

Tiina Kudjoi

TOIMINTATAPOJA VUOTOVESIEN VÄHENTÄMISEKSI SANEERATTAVILLA ALUEILLA

Metsäläntien tarkastelualue

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Diplomityö
Marraskuu 2019

TIIVISTELMÄ

Tiina Kudjoi: Toimintatapoja vuotovesien vähentämiseksi saneerattavilla alueilla –
Metsäläntien tarkastelualue
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Ympäristötekniikka
Marraskuu 2019

Akaan jätevedenpuhdistamolla on kärsitty useita vuosia puhdistamolle kulkeutuvista runsaista vuotovesistä. Vuotovedet ovat heikentäneet jätevedenpuhdistamon toimintaa, eikä laitos ole kyennyt täyttämään sille annettuja lupaehtoja. Nopeana ratkaisuna ongelmaan on puututtu lisäämällä puhdistamon kapasiteettiä ohitusjuoksutus tilanteissa, mutta kapasiteetin lisäyksellä ei saada ratkaistua ongelman alkulähteitä.

Aikaisempien tarkastelujen pohjalta Akaan Viialassa sijaitseva Metsäläntien ympäristössä sijaitseva alue on noussut potentiaalisiksi vuotovesien lähteeksi. Kyseisen alueen maaperä on hyvin märkää ja alueelta on raportoitu aluekuivatuksen liittyvistä ongelmista. Esitiedot Metsäläntien ympäristöstä puolsivat tarkempien tutkimusten kohdentamista alueelle.

Tutkimuksissa alueella keskityttiin kahteen kokonaisuuteen, joita olivat tutkimukset Metsäläntien alueella sekä tutkimukset Sahansuon pumppaamolla. Metsäläntien tarkastelualueella suoritettiin maastotutkimuksia rakennuskannan ja pintakuivatuksen kartoittamiseksi sekä kartoitettiin pohjavedenpinnatasoja suhteessa viemäriverkoston. Alueelle laskettiin potentiaalisia kattovesien määriä sekä mitattiin viemäriverkoston virtaamia valituista jäteveden runkokaivoista. Sahansuon pumppaamolla selvitettiin virtaamien suhdetta säätiloihin, kartoitettiin vuotovesien tyyppejä sekä verrattiin pumppaamon virtaamia Metsäläntien tarkastelualueelta saatuihin tutkimustuloksiin.

Tutkimusten perusteella todettiin Metsäläntien alueen aluekuivatuksen olevan osittain puutteellinen ja alueella muodostuvan runsaita vuotovesiä. Alueen pohjavedenpinnantasot olivat hyvin korkealla ja tämän johdosta alueen viemäriverkosto jää läpi vuoden suurelta osin pohjavedenpinnan alapuolelle. Alueella suoritettujen tutkimusten perusteella jopa 30 % kaikista Sahansuon pumppaamolle kulkeutuvista kevätulannan aikaisista vuotovesistä tulee Metsäläntien alueelta. Kyseinen määrä on suuri verrattuna siihen, että Sahansuon pumppaamon läpi pumpataan noin 60 % Viialan jätevesistä. Pumppaamotarkastelun perusteella todettiin maaperästä suotautuvien vuotovesien olevan suurin vuotovesien lähde kevätulannan ulkopuolisena aikana.

Tutkimuksissa esiin tulleiden ongelmien pohjalta laadittiin viisi erilaista Metsäläntien aluekuivatusta parantavaa suunnitelmaa, joiden avulla HS-Vesi lähtee selvittämään mahdollisuutta saneerauksen yhteisprojektiin Akaan kaupungin kanssa. Lisäksi laadittiin vaihtoehtoinen tarkastelu aluekuivatuksesta kiinteistökohtaisilla hulevesipumppaamoilla. Edellä mainittujen lisäksi esitettiin eräitä toimintatapoja suoritettavaksi tulevilla saneeraus alueilla.

Avainsanat: vuotovesi, jätevesi, pumppaamo, aluekuivatus, hulevesi

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Tiina Kudjoi: Practices for reduce of leaking waters on renovation areas – Study area of Metsäläntie
Master of Science Thesis
Tampere University
Environmental Engineering
November 2019

The wastewater treatment plant of Akaa has suffered for many years from leaking waters to the treatment plant. The leaking waters have impaired the operation of the wastewater treatment plant and the plant has not been able to fulfill the permit conditions. A quick solution to the problem has been to increase the capacity of the treatment plant in by-pass situations, but increasing the capacity cannot solve the root causes of the problem.

Based on earlier studies, the Metsäläntie area in Akaa's Viiala has emerged as a potential source of leaking waters. The soil in this area is very wet and problems with regional drying have been reported. Preliminary information from Metsäläntie area recommended further research into the area.

Research in the area focused on two entirety which were research on the Metsäläntie area and research on the Sahansuo pumping station. In the Metsäläntie study area was made field studies to mapping the building stocks and surface drainage, as well as was mapped groundwater levels which were compared with the sewage network levels. Potential amounts of roof waters on area were calculated as well as was measured the wastewater flows from selected manholes. From Sahansuo pumping station was investigated the relationship of wastewater flows to weather conditions, mapped the types of leakage waters and compared the flows on pumping station with the survey results obtained from the Metsäläntie study area.

On the basis of the studies, the regional drying of the Metsäläntie area is partly deficient and that leaking waters are generated abundantly in the area. The groundwater levels in the area were very high and for that the sewage network of Metsäläntie area widely remains below groundwater throughout the year. According to research in the area, up to 30% of all springtime runoff water which entering to the Sahansuo pumping station comes from the Metsäläntie area. This amount is large compared to the fact that about 60 % of Viiala's wastewater is pumped through the Sahansuo pumping station. On the basis of the study of pumping station, the leaking waters from the soil was found to be the largest source of leaking waters outside the springtime.

Based on the problems identified during the research, five different plans were improved the regional drying of the Metsäläntie area were prepared. Base on those five different plans HS-Vesi can start to find out the possibility of a mutual renovation project with the city of Akaa. Also was made an alternative review of regional drying by site-specific stormwater pumping stations was conducted and suggest some operation modes to make on upcoming renovation project.

Keywords: Leaking water, inflow, wastewater, pumping station, areal drainage, storm water

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on toteutettu Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy:n toimeksiantona vuoden 2018 lopun ja vuoden 2019 kevään aikana HS-Veden Akaan toimipisteessä. Työn ohjaajina toimivat HS-Veden toimitusjohtaja Jukka Meriluoto sekä Tampereen yliopiston professori Jukka Rintala.

Haluan lämpimästi kiittää Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy:tä mielenkiintoisesta diplomityöaiheesta ja mahdollisuudesta diplomityön tekemiselle. Lisäksi haluan kiittää HS-Veden Akaan toimipisteen henkilökuntaa ystävällisestä työilmapiiristä ja kannustavasta palautteesta, suunnittelupäällikkö Jarno Lainetta henkilökohtaisesta ohjauksesta sekä suunnitteluinsinööriä Jenni Pelkosta tuesta ja neuvoista.

Tampereella, 15.11.2019

Tiina Kudjoi

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. VIEMÄRIVERKOSTOJEN VUOTOVEDET	3
2.1 Veden hydrologinen kiertokulku	3
2.1.1 Maavesi ja pohjavesi	6
2.1.2 Valunta	11
2.1.3 Rakennetun ympäristön vaikutus valumavesiin	13
2.2 Vesihuolto taajama-alueella	14
2.2.1 Viemäriverkostot	15
2.2.2 Vuotovedet viemäriverkostossa	16
2.3 Hulevesien hallinta taajama-alueella	19
2.3.1 Huleveden määrän vähentäminen	20
2.3.2 Imeyttävät ja viivyttävät hulevesiratkaisut	21
2.3.3 Hulevesien pois johtaminen	22
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	24
3.1 Kohdealue	24
3.2 Metsäläntien tarkastelualue	25
3.2.1 Tarkastelualueen rakennuskanta ja hulevesien hallinta	27
3.2.2 Viemäriverkosto tarkastelualueella	29
3.2.3 Pohjavesi tarkastelualueella	30
3.2.4 Pinnakorkeuksienmittaus ja vuotovesien mallintaminen	31
3.3 Sahansuon pumppaamo	33
3.3.1 Kevätsulannan ja sateiden vaikutus pumppaamoon	34
3.3.2 Pohjaveden vaikutus pumppaamoon	35
3.4 Ratkaisut vuotovesien hallintaan	35
4. TULOKSET	36
4.1 Kattovedet ja pintakuivatuksen taso	36
4.2 Viemärikuvausten tulkinta	37
4.3 Pohjavesi tarkastelualueella	39
4.4 Sahansuon pumppaamon valuma-alue	42
4.5 Vuotovesien mallinnus	47
5. TOIMINTATAPOJA TARKASTELUALUEELLE SEKÄ TULEVILLE SANEERAUSALUEILLE	51
5.1 Vaihtoehtoiset aluekuivatusratkaisut	51

5.2 Kiinteistökohtaiset perusvesi- ja hulevesipumppaamot	53
5.3 Toimintatapoja saneerattaville alueille	54
6.JOHTOPÄÄTÖKSET	56
Lähteet.....	58
LIITE A: Metsäläntien alueen saneeraussuunnitelmat 1 – 5.....	61

1. JOHDANTO

Aluekuivatuksella, hulevesien hallinnalla sekä viemäriverkoston vuotovesillä on keskenään vallitseva yhteys. Toimivalla aluekuivatuksella ja tehokkaalla hulevesien hallinnalla pystytään vähentämään viemäriverkostoon päätyviä vuotovesiä.

Rakennettu ympäristö muuttaa veden luontaisia kulkeutumisreittejä ja vaikuttaa veden luonnolliseen kiertokulkuun. Luonnontilassa haihdunnan ja imeytymisen osuus ovat vallitsevia ja pintavalunnaksi muuttuva sateen osuus on suhteellisen pieni. Rakennetussa ympäristössä pintavalunnan osuus kasvaa merkittävästi samalla kun haihdunnan ja imeytymisen osuus pienenee. (RIL 124-1 2003)

Rakennetun ympäristön luonne vaikuttaa osaltaan alueella esiintyvän valunnan laatuun. Kaupunkien keskusta-alueilla korostuvat kesäsateiden aikaan saama pintavalunta, kun taas esikaupunkialueilla merkittävämpään rooliin nousee kevätulanta ja sen aikaansaama valunta maan pintakerroksissa sekä syvemmillä maaperässä. (Valtanen *et al.* 2013) Aluekuivatuksen näkökulmasta pintavaluntaan voidaan vaikuttaa tehokkaasti erilaisilla hulevesiratkaisuilla, mutta pohjavesivaluntaan on hankalampi vaikuttaa. Pohjavaluntaa voidaan vähentää lähinnä alentamalla pohjavedentasoja keinotekoisesti. (Pohjavesitutkimusopas 2005)

Pinta- ja pohjavalunnalla on merkitystä tarkastellessa viemäreiden vuotovesiä. Viemäriverkostoon päätyvät vuotovedet koostuvat pintavalunnan aiheuttamista nopeista vuotovesistä sekä pohjavalunnan aiheuttamista hitaista vuotovesistä. Nopeiden vuotovesien lähteinä toimivat muun muassa tarkastuskaivojen kannet sekä katoilta verkostoon johdetut kattovedet. Hitaiden vuotovesien lähteitä ovat esimerkiksi putkistossa esiintyvät vauriot sekä putkien liitoskohdat. (Water Environment Federation 2011, Sola *et al.* 2018)

Oli vuotovesien lähde mikä tahansa, ne voivat aiheuttaa vesilaitokselle mittavia kustannuksia. Jätevedenpumppaamoilla vuotovedet aiheuttavat ylimääräistä pumppauksen tarvetta ja tämä näkyy kohonneina energiakustannuksina. Runsaat vuotovedet aiheuttavat myös painetta verkoston sekä pumppaamojen kapasiteetin lisäämiselle ylivuoto-

pumppausten välttämiseksi. Jätevedenpuhdistamolla vuotovedet voivat heikentää puhdistusprosessin toimivuutta, joka osaltaan voi hankaloittaa ympäristölupaehtojen täyttymistä. (Ellis & Revitt 2002, Vuosikertomus 2017)

Tämän työn tavoitteena oli kehittää tuleville saneerausalueille toimintatapoja vuotovesien vähentämiseksi. Toimintatapoja lähdettiin kehittämään Metsäläntien tarkastelualueella, jossa tavoite oli selvittää mahdollisten vuotovesien lähteitä ja määriä hyväksikäyttäen erilaisia tutkimusmenetelmiä. Tämän lisäksi tarkasteltiin Sahansuon pumppaamon virtaamatietoja, joiden avulla perehdyttiin Metsäläntien tarkastelualueetta laajemmin pumppaamon valuma-alueen vuotovesitilanteeseen. Tarkastelualueelle laadittiin esisuunnittelutasoisia vaihtoehtoisia hulevesiratkaisuja, joiden avulla Hämeenlinnan Seudun Vesi pystyi aloittamaan keskustelut yhteistyöhankkeesta Akaan kaupungin kanssa Metsäläntien alueen saneeraamiseksi.

2. VIEMÄRIVERKOSTOJEN VUOTOVEDET

Viemäreiden vuotovedet koostuvat useista eri osatekijöistä ja eri vuotovesijakeiden esiintyminen on yleensä usean asian summa. Veden hydrologinen kiertokulku, hulevesien hallinta sekä viemäriverkoston tyyppi ja kunto ovat merkittävässä asemassa vuotovesien esiintymisessä ja niiden määrän vähentämisessä.

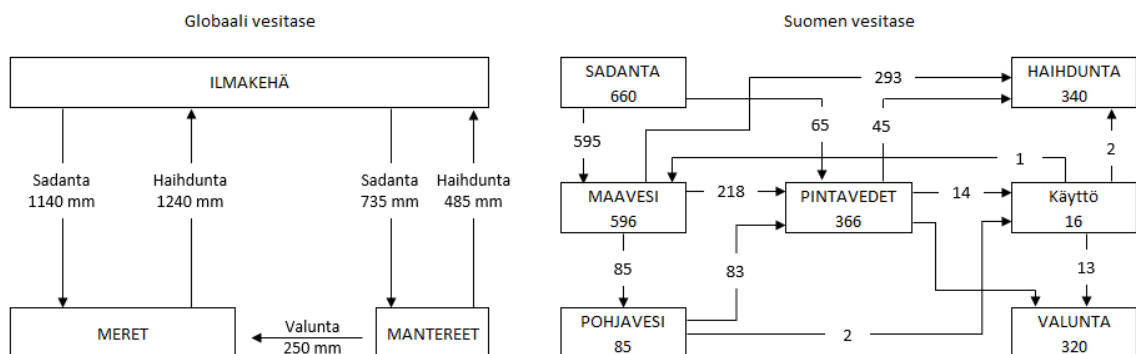
2.1 Veden hydrologinen kiertokulku

Veden hydrologinen kiertokulku kuvaa veden kiertoa sen eri olomuodoissa ilmakehän ja maaperän välillä. Jotta ymmärrettäisiin vesien vaikutus aluekuivatukseen sekä vuotovesien esiintymiseen, on tärkeä ymmärtää veden hydrologisen kiertokulun periaatteet. Tässä luvussa tutustutaan kiertokulun eri osiin valuntaa lukuun ottamatta, valuntaa käsitellään myöhemmin luvussa 2.1.2.

Veden kiertokulkua tarkastellessa keskeistä on veden katoamattomuus kiertokulun aikana. Veden kiertokulku koostuu sadannasta, haihdunnasta, valunnasta sekä paikallisista vesivarastoista ja se voidaan esittää yksinkertaisesti vesitaseella,

$$P = Q + E + \Delta S, \quad (1)$$

jossa P on sadanta, Q kuvaa valunnan virtaamaa, E haihduntaa ja ΔS alueen vesivarastoa. (Mälkki 1999, Sovellettu hydrologia 1986) Suomen vesitase koostuu useista eri osa-alueista, jotka ovat kytköksissä toisiinsa (kuva 1). Globaali vesitase on esitetty yksinkertaistetussa muodossa.



Kuva 1. Globaali vesitase sekä Suomen vesitase. (Sovellettu hydrologia, 1986).

Sadanta on veden hydrologisen kiertokulun kannalta yksi merkittävimmistä suureista ja yksinkertaisin mitata. Sateen synty vaatii vesihöyryn ja tiivistymisytimien esiintymisen ilmakehässä. Kun kyllästymätön ja kostea ilma kohoaa ylöspäin ilmakehässä ja saavuttaa viileämmän lämpötilan, alkaa kosteus tiivistyä tiivistymisytiminä toimivien ilman epäpuhtauksien, kuten palamiskaasujen, ympärille muodostaen pilvipisaroita. Pilvipisarot jatkavat kasvuaan, kunnes niiden putoamisnopeus ylittää nousuvirtauksen nopeuden ja tällöin pisarat alkavat pudota kohti maata. (Sovellettu hydrologia 1986)

Globaalisti sateet vaihtelevat sekä ajallisesti että alueellisesti. Merkittävimmät vaihtelut syntyvät merien ja mantereiden välillä (Sovellettu hydrologia 1986), noin 24 % kokonaissadannasta osuu mantereille ja loppu osa sateista päättyy meriin (Mälkki 1999). Sateiden vaihtelu paikallisesti on runsasta ja tällöin sateiden määrään sekä intensiteettiin vaikuttavat rannikkoefekti, rinne-efekti sekä vesistöjen ja taajamien läheisyys. Rannikko-efekti sekä taajamien läheisyys kasvattavat sateiden määrää, kun taas järvien läheisyydessä sataan yleensä hieman vähemmän ympäröivään maastoon verrattuna. Rinne-efektillä voi olla sateita lisäävä tai vähentävä vaikutus. (Sovellettu hydrologia 1986)

Sateiden historiatietojen valossa on sateiden keston ja intensiteetin osoitettu kasvaneen viimeisten vuosikymmenten aikana. Globaalisti rankkojen sadetapahtumien ennustetaan kasvavan eri ennustemallien mukaan 7-21 % nykyisestä sademäärästä (Sun *et al.* 2007) ja runsain sateiden kasvu ennustetaan osuvan talvikuukausien ajalle. Sateiden esiintymismuotoon vaikuttaa suuresti vallitseva lämpötila. Erityisesti pohjoisella manneralueella lämpötilojen odotetaan nousevan voimakkaasti, jonka johdosta lisääntynyt sade lankeaa maahan pääasiassa vetenä. (Ala-Outinen *et al.* 2004). Pohjoisilla leveysasteilla sateiden kasvuennuste on 5-10 % (Sun *et al.* 2007).

Sadetta seuraa valunta, haihtuminen tai veden imeytyminen maahan ja paikallisiin vesivarastoihin. Veden imeytymiseen maaperään vaikuttaa maaperän koostumus (rakeisuus sekä kosteuspitoisuus), maan kaltevuus, kasvipeitteen määrä, sadetapahtuman luonne ja kesto sekä vuodenaika. Maanpinnan kasvusto lisää maaperän imeytymiskykyä pitämällä pintamaan kuohkeana, mutta toisaalta kasvusto pidättää osan vedestä pinnalleen ja siten vähentää maaperään kulkeutuvan veden määrää. Maaperän kosteus osaltaan vaikuttaa imeytyvän veden määrään; mitä kosteampi maaperä on alun perin, sen vähemmän se kykenee vastaanottamaan uutta vettä. Sadetapahtumassa

kestoja merkittävämpi sateen ominaisuus on sen intensiteetti. Suuren intensiteetin sadetapahtumassa maaperän huokostilavuus täyttyy nopeasti vedellä, eikä vesi ehdi kulkeutua vesivarastoon tai haihtua ja tuloksena on lammikoitumista sekä pintavaluntaa. Vuodenaika vaikuttaa imeytymiseen suoraan roudan kautta. Maaperän vesipitoisuus routaantumisen alkaessa vaikuttaa merkittävästi veden imeytymiseen. Jos vesipitoisuus routaantumisen alkaessa on ollut erityisen korkea, voi imeytyminen estyä lähes kokonaan. Toisaalta jos vesipitoisuus on ollut matala, voi roudan vaikutus jäädä lähes olemattomaksi. (Sovellettu hydrologia 1986)

Kaikki sadantana maaperään päätyneet vesi ei imeydy, vaan osa siitä haihtuu takaisin ilmakehään. Kokonaishaihdunnasta 85 % tapahtuu meristä ja loput 15 % haihdunnasta tapahtuu mantereelta. (Mälkki 1999, Sovellettu hydrologia 1986). Haihtuminen vaatii tapahtuakseen tarpeeksi suuren paine-eron vesihöyryn osapaineen ja ilmapaineen välillä sekä energiaa joko ulkoisesta lähteestä tai haihduttavan pinnan kautta. Näiden lisäksi haihtumiseen vaikuttaa haihduttava pinta, ilman vesipitoisuus sekä tuuliolosuhteet. Haihtumista voi tapahtua ainoastaan silloin, kun ilman vesipitoisuus on tarpeeksi matala. Kun ilman vesipitoisuus kohoaa ja vesihöyry saavuttaa kyllästetyn vesihöyryn paineen, ei haihduntaa enää tapahdu. Tuulta tarvitaan kuljettamaan vesihöyryä pois haihduttavan pinnan läheisyydestä, jotta paine-ero pysyisi suotuisana eikä ilman vesipitoisuus kasvaisi liian suureksi. (Sovellettu hydrologia 1986)

Luonnossa haihtuminen voi tapahtua veden, lumen, maan tai kasvien pinnalta. Kun siirrytään rakennettuun ympäristöön, haihduttavien pintojen kirjo laajenee. Fysikaalisesti haihtuminen eri pinnoilta on samanlaista, mutta käytännössä haihtumistapahtuma vaihtelee. Esimerkiksi veden pinnalta tapahtuvalla haihtumisella on käytössään ehtymätön varasto vettä ja tällöin haihtumiseen vaikuttaa ainoastaan vaadittava energia sekä ilmasto-olosuhteet. Kasvien kautta tapahtuva haihdunta voi tapahtua joko suoraan haihtumisena kasvien pinnalta tai liittyä kasvien aineenvaihduntaan, jolloin haihtuminen on paljon monitahoisempaa. (Sovellettu hydrologia 1986) Haihtuminen voidaan luokitella sen mukaisesti, millaiselta pinnalta ja millaisen prosessin tuloksena haihdunta tapahtuu. Erilaiset haihtumistyyppit on esitelty taulukossa 1.

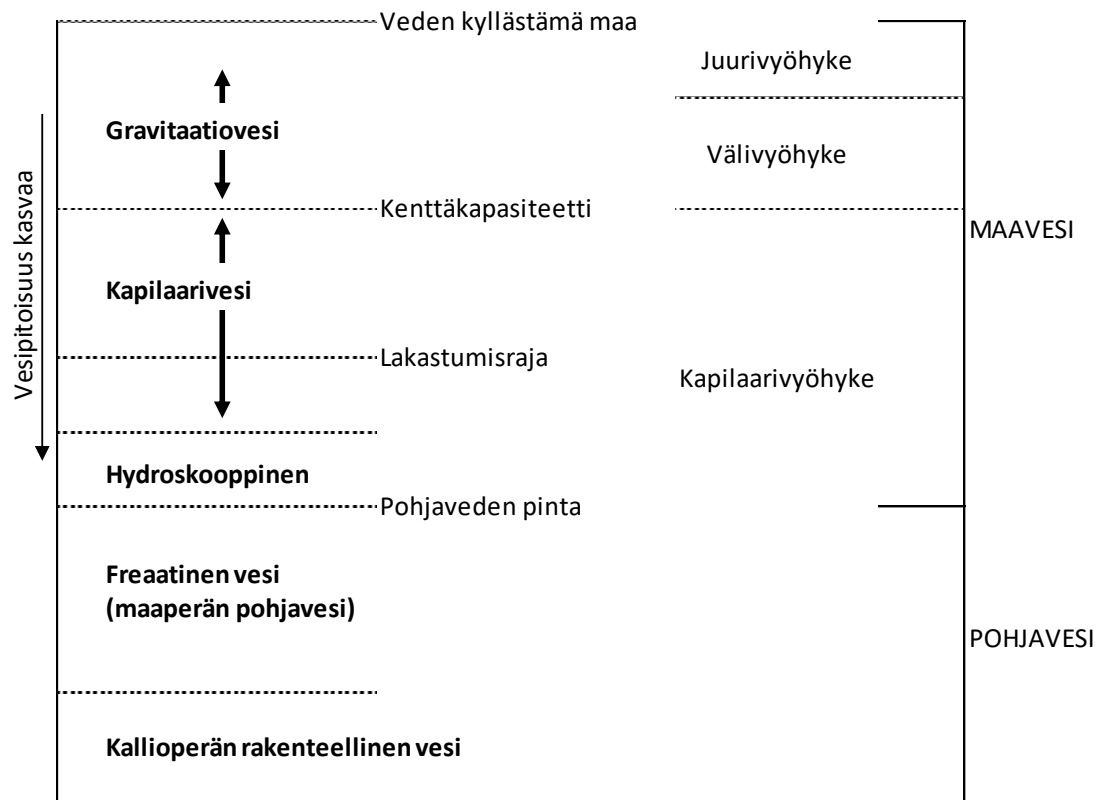
Taulukko 1. Veden haihtumistyyppit. (Sovellettu Hydrologia, 1986).

Haihtumistapahtuma	Selite
Evaporaatio	Suora haihdunta maan, lumen tai veden pinnalta
Transpiraatio	Kasvien juuri-varsi-lehti-systeemin läpi tapahtuva, kasvin elintoimintaan liittyvä haihdunta
Evapotranspiraatio	Kokonaishaihdunta joka koostuu evaporaatiosta ja transpiraatiosta
Potentiaalinen evapotranspiraatio	Laaja-alainen kokonaishaihdunta, kun veden puute ei rajoita haihtumista ja maa on lyhyen kasvillisuuden peittämää
Potentiaalinen evaporaatio	Vapaasta, puhtaasta vedenpinnasta tapahtuva haihdunta
Todellinen haihdunta	Jonkun tietyn alueen todellisen haihdunnan määrä
Interseptiohaihdunta	Haihdunta, joka tapahtuu kasvien pinnoille pidättyneelle vedelle

2.1.1 Maavesi ja pohjavesi

Maaperän vesivarastot jaetaan maavesiin sekä pohjavesiin. Maavesi on pohjaveden yläpuolella sijaitseva veden kostuttama kerrostuma, joka ei kuitenkaan ole täysin vedellä kyllästetty. Pohjavesi on tämän alapuolelle jäävä täysin vedellä kyllästetty alue.

Maaperässä vesi kulkeutuu kohti pohjavettä erilaisten vesivyöhykkeiden kautta. Kaikki imeytynyt vesi ei kuitenkaan kulje pohjaveteen saakka, vaan se voi sitoutua erilaisen voimien vaikutuksesta maaperään maavedeksi tai haihtua ilmakehään. Veden kulkeutuminen ja sitoutuminen maaperään sekä maaperässä esiintyvät vesivyöhykkeet ovat esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Veden kulkeutuminen ja sitoutuminen maaperään sekä maanalaisten vesien vyöhykkeet. (Korkka-Niemi & Salonen, 1996).

Gravitaatiovesi, eli vajovesi, liikkuu kohti pohjavettä vapaasti maaperän huokosissa painovoiman vaikutuksesta. Kun vesi saavuttaa kenttäkapasiteetin, on kaikki vapaasti painovoiman vaikutuksesta kulkeutumaan kykenevä vesi poistunut maaperästä ja jäljelle on jäänyt ainoastaan maapartikkeleihin sitoutunut vesi. Gravitaatioveden alapuolella sijaitsee kapilaarivesivyöhyke, jossa vesi on kiinnittynyt maapartikkelien pinnalle sekä väleihin pintajännityksen ansiosta. Kapilaarinen nousukorkeus on riippuvainen maalajin partikkelikoosta ja pintajännityksen ansiosta maaperä kykenee sitomaan itseensä suuriakin määriä vettä. (Korkka-Niemi & Salonen 1996) Kuten taulukosta 2 nähdään, on kapilaarinen nousukorkeus voimakkainta hienorakeisessa maaperässä ja se voi olla savimaassa jopa 10 000 kertainen verrattuna karkeaan soramaahan.

Taulukko 2. Maalajien kapilaarisia nousukorkeuksia RT-luokituksen mukaisesti. (Sovellettu hydrologia, 1986).

Maalaji	Partikkelikoko [mm]	Kapilaarinen nousu [cm]
Sora	20,0 - 2,0	0,3 - 3,0
Hiekka	2,0 - 0,2	3,0 - 30
Hieta	0,2 - 0,02	30 - 300
Hiesu	0,02 - 0,002	300 - 3000
Savi	< 0,002	> 3000

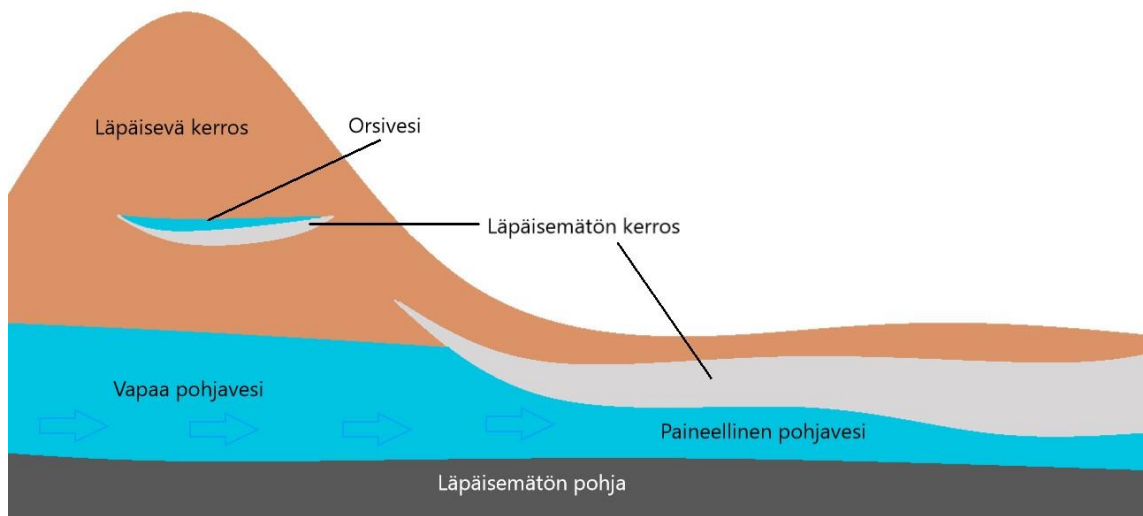
Kapilaarisen vyöhykkeen ansiosta kasveilla on mahdollisuus saada vettä käyttöönsä myös kuivina kausina. Kuvassa 2 esitetty kapilaariveden kerroksessa sijaitseva lakastumisraja on se raja, jonka alapuolella kasvit eivät kykene saamaan maaperästä vettä käyttöönsä. Jos pohjavedenpintaa alennetaan keinotekoisesti, alenee myös lakastumisraja (Sovellettu hydrologia 1986). Alimpana maavesikerroksessa sijaitsee hydroskooppinen vesi, joka on sitoutunut maapartikkelien pinnalle kapilaarivettä tiukemmin eikä näin ollen ole kasvien käytettävissä. (Korkka-Niemi & Salonen 1996)

Maaperän koostumuksella on merkitystä kapilaarinousujen lisäksi vedenimeytymiseen. Hiekkamailla jopa 70 % sataneesta vedestä voi kulkeutua maaperän läpi pohjaveteen saakka, kun moreenimailla sateista imeytyvä osuus on noin 20 %. Koheesiomailla, kuten savimailla, veden imeytyminen on melko olematonta ja pääasiassa kaikki sadanta muuttuu pintavalunnaksi. Myös huokoisuus, routa sekä kuivumiskutistuvuus vaikuttavat suuresti maaveden esiintymiseen. Vaikka karkearakeisissa maalajeissa yksittäisen huokosen tilavuus on huomattavasti suurempi verrattuna hienorakeiseen maalajiin, on karkearakeiset maalajit yleensä vähemmän huokoisia. Huokoisuuteen vaikuttaa myös maan lajittuneisuus. Tasarakeisilla lajittumattomilla maalajeilla huokoisuus on pienempää kuin lajittuneissa maissa. Saven esiintyminen maaperässä lisää sen huokoisuutta. Kuivumiskutistuvuus on erityisesti hienojakoisten maalajien sekä liejumaiden ominaisuus. Kuivuessaan maaperään syntyy halkeamia, joista vesi pääsee kulkeutumaan syvemmälle maaperään. Paljon orgaanista ainesta sisältävässä maaperässä kuivumiskutistuman aiheuttamat muutokset voivat olla pysyviä, kun taas savimaassa kuivumisesta johtuvat raot paisuvat maan kostuessa umpeen. (Sovellettu hydrologia 1986)

Pohjavettä Suomessa muodostuu kaikkialla, mutta paikoitellen maaperä on muodostunut laaja-alaisesti heikosti vettäläpäisevistä maalajeista, kuten moreeneista tai savi-

koista, ja pohjaveden antoisuus kyseisillä alueilla on heikkoa. Kuitenkin suurin osa kaikesta pohjavedestä on sitoutunut moreeni ja savimaihin ja erityisesti savimaat voivat olla kuivakuoren alapuolella täysin vedellä kyllästyneitä. (Korkka-Niemi & Salonen 1996) Vaikka pohjavettä esiintyy kaikkialla maaperässä, varsinaisista pohjavesialueista, eli akvifereista, puhutaan silloin kun maaperän pohjavedestä pystytään johtamaan taloudellisesti kannattavia vesimääriä käyttöön (Mälkki 1999). Käytännössä käyttökelpoista pohjavettä esiintyy hienoa hiekkaa karkeammissa maalajeissa, joiden hydraulinen vedenjohtavuus on suurempi kuin $10^{-4} - 10^{-5}$ m/s (Mälkki 1999). Parhaat akviferit sijaitsevat hiekka- ja sorakerrostumissa ja käyttökelpoisimmat pohjavesivarastot sijaitsevat Suomessa pääasiassa jäätikköjen reunamuodostumissa Salpausselissä (Korkka-Niemi & Salonen 1996). Yleisesti Fennoskandiassa pohjavedenpinta sijaitsee lähellä maanpintaa 2-4 metrin syvyydessä ja sen pinta noudattaa loivasti maanpinnan muotoja, mutta harjumuodostumissa pohjavedenpinta voi olla jopa 50 metrin syvyydessä. (Korkka-Niemi & Salonen 1996, Sovellettu hydrologia 1986) Mitä parempi vedenjohtavuus ja ominaisantoisuus maaperässä on, sitä syvemmälle pohjavedenpinta laskee (Korkka-Niemi & Salonen 1996).

Pohjavesi esiintyy maaperässä vapaana pohjavetenä sekä paineellisena pohjavetenä (kuva 3). Vapaan pohjaveden pinta on yhteydessä ilmakehään ja sen yläpuolella on vettä läpäisevä maakerros. Vapaata pohjavettä voi esiintyä myös orsivetenä, jolloin pohjavesi on kerrostunut varsinaista pohjaveden pintaa korkeammalla sijaitsevan läpäisemättömän kerroksen päälle. Paineellinen pohjavesi, eli salpavesi, syntyy kun pohjaveden virtaussuunta pakottaa veden virtaamaan läpäisemättömän kerroksen alapuolelle, jolloin vedenpaine kasvaa. Jos tällaisessa paikassa läpäisemätön kerrostuma puhkaistaan, purkaantuu paineellinen pohjavesi matalamman painetason suuntaisesti. Useat lähteet ovat syntyneet juuri tämän kaltaisissa olosuhteissa ja erityisesti kumpu-
moreenit ovat merkittäviä lähteiden esiintymispaikkoja. Paineellisen pohjaveden purkautumisen seurauksena voi olla laaja-alainen pohjaveden pinnan alenema. (Mälkki 1999).



Kuva 3. Pohjaveden esiintyminen maaperässä. Nuolet kuvaavat pohjaveden virtaus-suuntaa.

Pohjavesi virtaa aina pienempää painekorkeutta kohti, eli kohti purkautumispaikkoja. Yleisiä purkautumispaikkoja Suomessa pohjavesille ovat suot ja vesistöt. (Korkka-Niemi & Salonen 1996, Sovellettu hydrologia 1986) Pohjaveden purkautuminen sen purkautumispaikoilla on jatkuvaa, mutta määrät voivat vaihdella. Purkautumismääriin vaikuttaa pohjavedenpinnan taso, joka vaihtelee kevätulannan sekä kuivien ja märkien kausien mukaisesti. (Mälkki 1999) Pohjaveden virtausnopeus maaperässä voidaan laskea Darcyn lain avulla (kaava 2), jonka mukaisesti veden virtausnopeus määräytyy maakerroksen poikkipinta-alan ja hydraulisen gradientin perusteella. Darcyn laki on seuraavanlainen,

$$Q = K \cdot A \cdot I, \quad (2)$$

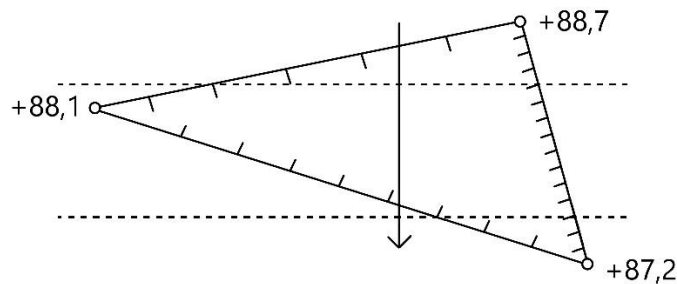
jossa K on maalajille ominainen vedenläpäisevyyskeroin, A maakerroksen poikkipinta-ala ja I hydraulinen vakio. Hydrauliseen vakioon vaikuttaa pohjavedenpinnan tason muutos sekä virtausmatka. Hydraulinen vakio lasketaan kaavan 3 mukaisesti,

$$I = \frac{H}{l}, \quad (3)$$

jossa H on pohjavedenpinnan tason muutos ja l on virtaaman kulkema matka. (Mälkki 1999, Korkka-Niemi & Salonen 1996, Sovellettu hydrologia 1986)

Pohjaveden virtausuuntaa ja virtausolosuhteita voidaan selvittää tarkasti eri tutkimusmenetelmillä, kuten maaperäkairauksilla ja pumppauksilla (Mälkki 1999). Suuntaa antava tulos pohjavedenvirtausuunnasta voidaan saada kolmen havaintoputken avulla,

jossa havaintoputkista mitataan pohjavedenpinnan tasot ja niiden perusteella korkeuskäyrät, jotka toimivat samalla ekvipotentiaaliviivoina. Pohjavedenvirtaus tapahtuu kohtisuoraan ekvipotentiaaliviivohin nähden. Esimerkki pohjaveden virtaussuunnan määrittämisestä kolmen havaintoputken avulla on kuvassa 4.



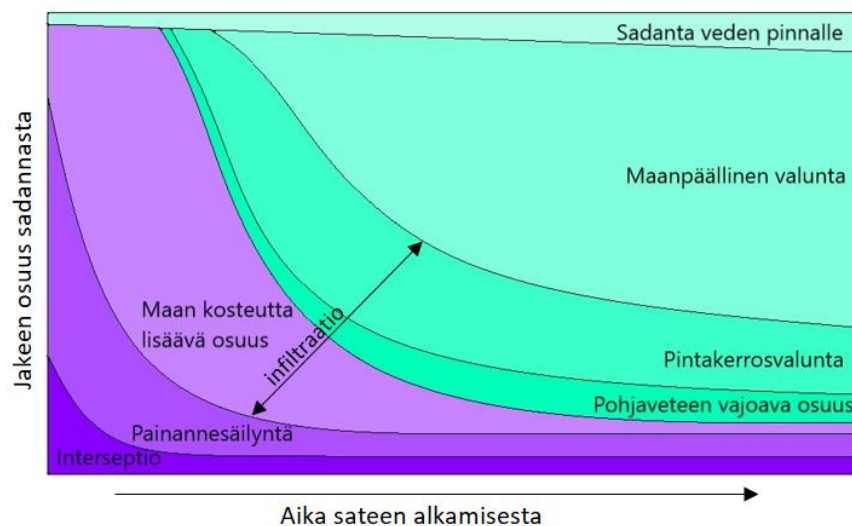
Kuva 4. Pohjaveden virtaussuunnan määrittäminen kolmen havaintoputken avulla. Virtaussuunta on nuolen suuntainen. (Korkka-Niemi & Salonen, 1999).

Pohjaveden pintaa voidaan tarpeen vaatiessa alentaa keinotekoisesti sen luonnollisesta pinnankorkeudestaan. Esimerkiksi rakennushankkeiden aikana voi tulla tarve pohjaveden pinnan tason alentamiselle väliaikaisten kaivantojen kuivana pitämiseksi. Joskus myös pitkäaikaisempi pohjavedenpinnan alentaminen on tarpeen. Lyhytaikaisessa pinnan tason alentamisessa ei yleensä koidu erityisiä ympäristöhaittoja, mutta pinnantason pitkäaikaisella alentamisella voi olla vakaviakin seurauksia. Sekä väliaikainen että pitkäaikainen pohjavedenpinnan alentaminen voi aiheuttaa vaurioita kasvillisuudelle, aiheuttaa rakennusten painumista sekä altistaa alueen kaivoja kuivumiselle. Rakennusten painuminen voi tulla ongelmaksi erityisesti hienojakoisessa maaperässä. Pitkäaikainen pohjavedenpinnan alentaminen voi lisäksi aiheuttaa myös rakennusten puupaalutuksen lahoamista. (Pohjavesitutkimusopas 2005)

2.1.2 Valunta

Valunta voidaan jakaa pintavaluntaan, pintakerrosvaluntaan sekä pohjavesivaluntaan. Pintavalunnassa sateena maan pinnalle kulkeutuva vesi ja lumen sulamisvedet kulkeutuvat maan pinnalla vesiuomiin. Pintavalunnan määrään vaikuttaa suuresti maaperän vedenläpäisevyys, routa sekä maanpinnan tiivistyminen. Hienojakoisilla maaperillä, kuten savella, vedenläpäisevyys on hyvin pientä, jolloin pintavalunta on vastaavasti suurta. Pintavalunta kasvaa suureksi myös silloin, jos maaperän huokostilavuus on jo vedellä kyllästynyt. Pintakerrosvaluntaan vaikuttaa maan pintakerroksen läpäisevyys.

Jos pintakerros on hyvin vettä läpäisevä, mutta sen alapuolella sijaitsee vettä läpäisemättömän kerros, kasvaa pintakerrosvalunnan määrä. Pintakerrosvalunta on nähtävissä erityisesti moreenimailla, jossa löyhemmän ja hyvin vettä läpäisevän pintamoreenin alapuolella on tiivis pohjamoreeni. Kasvillisuus lisää pintavalunnan määrää muokkaamalla maaperän pintakerrosta läpäisevämmäksi. Pohjavaluntaa puolestaan esiintyy runsaimmin alueilla, joilla maaperän vedenläpäisevyys on suurta kauttaaltaan aina pintakerroksesta alempiin maaperäkerroksiin saakka. Vedenläpäisevyys on suurinta lajituneilla maalajeilla, joiden raekoko on 0,006 mm tai suurempi. Pohjavesivalunnan osuus kaikista valuntatyypeistä on suurinta. (Sovellettu hydrologia 1986, RIL 124-1 2003) Sadetapahtuman kestolla on suuri merkitys valunnan jakautumiseen eri jakeisiin (kuva 5). Tasaisen sadetapahtuman alussa merkittävä osa sateesta kulkeutuu maan alaisiin kerroksiin, mutta sateen jatkuessa pintavalunnan osuus kasvaa suuremmaksi.



Kuva 5. Valunnan jakautuminen eri komponentteihin tasaisen sadannan aikana. (Sovellettu hydrologia 1986).

Valunnan jakaminen eri jakeisiin ei ole täysin yksiselitteistä. Käytännössä pintavalunta voi muuttua sadetapahtuman aikana useaan kertaan pintakerrosvalunnaksi ja taas takaisin pintavalunnaksi ennen vesi-uomaan joutumista. Toisaalta taas runsaan sadejakson aikana pohjavalunnan ja pintakerrosvalunnan erottaminen toisistaan on hankalaa.

Valunta voidaan jakaa myös vuodenaikojen mukaisiin jakeisiin, jotka ovat kevät-, kesä-, syys- sekä talvivalunta. Kaikkein runsainta valuntaa on kevätvalunnan aikana, joka ajoittuu lumien sulamiskauteen. Maan ollessa vielä roudassa ei imeytymistä maaperään juurikaan tapahdu, vaan lähestulkoon kaikki sulamisvesi kulkeutuu pintavaluntana. Sadejaksot kevätvalunnan aikaan kasvattavat valuntaa entisestään. (RIL 124-1 2003)

Kesävalunta on yleensä hyvin vähäistä. Vaikka kesäkuukausina sademäärät voivat olla runsaita, kykenee maaperä pidättämään merkittäviä määriä valumavesiä. Poikkeuksena on lumien sulamisen jälkeinen aika, jolloin maaperä on kyllästynyt vedellä. Korkea ilmankosteus kesäkuukausina myös edistää tehokkaasti haihtumista, jonka johdosta maaperään syntyy kosteusvajausta ja se kykenee vastaanottamaan runsaitakin sateita. (RIL 124-1 2003)

Syysvalunnan aikana ilmankosteus on laskenut, eikä haihtumispotentiaali ole enää yhtä suuri kuin kesällä. Syysvalunnan vaihtelut ovat hyvin suuria ja ne ovat suoraan yhteydessä sateiden määrään. Pitkäkestoiset sadejaksot aiheuttavat herkästi valumia ja valumisen suhteellinen osuus kasvaa lähestyttäessä talvea. (RIL 124-1 2003)

Talvella maaperä on roudassa ja lämpötilat pääsääntöisesti nollan alapuolella, jolloin talvivalunta tapahtuu pääasiassa pohjavesivaluntana (RIL 124-1 2003). Maaperän koostumus vaikuttaa routautumiseen ja siihen, minkä tyyppisenä valunta esiintyy. Pääasiassa maavesi alkaa jäätyä heti $-0\text{ }^{\circ}\text{C}$, mutta esimerkiksi savimaassa jopa 20 % maavedestä voi esiintyä sulana vetenä edelleen $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa (Sovellettu hydrologia 1986).

2.1.3 Rakennetun ympäristön vaikutus valumavesiin

Rakennetussa ympäristössä läpäisemättömillä pinnoilla on suuri vaikutus alueen valumavesien määrään sekä käyttäytymiseen. Läpäisemättömät pinnat koostuvat rakennuksista, teistä, parkkipaikoista sekä muista vastaavista rakenteista, jotka estävät veden luonnollisen virtauksen maaperään (Hulevesiopas 2012). Euroopan laajuisesti vuonna 2006 läpäisemätöntä pintaa oli yhteensä noin 100 000 m² ja eniten läpäisemätöntä pintaa on ollut Maltalla, Alankomaissa, Saksassa sekä Belgiassa. Keskimäärin jokaista eurooppalaista kohden läpäisemätöntä pintaa oli 200 m². Suomessa läpäisemätöntä pintaa vuonna 2006 asukasta kohden oli 382 m². (European Commission 2011)

Pienemmässä mittakaavassa, kaupunki ja kunta tasolla, rakennetun ympäristön vaikutus valumavesiin on huomattava. Valtanen *et al.* (2013) tutkivat rakennustiheyden ja läpäisemättömän pinnan vaikutusta valumavesien määrään. He totesivat, että rakennustiheydellä on vaikutusta pintavaluntaan, mutta Suomen oloissa myös vuodenajat vaikuttavat valumavesimääriin sekä huippuvirtaamiin. Tutkimuksessa todettiin, että tihe-

ään rakennetuilla alueilla, kuten kaupunkien keskustoissa, pintavalunta on suurinta kesäkuukausien aikana. Vähemmän rakennetussa ympäristössä, kuten kaupunkien pientaloalueilla, taas korostuu kevään sulamisvesien vaikutus.

Syitä eri kapasiteeteilla rakennettujen ympäristöjen erilaisiin valumavesimääriin on useita. Mitä enemmän pinnoista muuttuu rakentamisen johdosta läpäisemättömäksi, vähenee luonnollinen kokonaishaihdunta sekä imeytyminen maaperään ja tämän lisäksi luonnollinen varastokapasiteetti maaperässä pienenee (Roodsari & Chandler 2017). Taulukossa 3 nähdään rakennetun ympäristön vaikutus veden hydrologiseen kiertokulkuun. Rakennetussa ympäristössä haihdunta sekä pohjavesivalunta vähenevät merkittävästi pintavalunnan kasvaessa.

Taulukko 3. Haihdunnan, pohjavesivalunnan sekä pintavesivalunnan osuudet rakentamattomassa ja rakennetussa ympäristössä. (RIL 124-1 2003).

	Rakentamaton ympäristö	Rakennettu ympäristö
Haihdunta	40 %	25 %
Pohjavesivalunta	50 %	32 %
Pintavesivalunta	10 %	45 %
Yhteensä	100 %	100 %

2.2 Vesihuolto taajama-alueella

Taajama-alueella vesihuoltoverkoston kehittäminen kulkee yhdyskuntakehityksen rinnalla ja kunnalla on vastuu vesihuoltoverkoston yleisestä kehittämisestä yhteistyössä alueellaan toimivan vesihuoltolaitoksen kanssa. Vesihuoltolaitoksen vastuulla on määrittää toiminnalleen sellainen toiminta-alue, jossa se kykenee hoitamaan toimintansa asianmukaisesti sekä taloudellisesti. Kunnan tulee hyväksyä osaltaan vesilaitoksen määrittämä toiminta-alue. Kyseisellä toiminta-alueella vesihuoltoverkostoon liittyviltä perittävät maksut tulee pysyä kohtuullisina. (Laki vesihuoltolain muuttamisesta 681/2014) Taajama-alueelle sijoittuvalla toiminta-alueella vesihuoltolaitos takaa kiinteistöille mahdollisuuden liittyä vesihuoltoverkostoon ja kiinteistöillä on velvollisuus liittyä näihin (Vesihuoltolaki 9.2.2001/119).

Ympäristösuojelulain (527/2014) liitteen 1, taulukon 2, mukaisesti yli 100 henkilön jätevesiä johtava ja käsittelevä laitos on luvanvaraista toimintaa. Vesilain (luku 3, §3) mukaisesti myös yli 250 kuutiometriä vuorokaudessa vettä tuottavat laitokset ovat luvanvaraista toimintaa.

2.2.1 Viemäriverkostot

Viemäriverkoston jätevedet koostuvat sekä teollisuusjätevesistä että asumisjätevesistä. Jätevesijakeiden esiintymiseen verkostossa vaikuttaa alueen rakennuskanta. Asumisjätevedeksi jaotellaan kotitalouksien lisäksi sairaaloiden, hotellien ja muiden vastaavien laitosten jätevedet. Asumisjäteveden määrän arvioiminen on melko helppoa, jos lähtökohtana käytetään kiinteistöille myydyin veden määrää. Sen sijaan teollisuusjätevesien määrän arvioiminen on hankalampaa ja se vaihtelee esimerkiksi teollisuuslaitoksen koon, vuodenajan ja raaka-aineiden mukaan. Suurimmat teollisuuslaitokset ovat järjestäneet itse oman vedenhankintansa sekä jätevedenkäsittelynsä, jolloin laitos ei kuormita julkista viemärilaitosta. (RIL 124-2 2004)

Ensimmäiset rakennetut viemäriverkostot ovat olleet sekaviemäreitä, joihin jäteveden lisäksi on ohjattu myös hulevedet. Hulevesien johdosta sekaviemärit mitoitetaan suurille virtaamille (Water Environment Federation 2011). Mitoituksessa ei kuitenkaan voida ottaa huomioon kaikkein rankimpia sateita ja näin ollen ne ovat herkkiä tulvimiselle (Hulevesiopas 2012) ja sadannan määrän vaihtelun vuoksi sekaviemäröinnissä virtaus sekä epäpuhtauksien pitoisuudet vaihtelevat suuresti (Water Environment Federation 2011). Tulvimisen varalle sekaviemäreihin on rakennettu tulvakynnyksiä, joiden kautta verkostoon mahtumaton jätevesi purkautuu maastoon. Suomessa sekaviemäreitä ei enää nykyään käytännössä rakenneta ollenkaan, mutta niitä on edelleen runsaasti käytössä vanhoilla keskusta-alueilla. (Hulevesiopas 2012)

Vaihtoehto sekaviemäröinnille on erillisviemäröinti, jossa jätevesi ja hulevesi ohjataan kumpikin omaan järjestelmäänsä. Koska vesihuoltolaki kieltää hulevesien johtamisen jätevesiviemäriin, suunnitellaan Suomessa uudet viemäriverkostot poikkeuksetta erillisviemäreiksi (Vesihuoltolaki 2011, §17d). Erillisviemäröinnissä jätevesiviemärit voidaan mitoittaa pienemmiksi vähäisemmän virtauksen vuoksi. Kun hulevesi kulkee omassa järjestelmässään, eikä ole laimentamassa jätevettä, on jäteveden ravinnepitoisuus tasanaisempi. Erillisviemäröinnillä voidaan ehkäistä ennakoimattomia tulvatilanteita verkos-

tossa, jolloin ympäristöön purkautuvia jätevesien määrää saadaan vähennettyä. (Hulevesiopas 2012) Erillisviemäröinnin rakentaminen on usein kalliimpaa verrattuna sekaviemäröinnin rakennuskustannuksiin, mutta jos hulevedet kyetään johtamaan alueelta pois avo-ojia pitkin, voi erillisviemäröinti olla hyvinkin kustannustehokas ja edullinen ratkaisu (RIL124-2 2004).

Joissain tapauksissa viemäriverkosto voidaan rakentaa myös paineellisena tai imuviemärinä. Kyseiset viemäröintimenetelmät eivät ole kuitenkaan yleistyneet. Ongelmaksi paineviemärissä ja imuviemärissä voi tulla putken sisäisten olosuhteiden muuttuminen anaerobiseksi, jonka takia hajuhaitat lisääntyvät. Käytettäessä kyseisiä viemäreitä tulee hulevesien käsittely hoitaa jollain muulla tavalla. Paine- ja imuviemäreille on olemassa omat käyttökohteensa esimerkiksi laivoissa, joissa muunlainen viemäröinti ei tule kysymykseen. (RIL 124-2 2004)

Vaikka Suomessa uudet viemäriverkostot rakennetaan erillisviemäreinä, ei näin ole kaikkialla Euroopassa. Esimerkiksi Saksassa on ollut alueellista vaihtelua erillisviemäröinnin ja sekaviemäröinnin osalta. Pohjois-Saksassa on rakennettu erillisviemäreitä, kun taas Etelä-Saksassa on suosittu enemmän sekaviemäröintiä. Sekaviemäröinti toteutuksessa on kuitenkin kiinnitetty huomiota sateiden aiheuttamiin tulvahuippuihin erilaisten ylivuototankkien muodossa. (Weiss & Brombach 2007)

Vuonna 2019 valmistuneen rakennetun omaisuuden tilan raportin mukaan Suomessa oli kyseisenä aikana 50 000 km viemäriverkostoa josta 12 %, eli 6 000 km on erityisen huonossa kunnossa (ROTI 2019). Suomen tilanne viemäriverkoston osalta on hyvin samankaltainen esimerkiksi Ison-Britannian kanssa, jossa vuonna 2002 kaikkiaan 10 % viemäriverkostosta oli luokiteltu huonokuntoiseksi (Ellis & Revitt 2002). Vuosittain Suomessa verkostojen saneeraukseen käytetään 120 miljoonaa euroa, joka on 0,5-1 % verkostojen kokonaispääomasta. Saneerauksiin käytetty summa on kuitenkin riittämätön korjausvelan kasvun pysäyttämiseksi. Tarvittava taso korjausinvestoinneille tulisi olla 2-3 % pääoman arvosta, eli 320 miljoonaa euroa vuodessa. (ROTI 2017)

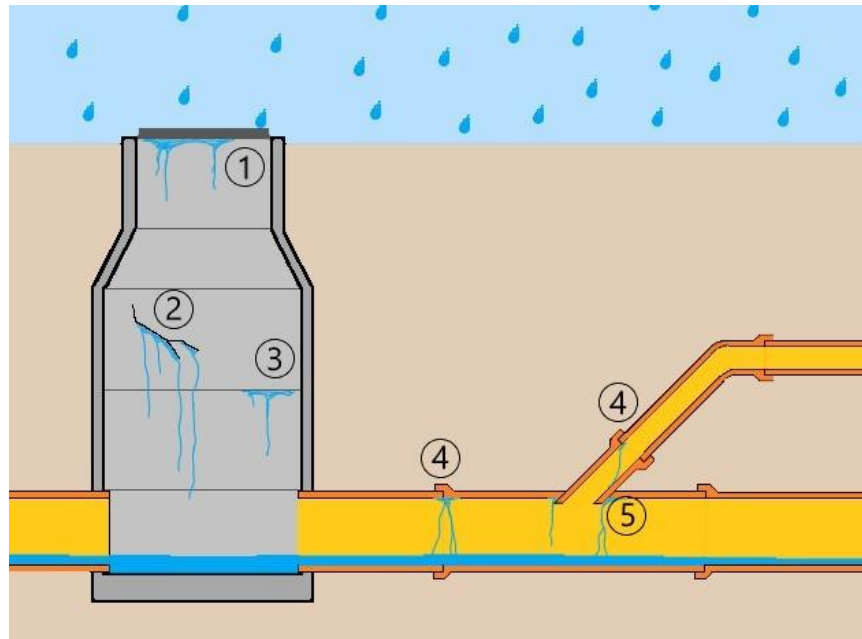
2.2.2 Vuotovedet viemäriverkostossa

Vuotovedet käsittävät sekä viemärin sisään vuotavia vesiä, että viemäristä ulospäin vuotavia vesiä. Sisäänpäin vuotavista vesistä puhuttaessa käytetään termejä infiltration (suotautuminen) sekä inflow (vuotaminen), joista johdetaan yleisesti vuotovesistä puhuttaessa kansainvälisesti käytetty termi I/I. Kun verkostoon vuotaa vesiä sekä sisään

että ulos, käytetään termejä infiltration (sisään suotautuminen) sekä exfiltration (ulos suotautuminen), joista johdetaan kansainvälisesti yleisesti käytetty termi I/E. I/I-tyyppisessä vuotovesitilanteessa viemäriputkistoon suotautuu vettä maaperästä ja tämän lisäksi sinne vuotaa sadevesiä maan pinnalta. (Ellis & Revitt 2002) Kyseisessä vuotovesitilanteessa kustannukset pumppaamoilla sekä puhdistamoilla kasvavat energiankulutuksen, kunnossapidon tarpeen sekä jätevedenmäärän kasvaessa (Sola *et al.* 2018). I/E-tyyppisessä vuotovesitilanteessa jätevesiviemäriin suotautuu sisäänpäin pohjavettä, mutta samanaikaisesti verkostosta suotautuu jätevettä maaperään. Kyseinen vuotovesitilanne ei aiheuta samassa määrin kustannusten nousua kuin I/I-tyyppinen vuotovesitilanne, mutta I/E-tyyppisessä vuotovesitilanteessa korostuu ympäristölle mahdollisesti aiheutuva haitta. (Ellis & Revitt 2002)

I/I-vuotovesitilanteessa verkostoon kulkeutuu sekä hitaita vuotovesiä (infiltration), että nopeita vuotovesiä (inflow). Hitaita vuotovesiä ovat sellaiset vuotovedet, jotka kulkeutuvat verkostoon maaperästä joko pohjaveden tai sateiden aiheuttamien vajovesien myötä (Water Environment Federation 2011). Hitaiden vuotovesien lähteitä ovat muun muassa vahingoittuneet tai vialliset putket, putkiliitokset sekä tarkastuskaivot (Sola *et al.* 2018, Water Environment Federation 2011). Pohjavedenpinnantasolla sekä maaperän kosteusprosentilla on vaikutusta hitaiden vuotovesien esiintymiseen. Korkea pohjavedenpinnataso ja hyvin kostea maaperä lisäävät hitaiden vuotovesien esiintymisen mahdollisuutta. Rankat tai pitkät sadejaksot lisäävät maaperän kosteuspitoisuutta, jolloin myös hitaiden vuotovesien esiintymisriski kasvaa. Hitaat vuotovedet näkyvät tyypillisesti pumppaamoilla ja jätevedenpuhdistamoilla virtauksissa muutaman päivän viiveellä. (Water Environment Federation 2011)

Nopeita vuotovesiä ovat sellaiset vuotovedet, jotka kulkeutuvat verkostoon suoraan sateiden vaikutuksesta. Nopeiden vuotovesien lähteitä ovat muun muassa kaivojen kanavat, laittomat putkiliitokset sekä kattovedet. Nopeat vuotovedet näkyvät virtaamissa pumppaamoilla ja jätevedenpuhdistamoilla tyypillisesti muutama tunti sadetapahtuman jälkeen. Sateen kestolla, intensiteetillä ja vuotokohdalla on suuri merkitys millaisen pienen nopeat vuotovedet aiheuttavat virtaamaa. (Water Environment Federation 2011) Kuvasta 6 nähdään eräitä vuotovesien lähteitä, joista numero 1 lukeutuu nopean vuotoveden lähteeksi ja loput esitetyistä lukeutuvat hitaiksi vuotovesi lähteiksi.



Kuva 6. Eräitä jätevesiverkoston vuotovesitilanteita. 1: Tarkastuskaivon kannen välistä tapahtuva vuoto. 2: Tarkastuskaivon halkeamasta tapahtuva vuoto. 3: Tarkastuskaivon renkaiden välistä tapahtuva vuoto. 4: Putkiliitoksen saumasta tapahtuva vuoto. 5: Putkiliitoksen liitoskohdasta tapahtuva vuoto.

On olemassa useita syitä, jotka altistavat verkoston vuotovesille. Putkiston ammattitaidon asennus, huonolaatuiset materiaalit sekä riittämätön ylläpito altistavat verkoston rappeutumiselle. Myös ympäristön ennakoimaton vaikutus, kuten liikenteestä aiheutuva paine tai maanpainuminen, voivat aiheuttaa vaurioita verkostoon. Verkoston laajeneminen, ja sitä kautta putkiliitosten ja tarkastuskaivojen lisääntyminen tarjoavat uusia reittejä vuotovesille. Kaiken edellä mainitun lisäksi liian vähäinen investointi verkostojen saneeraukseen aiheuttaa verkoston ikääntymistä. (Ellis & Revitt 2002)

Verkostoon kulkeutuvan vuotoveden määrää voidaan arvioida erilaisilla menetelmillä. Yksinkertaisin tapa, jolla voidaan karkeasti määrittää vuotovesien suuruutta, on vähentää kaikesta käsitellystä jätevedestä puhdistamon alueelle toimitetun käyttöveden määrä. Erotukseksi jäävä osuus on tällöin vettä, joka kulkeutuu verkostoon vuotovenä. Huomioon tulee kuitenkin ottaa, että edellä mainitussa tapauksessa alueelle myyty vesi sisältää vesijohtoverkostossa tapahtuvien vuotojen osuuden sekä paloposteista laskuttamattomana vetenä käytetyn veden. Tarkempaan vuotovesimäärään voidaan päästä käyttämällä laimennusmetodia tai vesitasemetodia, jotka Sola *et al.* (2018) esittelevät tutkimuksessaan. Laimennusmetodissa vuotovesien määrä perustuu henkilön tuottamaan tiettyyn kokonaisfosforin määrään sekä tiettyyn jäteveden määrään, jotka vaihtelevat maittain. Kyseinen metodi vaatii päivittäisen kokonaisfosforinmäärän

mittaamisen jätevedenkäsittelylaitoksella. Vesitasemetodissa vuotovesien määrä perustuu henkilön tuottamaan tiettyyn jäteveden määrään sekä mittauspisteeseen toimitettuun käyttöveden määrään. Vesitasemetodilla voidaan selvittää pienenkin verkostoalueen vuotovesien kokonaismäärää. Edellä mainituista metodeista vesitasemetodi on käyttökelpoisin, kun tarkoitus on selvittää jätevesiverkoston vuotovesien määrää.

2.3 Hulevesien hallinta taajama-alueella

Hulevesien hallinnan suunnittelulla ohjataan aluekuivatusta, torjutaan taajamatulvia sekä suojellaan pinta- ja pohjavesiä (Hulevesiopas 2012). Maankäyttö- ja rakennuslain (5.2.1999/132) mukaan hulevesien hallintaan liittyvät toimet asemakaava-alueella ovat kunnan päätösvalan alaisuudessa ja kunnan tulee huolehtia siitä, että asemakaava-alueella ryhdytään tarpeellisten hulevesijärjestelmien toteuttamiseksi. Kunta voi kuitenkin tehdä vesihuoltolain (9.2.2001/119) 17§ nojalla sopimuksen vesihuoltolaitoksen kanssa, jonka mukaan vesihuoltolaitos vastaa hulevesien viemäroinnistä omassa hulevesiverkostossaan erikseen määritellyllä alueella. Parhaiten hulevesienhallintaa voidaan ohjata kunnan laatimalla hulevesistrategialla tai hulevesiohjelmalla (Hulevesiopas 2012).

Vuonna 2014 maankäyttö- ja rakennuslakiin (Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 682/2014) lisättiin hulevesiä koskeva lainkohta, joka oikeuttaa kuntia perimään erillistä hulevesimaksua kattaakseen hulevesijärjestelmien ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia. Vuoden 2018 lopussa yli 30 kuntaa on ottanut hulevesimaksut käyttöönsä (Pantsu 2018).

Taajama-alueella kiinteistöillä on velvollisuus liittyä kunnan järjestämään hulevesiverkostoon ja kiinteistön tulee johtaa kaikki hulevetensä tänne. Hulevesiksi katsotaan myös rakennusten kuivatusvedet. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132) Vesihuoltolain (9.2.2001/119) 17 d § kielletään kiinteistöjä johtamasta hulevesiä vesihuoltolaitoksen viemäriverkostoon poikkeustapauksia lukuun ottamatta. Poikkeustapaukseksi katsotaan tilanne, jossa viemäri on rakennettu ennen vuotta 2015 ja mitoitettu myös hulevettä varten, alueella ei ole hulevesiverkostoa johon kiinteistö voisi liittyä sekä jos vesilaitos kykenee käsittelemään vastaanottamaansa hulevettä taloudellisesti sekä asianmukaisesti. Poikkeustapauksessakin kaikkien kolmen ehdon on täytyttävä, jotta kiinteistö voisi johtaa hulevetensä viemäriverkostoon.

Hulevesien hallinta liittyy hulevesien määrän hallintaan sekä hulevedestä aiheutuvien haittojen minimointiin. Hulevesien hallinnan tavoitteina on kehittää hulevesienhallintaa asemakaava-alueen laajuisesti, pyrkiä imeyttämään ja viivyttämään hulevesiä niiden syntypaikalla sekä ehkäistä hulevesistä aiheutuvia haittoja kiinteistöille ja ympäristölle. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132). Ensisijaisesti tulisi pyrkiä hulevesien määrän vähentämiseen tai hulevesien muodostumisen estämiseen ja tämän jälkeen tulee hulevesien viivyttäminen ja imeyttäminen. Viimeisenä vaihtoehtona on hulevesien pois johtamine niiden syntypaikalta. Usein erilaiset hulevesijärjestelmät sisältävät osia hulevesiä vähentävistä, viivyttävistä, imeyttävistä sekä pois johtavista ratkaisuista. (Hulevesiopas 2012)

2.3.1 Huleveden määrän vähentäminen

Hulevesien määrän vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet ovat tehokkaimpia hulevesien hallinnan tapoja. Ratkaisevassa asemassa hulevesien vähentämisessä on läpäisemättömän pinnan vähentäminen sekä kasvillisuuden lisääminen. (Hulevesiopas 2012).

Läpäisemätöntä pintaa voidaan vähentää korvaamalla läpäisemättömiä päällysteitä läpäisevillä. Läpäisevä päällyste voi olla joko päällystekivistä tai -laatoista, avoimesta asfaltista tai läpäisevästä betonista valmistettu. Läpäisevä päällyste koostuu läpäisevästä pintakerroksesta sekä rakennekerroksesta. Rakennekerroksessa tulee olla tilaa huleveden hetkelliselle varastoimiselle. Rakennekerroksesta hulevedet imeytetään maaperään, johdetaan muualle tai kerätään säiliöön esimerkiksi viheralueiden käyttöön. (Kling *et al.* 2015)

Läpäisevän päällysteen tyyppi määrittää millaisessa ympäristössä sitä voidaan käyttää. Yleisesti läpäisevät päällysteet soveltuvat alueille, joissa ei ole vilkasta tai raskasta liikennettä eikä teollista toimintaa (Kling *et al.* 2015). Taulukossa 4 on suositeltuja käyttökohteita erilaisille läpäiseville päällysteille.

Taulukko 4. Lämpäisevän päällysteen käyttökohteita: + sopii käyttökohteeseen, (+) sopii käyttökohteeseen rajoitetusti, - ei sovellu käyttökohteeseen. (Eisenberg B., Collins L. & Smith D.R. 2015)

Käyttökohte	Avoin asfaltti	Lämpäisevä betoni	Lämpäisevä kiveys	Reikälaatta
Raskaan liikenteen pysäköintialue	+	+	+	+
Pysäköintialue	+	+	+	(+)
Kävelytiet	+	+	+	+
Pihatiet	+	+	+	+
Maantiet	(+)	(+)	(+)	(+)
Liittymäreitit	-	+	+	+
Lastausalueet	-	(+)	+	-
Säännöllinen raskas liikenne	(+)	(+)	+	(+)

Kasvillisuuden käyttö hulevesien määrän vähentämisessä perustuu kasvien kykyyn sitoa ja hyödyntää suuriakin vesimääriä transpiraation ja interseption avulla (Hulevesiopas 2012, Leppäranta *et al.* 2017). Interseption tehokkuus on riippuvainen kasvillisuuden laadusta, puuston latvuksen koosta sekä sateen kestosta. Sateen alkuvaiheessa interseptio on tehokkainta, mutta sen tehokkuus laskee sateen jatkuessa. Transpiraation voimakkuus riippuu auringonvalon määrästä, sillä fotosynteesi sekä orgaanisen aineen tuottaminen on vähäisempää pilvisellä säällä. Kasvit kuivattavat maaperää laaja-alaisesti ottaen vettä käyttöönsä, mutta koska kasvien veden otto tapahtuu juurivyöhykkeessä, pintamaan kuivuminen ei estä transpiraatiota. (Leppäranta *et al.* 2017) Pohjavedenpinnan muutoksilla voi olla vaikutusta transpiraation tehokkuuteen (Pohjavesitutkimusopas 2005).

2.3.2 Imeyttävät ja viivyttävät hulevesiratkaisut

Imeyttävät ja viivyttävät hulevesiratkaisut ovat hulevesien määrän vähentämisen jälkeen seuraavaksi tehokkain tapa hulevesien hallinnassa. Imeyttämisen tavoite on muuttaa mahdollisimman suuri osa pintavalunnasta pintakerros- ja pohjavesivalunnaksi. Imeyttävät hulevesienhallintaratkaisut ovat erityisen toimivia silloin, kun hulevesien hallintaratkaisuja suunnitellaan pohjavesialueelle tai alueelle, jossa pohjaveden pinnan aleneminen rakentamisen seurauksena on ongelma. Toisaalta pohjavesialueilla, joissa suolataan teitä, imeyttävät ratkaisut eivät ole suositeltavia. (Hulevesiopas 2012)

Imeyttävät hulevesiratkaisut vaativat toimiakseen vähintään kohtuullisesti vettä läpäisevän maaperän. Toisaalta salaojaratkaisuilla on mahdollista toteuttaa imeyttäviä hulevesiratkaisuja alueella, jossa maaperä on huonosti vettä läpäisevää. Tällöin tulee saavuttaa purkutasot, joilla salaojavedet voidaan purkaa maastoon. Jotkut imeyttävät hulevesiratkaisut, kuten imeytyskaivannot, vaativat toimiakseen esikäsittelyn kiintoaineen poistoon, jottei imeytyskaivo tukkeutuisi. Imeyttävissä ratkaisuissa tulee ottaa huomioon myös ilmasto-olosuhteet ja routaantumisen mahdollisuus talvella. Erilaisia imeyttäviä ratkaisuja imeytyskaivantojen lisäksi ovat imeytyspainanteet ja biosuodatusalueet. (Hulevesiopas 2012)

Viivyttävien hulevesiratkaisujen tarkoituksena on tasata virtaamahuippuja. Viivyttävät ratkaisut voivat olla joko luonnonmukaisia, kuten lammikot, kosteikot ja painanteet, tai rakennettuja altaita ja kaivantoja. Viivyttävissä ratkaisuissa maaperän laadulla ei ole merkitystä, vaan niitä voidaan rakentaa kaikenlaisiin ympäristöihin. Lammikot ja kosteikot ovat rakenteeltaan saman kaltaisia, ja niissä voidaan viivyttää suurenkin valuma-alueen hulevesiä. Rakennetut altaat voivat muistuttaa lammikoita tai ne voivat olla rakennettu keinotekoisien altaan oloiksi. Painanteet ovat ympäröivää maastoaan hieman alempana sijaitsevia alueita, joihin vesi ohjataan lammikoitumaan. (Hulevesiopas 2012)

2.3.3 Hulevesien pois johtaminen

Viimeisin vaihtoehto hulevesien käsittelyssä on hulevesien poisjohtaminen alueelta. Hulevesien poisjohtamismenetelmät voidaan jakaa pinta- ja putkiratkaisuihin. (Hulevesiopas 2012)

Pintaratkaisut soveltuvat alueille, joilla on runsaasti rakentamatonta pinta-alaa järjestelmän toteuttamiselle. Luonnonmukaisilla pintajärjestelmillä, kuten avo-ojilla, viherpaineilla, puroilla ja rakennetuilla uomilla voidaan hidastaa virtaamia ja tämän lisäksi osa hulevedestä imeytyy maaperään sekä haihtuu ilmakehään. Luonnonmukaisilla pintajärjestelmillä kyetään myös laskeuttamaan osa huleveden sisältämistä kiintoaineista ja epäpuhtauksista. Avo-ojat ja viherpaineet ovat toimintaperiaatteeltaan samankaltaisia, mutta ne eroavat esimerkiksi luiskakaltevuuksien ja kasvillisuuden määrän osalta toisistaan. Purot ja rakennetut uomat ovat keskenään samankaltaisia. Erona on

lähinnä se, että rakennetut uomat on varta vasten muokattu luonnonmukaisen kaltaiseksi vesiuomiksi, kun puro taas itsessään on luonnonmuokkaama vesiuoma. (Hulevesiopus 2012)

Rakennetut kanavat ja kourut ovat pinnallisia, rakennettuja järjestelmiä hulevesien pois johtamiselle. Kanavat ovat yleensä betonista tai kivistä rakennettuja suoraviivaisia rakennelmia, joilla voidaan johtaa suuriakin hulevesimääriä. Niiden leveys ja syvyys voivat vaihdella paljon ja niiden reunat voivat olla kaltevuudeltaan hyvin jyrkkiä, tai jopa pystysuoria. Kanavissa ei tapahdu imeytymistä, mutta virtaamia voidaan hidastaa erilaisten patorakenteiden avulla. Jos rakennetun kanavan yhteydessä halutaan tapahtuvaksi myös imeytymistä, tulee sen yhteyteen suunnitella erillisiä viivytysaltaita. Kourut on tarkoitettu pienempien hulevesimäärin pois johtamiseen. Kourut voivat olla toteutettu hyvin monella eri tavalla, ne voivat olla avoimia ja matalia painanteita tai sitten ne voivat olla jyrkkäreunaisia ja melko syviä katettuja ratkaisuja. Yleisiä kourujen rakennusmateriaaleja ovat betonilaatat, betonikivet tai luonnonkivet. (Hulevesiopus 2012)

Putkijärjestelmässä hulevesi pyritään johtamaan tehokkaasti pois syntypaikaltaan ja erityisesti tiiviisti rakennetulla alueella, jossa pintajärjestelmille ei ole tilaa, se on perusteltu hulevesiratkaisu. Hulevesien putkiratkaisut pyritään toteuttamaan ensisijaisesti painovoimaisesti viettoviemäreinä, mutta maaston muotojen ja purkukorkeuksien mukaan se ei aina ole mahdollista. Kun hulevesiviemärintä ei kyetä järjestämään viettoviemärinä, voidaan rakentaa hulevesipumppaamo. Hulevesipumppaamot ovat jätevesipumppaamojen kaltaisia. Suurin ero pumppaamoilla on se, että hulevesipumppaamoille sallitaan lyhytaikainen ympäristöön tulviminen. Vaikka hulevesien hallinta menetelmänä käytettäisi putkiratkaisua, tulee hulevesien johtamista jätevedenpuhdistamolle välttää. (Hulevesiopus 2012)

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Kohdealue

Työssä tarkastelukohteena oleva Metsäläntien tutkimusalue sekä Sahansuon pumpaamo sijaitsevat Viialassa, Akaan kaupungissa. Akaan kaupunki sijaitsee Tampereen ja Hämeenlinnan välissä Pirkanmaan maakunnassa. Akaan kaupunki muodostui 2007, kun Toijala ja Viiala yhdistyivät kuntaliitoksen kautta. Myöhemmin myös Kylmäkoski yhdistyi Akaan kaupunkiin. Akaan pinta-ala on 315,06 km² ja asukasluku vuonna 2017 on ollut 16 927 henkilöä. (Akaa 2019)

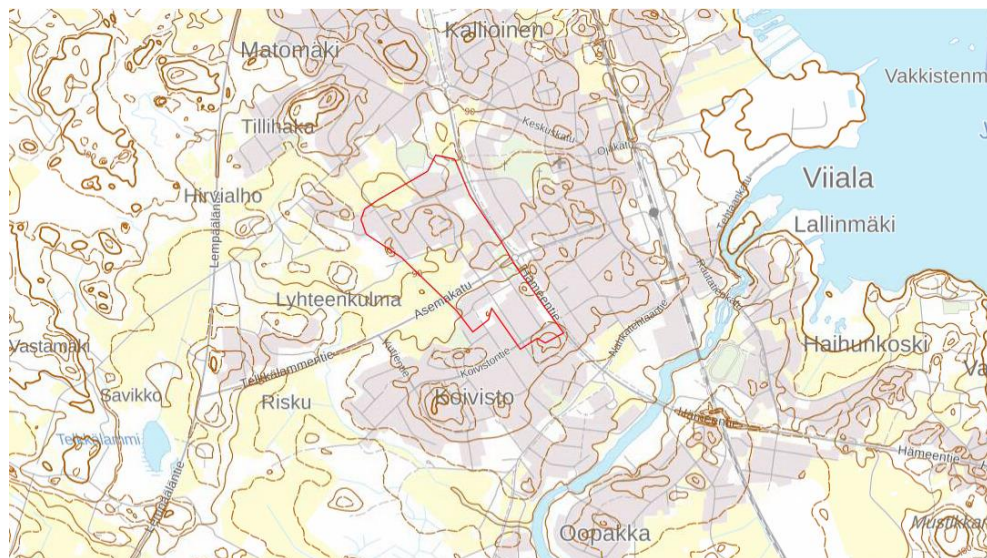
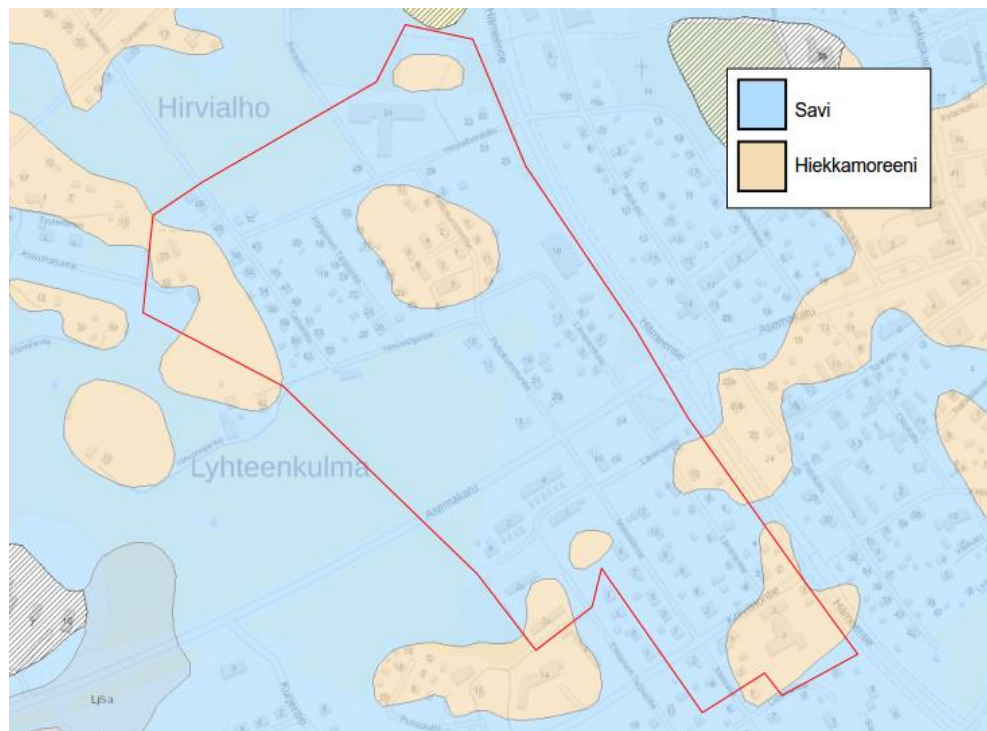
Akaan jätevedenpuhdistamo on biologinen rinnakkaissaostus laitos. Se on valmistunut vuonna 1977 ja sitä on laajennettu sekä saneerattu vuosina 1993 ja 2018. Jätevedenpuhdistamolla käsitellään Toijalan, Viialan, Kylmäkosken ja Kalvolan alueiden, sekä elintarviketehdas Kymppi-Maukkaat Oy:n jätevedet (Ympäristölupapäätös 2012, Vuosikertomus 2017). Akaan jätevedenpuhdistamo siirtyi 2012 vuoden alussa Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy:n operoitavaksi Akaan liittyttyä vesi-yhtiöön (Ympäristölupapäätös 2012). Vuonna 2017 Akaan jätevedenpuhdistamolla käsiteltiin yhteensä 1 970 470 m³ (5 399 m³/vrk) jätevettä, josta laskutettua jätevettä oli 787 107 m³. Vuotovesiprosentti puhdistamolla vuonna 2017 oli 60 %. Laitoksen toimivuuden kannalta vuotovesimäärä on kestävä ja runsaiden vuotovesien takia jätevedenpuhdistamo ei ole pystynyt täyttämään lupaehtoja. (Vuosikertomus 2017)

Vuotovesitilanne on näkynyt Akaan jätevedenpuhdistamolla runsaina ohitusjuoksutuksina rankkasateiden sekä sulamisvesien aikaan. Kyseisinä aikoina jätevedenpuhdistamolle saapuvan veden määrä on niin suuri, ettei sitä ole kyetty puhdistamaan millään järkevällä käytössä olevalla prosessilla ja ohitusjuoksutus on jäänyt ainoaksi vaihtoehdoksi. Ohitusjuoksutus on tehty ohjaamalla osa jätevedestä saostuksen jälkeen purkujokeen. Jotta ohitusjuoksutuksista aiheutuvaa ympäristön kuormitusta pystyttäisi vähentämään huippuvirtaamien aikana, alkoi vuoden 2018 alussa laitoksella saneerausprojekti, jossa sinne rakennetaan Actiflo-selkeytysprosessi. Selkeytysprosessi kaksinkertaistaa huippuvirtaamissa laitoksen käsittelykapasiteetin ja sen avulla saadaan poistettua ohitusjuoksutetusta jätevedestä fosforia, kiintoainetta sekä BHK:ta. (Hakala J. 2018)

Jätevedenpumppaamoita Akaassa on 76 kappaletta, joista 29 sijaitsee Viialassa, 28 Toijalassa ja 19 Kylmäkoskella. Metsäläntien tarkastelualueelta jätevedet johdetaan viettoviemäriä pitkin Sahansuon pumppaamolle. Sahansuon pumppaamolle johdetaan pumppaamon valuma-alueen vesien lisäksi jätevesiä kuudelta pumppaamolta, jotka keräävät vetensä viettoviemäreiden ja pienempien pumppaamoiden kautta. Varsinaisia ylivuotoja ympäristöön ei Sahansuon pumppaamolta tapahdu, vaan pumppaamon kapasiteetin ylittyessä jätevedet johdetaan Viialan vanhan, käytöstä poistetun puhdistamon altaisiin. Sahansuon pumppaamolta jätevedet johdetaan Akaan jätevedenpuhdistamolle kahden pumppaamon kautta (Seppälä M. 2019)

3.2 Metsäläntien tarkastelualue

Metsäläntien tarkastelualue sijaitsee Akaan Viialassa Koiviston, Lyhteenkulman ja Hirvialhon kaupunginosien alueella. Tarkastelualueen maaperä koostuu pääasiassa savesta sekä muutamista pienistä moreenimuodostelmista (kuva 7). Maastonmuodot tarkastelualueella ovat melko tasaisia maaston laskeutuessa kohti tarkastelualueen keskiosaa (kuva 7). Alueella ei olla suoritettu maaperätutkimuksia, joten oletus alueen maaperästä perustuu maaperäkattatarkastelun tuloksiin. Tarkastelualueella on yhteensä 2,75 kilometriä viemäriverkostoa ja sen pinta-ala 36,4 ha. Viemäriverkoston pituudessa on huomioitu alueen pääviemärit, kokoojaviemärit, kerääjäviemärit sekä tonttviemärit.



Kuva 7. Metsäläntien tarkastelualueen sijoittuminen maaperäkartalla sekä peruskarttarasteriviiva-kartalla.

Metsäläntien alue on yleisesti ottaen hyvin märkä ja alueen asukkaat ovat raportoineet alueella ilmenneistä pintakuivatukseen liittyvistä ongelmista. Alueen viemäriverkosto on rakennettu pääosin 1960 – 1980 luvuilla ja sen kunnon on epäilty olevan huono. Alueen on epäilty olevan yksi suurimmista syistä Sahansuon pumppaamalla esiintyviin vuotovesiin, mutta alueella ei ole tehty tarkempia tutkimuksia. Näiden syiden takia tar-

kemmat tutkimukset alueella olivat tarpeellisia. Tutkimustulosten avulla olisi myös mahdollista käynnistää yhteishanke Akaan kaupungin kanssa Metsäläntien alueen aluekuivatuksen parantamiseksi. Tehokkaalla aluekuivatuksella olisi merkittävä vaikutus viemäriverkoston vuotovesien määrään.

Metsäläntien tarkastelualueella tutkittiin alueen fyysisiä rajoitteita sekä viemäriverkoston, hulevesiverkoston ja aluekuivatuksen tasoa. Tutkimusmenetelminä olivat pohjavedenpinnan seuranta, viemärikuvausten tulkinta, rakennuskannan analysointi, virtaamien seuranta valituissa jäteveden runkokaivoissa sekä jäteveden ja vuotoveden määrien mallinnus. Tavoitteena oli selvittää mahdollisia vuotovesien lähteitä ja määriä sekä laatia eri skenaarioita aluekuivatuksen parantamiseksi.

3.2.1 Tarkastelualueen rakennuskanta ja hulevesien hallinta

Metsäläntien tarkastelualue on pääasiassa pientaloaluetta, jossa sijaitsee omakotitaloja. Poikkeuksena on alueella sijaitseva koulu, Viialan terveysasema, varastohalli sekä kaksi suurempaa varastorakennusta. Alueella ei sijaitse teollisuuslaitoksia. Rakennuskannan kartoitus suoritettiin maastotutkimuksena. Tarkastelualueella sijaitsee yhteensä 105 kiinteistöä, joista 48 % on kellarillisia ja 52 % matalaperusteisia. Tässä työssä oletettiin kattovedet rännikaivoihin keräävien kiinteistöjen johtavan sadevetensä jätevesiverkoston.

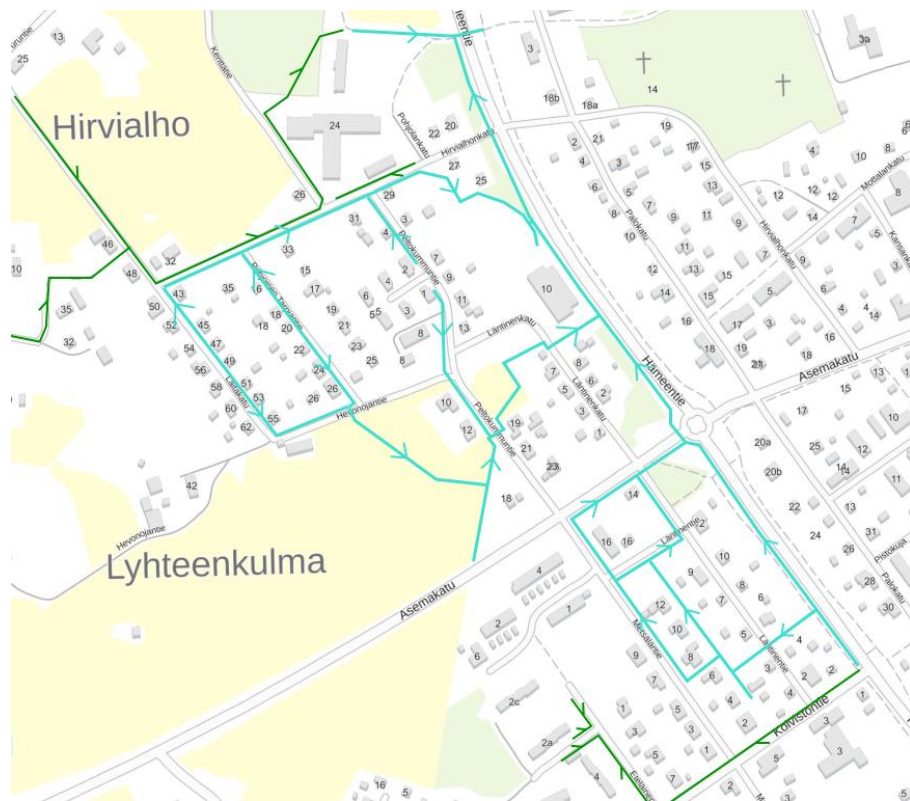
Alueen pientaloille sekä rivitaloille laskettiin keskimääräinen kiinteistön kattopinta-ala sekä keskimääräiset tonttikoot (taulukko 5). Tämän lisäksi laskettiin, kuinka suuri osa tontista on läpäisemätöntä pintaa. Läpäisemättömäksi pinnaksi katsottiin rakennukset sekä asfaltti, betonilaatta ja sorapäällysteet. Keskimääräistä tonttikokoa laskiessa jätettiin huomioimatta selkeästi keskimääräistä omakotitalotonttia suuremmat tontit, joita olivat koulun, terveyskeskuksen, kahden varastohallin sekä Koivuharjuntien tontit. Keskimääräistä kiinteistön kokoa laskiessa jätettiin huomiotta selkeästi keskimääräistä omakotitaloa suuremmat rakennukset, joita oli koulu, terveyskeskus sekä varastorakennukset.

Taulukko 5. Metsäläntien tarkastelualueen kiinteistöjen, tonttien ja läpäisemättömän pinnan keskimääräiset koot.

	Pientalo		Rivitalo	
	Keskimääräinen koko [m ²]	Vaihteluväli [m ²]	Keskimääräinen koko [m ²]	Vaihteluväli [m ²]
Tontti	1387	792 - 2255	3583	2154 - 3823
Kiinteistö	144	54 - 284	569	370 - 561
Läpäisemätön pinta	277	101 - 605	1088	651 - 2021

Metsäläntien tarkastelualueen kiinteistöt on rakennettu pääasiassa 1970-luvulla. Kyseisenä aikana pientalojen perustamistavat määrittä rakennustietokortti RT 810.20 (1971) niin kellarillisten kuin matalaperusteisten kiinteistöjen osalta. Kellarillisella kiinteistöllä suositeltu perustamissyvyys oli 1,0 – 2,0 m ja matalaperusteisella talolla perustettaessa koheesiomaalle, suositeltu perustamissyvyys oli puolet routasyvyydestä. Maksimi routasyvyys Pirkanmaalla vuosien 1980 – 2000 välisenä aikana on ollut 80 cm, joten voidaan olettaa matalaperusteisten rakennusten perustamissyvyyden olevan noin 0,5 m. Vettä läpäisemättömässä maaperässä salaojituksen avulla kerätty kuivatusvesi ei pääse imeytymään ympäröivään maaperään, vaan ne ohjataan joko hulevesiverkostoon, maastoon tai jätevesiverkostoon. Tarkastelualueella matalaperusteisten kiinteistöjen kuivatusvedet on mahdollista ohjata osittain maastoon, mutta kellarillisissa kiinteistöissä kuivatusvedet voidaan ilman pumppausta ohjata ainoastaan viemäriverkostoon.

Tarkastelualueella sijaitsee n. 1800 metriä huleveden putkijärjestelmää. Putkijärjestelmä sijaitsee alueen pohjoisosassa Koivuharjuntien, Laitakadun ja Hirvialhonkadun varsilla sekä eteläosassa Koivistontien varrella. Putkijärjestelmä kattaa vain pienen osan tarkastelualueesta. Pääasiassa hulevesien hallinta ja pintakuivatus hoidetaan alueella avo-ojien avulla (kuva 8). InfraRYL:n (2017) mukaan avo-ojien kaltevuuden tulisi olla vähintään 3 ‰.



Kuva 8. Metsäläntien tarkastelualueen ojaverkosto sekä hulevesiverkosto.

Rakennuskannan ja hulevesienhallinnan tarkastelun tavoitteena oli selvittää, millaisen potentiaalisen vuotovesimäärän alueen kattovesistä muodostuu, sekä onko nykyisellä hulevesiverkostolla mahdollista suorittaa aluekuivatusta.

3.2.2 Viemäriverkosto tarkastelualueella

Metsäläntien tarkastelualueella on viemäriverkostoa yhteensä 2745 metriä. Viemäriverkoston pituudessa on huomioitu alueen pääviemärit, kokoojaviemärit, kerääjäviemärit sekä tonttiviemärit. Alueella on suoritettu viemäriverkostojen kuvaus vuoden 2018 huhti – toukokuun aikana. Viemärikuvausta ei kuitenkaan ole suoritettu kaikissa alueen jäteveden runkoviemäreissä ja kuvauksen ulkopuolelle on jäänyt Laitakadun, Pohjoisen Tarpiantien, Koivuharjuntien ja Kumpukujan jätevesiviemärit sekä osa Peltokummuntien viemäreistä. Osasta kuvatun alueen kaivoista oli laadittu myös kaivokortit.

Viemärikuvaus antaa vahinkoraportin, jossa viemäriin vauriot on jaoteltu neliportaisesti vaurion vakavuuden mukaan (1 lievin vaurio ja 4 vakavin vaurio). Kuvauksessa pisteytetään viemäriin olevat yksittäiset vauriot sekä annetaan vahinkoarvio kahden kaivon väliselle viemäriputkiosuudelle. Viemäreiden vaurioita tarkasteltiin sekä kartan avulla,

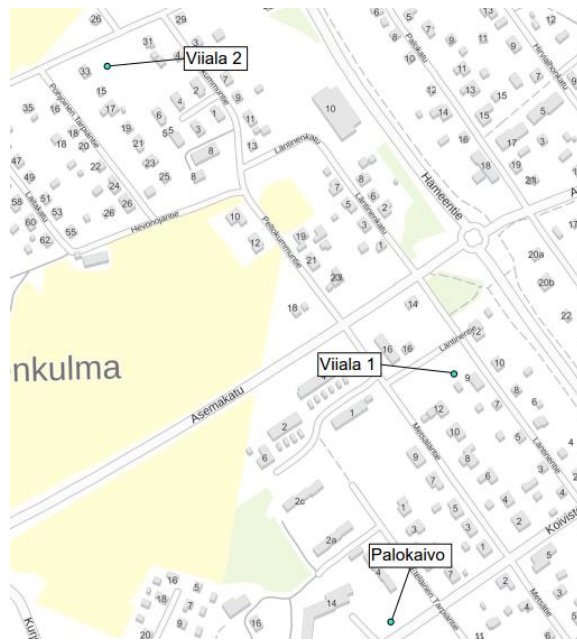
että laskennallisesti. Tarkastelun tavoitteena oli selvittää viemäriverkoston nykyinen kunto.

Karttatarkastelussa viemäreiden vauriot sijoitetaan verkostokartalle vaurion sijaintikohtaan ja vaurioiden vakavuus värikoodataan. Laskennallisessa vauriokartoituksessa tarkastellaan viemäriputkistoa sen kokonaisvauriotuloksen, yksittäisten vaurioiden sekä kaivojen vaurioiden kannalta. Yksittäisten vaurioiden ollessa kyseessä huomioon otetaan myös kyseisen viemäriputkiston kokonaispituus. Kaivokorteissa otetaan huomioon kaivojen sekä liitosten vuotavuus. Vauriot sekä putkistokuvauksissa että kaivokorteissa on ilmoitettu neliportaisella asteikolla.

3.2.3 Pohjavesi tarkastelualueella

Metsäläntien tarkastelualue ei sijaitse varsinaisella pohjavesialueella. HS-Vedellä ei ole Viialan eikä Toijalan alueella säännöllistä vedenottoa, jonka seurauksena alueella ei ole myöskään pohjaveden tarkkailuputkia. Pirkanmaan ELY keskuksella on Viialan ja Toijalan alueella joitain pohjaveden tarkkailuputkia, mutta kyseisten tarkkailuputkien mittausdata ei ole käyttökelpoista.

Aluetta kartoitettiin pohjaveden mittaukseen soveliaiden vesikaivojen löytämiseksi. Tarkastelualueen välittömästä läheisyydestä löytyi pohjavedenmittaukseen soveltuva käytöstä poistettu palokaivo ja tämän lisäksi tarkastelualueelle asennettiin kaksi pohjaveden pinnankorkeuden mittaamiseen soveltuvaa pohjavedentarkkailuputkea (kuva 9). Tarkastelun tavoitteena oli selvittää pohjaveden pinnan tason suhde viemäriverkoston sijaintiin.

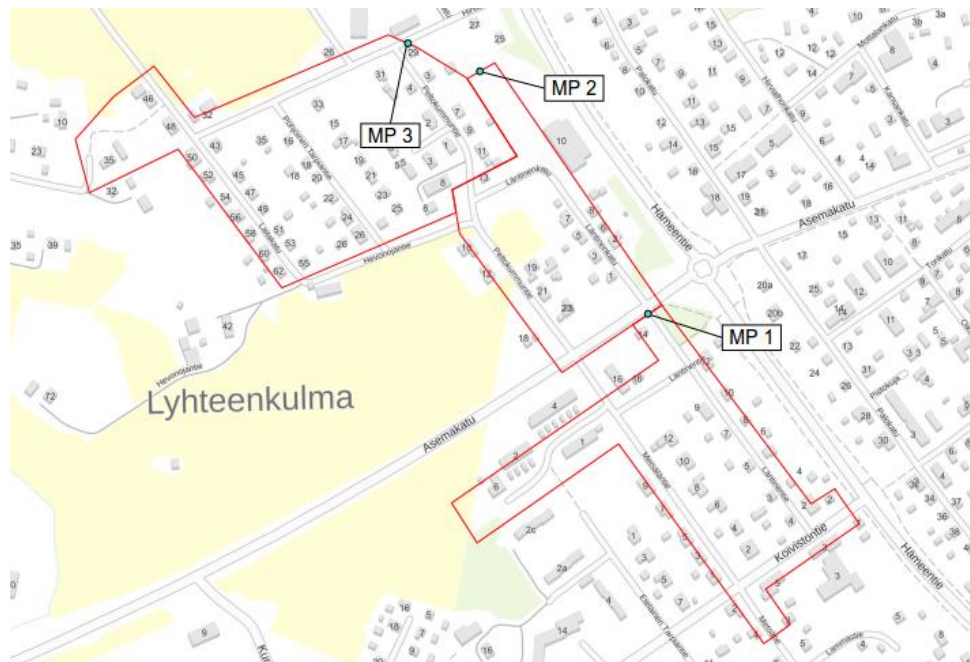


Kuva 9. Pohjavedentarkkailuputkien sekä palokaivon sijainti Metsäläntien tarkastelualueella.

3.2.4 Pinnakorkeuksienmittaus ja vuotovesien mallintaminen

Vuotovesien määrää Metsäläntien tarkastelualueella tutkittiin asentamalla kolmeen eri jäteveden runkokaivoon pinnankorkeudenmittauslaitteisto (Cello CSO -loggeri). Mahdollisimman edustavan mittauks tuloksen saavuttamiseksi mittakaivo ei saanut olla runkoviemärin risteyskohdassa ja mahdollisuuksien mukaan tuli löytää runkokaivo, jonne ei tullut jäteveden tonttiliitoksia.

Alue jaettiin kolmeen kokonaisuuteen, joista ensimmäinen käsitti tarkastelualueen eteläisen osan Koiviston alueella, toinen tarkastelualueen keskiosan ja kolmas alueen pohjoisen osan Hirvialhon alueella (kuva 10). Jokaista aluetta seurattiin yhden loggerin avulla. Mittaukset alueella aloitettiin 19.3.2019. Tarkastelun tavoitteena oli kartoittaa vuotovesien osuutta jätevedestä tarkastelualueen eri osissa.



Kuva 10. Pinnakorkeuksien mittauspisteet (MP) sekä aluejako.

Loggerimittauksessa saatuja tuloksia käytettiin hyväksi vuotovesimäärien mallintamisessa. Mallinnus suoritettiin FCGSwmm ohjelmalla. Ohjelmassa oli valmiiksi luotu vuotovesimalliin, jonka päälle rakennettiin koko Metsäläntien tarkastelualueutta käsittävä malli.

Vuotovesien mallinnusta varten tuli selvittää laskennallinen jäteveden määrä, joka saatiin jakamalla vuosikulutusennusteen mukainen käyttöveden määrä kaavan 4 mukaisesti.

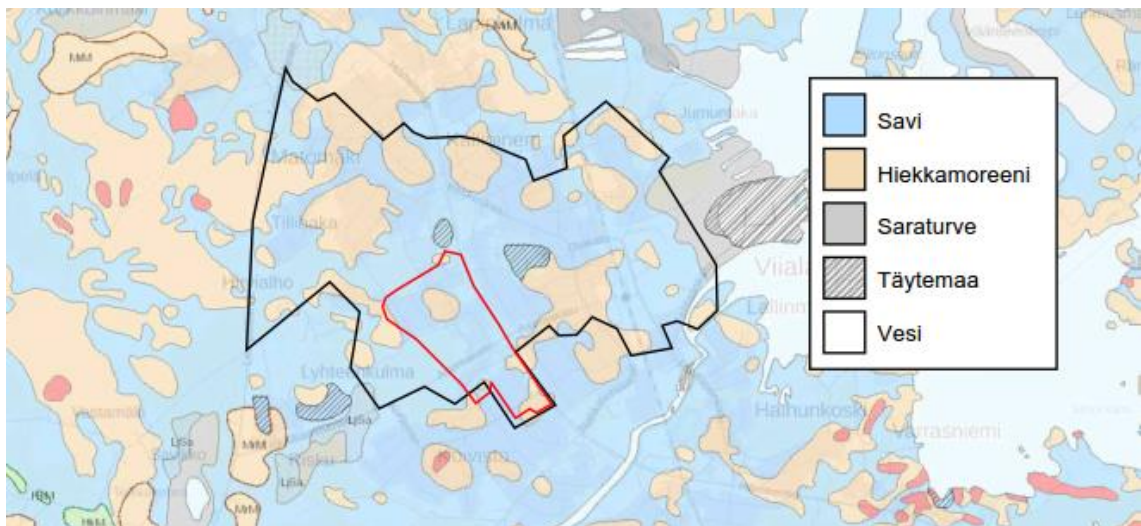
$$\text{Laskennallinen jätevesi } \frac{l}{s} = \frac{\frac{\text{Vuosikulutusennuste } \frac{m^3}{a}}{365 \frac{d}{a}}}{86400 \frac{s}{d}} \cdot 1000 \frac{l}{m^3}. \quad (4)$$

Jätevesimallinnuksessa jokaisen mittauspisteen yläpuolelle luotiin kaksi käyttöpaikkaa. Ensimmäiseen käyttöpaikkaan syötettiin aluejaon mukaiset (kuva 10) laskennalliset jätevedenmäärät tuplattuna. Toiseen käyttöpaikkaan syötettiin vuotoveden määrää, jota interpoloitiin kunnes pinnankorkeus mallinnetussa loggeri-kaivossa asettui halutulle tasolle.

Mallinnusta varten laskennallinen jätevedenmäärä tuplattiin eräänlaiseksi varmuuskerroimeksi. Tämän avulla pyrittiin varmistamaan, ettei vuotovesien osuutta jätevesivirtaamassa yliarvostettaisi.

3.3 Sahansuon pumppaamo

Sahansuon pumppaamon valuma-alue sijaitsee Akaan Viialassa Koiviston, Lyhteenkulman, Hirvialhon, Tillihaan, Matomäen, Kallioisen ja Vakkistenmäen alueella. Pumppaamon valuma-alueen maaperä koostuu pääasiassa savesta ja moreenista sekä muutamasta täyttömaa alueesta (kuva 11). Pumppaamon valuma-alueella on yhteensä 19 kilometriä viemäriverkostoa. Viemäriverkoston pituudessa on huomioitu alueen pääviemärit, kokoojaviemärit, kerääjäviemärit sekä tonttiviemärit. Pumppaamon valuma-alueen pinta-ala on 246 ha. 15 % pumppaamon valuma-alueen viemäriverkostosta sijaitsee Metsäläntien tarkastelualueella.

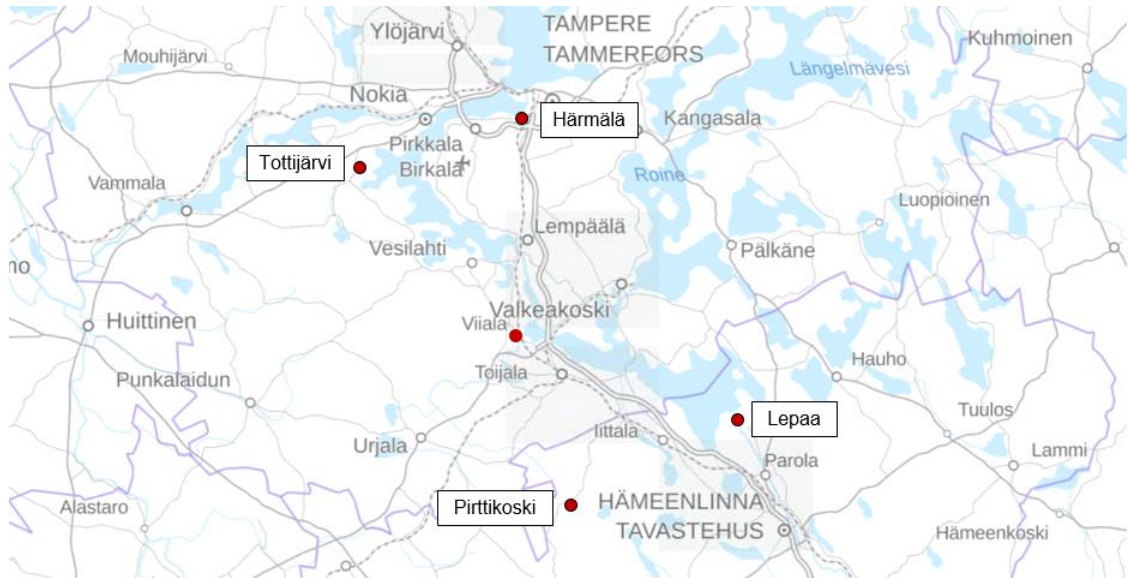


Kuva 11. Sahansuon pumppaamon sijoittuminen maaperäkartalla. Sahansuon pumppaamon valuma-alue on esitetty mustalla rajauksella ja Metsäläntien tarkastelualue punaisella rajauksella.

Sahansuon pumppaamolle pumpataan jätevesiä yhteensä kuudelta jätevedenpumppaamolta. Sahansuon pumppaamoa tarkastellessa pumppaamon kokonaisvirtaamasta vähennettiin sinne pumppaamalla johdettu jätevesi, jolloin jäljelle jäi ainoastaan Sahansuon pumppaamon valuma-alueelta viettoviemäreitä pitkin kulkeutuva vesimäärä.

Pumppaamon virtaamatietojen käsittelyssä käytettiin sade-, lämpötila- ja lumitilastojen tietoja. Sadetietojen osalta käytettiin sateen intensiteetin ja sadekertymän tietoja. Tiedot kerättiin ilmatieteenlaitoksen Avoin data-palvelusta (Ilmatieteenlaitos 2019). Akaan alueella ei ole sääasemaa, joten alueelta ei ollut mahdollisuutta saada tarkkaa säädataa. Säädata kerättiin neljältä lähimmältä sääasemalta (suluissa ilmoitetaan etäisyys

sääaseman ja tarkastelualueen välillä), jotka sijaitsivat Hattulan Lepaassa (33 km), Hämeenlinnan Pirttikoskella (24 km), Tampereen Härmälässä (29 km) sekä Nokian Tottijärvellä (31 km). Sääasemien sijainti suhteessa Akaan Viialaan on kuvassa 12.



Kuva 12. Sääasemien sijoittuminen suhteessa Akaan Viialaan.

Sateen vuorokautisia kertymätilastoja kerättiin Lepaan, Härmälän, Pirttikosken sekä Tottijärven sääasemilta. Lumen, sateen intensiteetin sekä lämpötilojen tietoja kerättiin Lepaan ja Härmälän sääasemilta. Kerätystä datasta laskettiin keskiarvotilastoja, joita käytettiin Pumppaamon virtaamatulkinnoissa. Sahansuon pumppaamon sekä sen yläpuolisten pumppaamoiden virtaamatietoja kerättiin Neuroflux-järjestelmästä. Tarkastelujen tavoitteena oli selvittää pumppaamolle kulkeutuvien vuotovesien tyyppisiä ja määriä sekä Metsäläntien tarkastelualueen vaikutusta pumppaamon virtaamiin.

3.3.1 Kevätsulannan ja sateiden vaikutus pumppaamoon

Kevätsulannan ja sateiden vaikutusta Sahansuon pumppaamon virtaamiin kartoitettiin kerättyjen lämpötila-, lumen syvyys, sadekertymä-, ja sadeintensiteettitietojen perusteella. Kevätsulannan osalta merkittäviä tekijöitä olivat tiedot lämpötiloista, lumen syvyyksistä sekä pumppaamon virtaamatiedot. Sateiden osalta merkittäviä olivat tiedot sadekertymästä, sateiden intensiteetistä sekä pumppaamon virtaamatiedot. Kummasakin tapauksessa tavoitteena oli selvittää, kuinka suuri osa pumppaamon virtaamista koostuu nopeista vuotovesistä, joiden lähteenä oli joko kevätsulannan tai sateiden aikaiset valunnat.

3.3.2 Pohjaveden vaikutus pumppaamoon

Pohjaveden vaikutusta Sahansuon pumppaamon virtaamiin kartoitettiin laskennallisen jätevedenmäärän perusteella. Laskennallinen jäteveden määrä arvioitiin Sahansuon pumppaamon valuma-alueen kiinteistöjen vuotuisen vedenkulutusarvion perusteella. Tarkastelun tavoitteena oli selvittää, kuinka suuri osa pumppaamon virtaamista koostuu hitaista vuotovesistä, joiden lähteenä oli maaperässä sijaitsevat vedet.

3.4 Ratkaisut vuotovesien hallintaan

Tutkimustulosten perusteella laadittiin erilaisia aluekuivatusratkaisuja. Ratkaisuille laskettiin investointikustannukset, jotka perustuivat laskennallisiin kaivantosyvyyksiin, putkimateriaalien hintoihin sekä perustusratkaisuihin, jotka soveltuivat alueen maaperään. Investointeihin laskettiin mukaan myös pumppaamon hinta, jos sellainen vaihtoehdossa ratkaisussa esiintyi. Investointilaskelmat tehtiin infrahankkeiden FORE kustannuslaskelmaohjelmistolla. Laskelmissa eriteltiin hulevesirakentamisen osuus.

Aluekuivatusratkaisujen lisäksi pohdittiin vaihtoehtoa, jossa hulevesiverkostoa ei rakennettaisi ja erityisesti kellarillisten kiinteistöjen kuivatusratkaisuksi jäisi kiinteistökohtaiset hulevesipumppaamot.

4. TULOKSET

4.1 Kattovedet ja pintakuivatuksen taso

Tarkastelualueen kiinteistöistä 56 % kerää kattovetensä rännikaivoon ja 44 % johtaa kattovetensä maastoon. Kattovetensä rännikaivoihin johtavien kiinteistöjen yhteenlaskettu katopinta-ala oli 12 880 m². Laskennassa käytettiin alueen keskimääräisiä kattopinta-alojen kokoja. Kun keskimääräinen vuotuinen sadekertymä on 625 mm, kertyy tarkastelun kohteena olevien kiinteistöjen kattovesiä 8050 m³/vuodessa. Sahansuon virtaamasumma vuonna 2017 oli 309 301 m³, on kattovesien osuus tällöin 2,6 % Sahansuon pumppaamon vuoden 2017 virtaamasummasta.

Kattovesien määrää tarkasteltiin myös sateen intensiteetin kautta. Tarkastelu tehtiin kahden vuoden välein toistuvan sadetapahtuman mukaisella intensiteetillä ja sadekertymiä tarkasteltiin erimittaisten sadetapahtumien kannalta (taulukko 6).

Taulukko 6. Sadekertymät kahden vuoden välein toistuvan sateen intensiteetin mukaan erimittaisten sadetapahtumien mukaisesti.

Sateen kesto	Kattovesien määrä	
	m ³ /min	m ³ /sadetapahtuma
5 min	14,4	72
10 min	10,3	103
15 min	8,6	129
30 min	5,3	159
1 h	3,6	215
3 h	1,9	336
6 h	1,1	413
12 h	0,7	517
24 h	0,4	620

Kattovesistä kertyviä sadesummia verrataan Sahansuon pumppaamon virtaamatietoihin Sahansuon pumppaamon tulosten yhteydessä.

Avo-oja kartoitusten seurauksena todettiin joidenkin sadevesirumpujen kaatojen olevan väärään suuntaan, jonka vuoksi vesi padottui rumpujen tuloaukoille. Avo-ojat padottivat vettä paikoitellen ja niiden huolto oli lyöty laimin osassa ojaverkostoa. Osa kiinteistöjen

ja tien välisistä ojista oli peitetty ja poistettu käytöstä. Koiviston puolen pintavedet kulkeutuvat Asemakadun ja Hämeentien risteyksessä olevan sadevesirummun kautta Lyhteenkulman puolelle. Rummun yläpuolisen ojan kaltevuus on hyvin pieni ja vesi paddottui rummun suulle. Pääasiassa ojien kaltevuudet olivat 3 ‰ tai enemmän ojien tarkemitatuilta osilta.

Tarkastelualueella ei sijaitse varsinaisia hulevesiä imeyttäviä tai hulevesien määrää vähentäviä hulevesiratkaisuja. Maaperä alueella ei ole otollinen kyseisten ratkaisujen toteuttamiselle ja tällöin ainoa vaihtoehto on johtaa syntyneet hulevedet pois paikalta. Olemassa oleva ojaverkosto kykenee kuljettamaan alueella esiintyvän pintavalunnan ainakin osittain pois. Sen sijaan alueen pohjavaluntaan ei voida avo-ojilla vaikuttaa pohjaveden sijaitessa lähellä maanpintaa ja maaperän koostuessa savimaasta. Tällöin maaperä on koko ajan vedellä kyllästynyt, eikä avo-ojat kykene kuivattamaan aluetta pintakuivattamista syvemmillä. Alueen hulevesien putkijärjestelmän korkosijainti oli pääasiassa Hirvialhon puolella 1,5 – 2,5 m maanpinnasta ja Koiviston puolella 1 – 1,5 m. Pohjavedenpinnan sijaitessa tarkastelujakson aikana

4.2 Viemärikuvausten tulkinta

Laskennallisen vauriokartoituksen tulokset ovat taulukossa 7.

Taulukko 7. Viemärikuvausten ja kaivojen kartoituksen perusteella lasketut vauriot 100 metriä, putkea ja kaivoa kohden.

Katu	Vauriota / 100 m	Vauriota / putki	Vauriota / kaivo
Metsätie	31,9	4,0	4,0
Metsäläntie	29,0	3,0	3,4
Puistokatu	11,2	2,8	0,3
Koivistontie	5,5	2,0	0,0
Läntinentie	16,9	3,8	2,0
Peltokummuntie	29,6	3,7	1,0
Asemakatu	12,6	3,0	
Läntinenkatu	13,8	3,3	2,5
Hirvialhonkatu	9,2	3,0	

Karttatarkastelu osaltaan antoi vakavimmat vauriot Peltokummuntielle sekä Metsätielle. Yhteistarkastelussa, jossa huomioon otettiin mukaan sekä laskennallinen tarkastelu

että kartta tarkastelu, vakavimmat vauriot sijoittuivat Metsäläntien, Metsätien ja Peltokummuntien verkostoissa. Näiden lisäksi runsaita vaurioita esiintyi Läntisellätiellä ja huomionarvoisen paljon vaurioita esiintyi Läntiselläkadulla.

Metsätie

Metsätielle tarkastelualueella sijaitseva viemäri linja on 150 betoniputkea, asennusvuotta ei ole tiedossa. Viemäri linjan pituus on 44 metriä. Putkistokuvauksen mukaan kyseinen viemäri linja on pahoin vaurioitunut (taso 4), putkessa on pintavaurioita ja se puuttuu paikoitellen lähes kokonaan (taso 4). Putki on myös pahoin painunut ja siinä on sortumavaara. Putkilinjan pohjoisessa päässä tutkimukset on jouduttu keskeyttämään painaumien johdosta. Viemäri linjan tonttiliitokset vuotavat paikoitelleen kaivoihin (taso 3). Kokonaisuutena kyseinen viemäri linja on hyvin huonossa kunnossa.

Metsäläntie

Metsäläntien viemäri linja on 225 betoniputkea, asennusvuosi 1974 ja pituus 262 metriä. Viemäri kuvauksen mukaan kyseisellä viemäri linjalla on halkeamia ja painaumuksia putkissa. Putkista löytyy myös joitain pistemäisiä vaurioita (taso 3), lähinnä poikkihalkeamia. Viemäri linjan eteläisessä päädyssä yhdellä kaivovälillä putki on erittäin huonossa kunnossa, siinä on vakavia halkeamia sekä sortumavaara. Viemäri linjan tonttiliitokset vuotavat paikoitellen kaivoihin (taso 3 ja 4). Kokonaisuutena kyseinen viemäri linja on hyvin huonossa kunnossa.

Peltokummuntie

Peltokummun viemäri linja on 225 betoniputkea, asennusvuotta ei ole tiedossa. Viemäri linjan pituus on 135 metriä. Viemäri kuvauksen mukaan kyseisellä viemäri linjalla on runsaasti halkeamia, painaumuksia, linja on takalaskuinen ja paikoitellen koko viemäri linjan matkalta putki puuttuu kokonaan. Viemäri linjalla on useita pistemäisiä vaurioita (taso 3 ja 4), lähinnä pintavaurioita. Viemäri linjan kaivot ovat melko hyvässä kunnossa lukuun ottamatta päättyvää kaivoa, jonka renkaat ovat liikkuneet niin, että kaivoon pääsee maa-ainesta. Yksi tonttiliitos vuotaa kaivoon (taso 3). Viemäri linjalla on myös tonttiliitoksia piiloliitoksella putken kylkeen. Putkiston osalta kyseinen viemäri linja on hyvin huonossa kunnossa.

Läntinenkatu

Läntisenkadun viemäriinjo on 200 muoviputkea, asennusvuosi 1988 ja pituus 296 metriä. Viemäriinjo eteläisessä osassa esiintyy pahoja painaumuksia sekä yksi pistemäinen pystysuuntainen vaurio, mutta kokonaisuutena viemäriinjo eteläinen osa on melko hyvässä kunnossa. Viemäriinjo pohjoisessa osassa sen sijaan esiintyy useita pistemäisiä vakavia vaurioita, pääasiassa vaakasuuntaisia sekä pystysuuntaisia muodonmuutoksia. Kuvaus on jouduttu keskeyttämään muodonmuutosten takia. Viemäriinjo tonttiliitokset vuotavat muutamassa liitoksessa kaivoihin (taso 3). Putkilinjaston pohjoinen osa on huonossa kunnossa.

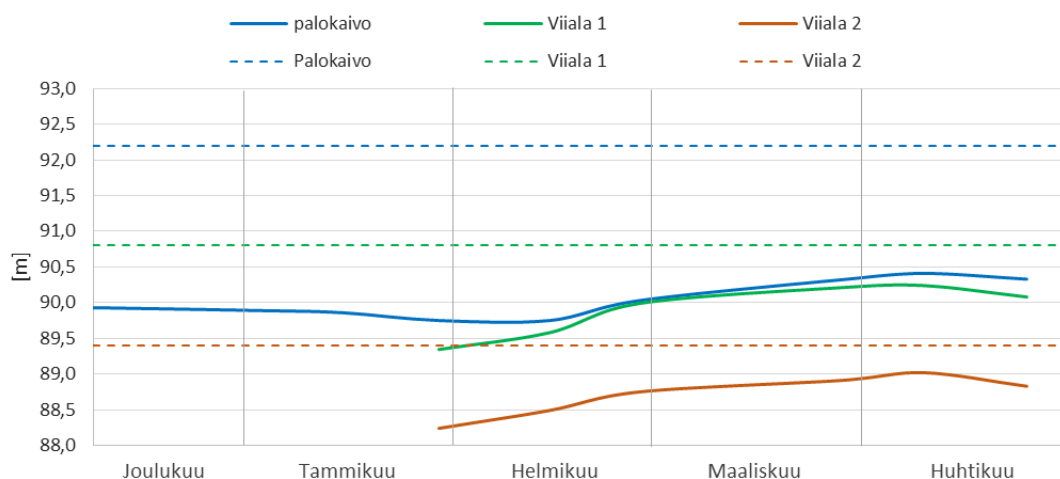
Läntinentie

Läntisentien viemäriinjo on eteläisessä osassa 225 betoniputkea ja pohjoisessa osassa 200 muoviputkea, kummankin putken asennusvuosi on 1987. Viemäriinjo pituus on 437 metriä. Viemärikuvauksen mukaan viemäriinjo pohjoinen osa on melko hyvässä kunnossa, kyseisessä osassa esiintyy muutamilla kaivoväleillä painaumuksia sekä muutama pistemäinen (taso 4) vaurio. Sen sijaan viemäriinjo eteläisen osan betoniputki on pahoin vaurioitunut. Viemäriolosuhteilla esiintyy runsaasti pistemäisiä vaurioita (taso 3 ja 4), jotka ovat pintavaurioita, verkkohalkeamia sekä viemäriin tunkeutuneita juuria. Kahdessa kohtaa kuvaus on jouduttu keskeyttämään painauman takia tai koska putkea ei käytännössä ole ollut enää ollenkaan jäljellä. Viemäriinjoalla muutama tonttiliitos vuotaa kaivoihin (taso 3 ja 4). Putkilinjaston eteläinen osa on huonossa kunnossa.

Karttatarkastelu ja laskennallinen tarkastelu antoivat samansuuntaisen tuloksen, molempien tarkastelujen mukaan alueen betoniviemärit ovat huonoimmassa kunnossa. Kuvauksessa esiin tulleet vauriot ja suoranaiset putkien puhki syöpymiset altistavat verkoston runsaille vuotovesille. Myös kaivoissa havaitut puutteet ja vauriot altistavat verkoston vuotovesille.

4.3 Pohjavesi tarkastelualueella

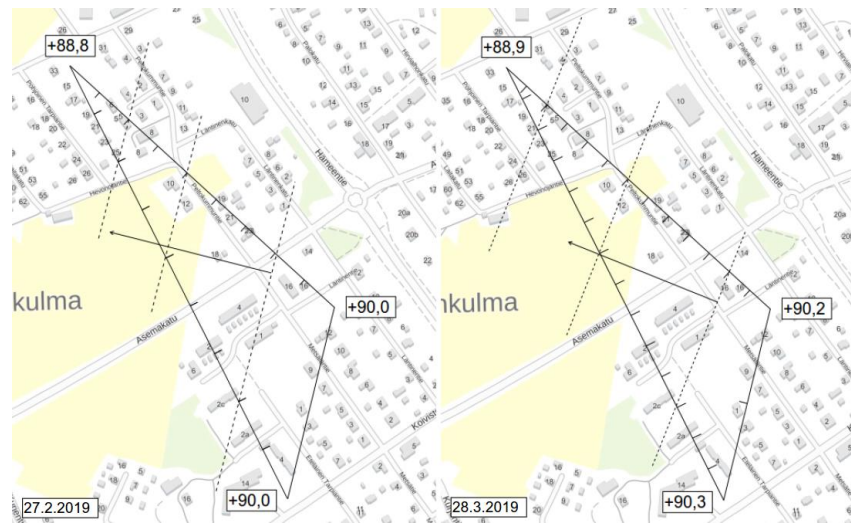
Ensimmäinen mittaus palokaivosta suoritettiin 10.12.2018 ja ensimmäiset mittaukset pohjavesiputkista suoritettiin 29.1.2019. Mittauksia suoritettiin noin kahden viikon välein kaikissa kolmessa kohteessa (kuva 13).



Kuva 13. Pohjavedenpinnanmittauksen tulokset. Pohjavedenpinnantasot on merkitty yhtenäisellä viivalla ja maanpinnantasot katkoviivalla. Tarkastelujakso joulukuu 2018 – huhtikuu 2019.

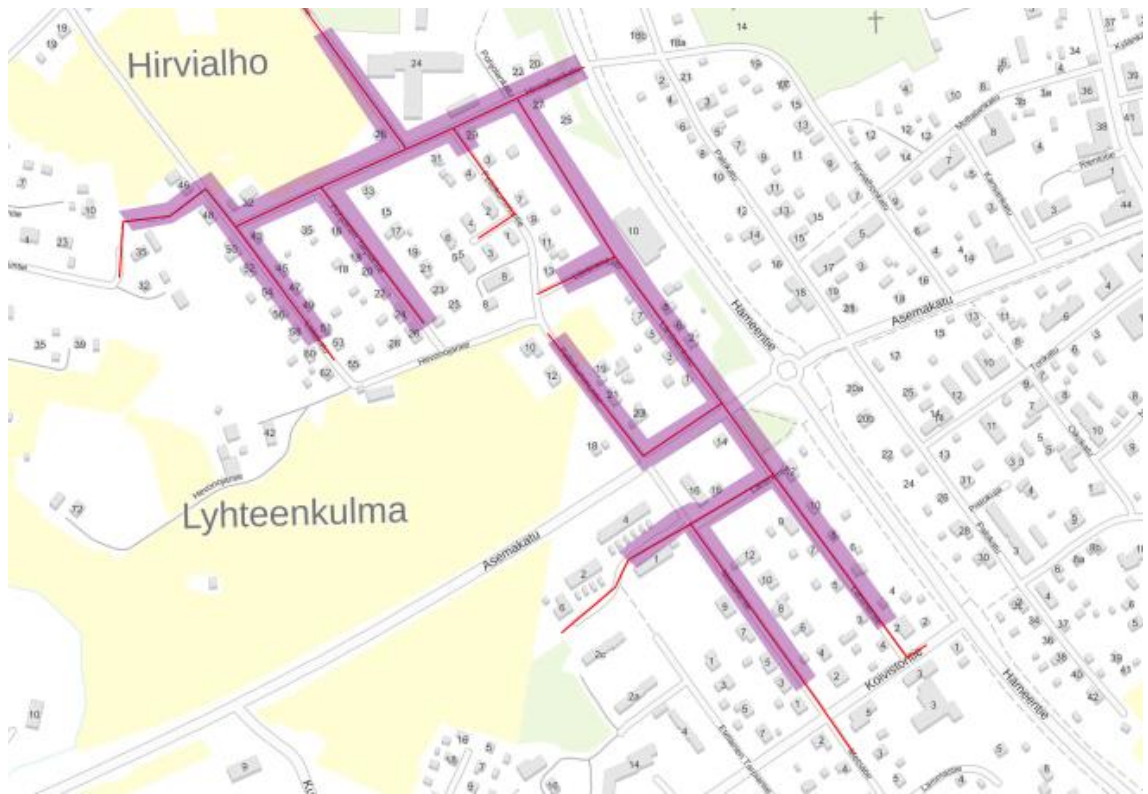
Vuoden 2018 lopussa pohjaveden pintojen tasot olivat hyvin alhaalla ja niiden ennustettiin pysyvän yleisesti keskimääräistä matalammalla tasolla. Koska tarkastelualueella ei ole suoritettu aikaisemmin pohjavedenpinnan tarkkailua, oletetaan mittausten aloitusajankohtana alueen pohjaveden tasojen olevan keskimääräistä tasoa alempana. Pohjavedenpinnan taso laski palokaivon mittauspisteessä helmikuun puoleen väliin saakka, jonka jälkeen kaikissa mittauspisteissä pohjavedenpinnantasot nousivat tasaisesti huhtikuun alkuun saakka saavuttaen maksimitasonsa. Tämän jälkeen pohjavedenpinnantasot kääntyivät laskuun. Pohjavedenpinnantasot noudattavat vuoden 2019 kevään kevät sulantaa, joka alkoi helmikuun alussa ja jatkui aina huhtikuun alkuun saakka.

Koska alueella ei ole suoritettu maaperätutkimuksia, ei voida sanoa onko alueella sijaitseva pohjavesi varsinaisessa pohjavesikerroksessa vai esiintyykö se orsivetenä. Ei myöskään voida sanoa mitään maaperästä pintamaan alapuolella yli 1 m syvyydessä. Näin ollen pohjaveden virtausnopeuksista maaperässä ei voida esittää mitään laskennallisia arvioita. Pohjaveden virtaussuuntaa määritettiin karkeasti kolmen mittauspisteen avulla vuoden 2019 helmikuun sekä maaliskuun lopun mittaustuloksilla (kuva 14). Pohjaveden virtaussuunta alueella oli karkeasti luoteiseen suuntaan. Pohjaveden pinnan korkeuksien muutokset mittauspisteissä eivät mainittavasti muuttaneet pohjaveden virtaussuuntaa. Pohjaveden virtaussuunta oli karkeasti ottaen yhtenevä tarkastelualueen eteläisellä puolella sijaitsevan viemäriverkoston virtaussuunnan kanssa.



Kuva 14. Pohjaveden virtaussuunnan määrittäminen kahden eri mittaustuloksen avulla kolmen mittapisteen menetelmällä.

Pohjavedenpinnan sekä viemäriverkoston suhdetta määritettiin pohjavedenpinnan mittaustulosten perusteella, jotta nähtiin missä laajuudessa viemäriverkosto jää pohjavedenpinnan tason alapuolelle. Määrittämisessä käytettiin 29.1.2019 suoritetuista mittaustuloksista, jolloin pohjavedenpinnan tasot olivat palokaivossa +89,75, Viiala 1:ssä +89,35 ja Viiala 2:ssä +88,24. Pohjavedenpinnan suhteeseen viemäriverkoston näkyy kuvassa 15.

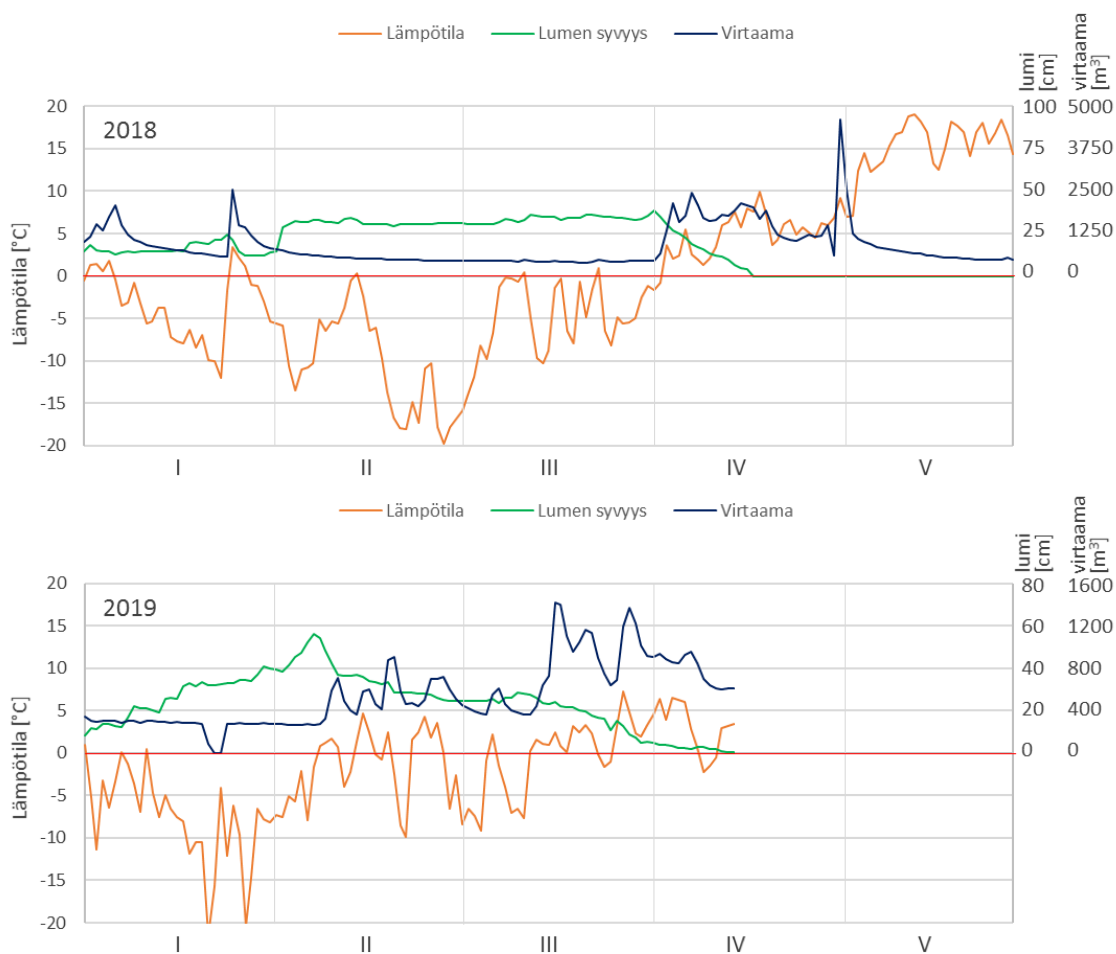


Kuva 15. Metsäläntien tarkastelualueen viemäriverkoston ja pohjavedenpinnan välinen suhde. Kuvassa violetilla rajattu alue kuvaa aluetta, jolla viemäriverkosto jää pohjavedenpinnan alapuolelle.

Lähes koko tarkastelualueen jätevesiviemäriverkosto jää pohjaveden pinnan alapuolelle tarkasteluhetken pohjavedenpinnan tasoilla. Alueen keskellä sijaitseva pieni moreenialue sekä verkoston reunamat jäivät pohjavedenpinnan yläpuolelle. Alueelle laskettiin myös routaraja, joka kulki vuoden 2018 talvella 108 cm syvyydessä ja vuoden 2019 talvella 96 cm syvyydessä. Jätevesiverkosto sijaitsee kokonaisuudessaan laskennallisten routarajojen alapuolella.

4.4 Sahansuon pumppaamon valuma-alue

Tiedot lämpötilojen, lumen syvyyksien sekä Sahansuon pumppaamon kokonaisvirtaaman välisistä suhteista vuosina 2018 ja 2019 ovat kuvassa 16.



Kuva 16. Lämpötilat, lumen syvyydet sekä Sahansuon pumppaamon kokonaisvirtaamat vuoden 2018 tammikuun ja toukokuun välillä sekä 2019 tammikuun ja huhtikuun alun välillä. Lumen syvyys tulkitaan senttimetreissä, lämpötila celsiusina ja virtamaa kuutiometreinä.

Kummankin vuoden kuvaajasta nähdään lämpötilan vaikutus lumen sulamisen käynnistymiseen ja toisaalta taas lumen sulamisen vaikutus pumppaamon virtaamiin. Vuonna 2018 kevätsulanta on käynnistynyt huhtikuun alussa, jonka jälkeen lämpötila pysyi nol-lan yläpuolella ja kaikki lumi sulii hyvin nopeasti. Lumien nopea sulaminen näkyy vuoden 2018 virtaaman äkillisenä nousuna kevätsulannan käynnistyttyä. Vuoden 2018 tammikuussa on ollut myös hetkellinen lämmin ajanjakso, jolloin pumppaamon virtaama on kääntynyt selvään nousuun lumien sulaessa.

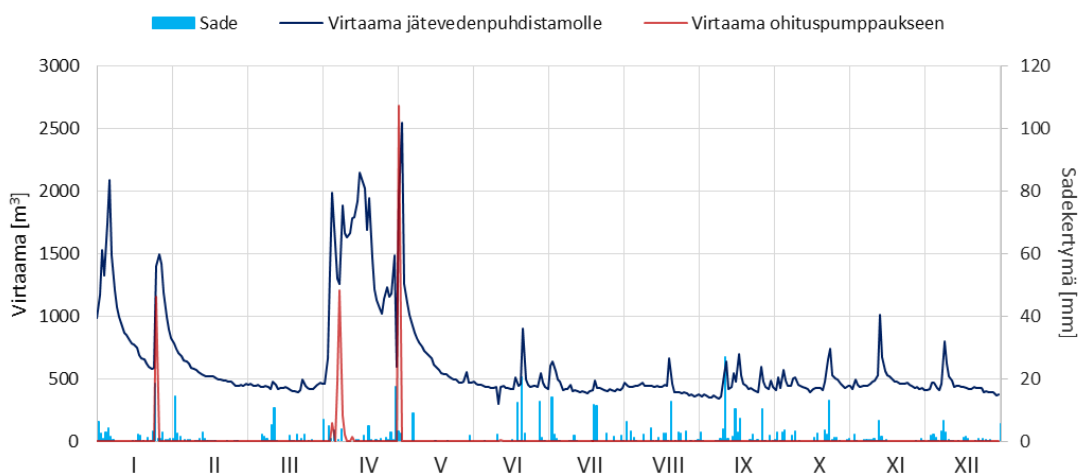
Vuonna 2019 kevätsulanta on käynnistynyt jo helmikuun alkupuolella, jonka jälkeen se jatkui huhtikuun puoleen väliin saakka lyhyiden lämpimien ajanjaksojen rytmittämänä.

Kevätsulannan jakautuminen pidemmälle aikavälille ja tästä seurannut lumien maltillinen sulaminen näkyy selvästi pumppaamon virtaamisissa. Vuonna 2018 kevään huippuvirtaama on ollut kolminkertainen verrattuna kevään 2019 huippuvirtaamaan.

Kun huomioidaan vuoden 2018 tammikuulle sijoittunut virtaamapiikki ja kevätsulannan aikaiset virtaamien lisääntymiset, on selvää, että Sahansuon pumppaamolle kulkeutuu runsaasti lumen sulamisesta aiheutuvia pintavesiä. Erityisesti tammikuun virtaamapiikissä tämä tulee ilmi maaperän oltua roudassa, jolloin lumen sulamisvedet ovat päässeet kulkeutumaan verkostoon käytännössä ainoastaan pintavaluntana. Sen sijaan pakkasjaksojen aikaiset virtaamat ovat peräisin jätevesijakeesta sekä maaperästä suotautuneesta vuotovedestä.

Vuoden 2019 virtaamatiedoissa tammikuussa virtaama on muutaman päivän ajalta ollut nollassa. Kyseisen ajanjakson aikana Akaan alueen pumppaamoilla suoritettiin datansiirtoon liittyviä toimenpiteitä, eikä kyseisenä aikana pumppaamoilta ole saatu virtaamatietoja laisinkaan.

Tarkastellessa Sahansuon pumppaamon virtaamatietoja suhteessa sadantaan vuoden 2018 aikana (kuva 17), havaittiin tammikuun lämpimälle ajanjaksolle osuneen myös sadetapahtuman, jolloin sade on tullut vetenä. Tämä on osaltaan kasvattanut pumppaamolle tulevan veden määrää yhdessä lumen sulamisvesien kanssa. Myös kevätsulannan aikaan sijoittuneet sadetapahtumat näkyvät selvänä piikkinä virtaamakäyrässä. Ohituspumppauksen käyrän piikkien sijoittuminen sulamiskausien sadetapatumien välittömään läheisyyteen kertoo osaltaan sateiden vaikutuksesta pumppaamolle saapuvista vuotovesistä. Kevätsulannan aikaan maaperä on kauttaaltaan hyvin märkää, jolloin se ei kykene vastaanottamaan lisää vettä ja sade muuttuu pintavalunnaksi. Kevätsulannan aikaiset sateiden jälkeiset virtaamapiikit ohituspumppauksissa kielivät pintavaluntojen tehokkaasta kulkeutumisesta viemäriverkostoon. Vuoden 2019 maltillisemmän kevätsulannan aikana Sahansuon pumppaamolla ei ole jouduttu turvautumaan ohituspumppauksiin.



Kuva 17. Sahansuon pumppaamon virtaamat jätevedenpuhdistamolle ja ohituspumppaukseen sekä vuorokautiset sadekertymät vuonna 2018.

Kevätsulannan jälkeisenä aikana on edelleen havaittavissa sateiden vaikutus pumppaamon virtaamiin selkeinä virtaamapiikkeinä sadetapahtumien välittömässä läheisyydessä. Tämä kieli edelleen nopeiden vuotovesien kulkeutumisesta pumppaamolle. Kesäsateiden aikaiset virtaamat ovat olleet huomattavasti kevätsulannan virtaamia maltillisempia, eikä kesäaikaan ole ollut tarvetta ohituspumppauksille.

Kattovesien osuutta kevätsulannan jälkeisistä Sahansuon pumppaamon virtaamapiikeistä tarkasteltiin karkeasti saatavilla olleiden sadetietojen perusteella. Tarkastelussa oletetaan kaikkien Metsäläntien tarkastelualueen kattovetensä rännikaivoon keräävien kiinteistöjen johtavan ne jätevesiverkoston. Kyseisiä kiinteistöjä on yhteensä 59 kappaletta. Kiinteistöjen kooksi määritettiin alueen keskimääräinen pientalon kiinteistön koko. Merkittäviä sadetapahtumia kevätsulannan jälkeisenä aikana on ollut yhteensä kahdeksan kappaletta. Huippuvirtaamat tapahtumien aikana on vaihdellut 640,2 – 1013,1 m³ välillä keskivirtaaman ollessa 540 m³. Laskennallisesti keskimäärin 6 % (vaihteluväli 2 – 14 %) tarkasteltavien tapahtumien virtaamista on mahdollisesti peräisin Metsäläntien kiinteistöjen kattovesistä. Tarkastelualueen kattovesien prosentuaalinen osuus pumppaamon virtaamista on vähäinen. Jos kuitenkin Viialan alueen rakennuskanta noudattaa Metsäläntien tarkastelualueen trendiä kattovesien käsittelyssä, voi kattovesien osuus nousta merkittäväksi tekijäksi sadetapahtumien virtaamapiikeissä.

Pumppaamon valuma-alueelle sekä tarkastelualueelle laskettiin keskimääräinen jätevesimäärä vuotuisen vedenkulutusarvion perusteella kaavan 3 mukaisesti.

Pumppaamon valuma-alueen laskennalliseksi jätevesimääräksi saatiin 181 m³/vrk. 19 % pumppaamon valuma-alueen jätevesistä muodostuu Metsäläntien tarkastelualueella, jonka laskennallinen jätevesimäärä on 34 m³/vrk.

Pohjaveden vaikutus Sahansuon pumppaamon virtaamiin nähdään, kun tarkastellaan pumppaamon kokonaisvirtaaman ja pumppaamon valuma-alueen laskennallisen jätevedentason suhdetta toisiinsa (kuva 18).



Kuva 18. Sahansuon pumppaamon virtaamat sekä laskennallinen jäteveden määrä.

Vuotovesien osuutta Sahansuon pumppaamon virtaamasta määritettiin sekä keskimääräisen kokonaisvirtaaman että perusvirtaaman avulla. Tarkasteluajanjaksoina käytettiin maaliskuun tasaista virtaamakautta sekä kevätulannan jälkeistä kesäkuukausien virtaamaa.

Maaliskuussa lämpötilan ollessa nollan alapuolella virtaamiin vaikuttaa ainoastaan maaperästä suotautuneet vuotovedet ja keskivirtaama muodostuu tällöin kyseisestä suotautuneesta vuotovesijakeesta sekä laskennallisesta jätevesijakeesta. Maaliskuun keskivirtamaksi saatiin 433 m³/vrk ja kevätulannan jälkeisen ajan kesäkuukausien keskivirtaama oli 440 m³/vrk. Kummassakaan tapauksessa ei eritelty virtaamapiikkejä laskelmista pois. Laskennallisen jäteveden määrän ollessa 181 m³/vrk, päätyy pumppaamolle 259 – 262 m³/vrk vuotovesinä jotain muuta kuin jätevettä.

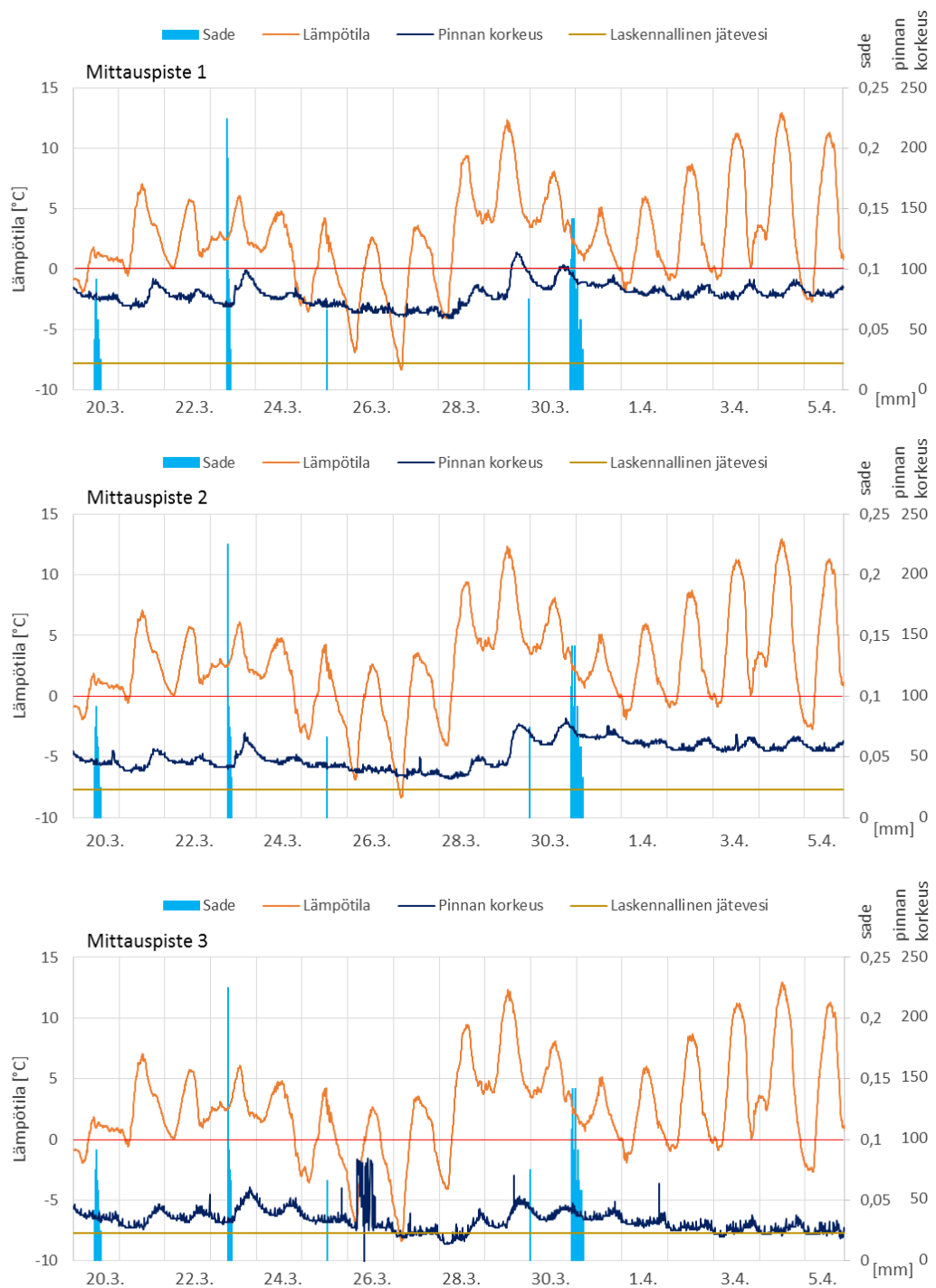
Perusvirtaamalla käsitetään pumppaamon virtaamatilanne hiljaisimman virtaaman aikana, johon ei vaikuta veden käyttö, sateet eikä kevätulanta. Käytännössä tämä hiljaisin virtaaman aika sijoittuu kevätulannan ulkopuoliselle ajanjaksolle yöaikaan, jolloin

veden käyttö on vähäisintä. Pumppaamon perusvirtaamaa tarkasteltiin sekä maaliskuun että kevätsulannan jälkeisen kesäkuukausien virtaamatietojen perusteella. Maaliskuun kohdalla lämpötilojen ollessa nollan alapuolella ei sateilla ole ollut vaikutusta pumppaamon virtaamiin ja kesäkuukausien virtaamista jätettiin virtaamapiikkien aikaiset virtaamat huomioimatta. Sekä maaliskuun että kesäkuukausien virtaamien mukaan perusvirtaama on ollut $10,8 \text{ m}^3/\text{h}$, eli $260 \text{ m}^3/\text{vrk}$.

Kun tarkastellaan sekä keskivirtaamien että perusvirtaaman kautta laskettuja vuotovesimääriä, asettuvat kumpikin hyvin lähelle toisiaan. Vuotoveden määrä kevätsulannan ulkopuolisena aikana tarkastelujen perusteella on noin 59 % pumppaamon kokonaisvirtaamasta.

4.5 Vuotovesien mallinnus

Pinnankorkeuksien mittaustuloksia tarkasteltiin suhteessa lämpötilan ja sateiden muutoksiin (kuva 19). Tarkastelulla pyrittiin saamaan selville Metsäläntien tarkastelualueen vuotovesien pääasiallisista lähteistä.



Kuva 19. Mittauspisteiden sekä lämpötilan ja sateiden välinen suhde.

Kuvasta 19 nähdään lämpötilan vaikutus mittakaivojen pinnankorkeuksien vaihteluun. Kaikissa mittapisteissä pinnankorkeus noudattaa karkeasti lämpötilojen vaihteluita ja erityisesti useamman päivän mittainen lämmin ajanjakso on vaikuttanut merkittävästi

pinnankorkeuksiin. Tästä voidaan päätellä verkostoon kulkeutuvan kevään sulamisai- kana pintavesiä. Tämän lisäksi voidaan havaita erityisesti mittapisteissä 1 ja 2 kaivojen pinnankorkeuksien olevan koko tarkastelujakson ajan korkeammalla kuin laskennallinen jätevesi. Tästä voidaan päätellä verkostoon kulkeutuvan jatkuvasti maaperästä suotau- tuneita vesiä.

Mittauspisteen 3 pinnankorkeuskäyrässä on havaittavissa 26. päivän kohdalla pinnan- korkeuden rajua muutosta. Kyseisenä päivänä mittapisteen yläpuolisessa verkostossa suoritettiin korjaustoimenpiteitä, joilla voi olla vaikutusta kaivon pinnankorkeuksiin.

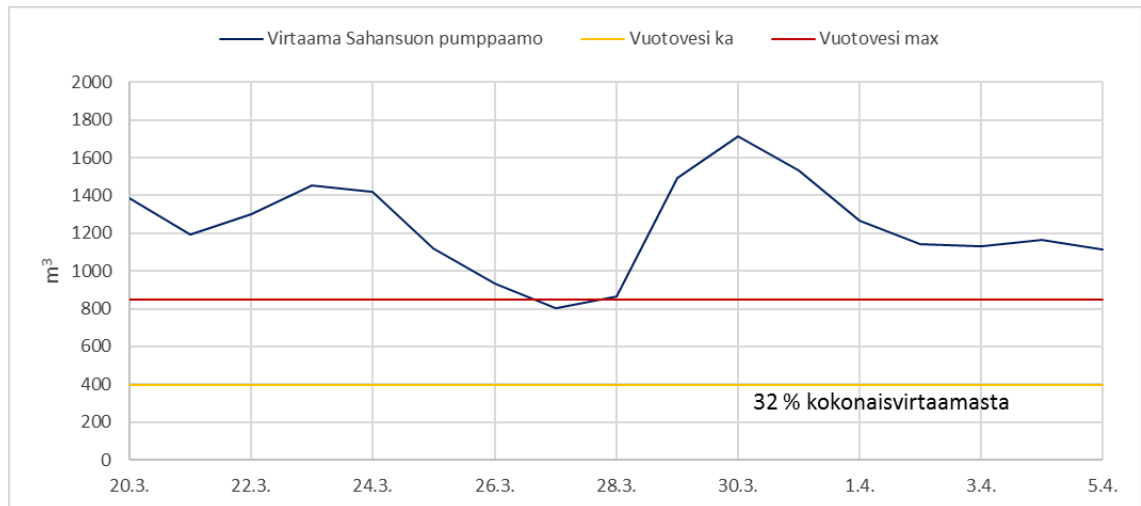
Jätevesimallinnukset tulokset ovat nähtävissä taulukossa 8.

Taulukko 8. Mallinnuksen tuloksena saatu vuotovesimäärä mittauspisteittäin.

		MP 1	MP 2	MP 3
Pinnakorkeus [mm]	ka	79	52	33
	max	115	82	100
Vuotovedet [l/s]	ka	6,46	2,66	0,73
	max	12,49	7,12	13,85
Vuotovedet [m ³ /vrk]	ka	558	230	63
	max	1079	615	1197
Vuotovesi putkimetrille [m ³ /vrk/putkimetri]	ka	0,56	0,15	0,05
	max	1,08	0,40	1,04
Vuotovesi johtokilometrille [l/s/johtokilometri]	ka	6,49	1,75	0,63
	max	12,56	4,67	12,04

Viettoviemärin virtaussuunta alueella on mittauspisteestä 1 kohti mittauspistettä 2. Kuitenkin kuvassa 19 sekä taulukossa 8 huomataan, että mittapiste 1 pinnankorkeudet ovat korkeammalla tasolla kuin mittauspisteessä 2. Loggereiden asennuksen ja korkeussäätöjen aikana tehtiin joitain huomioita mittakaivoista. Mittakaivoon 1 ja 3 kum- paankin tulee tonttiliittymä. Mittakaivoon 1 saapuvan tonttiliittymän kiinteistöön ei toimi- tettu käyttövetä, mutta liittymästä valui keskeytymättä vettä kaivoon. Vuotokohtaa ei saatu paikallistettua. Mittakaivot 1 ja 3 olivat kumpikin märkiä ja erityisesti mittakaivoon 3 valui kaivon saumoista vettä sisään. Kaivoihin liittyvät tonttiliitokset voivat aiheuttaa mittavirhettä, erityisesti kaivon 1 vuotava tonttiliitos. Putkistokuvauksen perusteella mit- tapisteiden 1 ja 2 välisellä putkisto osuudella on vaurioita. Mittapisteen 1 välittömässä läheisyydessä sijaitsevat painaumat voivat osaltaan selittää mittapisteiden 1 ja 2 välistä pinnankorkeuksien eroja.

Tarkastelualueen Koiviston puolelta saapuva virtaama asettuu todellisuudessa jonnekin mittauspisteiden 1 ja 2 välille. Koiviston puolen vuotovesien määränä käsitellään mittauspisteiden 1 ja 2 virtaamien keskiarvoja, jotka keskimääräisellä virtaamalla on $394 \text{ m}^3/\text{vrk}$ ja maksimivirtaamalla $847 \text{ m}^3/\text{vrk}$. Vuotovesien suhde Sahansuon pumppaamon virtaamiin Koiviston puolen vuotovesien keskimääräisellä- ja maksimivirtaamalla vuoden 2019 kevätulannan aikana on kuvassa 20.



Kuva 20. Sahansuon pumppaamon virtaamatiedot sekä tarkastelualueen Koiviston puolen vuotovesimäärät 20.3. – 5.4.2019 väliseltä ajalta.

Sahansuon pumppaamon kokonaisvirtaamasumma 20.3. – 5.4.2019 välisenä aikana oli $21\,023 \text{ m}^3$. Keskimääräinen vuotovesivirtaaman summa kyseisellä ajanjaksolla oli $6\,698 \text{ m}^3$ ja maksimivirtauksella $14\,39 \text{ m}^3$. Keskimääräisen virtaaman osuus pumppaamon kokonaisvirtaamasta oli 32 % ja maksimivirtaamalla 68 %. Vaikka tarkastelujakso oli hyvin lyhyt, voidaan todeta vuoden 2018 kevätulannan aikaisesta Sahansuon pumppaamon kokonaisvirtaamasta 32 % koostuvan tarkastelualueen Koiviston puolen vuotovesistä.

5. TOIMINTATAPOJA TARKASTELUALUEELLE SEKÄ TULEVILLE SANEERAUSALUEILLE

Tulosten tarkastelussa käydään läpi ratkaisut, joita tutkimusten perusteella löydettiin aluekuivatuksen parantamiseksi ja vuotovesien vähentämiseksi Metsäläntien tarkastelualueella. Käytännössä ratkaisuiksi tulivat aluekuivatuksen kokonaisvaltainen tehostus rakentamalla alueelle hulevesiverkosto tai aluekuivatuksen toteuttaminen kiinteistökohtaisilla hulevesipumppaamoilla viemäriverkoston saneerauksen yhteydessä. Lisäksi on koottu ehdotuksia toimenpiteistä, joita olisi suositeltavaa tehdä saneerausprojektien yhteydessä.

5.1 Vaihtoehtoiset aluekuivatusratkaisut

Ottaen huomioon pohjavedenpinnanmittaustulokset sekä pohjavedenpinnan vaikutus alueen kiinteistöihin, ei aluekuivatusta pystytä tehostamaan merkittävässä määrin parantamalla pelkkää pintakuivatusta. Pintakuivatus on mahdollista hoitaa jatkossakin avo-ojaverkoston avulla, mutta osittain avo-ojat vaativat kunnostusta. Paikoitellen avo-ojat puuttuvat kadun reunasta ja niiden palauttamista alueelle tulisi harkita.

Aluekuivatuksen tehostamiseksi Metsäläntien alueella laadittiin viisi erilaista suunnitelmaa, jotka perustuvat hulevesiverkoston rakentamiselle alueelle. Putkiverkoston avulla saadaan leikattua kiinteistöjen kattovesiä sekä kuivatusvesiä ja mahdollisella hulevesiviemäristön salaojituksella voidaan kuivattaa aluetta putkikaivantoihin virtaavan veden osalta. Suunnitelmista yksi on toteutettu kokonaisuudessaan viettoviemäröintinä ja neljässä on toteutuksessa mukana hulevesipumppaamo. Korkeuserojen ollessa alueella hyvin pieniä, ei vaadittuja purkukorkeuksia saavuteta ilman hulevesipumppaamoja.

Taulukkoon 9 on koottu saneeraussuunnitelmien kuvaukset. Jokaiselle suunnitelmalle laadittiin myös investointikustannuksista arvio. Kustannuslaskelmissa arviosummaa korotettiin 30 %, jolloin päästiin lähemmäksi toteutuneita kustannuksia. Suunnitelmakuvat löytyvät liitteestä A.

Taulukko 9. Saneeraussuunnitelmien kuvaukset sekä kustannusarviot.

Suunnitelma	Kuvaus	Kustannusarvio
1: Koiviston puoli viettoviemärinä	Hulevesiviemärointi tarkastelualueen Koiviston puolella. Viemärointi toteutetaan kokonaisuudessaan viettoviemärinä. Viemärin purkupiste sijaitsee alueen länsiosassa ja hulevesi purkautuu pellola sijaitsevaan ojaan. Suunnitelman mukaan oja tulee syventää lähes 3 metriin saakka.	581 100 €
2: Koiviston puoli pumppaamo I	Hulevesiviemärointi tarkastelualueen Koiviston puolella. Viemärointi toteutetaan viettoviemärinä hulevesipumppaamolle saakka. Pumppaamo sijaitsee alueen länsiosassa, josta hulevesi puretaan alueen länsiosassa pellolla sijaitsevaan ojaan. Oja ei ole tarvite syventää.	627 900 €
3: Koiviston puoli pumppaamo II	Hulevesiviemärointi tarkastelualueen Koiviston puolella. Viemärointi toteutetaan viettoviemärinä hulevesipumppaamolle. Pumppaamo sijaitsee Hirvialhon puolella Asemakadun reunassa ja huleveden purku tapahtuu pumppaamolta Hämeentien vieressä kulkevaan ojaan. Suunnitelmaan on mahdollista lisätä Peltokummuntien eteläisen osan hulevesiviemärointi (ei otettu suunnitelmassa huomioon).	664 300 €
4: Koiviston puoli pumppaamo III	Hulevesiviemärointi tarkastelualueen Koiviston puolella. Viemärointi toteutetaan viettoviemärinä hulevesipumppaamolle. Pumppaamo sijaitsee Puistokadun ja Metsäläntien risteysalueella, josta hulevesi pumpataan paineputkea pitkin Metsätiellä sijaitsevaankaivoon. Kaivosta hulevesi jatkaa viettoviemärissä kohti Tarpianjokea.	734 500 €
5: Koko alue pumppaamo	Hulevesiviemärointi koko tarkastelualueelle. Suunnitelma voidaan toteuttaa kahdessa osassa (osat A ja B).	1 803 100 €
A	A osa koskee tarkastelualueen Koiviston puoleta sekä keskiosaa. Hulevedet johdetaan viettoviemärinä Hirvialhonkadun reunaan, jossa on hulevesipumppaamo. Hulevesi puretaan joko lähellä sijaitsevaan ojaan tai sitä varten rakennetaan purkuputki, jolla hulevesi johdetaan läheiseen ojaan.	(1 106 300 €)
B	B osa koskee tarkastelualueen Hirvialhon puolta. Hulevedet alueelta johdetaan Hirvialhonkadun reunassa sijaitsevaan hulevesipumppaamoon, josta hulevesi puretaan joko lähellä sijaitsevaan ojaan tai sitä varten rakennetaan purkuputki, jolla hulevesi johdetaan läheiseen ojaan.	(696 800 €)

Suunnitelma 1 laadittiin kuvaamaan tilannetta, jossa aluekuivatus hoidettaisiin Koiviston puolella kokonaisuutena viettoviemäröinnillä. Kyseinen suunnitelma ei ole toteuttamiskelpoinen, koska purkuojaa jouduttaisiin kaivamaan syvemmäksi aina hulevesiputken

purkupisteestä ojan purkupisteeseen saakka ja suurimmillaan ojaa jouduttaisi syventämään lähes 3 m syvyyteen saakka. Suunnitelman avulla voidaan todentaa hulevesipumppaamon tarpeellisuus. Vaihtoehdoissa 2-5 hulevedet kerätään viettona hulevesipumppaamolle saakka, josta ne pumpataan purkuojaan. Suunnitelmat eroavat toisistaan kuivatettavan alueen, hulevesipumppaamon sijainnin sekä kustannusten osalta.

Aluekuivatus suunnitelmien kustannuksista eroteltiin hulevesiverkoston rakentamisen kohdistuvat kustannukset. Hulevesien hallinta ei kuulu vesihuoltoyhtiöille, mutta käytännössä vesihuoltoyhtiöt investoivat hulevesien putkiratkaisuihin ja pitkällä aikavälillä kunta maksaa investoinnin vesihuoltoyhtiölle takaisin.

5.2 Kiinteistökohtaiset perusvesi- ja hulevesipumppaamot

Tehokkaan aluekuivatukseen toteuttamiseksi tulisi kaupunki saada mukaan saneeraukseen. Jos kaupunki ei kuitenkaan ole halukas lähtemään mukaan saneeraushankkeeseen, edessä olisi tilanne, jossa hulevesiverkoston rakentaminen ei ole kannattavaa. Hulevesien putkiverkostossa vesiyhtiö omistaa ainoastaan hulevesirunkoviemäriin ja esimerkiksi viiksikaivot ja hulevesikaivot ovat kunnan hallinnassa ja omistuksessa. Jos hulevesiviemäri päätettäisi jättää rakentamatta, ainoat toimivat toimenpiteet aluekuivatukseen parantamiseksi olisivat pintaverkoston saneeraus ja tehostus, sekä jätevesiverkoston saneeraus. Jätevesiverkoston saneerauksen seurauksena vuotovedet viemäriin vähensivät, mutta samalla vuotavan jätevesiverkoston aluetta kuivattava vaikutus loppuisi ja aluekuivatukseen tilanne pahenisi entisestään.

Kaikki tarkastelualueen kiinteistöt eivät kykene liittymään olevassa olevaan hulevesiverkoston. Erityisesti kellarillisten kiinteistöjen osalta perus- ja hulevesien johtaminen hulevesiverkoston jätevesiverkoston sijaan ei ole aivan yksiselitteinen asia. Jos alueella ei ole erillistä hulevesiputkistoa, on matalaperusteisissa kiinteistöissä pääpiirteittäin mahdollista johtaa perusvedet sekä hulevedet avo-ojajärjestelmään. Sen sijaan kellarillisissa kiinteistöissä varsinkin perusvesien osalta salaojitus sijaitsee syvyyksissä, joista kuivatusvesien johtaminen avo-ojiin on mahdotonta. Kun tällaisessa tilanteessa halutaan perusvedet johtaa muualle kuin jätevesiverkoston, on kiinteistökohtainen pumppaamo käytännössä ainoa mahdollisuus.

Tarkastelualueella on yhteensä 50 kellarillista kiinteistöä, joista 18 pystyisivät liittymään joko olemassa oleviin tai uusiin mahdollisiin hulevesiputkiin. Tämä tarkoittaa, että 32

kiinteistöä ei kykene tällä hetkellä toimittamaan perusvesiään muualle kuin jätevesiverkostoon ja heidän osaltaan kiinteistökohtaisen jätevesipumppaamon hankkiminen voisi olla ajankohtaista. Kiinteistöille hulevesipumppaamo tarkoittaisi noin 1000 – 4000 euron investointia sekä vuosittaisia ylläpitokustannuksia.

5.3 Toimintatapoja saneerattaville alueille

HS-Vedellä on jo olemassa olevia toimintatapoja, joita toteutetaan vaihtelevissa määrin saneerattavilla alueilla. Kyseisiä käytänteitä ovat muun muassa verkoston viemärikuvaus ja sen tulkinta, karttatarkastelut sekä alueella suoritettavat maastotutkimukset. Maastotutkimusten seurauksena alueen kiinteistöistä sekä runkoviemäristä koostetaan tonttikortit sekä kaivokortit. Tonttikortteihin ja kaivokortteihin kerätään tietoja kiinteistön sekä alueen vesijohto- ja jätevesiverkoston kunnosta, putkimateriaaleista sekä ko'oisista ja kartoitetaan alueen asukkaiden kattovesien sekä kuivatusvesien käsittelyä. Kyseisillä menetelmillä saadaan kerättyä tietoa saneerauksen suunnitteluun ja toteutukseen.

Tässä työssä on tullut esiin pohjavedenpinnan seurannan sekä runkokaivoissa suoritettavan pinnankorkeuksien seurannan tärkeys tietyn tyyppisissä saneerauskohteissa. Pohjavedenpinnan tasolla on suuri merkitys, kun mietitään alueella suoritettavan saneerauksen laajuutta. Jos pohjavedenpinnan oletetaan olevan hyvin kaukana maan pinnasta, kuten esimerkiksi harjualueilla lähes poikkeuksetta on, ei pohjavedenpinnan tarkkailulle ole tarvetta. Mutta kun saneerattava alue sijaitsee alueella, jonka maaperätiedot sekä maan pinnanmuodot antavat viitteitä lähellä maanpintaa sijaitsevasta pohjavedestä, on suositeltavaa tarkkailla pohjavedenpinnan tasoja ennen saneerausprojektin aloittamista. Kyseisenlaisia alueita ovat muun muassa karttatarkastelun perusteella todetut savikot sekä korkeustietojen mukaan hyvin alavat ja matalat alueet. Ensisijaisesti alueelta tulisi löytää joko olemassa oleva käyttökelpoinen pohjaveden pinnan tarkkailuun soveltuva pohjavesiputki tai vaihtoehtoisesti tarkoitukseen soveltuva vesikaivo. Olemassa olevia pohjavesiputkia voidaan etsiä muun muassa Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ylläpitämästä Karpalo-karttapalvelusta. Jos alueella ei sijaitse edellä mainittuja pohjaveden pinnan tasoon soveltuvia ratkaisuja, suositellaan alueella asennettavan 1-3 pohjavedentarkkailuputkea. Jo kahdella järkevästi sijoitetulla putkella voidaan karkeasti määrittää pohjavedenpinnan tasoa suhteessa alueella sijaitsevaan viemäriverkostoon.

Työssä nousi esille myös loggereiden käyttö, erityisesti vuotovesien määrien kartoittamiseksi. Loggereiden käyttöä tulisi lisätä alueilla, joiden epäillään olevan potentiaalisia vuotovesien lähteitä. Loggerit ovat myös tehokkaita kartoittaessa laittomia hulevesiliitoksia viemäriverkostoon. Mittausten otolliseen ajankohtaan vaikuttaa millaista vuotovesi lähdeä etsitään. Laajemman viettoviemärintialueen ollessa kyseessä olisi ihanteellista pystyä mittaamaan virtaamia alueen viemäriverkostossa sekä kevätsulannan aikana, että myös kevätsulannan jälkeisenä kuivana kautena. Etsiessä yksittäisiä vuotovesilähteitä tai laittomia hulevesiliitoksia ei parasta ajankohtaa loggerimittauksille voida sanoa, vaan se on tapauskohtaista. Parhaaseen mittausajankohtaan voi vaikuttaa esimerkiksi tuotantolaitoksen sesonkiajat, jos tarkoituksena on kartoittaa yksittäisen toimijan verkostoon tuottama vuotoveden määrä. Loggerimittauksien tulokset eivät vielä sellaisenaan ole käyttökelpoisia, mutta mallinnuksen avulla voidaan päästä hyvinkin tarkoihin kuutiomääriin tai virtaamiin vuotovesijakeiden osalta. Yhdistämällä pohjavedenpinnantasosta kerättyä tietoa mallinnettuihin vuotovesimääriin sekä verkoston yläpuolisen pumppaamon virtaamatietoihin, on mahdollista saada tietoon vuotovesien lähteitä sekä määriä.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli selvittää Metsäläntien alueen vuotovesimääriä sekä mahdollisia vuotovesilähteitä. Tarkastelua tehtiin myös Sahansuon jätevedenpumppaamon virtaamatietotarkastelun pohjalta, jolloin saatiin käsitys Sahansuon pumppaamon valuma-alueen vuotovesistilasta ja Metsäläntien alueen vuotovesitilanteen suhteesta pumppaamon valuma-alueen vuotovesiin. Tämän lisäksi laadittiin saneeraus selvityksiä Metsäläntien alueelle.

Alueella suoritettiin rakennuskannan katselmus sekä selvitettiin pintakuivatuksen ja viemäriverkoston kunnan nykytaso. Alue koostuu pääasiassa pientaloista, joista 48 % on kellarillisia kiinteistöjä. Alueella ei ole tehty asukaskyselyä kattovesien tai kuivatusvesien poisjohtamisesta. Pintakuivatus alueella on toteutettu pääasiassa avo-ojilla. Paikoitellen avo-ojaverkosto on kunnostuksen tarpeessa ja osittain ojat on poistettu käytöstä täyttämällä ne. Avo-ojilla voidaan toteuttaa alueen pintakuivatus osittain, mutta aluekuivatuksen ja pohjavedenpinnan tasoihin niillä ei voida vaikuttaa. Putkistokuvausten sekä putkiston asennusvuoden perusteella alueen verkosto on saneerauksen tarpeessa.

Alueella kartoitettiin pohjavedenpinnan tasoja ja kartoituksen yhteydessä todettiin pohjaveden pinnan sijaitsevan lähes koko verkoston osalta viemäriverkoston yläpuolella. Yhdessä viemäriverkoston kunnan ja pohjaveden pinnantason kanssa Metsäläntien alue on potentiaalinen vuotovesien lähde. Vuotovesien määrää alueella tutkittiin mittamalla valituista kaivoista pinnankorkeuksia ja mallintamalla kyseisen datan avulla vuotovesimääriä. Mallinnuksen avulla todettiin tarkastelualueen Koiviston puoleisella alueella muodostuvan huomattavia vuotovesimääriä. Noin 30 % kevätulannan aikaisesta Sahansuon pumppaamon kokonaisvirtaamasta on peräisin tarkastelualueen Koiviston puoleisen osan vuotovesistä.

Sahasuon pumppaamon osalta sateilla todettiin olevan vaikutusta pumppaamon virtaamiin sulan maan aikana ja sateista aiheutuvat vuotovedet kulkeutuvat pumppaamolle pääasiassa pintavaluntana. Koska Viialassa ei sijaitse sääasemaa, tulee sade datan osalta huomioida, että kerätty data ei välttämättä edusta täsmällisesti Viialan tarkastelualueen sadetilannetta. Keräämällä sadedataa useammalta sääasemalta tarkastelualueen ympäristössä voidaan kuitenkin arvioida alueellisesti merkittävien sateiden

esiintymistä myös Viialassa. Laskennallisesti 6 % Sahansuon pumppaamon kevätsumman ulkopuolisen ajan sateiden aikaisista virtaamapiikeistä koostuu Metsäläntien tarkastelualueen kattovesistä. Talvikautena sekä kuivan kauden aikana todettiin Sahansuon pumppaamon läpi virtaavasta vedestä noin 59 % olevan vuotovesiä. Maan ollessa roudassa ja lämpötilan ollessa nollan alapuolella, ovat kyseiset vuotovedet pääasiassa maaperästä suotautuvia hitaita vuotovesiä. Maaperästä suotautuvat vuotovedet kulkeutuvat pumppaamolle läpi vuoden.

Tarkastelualueen viemäriverkoston kunnan sekä vuotovesitilanteen perusteella laadittiin viisi vaihtoehtoista saneeraussuunnitelmaa aluekuivatuksen parantamiseksi sekä vuotovesien vähentämiseksi. Kaikki suunnitelmat sisältävät hulevesiputkiston ja suunnitelmista neljään on suunniteltu hulevesipumppaamo. Kaikille suunnitelmille laadittiin myös kustannuslaskelmat. Suunnitelmien avulla HS-Vesi pystyy aloittamaan neuvottelut Akaan kaupungin kanssa yhteishankkeesta Metsäläntien alueen aluekuivatuksen parantamiseksi. Alueen saneerauksen jälkeen tulee Sahansuon pumppaamon virtaamia tarkkailla ja tarvittaessa kartoittaa muita mahdollisia vuotovesien lähteitä pumppaamon valuma-alueella.

Metsäläntien tarkastelualueen tutkimusten perusteella laadittiin joitain toimintatapoja käytettäväksi tulevien saneerauskohteiden yhteydessä. Pohjavedenpinnantason tarkkailu on avainasemassa, kun maaperä ja maan pinnan muodot antavat aiheutta epäillä pohjaveden pinnan sijaitsevan lähellä maanpintaa. Pohjavedenpinnan tasojen sekä putkistokuvausten perustella voidaan tehdä oletuksia vuotovesien esiintymisestä ja lisätutkimusten tarpeesta. Loggerien käyttö osaltaan on helppoa ja niillä voidaan selvittää kustannustehokkaasti verkostossa esiintyvien vuotovesien määriä.

LÄHTEET

Akaa (2019). Akaa info. Saatavissa: <https://www.aka.fi/>

Ala-Outinen T., Harmaajärvi I., Kivikoski H., Kouhia I., Makkonen L., Saarelainen S., Tuhola M. & Törnqvist J (2004). Ilmastomuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, s. 13. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2227.pdf>

Eisenberg B., Collins L. & Smith D.R. (2015). Permeable pavements. ASCE. Verkkokirja.

Ellis J. B. & Revitt D. M. (2002). Sewer losses and interactions with groundwater quality. Water Science and Technology, s. 195-196. Saatavissa: <https://search-proquest-com.libproxy.tut.fi/docview/1943310260?pq-origsite=summon>

European Commission (2011). Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects. European Communities, s. 16, 73. PDF.

Hakala J. (2018) Prosessi-insinööri. HS-Vesi. Akaa. Haastattelu 11.12.2018.

Hulevesiopas (2012). Suomen kuntaliitto, s. 18-22, 74, 142-168, 172-177, 189-194. PDF.

Ilmatieteenlaitos (2019). Havaintojen lataus. Saatavissa <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

InfraRYL 2017/1 (2017). Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, s. 115. PDF.

Kling T., Holt E., Kivikoski H., Korkealaakso J., Kuosa H., Loimula K., Niemeläinen E. & Törnqvist J. (2015). Vettä läpäisevät päällysteet: Käsikirja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. VTT, s. 17-25. Saatavilla: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T201.pdf>

Korkka-Niemi K. & Salonen V.-P. (1996). Maanalaiset vedet: Pohjavesigeologian perusteet. Turun yliopiston täydennyskoulutuskeskus, s. 12, 17, 30-32, 42-45, 55, 57.

Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 682/2014 (2014). Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140682>

Laki vesihuoltolain muuttamisesta 681/2014 (2014). Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140681>

Leppäranta M., Virta J. & Huttula T (2017). Hydrologian perusteet. Helsingin yliopisto, Fysiikan laitos, s. 77, 80.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132 (1999). Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Mälkki E. (1999). Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Tammi, s. 21-22, 25-27, 32,34, 37, 49-50, 95, 102, 132-133.

Pantsu P. (2018). Katso lista: Ottaako kuntasi käyttöön hulevesimaksun? 34 kuntaa laskuttaa jo. Yle uutiset. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9998438>

Pohjavesitutkimusopas (2005). Suomen vesiyhdistys, pp. 70-72. Saatavissa: <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Pohjavesiopas.pdf>

RIL 124-1 (2003). Vesihuolto 1. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, s. 83-84, 102, 110.

RIL 124-2 (2004). Vesihuolto 2. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, s. 456-459, 466.

Roodsari B. K. & Chandler D. G. (2017). Distribution of surface imperviousness in small urban catchments predicts runoff peak flows and stream flashiness. John Wiley & Sons, Ltd, s. 2991. PDF.

ROTI (2017). Rakennetun omaisuuden tila 2017. Saatavissa: https://www.talteka.fi/sites/default/files/ril_roti2017_web2.pdf

ROTI (2019). Rakennetun omaisuuden tila 2019. Saatavissa: https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_raportti.pdf

RT 810.20 (1971). Perustamistavat, pientalot. PDF.

Seppälä M. (2019). Laitosmies. HS-Vesi. Akaa. Haastattelu 31.1.2019.

Sola K.J., Bjerkholt J.T., Lindholm O.G. & Ratnaweera H (2018). Infiltration and Inflow (I/I) to Wastewater Systems in Norway, Sweden, Denmark, and Finland. Saatavissa: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/11/1696>

Sovellettu Hydrologia (1986). Vesi yhdistys ry, s. 14-15, 29-30, 46-47, 64-67, 82-86, 93-95, 102-103, 190, 152-154.

Sun Y., Solomon S., Dai A. & Portmann R.W. (2007). How often will it rain? Journal of Climate, pp. 2, 6, 7. Saatavissa: <https://search-proquest-com.libproxy.tuni.fi/docview/222877706?pq-origsite=summon>

Valtanen M., Sillanpää N. & Setälä H. (2013). Effects of land use intensity on storm-water runoff and its temporal occurrence in cold climates. John Wiley & Sons, Ltd. PDF.

Vesihuoltolaki 9.2.2001/119 (2001). Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

Vesilaki 27.5.2011/587 (2011). Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587#L3P3>

Vuosikertomus 2017 (2017). HS-Vesi. Saatavissa: https://hsvesi.fi/app/uploads/2019/04/Vuosikertomus_2017.pdf

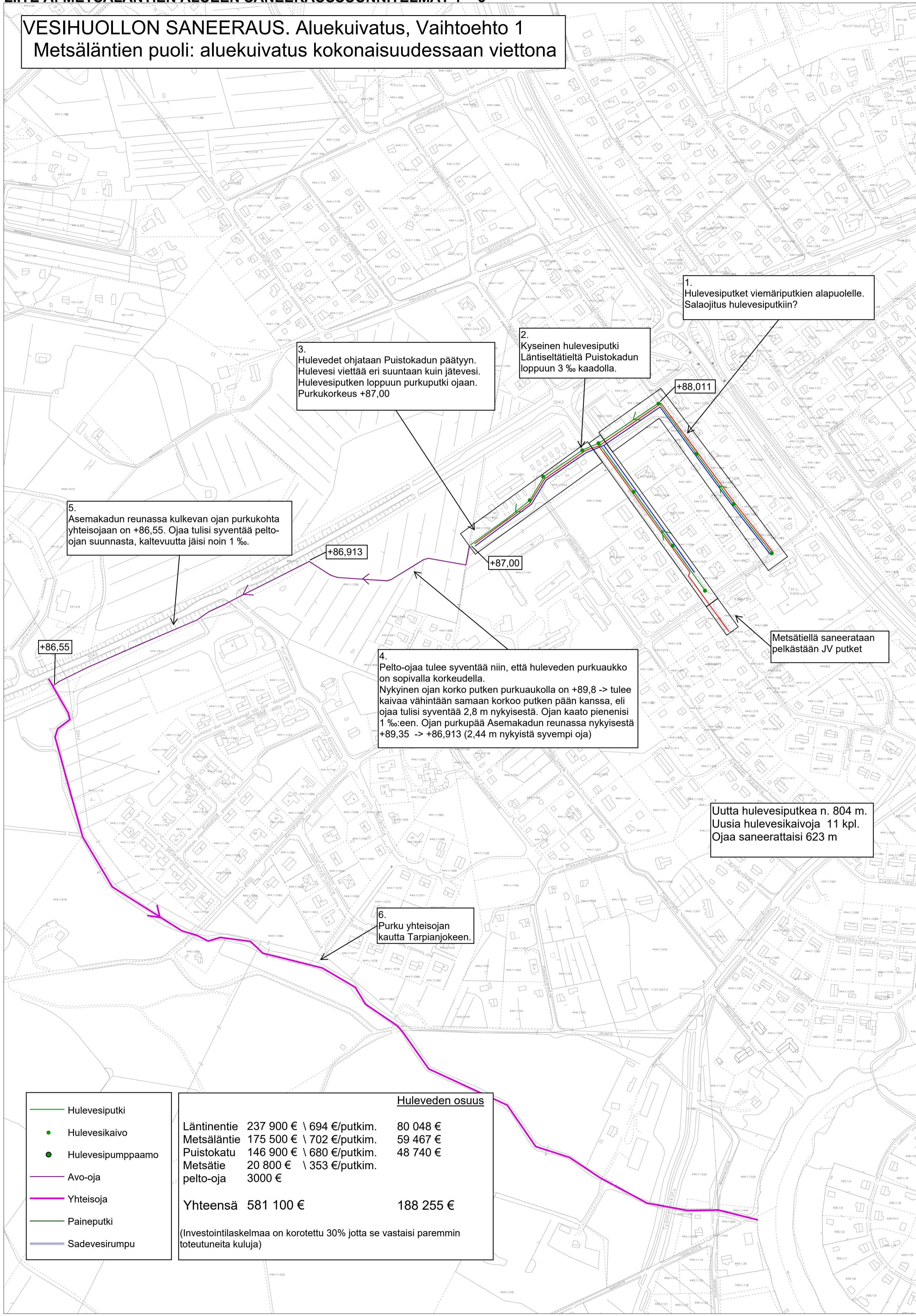
Water Environment Federation (2011). Prevention and Control of Sewer System Overflows: MOP FD-17. McGraw-Hill. Verkkokirja.

Weiss G. & Brombach H. (2007). Today's practice in stormwater management in Germany – Statistics. Novatech, s. 1599-1560.

Ympäristölupapäätös (2012). Akaan kaupungin jätevedenpuhdistamon ympäristöluvan lupamääräysten tarkastaminen ja toiminnan muutos, Akaa. Aluehallintovirasto, Länsi- ja Sisä-Suomi. Saatavissa: http://www.avi.fi/documents/10191/56866/Issavi_paat_222_2012_1_2012_12_28.pdf

Ympäristönsuojelulaki 527/2014 (2014). Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>.

VESIHUOLLON SANEERAUS. Aluekuivatus, Vaihtoehto 1
Metsäläntien puoli: aluekuivatus kokonaisuudessaan viettona



1. Hulevesiputket viemäriputkien alapuolelle. Salaojitus hulevesiputkiin?

2. Kyseinen hulevesiputki Läntiseltätieltä Puistokadun loppuun 3 ‰ kaadolla.

3. Hulevedet ohjataan Puistokadun päätyyn. Hulevesi viettää eri suuntaan kuin jätevesi. Hulevesiputken loppuun purkupuoti ojaan. Purkukorkeus +87,00

5. Asemakadun reunassa kulkevan ojan purkukohta yhteisojaan on +86,55. Ojaa tulisi syventää pelto-ojan suunnasta, kaltevuutta jäisi noin 1 ‰.

4. Pelto-ojaa tulee syventää niin, että huleveden purkuaukko on sopivalla korkeudella. Nykyinen ojan korko putken purkuaukolla on +89,8 -> tulee kaivaa vähintään samaan korkoo putken pään kanssa, eli ojaa tulisi syventää 2,8 m nykyisestä. Ojan kaato pienensisi 1 ‰:een. Ojan purkupää Asemakadun reunassa nykyisestä +89,35 -> +86,913 (2,44 m nykyistä syvempi oja)

Metsätiellä saneerataan pelkästään JV putket

Uutta hulevesiputkea n. 804 m. Uusia hulevesikaivoja 11 kpl. Ojaa saneerattaisi 623 m

6. Purku yhteisojan kautta Tarpianjokeen.

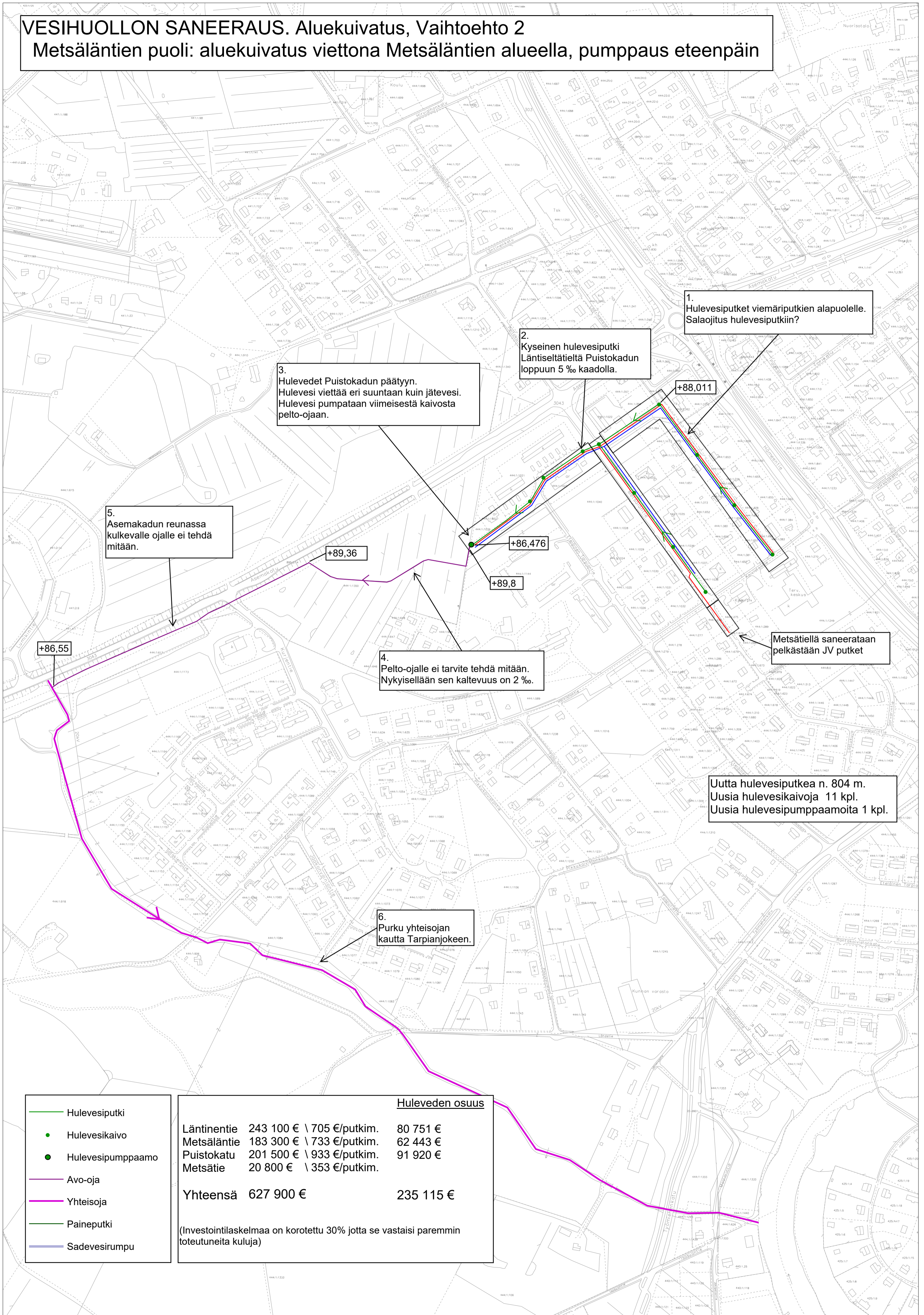
- Hulevesiputki
- Hulevesikaivo
- Hulevesipumppaamo
- Avo-oja
- Yhteisoja
- Paineputki
- Sadevesirumpu

Huleveden osuus		
Läntinentie	237 900 € \ 694 €/putkim.	80 048 €
Metsäläntie	175 500 € \ 702 €/putkim.	59 467 €
Puistokatu	146 900 € \ 680 €/putkim.	48 740 €
Metsätie	20 800 € \ 353 €/putkim.	
pelto-oja	3000 €	
Yhteensä	581 100 €	188 255 €

(Investointilaskelmaa on korotettu 30% jotta se vastaisi paremmin toteutuneita kuluja)

VESIHUOLLON SANEERAUS. Aluekuivatus, Vaihtoehto 2

Metsäläntien puoli: aluekuivatus viettona Metsäläntien alueella, pumppaus eteenpäin



1. Hulevesiputket viemäriputkien alapuolelle. Salaojitus hulevesiputkiin?

2. Kyseinen hulevesiputki Läntiseltätieltä Puistokadun loppuun 5 % kaadolla.

3. Hulevedet Puistokadun päätyyn. Hulevesi viettää eri suuntaan kuin jätevesi. Hulevesi pumpataan viimeisestä kaivosta pelto-ojaan.

5. Asemakadun reunassa kulkevalle ojalle ei tehdä mitään.

4. Pelto-ojalle ei tarvitse tehdä mitään. Nykyisellään sen katevuus on 2 %.

Metsätiellä saneerataan pelkästään JV putket

Uutta hulevesiputkea n. 804 m.
Uusia hulevesikaivoja 11 kpl.
Uusia hulevesipumppaamoita 1 kpl.

6. Purku yhteisöjan kautta Tarpianjokeen.

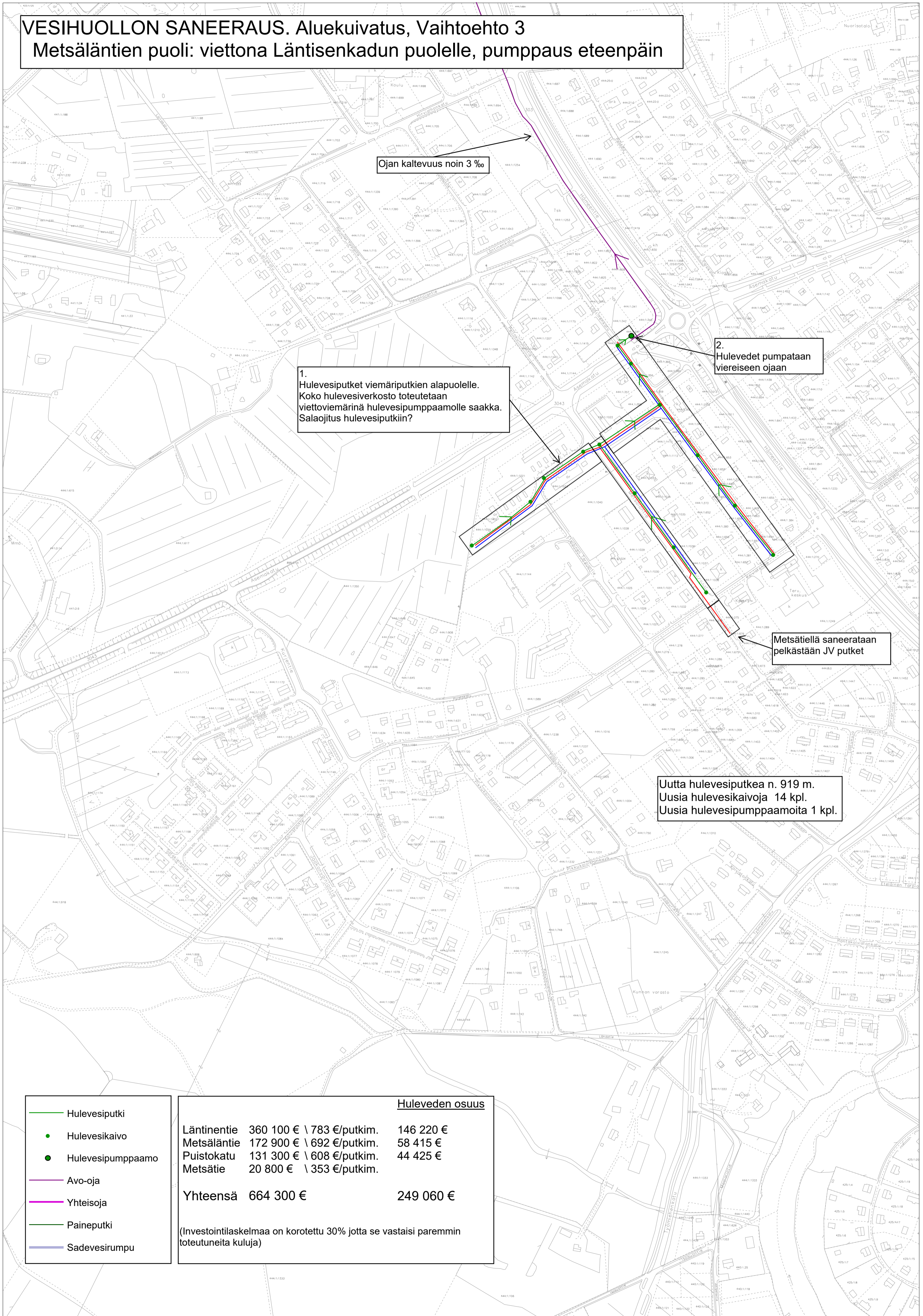
- Hulevesiputki
- Hulevesikaivo
- Hulevesipumppaamo
- Avo-oja
- Yhteisoja
- Paineputki
- Sadevesirumpu

Huleveden osuus		
Läntinentie	243 100 € \ 705 €/putkim.	80 751 €
Metsäläntie	183 300 € \ 733 €/putkim.	62 443 €
Puistokatu	201 500 € \ 933 €/putkim.	91 920 €
Metsätie	20 800 € \ 353 €/putkim.	
Yhteensä	627 900 €	235 115 €

(Investointilaskelmaa on korotettu 30% jotta se vastaisi paremmin toteutuneita kuluja)

VESIHUOLLON SANEERAUS. Aluekuivatus, Vaihtoehto 3

Metsäläntien puoli: viettona Läntisenkadun puolelle, pumppaus eteenpäin



Ojan kaltevuus noin 3 ‰

1. Hulevesiputket viemäriputkien alapuolelle. Koko hulevesiverkosto toteutetaan viettoviemärinä hulevesipumppaamolle saakka. Salaojitus hulevesiputkiin?

2. Hulevedet pumpataan viereiseen ojaan

Metsätiellä saneerataan pelkästään JV putket

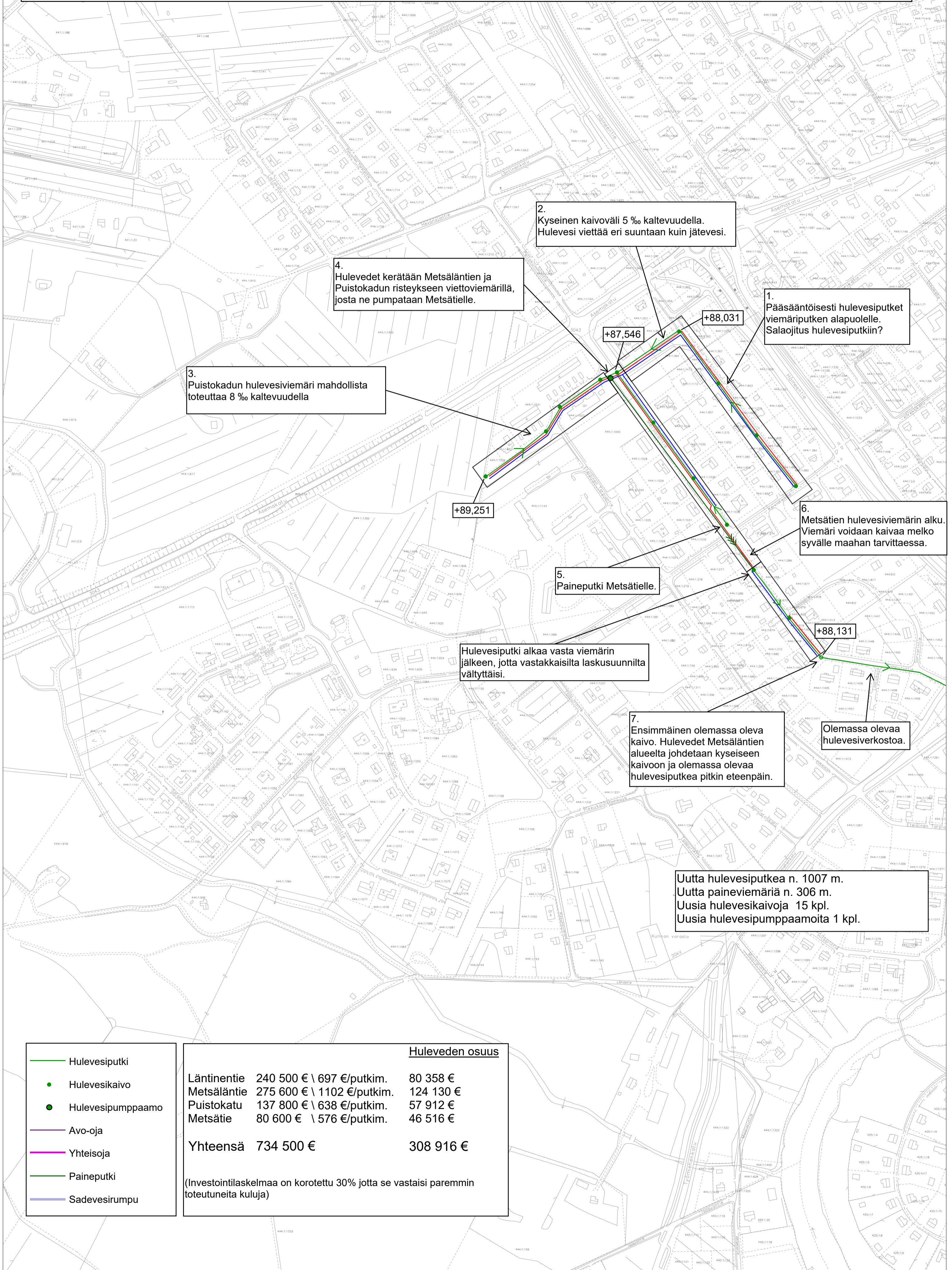
Uutta hulevesiputkea n. 919 m.
Uusia hulevesikaivoja 14 kpl.
Uusia hulevesipumppaamoita 1 kpl.

- Hulevesiputki
- Hulevesikaivo
- Hulevesipumppaamo
- Avo-oja
- Yhteisoja
- Paineputki
- Sadevesirumpu

		<u>Huleveden osuus</u>	
Läntinentie	360 100 € \ 783 €/putkim.	146 220 €	
Metsäläntie	172 900 € \ 692 €/putkim.	58 415 €	
Puistokatu	131 300 € \ 608 €/putkim.	44 425 €	
Metsätie	20 800 € \ 353 €/putkim.		
Yhteensä	664 300 €	249 060 €	
<small>(Investointilaskelmaa on korotettu 30% jotta se vastaisi paremmin toteutuneita kuluja)</small>			

VESIHUOLLON SANEERAUS. Aluekuivatus, Vaihtoehto 4

Metsäläntien puoli: viettona Metsäläntien ja Puistokadun risteykseen, paineviemärinä eteenpäin Metsätielle



4. Hulevedet kerätään Metsäläntien ja Puistokadun risteykseen viettoviemärillä, josta ne pumpataan Metsätielle.

2. Kyseinen kaivoväli 5 % kaltevuudella. Hulevesi viettää eri suuntaan kuin jätevesi.

1. Pääsääntöisesti hulevesiputket viemäriputken alapuolelle. Salaojitus hulevesiputkiin?

3. Puistokadun hulevesiviemäri mahdollista toteuttaa 8 % kaltevuudella

6. Metsätien hulevesiviemärin alku. Viemäri voidaan kaivaa melko syväälle maahan tarvittaessa.

5. Paineputki Metsätielle.

Hulevesiputki alkaa vasta viemärin jälkeen, jotta vastakkaisilta laskusuunnilta vältyttäisi.

7. Ensimmäinen olemassa oleva kaivo. Hulevedet Metsäläntien alueelta johdetaan kyseiseen kaivoon ja olemassa olevaa hulevesiputkea pitkin eteenpäin.

Olemassa olevaa hulevesiverkostoa.

Uutta hulevesiputkea n. 1007 m.
Uutta paineviemäriä n. 306 m.
Uusia hulevesikaivoja 15 kpl.
Uusia hulevesipumppaamoita 1 kpl.

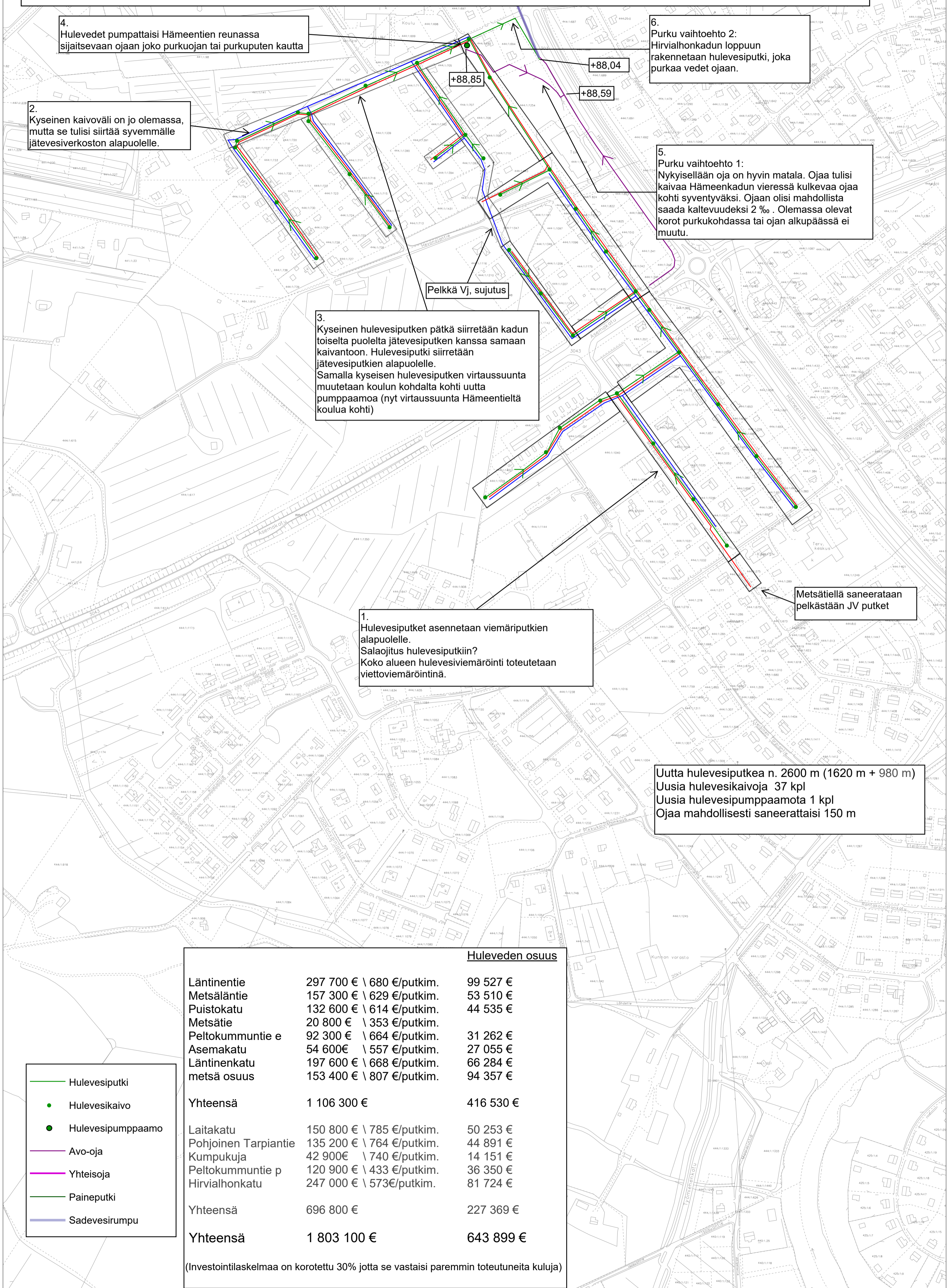
- Hulevesiputki
- Hulevesikaivo
- Hulevesipumppaamo
- Avo-oja
- Yhteisoja
- Paineputki
- Sadevesirumpu

Huleveden osuus		
Läntinentie	240 500 € \ 697 €/putkim.	80 358 €
Metsäläntie	275 600 € \ 1102 €/putkim.	124 130 €
Puistokatu	137 800 € \ 638 €/putkim.	57 912 €
Metsätie	80 600 € \ 576 €/putkim.	46 516 €
Yhteensä	734 500 €	308 916 €

(Investointilaskelmaa on korotettu 30% jotta se vastaisi paremmin toteutuneita kuluja)

VESIHUOLLON SANEERAUS. Aluekuivatus, Vaihtoehto 5

Koko alue: aluekuivatus kokonaisuudessaan viettona Hirvialhonkadulle, pumppaus eteenpäin



4. Hulevedet pumpattaisi Hämeentien reunassa sijaitsevaan ojaan joko purkuojan tai purkuputten kautta

2. Kyseinen kaivoväli on jo olemassa, mutta se tulisi siirtää syvemmälle jätevesiverkoston alapuolelle.

6. Purku vaihtoehto 2: Hirvialhonkadun loppuun rakennetaan hulevesiputki, joka purkaa vedet ojaan.

5. Purku vaihtoehto 1: Nykyisellään oja on hyvin matala. Ojaa tulisi kaivaa Hämeenkadun vieressä kulkevaa ojaa kohti syventäväksi. Ojaan olisi mahdollista saada kaltevuudeksi 2%. Olemassa olevat korot purkukohdassa tai ojan alkupäässä ei muutu.

Pelkkä Vj, sujutus

3. Kyseinen hulevesiputken pätkä siirretään kadun toiselta puolelta jätevesiputken kanssa samaan kaivantoon. Hulevesiputki siirretään jätevesiputkien alapuolelle. Samalla kyseisen hulevesiputken virtaussuunta muutetaan koulun kohdalta kohti uutta pumppaamo (nyt virtaussuunta Hämeentieltä koulua kohti)

1. Hulevesiputket asennetaan viemäriputkien alapuolelle. Salajitus hulevesiputkiin? Koko alueen hulevesiviemärinti toteutetaan viettoviemärintinä.

Metsätiellä saneerataan pelkästään JV putket

Uutta hulevesiputkea n. 2600 m (1620 m + 980 m)
Uusia hulevesikaivoja 37 kpl
Uusia hulevesipumppaamoja 1 kpl
Ojaa mahdollisesti saneerattaisi 150 m

- Hulevesiputki
- Hulevesikaivo
- Hulevesipumppaamo
- Avo-oja
- Yhteisoja
- Paineputki
- Sadevesirumpu

Huleveden osuus		
Läntinentie	297 700 € \ 680 €/putkim.	99 527 €
Metsäläntie	157 300 € \ 629 €/putkim.	53 510 €
Puistokatu	132 600 € \ 614 €/putkim.	44 535 €
Metsätie	20 800 € \ 353 €/putkim.	
Peltokummuntie e	92 300 € \ 664 €/putkim.	31 262 €
Asemakatu	54 600€ \ 557 €/putkim.	27 055 €
Läntinenkatu	197 600 € \ 668 €/putkim.	66 284 €
metsä osuus	153 400 € \ 807 €/putkim.	94 357 €
Yhteensä	1 106 300 €	416 530 €
Laitakatu	150 800 € \ 785 €/putkim.	50 253 €
Pohjoinen Tarpiantie	135 200 € \ 764 €/putkim.	44 891 €
Kumpukuja	42 900€ \ 740 €/putkim.	14 151 €
Peltokummuntie p	120 900 € \ 433 €/putkim.	36 350 €
Hirvialhonkatu	247 000 € \ 573€/putkim.	81 724 €
Yhteensä	696 800 €	227 369 €
Yhteensä	1 803 100 €	643 899 €

(Investointilaskelmaa on korotettu 30% jotta se vastaisi paremmin toteutuneita kuluja)