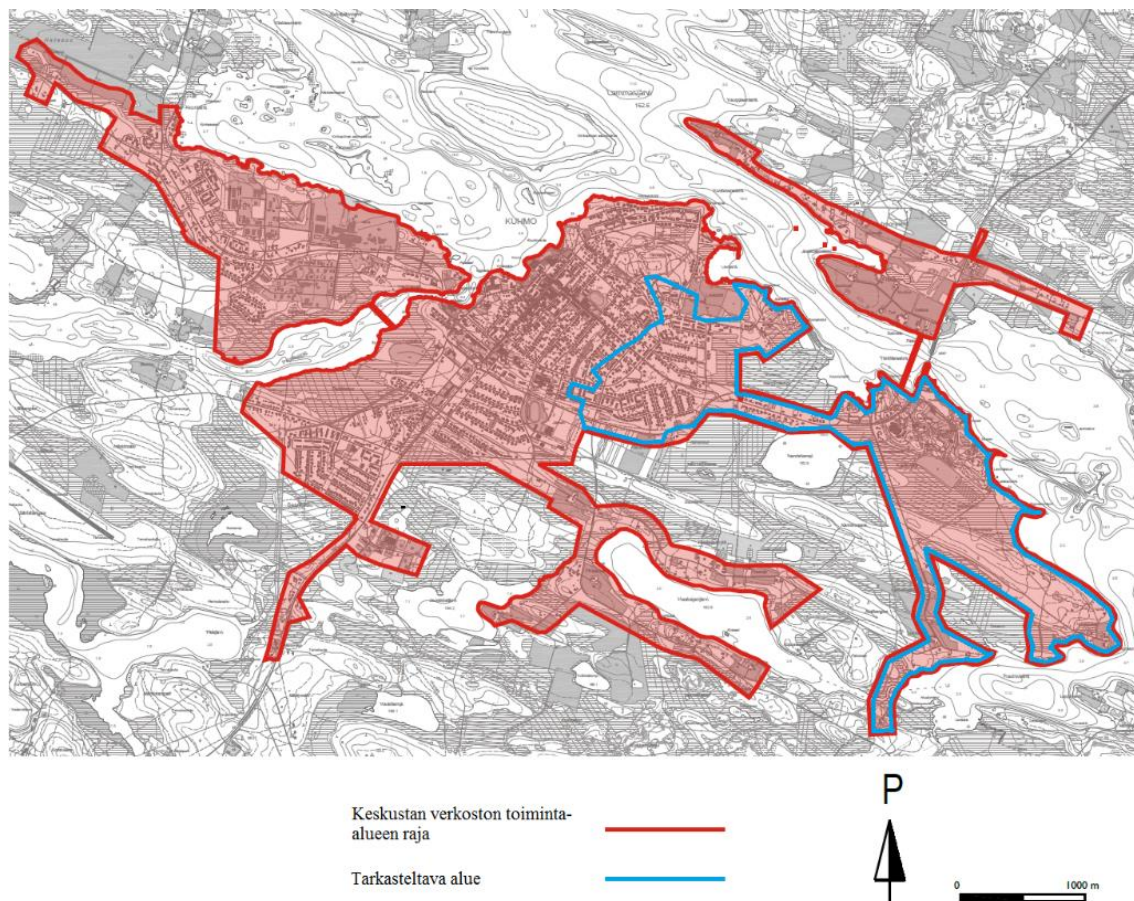
Vuonna 2015 vesihuoltolaitoksen vesijohtoverkkoon liittyneitä asiakkaita oli 6 063 ja jätevesiverkkoon liittyneitä 5 734 (VEETI, 2016.). Vesihuoltolaitos toimittaa talousvettä keskustan alueen lisäksi viidellä kylällä (Jämäs, Lentiira, Niva, Koskenmäki ja Vartius). Keskustan alueen lisäksi viemäröintiä on Jämässä ja Vartiuksessa, joilla toimii erilliset jätevedenpuhdistamot. Keskustan lisäksi pääpuhdistamolle johdetaan jätevedet Haatajankylältä, Siikalahdesta ja jatkossa rakenteilla olevalta Kuhmoniemen viemäriverkostolta (Kuhmon kaupunki, 2016.). Yhteensä Kuhmon kaupungin vesihuoltolaitoksella on jätevesiverkostoja noin 88,8 kilometriä ja vesijohtoverkostoja 136,1 kilometriä (VEETI, 2016.).



Kuva 14. Kuhmon sijainti kartalla (MML.)

4.1 Kohteen rajaus

Kohteeksi rajautui keskustan alueella sijaitseva Raplatien jätevedenpumppamo ja sen keräysalue (kuva 15). Raplatien jätevedenpumppamo on rakennettu syksyn 1968 rakennusohjelmassa (Kuhmon kunta, 1968.). Tämän jälkeen pumppaamon jätevesien keräysalue on laajentunut aina 2010-luvulle asti. Pumppaamo on betoninen säiliöpumppaamo, joka on varustettu kahdella uppoasenteisella keskikapopumpulla.



Kuva 15. Vesihuoltolaitoksen keskustan toiminta-alueen rajat (Kuhmon kaupunki, 2016.)

Tässä työssä tarkasteltiin Raplatien jätevedenpumppaamon lisäksi kuutta muuta jätevedenpumppaamoa (Tönölä, Hiihtokeskus, Kanninpyörätie, Kannintie, Sudenpolku ja Koirisärkkä), joiden pumppaamat jätevedet kulkevat Raplatien pumppaamon kautta kohti jätevedenpuhdistamoa. Viettoviemäroidyllä alueella tehtiin virtausmittauksia tarkastuskaivoista.

4.2 Tutkimuksen lähtötiedot

Tutkimuksen lähtöaineistoina pumppaamoiden osalta käytettiin pumppaamoiden käyntiaikatietoja vuosilta 2014 - 2017 ja pumppujen tietoja. Tutkimuksen onnistumisen edellytyksinä olivat hyvät johtokartat, joiden mukaan työtä suunniteltiin ja toteutettiin. Vedenlaskutusjärjestelmän laskutettua talousvettä vuodelta 2015 käytettiin alueellisiin vertailuihin viemäriveresien määriin, joilla selvitettiin alueiden vuotovesimääriä.

4.2.1 Pumppaamoiden tiedot

Tarkastelualueen pumppaamot (7 kpl) olivat kaikki etävalvonnassa ja käyntiaikatiedot haettiin vesihuollon automaatiojärjestelmästä (MiSO). Pumppaamodata oli ladattavissa vuosilta 2014 - 2017. Järjestelmästä sai haettua tarkimmillaan pumppujen yksittäiset ja yhteiset käyntiajat ja käyntikerrat tunnin aikana. Järjestelmä ilmoitti myös pumpattua vesimäärää tunneittain, mutta sen tarkkuus ei ollut riittävää. Yhdelläkään pumppaamolla ei ollut käytössä virtausmittausta, vaan arvio pumpatusta vesimäärästä perustui pumppujen tuottoon [m^3/h] kerrottuna pumppujen käyntiajalla tunnissa [h]. Pumppujen tuoton asetusarvo oli kaikilla pumppaamoilla sama, mikä johti siihen, etteivät pumpatut vesimäärät olleet todellisia tai edes keskenään vertailtavissa. Pumppaamoiden tuottoja selvitettiin tämän työn yhteydessä astiamittauksilla ja mitatut tuotot laitettiin MiSO-järjestelmään, helpottamaan todellisten jätevesivirtaamien seuranta ja vertailua laskutettuihin talousveden määriin.

Pumpuista oli saatavilla huoltoreportit ja osasta pumppuja löytyi myös tyyppikilvet. Pumppujen tiedoilla olisi voinut määrittää laskennallisesti tuottoja, kun oli käytössä johtokartat ja tiedettiin maastonkorkeudet ja paineputkien halkaisijat. Tuottojen määrittämiseen todettiin astiamittauksen antavan luotettavampia tuloksia. Pumppaamovirtaamia päädyttiin tarkastelemaan myös laskennallisesti vain Raplatien pumppaamo.

4.2.2 Johtokartat ja vedenlaskutusjärjestelmä

Johtokartat olivat katsottavissa YTCAD-sovelluksella, joka toimii AutoCad -ohjelmiston päällä. YTCAD-sovellusta käytetään johtoaineistojen ylläpitoon, sekä kaavojen, kunnallistekniikan ja vesihuollon suunnitteluun.

Johtokartoista selvitettiin

- putkien ja verkostolaitteiden sijainnit
- korkeusasemat
- putkien materiaalit ja halkaisijat
- pumppaamoiden vaikutusalueet.

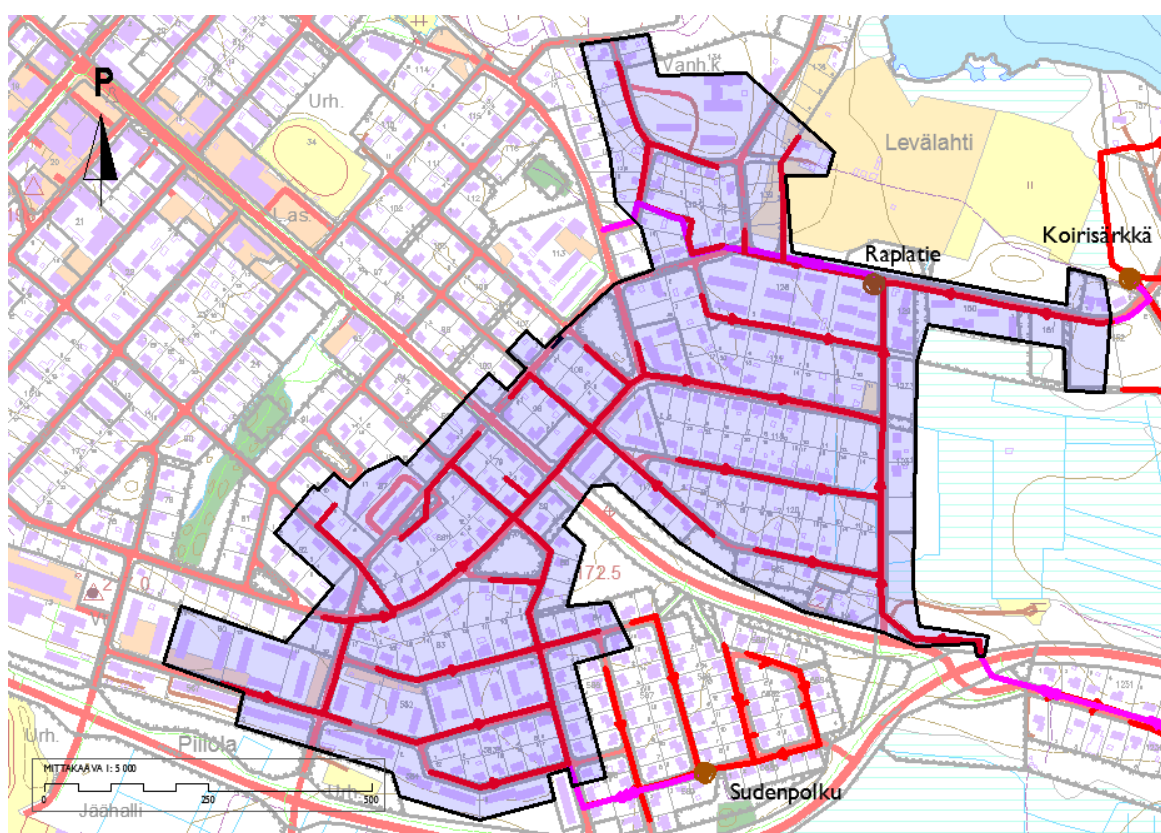
Talousveden kulutustiedot olivat peräisin vedenlaskutusjärjestelmästä (Vesikanta) vuodelta 2015. Kulutustiedot näkyivät YTCAD:ssa vesimittareittain ja aluetta rajaamalla voitiin tarkastella veden kokonaiskulutusta rajatulla alueella. Veden kulutuslukema on suoraan kiinteistön vesimittarista luettu ja ilmoitettu luku.

Veden vuosikulutus jaettiin tasan kaikkien kuukausien kesken, koska tarkempaa tietoa kulutuksen jakautumisesta ei ollut saatavilla. Todellisuudessa vedenkulutus ei ole joka kuukausi yhtä suurta vaan se vaihtelee vuodenajan mukaan. Esimerkiksi kesällä käytetään vesijohtovettä kukkien kasteluun ja auton pesuun, mikä lisää vedenkulutusta, mutta ei toisaalta näy viemäriin päätyvien vesien määrässä.

4.3 Viemäriverkosto

Raplatien pumppaamon alueen viemäriverkostosta valtaosa viemäreistä on muovisia ja loput betonisia. Alueella on saneerattu vanhoja betoniviemäreitä sujuuttamalla muovisiksi ja betonisia tarkastuskaivoja on vaihdettu muovisiksi. Kuhmossa viemäriverkkojen kokonaispituus on 88 kilometriä, josta muoviputkea on 78 km ja betoniputkea 10 km (VEETI, 2016.).

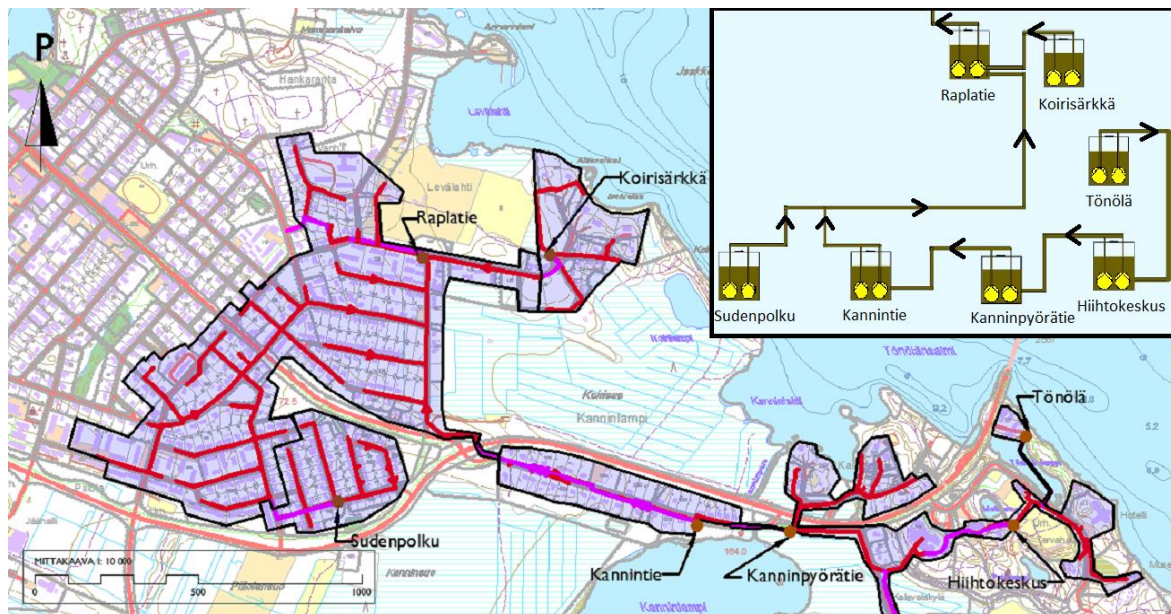
Raplatien pumppaamopiirin lasketuista talousvesistä suurin osa (73 %) on viettoviemäröidyillä alueilla, joiden viemäriedet kulkevat koko matkan viettona Raplatien pumppaamolle (kuva 16). Näiltä alueilta tulevia viemärivesiä ei voitu tarkastella muuten, kuin mittamalla paikan päällä, kun haluttiin saada vertailukelpoista tietoa viemärivesien määristä.



Kuva 16. Viettoviemäröity alue Raplatien pumppaamolle

4.4 Pumppaamot

Tarkasteltavan alueen pumppaamoista jokainen on etävalvonnassa. Pumppaamot ovat malliltaan säiliöpumppaamoja joista kolme on paikalleen valettuja betonipumppaamoja ja loput neljä lujite-muovisia pakettipumppaamoja. Jokaiseen pumppaamoon on asennettu kaksi vuorottelevaa uppo-asenteista keskipakopumppua. Pumppaamoiden käynnit ja hälytykset näkyvät MiSO-järjestelmässä reaaliaikaisesti ja pumppaamotiedot tallentuvat järjestelmään, josta ne voidaan lukea myös jälkikäteen. Kuvassa 17 on esitetty pumppaamoiden sijoittuminen alueelle.



Kuva 17. Tarkastelualueen pumppaamot

Pumppaamoiden virtaamia laskettiin tehtyjen tuottomittausten ja pumppaamoiden käyntiaikatietojen perusteella. Pumppaamoiden alueilla laskutettuja talousveden kulutuksia verrattiin pumpattuihin jätevesimääriin ja pääteltiin alueellisia vuotovesimääriä.

Pumppaamoista saatiin tietoa pumpatuista jätevesimääristä ja pumppujen käyntiajoista. MiSO-järjestelmässä olleet jätevesimäärät eivät olleet todellisia, joten niitä ei voitu suoraan käyttää pumppaamojen tarkastelussa. Sen sijaan pumppaamojen käyntiajat olivat todellisia ja käyttökelpoisia.

Jäteveden virtaaman mittaukseen vaikuttaneita virheitä aiheuttivat muun muassa:

- ohjelmaan asetetut väärät oletusarvot
- pumppujen kapasiteetin muuttuminen ajan kuluessa
- kahden pumpun yhtäaikaiset käynnit
- muut häiriöt.

Pumppaamoiden pumppaamopiirit jaettiin osa-alueisiin, jotta vuotavimpien alueiden löytäminen olisi helpompaa. Osa-alueittaisia jäteveden määriä saatiin vähentämällä tarkasteltavasta pumppaamosta edellisen pumppaamon pumppaamat jäteveden määrät ja alueen talousveden kulutukset.

5 PUMPPAAMOIDEN TULOKSET

Pumppaamoiden tuloksissa tarkasteltiin virtaamien vaihteluita eri ajan jaksojen välillä. Virtaama laskettiin pumppaamon käyntiajan ja tuoton tulona. Virtaaman yksikkönä käytettiin kuutiota vuorokaudessa (m^3/d) vertailun helpottamiseksi. Tuloksissa on laskettu vuosien keskimääräiset virtaamat päivää kohti jakamalla vuodessa pumpattu vesimäärä vuodessa olevien päivien lukumäärällä. Lumen sulamisajan ja kuivan ajan virtaamat ovat vastaavasti laskettu jakamalla tarkasteluaikana pumpattu vesimäärä tarkasteluajan vuorokausien lukumäärällä.

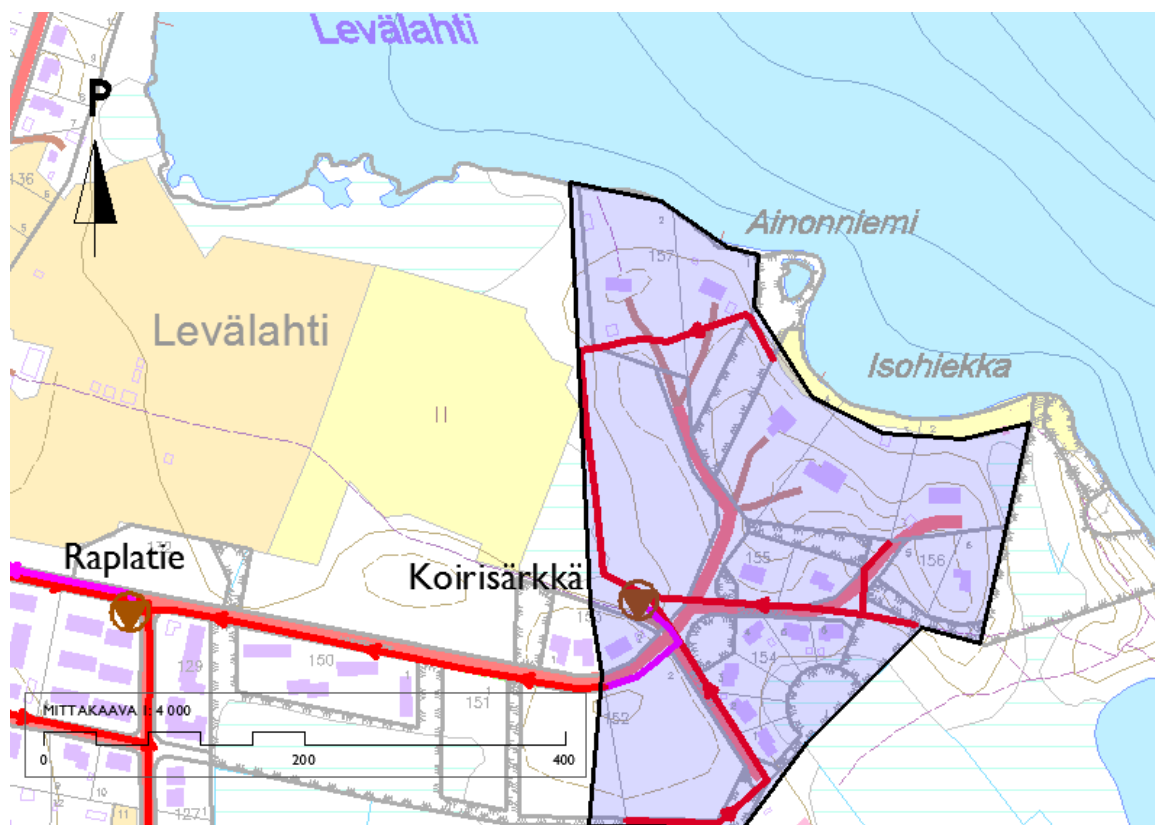
Vuotovesimäärä laskettiin vähentämällä vedenlaskutusjärjestelmästä saatu alueen laskutettu vesimäärä lasketusta viemäriveresimäärästä. Viemäriverkoston vuotavuus laskettiin kilometriä kohti vertailtavuuden vuoksi. Vuotavuus saatiin jakamalla alueen vuotovesimäärä alueen verkostopituudella. Vuotovesiprosentti laskettiin jakamalla vuotovesimäärä viemäriveresimäärällä. Vuotoveden osuus kokonaisuudesta tarkoittaa alueen vuotovesimäärän osuutta Raplatien pumppaamolle tulevasta kokonaisvuotovesimäärästä.

5.1 Koirisärkkä

Koirisärkän pumppaamo sijaitsee kuvan 18 mukaisesti Levälahden kaupunginosassa Koirisärkätien varrella. Alueen rakennukset ovat omakotitaloja. Alueen viemäriverkon pituus on noin 1 km ja viemäri on rakennettu alueelle 1990-luvun alussa muoviputkesta. Pumppaamo on lujitemuovinen pakettipumppaamo. Pumppaamosta on lisätietoja taulukossa 3.

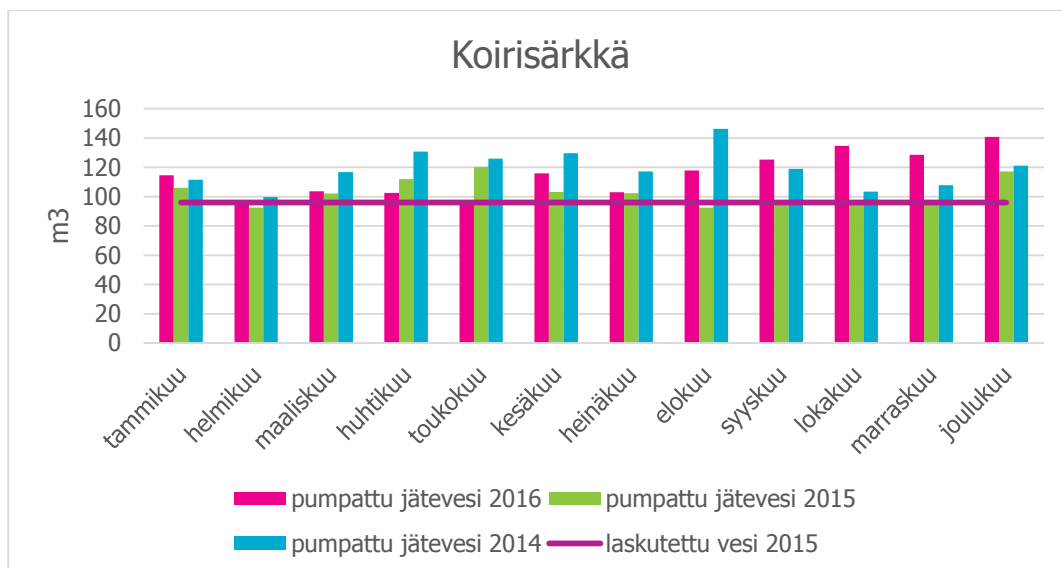
Taulukko 3. Koirisärkän jätevedenpumppaamo

Koirisärkkä		
verkoston pituus	1	km
pumppaamon rakennusmateriaali	muovi	
pumppaamon sisähalkaisija	140	cm
pumppu	2*2,2	kW
tuotto p1	12	m ³ /h
tuotto p2	16	m ³ /h
paineviemäri	110	mm
paineviemärin pituus	113	m
geodeettinen nostokorkeus	6,5	m



Kuva 18. Koirisärkän pumppaamopiiri

Pumppaamopiirin keskimääräiset virtaamat vuosilta 2014 - 2016 olivat 3,4 - 3,9 m³/d. Keväällä 2015 lumen sulamisen aikaan mitattu virtaama oli 3,6 m³/d ja kuivan pakkasjakson virtaama helmikuussa 2015 oli 3,2 m³/d. Koirisärkän kohdalla keväällä ei ole erotettavissa selvää huippuvirtaamaa, vaan virtaaman vaihtelu on tasaista läpi vuoden. Voidaan olettaa, että virtaaman vaihtelussa näkyy eniten vedenkulutuksen vaihtelu vuodenajoin. Kuviossa 2 on Koirisärkän pumppaamon pumppaamat jätevedet vuosilta 2014 - 2016 ja pumppauspiirin talousveden kulutus vuodelta 2015.



Kuvio 2. Koirisärkkän pumppaamopiirin kuukausittaiset virtaamat

Alueelta muodustuva vuotovesi on vähäistä ja selkeää vuotoveden virtaamahuippua ei ole havaittavissa. Vuosina 2014 - 2016 keskimääräiset vuotovesimäärät ovat olleet 0,2 - 0,8 m³/d välillä. Talvella kuivan pakkasjakson aikaan vuotovesimäärä oli 0,1 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,001 l/s*johto-km. Keväällä lumen sulamisaikaan vuotovesimäärä oli 0,5 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,006 l/s*johto-km. Koirisärkkän pumppaamon vuotavuudet on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Koirisärkkän pumppaamopiirin vuotavuudet

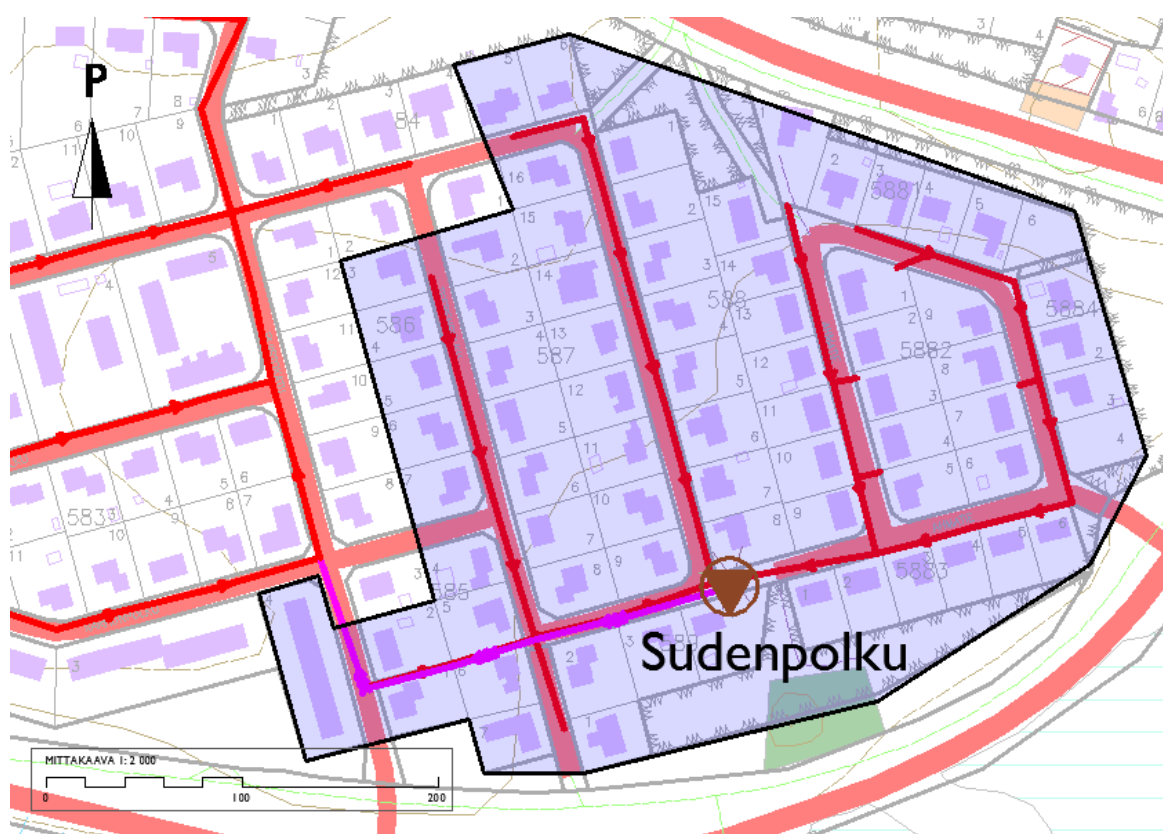
Koirisärkkä	Vedenkulutus		Viemäriveresimäärä		Vuotovesi		Vuotovesiprosentti		Vuotavuus		Vuotoveden osuus kokonaismäärästä	
2014	3,2	m ³ /d	3,9	m ³ /d	0,8	m ³ /d	19	%	0,009	l/s*km	0,158	%
2015	3,2	m ³ /d	3,4	m ³ /d	0,2	m ³ /d	7	%	0,003	l/s*km	0,036	%
2016	3,2	m ³ /d	3,8	m ³ /d	0,6	m ³ /d	17	%	0,007	l/s*km	0,183	%
kuiva pakkasjakso 1.2.-7.2.2015	3,2	m ³ /d	3,2	m ³ /d	0,1	m ³ /d	3	%	0,001	l/s*km	0,036	%
lumen sulamisaika 10.4.-16.4.2015	3,2	m ³ /d	3,6	m ³ /d	0,5	m ³ /d	13	%	0,006	l/s*km	0,055	%

5.2 Sudenpolku

Sudenpolun pumppaamo sijaitsee kuvan 19 mukaisesti Piilolan kaupunginosassa Sudenpolun kulmassa. Pumppaamopiirin alue on omakotitaloaluetta, joka on rakennettu 1970 - 1980 luvuilla. Alueen viemäriverkosto on muovia ja tarkastuskaivot ovat betonisia ja muovisia kaivoja. Viemäriverkon pituus on noin 1,4 km. Pumppaamo on paikalla rakennettu betonirakenteinen säiliöpumppaamo. Pumppaamosta on lisätietoja taulukossa 5.

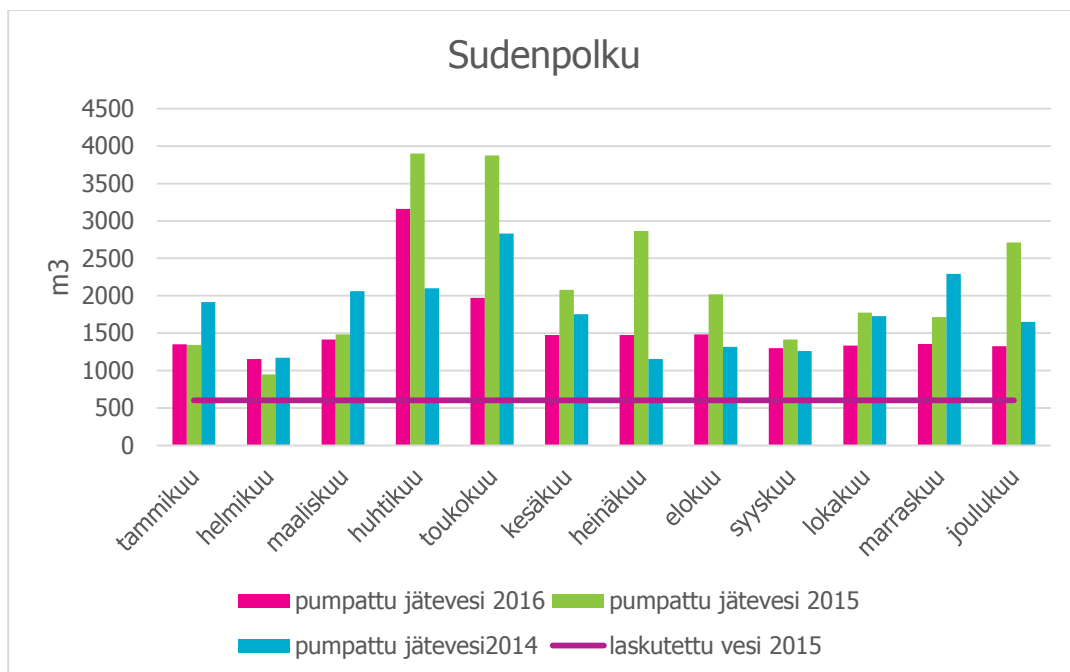
Taulukko 5. Sudenpolun jätevedenpumppaamo

Sudenpolku		
verkoston pituus	1,4	km
pumppaamon rakennusmateriaali	betoni	
pumppaamon sisähalkaisija	300	cm
pumppu	2*2,0	kW
tuotto p1	19	m ³ /h
tuotto p2	24	m ³ /h
paineviemäri	110	mm
paineviemäriin pituus	265	m
geodeettinen nostokorkeus	4,8	m



Kuva 19. Sudenpolun pumppaamopiiri

Pumppaamopiirin keskimääräiset virtaamat vuosilta 2014 - 2016 olivat 52 - 72 m³/d. Keväällä 2015 lumen sulamisen aikaan mitattu virtaama oli 162 m³/d ja kuivan pakkasjakson virtaama helmikuussa 2015 oli 32 m³/d. Sudenpolun pumppaamon kohdalla näkyy lumen sulamisaikaan selvä virtaama-huippu. Viemäriveden virtaama on varsinkin kesäkuukausina moninkertaista verrattuna myydyin veden määrään, johon voi olla syynä esimerkiksi korkea pohjavedenpinta tai kiinteistöjen kuivatusvesien johtaminen jätevesiviemäriin. Kuviossa 3 on Sudenpolun pumppaamon pumppaamat jätevedet vuosilta 2014 - 2016 ja pumppaamopiirin talousveden kulutus vuodelta 2015.



Kuvio 3. Sudenpolun pumpaamopiirin kuukausittaiset virtaamat

Alueelta muodustuva vuotovesi on runsasta ja kevään vuotoveden virtaamahuippu erottuu selvästi. Pumpattu viemäriveresimäärä on koko vuoden ajalta selvästi laskutettua vesimäärää korkeampi, josta voidaan todeta, että hulevesien lisäksi viemäriin pääsee vettä maaperästä. Vuotovesiprosentti on korkea jokaisella tarkastelujaksolla. Vuosina 2014 - 2016 keskimääräiset vuotovesimäärät ovat olleet 32 - 52 m³/d välillä. Talvella kuivan pakkasjakson aikaan vuotovesimäärä oli 12 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,10 l/s*johto-km. Keväällä lumen sulamisaikaan vuotovesimäärä oli 142 m³/d ja verkoston vuotavuus 1,17 l/s*johto-km. Sudenpolun pumpaamon vuotavuudet on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Sudenpolun pumpaamopiirin vuotavuudet

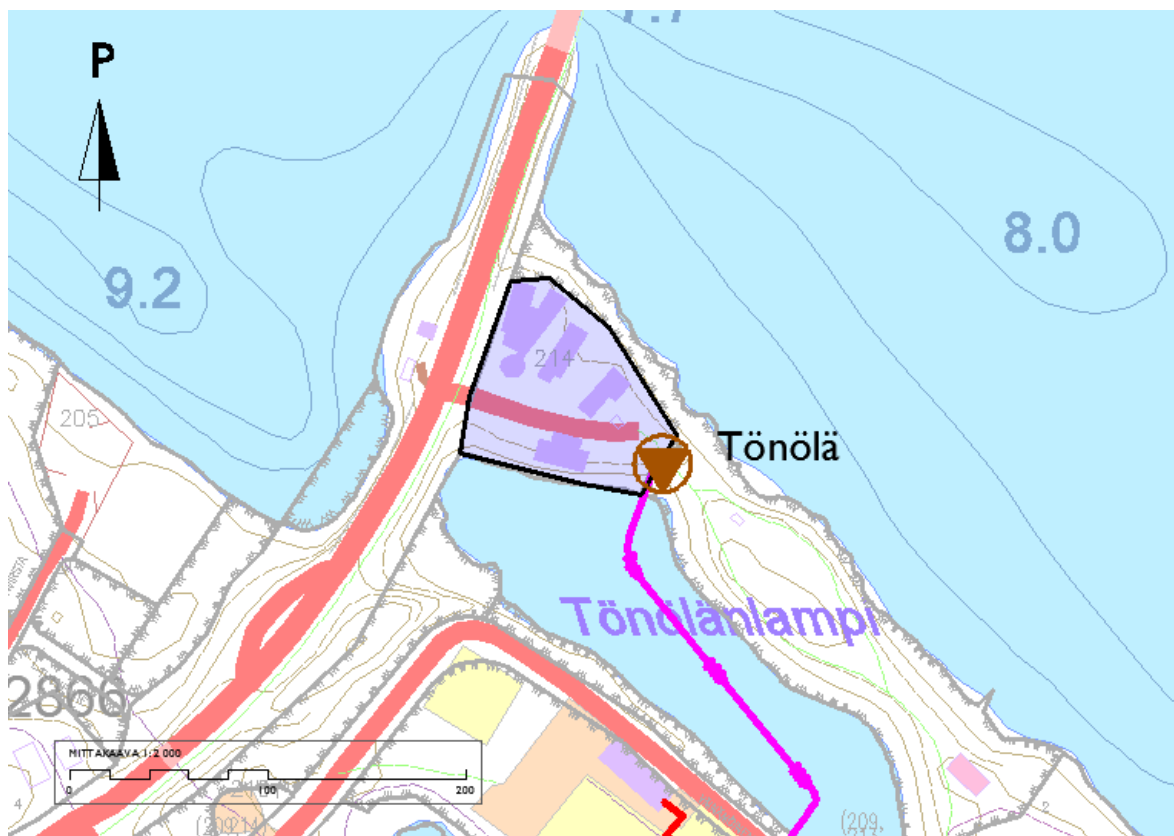
Sudenpolku	Vedenkulutus		Viemäriveresimäärä		Vuotovesi		Vuotovesiprosentti		Vuotavuus		Vuotoveden osuus kokonaismäärästä	
		m ³ /d		m ³ /d		m ³ /d		%		l/s*km		%
2014	20	m ³ /d	58	m ³ /d	38	m ³ /d	66	%	0,32	l/s*km	8,0	%
2015	20	m ³ /d	72	m ³ /d	52	m ³ /d	72	%	0,43	l/s*km	8,5	%
2016	20	m ³ /d	52	m ³ /d	32	m ³ /d	62	%	0,26	l/s*km	9,3	%
kuiva pakkasjakso 1.2.-7.2.2015	20	m ³ /d	32	m ³ /d	12	m ³ /d	38	%	0,10	l/s*km	4,8	%
lumen sulamisaika 10.4.-16.4.2015	20	m ³ /d	162	m ³ /d	142	m ³ /d	88	%	1,17	l/s*km	16,0	%

5.3 Tönölä

Tönölän pumpaamo sijaitsee kuvan 20 mukaisesti Kalevalan kaupunginosassa luontokeskus Petolan läheisyydessä. Pumpaamopiiri rajoittuu pumpaamon viereisiin kiinteistöihin, jotka ovat toimistorakennuksia. Alueen jätevedet tulevat pumpaamolle suoraan kiinteistöjen viemäreistä. Pumpaamo on rakennettu alueelle 1980-luvun lopussa. Pumpaamosta on lisätietoja taulukossa 7.

Taulukko 7. Tönölän jätevedenpumppaamo

Tönölä		
verkoston pituus	-	km
pumppaamon rakennusmateriaali	muovi	
pumppaamon sisähalkaisija	140	cm
pumppu	2*2,2	kW
tuotto p1	28	m ³ /h
tuotto p2	28	m ³ /h
paineviemäri	110	mm
paineviemärin pituus	256	m
geodeettinen nostokorkeus	-0,5	m



Kuva 20. Tönölän pumppaamopiiri.

Tönölän pumppaamo jätettiin pois tarkemmasta tarkastelusta, koska pumppaamon vesimäärät olivat pieniä ja pumppaamon käynnit satunnaisia. Tönölän pumppaamon vesimäärät on tarkasteltu yhdessä Hiihtokeskuksen pumppaamon kanssa.

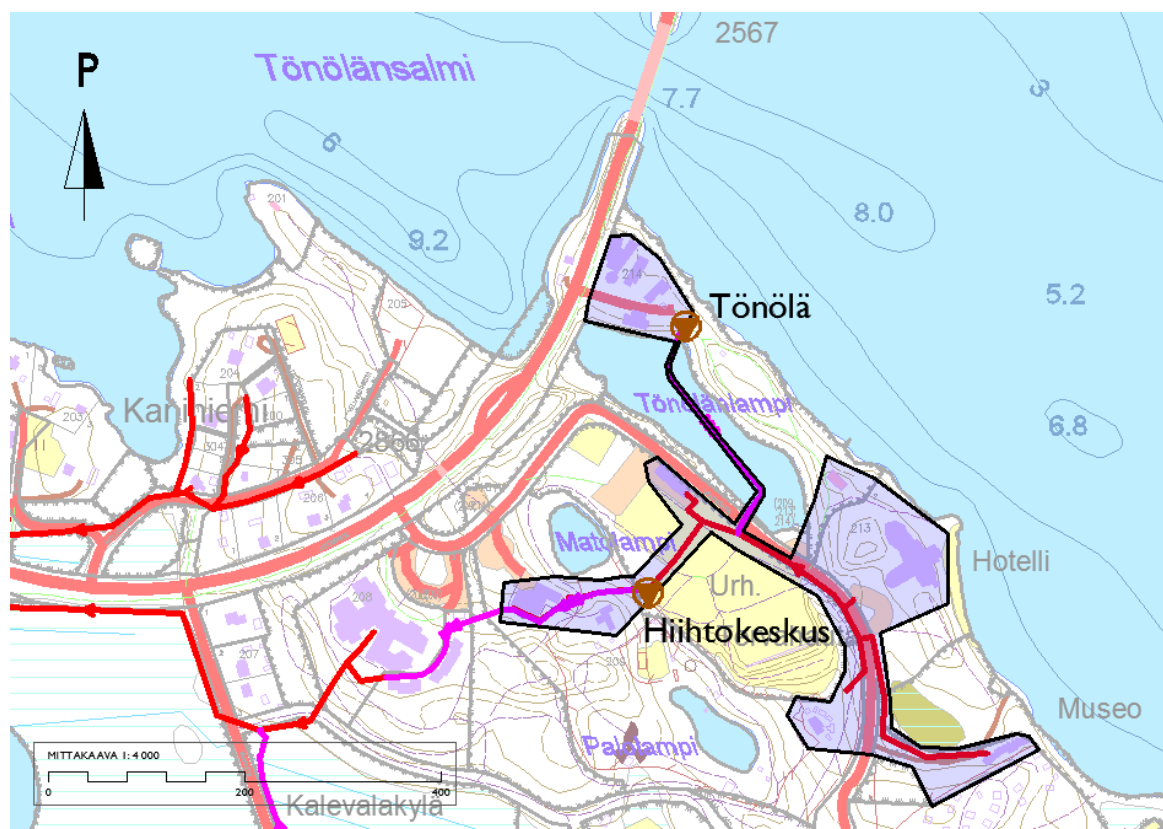
5.4 Hiihtokeskus

Hiihtokeskuksen pumppaamo sijaitsee kuvan 21 mukaisesti Kalevalan kaupunginosassa hiihtokeskuksen kupeessa. Alueella toimii muun muassa hotelli ja museo. Tönölän pumppaamopiiri on yhdistetty Hiihtokeskuksen pumppaamopiiriin. Alueen viemäriverkon pituus on noin 1 km ja viemäri on

rakennettu alueelle 1980-luvun lopussa muoviputkesta. Pumppaamo on lujitemuovinen paketti-pumppaamo. Pumppaamosta on lisätietoja taulukossa 8.

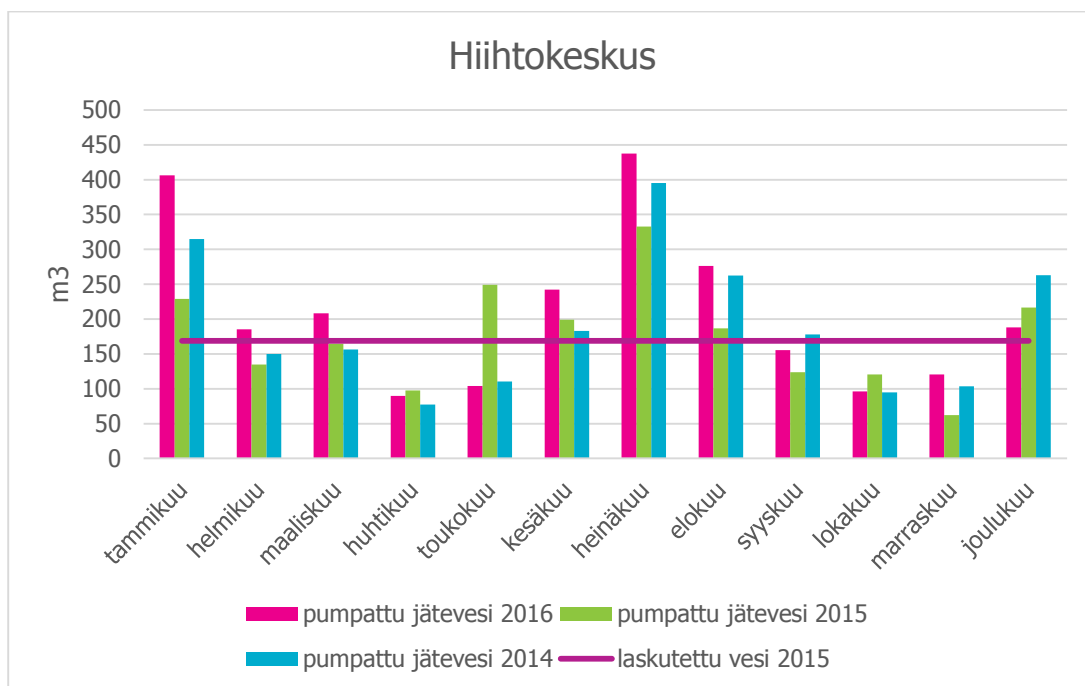
Taulukko 8. Hiihtokeskuksen jätevedenpumppaamo

Hiihtokeskus		
verkoston pituus	0,8	km
pumppaamon rakennusmateriaali	muovi	
pumppaamon sisähalkaisija	140	cm
pumppu	2*3,7	kW
tuotto p1	10	m ³ /h
tuotto p2	15	m ³ /h
paineviemäri	110	mm
paineviemärin pituus	256	m
geodeettinen nostokorkeus	12,3	m



Kuva 21. Hiihtokeskuksen pumppaamopiiri

Pumppaamopiirin keskimääräiset virtaamat vuosilta 2014 - 2016 olivat 5,8 - 6,9 m³/d. Keväällä 2015 lumen sulamisen aikaan mitattu virtaama oli 3,6 m³/d ja kuivan pakkasjakson virtaama helmikuussa 2015 oli 4,9 m³/d. Hiihtokeskuksen kohdalla keväällä ei ole huippuvirtaamaa vaan viemäriveden virtaamaan vaikuttavat alueen matkailun sesonkiajat. Voidaan olettaa, että virtaaman vaihtelussa näkyy parhaiten vedenkulutuksen vaihtelu. Kuviossa 4 on Hiihtokeskuksen pumppaamon pumppaamat jätevedet vuosilta 2014 - 2016 ja pumppaamopiirin talousveden kulutus vuodelta 2015.



Kuvio 4. Hiihtokeskuksen pumppaamopiirin kuukausittaiset virtaamat

Alueelta ei juurikaan muodustu vuotovesiä. Vuosina 2014 - 2016 keskimääräiset vuotovesimäärät ovat olleet 0,3 - 1,3 m³/d välillä. Talvella kuivan pakkasjakson aikaan viemäriveresimäärä oli vähäisempi kuin laskutettu vesi. Keväällä lumen sulamisaikaan viemäriveresimäärä oli samoin vähäisempi kuin laskutettu vesimäärä. Viemärit eivät todennäköisesti vuoda ulospäin, vaan kausiluontoinen vedenkäyttö selittää viemäriveresivirtaamia. Matkailun sesonkiajat erottuvat kuviosta 4 korkeampina pumppausmäärinä. Hiihtokeskuksen pumppaamon vuotavuudet on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Hiihtokeskuksen pumppaamopiirin vuotavuudet

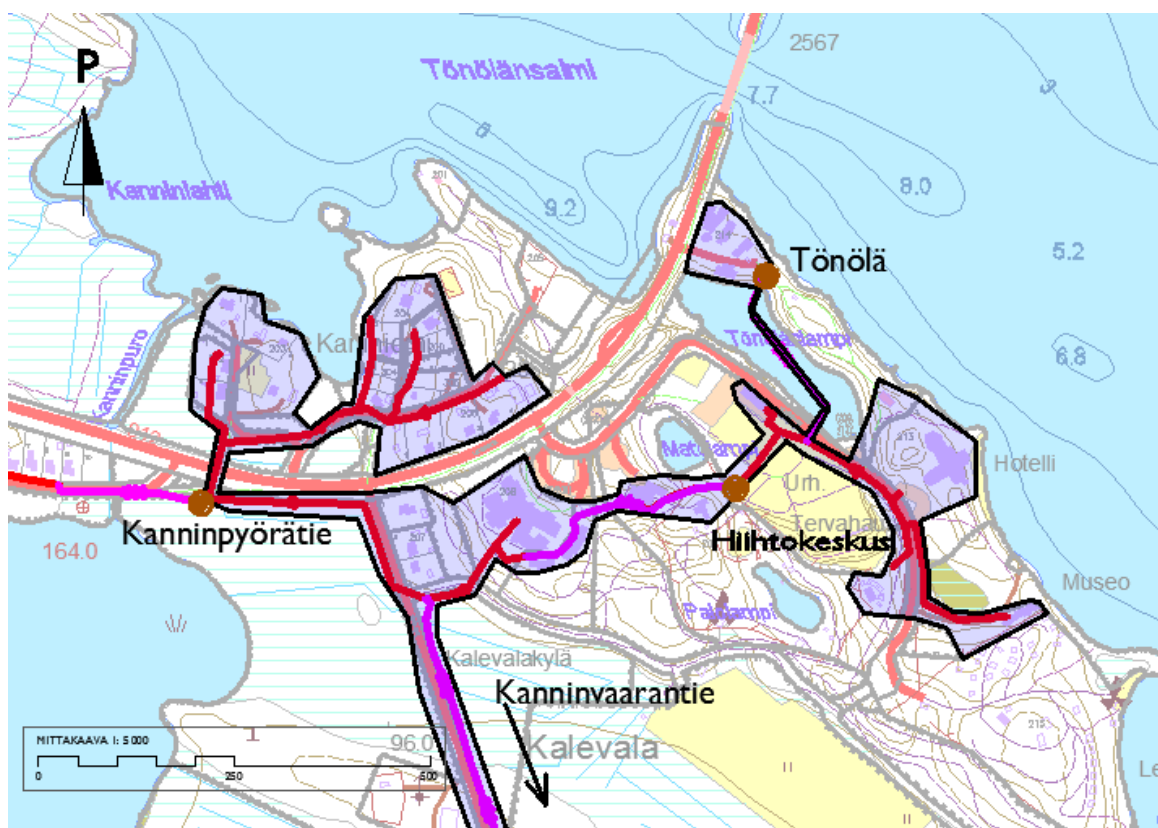
Hiihtokeskus	Vedenkulutus		Viemäriveresimäärä		Vuotovesi		Vuotovesiprosentti		Vuotavuus		Vuotoveden osuus kokonaismäärästä	
	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	%	%	l/s*km	l/s*km	%	%
2014	5,5	m ³ /d	6,3	m ³ /d	0,7	m ³ /d	12	%	0,010	l/s*km	0,15	%
2015	5,5	m ³ /d	5,8	m ³ /d	0,3	m ³ /d	4	%	0,004	l/s*km	0,04	%
2016	5,5	m ³ /d	6,9	m ³ /d	1,3	m ³ /d	19	%	0,019	l/s*km	0,39	%
kuiva pakkasjakso 1.2.-7.2.2015	5,5	m ³ /d	4,9	m ³ /d	-0,6	m ³ /d	-12	%	-0,005	l/s*km	-0,24	%
lumen sulamisaika 10.4.-16.4.2015	5,5	m ³ /d	3,6	m ³ /d	-1,9	m ³ /d	-52	%	-0,016	l/s*km	-0,21	%

5.5 Kanninpyörätie

Kanninpyörätien pumppaamo sijaitsee kuvan 22 mukaisesti Kalevalan kaupunginosassa kevyen liikenteen väylän varrella. Pumppaamolle johdetaan Hiihtokeskuksen ja Tönölän jätevedet. Alueen rakennukset ovat omakotitaloja. Pumppaamon jätevesien keräysalueen viemäriverkon pituus on yhteensä noin 3,1 km ja viemäri on rakennettu alueelle 1980-luvun lopussa muoviputkesta. Kanninvaarantien suuntainen paineviemäri on rakennettu vuonna 2012. Pumppaamo on lujitemuovinen pakettipumppaamo. Pumppaamosta on lisätietoja taulukossa 10.

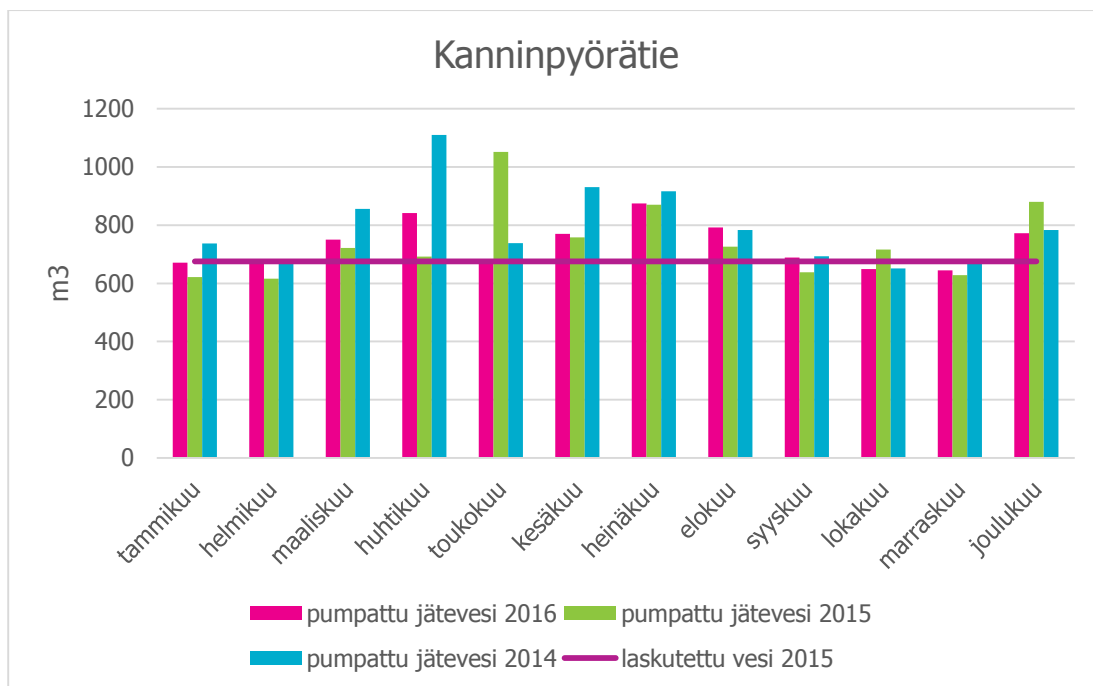
Taulukko 10. Kanninpyörätien jätevedenpumppaamo

Kanninpyörätie		
verkoston pituus	3,1	km
pumppaamon rakennusmateriaali	muovi	
pumppaamon sisähalkaisija	120	cm
pumppu	2*2,15	kW
tuotto p1	43	m ³ /h
tuotto p2	45	m ³ /h
paineviemäri	140	mm
paineviemäriin pituus	190	m
geodeettinen nostokorkeus	2,9	m



Kuva 22. Kanninpyörätien pumppaamopiiri

Pumppaamopiirin keskimääräiset virtaamat vuosilta 2014 - 2016 olivat 24,1 - 26,2 m³/d. Keväällä 2015 lumen sulamisen aikaan mitattu virtaama oli 29,8 m³/d ja kuivan pakkasjakson virtaama helmikuussa 2015 oli 21,8 m³/d. Kanninpyörätien pumppaamolla pumpatut vesimäärät nousevat jonkin verran kesäkuukausina korkeammalle kuin laskutettu vesimäärä, mutta talvikuukausina vastaavasti laskutettu vesi on suurempi kun pumpattu vesi, mikä kertoo vedenkulutuksen vaihtelusta vuodenajoin. Kuviossa 5 on Kanninpyörätien pumppaamon pumppaamat jätevedet vuosilta 2014 - 2016 ja pumppaamopiirin talousveden kulutus vuodelta 2015.



Kuvio 5. Kanninpyörätien pumppaamopiirin kuukausittaiset virtaamat

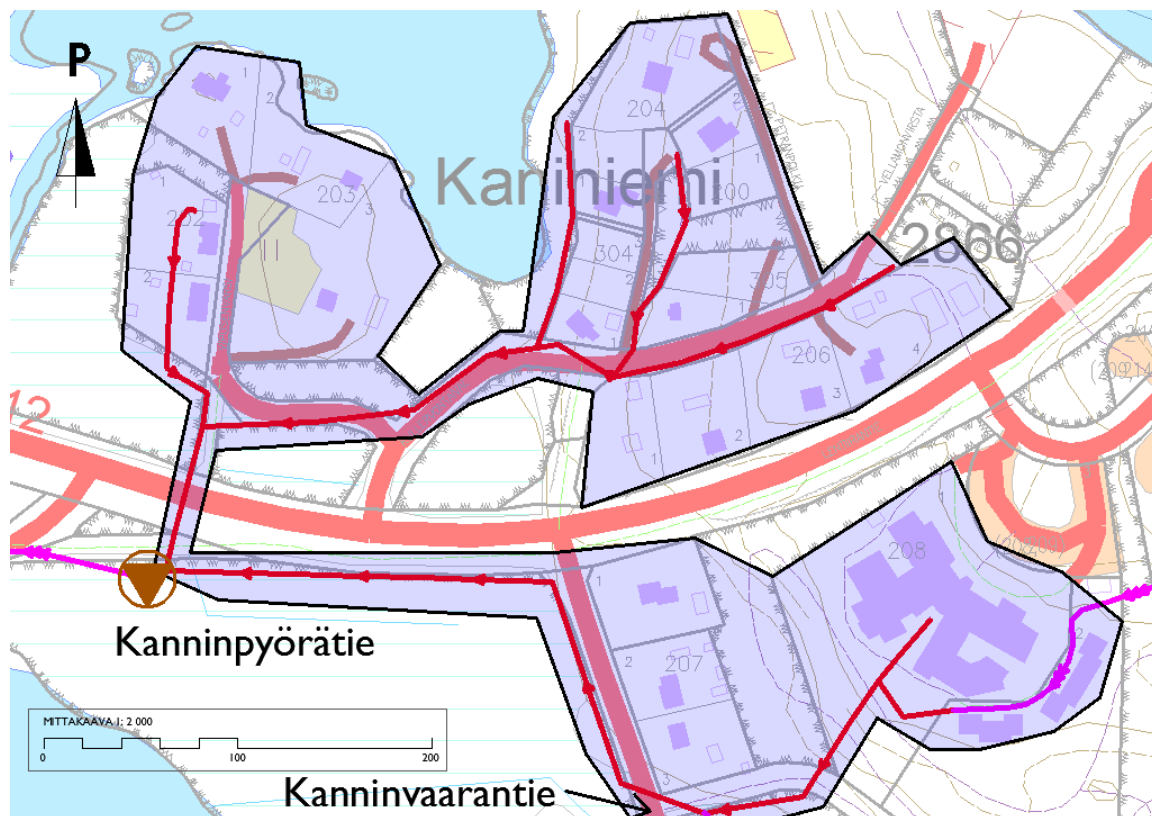
Alueelta muodostuva vuotovesi on vähäistä ja selkeää vuotoveden virtaamahuippua ei ole havaittavissa. Vuosina 2014 - 2016 keskimääräiset vuotovesimäärät ovat olleet 1,9 - 3,9 m³/d välillä. Talvella kuivan pakkasjakson aikaan viemäriveresimäärä oli pienempi kuin oletettu vedenkulutus. Keväällä lumen sulamisaikaan vuotovesimäärä oli 7,6 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,03 ls*johto-km. Kanninpyörätien pumppaamon vuotavuudet on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Kanninpyörätien pumppaamopiirin vuotavuudet

Kanninpyörätie	Vedenkulutus		Viemäriveresimäärä		Vuotovesi		Vuotovesiprosentti		Vuotavuus		Vuotoveden osuus kokonaismäärästä	
	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	%	%	l/s*km	l/s*km	%	%
2014	22,2	m ³ /d	26,2	m ³ /d	3,9	m ³ /d	15	%	0,015	l/s*km	0,83	%
2015	22,2	m ³ /d	24,4	m ³ /d	2,2	m ³ /d	9	%	0,008	l/s*km	0,36	%
2016	22,2	m ³ /d	24,1	m ³ /d	1,9	m ³ /d	8	%	0,007	l/s*km	0,56	%
kuiva pakkasjakso 1.2.-7.2.2015	22,2	m ³ /d	21,8	m ³ /d	-0,4	m ³ /d	-2	%	0,00	l/s*km	-0,18	%
lumen sulamisaika 10.4.-16.4.2015	22,2	m ³ /d	29,8	m ³ /d	7,6	m ³ /d	25	%	0,03	l/s*km	0,86	%

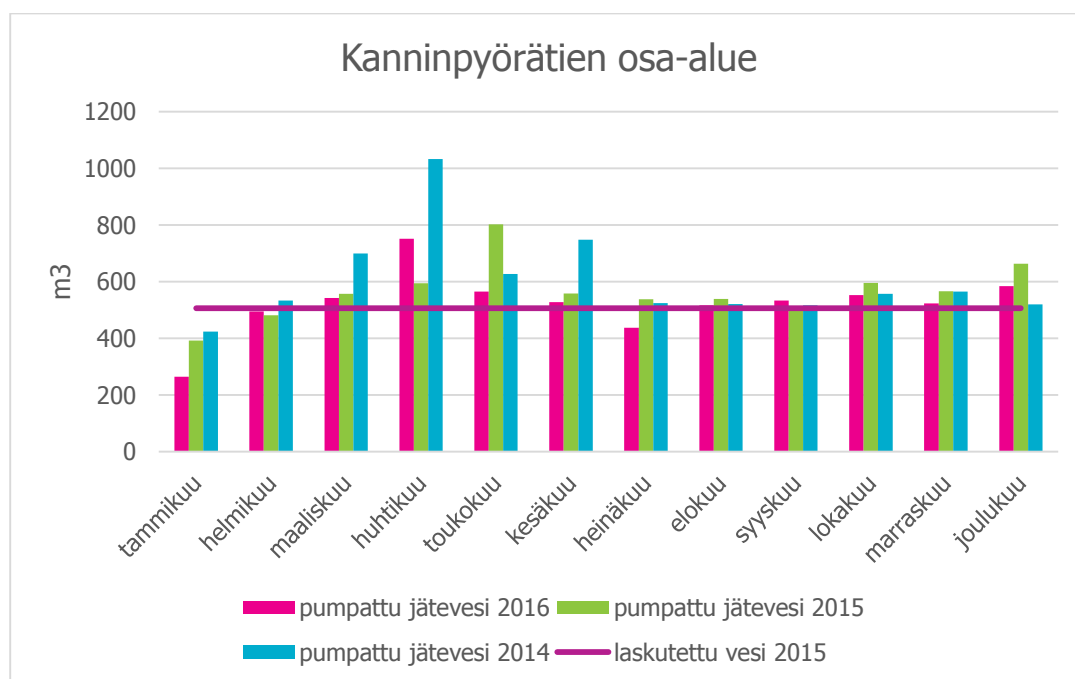
5.6 Kanninpyörätien osa-alue

Kanninpyörätien osa-alue saatiin vähentämällä Kanninpyörätien pumppaamopiiristä Tönölän ja Hiihtokeskuksen pumppaamopiirien vedenkulutukset ja viemäriveresivirtaamat (kuva 23). Kanninpyörätien osa-alueella rakennukset ovat omakotitaloja lukuunottamatta alueella toimivaa kuntoutuskotia, joka on alueen suurin yksittäinen vedenkuluttaja. Pumppaamopiirin osa-alueen viemäriverkon pituus on noin 2,3 km ja viemäri on rakennettu 1980-luvun lopussa muovista. Kanninvaarantieltä tulevaa vuonna 2012 rakennettua paineviemäriä ei ole laskettu mukaan verkoston pituuteen, koska oletetaan, että paineviemäri ei vuoda.



Kuva 23. Kanninpyörätien osa-alue

Pumppaamopiirin osa-alueen keskimääräiset virtaamat vuosilta 2014 - 2016 olivat 17,2 - 19,9 m³/d. Keväällä 2015 lumen sulamisen aikaan mitattu virtaama oli 26,2 m³/d ja kuivan pakkasjakson virtaama helmikuussa 2015 oli 16,8 m³/d. Kuviossa 6 on Kanninpyörätien osa-alueen jätevedet vuosilta 2014 - 2016 ja osa-alueen talousveden kulutus vuodelta 2015.



Kuvio 6. Kanninpyörätien osa-alueen kuukausittaiset virtaamat

Osa-alueelta tuleva viemäriveresimäärä on lähellä laskutettua vettä. Vuosina 2014 - 2016 keskimääräiset vuotovesimäärät ovat olleet 0,6 - 3,2 m³/d välillä. Talvella kuivan pakkasjakson aikaan vuotovesimäärä oli 0,2 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,0008 l/s*johto-km. Keväällä lumen sulamisaikaan vuotovesimäärä oli 9,5 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,05 l/s*johto-km. Kanninpyörätien osa-alueen vuotavuudet on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Kanninpyörätien osa-alueen vuotavuudet

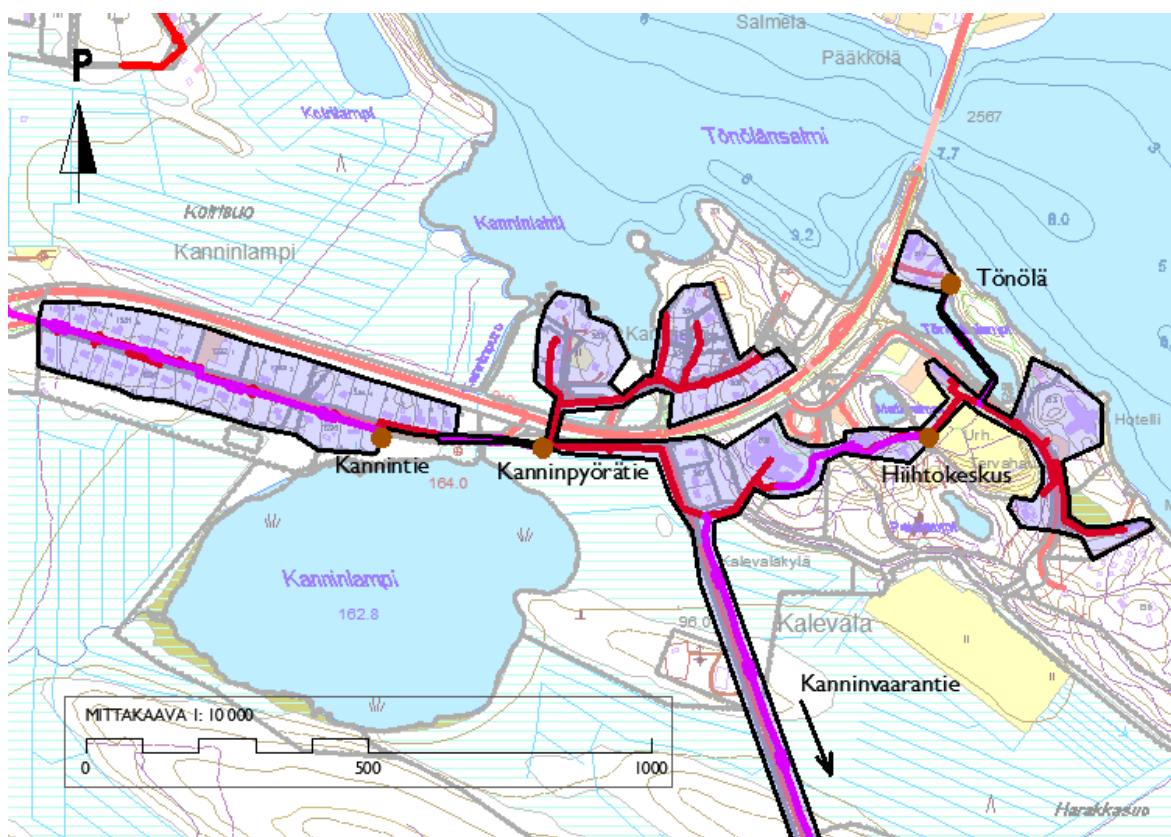
Kanninpyörätien osa-alue	Vedenkulutus		Viemäriveresimäärä		Vuotovesi		Vuotovesiprosentti		Vuotavuus		Vuotoveden osuus kokonaisuudesta	
2014	16,7	m ³ /d	19,9	m ³ /d	3,2	m ³ /d	16	%	0,016	l/s*km	0,68	%
2015	16,7	m ³ /d	18,6	m ³ /d	2,0	m ³ /d	11	%	0,010	l/s*km	0,32	%
2016	16,7	m ³ /d	17,2	m ³ /d	0,6	m ³ /d	3	%	0,003	l/s*km	0,17	%
kuiva pakkasjakso 1.2.-7.2.2015	16,7	m ³ /d	16,8	m ³ /d	0,2	m ³ /d	1	%	0,0008	l/s*km	0,03	%
lumen sulamisaika 10.4.-16.4.2015	16,7	m ³ /d	26,2	m ³ /d	9,5	m ³ /d	36	%	0,05	l/s*km	1,07	%

5.7 Kannintie

Kannintien pumppaamo sijaitsee kuvan 24 mukaisesti Kanninlammen kaupunginosassa Kannintien varrella. Pumppaamopiiriin kuuluvat Tönölän, Hiihtokeskuksen ja Kanninpyörätien pumppaamopiirit. Kanninlammen alue on omakotitaloaluetta. Kannintien pumppaamopiirin viemäriverkon pituus on yhteensä noin 4,6 km. Kanninpyörätien pumppaamon suunnan viemäri on rakennettu 1980-luvun lopussa ja Kannintien suuntainen viemäri 1970. Pumppaamo on paikalla rakennettu betonirakenteinen säiliöpumppaamo. Pumppaamosta on lisätietoja taulukossa 13.

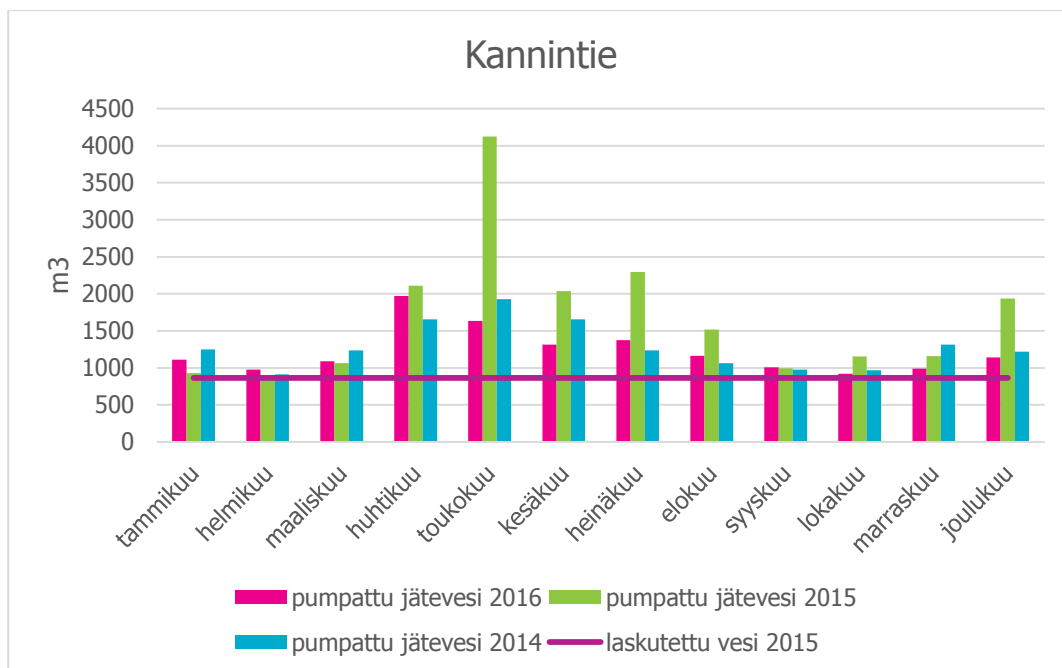
Taulukko 13. Kannintien jätevedenpumppaamo

Kannintie		
verkoston pituus	4,6	km
pumppaamon rakennusmateriaali	betoni	
pumppaamon sisähalkaisija	300	cm
pumppu	2*4,2	kW
tuotto p1	27	m ³ /h
tuotto p2	30	m ³ /h
paineviemäri	140	mm
paineviemäriin pituus	749	m
geodeettinen nostokorkeus	9,5	m



Kuva 24. Kannintien pumppaamopiiri

Pumppaamopiirin keskimääräiset virtaamat vuosilta 2014 - 2016 olivat 40,3 - 55,3 m³/d. Keväällä 2015 lumen sulamisen aikaan mitattu virtaama oli 76,2 m³/d ja kuivan pakkasjakson virtaama helmikuussa 2015 oli 29,9 m³/d. Kannintien pumppaamolla viemäriveresimäärä lähes kaksinkertaistuu huhti-toukokuulla talvikuukausiin verrattuna. Kuviossa 7 on Kannintien pumppaamon pumppaamat jätevedet vuosilta 2014 - 2016 ja pumppaamopiirin talousveden kulutus vuodelta 2015.



Kuvio 7. Kannintien pumppaamopiirin kuukausittaiset virtaamat

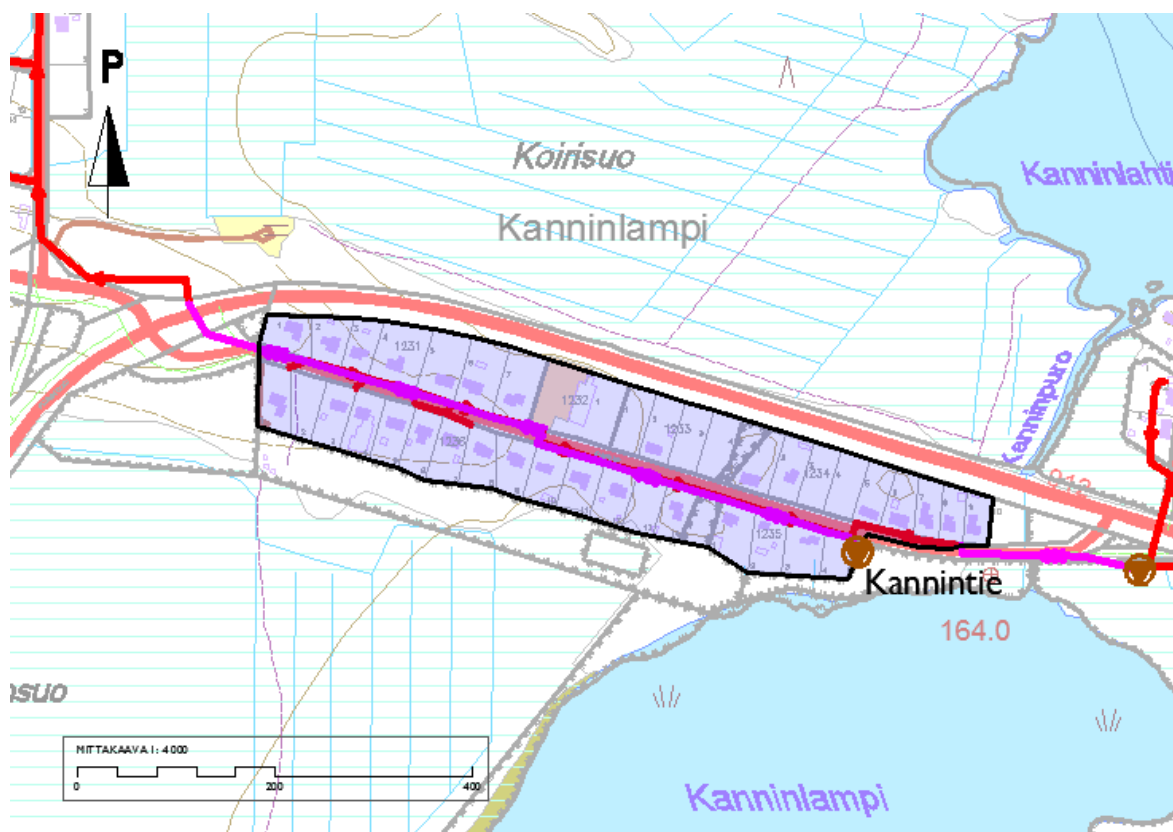
Alueelta tulevat vuotovedet ovat talvikuukausina vähäisiä, mutta kevään ja kesän aikana alueen viemäriverkkoon pääsee todennäköisesti hulevuotovesiä. Vuosina 2014 - 2016 keskimääräiset vuotovesimäärät ovat olleet 11,8 - 26,8 m³/d välillä. Talvella kuivan pakkasjakson aikaan vuotovesimäärä oli 1,5 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,004 l/s*johto-km. Keväällä lumen sulamisaikaan vuotovesimäärä oli 47,8 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,12 l/s*johto-km. Kannintien pumppaamon vuotavuudet on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Kannintien pumppaamopiirin vuotavuudet

Kannintie	Vedenkulutus		Viemäriveresimäärä		Vuotovesi		Vuotovesiprosentti		Vuotavuus		Vuotoveden osuus kokonaismäärästä	
2014	28,4	m ³ /d	42,2	m ³ /d	13,8	m ³ /d	33	%	0,03	l/s*km	2,89	%
2015	28,4	m ³ /d	55,3	m ³ /d	26,8	m ³ /d	49	%	0,07	l/s*km	4,39	%
2016	28,4	m ³ /d	40,3	m ³ /d	11,8	m ³ /d	29	%	0,03	l/s*km	3,47	%
kuiva pakkasjakso 1.2.-7.2.2015	28,4	m ³ /d	29,9	m ³ /d	1,5	m ³ /d	5	%	0,004	l/s*km	0,58	%
lumen sulamisaika 10.4.-16.4.2015	28,4	m ³ /d	76,2	m ³ /d	47,8	m ³ /d	63	%	0,12	l/s*km	5,39	%

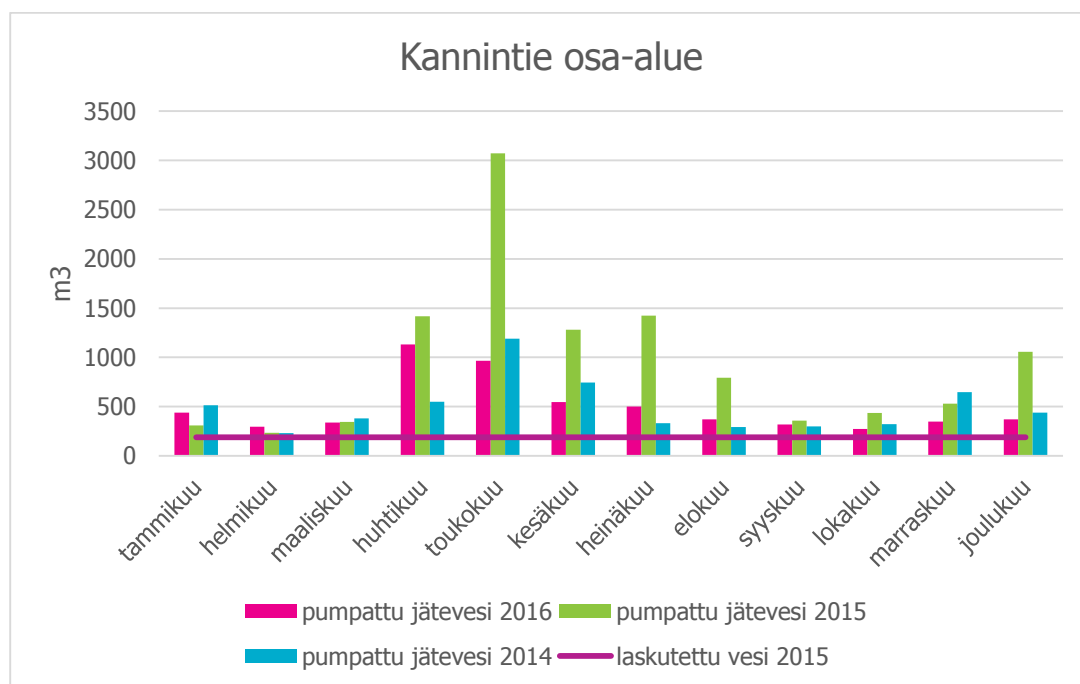
5.8 Kannintien osa-alue

Kannintien osa-alue saatiin vähentämällä Kannintien pumppaamopiiristä Tönölän, Hiihtokeskuksen ja Kanninpyörätien pumppaamopiirien vedenkulutukset ja viemäriveresivirtaamat (kuva 25). Kannintien pumppaamon osa-alue on omakotitaloaluetta. Viemäriin materiaali on muovia ja tarkastuskaivot ovat betonia. Viemäri on rakennettu 1970-luvulla. Kannintien osa-alueella kunnalliseen viemäriin liitettyistä kiinteistöistä valtaosa on liitetty sakokaivon kautta. Pumppaamopiirin osa-alueen viemäriverkon pituus on noin 1,5 km.



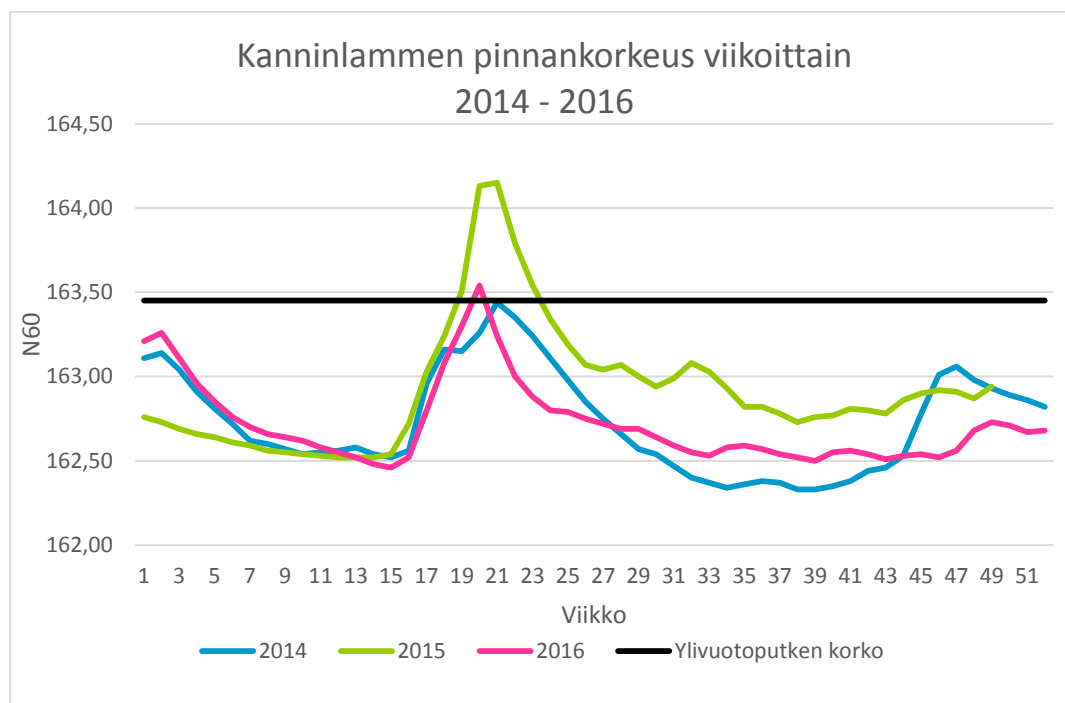
Kuva 25. Kannintien osa-alue

Pumppaamopiirin osa-alueen keskimääräiset virtaamat vuosilta 2014 - 2016 olivat 16,1 - 30,8 m³/d. Keväällä 2015 lumen sulamisen aikaan mitattu virtaama oli 46,4 m³/d ja kuivan pakkasjakson virtaama helmikuussa 2015 oli 8,1 m³/d. Kuviossa 8 on Kanninpyörätien pumppaamon pumppaamat jätevedet vuosilta 2014 - 2016 ja pumppaamopiirin talousveden kulutus vuodelta 2015.



Kuvio 8. Kannintien osa-alueen kuukausittaiset virtaamat

Osa-alueelta tuleva viemäriveresimäärä on kesäkuukausina huomattavan suurta talvikuukausiin verrattuna. Vuoden 2015 toukokuussa korkeat viemäriveresimäärät selittää todennäköisesti tulvakorkeuden alapuolelle jäänyt pumppaamon ylivuotoputki. Kuviossa 9 Kanninlammen pinnankorkeuden vaihtelut vuosilta 2014 - 2016.



Kuvio 9. Kanninlammen pinnankorkeudet 2014 - 2016

Vuosina 2014 - 2016 keskimääräiset vuotovesimäärät ovat olleet 9,9 - 24,6 m³/d välillä. Talvella kuivan pakkasjakson aikaan vuotovesimäärä oli 1,9 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,01 l/s*johto-km. Keväällä lumen sulamisaikaan vuotovesimäärä oli 40,2 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,31 l/s*johto-km. Kanninpyörätien osa-alueen vuotavuudet on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Kannintien osa-alueen vuotavuudet

Kannintien osa-alue	Vedenkulutus		Viemäriveresimäärä		Vuotovesi		Vuotovesiprosentti		Vuotavuus		Vuotoveden osuus kokonaismäärästä	
2014	6,2	m ³ /d	16,2	m ³ /d	10,0	m ³ /d	62	%	0,08	l/s*km	2,10	%
2015	6,2	m ³ /d	30,8	m ³ /d	24,6	m ³ /d	80	%	0,19	l/s*km	4,02	%
2016	6,2	m ³ /d	16,1	m ³ /d	9,9	m ³ /d	62	%	0,08	l/s*km	2,91	%
kuiva pakkasjakso 1.2.-7.2.2015	6,2	m ³ /d	8,1	m ³ /d	1,9	m ³ /d	23	%	0,01	l/s*km	0,75	%
lumen sulamisaika 10.4.-16.4.2015	6,2	m ³ /d	46,4	m ³ /d	40,2	m ³ /d	87	%	0,31	l/s*km	4,53	%

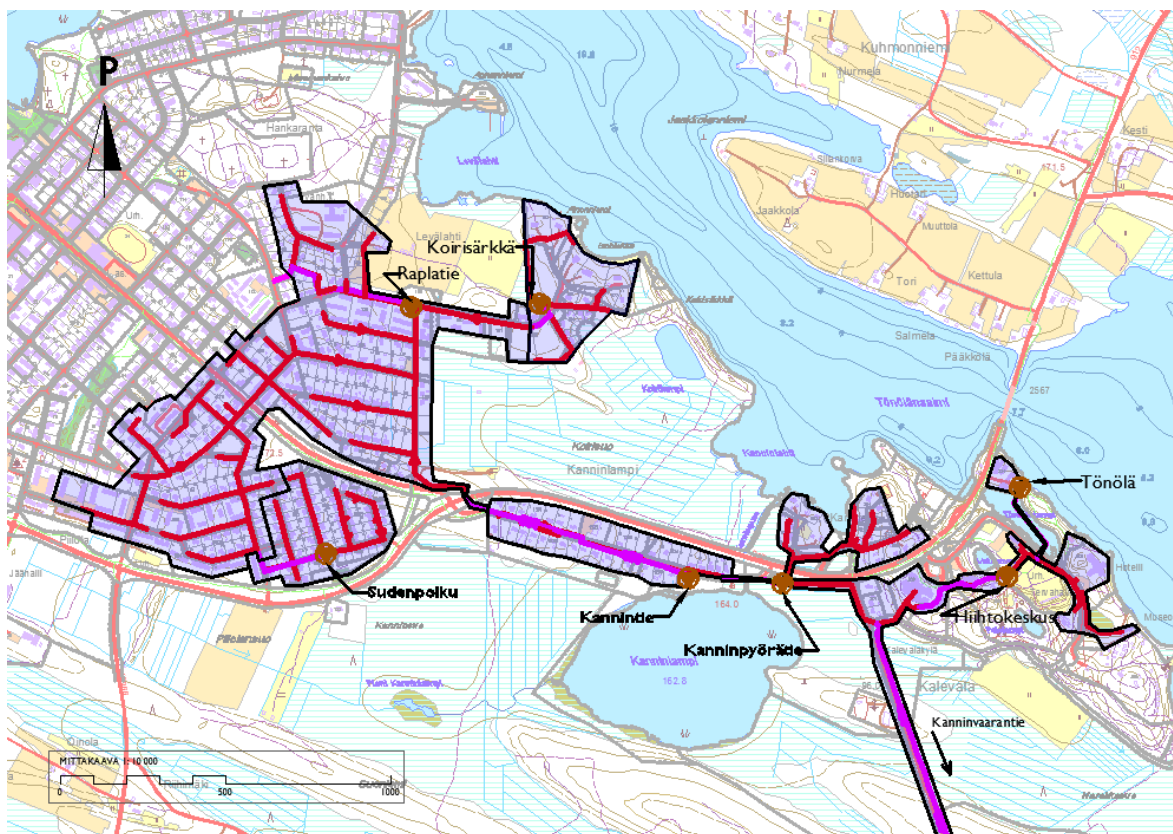
5.9 Raplatie

Raplatien pumppaamo sijaitsee kuvan 26 mukaisesti Levälähdän kaupunginosassa Raplatien ja Tiivontien risteyksessä. Raplatien pumppaamolle johdetaan kaikkien edellä mainittujen pumppaamojen jätevedet. Pumppaamon keräysalueeseen viettoviemärin osalta kuuluu lähes koko Levälahti, suurin osa Piilolaa ja osa Kontion aluetta. Viemäriverkon pituus on yhteensä noin 15,6 km. Pumppaamo on

paikalla rakennettu betonirakenteinen säiliöpumppaamo. Pumppaamosta on lisätietoja taulukossa 16.

Taulukko 16. Raplatien jätevedenpumppaamo

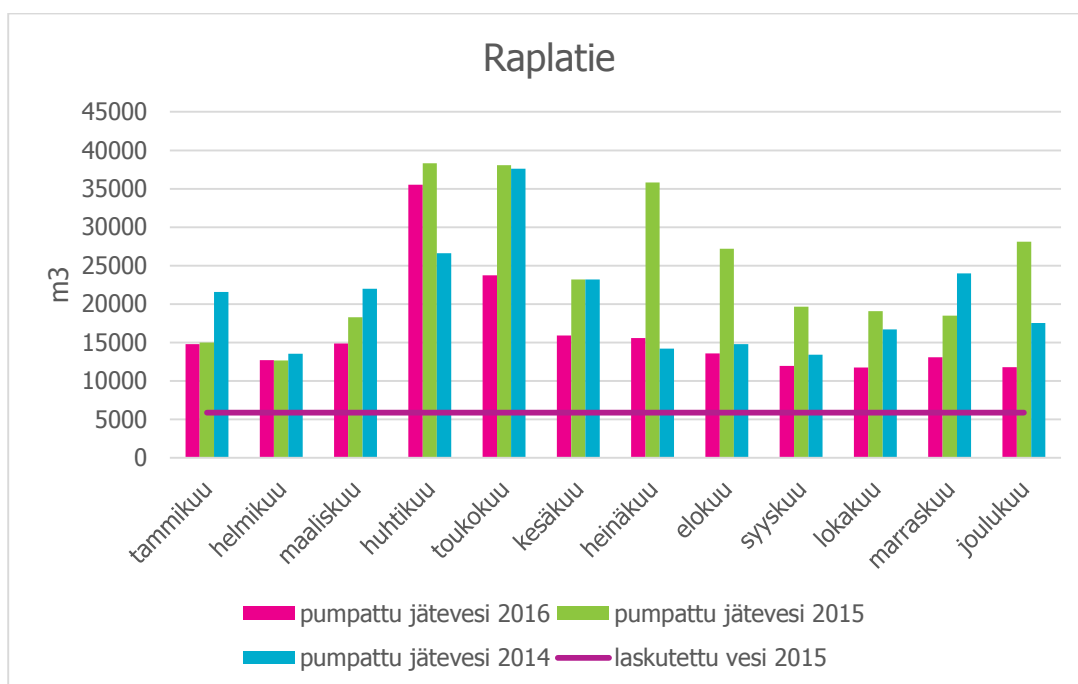
Raplatie		
verkoston pituus	15,6	km
pumppaamon rakennusmateriaali	betoni	
pumppaamon sisähalkaisija	300	cm
pumppu	2*5,9	kW
tuotto p1	43	m ³ /h
tuotto p2	37	m ³ /h
paineviemäri	140	mm
paineviemäriin pituus	500	m
geodeettinen nostokorkeus	6,6	m



Kuva 26. Raplatien pumppaamopiiri

Pumppaamopiirin keskimääräiset virtaamat vuosilta 2014 - 2016 olivat 535 - 805 m³/d. Huhti-touko-kuussa virtaamat olivat mitattuja määriä suurempia, koska pumppaamolla tapahtui tulvimista. Ke-väällä 2015 lumen sulamisen aikaan mitattu virtaama oli 1080 m³/d, joka todellisuudessa oli suu-rempi ylivuodon takia. Kuivan pakkasjakson virtaama helmikuussa 2015 oli 446 m³/d. Raplatien pumppaamon kohdalla näkyy lumen sulamisaikaan selvä virtaamahuippu. Viemäriveden virtaama on

varsinkin kesäkuukausina moninkertaista verrattuna myydyn veden määrään. Kuviossa 10 on Raplatien pumppaamon pumppaamat jätevedet vuosilta 2014 - 2016 ja pumppaamopiirin talousveden kulutus vuodelta 2015.



Kuvio 10. Raplatien pumppaamopiirin kuukausittaiset virtaamat

Alueelta muodustuu paljon vuotovesiä ja kevään vuotoveden virtaamahuippu erottuu selvästi. Pumpattu viemärivesimäärä on koko vuoden ajalta selvästi laskutettua vesimäärää korkeampi, josta voidaan todeta, että keräysalueelta päätyy viemäriin varsinaisia vuotovesiä. Vuotovesiprosentti on korkea jokaisella tarkastelujaksolla. Vuosina 2014 - 2016 keskimääräiset vuotovesimäärät ovat olleet 342 - 612 m³/d välillä. Talvella kuivan pakkasjakson aikaan vuotovesimäärä oli 253 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,19 l/s*johto-km. Keväällä lumen sulamisaikaan vuotovesimäärä oli 887 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,66 l/s*johto-km, todellisuudessa vuotovesimäärät ja vuotavuus olivat mitattua suuremmat. Raplatien pumppaamon vuotavuudet on esitetty taulukossa 17.

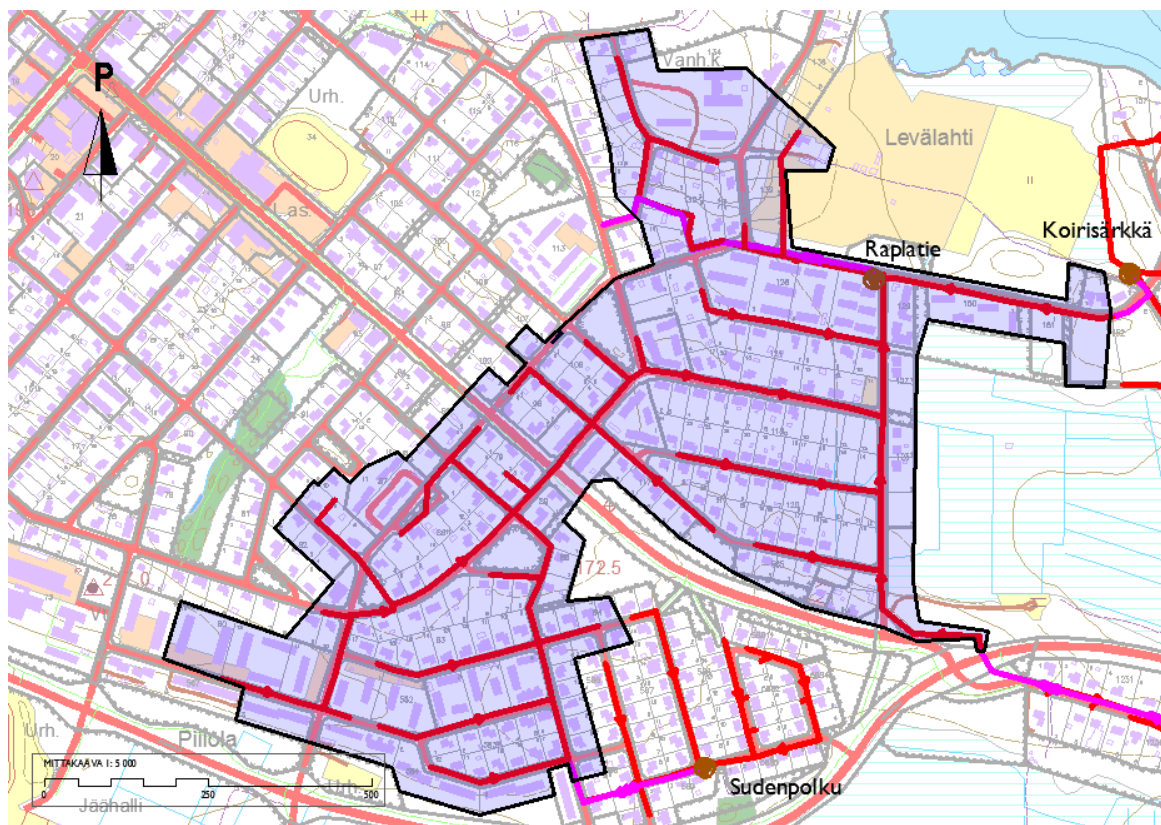
Taulukko 17. Raplatien pumppaamopiirin vuotavuudet

Raplatie	Vedenkulutus		Viemärivesimäärä		Vuotovesi		Vuotovesiprosentti		Vuotavuus		Vuotoveden osuus kokonaismäärästä	
2014	193	m ³ /d	671	m ³ /d	478	m ³ /d	71	%	0,35	l/s*km	100	%
2015	193	m ³ /d	805	m ³ /d	612	m ³ /d	76	%	0,45	l/s*km	100	%
2016	193	m ³ /d	535	m ³ /d	342	m ³ /d	64	%	0,25	l/s*km	100	%
kuiva pakkasjakso 1.2.-7.2.2015	193	m ³ /d	446	m ³ /d	253	m ³ /d	57	%	0,19	l/s*km	100	%
lumen sulamisaika 10.4.-16.4.2015	193	m ³ /d	1080	m ³ /d	887	m ³ /d	82	%	0,66	l/s*km	100	%

5.10 Raplatien osa-alue

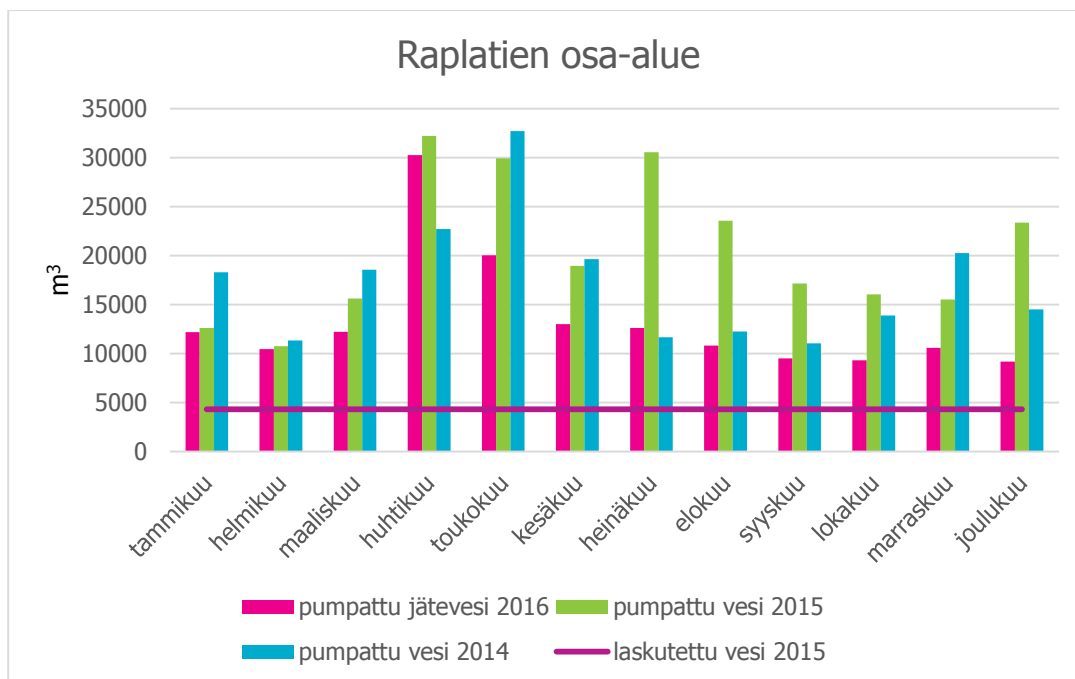
Raplatien osa-alue saatiin vähentämällä Raplatien pumppaamopiiristä Koirisärkän, Kannintien ja Sundenpolun pumppaamopiirien vedenkulutukset ja viemärivesivirtaamat (kuva 27). Raplatien pumppaamon osa-alue on asuinalueita, alueella on omakotitaloja, kerrostaloja ja rivitaloja. Alkuperäinen

viemäriverkosto on rakennettu betonista 1960-luvulla. 1970-luvulla ja sen jälkeen rakennetut viemärit ovat rakennettu muovista. Alueen betoniviemäreitä on saneerattu sujuttamalla vuosina 1998, 2006 ja 2015. Sujutuksen yhteydessä betoniset tarkastuskaivot on korvattu muovisilla. Betoniviemäreitä alueella on vielä noin 1,6 km, joista osa on kuvattu vuonna 2004 ja todettu huonokuntoisiksi. Alueella on tehty jonkin verran sakokaivon ohituksia, mutta ohittamattomia sakokaivoja, jotka ovat liitetty jätevesiviemäriin, on edelleen käytössä noin sata kappaletta. Pumppaamopiirin osa-alueen viemäriverkon pituus on noin 8,6 km.



Kuva 27. Raplatien pumppaamopiirin osa-alue

Pumppaamopiirin osa-alueen keskimääräiset virtaamat vuosilta 2014 - 2016 olivat 439 - 675 m³/d. Huhti-toukokuussa virtaamat olivat mitattuja määriä suurempia, koska pumppaamalla tapahtui tulvimista. Keväällä 2015 lumen sulamisen aikaan mitattu virtaama oli 839 m³/d, joka todellisuudessa oli suurempi ylivuodon takia. Kuivan pakkasjakson virtaama helmikuussa 2015 oli 381 m³/d. Kuviossa 11 on Raplatien pumppaamon osa-alueen jätevesimäärät vuosilta 2014 - 2016 ja osa-alueen talousveden kulutus vuodelta 2015.



Kuvio 11. Raplatien osa-alueen kuukausittaiset virtaamat

Osa-alueelta tuleva viemäriveresimäärä on suuri laskutettuun vesimäärän verrattuna. Viemäriveresimäärät ovat talvikuuuukausinakin noin kaksi kertaa laskutettua vesimäärää suurempia, mikä viittaa varsinaisiin vuotovesiin. Vuosina 2014 - 2016 keskimääräiset vuotovesimäärät ovat olleet 297 - 533 m³/d välillä. Talvella kuivan pakkasjakson aikaan vuotovesimäärä oli 239 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,32 l/s*johto-km. Keväällä lumen sulamisaikaan vuotovesimäärä oli 697 m³/d ja verkoston vuotavuus 0,94 l/s*johto-km, todellisuudessa vuotovesimäärät ja vuotavuus olivat mitattua suuremmat. Raplatien osa-alueen vuotavuudet on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Raplatien osa-alueen vuotavuudet

Raplatien osa-alue	Vedenkulutus		Viemäriveresimäärä		Vuotovesi		Vuotovesiprosentti		Vuotavuus		Vuotoveden osuus kokonaismäärästä	
2014	142	m ³ /d	567	m ³ /d	425	m ³ /d	75	%	0,57	l/s*km	88,9	%
2015	142	m ³ /d	675	m ³ /d	533	m ³ /d	79	%	0,72	l/s*km	87,1	%
2016	142	m ³ /d	439	m ³ /d	297	m ³ /d	68	%	0,40	l/s*km	87,0	%
kuiva pakkasjakso 1.2.-7.2.2015	142	m ³ /d	381	m ³ /d	239	m ³ /d	63	%	0,32	l/s*km	94,4	%
lumen sulamisaika 10.4.-16.4.2015	142	m ³ /d	839	m ³ /d	697	m ³ /d	83	%	0,94	l/s*km	78,5	%

5.11 Pumppaamoalueiden yhteenveto

Pumppaamoiden alueiden vuotovesimäärät selvitettiin vertaamalla alueen vedenkulutusta viemäriveresimääriin. Alueelliseen vedenkulutukseen käytettiin vuonna 2015 laskutettuja vesimääriä oletuksena, että vedenkulutus on ollut samalla tasolla vuosina 2014 ja 2016. Vedenkulutuksen vertailua muihin vuosiin ei tehty. Viemäriveresimäärät lasketettiin kertomalla tuottomittauksilla saadut pumppujen tuotot MiSO-järjestelmästä haetuilla käyntiaikatiedoilla. Pumppujen tuottoina käytettiin talvella 2017 mitattuja tuottoja, joiden oletettiin vastaavan myös vuosien 2014 - 2016 tuottoja. Pumppujen tuotot voivat muuttua kulumisen seurauksena, mutta tätä ei ole huomioitu laskuissa.

Vuotavimmaksi alueeksi osoittautui Raplatien osa-alue. Viemäriveresimäärät ovat läpi vuoden vedenkulutusta korkeampia, mikä kertoo varsinaisten vuotovesien pääsystä viemäriin. Sulan maan aikaisen runsaan vuotovesimäärään takia on todennäköistä, että alueella on tehty kiinteistöjen hule- ja kuivatusvesiliitännöitä jätevesiviemäriin. Alueella olevat ohittamattomat sakokaivot voivat vuotaa maaperän vesiä viemäriin. Raplatien osa-alueelta tulevat vuotovedet ovat vuositason noin 87,6 % koko Raplatien pumpaamolle tulevista vuotovesistä. Vuotovesien määrän vähentämiseksi tulee Raplatien osa-alueelle käyttää eniten resursseja.

Toiseksi vuotavin alue on Sudenpolun pumpaamon alue ja kolmanneksi Kannintien osa-alue. Molempien keräysalueet ovat suhteellisen pieniä ja vuotoveden huippuvirtaama on huhti-toukokuussa. Alueiden osuus yhteensä koko Raplatien pumpaamon vuotovesimäärästä on vuositason noin 11,6 %, mutta huhti-toukokuun huippuvirtaamien aikaan osuus on tätä suurempi. Alueilla kannattaisi tehdä lisäselvityksiä, mistä vuotovedet pääsevät viemäriin. Taulukossa 19 ja kuviossa 12 on esitetty alueiden vuotovesimäärät suuruusjärjestyksessä.

Taulukko 19. Alueiden keskiarvot vuosilta 2014 - 2016 vuotovesimäärän mukaisessa suuruusjärjestyksessä

Alue	Vedenkulutus		Viemäriveresimäärä		Vuotovesi		Vuotovesiprosentti		Vuotavuus		Vuotoveden osuus kokonaismäärästä	
Raplatien osa-alue	141,7	m ³ /d	560,2	m ³ /d	418,3	m ³ /d	73,9	%	0,56	l s*km	87,6	%
Sudenpolku	19,8	m ³ /d	60,4	m ³ /d	40,6	m ³ /d	66,6	%	0,34	l s*km	8,6	%
Kannintien osa-alue	6,2	m ³ /d	21,1	m ³ /d	14,9	m ³ /d	67,7	%	0,11	l s*km	3	%
Kanninpyörätien osa-alue	16,7	m ³ /d	18,6	m ³ /d	1,9	m ³ /d	10,1	%	0,01	l s*km	0,39	%
Hiihtokeskus	5,5	m ³ /d	6,3	m ³ /d	0,7	m ³ /d	11,7	%	0,01	l s*km	0,19	%
Koirisärkkä	3,2	m ³ /d	3,7	m ³ /d	0,5	m ³ /d	14	%	0,01	l s*km	0,13	%



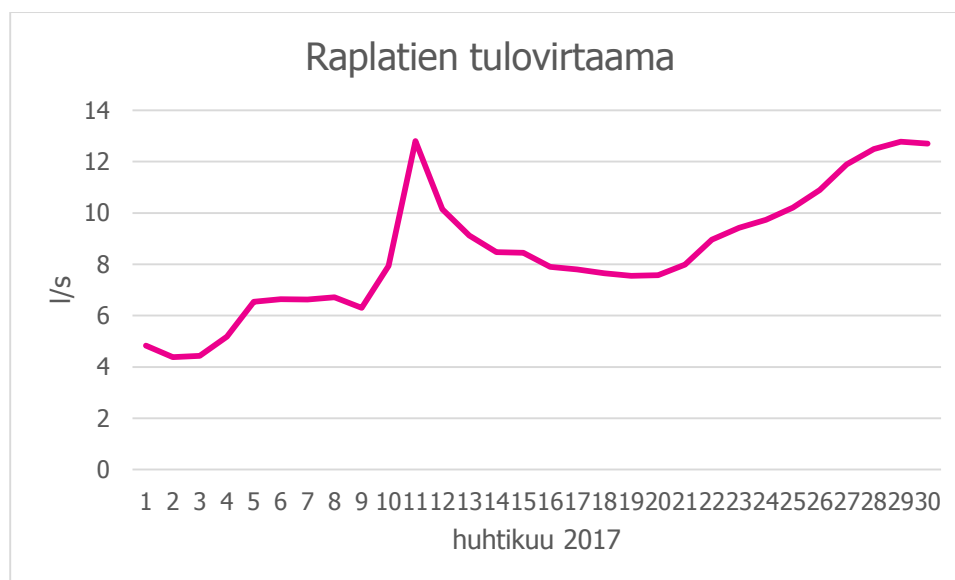
Kuvio 12. Keskimääräiset vuotoveden osuudet Raplatien pumpaamon kokonaismäärästä vuosilta 2014 - 2016

6 VIETTOVIEMÄREIDEN VIRTAAMAMITTAUKSIEN TULOKSET

Viettoviemäreiden virtaamamittaukset tehtiin Raplatien osa-alueella, joka todettiin tarkastelualueen vuotavimmaksi alueeksi. Virtaamamittaukset tehtiin tarkastuskaivoista PCM 4 -virtausmittalaitteella, jolla mitattiin hetkellistä virtaamaa ja lämpötilaa. Virtaaman ja lämpötilan lisäksi mitattiin kaivon pohjalta vesijuoksun syvyys lattaa apuna käyttäen. Kuivan pakkasajan mittausjakso painottui helmi-kuun puolivälistä maaliskuun alkuun. Kevään mittausjakso alkoi huhtikuun puolesta ja kesti touko-kuun alkuun.

Tarkastuskaivot valittiin mittaukseen sijainnin ja viemäriveresimäärän perusteella. Osa mittaukseen suunnitelluista kaivoista ei soveltunut virtaaman mittaamiseen esimerkiksi epätasaisen pohjan tai vähäisen virtaaman takia. Vuorokauden kestäviä mittauksia tehtiin betonikaivoista, joiden halkaisija oli 800 - 1 000 mm. Muovisista saneerauskaivoista tehtiin vain hetkellisiä mittauksia, koska laite ei sopinut kaivon sisälle kokonaan.

Hetkellisiä mittauksia tehtiin arkipäivisin kello 9:00–11:00 ja 11:30–14:00, joina aikoina tulovirtaamassa Raplatien pumppaamolle ei ollut suuria vaihteluja. Talvella hetkelliset mittaukset tehtiin useampaan kertaan ja näiden tuloksista laskettiin keskiarvot, joita käytettiin kuvaamaan kuivan ajan virtaamia. Keväällä, kun virtaamavaihtelut olivat suurempia, ei laskettu virtaamien keskiarvoja vaan jokainen mittaus vertailtiin erikseen. Kuviossa 13 on keväällä 2017 huhtikuussa mitattu Raplatien tulovirtaama.



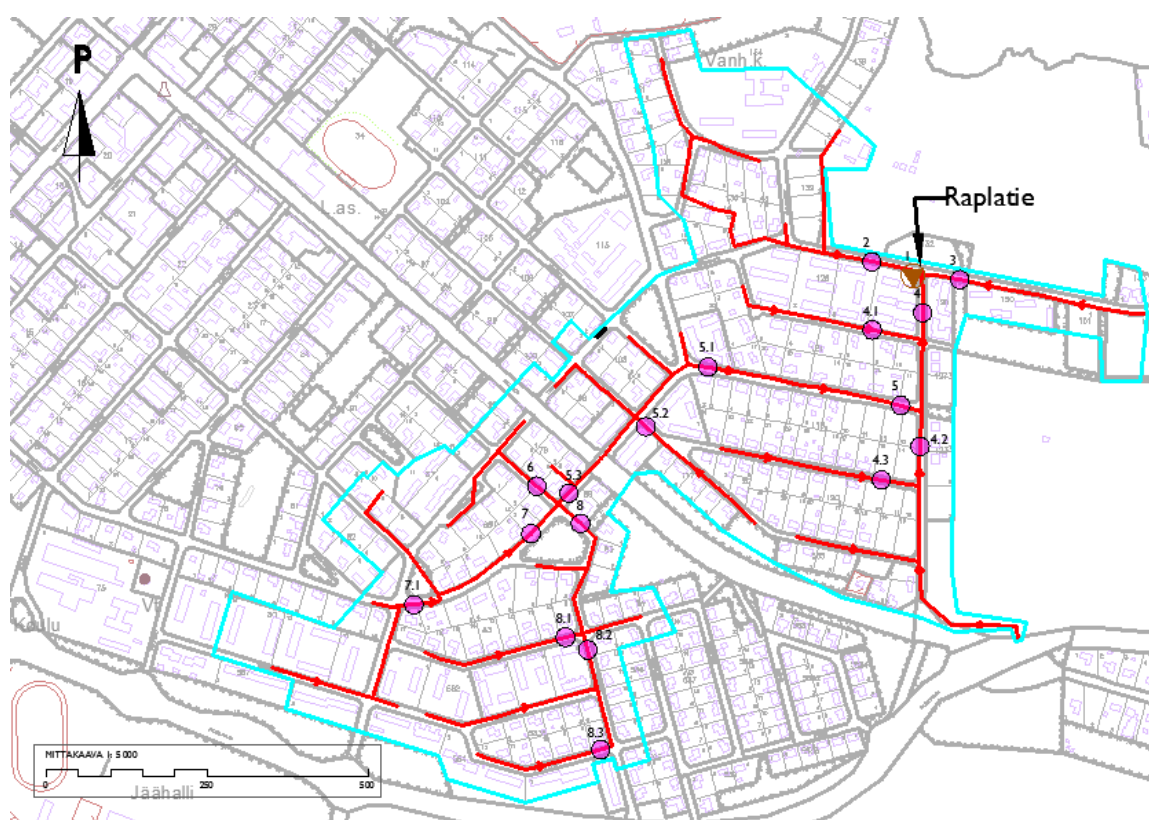
Kuvio 13. Raplatien tulovirtaama huhtikuussa 2017

Vuorokauden kestäviä virtaamamittauksia tehtiin kaivoista, joissa virtaa pääosa pumppaamolle tulevasta vesistä. Mittauskaivoiksi valittiin betonisia kaivoja, joihin mittalaite sopi jäämään sisälle. Vuorokauden kestävät mittaukset tukivat hetkellisten mittausten tuloksia ja myös toisinpäin. Epäonnistuneet mittaukset voitiin karsia pois vertaamalla tuloksia aiempiin mittauksiin.

Jäteveden lämpötilaa mitattiin virtaaman yhteydessä, koska keväisin vuotovesi kylmentää jätevettä. Mittauksista oli huomattavissa, että keväällä mitatut suuremmat virtaamat olivat pääsääntöisesti talvella mitattuja kylmempiä. Vuorokauden ilmanlämpötila ja sadanta voivat olla selittäviä tekijöitä viemäriveden virtaamiin. Tässä työssä talven mittauksien aikana oli pakkasta ja kevään lumen sulamis-aika oli vähä sateinen, joten ilmanlämpötilaa ja sadantaa ei huomioitu tuloksissa. Tuloksissa pyrittiin löytämään viemäriverkoston vuotavimmat alueet.

6.1 Mittauspisteet

Mittauspisteet valittiin aluksi johtokartalta ja niitä lisättiin virtaamamittausten yhteydessä. Mittauspisteitä valittiin paikoista, joista voitiin tarkastella tietyn suuruisten alueiden vuotoveden määrän lisääntymistä. Mittauspisteet on numeroitu kuvassa 28.



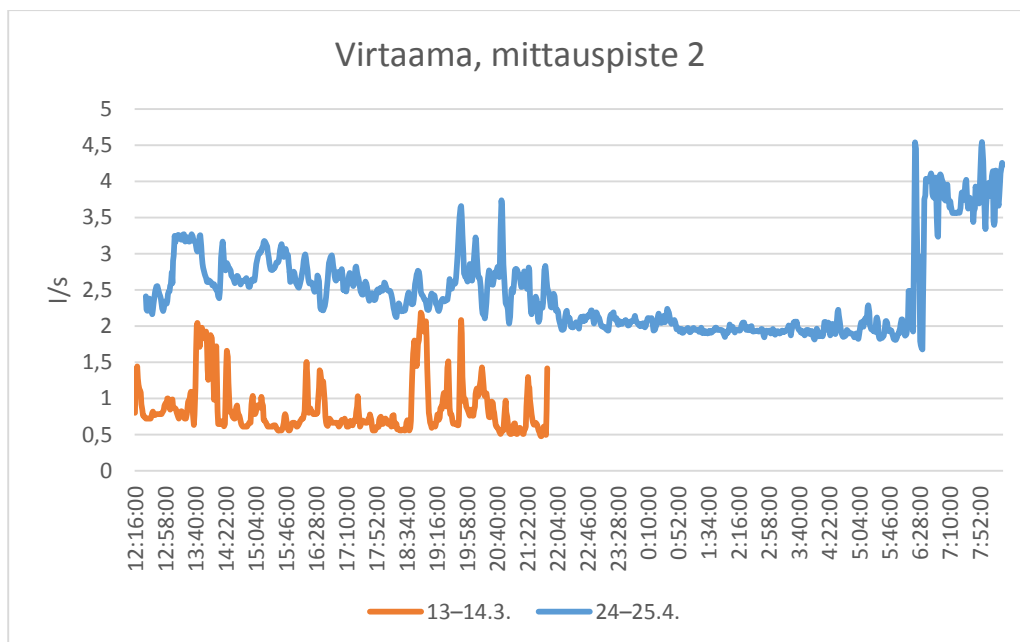
Kuva 28. Viemäriverkaamien mittauspisteet

Mittauspiste 1

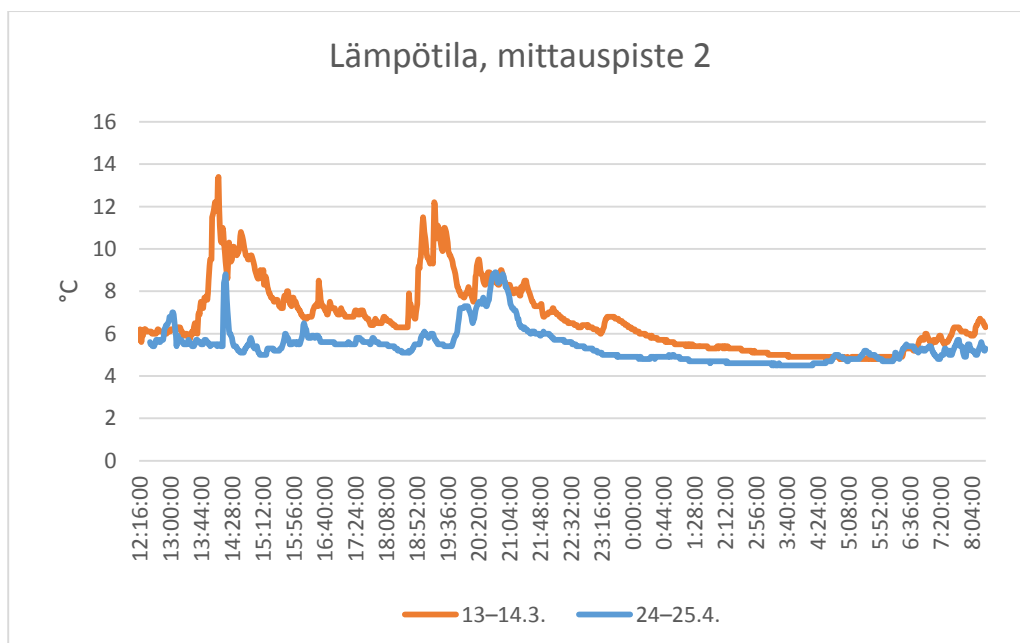
Mittauspiste 1 oli Raplatien pumppaamo, jolta mitattiin kokonaistulovirtaamaa pumppaamolle. Virtaaman mittaus tapahtui käyntiaikatietojen perusteella ja virtaaman sai luettua MiSO-järjestelmästä. Talvella keskimääräinen tulovirtaama oli noin 4 l/s ja kevään tulovirtaama oli virtaamamittausten aikaan noin 15 l/s.

Mittauspiste 2

Mittauspiste 2 sijaitsee pumppaamosta länteen päin ja oli ainoa mittauspiste siltä linjalta. Talvella päivän keskimääräiseksi virtaamaksi mitattiin noin 0,7 l/s. Keväällä vastaavat mittaukset antoivat 2,3 - 3 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 122 - 138 m³/d. Alueen vesijohtoveden kulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,32 l/s eli 27,6 m³/d. Mittauspisteellä tehtiin yön yli kestävät mittaukset talvella ja keväällä, jotka ovat esitetty kuvioissa 14 ja 15.



Kuvio 14. Mittauspisteen 2 virtaamat



Kuvio 15. Mittauspisteen 2 lämpötilat

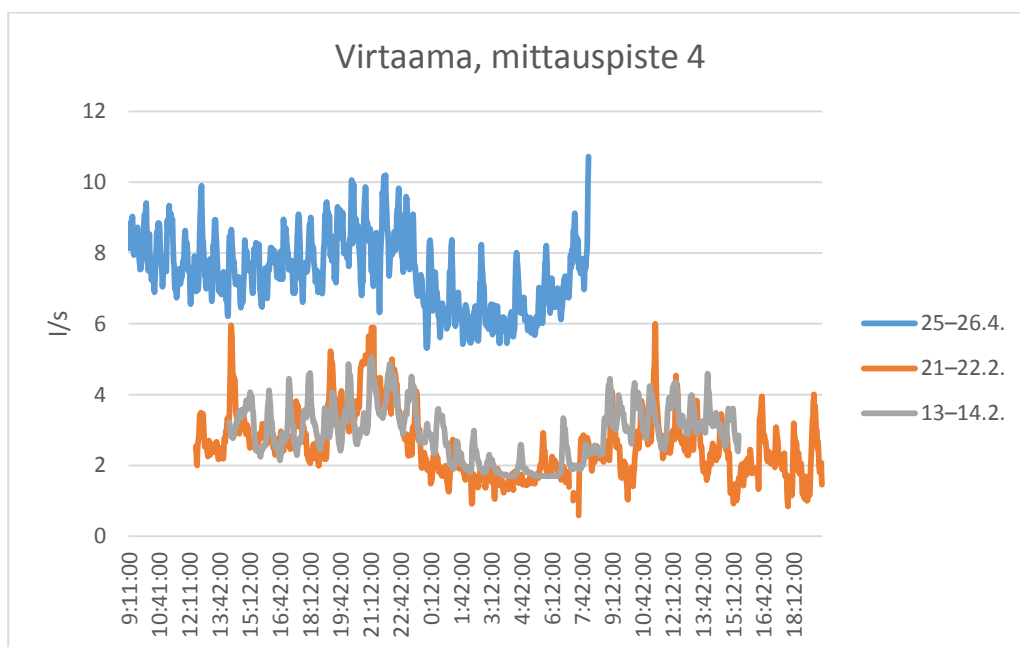
Mittauspiste 3

Mittauspiste 3 oli pumppaamosta itään päin ja ainoa mittauspiste siltä suunnalta. Talvella viemäri-vesimäärä oli niin pieni mittauspisteellä, että sen mittaaminen ei onnistunut. Keväällä mitattiin 0,2 -

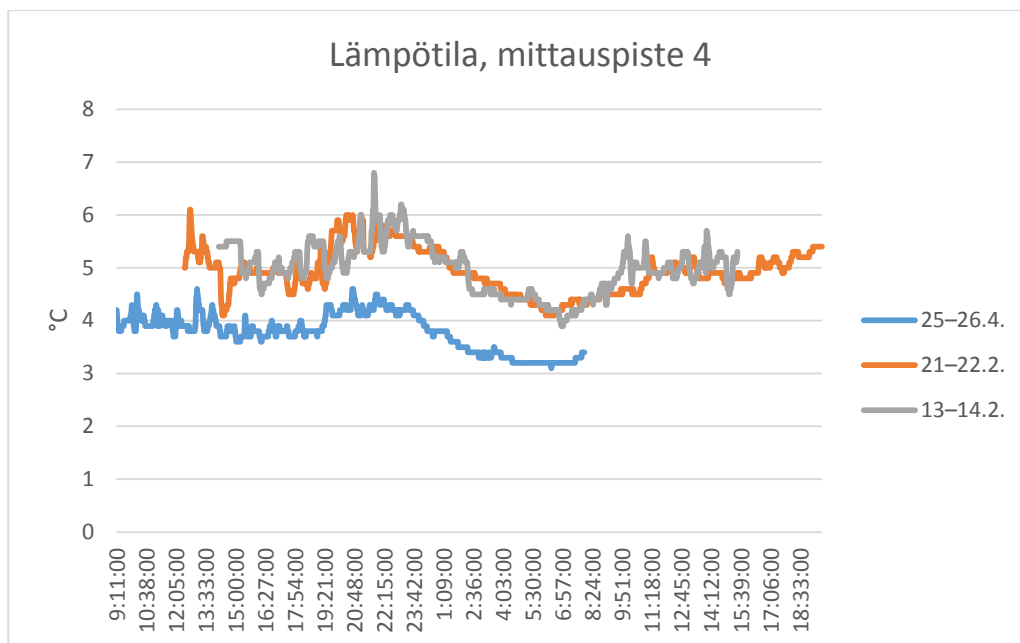
0,5 l/s virtaamia. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin vuorokauden ajalta 0,04 l/s eli 3,8 m³/d. Alueelta tulee jonkin verran vuotovesiä, mutta määrä ei ole merkittävä. Koirisärkän pumppaamon vedet tulevat mittauspisteen kautta, mutta mittaushetkillä pumppaamo ei pumpannut.

Mittauspiste 4

Mittauspiste 4 sijaitsee pumppaamosta etelään päin ja suurin osa viemäriveresistä tuli tämän pisteen kautta. Mittauspisteen kautta kulkevat Sudenpolun ja Kannintien pumppaamojen pumppaamat vedet, mitkä näkyivät mittauksissa hetkittäisinä piikkeinä. Talvella päivän keskimääräiseksi virtaamaksi mitattiin noin 3,2 l/s. Keväällä vastaavat mittaukset antoivat 7,5 - 11,5 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 371 - 717 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 1,75 l/s eli 151 m³/d. Mittauspisteellä tehtiin yön yli kestävä mittaukset talvella ja keväällä, jotka ovat esitetty kuvioissa 16 ja 17.



Kuvio 16. Mittauspisteen 4 virtaamat



Kuvio 17. Mittauspisteen 4 lämpötilat

Mittauspiste 4.1

Mittauspiste 4.1 rajasi pienehkön yhden kadun viemäriveden keräysalueen. Talvella mittauspisteen virtaama oli niin pieni, ettei sitä saatu mitattua. Keväällä virtaamaksi mitattiin 1 - 1,2 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli arviolta noin 69 - 87 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,03 l/s eli 2,3 m³/d. Mitattu viemärivesivirtaama oli huomattavasti vedenkulutusta suurempi, joten alueelta tulee merkittävä määrä vuotovesiä.

Mittauspiste 4.2

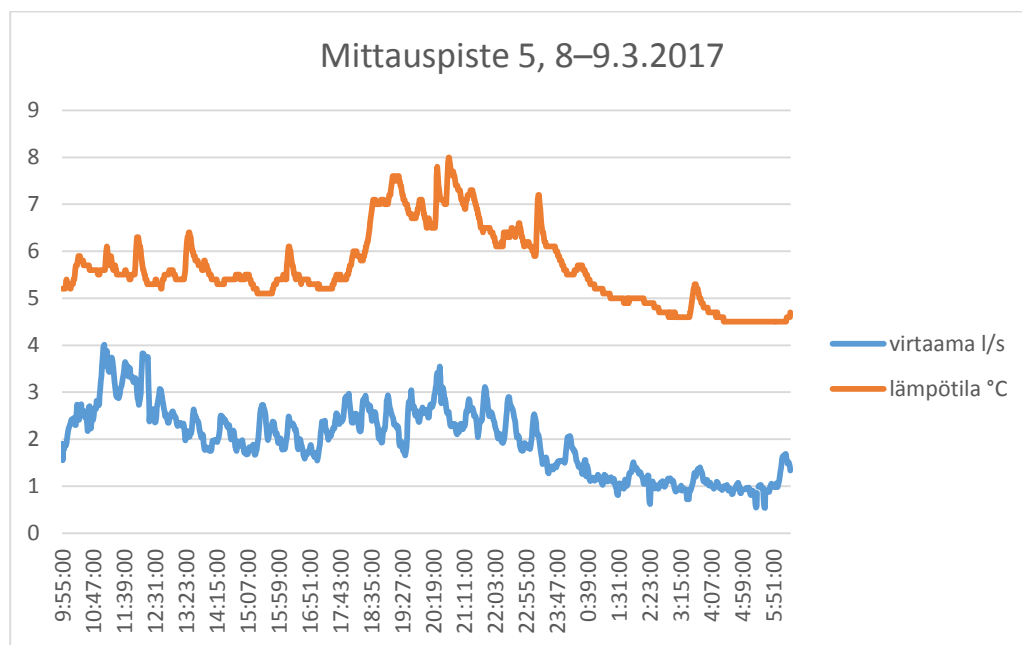
Mittauspiste 4.2 rajasi kahden kadun viemäriveden keräysalueen. Talvella virtaaman mittaus ei onnistunut pienen virtaaman takia. Keväällä virtaamaksi mitattiin 1,2 - 2,3 l/s. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,09 l/s eli 7,4 m³/d. Mitattu viemärivesivirtaama oli vedenkulutusta suurempi, mutta mittauspisteen kautta kulkevat myös Kannintien pumppaamat jätevedet, joita ei ole huomioitu vedenkulutuksessa.

Mittauspiste 4.3

Mittauspiste 4.3:n kautta kulki yhden kadun viemärivedet. Talvella virtaaman mittaus ei onnistunut vähän veden takia. Keväällä virtaamaksi mitattiin 0,7 l/s. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,05 l/s eli 4,5 m³/d. Alueelta tulee keväisin jonkin verran vuotovesiä.

Mittauspiste 5

Mittauspiste 5:n kautta kulki suurehkon keräysalueen jätevedet. Sudenpolun pumppaamon jätevedet kulkivat mittauspisteen kautta, mikä näkyi hetkittäin suurempina virtaamina. Talvella päivän keskimääräiseksi virtaamaksi mitattiin noin 2,3 l/s. Keväällä vastaavat mittaukset antoivat 5,6 - 8 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 285 - 492 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 1,29 l/s eli 112 m³/d. Mittauspisteellä tehtiin yön yli kestävä mittaus talvella, joka on esitetty kuviossa 18.



Kuvio 18. Mittauspisteen 5 virtaama ja lämpötila

Mittauspiste 5.1

Mittauspiste 5.1 oli pistettä 5 edempänä samalla linjalla. Talvella päivän keskimääräiseksi virtaamaksi mitattiin noin 2,1 l/s. Keväällä vastaavat mittaukset antoivat 4,5 - 7,6 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 207 - 475 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 1,25 l/s eli 108 m³/d.

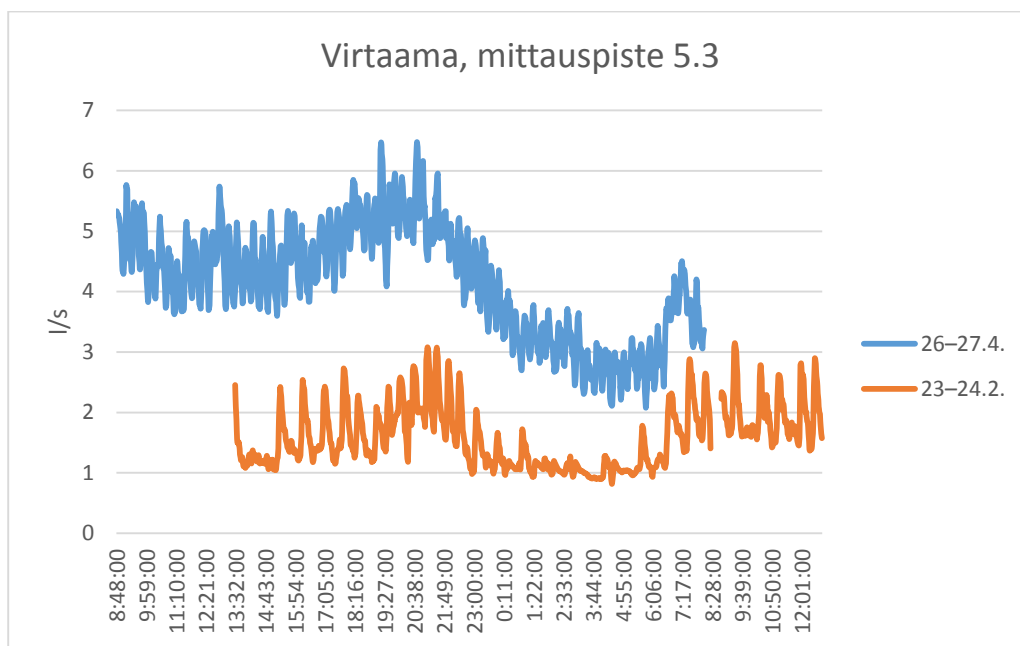
Mittauspiste 5.2

Mittauspiste 5.2 rajasi pienehköän yhden kadun osan viemäriveden keräysalueen. Talvella mittauspisteen virtaaman mittaus ei onnistunut. Keväällä virtaamaksi mitattiin 0,4 - 0,6 l/s. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,1 l/s eli 9 m³/d. Mittauspisteen virtaama ei kasvanut merkittävästi talven virtaamasta.

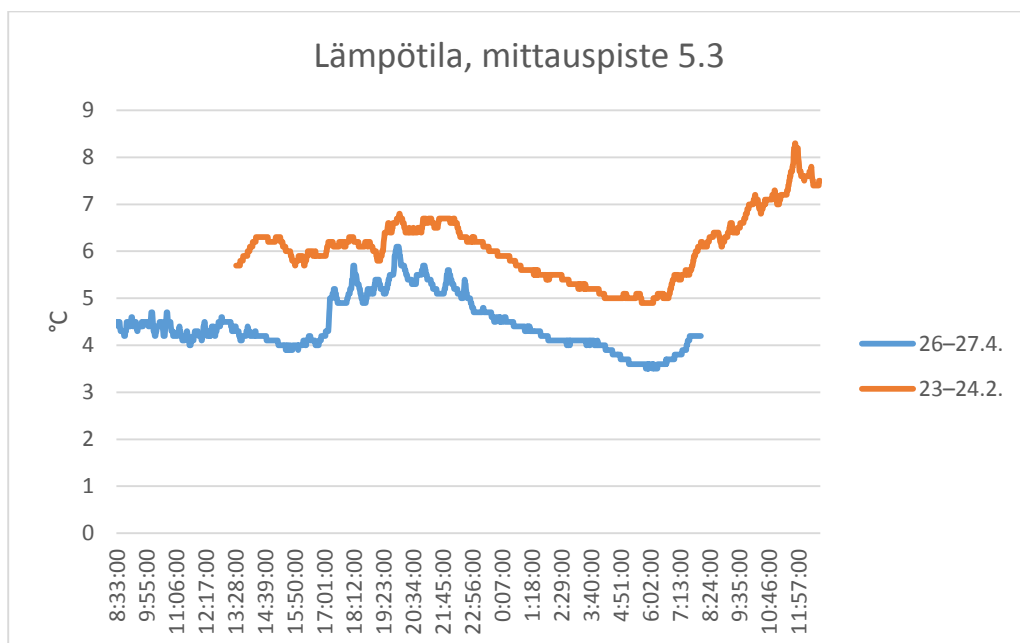
Mittauspiste 5.3

Mittauspiste 5.3 oli viemäriin risteyskohdan jälkeen, jossa viemärit yhdistyivät kolmesta suunnasta. Talvella päivän keskimääräiseksi virtaamaksi mitattiin noin 1,9 l/s. Keväällä vastaavat mittaukset an-

toivat 4,5 - 7,5 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 225 - 484 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 1,04 l/s eli 89,5 m³/d. Mittauspisteellä tehtiin yön yli kestävät mittaukset talvella ja keväällä, jotka ovat esitetty kuvioissa 19 ja 20.



Kuvio 19. Mittauspisteen 5.3 virtaamat



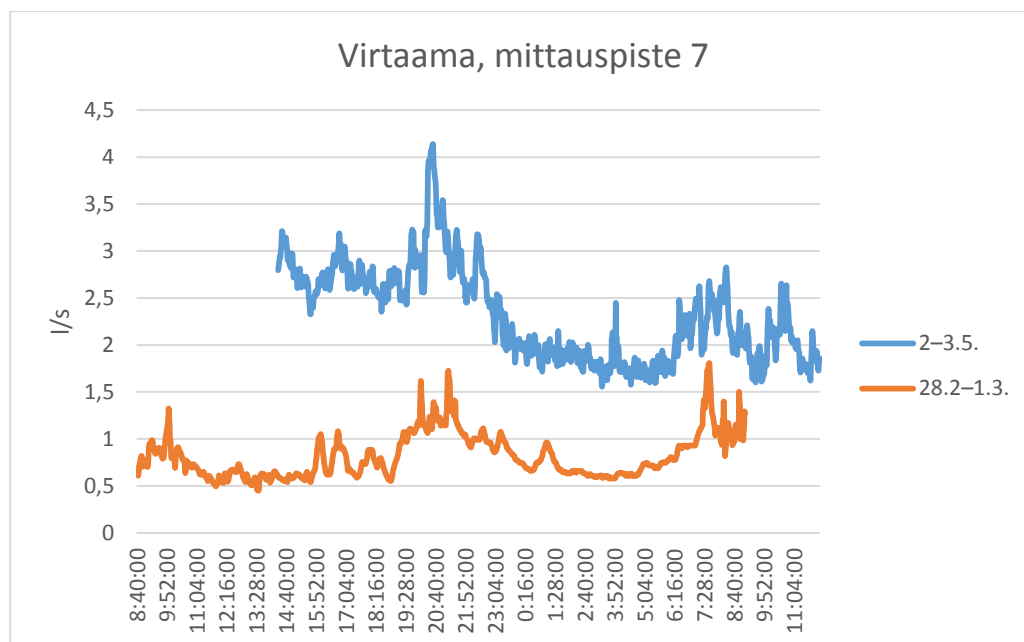
Kuvio 20. Mittauspisteen 5.3 lämpötilat

Mittauspiste 6

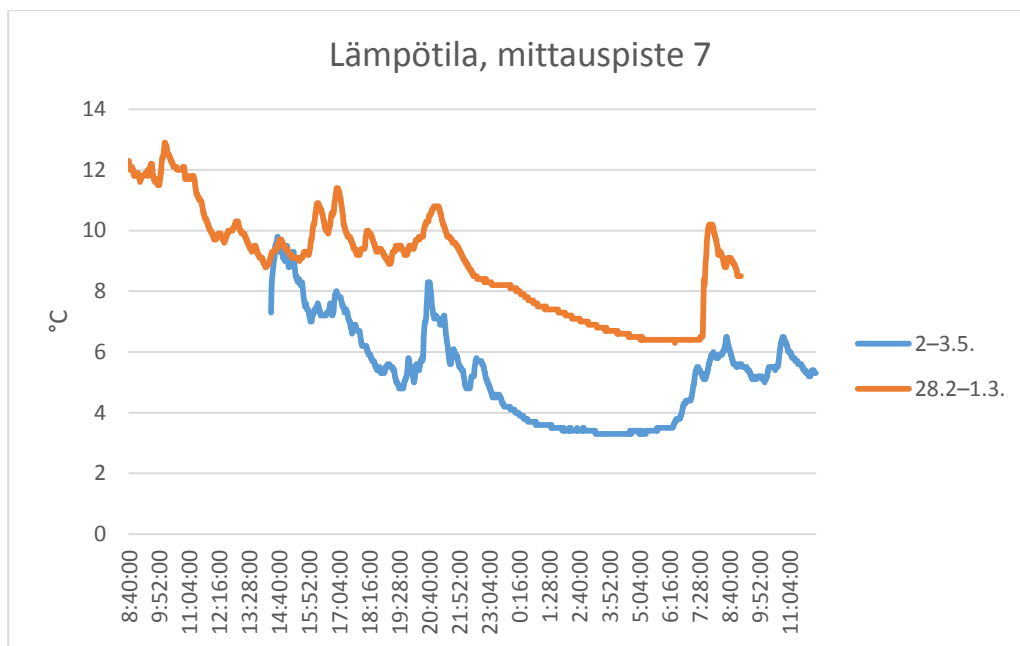
Mittauspiste 6 rajasi pienehkön viemäriveden keräysalueen. Talvella virtaamaksi mittauspisteellä mitattiin 0,2 l/s. Keväällä virtaamaksi mitattiin 1,1 - 1,2 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 78 - 87 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,05 l/s eli 4,1 m³/d. Alueelta tulee huomattava määrä vuotovesiä.

Mittauspiste 7

Mittauspiste 7 oli samalla linjalla pisteen 5.3 kanssa, mutta ennen viemärin risteyskohtaa. Talvella virtaamaksi mittauspisteellä mitattiin 0,8 l/s. Keväällä virtaamaksi mitattiin 1,6 - 2,6 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 69 - 156 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,41 l/s eli 35,6 m³/d. Mittauspisteellä tehtiin yön yli kestävätkä mittaukset talvella ja keväällä, jotka ovat esitetty kuvioissa 21 ja 22.



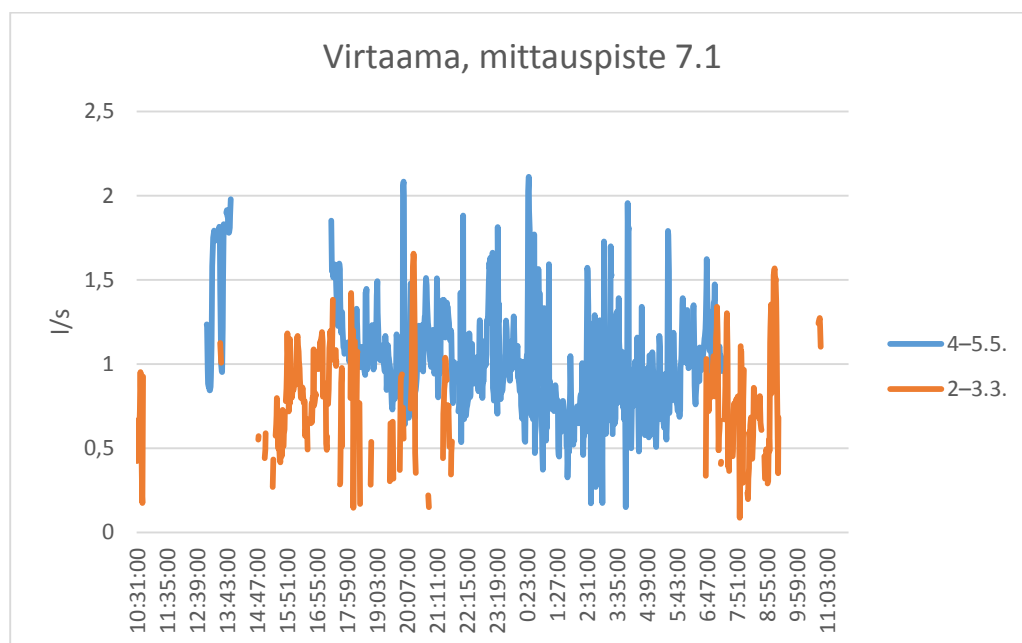
Kuvio 21. Mittauspisteen 7 virtaamat



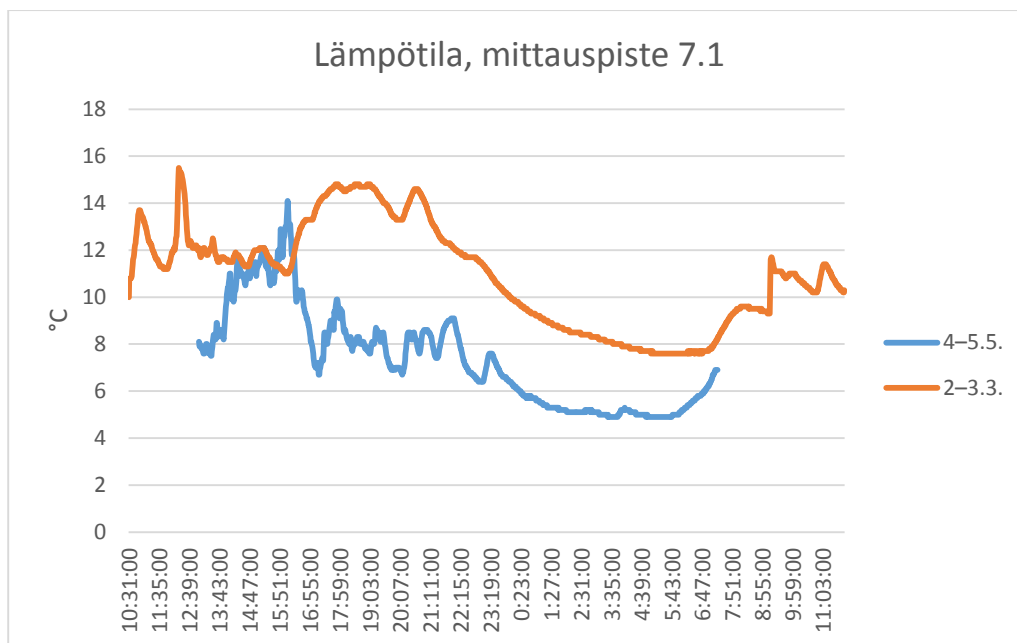
Kuvio 22. Mittauspisteen 7 lämpötilat

Mittauspiste 7.1

Mittauspiste 7.1 oli linjan viimeinen mittauspiste. Talvella virtaamaksi mittauspisteellä mitattiin 0,7 l/s. Keväällä virtaamaksi mitattiin 1 - 1,7 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 26 - 87 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,37 l/s eli 32 m³/d. Mittauspisteellä tehtiin yön yli kestävät mittaukset talvella ja keväällä, jotka ovat esitetty kuvioissa 23 ja 24.



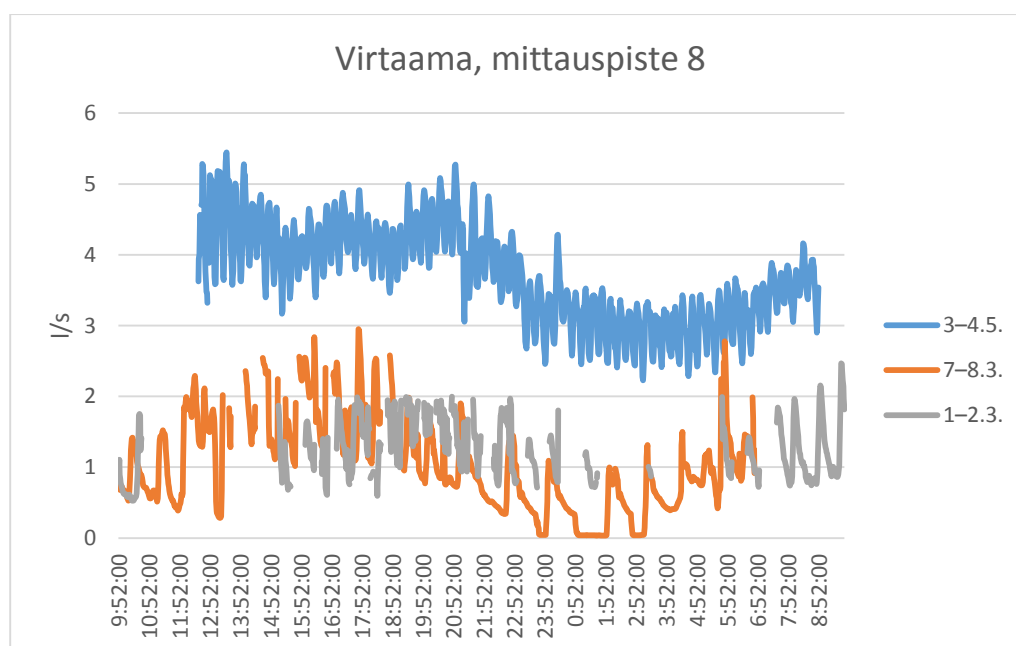
Kuvio 23. Mittauspisteen 7.1 virtaamat



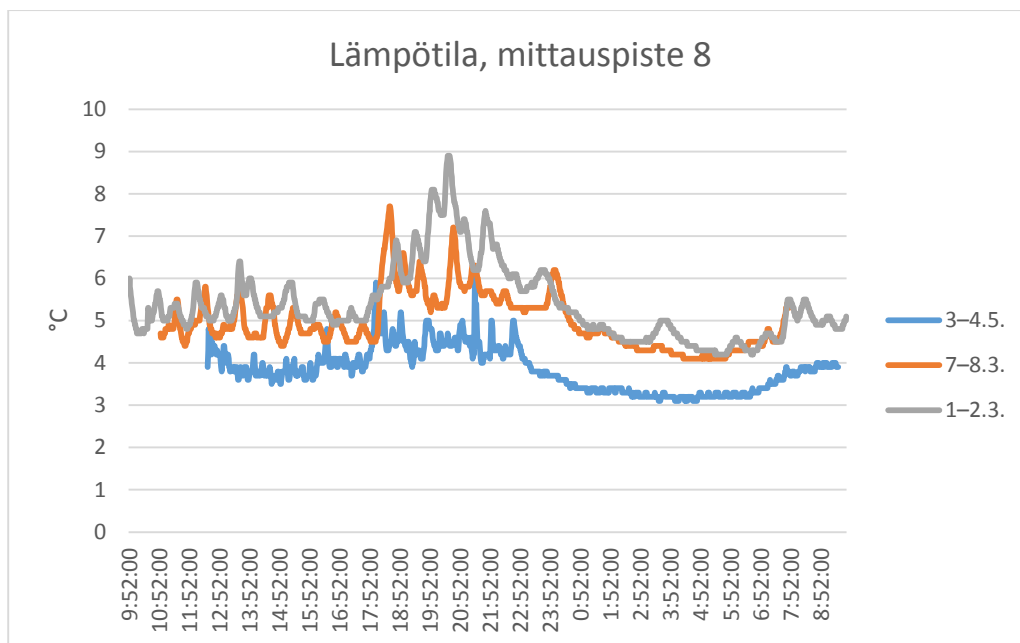
Kuvio 24. Mittauspisteen 7.1 lämpötilat

Mittauspiste 8

Mittauspiste 8 rajasi suurehkon viemärivereden keräysalueen. Sudenpolun pumppaamon käynnit näkyivät hetkittäin suurempina virtaamina. Talvella virtaamaksi mittauspisteellä mitattiin 1 l/s. Keväällä virtaamaksi mitattiin 3,2 - 3,6 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 190 - 225 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,57 l/s eli 49 m³/d. Sudenpolun pumppaamon osuus mittauspisteen virtaamasta oli talvella keskimäärin noin 0,35 l/s ja keväällä noin 1,7 l/s. Mittauspisteellä tehtiin yön yli kestävät mittaukset talvella ja keväällä, jotka ovat esitetty kuvioissa 25 ja 26.



Kuvio 25. Mittauspisteen 8 virtaamat



Kuvio 26. Mittauspisteen 8 lämpötilat

Mittauspiste 8.1

Mittauspiste 8.1 oli linjalla, joka rajasi pienehkön keräysalueen. Talvella virtaamaksi mittauspisteellä mitattiin 0,2 l/s. Keväällä virtaamaksi mitattiin 0,7 - 1,6 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 43 - 121 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,20 l/s eli 16,9 m³/d.

Mittauspiste 8.2

Mittauspiste 8.2 oli kohdassa, josta kulki kahden kadun ja Sudenpolun pumppaamon viemäriverdet. Talvella virtaamaksi mittauspisteellä mitattiin 0,5 l/s. Keväällä virtaamaksi mitattiin noin 2 l/s. Sudenpolun tihentynyt pumppaus haittasi kevään mittauksia tällä mittauspisteellä. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,33 l/s eli 28,7 m³/d.

Mittauspiste 8.3

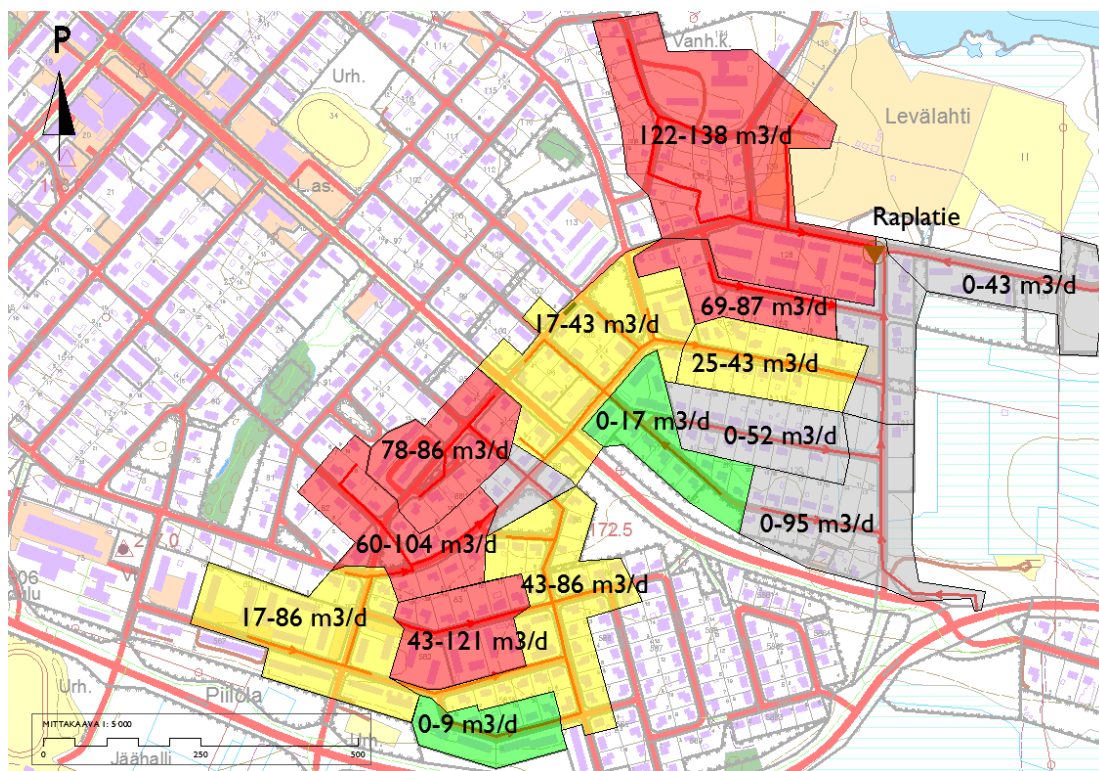
Mittauspiste 8.3 oli linjan viimeinen mittauspiste. Talvella virtaamaksi mittauspisteellä mitattiin 0,4 l/s. Keväällä virtaamaksi mitattiin 0,3 - 0,5 l/s. Lisääntynyt vuotovesimäärä mittauspisteellä oli noin 0 - 9 m³/d. Alueen vedenkulutus oli keskimäärin kokovuorokauden ajalta 0,05 l/s eli 4,6 m³/d. Alueen vuotovesimäärä ei juurikaan muutu keväällä.

6.2 Virtaamamittausten yhteenveto

Virtaamamittaukset onnistuivat parhaiten hyväkuntoisista ja riittävän suurista kaivoista. Parhaat mitaustulokset saatiin kaivoista joiden viemäreiden sisähalkaisijat olivat yli 200 mm ja vesijuoksujen syvyudet yli 5 cm. Virtauksen ollessa tasaista mittaukset pääsääntöisesti onnistuivat, mutta hitaassa

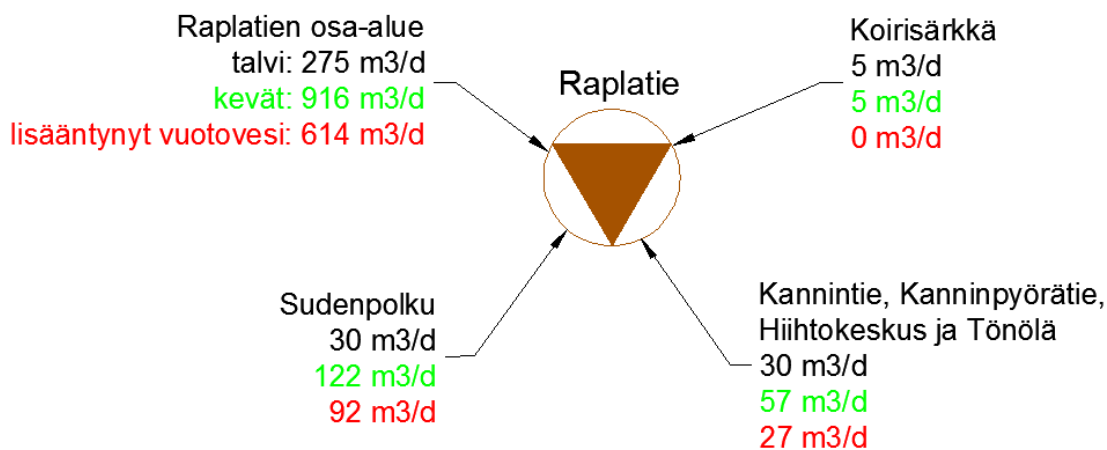
ja padottuneessa virtauksessa mittaustulosten tarkkuus vaihteli enemmän. Virtaamamittauksia haittasivat epätasaiset kaivon pohjat ja painuneet viemäriputket. Mittalaitteen anturiin kertynyt paperi haittasi osaa mittauksista kääntämällä anturin väärään asentoon tai peittämällä koko anturin.

Virtaamamittauksien perusteella laskettiin alueiden vuotavuus yksikössä m^3/d . Laskennassa käytettiin apuna edellä esitettyjä virtaamakuvaajia ja mittauspöytäkirjaa, joka on liitteessä 5. Mittauspisteet jakoivat aluetta pienemmiksi osa-alueiksi, joiden vuotavuus on esitetty kuvassa 29. Värit punainen, keltainen ja vihreä ovat vuotavuusjärjestyksessä, joista punainen on vuotavin, harmaalla kuvattulla alueella vuotavuus on epävarmaa.



Kuva 29. Vuotovesimäärät alueittain tutkimusaikana

Vertailun vuoksi kuvassa 30 on esitetty Raplatielle pumppaavien pumppaamoiden vesimääriä. Talven virtaamat ovat helmikuulta ja kevään virtaamat ovat huhtikuun lopusta vuodelta 2017. Talven ja kevään virtaamat ovat kokonaisvirtaamia ja punaisella esitetty lisääntynyt vuotovesi on saatu näiden erotuksena.



Kuva 30. Alueiden virtaamat talvella ja keväällä

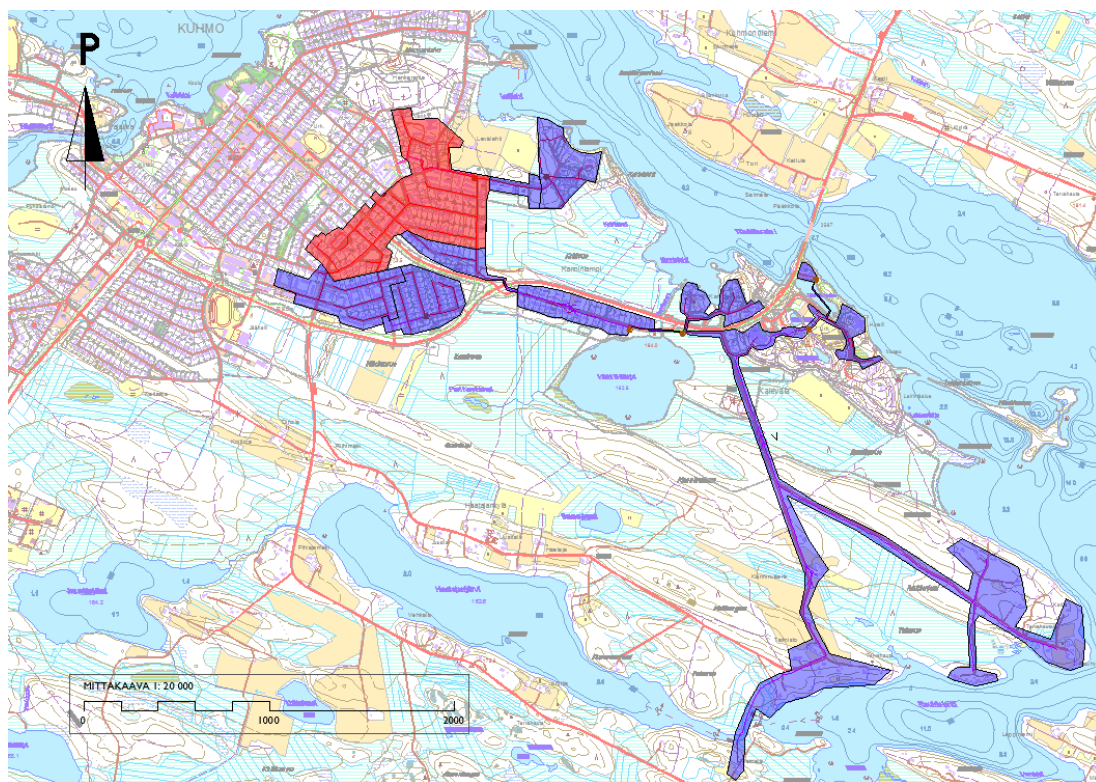
Virtaamamittauksissa vuotavimmat osa-alueet olivat pääosin alavilla paikoilla. Yhteistä vuotavilla alueilla olivat vanhat viemärit ja ohittamattomia sakokaivoja oli myös näillä alueilla. Viemärit olivat paikotellen melko syvällä. Virtaamamittauksissa huomattiin, että keväällä mitatut suuremmat virtaamat olivat lähes kaikki huomattavasti kylmempiä kuin talvella mitatut, mikä viittaa vahvasti vuotovesien pääsyyn viemäriin.

7 RAPLATIEN PUMPPAAMON TARKASTELU

Raplatien pumppaamo rakennettiin syksyn 1968 rakennusohjelmassa. Rakennusohjelmaan kuului myös noin 4 660 metriä vesijohto ja viemäriinjaa. Viemärit rakennettiin betoniputkista ja vesijohdot valurautaputkista. Pumppaamon paineviemäri rakennettiin PE-muovista. Rakennuttajana toimi Kuhmon kunta. (Kuhmon kunta, 1968.)

Pumppaamo rakennettiin paikalleen betonista valamalla. Alkuperäiset pumpput olivat teholtaan 3,7 kW ja paineviemäriin halkaisija oli 140 millimetriä. Paineviemäriä ja pumppaamon sisäistä putkistoa on osittain uusittu ja paineviemäriin linjausta on muutettu 1980-luvulla. Paineviemäriin halkaisija on oletettavasti pysynyt alkuperäisenä. Pumppaamoon on vaihdettu alkuperäisiä pumppuja tehokkaammiksi 5,9 kW:n pumpput, joiden avulla pumppauskapasiteettia on saatu suuremmaksi. Vuonna 2016 sähkökeskus uusittiin ja samalla käynnistys- ja pysäytysrajojen ohjaus vaihtui pintavipoilta paineanturille. Vuoden 2017 maaliskuussa pumppaamon sisäinen putkisto uusittiin alkuperäisten putkien osalta ja samalla pumppaamon varusteita vaihdettiin uusiin.

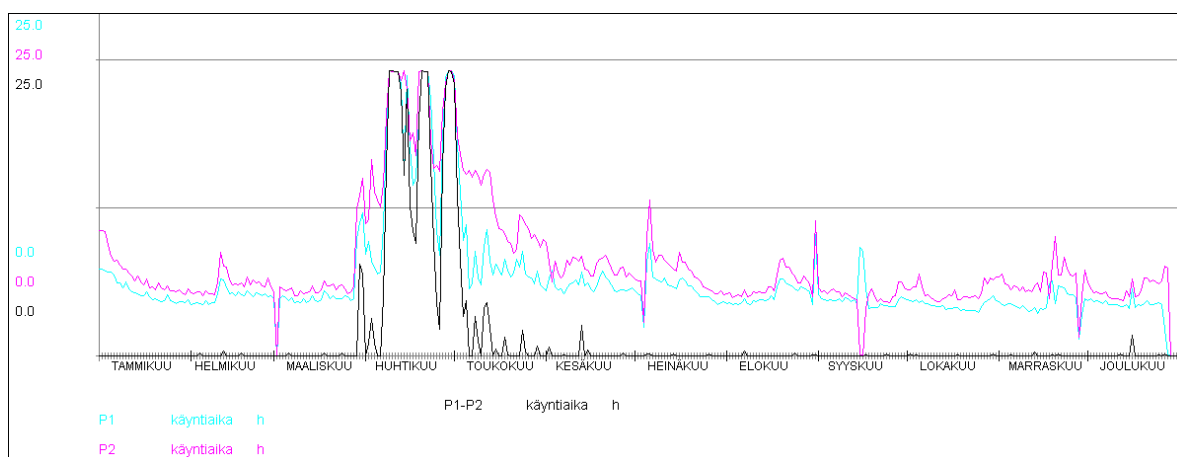
Pumppaamon jätevesien keräysalue on laajentunut alkuperäisestä alueesta voimakkaimmin 1970 ja 1980-luvuilla uusien viemäriverkostojen rakentamisen myötä. Verkostojen laajentuminen on lisännyt jätevesien määrää Raplatien pumppaamolla. Raplatien pumppaamat jätevedet muodostavat noin neljäsosan jätevedenpuhdistamon kokonaisjätevesimäärästä. Kuvassa 31 on Raplatien alkuperäinen jätevesien keräysalue ja koko Raplatien nykyinen keräysalue.



Kuva 31. Raplatien alkuperäinen jätevesien keräysalue on merkitty punaisella ja jälkepäin rakennettu sinisellä.

7.1 Nykyinen toiminta ja ongelmat

Pumppaamon imualtaan tilavuus on ollut riittävä ja pumppujen käynnistykerrat tunnissa ovat olleet sallituissa rajoissa, mutta pumppauskapasiteetti on käynyt pieneksi keväisin ja pitkien sadejaksojen aikaan. Huhti-toukokuu on ollut joka vuosi viemäriverivirtaamien suhteen haastavin. Virtaama on kasvanut vuotovesien takia pumppujen tuottoja suuremmaksi mikä on johtanut pumppaamon tulvimitseen ja ylivuotoon. Kuvassa 32 on pumppaamon käyntiajat kuvattu päivän tarkkuudella vuoden ajalta. Kahden pumpun käyntiajat on piirretty mustalla ja näiden kohdalla on voinut tapahtua ylivuotoa.

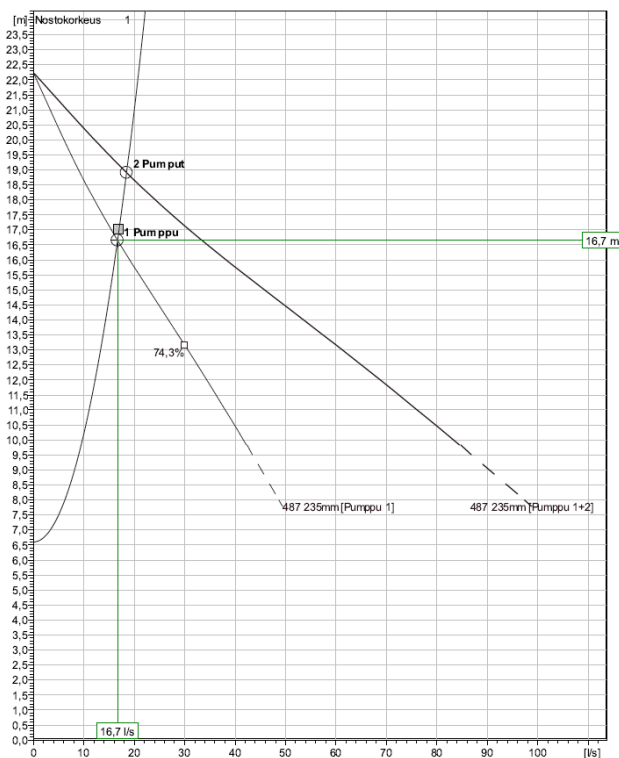


Kuva 32. Raplatien pumppaamon vuosiraportti käyntiajoista vuodelta 2016

Pumppujen tuottoa lähdettiin mittaamaan astiamittauksella helmikuussa 2017. Pumpuille tehtyjä tuottolaskelmia ei oltu todennettu aiemmin mittaamalla. Astiamittauksen tuloksena huomattiin, että pumppujen tuotot jäävät reilusti alle tuottolaskelman. Osasyiksi tähän selvisi toisen pumpun huono asettuminen kytkinistukkaan. Pumppaamolle tehdyssä saneerauksessa maaliskuussa 2017 muun muassa ohjausputket ja kytkinistukat uusittiin. Saneerauksen jälkeen astiamittaukset tehtiin uudelleen. Tuotot paranivat helmikuun mittauksista, mutta aivan tuottolaskelmien tuottoihin ei päästy. Pumppaamon sähkönkulutus putosi saneerauksen jälkeen noin 20 % lyhentyneiden pumppausaikojen seurauksena ja kahden pumpun yhteinen tuotto nousi myös noin 20 % helmikuun mittauksesta.

Kun pumput ja pumppaamon sisäinen putkisto on kunnossa, on seuraavaksi tarkasteltava paineviemäriä, kun tutkitaan tuottolaskelman ja mitatun tuoton eroa. Paineviemäriin vaikuttaa putkivastuskäyrän jyrkkyyteen ja kokonaisnostokorkeuteen eniten Raplatien pumppaamolla. Kuvasta 32 voidaan todeta Raplatien putkivastuskäyrän olevan jyrkkä pumppujen toimintapisteiden kohdalla, kahden pumpun yhtäaikainen käyttö lisää tuottoa vain noin 10 %.

NP 3127 HT 3~ 487
Duty Analysis



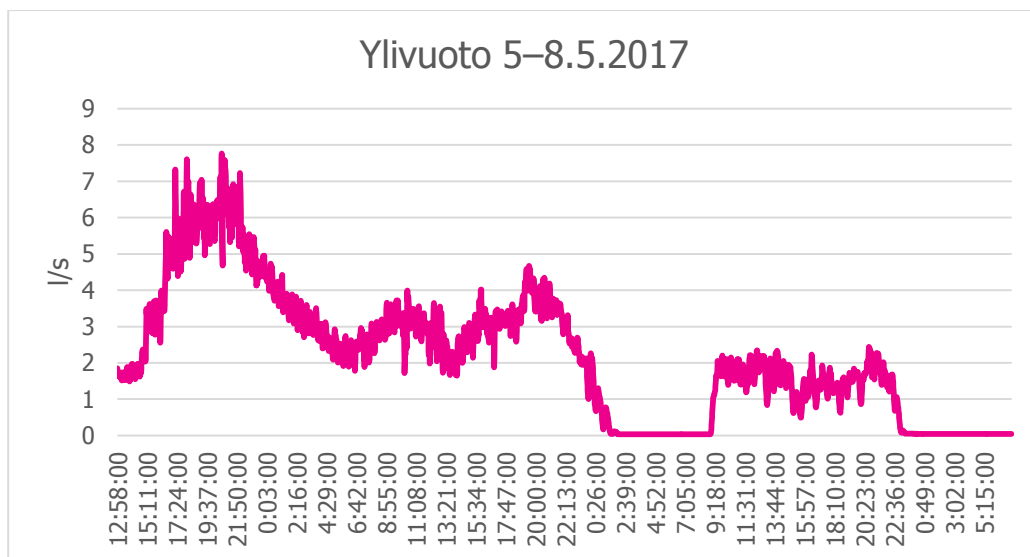
Kuva 33. Raplatien pumppaamon tuottolaskelma (Xylem, 2017.)

Suurin ongelma Raplatien pumppaamolla on hulevuotoveden huippuvirtaamat. Huippuvirtaamat voivat olla moninkertaiset normaaliin viemäriverivirtaamaan verrattuna. Tuottolaskelman ja astiamittauksella lasketun tuoton erotuksen selittää todennäköisesti liian pieneksi laskettu kokonaisnostokorkeus. Kokonaisnostokorkeutta lisääviä tekijöitä ovat esimerkiksi polveileva paineviemäri ja siinä oleva ilma tai ylimääräiset paikallisvastukset, joita ei ole tiedetty ottaa huomioon laskennassa. Nykyinen paineviemäri rajoittaa pumppaamon tuoton nostamista pumppujen kokoa kasvattamalla järkevästi jyrkän putkivastuskäyrän takia. Paineviemärin koko ja mitoitettu virtausnopeus määräävät maksimivirtaaman paineviemäriässä. Jos virtausnopeutta lisätään, paineiskut suurenevat ja pumppujen energiankulutus lisääntyy.

Ylivuodon suuruus

Ylivuodon määrää ei oltu arvioitu aiemmin. Ylivuodon määrä täytyy arvioida, että voidaan laskea pumppaamolle tuleva kokonaisvirtaama huippuvirtaamalla. Kokonaisvirtaaman perusteella voidaan suunnitella korjaavia toimenpiteitä.

Kokonaisvirtaama laskettiin mittaamalla ylivuotoa ylivuotoputken suulta ja lisäämällä tähän pumppaamon pumppaamat vesimäärät. Pumppaamon kahden pumpun yhtäaikaiseksi tuotoksi määritettiin saneerauksen jälkeen 14,5 l/s astiamittauksella. Ylivuotoa mitattiin 5–8.5.2017 välisenä aikana, jolloin virtaamat olivat suurimmillaan. Ylivuotoa oli enimmillään noin 7,5 l/s. Ylivuodon mittaus on esitetty kuviossa 27.



Kuvio 27. Mitattu ylivuoto 5–8.5.2017

Kevään tulovirtaaman huipuksi määritettiin noin 22 l/s. Keväät ovat erilaisia ja huippuvirtaama voi olla toisena keväänä mitattua suurempikin, mikä täytyy huomioida suunnittelussa.

7.2 Ratkaisut

7.2.1 Verkoston saneeraus tiiviimmäksi

Alkuperäistä betoniviemäriverkostoa on saneerattu vuosien varrella, mikä on varmasti vähentänyt varsinaisten vuotovesien pääsyä viemäriverkoston. Jäljellä olevien betoniviemäreiden (1,6 km) kunto tulisi selvittää, koska vuonna 2004 tehdyissä TV-kuvauksissa osa viemäreistä on todettu todella syöpyneiksi. Betoniviemäreiden saneerauksella saataisiin vuotovesien määrää pienennettyä vuositasolla, mutta sulamisajan huippuvirtaamien pienentämiseen tarvitaan muitakin toimenpiteitä.

Alueen uudempien kiinteistöjen viemärit ovat liitetty rakentaessa suoraan jätevesiviemäriin. Vanhemmat kiinteistöt, joille on rakennettu sakokaivot ovat liitetty kunnalliseen viemäriin sakokaivojen kautta. Sakokaivojen ohituksia on tehty, mutta edelleen ohittamattomia sakokaivoja on runsaasti. Ohittamattomat sakokaivot vuotavat kylmiä ja puhtaita maaperän vesiä viemäriin ja lisäävät vuotovesimäärää. Sakokaivojen ohituksilla vuotovesimäärää saataisiin pienennettyä. Alueen tasainen vuotovesimäärä voi hyvinkin johtua ohittamattomista sakokaivoista.

Pumppaamon tulvimisen estämiseksi verkoston saneeraus tiiviimmäksi voi olla toimiva vaihtoehto, jos verkoston vuotavimmat alueet saadaan rajattua mahdollisimman pieniksi. Jos vuotovedet muodostuvat pienistä lähteistä ympäri viemäriverkostoa, ei saneeraamalla voida vaikuttaa lyhyellä aikavälillä kevään huippuvirtaamiin.

Virtaamamittauksien yhteydessä ei havaittu suuria runkoviemäreistä ja tarkastuskaivoista johtuvia vuotovesimäärien kasvuja. Mittauksien perusteella voidaan olettaa, että kiinteistöjen viemäreistä tu-

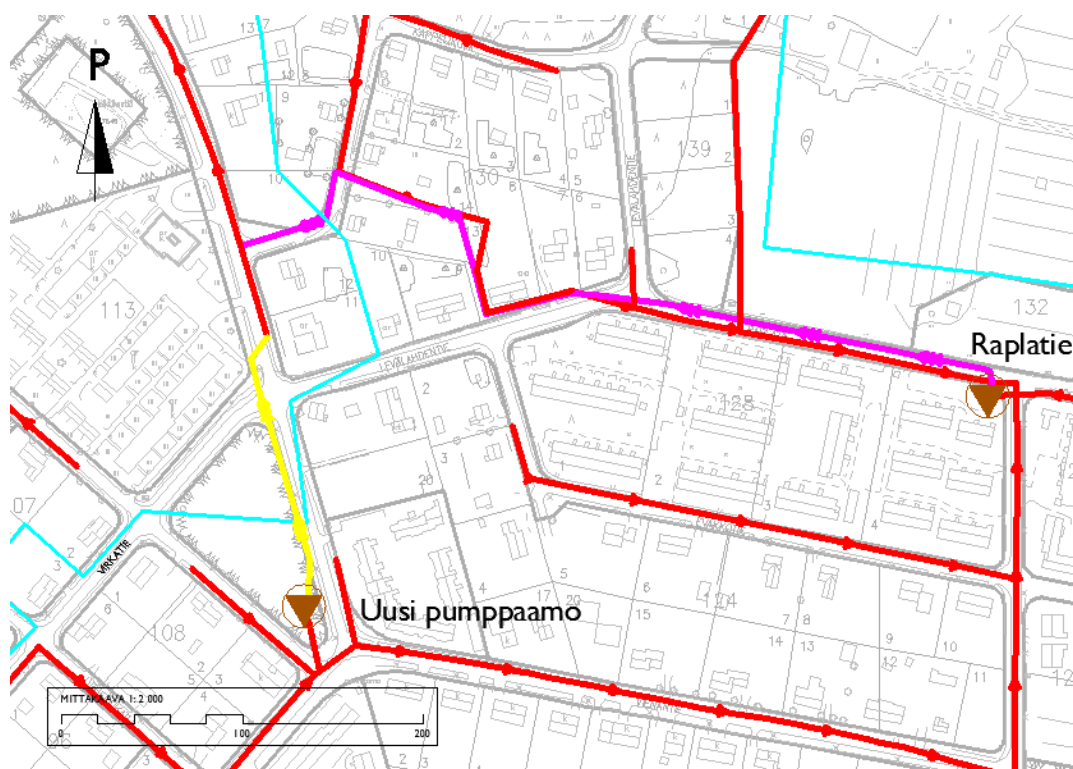
lee merkittävä osa alueen vuotovesistä. Vesilaitoksen yleisissä toimitusehdoissa on määräyksiä viemäriin johdettavista vesistä, esimerkiksi hule- ja kuivatusvesien johtaminen jätevesiviemäriin on kielletty. Virtaamamittauksien perusteella voidaan vuotaville alueille tehdä jatkotutkimuksia esimerkiksi tv-kuvauksia ja savukokeita vuotojen syiden selvittämiseksi.

7.2.2 Toisen pumppaamon rakentaminen

Uuden pumppaamon rakentaminen nykyiseen verkostoon on varteen otettava vaihtoehto. Raplatien pumppaamo jatkaisi toimintaansa edelleen, mutta Raplatien tulovirtaamaa pienentäisi toinen pumppaamo, joka rajaisi Raplatien pumppaamopiirin nykyistä pienemmäksi. Toisen pumppaamon mahdollisen paikan määrittämisessä tulee huomioida muun muassa seuraavat asiat:

- nykyisen viemäriverkoston sijainti
- korkeuserot ja maasto
- alueen muu käyttö
- pumppaamon huollettavuus
- hajuhaitat.

Tärkein tekijä pumppaamon paikan valinnan kannalta on kuitenkin viemärivereden virtaamat. Pumppaamo tulisi rakentaa sellaiseen kohtaan verkostoa, että Raplatien pumppaamolle tulevat huippuvirtaamat pienenisivät niin, että pumppaamon kapasiteetti riittäisi jokaisena vuoden aikana. Uuden pumppaamon ehdotettu sijainti on valittu viemäriverkon sijainnin ja virtausmittausten perusteella. Kuvassa 34 on toisen pumppaamon mahdollinen sijainti. Kuvan kohdassa virtaa noin puolet Raplatien tulovirtaamasta.



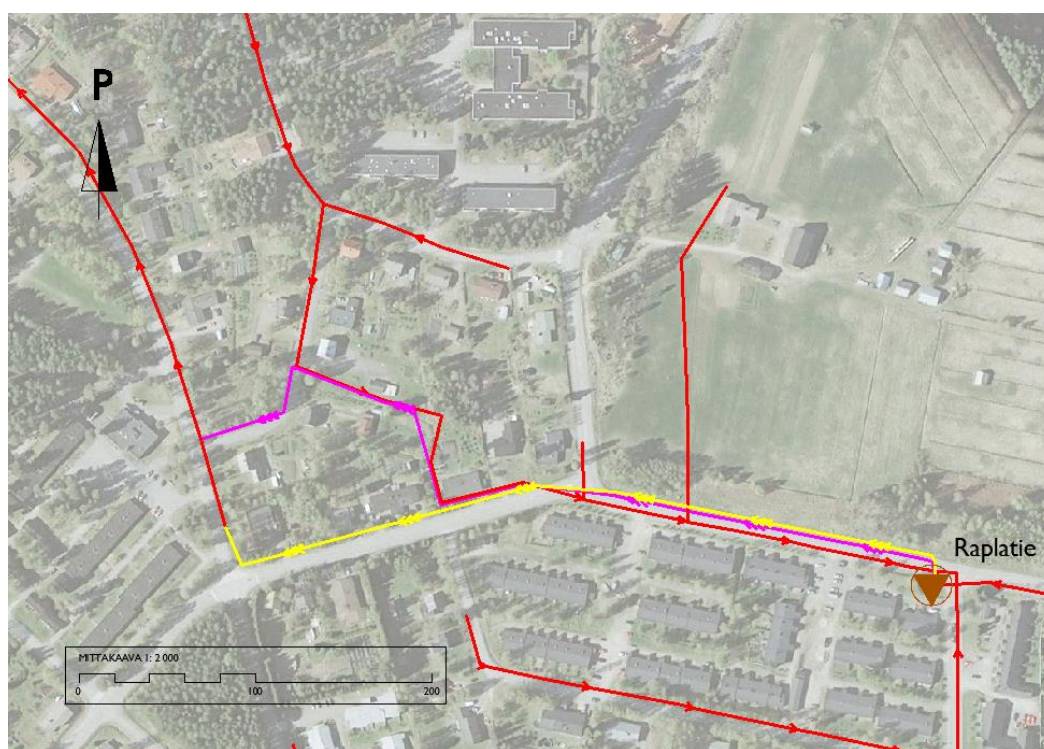
Kuva 34. Toisen pumppaamon mahdollinen sijainti

Toisen pumppaamon rakentaminen ei vähennä vuotovesien määrää, vaan jakaa ne kahdelle pumppaamolle. Pumppaamon rakennuttaminen on varma ratkaisu, muttei välttämättä halvin vaihtoehdoista.

7.2.3 Uuden paineviemärin rakentaminen

Pumppaamon pumppauskapasiteettia saadaan nostettua suurentamalla paineviemärin halkaisijaa. Paineviemärin halkaisijan suurentaminen edellyttäisi uuden paineviemärin rakentamista. Vanhan paineviemärin putkistohäviöt ovat lähes kaksi kertaa suuremmat kuin geodeettinen nostokorkeus. Suuremman paineviemärin loivemman putkivastuskäyrän ja pienemmän kokonaisnostokorkeuden avulla pumppaamon tuotto voisi nousta halutulle tasolle ilman pumppukoon kasvattamista. Nykyiset pumput voisivat toimia myös uudella suuremmalla paineviemärillä.

Jos uuden paineviemärin rakentamiseen päädytään, tulee harkita paineviemärin linjauksen muuttamista vanhasta. Vanha paineviemäri poikkeaa katualueelta, minkä uudessa linjauksessa voisi muuttaa katualueelle koko matkalta. Linjausta muuttamalla olisi mahdollista lyhentää paineviemärin pituutta noin 500 metristä noin 450 metriin, mikä osaltaan vähentäisi putkistohäviöitä ja siten kokonaisnostokorkeutta. Kuvassa 35 on Raplatien pumppaamon viemäriverkostoa, nykyinen paineviemäri on kuvattu violetilla viivalla ja uuden paineviemärin ehdotettu sijainti keltaisella viivalla.



Kuva 35. Raplatien paineviemäri

Paineviemärin halkaisijan määrittää virtausnopeus mitoitusvirtaaman pumppauksessa. Virtausnopeus saadaan jakamalla mitoitusvirtaama putken poikkileikkusalalla. Putkikokoa valitessa on määritet-

tävä virtausnopeus (1,0 - 1,3 m/s) ja mitoitusvirtaama johon on huomioitu tulovirtaaman huippuvirtaamat. Taulukossa 20 on mitoitusvirtaamia eri putken halkaisijoilla ja virtausnopeuksilla. Mitoitusvirtaamat ovat esitetty sinisellä alueella yksikössä l/s.

Taulukko 20. Mitoitusvirtaamat (l/s) eri putken halkaisijoilla ja virtausnopeuksilla

d _{ulko} [mm]	d _{sisä} [m]	Virtausnopeus [m/s]			
		1	1,1	1,2	1,3
140	0,123	12,0	13,2	14,4	15,5
160	0,141	15,6	17,2	18,7	20,3
180	0,159	19,8	21,7	23,7	25,7
200	0,176	24,4	26,8	29,3	31,7
225	0,198	30,9	33,9	37,0	40,1
250	0,220	38,2	42,0	45,8	49,6
280	0,247	47,8	52,6	57,4	62,2
315	0,278	60,5	66,6	72,6	78,7

Mitoitusvirtaaman ja sopivan putkikoon löydyttyä täytyy valita oikeanlaiset pumpput. Pumppujen valinta kannattaa ulkoistaa pumpputoimittajalle. Nykyisten pumppujen käyttö on mahdollista, jos niiden toimintapiste valitulla putkella on lähellä mitoitusvirtaamaa.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli selvittää viemäriverkoston vuotavimpia alueita ja keinoja ylivuotojen hallintaan. Jätevesiviemäriin ylivuoto vesistöön on pyrittävä estämään, koska ylivuoto voi heikentää paikallisesti vesistön hygieenistä laatua sekä lisätä ravinnekuormaa. Tutkimuksen ja käyntiaikatietojen perusteella Raplatien pumppaamolle tulee paljon vuotovesiä erityisesti keväisin. Virtaaman keväisen kasvun perusteella voidaan päätellä, että vuotovesissä on hulevuotovesien lisäksi paljon maa- ja pohjavesiä, koska tulovirtaama pysyy lumien lähdon jälkeen ja sateettominakin aikoina vielä kauan aikaa normaalia tulovirtaama korkeammalla.

Raplatien paineviemäri on 1960-luvulla mitoitettua alkuperäistä kokoa. Nykyisellä tulovirtaamalla paineviemäri on rajoittava tekijä, pumpuissa riittäisi kapasiteettiä suuremmillekin virtaamille. Paineviemäriin rakentaminen uudesta nykyiselle virtaamalle mitoitetusta putkikoosta olisi varmaan kaikista toimivien ratkaisu. Vuotoalueen laajuuden takia vuotovesien vähentäminen nopeasti ei ole todennäköisesti toteutettavissa. Toisen pumppaamon rakentaminen olisi myös mahdollista, mutta tuleeko sen kulut kaikkineen paineviemäriin saneerausta suuremmiksi on laskettava tarkemmin. Paineviemäriin saneerauksen puolella on myös se, ettei huolto- ja kulukohteiden lukumäärä lisäännä.

Pumppaamojen virtaamien ja virtaamamittausten perusteella Raplatien viettoviemäroidyltä alueelta tulee pääosa pumppaamolle päätyvistä vuotovesistä. On kuitenkin huomioitava, että alue on reilusti suurin vertailtavista, niin pinta-alalta, kuin kiinteistöjen lukumäärältä. Viemärisaneerauksilla on jatkettu viemäriin käyttöikä ja samalla vähennetty vuotovesien pääsyä viemäriin. Alueella on vielä vanhaa ja todennäköisesti huonokuntoista betoniviemäriä, jonka saneeraaminen alkaa olla ajankohtaista tulevana vuosina teknisen toimivuuden ja vuotavuuden kannalta. Vuotovesiä pääsee jätevesiviemäriin runkoviemäriin ja runkoviemäriin tarkastuskaivojen lisäksi myös kiinteistöjen viemäreistä, joilla voi olla merkittävä osuus vuotovesien kokonaismäärästä. Kiinteistöjen viemäreiden tutkiminen ja korjaaminen voisi alueittain vähentää tehokkaasti jätevesiviemäriin päätyviä vuotovesiä.

Työssä havaittuja mahdollisia vuotoveden lähteitä olivat runkoviemäriin osalta ojan pohjalle ja vettä kerääville paikoille sijoitetut tarkastuskaivot, joista vesi pääsi sisään joko saumasta tai kannen kautta. Tarkastuskaivojen liitosvuotoja oli varsinkin betonikaivoissa, joista osa oli todella huonokuntoisia. Osasta tarkastuskaivoon liitetyistä kiinteistöjen viemäreistä havaittiin jatkuvaa tasaista virtaamaa, jonka arveltiin tarkemmin tutkimatta olevan vuotovettä. Pumppaamoiden osalta ylivuotoputkien korkeus ja sijainti oli osassa pumppaamoita lähellä ojan veden pinnan korkeutta. Tulvapaikoilla ylivuotoputkiin tulisi asentaa takaiskuventtiilit, ettei pumppaamolle pääse vuotovesiä ylivuotoputken kautta. Vuotovesien lähteiden tarkentamiseksi vuotavimmilla alueilla voisi jatkossa käyttää viemäreiden kuntotutkimuksista esimerkiksi viemäreiden TV-kuvausta ja savukoetta.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

FORSS, Annukka (toim.). 2005. Vesihuollon verkostojen ylläpidon perusteet. Helsinki. Vesi- ja Viemäriulaitosyhdistys.

GRUNDFOS. 2014. Pumpaamosuunnittelun perusteet. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 2017-3-22] Saatavissa: <http://docplayer.fi/25276398-Grundfos-pumppuakatemia-pumppaamosuunnittelun-perusteet.html>

GRUNDFOS. 2004. The Sewage Pumping Handbook. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 2017-3-22] Saatavissa: <http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/assets/downloads/sewage-handbook.pdf>

KUHMON KAUPUNKI. 2016. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 2017-1-31] Saatavissa: www.kuhmo.fi

KUHMON KUNTA. 1968. Vesihuoltosuunnitelman syksyn 1968 rakennusohjelma.

LABKOTEC. 2008. PCM-4 kannettava virtausmittauslaite, tuote-esite. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 2017-1-27] Saatavissa: http://www.labkotec.fi/sites/default/files/tiedostot/PCM4_es_SU_15_8_08.pdf

LABKOTEC. 2016. Valintaopas 4. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 2017-1-27] Saatavissa: http://www.labkotec.fi/sites/default/files/tiedostot/labkotec_valintaopas-4_fin_v15.pdf

LAKI MAANKÄYTTÖ- JA RAKENNUSLAIN MUUTTAMISESTA 682/2014. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu: 2017-1-26] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140682>

LAKI VESIHUOLTOLAIN MUUTTAMISESTA 681/2014. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu: 2017-1-25] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140681>

MML. Paikkatietoikkuna. [Verkkajulkaisu] Maanmittauslaitos. [Viitattu: 2017-1-31] www.paikkatietoikkuna.fi

MÄKITALO, Jukka. 2013. Pumppaamoiden energiatehokkuuden parantaminen. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Energiatekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

NIVUS GMBH. 2007. Instruction Manual for portable Flow Measurement System PCM 4 incl. accompanying Sensors. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 2017-1-27] Saatavissa: https://www.nivus.com/fileadmin/user_upload/Produkte/Durchflussmessung/Verschmutzte-Medien/PCM-4/P4-BA-01-EN.pdf

PULLI, Martti. 2016. Virtaustekniikka. Tampere. Tammertekniikka.

TERVEYDENSUOJELULAKI 763/1994. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu: 2017-1-25] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763>

UUSITALO, Janne. 2017. Jätevesiviemäriverkoston vuotovesitutkimukset kanta-Oulussa – savukokeiden käytännön toteutus. Oulun yliopisto, Ympäristötekniikan koulutusohjelma, Kandidaatintyö.

VALTIONEUVOSTON ASETUS YHDYSKUNTAJÄTEVESISTÄ 888/2006. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu: 2017-1-26.] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060888>

VEETI. 2016. Vesihuollon tietojärjestelmä. Suomen ympäristökeskus SYKE. [Verkojulkaisu]. [Viitattu: 2017-1-31] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Tietojarjestelmat

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

VESIHUOLTO 2: RIL 124-2-2004. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

VESIHUOLTOLAKI 119/2001. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu: 2017-1-25] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

VESIHUOLTOVERKKOJEN SUUNNITTELU RIL 237-1-2010. Perusteet ja toiminnallisuus. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

VESIHUOLTOVERKKOJEN SUUNNITTELU RIL 237-2-2010. Mitoitus ja suunnittelu. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.



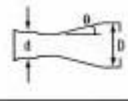



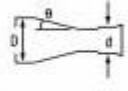





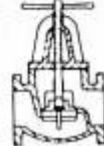





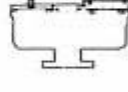
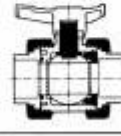
VESILAKI 587/2011. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu: 2017-1-25] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

XYLEM. 2010. Flugt N-pump series. [Verkojulkaisu]. [Viitattu: 8. 3 2017] Saatavissa: <http://www.xylemwatersolutions.com/scs/uk/en-gb/xylemrental/pumprental/Documents/Flygt%20N-Pumps.pdf>

XYLEM. 2017. Xylect. [Verkojulkaisu]. [Viitattu: 2017-3-29] Saatavissa: <http://www.xylect.com>

YMPÄRISTÖNSUOJELULAKI 527/2014. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu: 2017-1-25] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>

LIITE 2: PAIKALLISVASTUSKERTOIMIA

Fitting Type		K	Fitting Type		K		
Pipe Entry Losses							
Square Inlet		0.50	Gradual Enlargements				
Re-entrant Inlet		0.80	Ratio d/D $q = 10^\circ$ typical		0.02		
Slightly Rounded Inlet		0.25	0.9		0.13		
Bellmouth Inlet		0.05	0.7		0.29		
Pipe Intermediate Losses							
Elbows R/D < 0.6		45°	Gradual Contractions				
		90°				Ratio d/D $q = 10^\circ$ typical	
Long Radius Bends (R/D > 2)		11 1/4°	0.9		0.08		
		22 1/2°	0.7		0.12		
		45°	0.5		0.14		
		90°	0.3				
Valves							
(a) Flow in line			0.35	Gate Valve (fully open)			0.20
(b) Line to branch flow			1.00	Reflux Valve			2.50
Sudden Enlargements							
Ratio	d/D			Globe Valve			10.00
	0.9	0.04					
	0.8	0.13					
	0.7	0.26					
	0.6	0.41					
	0.5	0.56					
	0.4	0.71					
	0.3	0.83					
	0.2	0.92					
	<0.2	1.00					
Sudden Contractions							
Ratio	d/D			Butterfly Valve (fully open)		0.20	
	0.9	0.10					
	0.8	0.18					
	0.7	0.26					
	0.6	0.32					
	0.5	0.38					
	0.4	0.42					
	0.3	0.46					
	0.2	0.48					
	<0.2	0.50					
Pipe Exit Losses							
Square Outlet			1.00	Foot Valve with strainer			15.00
Rounded Outlet			1.00	Air Valves			zero
				Ball Valve			0.10

LIITE 3: KUHMON KESKUSTAN RAKENNUSKAAVA-ALUEET

Tämä kartta on yhtäpitävä kaupunginvaltuusto 02.10.1985 § 1/1 kanssa

KUHMO

RAKENNUSKAAVAN
MUUTOS

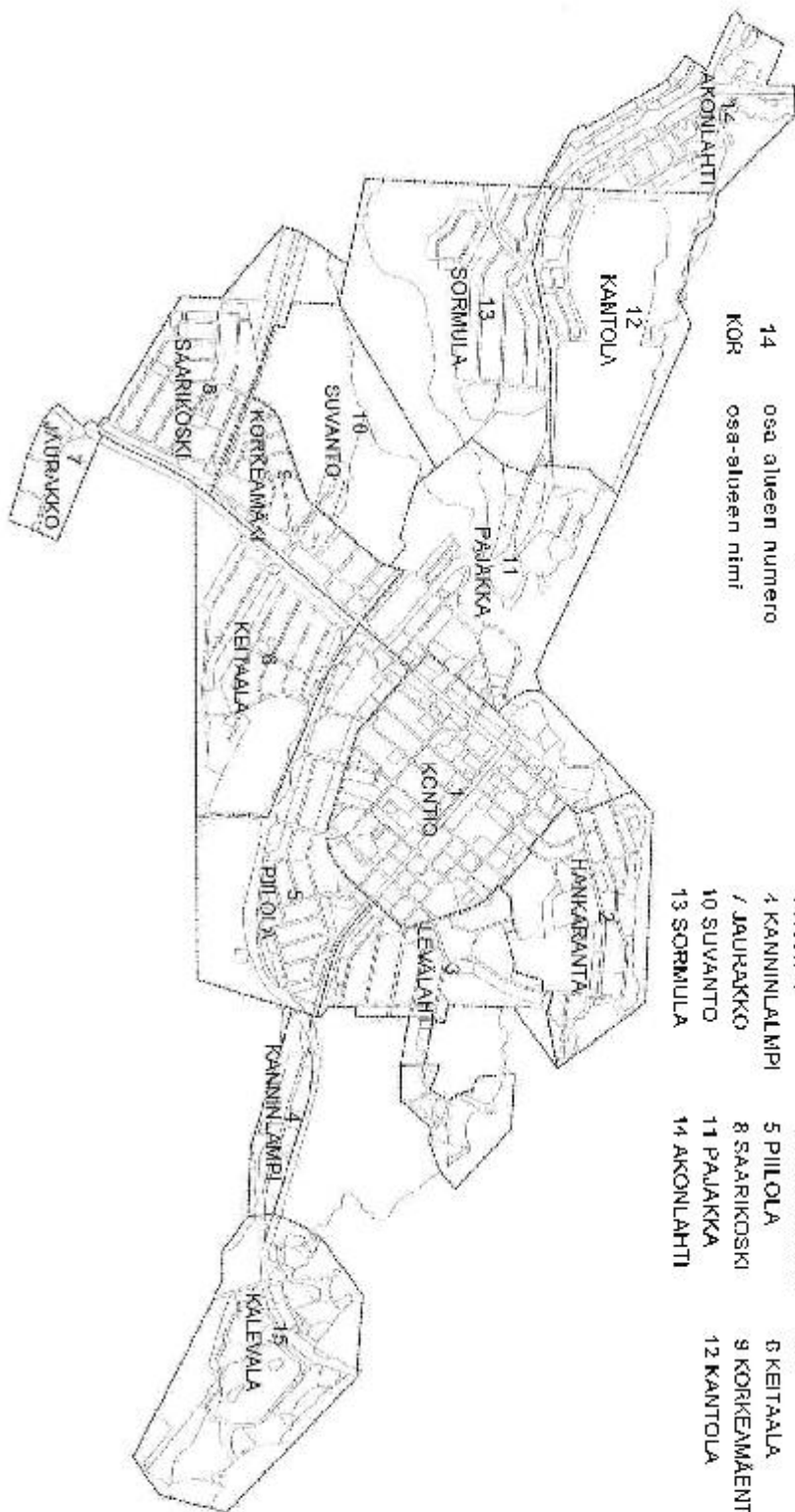
RAKENNUSKAAVAMERKINNÄT:

..... 3 m sen kaava-alueen ulkopuolella
oleva viiva, jota vahvistaminen koskee.
——— osa-alueen raja.

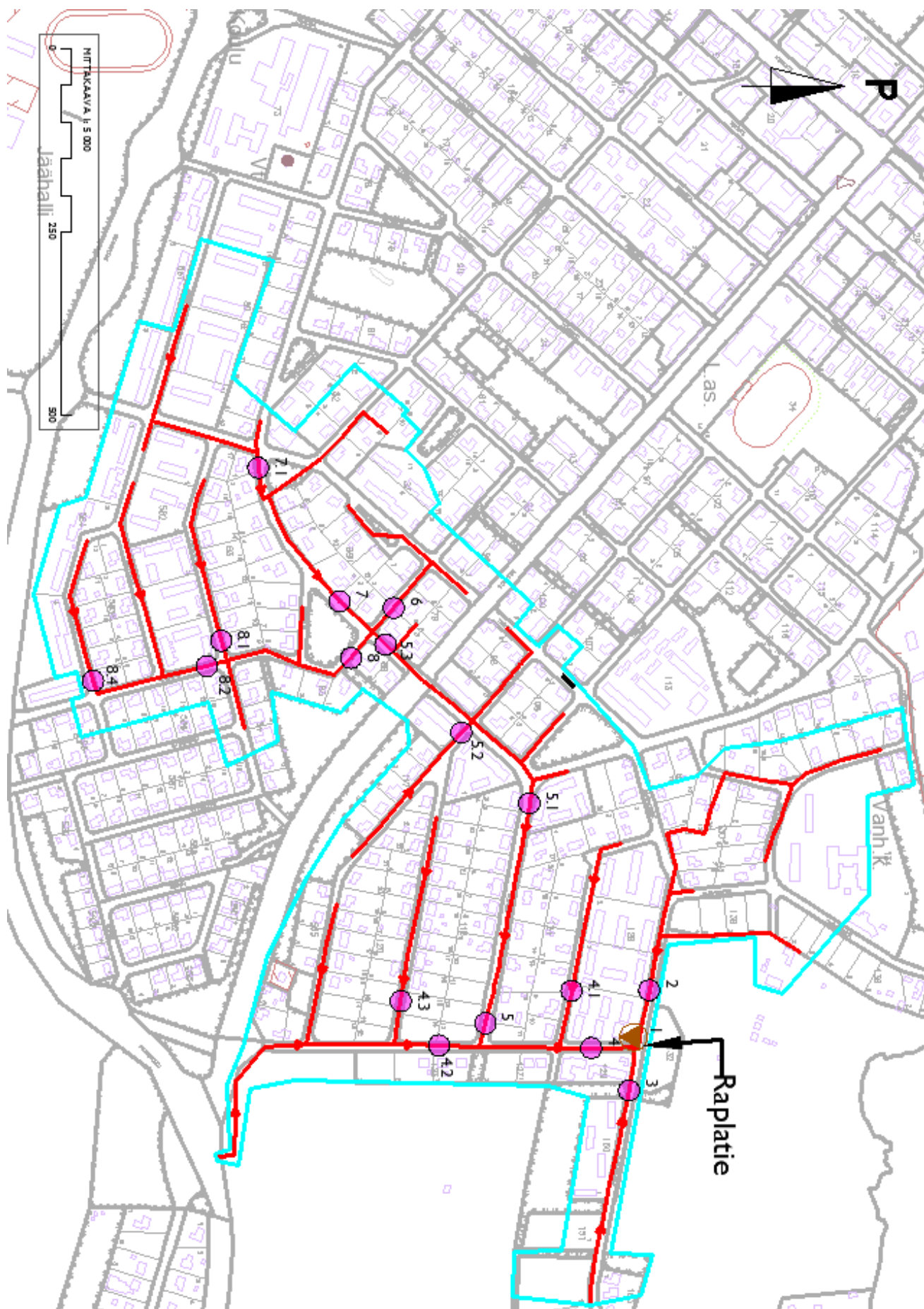
14 osa-alueen numero
KOR osa-alueen nimi

RAKENNUSKAAVAN MUUTOS KOSKEE KUHMON KESKUS
TAAJAMAN KIRKONSEUDUN RAKENNUSKAAVAN JÄLLE.

1 KONTIO	2 HANKARANTA	3 LEVÄLAHTI
4 KANNINLAMPI	5 PIILOLA	6 KEITÄLÄ
7 JAURAKKO	8 SAARIKOSKI	9 KORKEAMÄENTIE
10 SUVANTO	11 PALAJKA	12 KANTOLA
13 SORMULA	14 AKONLAHTI	



LIITE 4: MITTAUSPISTEET

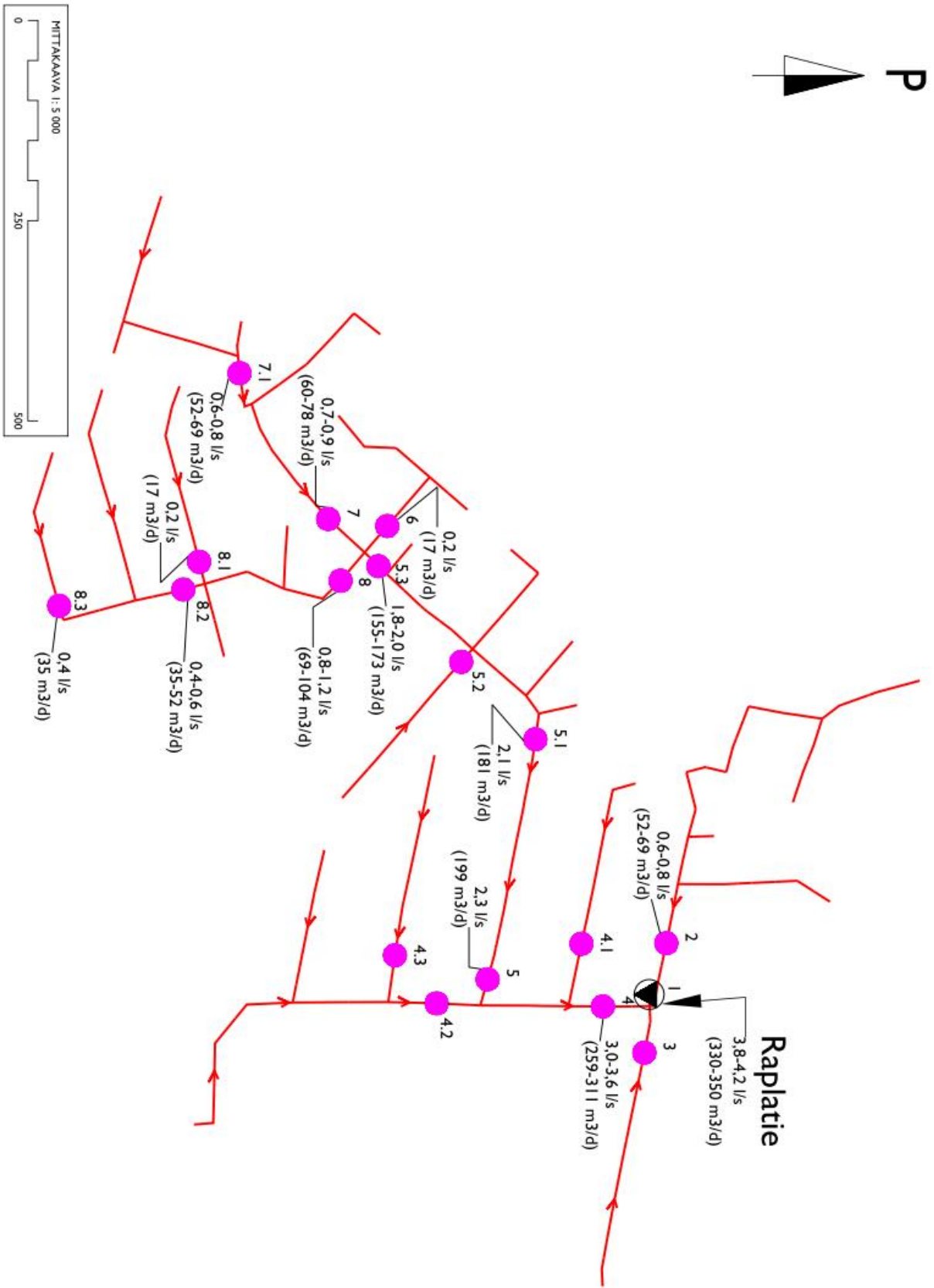


LIITE 5: MITTAUSPÖYTÄKIRJA

MITTAUSPISTE	VUODENAIKA	PVM	KAIVON VESIJUOKSU [cm]	LÄMPÖTILA [°C]	Q [l/s]	Qmuutos [m ³ /d]	MUUTA	PUTKEN SISÄHALKAISIJA [mm]	MATERIAALI
1	talvi	8.2., 9.2.			4		Raplatien pumppaamon tulovirtaama (MiSO)		
	kevät	11.4.			14	864			
	kevät	24.4.			10	518,4			
	kevät	2.5.			15	950,4			
	kevät	4.5.			15,5	993,6			
2	talvi	8.2., 16.2.	3	6,8	0,7			225	betoni
	kevät	11.4.	5	6	2,7	172,8			
	kevät	24.4.	4,5	5,7	2,3	138,24			
	kevät	2.5.	5	6,5	3	198,72			
	kevät	4.5.							
3	talvi	9.2.					padottunut, kaivo täynnä vähän vettä, ei voinut mitata	188	muovi
	kevät	11.4.	2	6,4	0,5				
	kevät	24.4.	1,5	3,5	0,2				
	kevät	4.5.							
	kevät	4.5.							
4	talvi	8.2., 9.2.	10	5,3	3,2			300	betoni
	kevät	11.4.	12	4	10,5	630,72			
	kevät	24.4.	10	4,2	7,5	371,52			
	kevät	2.5.	12,5	5	11,5	717,12			
	kevät	4.5.							
4.1	talvi	9.2.	5,5	2,5			seisova virtaus	225	betoni
	kevät	11.4.	10	2,4	1				
	kevät	24.4.	9,5	2,3	1,1				
	kevät	2.5.	10	2,5	1,2				
	kevät	4.5.	10	2,4	1,2				
4.2	talvi	8.2.	2	2,9			kaivossa huono pohja Kannintie pumppaa?	188	muovi
	kevät	11.4.	2,5	2,4	1,2	43,2			
	kevät	24.4.	5	2,5	2,3	138,24			
	kevät	4.5.	4	2,7	2	112,32			
4.3	talvi	8.2.					vähän vettä, ei voinut mitata	188	muovi
	kevät	11.4.	5	2,6					
	kevät	24.4.	5	2,7	0,7				
	kevät	4.5.	5	3,4					
5	talvi	8.2., 9.2.	3	5,8	2,3			188	muovi
	kevät	11.4.		4,3	7,3	432			
	kevät	24.4.		4,7	5,6	285,12			
	kevät	2.5.	11	4,3	7,7	466,56			
	kevät	4.5.	11	4,1	8	492,48			
5.1	talvi	13.2.		6,1	2,1			188	muovi
	kevät	11.4.	11	4,2	6,7	397,44			
	kevät	24.4.		4,8	4,5	207,36			
	kevät	4.5.	11	4,2	7,6	475,2			
5.2	talvi	13.2.	2				vähän vettä, ei voinut mitata	188	muovi
	kevät	11.4.	2,5	4,5	0,4				
	kevät	24.4.	2,5	7,6	0,5				
	kevät	4.5.	2,5	5,4	0,6				
5.3	talvi	20.2., 23.2.	3,5	7	1,9			225	betoni
	kevät	11.4.	8	4,3	6,2	371,52			
	kevät	24.4.	7	4,6	4,5	224,64			
	kevät	2.5.	8	4,7	6,4	388,8			
	kevät	4.5.	8,5	5,2	7,5	483,84			

MITTAUSPISTE	VUODENAIKA	PVM	VESIJUOKSU [cm]	LÄMPÖTILA [°C]	Q [l/s]	Qmuutos [m ³ /d]	MUUTA	PUTKEN SISÄHALKAISIJA [mm]	MATERIAALI
6	talvi	9.2., 20.2.		2,3	0,2			174	muovi
	kevät	11.4.					padotusta, putki täynnä		
	kevät	24.4.		3,4	1,2	86,4			
	kevät	2.5.		3,2	1,1	77,76			
7	kevät	4.5.		3,1	1,2	86,4		225	betoni
	talvi	9.2., 20.2.	3	9,7	0,8				
	kevät	11.4.		5,9	2	103,68			
	kevät	24.4.		6,2	1,6	69,12			
7.1	kevät	2.5.		7,7	2,6	155,52		225	betoni
	kevät	4.5.		6	2,2	120,96			
	talvi	10.2., 20.2.	3	14,7	0,7				
	kevät	11.4.		7,3	1,7	86,4			
8	kevät	24.4.		10,1	0,9	17,28		174	muovi
	kevät	2.5.		11,2	1,3	51,84			
	kevät	4.5.		9,9	1	25,92			
	talvi	10.2., 20.2.	2,5	5	1				
8.1	kevät	11.4.	5,5	2,9	3,2	190,08		188	muovi
	kevät	24.4.	6	4,6	3,4	207,36			
	kevät	2.5.	6	4,4	3,4	207,36			
	kevät	4.5.	6	4,2	3,6	224,64			
8.2	talvi	10.2., 16.2.		8,2	0,2			174	muovi
	kevät	11.4.		5,1	1,6	120,96			
	kevät	24.4.		7,6	0,7	43,2			
	kevät	2.5.		6,5	1,6	120,96			
8.3	kevät	4.5.		5,3	1,3	95,04		188	muovi
	talvi	10.2., 16.2.		4,7	0,5				
	kevät	11.4.							
	kevät	24.4.		5	2	129,6			
8.3	kevät	2.5.		3,8	2	129,6		188	muovi
	kevät	4.5.		3,6					
	talvi	10.2., 16.2.	3	7,4	0,4				
	kevät	11.4.	3	5,5	0,3	-8,64			
8.3	kevät	24.4.	3	4,5	0,5	8,64		188	muovi
	kevät	4.5.	3	6,6	0,4				

LIITE 6: VIRTAAMAMITTAUSTULOKSET TALVELLA



LIITE 7: VIRTAAMAMITTAUSTULOKSET KEVÄÄLLÄ

