

Opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK

Infratekniikka

2021

Veera Ahti

JÄTEVESIVERKOSTOON JOHDETTU HULEVESI TURUN KAUPUNGISSA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

Ohjaaja DI Pirjo Oksanen

2021 | 43 sivua, 3 liitesivua

Veera Ahti

JÄTEVESIVERKOSTOON JOHDETTU HULEVESI TURUN KAUPUNGISSA

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Turun Vesihuolto Oy. Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä selvitys koskien jätevesiverkoston johdettuja hulevesiä Turun kaupungissa ja tutkia niiden vaikutuksia vesihuollossa. Merkittävin motiivi Turun Vesihuolto Oy:lle on jätevedenpuhdistamolle päätyvistä hulevesistä aiheutuvien ylimääräisten kustannusten selvittäminen. Opinnäytetyön tarkoituksena on toimia ponnahduslautana viemäriverkoston kehittämiseksi. Selvitys tehtiin siitä näkökulmasta, että Turun kaupunki kantaa vastuunsa selvittämällä ja hoitamalla ensin yleisten alueiden ja omistukseensa kuuluvien kiinteistöjensä hulevesiasiat kuntoon.

Työssä listattiin korjattavat hulevesiliitokset ja Turun kaupungin omistamat kiinteistöt, joilla eivät ole hulevesijärjestelyt kunnossa, Exceliin johtokarttajärjestelmän pohjalta. Listauksen jälkeen kohteet kartoitettiin QGIS-paikkatieto-ohjelmiston avulla. Seuraavana työvaiheena selvitettiin jätevesiverkoston johdetun huleveden aiheuttamat puhdistuskustannukset, sillä Turun Vesihuolto Oy maksaa jokaisesta puhdistetusta jätevesikuutiometristä. Huleveden määrä selvitettiin teoriapohjaisesti hulevesikaivojen valuma-alueita ja vuosisadantaa aikaväliltä 1981–2010 hyödyntäen. Kiinteistöjen kohdalla käytettiin kiinteistön pinta-alaa hulevesimäärän selvittämiseksi.

Laskennallisesti arvioitujen kokonaiskustannusten vaikutus todettiin suhteellisen pieneksi. Muita huleveden aiheuttamia haittoja ovat puhdistusprosessin heikkeneminen jätevedenpuhdistamolla ja korjattavista hulevesiliitoksista aiheutuvat hajuhaitat kaupungissa. Merkittävä tekijä on myös vesihuoltolaki, joka kieltää hulevesien johtamisen jätevesiverkoston. Kustannukset yhdessä muiden vaikutusten kanssa tekee asiasta tärkeän ja hulevesiselvityksestä tarpeellisen.

Turun Vesihuolto sai hulevesiselvityksestä paljon arvokasta tietoa toimintansa kehittämistä varten. Materiaali on nyt helposti saatavilla ja tietoa on mahdollista päivittää tilanteen muuttuessa. Hulevesiselvitys toimii myös Turun Vesihuolto Oy:n saneeraussuunnittelun tukena. Selvityksen avulla on helpompi aloittaa viemäriverkoston kehittäminen yhdessä muiden Turun kaupungin toimijoiden kanssa.

ASIASANAT:

vesihuolto, vesihuoltoverkosto, viemäriverkosto, hulevesi, jätevesi

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

Instructor Pirjo Oksanen, M.Sc.Eng.

2021 | 43 pages, 3 pages in appendices

Veera Ahti

STORMWATER DISCHARGED INTO THE SEWAGE NETWORK IN THE CITY OF TURKU

The client of this thesis was Turun Vesihuolto Oy. The goal of this thesis was making a research about stormwater discharged into the sewage network in the city of Turku. Also, the purpose is to examine what kind of impacts stormwater have on water supply network. The most significant motive for Turun Vesihuolto was to find out the amount of costs which are caused by stormwater in the wastewater treatment plant. This thesis will be a steppingstone for developing the sewage network. The aspect of the research was that the city of Turku will take responsibility for dealing with common areas and properties owned by the city of Turku first.

In the research the stormwater connections to be repaired and the properties owned by city of Turku which has not the right arrangement with stormwater was documented in the Excel file. The source of information was a map platform of Turun Vesihuolto Oy. After collecting the objects, they were mapped with QGIS geographic information system program. The next step was to calculate the excessive cleansing costs caused by stormwater. Turun Vesihuolto Oy pays for each treated cubic meter of wastewater. The costs were calculated with the theoretical drainage basin of stormwater wells and average rain in a year in the 1981-2010-time span. For properties the drainage basin was the area of the property.

The impact of the total costs in the research were stated relatively small. Other hindrances were the declined cleansing process in the wastewater treatment plant and the unpleasant scent caused by stormwater wells which has connected to the sewage line. Also, a significant factor is the water supply law which forbids discharging the stormwater into the sewage network. The excessive costs together with other effects makes the issue important and the research essential. Turun Vesihuolto got a lot of valuable information from the research for the development of their activities. The material of the research is now easily available, and the information is easy to update when the situation changes. This research can be used as an ancillary when it comes to renovation projects at Turun Vesihuolto Oy. With the help of this research, it is also easier to start the developing of the stormwater network with other operators of the city of Turku.

KEYWORDS:

water supply, water supply network, sewer network, stormwater, wastewater

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 HULEVESI VESIHUOLLOSSA	8
2.1 Hulevesi	8
2.2 Hulevesien vaikutus vesihuollon maksuihin	8
2.3 Hulevesien hallinta	9
2.4 Hulevesien johtaminen jätevesiverkostoon	12
2.5 Viemäriverkoston suunnittelu	13
2.5.1 Hulevesiviemäriin mitoitus	15
2.5.2 Jätevesiviemäriin mitoitus	20
2.6 Viemäriveden käsittely	22
3 VUODEN 2008 HULEVESISELVITYS	25
3.1 Tausta	25
3.2 Tavoitteet ja toteutus	25
3.3 Lopputulos ja ongelmakohtat	26
4 UUSI HULEVESISELVITYS	27
4.1 Tausta ja tavoitteet	27
4.2 Tutkimusmenetelmät	27
4.3 Korjattavat hulevesiliitokset	28
4.3.1 Hulevesikaivojen listaus ja analysointi	28
4.3.2 Hulevesikaivojen kartoitus	30
4.3.3 Hulevesiliitosten kustannustarkastelu	31
4.4 Turun kaupungin omistamat kiinteistöt	34
4.4.1 Kohteiden listaus ja analysointi	35
4.4.2 Kohteiden kartoitus	35
4.4.3 Turun kaupungin omistamien kiinteistöjen kustannustarkastelu	36
4.5 Tutkimustulosten analysointi	37
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	39
LÄHTEET	42

LIITTEET

Liite 1. Korjattavat hulevesiliitokset.

Liite 2. Korjattavien hulevesiliitosten aiheuttamat kustannukset kaupunginosittain.

Liite 3. Turun kaupungin omistamat kiinteistöt, joilla hulevesijärjestelyt eivät ole kunnossa.

KUVAT

Kuva 1. Turun kaupungin vesihuoltoverkosto.	7
Kuva 2. Hulevesikosteikko.	10
Kuva 3. Jätevesiviemäriverkoston osat.	14
Kuva 5. Colebrookin virtausnomogrammi.	19
Kuva 6. Jäteveden puhdistusprosessi.	23
Kuva 7. Turun Linnanaukon satama-allas.	24
Kuva 8. Keskimääräinen vuosisade millimetreinä vuosina 1981–2010.	32
Kuva 9. Vuotuisen sademäärän prosentuaaliset muutokset vuosina 2000–2085 verrattuna jaksoon 1981–2010.	33

TAULUKOT

Taulukko 1. Ohjeelliset mitoitussateen kestoajat valuma-alueen pinta-alojen suhteen.	16
Taulukko 2. Ohjeelliset virtausnopeudet erilaisilla reiteillä.	16
Taulukko 3. Keskimääräiset intensiteetit noin yhden neliökilometrin aluesadannalle Etelä-Suomessa, jotka perustuvat säätutkamittauksiin.	17
Taulukko 4. Valumakertoimen arvot pinnan laadun mukaan.	17
Taulukko 5. Ohjeelliset minimi- ja maksimikaltevuuden arvot putkikokoa kohden.	19
Taulukko 6. Jätevesiviemäreiden minimikaltevuuksia.	21
Taulukko 7. Korjattavien hulevesiliitosten lukumäärät kaupunginosittain.	30
Taulukko 8. Korjattavien hulevesiliitosten aiheuttamat kokonaiskustannukset vuodessa (sisältää kaikki kaupunginosat) valuma-alueiden ja kasvihuonekaasuskenaarioiden mukaan.	34
Taulukko 9. Kokonaiskustannukset vuodessa, jotka aiheutuvat Turun kaupungin omistamista kiinteistöistä, joilla hulevesijärjestelyt eivät ole kunnossa.	37

1 JOHDANTO

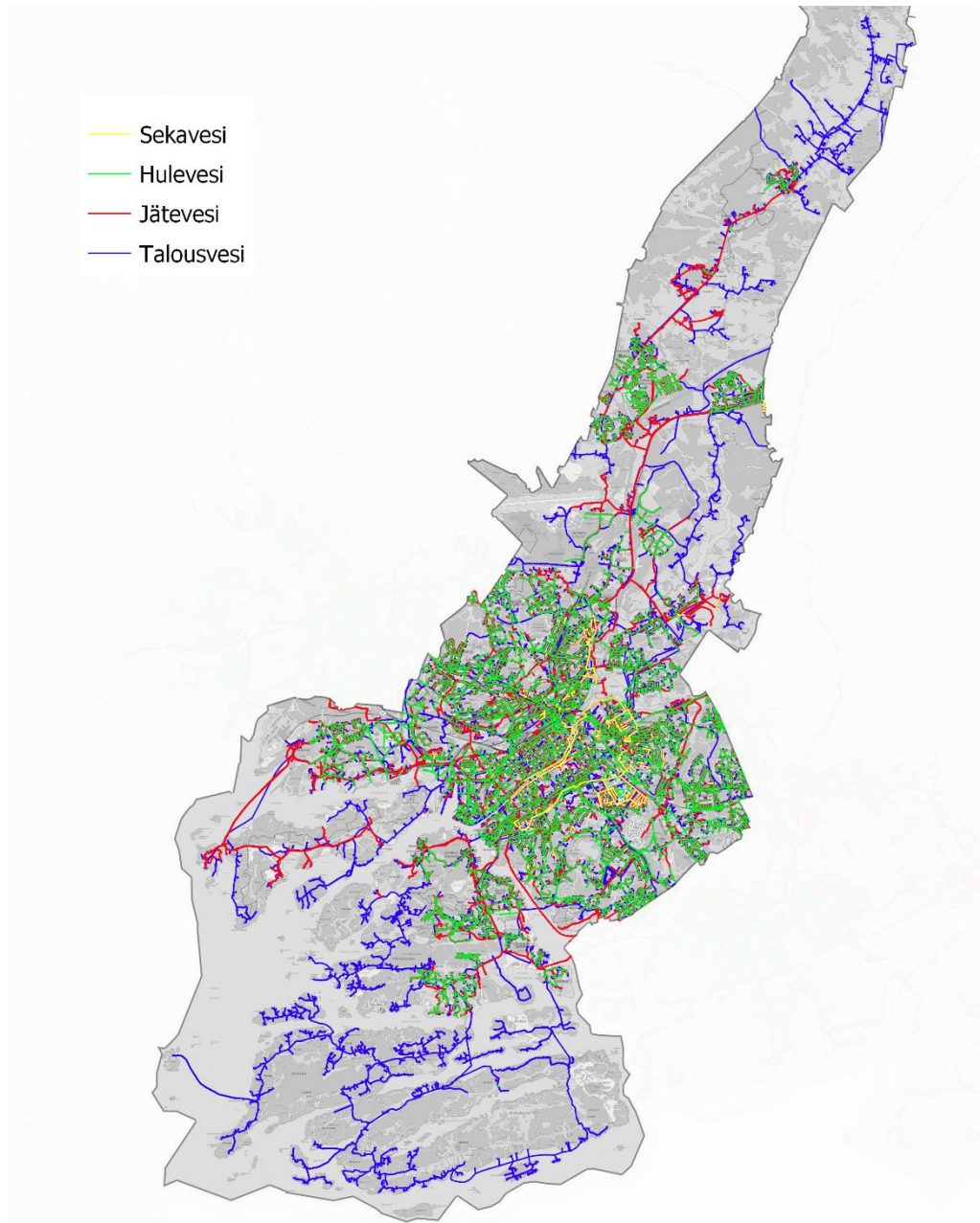
Turun Vesihuolto Oy on Turun kaupungin omistama osakeyhtiö, jonka vastuulla on talousvesi- ja jätevesiverkosto. Hulevesiverkoston omistaa Turun kaupunki ja sen kunnosapidosta vastaa Turun Vesihuolto Oy (Turun Vesihuolto Oy 2017.) Turun Vesihuollolla on yhteensä 1 472,7 kilometriä vesihuoltoverkosta, jota on havainnollistettu kuvassa 1. Jätevesiverkosta on 602 kilometriä, sekavesiverkosta 39,7 kilometriä ja vesijohtoverkosta 831 kilometriä (Turun Vesihuolto Oy 2020, 10–12.) Tämän lisäksi on 87 jätevesipumppaamaa ja neljä vesitornia. Turun kaupungin omistamaa hulevesiverkosta on 563 kilometriä sekä 17 hulevesipumppaamaa (Trimble NIS 2020.) Turun Vesihuolto ostaa puhtaan veden tukkuvesiyhtiöltä, Turun Seudun Vesi Oy:ltä ja johtaa talousveden asiakkailleen. Asiakkailtaan Vesihuolto johtaa jäteveden Turun seudun puhdistamo Oy:lle, joka vastaa viemärivereden puhdistuksesta (Turun Vesihuolto Oy 2020, 8.) Turun Seudun Vesi on yhdeksän kunnan omistama osakeyhtiö (Turun Seudun Vesi Oy 2020). Turun seudun puhdistamon omistaa 14 Turun seudun kuntaa (Turun seudun puhdistamo Oy 2021).

Turun seudun puhdistamolle johdetun viemärivereden pitäisi koostua ainoastaan kiinteistöiltä poisjohdetusta jätevedestä. Nykytilanteessa puhdistettavaksi päätyy myös hulevettä. Jätevesiverkoston kuulumaton hulevesi nostaa jätevedenpuhdistamolla syntyviä puhdistuskustannuksia. Turun Vesihuollon halu selvittää ylimääräiset kustannukset on merkittävä, ja tämä on ollut tärkeä lähtökohta opinnäytetyön aloittamiselle. Hulevedet kuormittavat jätevesiverkosta myös muualla kuin jätevedenpuhdistamolla. Jätevesiverkosta ei ole mitoitettu kuljettamaan jäteveden lisäksi myös hulevettä. Jätevesiverkon kapasiteetti ylittyy sinne johdettujen hulevesien vuoksi erityisesti rankkasateiden aikaan. Tämän takia jätevettä saattaa purkautua ylivuotoina yleisille alueille, vesistöön ja kiinteistöihin.

Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa Turun Vesihuolto Oy:lle hulevesiselvitys koskien jätevesiverkkoon johdettuja hulevesiä ja selvittää niiden aiheuttamat ylimääräiset kustannukset jätevedenpuhdistamolla. Tulevaisuudessa kaikki hulevedet halutaan eriyttää jätevesiverkostosta. Tavoitteena on saada ponnahduslauta tästä projektista viemäriverkoston kehittämiseksi.

Turun Vesihuollolle toteutettava hulevesiselvitys tulee olemaan myös tukena saneeraus suunnittelulle ja investointibudjetin laatimiselle. Vuosittain verkoston saneeraamiselle

määrittellään investointibudjetti. Vuonna 2020 saneerauksen investointibudjetti jätevesi- ja vesijohtoverkostolle on yhteensä 7,4 miljoonaa euroa (Turun Vesihuolto Oy 2020, 11–12).



Kuva 1. Turun kaupungin vesihuoltoverkosto (Trimble NIS 2020).

2 HULEVESI VESIHUOLLOSSA

2.1 Hulevesi

Rakennetulla alueella maan pinnalle kertyvää sade- ja sulamisvettä kutsutaan hulevedeksi. Hulevesivalunnan muodostumiseen vaikuttaa erityisesti läpäisemättömän pinnan määrä rakennetulla alueella. Kun läpäisemätöntä pintaa on runsaasti, pintavaluntaa syntyy nopeammin ja runsaammin. Läpäisemättömiä pintoja ovat usein kadut ja erilaiset väylät ja pysäköintialueet (Suomen Kuntaliitto 2012, 18.)

Muita pintoja, joille hulevettä kertyy ovat rakennusten katot (Suomen ympäristökeskus 2020). Eniten hulevesiä syntyy keväällä lumien sulaessa, kesällä rankkasateilla ja syksyllä sateisina kausina (Suomen ympäristökeskus 2020). Pintavalunnan muodostumiseen vaikuttavat myös sateen intensiteetti ja -kesto ja kuinka pitkä kuivan ajan jakso on ollut ennen sadetapahtumaa. Maanpinnan kaltevuus ja maaperän ominaisuudet vaikuttavat myös (Suomen Kuntaliitto 2012, 18.) Sateen intensiteetillä tarkoitetaan tietyllä aikavälillä tapahtuvaa keskimääräistä sadantaa (Suomen Kuntaliitto 2012, 13).

2.2 Hulevesien vaikutus vesihuollon maksuihin

Turun seudun jäteveden puhdistuksesta vastaa Turun seudun puhdistamo Oy. Turun seudun puhdistamo Oy on osakeyhtiö, joka toimii Mankala-periaatteen mukaan. 14 Turun seudun kuntaa on kirjoittanut osakassopimuksen TSP:n (Turun seudun puhdistamo Oy) kanssa (Nordman & Mäkinen 2020.) Mankala-periaate on yksi osakeyhtiön toimintamalli. Tässä toimintatavassa osakkaat rakentavat yhdessä laitoksen, josta jokainen omistaa sovitun osuuden ikään kuin omistaisi osuutensa kokoisen laitoksen itse (Soininvaara 2014.) Mankala-yhtiön toiminnan tarkoitus ei ole tuottaa voittoa, vaan osakkeenomistajilla on oikeus saada osakeomistukseensa perustuva osuus yhtiön tuottamista hyödykkeistä. Toinen oleellinen piirre Mankala-yhtiön toiminnassa on se, että yhtiön toiminnasta syntyvistä kustannuksista vastaavat osakkeenomistajat. He vastaavat myös yhtiön ottamista velkojen koroista ja lyhennyksistä. Osakkeenomistajien on siis maksettava Mankala-yhtiölle maksuja sen menojen kattamiseksi (Tieteen termipankki 2018.) Turun seudun puhdistamon kohdalla osakaskuntien kanssa on sovittu, että pääomakustannukset ja käyttökustannukset jaetaan sen perusteella, miten palvelua käytetään.

Tämä tarkistetaan viiden vuoden välein. Yhtiösopimuksen mukaan TSP laskuttaa osakaskuntia jäteveden puhdistuksesta jätevesimäärän ja jätevesien kuormittavuuden perusteella. Tämän vuoksi jokaisen kunnan rajalla mitataan vesimäärä ja laatu. Tämä myös aiheuttaa sen, että puhdistuskustannukset vaihtelevat vuosittain (Nordman & Mäkinen 2020.)

Asiakkailta perittävän jätevesimaksun halutaan olevan mahdollisimman todenmukainen kulutukseen nähden. Vesihuoltolain periaatteiden mukaisesti asiakkaita tulee laskuttaa vain sen verran kuin on tarve ja yhtiölle saisi muodostua vain kohtuullista voittoa. Vuoden 2020 jäteveden määrä ja TSP:lle maksettavat kustannukset arvioidaan vuoden 2019 lopulla, joten myös asiakkailta perittävä maksu arvioidaan etukäteen. Tarkasteluvuonna tapahtuvaa sadetta ja muodostuvia sulamisvesiä on mahdotonta tietää. Koska jätevesiverkostoon johdetut hulevedet heikentävät kustannusten arviointia, on myös haastavaa määrittellä, minkä verran asiakkaan tulisi maksaa kyseisenä vuonna. Hulevesien eriyttäminen jätevesiverkostosta helpottaisi puhdistamolle päätyvän jätevesimäärän arviointia ja asiakasmaksu saataisiin todenmukaisemmaksi (Henkilökohtainen tiedonanto, E. Rostedt 21.5.2021.)

2.3 Hulevesien hallinta

Hulevesien hallinnasta säädetään pääsääntöisesti maankäyttö- ja rakennuslaissa (Suomen ympäristökeskus 2020). Hulevesien hallinnalla tarkoitetaan niitä toimia, jotka sisältävät vesien imeyttämistä, viivyttämistä, johtamista, viemäröintiä ja käsittelyä (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999). Tavoitteena on edistää luonnonmukaista hulevesien käsittelyä ja tehdä näistä järjestelmistä viihtyisyyttä lisääviä ja esteettisesti kauniita ja näkyviä (Viherympäristöliitto 2020). Tärkeää on myös ehkäistä hulevesistä aiheutuvia haittoja ja vahinkoja niin ympäristölle kuin kiinteistöillekin. Niiden hallintaa kehitetään suunnitelmallisesti erityisesti asemakaava-alueella (MRL 132/1999, 103 c §.) Hulevesien imeyttäminen ja viivyttäminen taajamassa tulee entistä tärkeämmäksi ilmastonmuutoksen myötä, siksi on varauduttava lisääntyviin rankkasateisiin ja pidempiin kuiviin kausiin (Suomen Kuntaliitto 2012, 20).

Merkittävin osa hulevesien hallinnassa on niiden muodostumisen ehkäiseminen ja sen määrän vähentäminen. Hulevesien muodostumista voidaan ehkäistä rajoittamalla rakennettujen pintojen määrää. Esimerkiksi tonteilla sitä voidaan ehkäistä kasvillisuutta säilyttämällä. Yleisillä alueilla muun muassa katuverkoston pituus olisi mahdollisimman lyhyt

ja päällystetty alue mahdollisimman kapea. Muita konkreettisia keinoja ovat viherkattojen ja kattopuutarhojen hyödyntäminen (Suomen Kuntaliitto 2012, 20.)

Hulevesiä saadaan tehokkaasti vähennettyä niiden syntypaikalla imeyttämällä. Imeytyksessä vesi imeytyy läpäisevän maaperän läpi osaksi maa- ja pohjavettä. Imeytymisen mahdollisuutta voidaan parantaa jättämällä piha-alueita päällystämättä tai käyttämällä vettä läpäiseviä päällysteitä. Toisinaan voidaan myös rakentaa erillisiä imeytysrakenteita. Niitä ovat esimerkiksi erilaiset kivipesät, erilaiset imeytyspainanteet ja -kaivot sekä maanalaiset imeytyskentät (Suomen Kuntaliitto 2012, 20.)

Viivyttämällä tarkoitetaan hulevesivirtaaman hidastamista. Viivytyksen menetelmien tarkoituksena on hidastaa virtaamaa siten, että menetelmään johdettu vesi varastoidaan tietyn ajan ja vapautetaan hiljalleen. Menetelmä tulee kyseeseen erityisesti silloin, kun vedet johdetaan hulevesiviemäriin ja alueella on suuria virtaamia. Tällaisia alueita ovat muun muassa teollisuusalueet. Viivyttämistä voidaan tehdä painanteissa, avouomissa, altaissa, lammikoissa ja kuvan 2 mukaisissa kosteikoissa (Suomen Kuntaliitto 2012, 20–21.)



Kuva 2. Hulevesikosteikko (Tengbom Oy 2017).

Hulevesiä voidaan hallita myös johtamalla niitä avouomissa. Veden johtaminen avoimissa järjestelmissä hidastaa virtaamaa ja samalla epäpuhtauksien laskeutuminen ja imeytyminen mahdollistuu. Hulevesien kuljettamat haitta-aineet ovat usein sitoutuneena kiintoaineeseen, jolloin haitta-aineiden poistaminen laskeuttamalla tai suodattamalla on melko helppoa. Tavallisimpia haitta-aineita ovat lannoitteet ja torjunta-aineet ja liukkaiden torjunnassa käytetty natriumkloridi, suola. Natriumkloridi on liukoisessa muodossa, joten sitä ei pystytä suodattamalla poistamaan. Se on erityisen haitallinen pohjavesille. Haitta-aineiden vähentämisen tai poistamisen lisäksi tärkeä huleveden laadun hallinnan kannalta on tiedottaminen ja ohjeistus koskien muun muassa torjunta-aineita. Avoin kuivatusjärjestelmä on paras hulevesien laadun ja määrän hallintaan (Suomen Kuntaliitto 2012, 21.)

Avoimia järjestelmiä ovat avo-ojat, purot, viherpainanteet, kourut, kanavat ja muut johtamismenetelmät, jotka perustuvat avouomavirtaukseen. Avouomissa pystytään kasvillisuudella tehostamaan imeytymistä ja haitallisten aineiden poistumista ja itse virtaaman hidastumista. Ne soveltuvat maankäytöllisesti etenkin alueille, joissa rakentaminen on suhteellisen väljää. Hulevesien hallinnassa tarvitaan kuitenkin edelleen maanalaista viemäriverkostoa. Hulevesien johtaminen putkijärjestelmässä pyritään toteuttamaan painovoimaisesti mukaillen luonnollisia valumareittejä. Putkijärjestelmässä hulevesi ei kuitenkaan pääse imeytymään maaperään, minkä lisäksi vedet tulee johdettua liian nopeasti ja käsittelemättä purkuvesiin (Suomen Kuntaliitto 2012, 21.)

Asemakaava-alueella hulevesien hallinnasta vastaa kunta (MRL 132/1999, 103 i §). Kiinteistöillä hallinnasta vastaa kiinteistön omistaja (MRL 132/1999, 103 e §). Jos imeyttäminen kiinteistöllä ei ole mahdollista eikä hulevesiä johdeta vesihuoltolain 17 a §:ssä määriteltyyn vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkoston, kiinteistön omistajalla on velvollisuus johtaa kiinteistönsä hulevedet kunnan hulevesijärjestelmään (MRL 132/1999, 103 f §). Turun kaupungin alueella on ainoastaan yksi hulevesiverkosto, joka on Turun kaupungin omistama (Henkilökohtainen tiedonanto, E. Rostedt 21.5.2021). Kiinteistön omistajalla on myös puhtaanapitovelvollisuus koskien esimerkiksi maa-aineksen, roskien ja lehtien poistamista hulevesikaivojen kansiritilöiden päältä. Ojarumpujen aukkojen tukkeutumisvaaran aiheuttavan materiaalin poistaminen on myös kiinteistön omistajan vastuulla. Talvella on pidettävä edellä mainittuja kohteita lumettomana ja jäätömänä (Turun kaupunki 2020.)

2.4 Hulevesien johtaminen jätevesiverkostoon

Lain määräämänä hulevesien johtaminen kiinteistöiltä jätevesiverkostoon on kiellettyä (Vesihuoltolaki 119/2001, 17 d §). Kiinteistöllä tarkoitetaan itsenäistä maanomistuksen yksikköä tai muuta yksikköä, joka on merkittävä kiinteistörekisteriin (Kiinteistönmuodostamislaki 554/1995, 2 §). Kiinteistöön katsotaan kuuluvan sillä sijaitsevat kiinteistön omistajan omistamat rakennukset ja kiinteät laitteet. Määritelmä ei kuitenkaan edellytä, että kiinteistöllä sijaitisi rakennusta. Myös katualueet ja yleiset alueet kuuluvat johonkin kiinteistöön. (Henkilökohtainen tiedonanto, J. Heininen 13.4.2021.)

Hulevedet lisäävät merkittävästi ylivuotoriskejä jätevesiverkostossa. Jätevesiverkoston pumppaamo- ja ylivuotovedet voivat aiheuttaa monenlaisia haittoja. Pääsääntöisesti ylivuotopaikat ovat harkittuja ja mittaroituja pisteitä, joista vuotovesi päätyy ensin ympäröivään maastoon ja sitä kautta valuntana vesistöihin. Seurauksena on usein bakteeri- ja ravinnepitoisuuksien selkeä nousu vastaanottavassa vesistössä, hajuhaitat, haitat eliöstölle ja haitat virkistyskäytölle. Seurauksena voi olla esimerkiksi uimakielto terveys- ja suojelullisista syistä, mikäli uimarannan bakteeripitoisuudet ylittävät Sosiaali- ja terveysministeriön asettamat uimaveden laatuvaatimukset. Erityisesti hallitsemattomissa jäteveden ylivuotopaikoissa vuotovesi voi aiheuttaa vahinkoa myös kiinteistöille ja irtaimelle omaisuudelle (Henkilökohtainen tiedonanto, E. Rostedt 30.4.2021.) Hajuhaittoja aiheutuu myös, kun jätevesilinjaan liitetty hulevesikaivo tuulettaa jätevesilinjan kuivuessa viemärin hajut ympäristöön. Erityisesti kaupungissa ongelma on häiritsevää ja se laskee esimerkiksi Aurajoen ympäristön viihtyvyyttä (Henkilökohtainen tiedonanto, P. Ahti 10.4.2021.)

Hulevesien päätyminen jätevesiverkostoon on monien eri tekijöiden syytä. Tämä johtuu muun muassa vesilaitoksen asiakkaiden kiinteistöiltään jätevesiviemäriin johdetuista hulevesistä sekä viemäriverkoston huonosta teknisestä kunnosta (Öström 2016.) Ongelmana ovat myös katujen ja yleisten alueiden kuivatuksen hulevesikaivot, jotka ovat liitettyinä jätevesiverkostoon (Trimble NIS 2020). Yhtenä lisätekijänä ovat vuotovedet. Viemäreiden vuotovesistä puhuttaessa tarkoitetaan pohja- tai hulevesiä, jotka vuotavat viemäriverkostoon (Saarnio 2019, i.) Vuotovesien määrään viemäriverkostossa vaikuttaa viemärin kunto ja ikä, putkiliitosten materiaali ja tyyppi sekä rakennustyön suoritustapa. Pohjaveden pinnan korkeus on myös olennainen tekijä vuotovesien määrän suhteen, mutta sillä on merkitystä niillä alueilla, joilla jätevesiviemäri on pohjaveden pinnan alapuolella. Etenkin kevätulamisen aikaan huhti- ja toukokuussa vuotovesistä johtuvat

virtaamat ovat suuria. Vuotovesiä voi tulla jätevesiviemäriin myös pintavaluntana kaivojen yläosista ja pintakerrosvaluntana vajovesivyöhykkeestä (RIL 237-2-2010, 47–48.) Rannikkoalueilla merivedenpinnanvaihtelu vaikuttaa jätevesiverkostossa esiintyvän vuotoveden määrään (Henkilökohtainen tiedonanto, P. Ahti 6.5.2021).

2.5 Viemäriverkoston suunnittelu

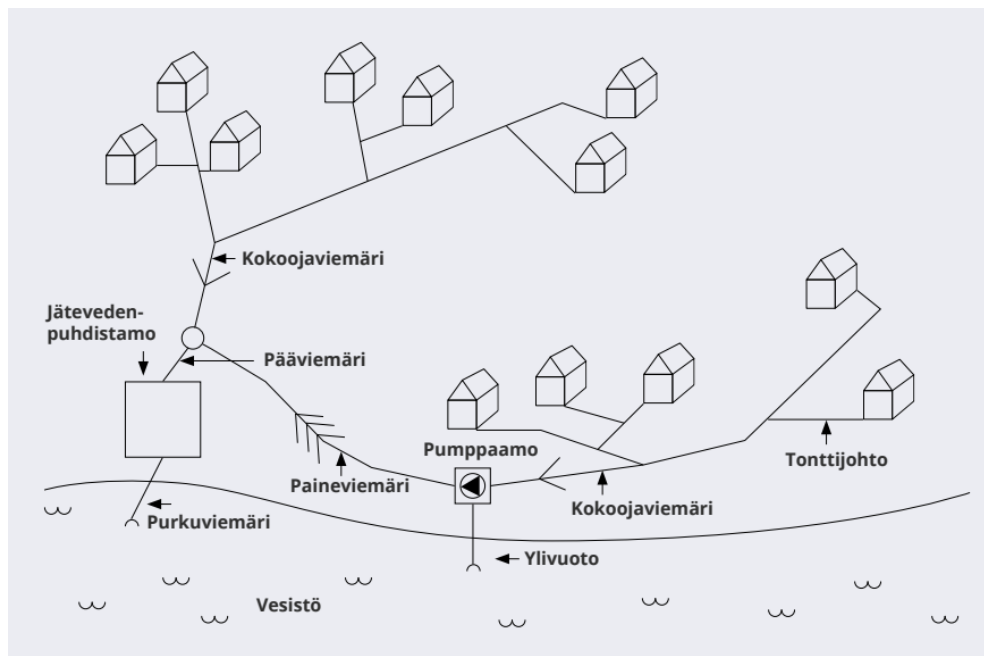
Viemäroinnin tavoitteena on olla terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen (Vesihuoltolaki 119/2001 1 §) eli se ei saa aiheuttaa haittaa tai vahinkoa luonnolle eikä yhdyskunnan toiminnoille. (Betoniteollisuus ry 2017, 46). Viemäreillä johdetaan jätevesien lisäksi myös hule- ja kuivatusvesiä, jotka purkavat johonkin vesistöön (Betoniteollisuus ry 2017, 46). Oikeanlaisella viemäroinnillä pyritään siihen, että kiinteistöt säilyvät rakennus- ja käyttökelpoisina sekä asumisen terveellisyys- ja viihtyvyysvaatimukset taataan (RIL 237-2-2010, 45).

Viemäriverkosto ja viemärointijärjestelmät tulee suunnitella toimivaksi kokonaisuudeksi muun teknisen huollon verkostojen ja liikenneväylästäön kanssa. Viemäroinnin suunnittelu kuuluu myös osaksi yhdyskunnan maankäytön suunnittelua. Toteutus jaetaan kahden eri järjestelmään: erillisviemärointiin ja sekaviemärointiin. Erillisviemärointi on se, mihin pyritään. Erillisviemäroinnissä jäte- ja hulevesi johdetaan omissa putkijärjestelmässään, kun taas sekaviemäroinnissä kyseiset vedet johdetaan samassa. Tavoitteena on vähentää sekaviemäroinnin määrää saneeraamalla alueet erillisviemäroidyksi. Tekniset periaateratkaisut, joita viemäroinnin suunnittelussa käytetään, ovat viettoviemärointi ja paineviemärointi. Pääsääntöisesti viemärointi pyritään toteuttamaan painovoimaisesti viettona maaston luonnollisia muotoja hyväksikäyttäen. Toisinaan viettoviemärin käyttö ei ole mahdollista, jolloin paineviemäroinnin ja pumppausten käyttö veden johtamisessa tulee tarpeelliseksi. Viemärit tulee suunnitella siten, että ne toimivat mahdollisimman häiriöttömästi ja putkikoot on mitoitettu viemäreissä kulkevaa vesimäärää vastaavaksi (Betoniteollisuus ry 2017, 46–48.)

Hulevesiviemäroinnillä on kaksi päätehtävää. Ensisijaisesti hulevesiviemäroinnillä kootaan ja johdetaan pois katu-, tie- ja piha-alueilla sekä rakennusten katoilla muodostuvat hulevedet. Toiseksi sen tehtävänä on rakenteiden kuivatuksessa muodostuvien salaojavesien johtaminen (Suomen Kuntaliitto 2012, 189.) Kun puhutaan hulevesiviemäriverkostosta, se käsittää järjestelmän, joka alkaa kiinteistöltä ja päättyy purkuvesistöön tai purkupisteeseen maastossa. Verkostoon kuuluvat viemäriputket, erilaiset kaivot ja muu

laitteisto, kuten venttiilit, ylivuotorakenteet ja mahdolliset pumppaamot. Hierarkkisesti viemäriputket voidaan jakaa yhdys- ja viiksijohtoihin, tontti- ja kokoojaviemäriin ja pää- ja runkoviemäriin. Nimensä mukaisesti pää- ja runkoviemärit sijoitetaan yleensä pääkaduille ja tontti- ja kokoojaviemärit tontti- ja kokoojakaduille. Viemäriputket yhdistetään toisiinsa hulevesi- tai tarkastuskaivoilla tai tarkastusputkilla. Ritiäkannelliset kaivot pyritään sijoittamaan maaston tai kadun tasauksen matalimpiin kohtiin, joista ne keräävät pintavaluntana tulevan veden hulevesiviemäriverkoston. Hulevesiviemärointiä suunniteltaessa tulee ottaa myös huomioon yllä- ja kunnossapidon mahdollisuus (Suomen Kuntaliitto 2012, 190–191.) Tulvareitit on lisäksi suunniteltava rankkasateiden aikana verkostosta tulvivaa vettä varten (Suomen Kuntaliitto 2012, 206).

Vesihuoltoon sisältyy myös jäteveden poisjohtaminen ja jäteveden käsittely (Vesihuoltolaki 119/2001 3 §). Jätevesiviemäriverkoston tehtävänä on johtaa jätevesi pois kiinteistöiltä. Haja-asutusalueille ovat yleistyneet kiinteistökohtaiset tai usean kiinteistön muodostamat paineviemärijärjestelmät, jotka purkavat vedet kunnalliseen viemäriverkoston. Jätevesiviemäriverkosto koostuu kuvan 3 mukaisesti tonttijohdoista, kokoojaviemäreistä, pääviemäristä ja mahdollisista pumppaamoista ja paineviemäroinnistä. Eri viemäriosien kautta jätevedet johdetaan lopulta jätevedenpuhdistamolle, josta ne puretaan puhdistettuna vesistöön (Betoniteollisuus ry 2017, 46–47.)



Kuva 3. Jätevesiviemäriverkoston osat (Betoniteollisuus ry 2017, 47).

Viemäröinnillä on tärkeä rooli vesistöjen pilaantumisen estämisessä sekä vesien virkistykäytön edistämässä. Suunnittelussa on otettava huomioon, että jätevesiviemärin toimintavarmuus tulee saada mahdollisimman hyväksi olemassa olevien teknisten ja taloudellisten mahdollisuuksien puitteissa. Viemärin kunnossapito täytyy pystyä suorittamaan taloudellisesti ja asianmukaisesti. Lisäksi vuotovesien määrän minimointiin tulee kiinnittää huomiota. Jo olemassa olevia viemäröintejä ei sovi unohtaa. Niitä tulee parantaa viemäristöön johtokyvyn parantamiseksi. Myös olemassa olevien viemäreiden kapasiteetti pyritään käyttämään hyödyksi mahdollisimman tehokkaasti (RIL 237-2-2010, 45.)

2.5.1 Hulevesiviemärin mitoitus

Hulevesiviemärit mitoitetaan rankkasateen perusteella. Viemärin on kyettävä johtamaan mitoitustilanteen virtaama ilman padottamista. Tätä virtaamaa kutsutaan mitoitusvirtaamaksi. Mitoitusvirtaama määritellään mitoitussateen rankkuuden ja keston perusteella valuma-alueen ominaisuudet huomioon ottaen. Mitoitussateena käytetään yleensä tavanomaisia rankkasateita. Sitä rankempien sateiden aikana hulevesiviemärin on sallittua padottaa eli vesi saa nousta maanpinnalle suunniteltuun padotuskorkeuteen asti. Erittäin rankkojen sateiden aikana padotuskorkeudenkin voi ylittää (Suomen Kuntaliitto 2012, 206.)

Suunnittelukohteelle tulee määritellä mitoitussateen toistuvuus eli sateen aiheuttaman hulevesivirtaaman todennäköisyys. Määrittely perustuu tapauskohtaiseen riskianalyysiin tai järjestelmän haltijan yleiseen ohjeistukseen. Toistuvuutta määriteltäessä tasapainoillaan kustannusten ja riskien välillä. Jos hulevesiviemäri ylimitoitetaan, kustannukset kasvavat, mutta tulvariski pienenee. Alimitoitettuna taas toteutuskustannuksia voidaan saada pienemmäksi, mutta tulvariski kasvaa. Sateen toistuvuuden lisäksi tarvitaan sateen kesto. Sateen kesto aika määräytyy valuma-alueen ominaisuuksien perusteella. Valuma-alueen pinta-aloille ja mitoitussateen kestoajan välille on määritetty ohjeellisia arvoja suunnittelun avuksi taulukon 1 mukaisesti (Suomen Kuntaliitto 2012, 208–209.)

Taulukko 1. Ohjeelliset mitoitusasteen kestoajat valuma-alueen pinta-alojen suhteen (Suomen Kuntaliitto 2012, 209).

Valuma-alueen pinta-ala	Mitoitusasteen kestoaja
< 2 ha	5 min
2...5 ha	10 min
5...20 ha	20 min
20...100 ha	60 min

Todellinen sateen kesto voidaan määrittää kertymisajan avulla. Kertymisajalla tarkoitetaan veden virtausaikaa valuma-alueen kauimmaisesta pisteestä sen purkupisteeseen. Kun määritetään kertymisaikaa, tulee muistaa, että arvoon vaikuttavat myös virtausreitit kaltevuus, virtausvastukset ja vesisyvyys. Suunnittelussa on kuitenkin mahdollista käyttää viitteellisiä arvoja, jotka on esitetty taulukossa 2 (Suomen Kuntaliitto 2012, 208–209.)

Taulukko 2. Ohjeelliset virtausnopeudet erilaisilla reiteillä (Suomen Kuntaliitto 2012, 209).

Virtausreitti	Ohjeellinen virtausnopeus [m/s]
Putket	
- pienet	1.5 m/s
- suuret	1.0 m/s
Ojat	0.5 m/s
Maasto	0.1 m/s

Mitoitusasteen keston ja toistuvuuden avulla saadaan mitoitukseen tarvittava sateen rankkuus eli intensiteetti. Keskimääräinen sateen intensiteetti on tilastollinen taulukon 3 mukainen arvo. Maantieteellinen sijainti ja sadealueen pinta-ala täytyy ottaa myös huomioon sateen intensiteettiä määritettäessä. Esimerkiksi Etelä-Suomessa tietty sateen intensiteetti on todennäköisempi kuin Pohjois-Suomessa. Pinta-ala vaikuttaa siten, että mitä pienempi sadealue on, sitä suurempi on sateen intensiteetti. Vaikka todellisuudessa sateen intensiteetti saattaa vaihdella sadetapahtuman aikana, mitoituksessa sateen intensiteetti oletetaan vakioksi. Sateen muodon vaihtelu voidaan kuitenkin ottaa huomioon, jos mitoitus tehdään tietokoneavusteisesti mallintamalla (Suomen Kuntaliitto 2012, 206–208.)

Taulukko 3. Keskimääräiset intensiteetit noin yhden neliökilometrin aluesadannalle Etelä-Suomessa, jotka perustuvat säätutkamittauksiin (Suomen Kuntaliitto 2012, 207).

Keskimääräinen intensiteetti (l/s*ha)									
Toistuvuus	Sateen kesto								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1/1 a	117	80	78	50	33	18	11	6,9	4,2
1/2 a	167	120	100	61	42	21	13	8,3	5
1/3 a	183	130	111	72	47	23	14	8,8	5,2
1/5 a	217	150	122	83	53	25	16	9,7	5,8
1/10 a	233	180	156	100	64	30	19	10,9	6,9

Valuma-alueen ominaisuudet määrittelevät valuntakertoimen. Se, kuinka suuri osa sata-
vasta vedestä muuttuu hulevedeksi, riippuu valuma-alueen ominaisuuksista kuten taulu-
kosta 4 nähdään. Valuntakerroin ei ole vakio, vaan siihen vaikuttaa sateen rankkuus ja
kestoajka. Sateen rankkuuden ja kestoajan kasvaessa hulevesien osuus sademäärästä
pääsääntöisesti kasvaa (Suomen Kuntaliitto 2012, 208.)

Taulukko 4. Valumakerroimen arvot pinnan laadun mukaan (Suomen kuntatekniikan yh-
distys 2003).

Pinnan laatu	Valumakerroin
Katto	0,90
Betoni ja asfaltti	0,80
Tiivissaumainen kiveys	0,80
Kiveys hiekkasaumoin	0,70
Hyväkuntoinen soratie	0,50
Nurmetettu luiska	0,50
Paljas laakeahko kallio	0,40
Sorakenttä ja -käytävä	0,30
Puistomainen piha	0,20
Puisto, runsaasti kasvillisuutta	0,15
Kallioinen metsä	0,15
Niitty, pelto, puutarha	0,10
Tasainen tiheäkasvuinen metsä	0,05

Kun edellä mainitut tekijät ovat määritetty, käsin mitoitettaessa huleveden mitoitusvirtaama (Suomen Kuntaliitto 2021, 209) saadaan kaavalla 1:

$$Q = C \cdot i \cdot A, \quad (1)$$

jossa Q = mitoitusvirtaama (l/s)

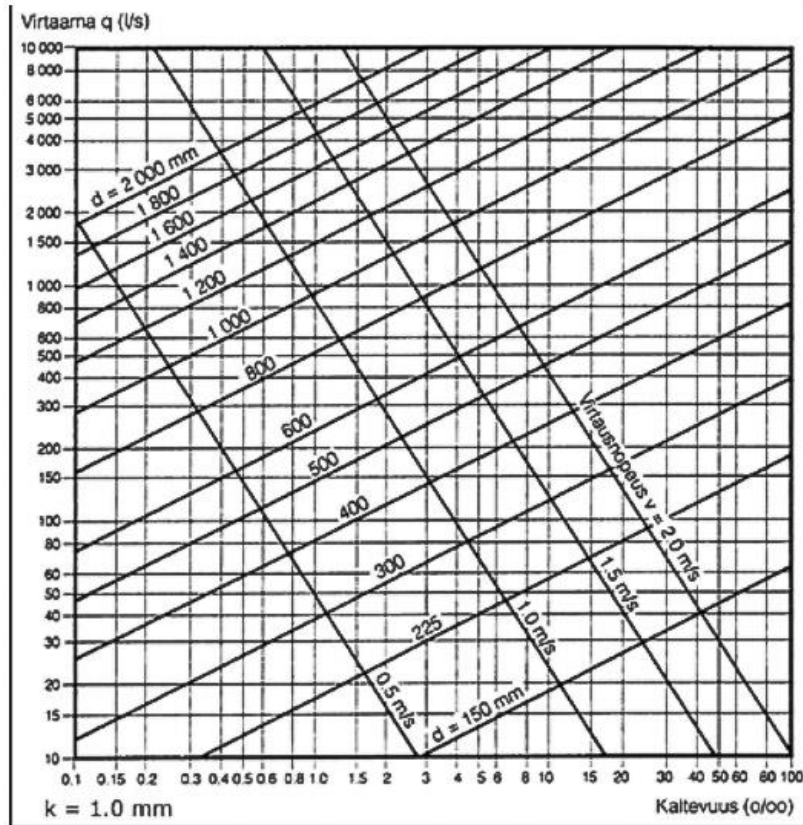
C = valuntakerroin

i = mitoitusasteen keskimääräinen intensiteetti (l/s * ha)

A = valuma-alueen pinta-ala (ha)

Hulevesiviemäriä mitoittaessa on otettava huomioon tarkasteluperuste. Hulevesien muodostuminen on riippuvainen maankäytöstä, ja rakentaminen lisää virtaamaa. Realistinen ja ennustettavissa oleva tarkasteluajanjakso on tämän vuoksi 20–40 vuotta. Huomioon on otettava myös suunnittelukohteen sijoittuminen ja kytkeytyminen jo olemassa oleviin verkoston osiin (Suomen Kuntaliitto 2012, 209–210.)

Mitoitusvirtaamalaskennan jälkeen tulee määrittää hulevesiviemärin koko. Putkikoon valintaan mitoitusvirtaaman lisäksi vaikuttaa mahdollinen putkikaltevuus ja putkimateriaalin karheudesta johtuva virtausvastus. Virtausvastus myös kasvaa ajan myötä. Putken karheudelle voidaan käyttää Colebrookin ohjeellista arvoa $k = 1,0$ mm. Putkikoko käsin määriteltäessä tehdään hyödyntäen kuvan 4 Colebrookin virtausnomogrammia. Laske-
tun mitoitusvirtaaman ja arvioidun kaltevuuden avulla voidaan määrittää, minkä halkaisijan omaavalla putkella saavutetaan täysi välityskyky. Ohjeellisina minimi- ja maksimikaltevuuksina voidaan käyttää taulukon 5 arvoja (Suomen Kuntaliitto 2012, 2011.)



Kuva 4. Colebrookin virtausnomogrammi (Suomen Kuntaliitto 2012, 211).

Taulukko 5. Ohjeelliset minimi- ja maksimikaltevuuden arvot putkikokoa kohden (Suomen Kuntaliitto 2012, 212).

Putkikoko [mm]	Suosittelava minimikaltevuus [‰]	Suosittelava maksimikaltevuus [‰]
200	4,5	120
300	3,0	70
400	2,5	50
500	2,0	40
600	1,6	30
800	1,0	20
1200	1,0	15
1600	1,0	10

2.5.2 Jätevesiviemärin mitoitus

Kun jätevesiviemäriä aloitetaan mitoittamaan viettoviemärinä, mitoituksen peruslähtökohtia ovat ohjevuosi, mitoitusvirtaamat ja viemärin huuhtoutuvuus (RIL 237-2-2010, 46). Jätevesiviemärin tulee kyetä johtamaan suurin tuntivirtaama, joka määräytyy ohjevuoden mukaan. Yleisesti viemäri mitoitetaan 20...40 vuoden aikana esiintyvää suurinta tuntivirtaamaa käyttäen. Viemärin kapasiteetti tulee olla riittävä mitoitusvesimäärän johtamiseen. Muita mitoitusehtoja ovat viemärin minimi- ja maksimikaltevuus, jotka varmistavat huuhtoutumisen, mutta samalla eroosion välttämisen. Eri putkimateriaalit asettavat myös omat vaatimuksensa (RIL 237-2-2010, 48–49.)

Mitoitus aloitetaan mitoitusvirtaaman laskemisella. Jos teollisuuden veden käyttö sisältyy ominaiskulutukseen, saadaan mitoituksen jätevesivirtaama kaavan 2 avulla (RIL 237-2-2010, 46):

$$Q_{jmit.} = \frac{c_{dmax} \cdot c_{hmax} \cdot P \cdot Q_{ominaisk}}{3600 \cdot 24}, \quad (2)$$

jossa $Q_{jmit.}$ = mitoituksessa käytettävä jätevesivirtaama

P = viemäröintialueen asukasmäärä

$Q_{ominaisk}$ = ominaiskäyttö (l/as/d)

c_{dmax} = suurin vuorokausikäyttökerroin

c_{hmax} = suurin tuntikäyttökerroin

Kun puhutaan veden ominaiskäytöstä, tarkoitetaan sitä talousvesimäärää, jonka vesilaitos pumppaa verkostoon vuorokaudessa. Tämä vesimäärä jaetaan vielä verkostoon liittyneellä asutuksen lukumäärällä. Ominaiskäytön voidaan katsoa muodostuvan muun muassa kotitalouksista, maataloudesta, teollisuudesta, julkisista palveluista, palonsammutusvedestä, mittaamattomasta vedenkäytöstä ja vuotovedestä (Suomen ympäristökeskus 2015.)

Kun mitoitusvirtaama on saatu selvitettyä, määritetään johtolinjan kaltevuus ja johtokoko otaksutulla kaltevuudella ja mitoitusvirtaamalla. Eri johtokoille on olemassa suosituksia minimikaltevuuksista taulukon 6 mukaisesti. Johtokoon määrittämiseen käytetään kuvan 4 mukaista Colebrookin nomogrammia. Nomogrammista tulee valita teoreettista

johtokokoa lähinnä suurempi johtokoko. Putken karheusarvona voidaan käyttää vastaavaa kuin hulevesiviemäriä mitoitettaessa, $k = 1,0 \text{ mm}$ (RIL 237-2-2010, 49–50.)

Taulukko 6. Jätevesiviemäreiden minimikaltevuuksia (RIL 237-2-2010, 50).

Putken halkaisija (mm)	Pienin suositeltava kaltevuus (‰)	Minimikaltevuus (‰)	Huuhtoutumista vastaava virtaama minimikaltevuudella l/s
150	8,0	5,0	1,9
200	7,0	4,5	2,5
300	6,0	3,0	6
400	5,0	2,5	9
500	4,0	2,0	14
600	3,0	1,6	25
800	2,0	1,3	35
> 800	1,5	1,0	-

Tärkeää on varmistaa myös viemärin huuhtoutuminen, jotta viemärin pohjalle laskeutuva sedimentti irtautuu ainakin kerran vuorokaudessa virtaaman vaikutuksesta. Huuhtoutuminen voidaan tarkistaa laskemalla hankausjännitys tai määrittää se siihen tarkoitetuilla nomogrammeilla putken halkaisijan mukaan (RIL 237-2-2010, 49–50.)

Jotta jätevesiviemäri on huuhtoutuva, hankausjännityksen tulee olla yli $1,5 \text{ N/m}^2$. Hankausjännitys saadaan laskettua kaavalla 3 (RIL 237-2-2010, 49–50):

$$T = \gamma \cdot g \cdot I \cdot R, \quad (3)$$

jossa $T = \text{hankausjännitys, N/m}^2$

$\gamma = \text{veden tiheys, } 1000 \text{ kg/m}^3$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$I = \text{putken kaltevuus, m/m}$

$R = \text{hydraulinen säde, m}$

$R = A/p, \text{ m}$

$A = \text{putken vesipoikkileikkauspinta-ala, m}^2$

$p = \text{märkä piiri, m}$

2.6 Viemärivereden käsittely

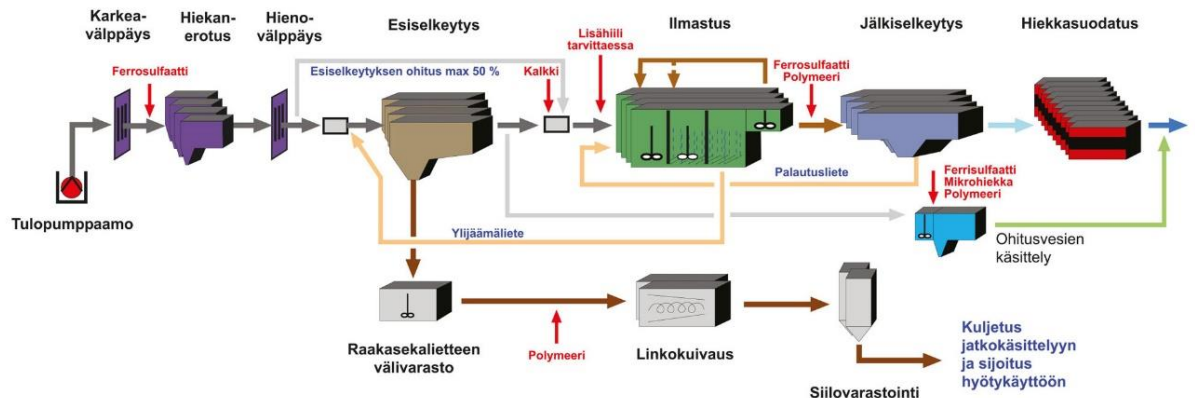
Kun asutukselta ja teollisuuden toimialoilta syntyy jätevettä, se johdetaan jätevesiverkostossa lopulta jätevedenpuhdistamolle. Puhdistettu jätevesi johdetaan purkuvesistöihin, joten jäteveden kunnollinen puhdistaminen on tärkeä osa prosessia. Puhdistamaton jätevesi pilaisi veden hygieenisen ja ekologisen laadun, jolloin vesistöt rehevöityisivät ja vesistön happitilanne huononisi. Huono happitilanne vaikuttaa negatiivisesti kalakantoihin (Lapuan Jätevesi 2021.)

Turussa Kakolanmäellä sijaitsee Turun seudun puhdistamo Oy:n jätevedenpuhdistamo, joka on 14:n osakaskunnan omistama. Omistajakunnat ovat Turku, Kaarina, Paimio, Marttila, Pöytyä, Oripää, Aura, Lieto, Rusko, Raisio, Masku, Naantali, Nousiainen ja Mynämäki. Omistusosuus jakaantuu omistajakuntien kesken, suurin omistusosuus on Turun kaupungilla. Koko toiminta-alueella viemäriverkoston kokonaispituus on yli 2 000 km ja pumppaamoita on noin 500 (Turun seudun puhdistamo Oy 2021.)

Kuvan 5 mukainen jäteveden puhdistusprosessi tapahtuu 4-linjaisessa laitoksessa, jossa puhdistus perustuu mekaaniseen, kemialliseen ja biologiseen käsittelyyn. Puhdistusprosessissa jätevedestä poistetaan orgaaninen aine, fosfori, kiintoaine ja typpi. Orgaanisen aineen, fosforin ja kiintoaineen poistovaatimus on 95 % ja kyseisessä puhdistusprosessissa päästään 99 %:n poistotehoon. Typen osalta vaatimus on 75 % ja tässä päästään yli 80 %:n poistotehoon. Puhdistamolle johdetaan vettä kahdesta suunnasta laitoksen tulopumppaamoon, josta se ohjataan välppäykseen ja hiekanerotukseen. Tässä kohtaa jätevedestä poistetaan mekaanisesti kiintoaines ja siihen lisätään myös ilmaa. Kiintoaine sisältää runsaasti fosforia, joten ennen esiselkeytystä jätevetteen lisätään kemikaalia fosforin poistamiseksi. Esiselkeytysaltaassa saadaan osa jäteveden kiintoaineesta pois laskeuttamalla se painovoiman avulla altaan pohjalle. Lietetaskuihin kertynyt liete pumpataan varastoaltaan kautta kuivaukseen (Turun seudun puhdistamo Oy 2021.)

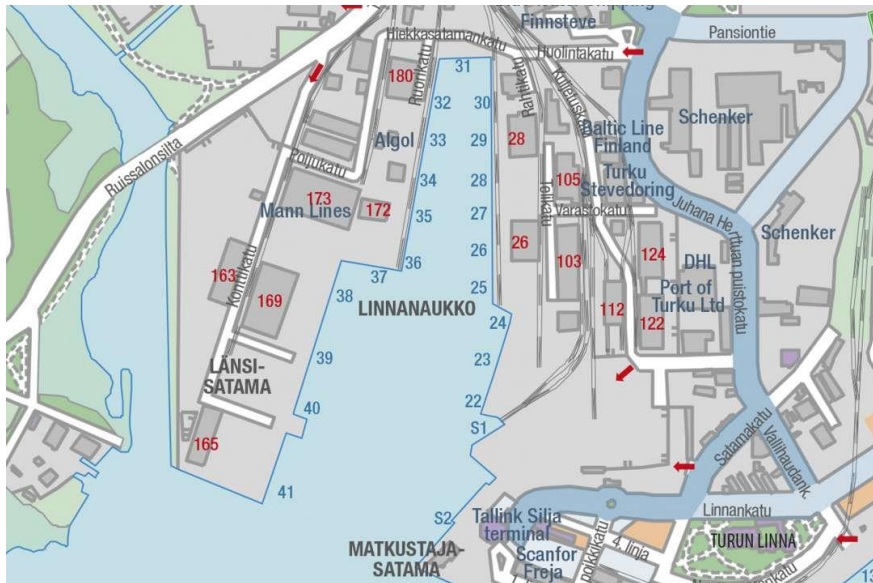
Esiselkeytyksen jälkeen jätevesi ohjataan ilmastukseen, jossa orgaaninen aine ja typpi poistetaan mikrobien avulla. Eri aineiden puhdistukseen tarvitaan erilaisia mikrobeja. Nämä mikrobit toimivat joko hapellisissa tai hapettomissa olosuhteissa, joten ilmastukseen on tehty molemmille omat osastot puhdistusprosessia varten. Orgaanisten aineiden poisto tapahtuu hapellisessa osastossa ja typen poisto hapettomassa sekä hapellisessa. Olosuhteet luodaan hapellisessa osastossa syöttämällä ilmastusaltaan pohjasta

ilmaa ja hapettomassa osastossa jätevetä sekoitetaan suurilla sekoittimilla. Tämän jälkeen mikrobimassa laskeutetaan jätevedestä altaan pohjalle jälkiselkeytyksessä. Samalla laskeutuvan lietteen mukana saadaan poistettua suurin osa jäteveden fosforista. Laskeutunut liete johdetaan takaisin ilmastukseen, josta ylijäämä poistetaan esiselkeytyksen kautta pois prosessista (Turun seudun puhdistamo Oy 2021.)



Kuva 5. Jäteveden puhdistusprosessi (Turun seudun puhdistamo Oy 2021).

Jätevedenpuhdistusprosessin loppuvaiheessa käsittelyvarmuus varmistetaan, siksi laitoksella on lisäksi 2-linjainen ohitusvesien käsittely-yksikkö. Ohitusvesien käsittely-yksikkö on tarkoitettu esiselkeytetyn ohitusveden kemialliseen käsittelyyn virtaamahuippujen aikana. Lopulta puhdistettu jätevesi johdetaan kuvassa 6 olevaan Turun Linnanaukon satama-altaaseen. Puhdistusprosessissa erotettu liete jalostetaan hyötykäyttöön. Liette kuivataan ja varastoidaan siiloihin, josta se kuljetetaan Topinojan jätekeskuksessa sijaitsevalle Gasum Oy:n biokaasulaitokselle. Gasum Oy käsittelee lietteen mädättämällä. Jäteveteen sitoutunutta lämpöenergiaa käytetään myös hyödyksi. Turun Seudun Energiantuotanto Oy tuottaa lämpöenergiasta kaukolämpöä ja lämpöpumpussa jäähtyneestä vedestä tuotetaan kaukojäähdytystä (Turun seudun puhdistamo Oy 2021.)



Kuva 6. Turun Linnanaukon satama-allas (Port of Turku 2021).

Vuonna 2019 jäteveden puhdistaminen kustansi Turun Vesihuolto Oy:lle 0,46 €/m³ (Turun seudun puhdistamo Oy 2020, 1). Jätevedenpuhdistamolle johdetut hulevedet vaikuttavat negatiivisesti niin kustannuksiin kuin puhdistusprosessiin. Erityisesti talvihulevedet heikentävät puhdistusprosessin onnistumisprosenttia. Typen poisto nitrifikaatiossa reaktion toimiminen on suuresti kiinni lämpötilasta ja jäteveden viipymästä järjestelmässä. Talvihulevesi on kylmää, jolloin lämpötila laskee eikä reaktio pääse tapahtumaan kunnolla. Huleveden kanssakin puhdistusprosessi voitaisiin saada onnistumaan, jos reaktiolle olisi myös tarpeeksi aikaa. Hulevesi kasvattaa virtausnopeutta, jolloin puhdistettava vesi ei viivy tarpeeksi kauan järjestelmässä. Hulevesi on myös hyvin hapekasta. Puhdistusprosessi sisältää vaiheita, joissa käsiteltävä jätevesi tulisi saada hapettomaksi ja tilanne vaikeutuu hapekkaan huleveden vuoksi. Myös edellä mainitut puhdistusprosessiin liittyvät seikat kasvattavat kustannuksia (Henkilökohtainen tiedonanto, I. Nordman 7.9.2019.)

3 VUODEN 2008 HULEVESISELVITYS

3.1 Tausta

Kaupunginvaltuusto hyväksyi 1.3.2004 § 40 Turun kaupungin vesihuollon esittämän kehittämissuunnitelman, jonka mukaan jätevesiverkoston johdettavista hulevesistä olisi tarpeen periä maksua. Maksu perittäisiin korotetun jätevesimaksun muodossa. Kaupunginhallituksen kokouksessa 13.3.2006 tehtiin selvityspyyntö hulevesimaksun käyttöönotosta. Syksyllä 2007 alettiin valmistelemaan hulevesiselvitystä: miten projekti toteutetaan, miten kiinteistöjen hule- ja jätevesijärjestelyt selvitetään. Selvitys aloitettiin virallisesti Turun Vesilaitoksen (nyk. Turun Vesihuolto Oy) toimesta huhtikuussa 2008 (Ahti & Laitinen 2020.)

Merkittävä motiivi hulevesiselvitykselle oli vähentää hulevesien määrää jätevesiverkostossa. Vuonna 2008 vesihuoltolaki velvoitti kiinteistöjä liittymään hulevesiverkoston määritellyllä huleveden toiminta-alueella. Nykyään ei ole pakko liittyä hulevesiverkoston, mutta hulevesien johtamien jätevesiverkoston on kiellettyä. Vuoteen 2008 asti Turun Vesilaitoksella oli oma jätevedenpuhdistamo. Kun seudullinen jätevedenpuhdistamo valmistui vuonna 2008 Kakolanmäelle, Turun Vesilaitoksen omistama jätevedenpuhdistamo lakkautettiin ja jätevedenpuhdistus aloitettiin Turun seudun puhdistamo Oy:n laitoksessa (Ahti & Laitinen 2020.)

3.2 Tavoitteet ja toteutus

Merkittävä motiivi ja tavoite hulevesiselvitykselle oli saada hulevedet pois jätevesiverkostosta ja näin pienentää jäteveden puhdistamiskuluja sekä vähentää ylivuotoriskejä. Ongelmat myös vähenisivät kiinteistöillä ja verkoston kapasiteetti saataisiin tehokkaasti hyödynnettyä. Tarkoituksena oli myös lisätä kiinteistöjen omistajien tietoisuutta oikeanlaisista hulevesijärjestelyistä ja kiinnostuneisuutta oman kiinteistön viemärijärjestelmiä kohtaan (Ahti & Laitinen 2020.)

Karttatarkastelulla selvitettiin ne kiinteistöt, joiden viemärijärjestelmät olivat puutteelliset ja näiltä tulnaisiin perimään korotettua jätevesimaksua. Kyseisille kiinteistöille lähetettiin kirjeet, joihin oli mahdollisuus selventää kiinteistönsä viemärintijärjestelmää. Kirjeitä lähetettiin 4 600 kappaletta huhtikuussa 2008. Kiinteistöiltä saadun informaation avulla

päivitetiin Vesilaitoksen johtokarttaa. Huhtikuussa lähetetyt kirjeet saivat runsaasti palautetta niiden aiheuttaman sekaannuksen takia. Toukokuussa 2008 lähetettiin täydentävät kirjeet, joissa tarkennettiin, mitä kiinteistön omistajilta haluttiin ja asiasisällöstä pyrittiin tekemään helpommin ymmärrettävä (Ahti & Laitinen 2020.)

3.3 Lopputulos ja ongelmakohdat

Hulevesiselvitys ja sen myötä lähetetyt kirjeet saivat aikaan paljon keskustelua ja mediahuomiota. Tämän takia selvitys keskeytyi ja korotettua jätevesimaksua ei pantu täytäntöön. Korotettu jätevesimaksu koettiin epäreiluksi. Maksun tasapuoliseksi saaminen olisi ollut hankalaa, sillä kiinteistöjen välillä on paljon eroavaisuuksia. Tällaisia eroavaisuuksia ovat muun muassa kiinteistöjen koot, pihojen materiaalit ja talotyypit. Ainoa keino, millä saavutettaisiin tasapuolinen kohtelu, olisi viemärivereden määrän mittaaminen. Kirjeissä oli omat haasteensa. Lähetetyt kirjeet todettiin asiasisällöltään liian tekniseksi ja laajaksi kiinteistön omistajille. Myöskään täyttä totuutta ei välttämättä saatu kirjeillä selville (Ahti & Laitinen 2020.)

Kirjeiden lisäksi Turun Vesilaitoksella jouduttiin itse selvittämään kiinteistöjen viemärijärjestelmien toteutustapoja, koska kiinteistön omistajien antamat selvitykset saattoivat olla puutteellisia ja ristiriidassa kartta-aineiston kanssa. Viralliset hyväksytyt tonttijohtosuunnitelmat eivät aina myöskään vastanneet todellisuutta. Turun Vesilaitoksella ei ollut riittävästi resursseja tehdä kaikkia vaadittuja lisäselvityksiä. Resurssien puute sekä saadun palautteen takia hulevesiselvitys keskeytettiin (Ahti & Laitinen 2020.)

4 UUSI HULEVESISELVITYS

4.1 Tausta ja tavoitteet

Uusi hulevesiselvitys ja vuoden 2008 hulevesiselvitys tulevat poikkeamaan toisistaan merkittävästi suoritustavaltaan. Selvityksiä tulee siksi olemaan haastavaa suoraan verrata toisiinsa, mutta motiivit ovat pääsääntöisesti samat. Edelleen selvityksen tavoitteena on saada hulevesi pois jätevesiviemäriverkostosta. Jäteveden puhdistus suoritetaan Turun seudun puhdistamon puhdistuslaitoksessa ja Turun Vesihuolto maksaa jokaisesta puhdistetusta jätevesikuutiosta. Ylimääräiset kustannukset ovat merkittävä motiivi selvitykselle.

Vaikka yksityiset kiinteistöt ovat suuressa roolissa hulevesien poistamisesta jätevesiverkostosta, uutta hulevesiselvitystä lähdetään tekemään toisesta näkökulmasta. Ajatuksena on, että Turun kaupunki hoitaa ensin omat asiansa kuntoon ennen yksityisten kiinteistönomistajien velvoittamista muutoksien tekoon omalla tontillaan. Tämän vuoksi selvityksessä päähuomio on yleisten alueiden kuivatusjärjestelmissä ja Turun kaupungin omistamien kiinteistöjen viemärintijärjestelmissä.

Selvityksen tavoitteena on koota kaikki yleisillä alueilla korjattavat hulevesiliitokset ja Turun kaupungin kiinteistöt, jotka johtavat kiinteistöllä muodostuneet hulevedet jätevesiverkoston. Tarkoituksena on selvittää, kuinka paljon ylimääräisiä kustannuksia jätevesiverkoston johdetusta hulevedestä aiheutuu. Selvityksestä saadaan tällöin myös hyvää lisäarvoa investointibudjetin laatimiselle. Myös muita mahdollisia haittoja tarkastellaan. Selvityksen sisällön halutaan koostuvan niin visuaalisista karttaesityksistä kuin tarkkaan listatusta tiedostakin. Saatua tietoa tulee olemaan helposti saatavilla ja muokattavissa jatkotoimenpiteitä varten.

4.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus aloitettiin selvittämällä korjattavat hulevesiliitokset ja Turun kaupungin tonttioviemärit johtokartta tarkastelulla. Käytännössä johtokartta tutkittiin koko Turun kaupungin alueelta. Karttatarkastelu toimi tutkimuksen pohjana ja oli tärkein tiedonlähde. Tulokset kirjattiin Excelliin. Kun kartalta löytyi kohta, jossa hulevesikaivo on liittynyt jäteveeteen, se lisättiin listaan. Ennen tätä asia pyrittiin varmistamaan vielä jätevesiviemärikuvausten

avulla. Jos viemärikuvaustiedot olivat saatavilla, niistä pystyttiin tutkimaan kyseiseen jätevesilinjaan tulevat yhteydet. Kohta lisättiin listaukseen, vaikka varmistusta viemärikuvauksista ei saatu. Koska tonttviemäreiden osalta tutkimuksessa keskityttiin ainoastaan Turun kaupungin omistamiin kiinteistöihin, ensin täytyi selvittää kaupungille kuuluvat kiinteistöt. Tätä työvaihetta varten hyödynnettiin Vesikanta-asiakastietojärjestelmää. Kiinteistöjä tutkittaessa keskityttiin siihen, löytyykö kartalta kohteesta viemärit eriytettynä ja mihin hulevesiviemäri on liitettynä.

Projektissa korjattavista kohteista haluttiin karttaesitys. Tässä hyödynnettiin QGIS-paikkatieto-ohjelmistoa. QGIS on paikkatieto-ohjelmisto, jonka käyttö perustuu avoimeen ja vapaaseen lähdekoodiin. Ohjelma tukee laajasti eri vektor-, rasteri- ja tietokantaformaatteja ja toiminnallisuuksia. Ohjelmalla pystyy visualisoimaan, hallitsemaan, muokkaamaan ja analysoimaan dataa sekä muodostamaan tulostettavia karttoja (QGIS 2021.) Tutkimuksessa käytettiin apuna myös muun muassa Hulevesiopasta ja Ilmatieteen laitoksen aineistoa ja muita verkkolähteitä. Apuna toimivat myös Turun Vesihuollon työntekijät. Suorituspaikkana oli Turun Vesihuolto Oy ja sen tilat. Yhtiö tarjosi myös tarvittavan välineistön ja ohjelmistot tutkimuksen suorittamiseksi.

4.3 Korjattavat hulevesiliitokset

Korjattavat hulevesiliitokset poimittiin Turun vesihuollon johtokartasta. Tarkoituksena oli löytää kohdat, joissa hulevesikaivosta on putkiyhteys jätevesiverkostoon. Jos hulevesikaivo sijaitsee jonkin yksityisen tahon kiinteistöllä, sitä ei otettu tässä tutkimuksessa mukaan listaukseen. Kaikki tapaukset eivät ole yksiselitteisiä eikä karttatietoa voida pitää aina täysin luotettavana. Muun muassa viemärikuvauksia käytettiin apuna tässä tutkimuksen vaiheessa.

4.3.1 Hulevesikaivojen listaus ja analysointi

Kun korjattavia kohteita löytyi, ne merkittiin Exceliin. Excel-taulukko sisältää kaiken kaikkiaan viisi eri saraketta: "Lähiosoite", "Kaivo", "Tyyppi", "Sekaviemäri" ja "Lisätietoa". Lähiosoite -sarakeeseen kirjattiin osoite, jolla hulevesikaivo on löydettävissä niin maastosta kuin kartaltakin. Kaivo-sarakeeseen kirjataan kaivonnumero. Kaivonumerot ovat yksilöityjä numeroita kaivoille ja ne näkyvät johtokartassa. Jätevesikaivoille merkintätapana käytetään "JXXXX" ja hulevesikaivoille "HXXXX". Tässä tapauksessa merkittiin

jätevesikaivon numero, johon hulevesikaivo on liittynenä. Jos hulevesikaivo liittyy suoraan jätevesiputkeen, merkittiin sitä kohtaa lähinnä oleva jätevesikaivo. Tutkimuksen tekoheikellä kaikille hulevesikaivoille ei ollut saatavilla kaivonumeroa, siksi käytettiin jätevesikaivojen numeroita. Pelkän hulevesikaivon lisäksi kaivoon on saatettu liittää esimerkiksi kaukolämmön salaojakaivo. Tyyppi-sarakkeeseen merkittiin tällaiset mahdolliset muuttajat. Sekaviemäri-sarakkeeseen kirjattiin "X", jos hulevesikaivo on liittynenä sekaviemäriin. Lisätieto-sarakkeeseen kirjattiin lisäselvityksen myötä tulleita tietoja.

Jokaisen hulevesikaivon kohdalla tehtiin tarkastelu siitä, onko se mahdollista liittää hulevesiverkostoon. Jos lähellä on hulevedenrunkolinja, selvitetiin liittymismahdollisuus laskeamalla. Kaivon ja runkolinjan etäisyyden ja korkeuseron perusteella pystyttiin laskemaan, onnistuisiko liittäminen teoriassa. Saneeraushankkeiden yhteydessä voidaan tarkistaa, onko hankkeen alueella edellä mainitun kaltaisia hulevesikaivoja. Turun keskustan alueella, Aurajoen varrella on listauksen mukaan paljon korjattavia liitoksia. Näistä kaivoista olisi mahdollisuus tehdä yhteys tukimuurin läpi jokeen. Tämä on ratkaisuna kuitenkin hyvin kallis, mutta mahdollisuus merkittiin silti Lisätieto-sarakkeeseen. Joissain tilanteissa hulevedet pystytään myös purkamaan ojaan. Jos oikein liittäminen tai hulevesien purkaminen vesistöön ei ole mahdollista nykytilanteessa, tieto kirjattiin Excelliin.

Tarkastelun rinnalla käytettiin myös Turun Vesihuollon listausta suunnitelluista saneeraushankkeista. Kaivojen kohdalla tutkittiin, sisältyykö se alueellisesti valmiiksi johonkin saneeraushankkeeseen. Tällöin Lisätieto-sarakkeeseen kirjataan "saneerauslistalla". Joissain tapauksissa kartalla ei ole ollenkaan kaivosta lähtevää putkilinjaa, jolloin kohta merkittiin listaan epäselvänä. Kyseisistä kaivoista tutkittiin myös viemärikuvauksien avulla, liittyykö tarkasteltava kaivo läheiseen jätevesilinjaan. Hulevesikaivon liitos jää kuitenkin epäselväksi, mutta tällä voidaan sulkea melko varmasti pois se, ettei kaivo ole liittynenä jäteveteen.

Kaiken kaikkiaan korjattavia hulevesiliitoksia löydettiin 346 kappaletta, joista 284 on sekaviemäriin liittynenä. Loogisesti sekaviemäriin liitettyjä kaivoja on runsaasti, sillä useimmiten sekaviemäroidyillä alueilla ei ole hulevedenrunkolinjaa. Esimerkiksi sekaviemäroidyssä Vasaramäen kaupunginosassa on tutkimuksen tekoheikellä kaiken kaikkiaan 83 kaivoa kokonaismäärästä, kuten taulukosta 7 nähdään. Seuraavaksi eniten kaivoja on Nummen alueella, 36 kappaletta. Kolmanneksi eniten on Kärsämäessä ja keskustassa, III kaupunginosassa. Kuten aikaisemmin mainittu, Aurajoen varrella Turun keskustassa on myös useita korjattavia liitoksia. Ne sijoittuvat pääasiassa II kaupunginosaan, III kaupunginosaan, VI kaupunginosaan ja VII kaupunginosaan. Tilastossa myös

Pahanimen ja Itäharjun alueet korostuvat. Epäselväksi merkattuja hulevesikaivoja on 149 kappaletta.

Taulukko 7. Korjattavien hulevesiliitosten lukumäärät kaupunginosittain.

Kaupunginosa	Kaivojen lkm.	Kaupunginosa	Kaivojen lkm.
001 I	8	045 ISPOINEN	10
002 II	13	053 PIKISAARI	1
003 III	26	061 SATAMA	1
004 IV	3	062 ISO-HEIKKILÄ	9
005 V	1	063 PAHANIEMI	12
006 VI	14	066 PANSIO	1
007 VII	11	071 POHJOLA	3
008 VIII	6	072 KÄHÄRI	1
011 NUMMI	36	073 VÄTTI	6
012 ITÄHARJU	12	074 PITKÄMÄKI	3
015 PÄÄSKYVUORI	4	075 RUOHONPÄÄ	3
021 KUPITTA	4	081 RAUNISTULA	4
023 VASARAMÄKI	83	083 KAERLA	1
031 MÄNTYMÄKI	10	084 KÄRSÄMÄKI	26
032 LUOLAVUORI	10	085 RUNOSMÄKI	1
035 KOIVULA	1	087 JÄKÄRLÄ	1
041 VÄHÄHEIKKILÄ	13	092 ORIKETO	1
043 PUISTOMÄKI	5	096 PAATTINEN	2

4.3.2 Hulevesikaivojen kartoitus

Kohteiden kartoitus tehtiin QGIS-paikkatieto-ohjelmistolla. Jotta hulevesikaivot saadaan kartalle, selvitettiin jokaiselle kaivolle koordinaatit. Koordinaatit ovat saatavilla johtokartassa kaivon ominaisuuksissa. Niiden poimiminen käsin on kuitenkin työlästä ja yhtiön tiedostoista löytyi valmiina Excel, jossa koordinaatit olivat listattuna kaivonnumeroittain. Ennen kaivojen tuomista paikkatieto-ohjelmaan sinne tuotiin pohjakartta WMS-tasolla Turun karttapalvelusta. Tässä kartassa näkyvät Turku, Rusko, Raisio, Lieto, Kaarina, Nousiainen, Aura, Masku, Naantali, Mynämäki, Marttila ja Sauvo. Karttaan tuotiin myös

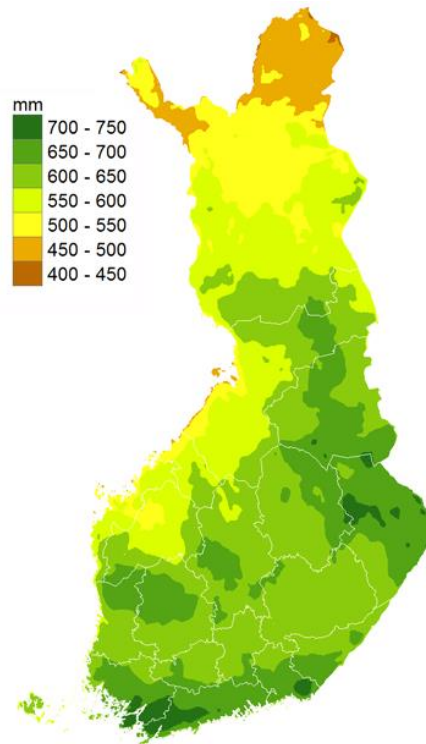
Turun hulevesiverkosto. Tärkeää on varmistaa kartan ja sinne tuotavien aineistojen koordinaattijärjestelmät, jotta ne sijoittuvat oikein. QGIS-ohjelmistoon on mahdollista tuoda erotinmerkkejä sisältävän tekstitiedoston, joten kaivot saatiin tuotua suoraan ohjelmaan CSV-tiedostona. Kaivot kuvattiin kartassa pisteinä.

Kun peruselementit saatiin koottua karttaan, alkoi sen visualisointi. Siihen tuotiin Turun seudun kuntien kuntarajat. Tällöin on mahdollista ohjelman työkalujen avulla visualisoida kartta siten, että Turku korostuu ja naapurikunnat näkyvät himmeänä. Kaivopisteet esitettiin erivärisinä sen perusteella, mitä kunkin kaivon lisätiedoksi kirjattiin Excel-tiedostoon. Karttaesityksissä on tärkeää selkeys ja että se on helposti ymmärrettävissä. Kartassa esitettiin vain oleellinen tieto ja tila hyödynnettiin tehokkaasti (liite 1). Karttaan lisättiin otsikko, elementeille selitteet, mittakaava ja korjattavien hulevesiliitosten lukumäärät. Tästä versiosta haluttiin jättää pois epäselvät hulevesikaivot.

4.3.3 Hulevesiliitosten kustannustarkastelu

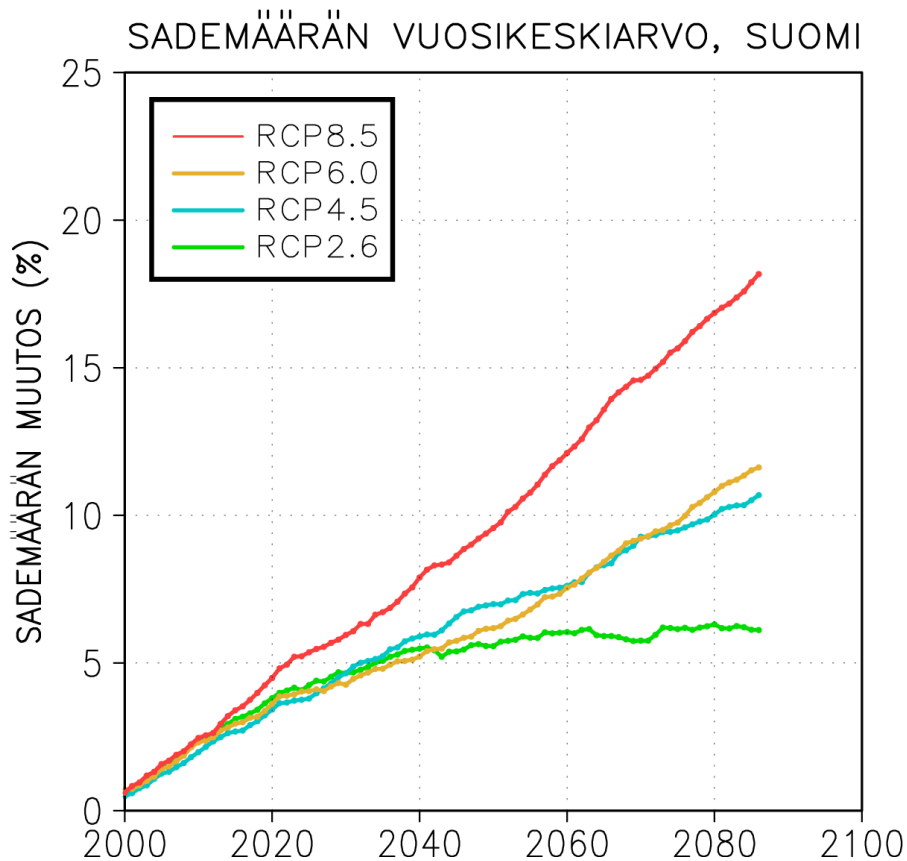
Vuonna 2018 puhdistetun jäteveden kuutiohintana oli 0,60 €/m³ (Turun seudun puhdistamo Oy 2019, 1). Vuonna 2017 kyseinen summa oli 0,53 €/m³ (Turun seudun puhdistamo Oy 2018, 1). Tuorein kuutiohintana on luvussa 2.6 mainittu 0,46 €/m³. Laskennassa päätettiin käyttää arvoa 0,53 €/m³. Ensiksi selvitettiin huleveden määrä kuutioissa: se saatiin keskimääräisen vuosisadannan ja valuma-alueen pinta-alan tulosta. Vuosisadannan arvo löytyy Ilmatieteen laitoksen tilastoista. Kuvan 7 mukaan Turussa vuosisademäärä vertailukaudella ajanjaksolla 1981–2010 on ollut 650–700 millimetrin välillä. Tarkasteluun otettiin kyseisten arvojen keskiarvo, 675 millimetriä. Tässä tarkastelussa ei selvitetty jokaisen hulevesikaivon todellista valuma-aluetta, vaan käytettiin ohjeellisia arvoja. Jos kadun viettokaltevuus on suurempi kuin kaksi prosenttia, kuivatettava katupinta-ala on 400–800 m² per hulevesikaivo, ja jos viettokaltevuus on pienempi kuin kaksi prosenttia, pinta-ala on < 400 m² (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 125). Viettokaltevuudella tarkoitetaan kadun pituuskaltevuuden ja sivukaltevuuden geometrista summaa, vektorisummaa. Yleisesti pyritään siihen, että ajoradalla tielinjan viettokaltevuus on vähintään

kaksi prosenttia (Liikennevirasto 2013, 48.) Valuma-alueen pinta-aloina käytettiin minimiarvoa 400 m², maksimiarvoa 800 m² sekä edellä mainittujen keskiarvoa, 600 m².



Kuva 7. Keskimääräinen vuosisade millimetreinä vuosina 1981–2010 (Ilmatieteen laitos 2021).

Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa oleellisesti sademäärien kehittymiseen. Muutos tapahtuu kuitenkin hitaasti, mutta tulevaisuuden sademääriä on arvioitu maailmanlaajuisien ilmastomallien avulla. Sateiden lisääntyminen ja voimistuminen on suhteellisesti suurinta talvella ja kesäsateet tulevat olemaan aiempaa rankempia, mutta sadepäivien lukumäärä pysyy suurin piirtein samana. Kuvan 8 mukaan sateissa tapahtuvia muutoksia vuosina 2000–2085 verrataan jakson 1981–2010 vuosisademäärään. Prosentuaaliset muutokset ovat 28 maailmanlaajuisen ilmastomallin tulosten keskiarvoja. Tulevat sadeolot riippuvat huomattavasti kasvihuonepäästöjen suuruudesta, joten keskiarvot on esitetty erikseen neljälle eri kasvihuonekaasuskenaariolle (Ilmasto-opas 2017.)



Kuva 8. Vuotuisen sademäärän prosentuaaliset muutokset vuosina 2000–2085 verrattuna jaksoon 1981–2010 (Ilmasto opas 2017).

Kasvihuonekaasuskenaariot auki selitettynä:

- RCP 8.5 = Hyvin suuret päästöt
- RCP 6.0 = Melko suuret päästöt
- RCP 4.5 = Melko pienet päästöt
- RCP 2.6 = Hyvin pienet päästöt (Ilmasto opas 2017)

Taulukossa 8 on esitetty kokonaiskustannukset jokaisen skenaarion ja valuma-alueen kohdalta. Kokonaisvaluma-alue laskettiin kaupunginosittain ja se saatiin kertomalla kunkin kaupunginosan korjattavien hulevesiliitosten määrä käytetyllä valuma-alueen ohjearvolla. Tämän jälkeen valuma-alueet kerrottiin sademäärällä ja puhdistuskustannuksilla. Kasvihuonekaasuskenaarioiden tarkasteluvuodeksi valittiin 2060. Skenaaroiden muutosprosentit arvioitiin kuvasta 8 ja ne ovat: RCP 2.6 = 6 %, RCP 4.5 = 7 %, RCP 6.0 = 7 % ja RCP 8.5 = 12 %. Vuonna 2060 skenaaroiden RCP 6.0 ja RCP 4.5 muutosprosentit ovat samat.

Vuosisademäärät skenaarioittain:

- RCP 2.6 = 716 mm (hyvin pienet päästöt)
- RCP 4.5 = 722 mm (melko pienet päästöt)
- RCP 6.0 = 722 mm (melko suuret päästöt)
- RCP 8.5 = 756 mm (hyvin suuret päästöt) (Ilmasto opas 2017)

Taulukko 8. Korjattavien hulevesiliitosten aiheuttamat kokonaiskustannukset vuodessa (sisältää kaikki kaupunginosat) valuma-alueiden ja kasvihuonekaasuskenaarioiden mukaan.

Sademäärä (mm)	Valuma-alue 400 m ²	Valuma-alue 600 m ²	Valuma-alue 800 m ²
675 (v.1981–2010)	49 512,60 €/a	74 268,90 €/a	99 025,20 €/a
716 (RCP2.6)	52 520,03 €/a	78 780,05 €/a	105 040,06 €/a
722 (RCP4.5)	52 960,14 €/a	79 440,22 €/a	105 920,29 €/a
722 (RCP6.0)	52 960,14 €/a	79 440,22 €/a	105 920,29 €/a
756 (RCP8.5)	55 454,11 €/a	83 181,17 €/a	110 908,22 €/a

Kustannuksien sijoittumisesta kaupunginosittain saadaan tietoa liitteen 2 mukaisesta kartasta. Kartalla huomataan hyvin yhteys korjattavien hulevesiliitosten määrän ja kustannuksien suuruuden välillä. Kartan mukaan suurimmat kustannukset aiheutuvat Vasaramäen, Nummen ja Kärsämäen kaupunginosissa.

4.4 Turun kaupungin omistamat kiinteistöt

Korjattavien hulevesiliitosten jälkeen selvitettiin ne Turun kaupungin omistamat kiinteistöt, joilla ei ole hulevesijärjestelyt kunnossa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kiinteistön tonttaviemärit eivät ole eriytettyinä jäte- ja hulevesiviemäreiksi ja/tai hulevesi johdetaan jätevesiverkostoon. Kiinteistöjen hulevedet koostuvat muun muassa katto- ja rännivesistä sekä salaojavesistä. Kuten hulevesikaivojen kohdalla, karttatieto ei ole aina täysin luotettavaa ja tilanne kiinteistöillä voi todellisuudessa olla täysin toinen.

4.4.1 Kohteiden listaus ja analysointi

Listaus tehtiin johtokartan lisäksi Vesikanta-asiakastietojärjestelmän avulla. Kun kartalta löytyi kiinteistö, jolla ei ole hulevesiasiat järjestetty oikein, Vesikannasta tarkistettiin, kuuluuko se Turun kaupungille. Jos kiinteistö on Turun kaupungin omistama, siitä kerättiin lisäinformaatiota. Vesikanta -asiakastietojärjestelmästä saatiin muun muassa kiinteistön liittymänumero, kiinteistötunnus, tietoa maksajasta ja kiinteistön toiminnasta. Tarpeen vaatiessa käytettiin myös vanhoja tonttijohtokuvia kiinteistön tilanteen selvittämiseksi.

Kohteet listattiin Excel-tiedostoon, joka koostuu kahdeksasta infosarakkeesta. Jokaisesta kohteesta kirjattiin ylös kiinteistön nimi, mahdollinen nimenjatke, lähiosoite, liittymänumero, postinumero, kiinteistötunnus, maksaja ja maksajan nimi. Nimenä on esimerkiksi Turun kaupunki tai Turun sivistystoimiala ja nimenjatkeella kuvataan tarkemmin kiinteistön toimenkuvaa, jos kyseinen tieto on saatavilla (vanhainkoti, lastenkoti, koulurakennus). Liittymänumerolla ja lähiosoitteella pystytään paikantamaan kohde niin johtokartassa kuin maastossakin.

Yhteensä kohteita löytyi 48 kappaletta. Korjattaviin hulevesiliitoksiin verrattuna kohteet eivät samalla tavalla sijoitu suurempina ryppäinä tiettyihin kaupunginosiin. Tässä havaittiin kuitenkin muutamia kohteita, joissa viereisissä tai muuten lähekkäisissä kiinteistöissä ei ole hulevesiasiat kunnossa esimerkiksi sekaviemäröidyillä alueilla. Samalla tavalla korjattavat hulevesiliitokset keskittyivät tällaisille alueille. Tämä ei ole kuitenkaan peruste huleveden johtamiseksi jätevesiverkostoon, sillä se on kiellettyä lain määräämänä (Vesihuoltolaki 119/2001, 17 d §). Jos liittymismahdollisuutta hulevesiverkostoon ei ole, kiinteistöllä syntyvät hulevedet täytyy käsitellä jollain muulla tavalla.

4.4.2 Kohteiden kartoitus

Kun kiinteistöt saatiin listattua, niistä luotiin karttaesitys samalla paikkatieto-ohjelmistolla, jota käytettiin myös korjattavien hulevesiliitosten kohdalla. Ensimmäiseksi tarvittiin kohteiden koordinaatit. Tässä käytettiin käyttöpaikan koordinaatteja, jotka saatiin johtokartasta, käyttöpaikan yleisistä tiedoista. Kun koordinaatit saatiin Excel-tiedostoon, se vietiin QGIS-ohjelmaan. Ennen tietojen tuomista ohjelmaan tuotiin sama pohjakartta kuin hulevesikaivoja kartoittaessa. Tässä on edelleen tärkeää tarkistaa projektin koordinaattijärjestelmä, kartan koordinaattijärjestelmä ja että tuotavat kohteet ovat oikeassa

järjestelmässä edellä mainittuihin nähden. Käyttöpaikkojen sijainnit esitettiin kartalla pisteinä. Lisäksi karttaan tuotiin Turun hulevesiverkosto.

Kun peruselementit saatiin ohjelmaan, aloitettiin kartan tarkempi visualisointi. Karttaan tuotiin Turun ja naapurikuntien kuntarajat, jotta saatiin Turku korostettua kuvasta. Lopuksi kartta otsikoitiin, siihen lisättiin selitteet ja mittakaavajana. Kokonsa vuoksi Excelissä tehty listaus kohteista lisättiin myös kuvaan. Selkeyttämiseksi listalla näkyvät liittymänumerot lisättiin myös niitä vastaaviin pisteisiin kartalla. Liitteestä 3 on poistettu edellä mainittu taulukko ja liittymänumerot henkilötietosuojan vuoksi. Karttojen visualisointi ja halutun ulkoasun saavuttaminen oli aikaa vievä mutta tärkeä työvaihe, jotta kerätystä informaatiosta saadaan kaikki hyöty irti.

4.4.3 Turun kaupungin omistamien kiinteistöjen kustannustarkastelu

Kartoittamisen jälkeen suoritettiin kustannustarkastelu. Huleveden määrä tarvittiin kuutioidissa, joten tarkastelussa lähtötietoina käytettiin kiinteistöjen pinta-alaa ja keskimääräistä vuosisateen määrää vertailuajanjaksona 1981–2010. Vuosisateen määrä on nähtävissä kuvasta 7, jossa Turku sijoittuu 650–700 millimetrin alueelle. Laskennassa käytettäväksi sademääräksi valittiin kyseisten lukujen keskiarvo eli 675 millimetriä. Euro-määrä saatiin ensin kertomalla kiinteistön pinta-ala ja sademäärä, jonka jälkeen näiden tulo kerrottiin puhdistuskustannuksilla. Tarkastelussa ei otettu huomioon esimerkiksi kiinteistöjen eri pihamateriaaleja, jotka todellisuudessa vaikuttavat viemäriin päätyvän huleveden määrään.

Kuten korjattavien hulevesiliitosten kustannustarkastelussa, tässäkin otettiin huomioon ilmaston lämpenemisen vaikutus. Syyt on kerrottu tarkemmin luvussa 4.3.3. Ilmaston lämpenemisen vaikutus otettiin huomioon kuvan 8 mukaisilla kasvihuonekaasuskenaarioilla. Tarkasteluvuodeksi valittiin 2060. Vuonna 2060 muutosprosentit ovat RCP 2.6 = 6 %, RCP 4.5 = 7 %, RCP 6.0 = 7 % ja RCP 8.5 = 12 %. Skenaariot RCP 4.5 ja RCP 6.0 tuottavat saman prosentuaalisen muutoksen vuonna 2060.

Vuosisademäärät skenaarioittain:

- RCP 2.6 = 716 mm (hyvin pienet päästöt)
- RCP 4.5 = 722 mm (melko pienet päästöt)
- RCP 6.0 = 722 mm (melko suuret päästöt)
- RCP 8.5 = 756 mm (hyvin suuret päästöt) (Ilmasto opas 2017)

Kokonaiskustannukset ovat esitettynä taulukossa 9.

Taulukko 9. Kokonaiskustannukset vuodessa, jotka aiheutuvat Turun kaupungin omistamista kiinteistöistä, joilla hulevesijärjestelyt eivät ole kunnossa.

Sademäärä (mm)	Kokonaiskustannukset (€/a)
675 (v.1981–2010)	94 863, 14
716 (RCP 2.6)	100 625,19
722 (RCP 4.5)	101 468,42
722 (RCP 6.0)	101 468,42
756 (RCP 8.5)	106 246,71

4.5 Tutkimustulosten analysointi

Vertailujaksolla 1981–2010 korjattavat hulevesiliitokset aiheuttavat valuma-alueen mukaan joko 49 512,60 euron, 74 268, 90 euron tai 99 025,20 euron kustannukset jäteveden puhdistusprosessissa vuodessa. Turun kaupungin kiinteistöt, joilla hulevesiasiat eivät ole kunnossa aiheuttavat samalla vertailujaksolla 94 863,14 euron kustannukset vuodessa. Yhteensä kustannuksia syntyy 169 132,04 euroa vuodessa, kun käytetään hulevesikaivojen aiheuttamaa keskimääräistä kustannusta. Taulukosta 8 ja 9 huomataan, että suurimmillaan kustannukset ovat noin 100 000 euroa kasvihuonekaasuskenaarioiden vaikutuksesta.

Eri kasvihuonekaasuskenaarioiden vaikutus kustannuksiin on selkeä. Luonnollisesti RCP8.5 (hyvin suuret päästöt) aiheuttaa suurimman muutoksen. Tarkasteluvuodeksi valittiin 2060, johon opinnäytetyön valmistumisvuotena on 39 vuotta aikaa. Kuten luvussa 2.5.1 on mainittu, hulevesiviemäriä mitoitettaessa pitää määritellä tarkastelujakso, sillä maankäyttö vaikuttaa hulevesivirtaaman muodostumiseen. Luvussa on kerrottu, että

realistinen ja ennustettavissa oleva tarkastelujakso on 20–40 vuotta. Jos kuvitellaan, että 39 vuoden aikana skenaario RCP 8.5 toteutuisi ja rakentaminen lisäänty merkittävästi tarkasteltavalla alueella, hulevesien muodostuminen olisi hyvin runsasta. Jos tässä koh-
taa viemäriverkostoa ei olisi kehitetty yhtään, jätevesiverkoston kapasiteetti tuskin riittäisi ja puhdistusprosessissa syntyvät kustannukset voisivat olla vielä korkeammat. Huomi-
oon täytyy kuitenkin ottaa, että kasvihuonekaasuskenaarioiden aiheuttamia muutoksia on verrattu keskimääräiseen vuosisateeseen aikana 1981–2010. Tässä tarkastelussa kyseistä vuosisadetta on kuitenkin käytetty nykyhetken vuosisadearviona.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitys Turun kaupungin jätevesiverkostoon johde-
tuista hulevesistä. Tutkimuksessa haluttiin saada selville huleveden aiheuttamia vaiku-
tuksia jätevesiverkostossa ja jätevedenpuhdistamossa. Kustannuslaskennan rooli oli
työssä merkittävä. Turun Vesihuolto oli vuonna 2008 tehnyt hulevesiselvityksen, joka ei
tuottanut haluttua tulosta. Tässä työssä selvitys haluttiin suorittaa uudesta näkökulmasta
ja saada työstä ponnahduslauta viemäriverkoston kehittämiseksi. Uudessa hulevesisel-
vityksessä näkökulmana oli, että Turun kaupungin tulee hoitaa ensin omat viemärijärjes-
telmänsä kuntoon ennen yksityisten henkilöiden velvoittamista. Vuoden 2008 huleve-
siselvitystä ja uutta hulevesiselvitystä on tämän vuoksi haastavaa vertailla niiden erilais-
ten lähtökohtien ja suoritustavan vuoksi. Kuitenkin uusi selvitys tuo vastuun ensisijaisesti
Turun kaupungille yksityishenkilöiden sijaan, jota voidaan pitää parempana ratkaisuna.
Tämä ei kuitenkaan poista yksityisten kiinteistöjen merkittävää vaikutusta. Vuoden 2008
selvityksessä yhtenä haasteena oli kiinteistön omistajien antamien selvitysten epäsel-
vyys. Uudessa selvityksessä todenmukaisuus pystytään varmistamaan paremmin,
koska se tehdään Turun Vesihuollon toimesta. Uudessakin selvityksessä oli omat haas-
teensa.

Uusi hulevesiselvitys tehtiin teoriapohjaisesti ja kohteet kerättiin johtokarttajärjestel-
mästä. Kartassa voi olla virheitä ja selvityksessä on tehty yksinkertaistuksia. Tästä
syystä tarkastelusta on hyvä muistaa, että hulevesien ja kiinteistöjen valuma-alueina
käytetyt pinta-alat eivät vastaa täysin todellisuutta. Varsinkin hulevesikaivojen kohdalla,
kaupunkiympäristössä olevat kaivot ovat monesti hyvin lähellä toisiaan, jolloin yhteen
kaivoon ei välttämättä kohdistu edes 400 m²:n alueelta tuleva vesimäärä. Toisaalta va-
luma-alue voi olla paikoittain paljon suurempikin kuin 800 m². Jos esimerkiksi hulevesi-
kaivo sijaitsee topografialtaan mäkisen alueen alapuolella, vettä saattaa kertyä todella
laajalta alueelta. Valuma-alueen pintamateriaalit ja niiden vaihtelut vaikuttavat jätevesi-
verkostoon päätyvään veden määrään. Edellä mainittujen syiden vuoksi, lasketut kus-
tannukset ovat arvioita, mutta niillä saadaan näkemys ylimääräisten kustannusten suu-
ruusluokasta. Tutkimustuloksia voidaan pitää tässä tarkkuudessaan luotettavina, mutta
syvempien tutkimusten tekeminen voisi olla aiheellista. Tällä tasolla tehtyyn työhön teo-
riapohjaiset menetelmät olivat sopivia. Työhön kulunut aika suhteutettuna saatuihin tu-
loksiin oli kohtuullinen.

Vaikka tutkimustulosten analysoinnissa mainituilla kustannuksilla oli tärkein painoarvo tässä työssä, on myös pohdittava niiden todellisia vaikutuksia. Kustannushaarukka oli kasvihuonepäästöt huomioon ottaen noin 145 000–217 000 euroa vuodessa. Edellä on laskettu yhteen korjattavien hulevesiliitosten ja Turun kaupungin omistamien kiinteistöjen aiheuttamat kustannukset.

Tiedossa on myös arvio jätevesiverkoston johdetun huleveden kuutiomäärästä. Tämä on tärkeä tieto luvussa 2.6 mainittujen puhdistusprosessiin kohdistuvien vaikutusten takia. Luvussa kerrottiin, miten hulevesi vaikuttaa negatiivisesti puhdistusprosessin onnistumiseen typen poistossa ja miten se lisää virtaamaa prosessissa, jolloin reaktioille ei ole tarpeeksi aikaa. Luvussa 2.3 mainittiin merkittävät hajuhaitat. Jätevesilinjaan liitetyt hulevesikaivot tuulettavat kuivana kautena jätevesiviemärin hajut ympäristöön, jolloin viihtyvyys laskee. Liittämällä hajuhaittoja aiheuttavat kaivot oikein, Turun kaupunki parantaa kaupunkikuvaansa. Huomioon täytyy ottaa myös johdannossa mainittu jätevesiverkoston kapasiteetin riittämättömyys jätevesiverkoston johdettujen hulevesien vuoksi. Kun ongelmakohdat saadaan paikannettua ja tulevaisuudessa korjattua, pystytään välttämään jätevesiverkoston turhaa kapasiteetin suurentamista. Edellä mainittujen asioiden lisäksi laki on velvoittava tekijä. Voidaan todeta, että kustannukset eivät yksinään vaikuta radikaalisti, mutta yhdessä lain, puhdistusprosessin onnistumisen, hajuongelmien ja kapasiteettinäkökulman kanssa asia muodostuu erittäin tärkeäksi ja selvitys oli tarpeellinen. Muiden hyötyjen lisäksi Turun Vesihuolto voi käyttää selvitystä saneeraus suunnittelun tukena. Selvityksen avulla on helpompi puuttua ongelma-kohtiin yhdessä muiden Turun kaupungin toimijoiden kanssa ja kehittää viemäriverkostoa.

Selvityksessä käytetty QGIS-paikkatieto-ohjelmisto tarjosi laajasti mahdollisuuksia tutkimuksen toteutuksessa ja karttaesityksistä saatiin halutunlaiset. Haasteena on ohjelmiston vähäinen osaaminen Turun Vesihuollolla. Jokainen pääsee tarkastelemaan karttoja, mutta niiden muokkaaminen vaatii hieman perehtymistä ohjelmaan. Muuten työssä käytetyt tietolähteet ja välineet, kuten johtokartta, Excel ja Ilmatieteen laitoksen materiaalit, ovat kaikkien hyödynnettävissä. Excel-tiedostot ovat helposti päivitettävissä, joten tiedot pysyvät ajan tasalla, vaikka karttamateriaalia ei saataisi heti muokattua. Tällaisten töiden tekemiseen tarvitaan aikaa ja paneutumista, mihin resurssit eivät ole aikaisemmin riittäneet. Toisaalta on hyvä, että työ säästyi opiskelijan tehtäväksi, koska siinä pääsi laajalti perehtymään vesihuoltoverkoston toimintaan ja erityisesti hulevesien rooliin. Selvitys sisälsi rutiininomaisia toistoja sisältäviä työvaiheita sekä soveltavaa ja ongelmanratkaisukykyä vaativia vaiheita.

Uutta hulevesiselvitystä voisi jatkossa kehittää lähemmäs todenmukaisuutta ja ottaa yksityiset kiinteistöt mukaan selvitykseen. Valuma-alueiden todellisia kokoja voitaisiin selvittää esimerkiksi mallintamalla ne todellisten virtaamareittien ja maaston topografian avulla. Korjattavat hulevesiliitokset voisi myös laittaa tärkeysjärjestykseen. Kaivojen listauksen yhteydessä kirjattiin, mitkä kaivot pystytään teoriassa liittämään oikein. Erilaisen maastotutkimusten avulla saataisiin teorialle tukea. Jos lisäksi saataisiin mallinnettua hulevesikaivojen todelliset valuma-alueet, pystytään laskemaan, mitkä kaivot aiheuttavat eniten kustannuksia. Myös hajuhaittojen suhteen riskialttiimmat kaivot kannattaisi selvittää. Muun muassa edellä mainittujen tekijöiden avulla tehtäisiin prioriteettilistaus hulevesikaivoista ja sen mukaan aloitettaisiin kaivojen oikein liittäminen. Lopulta selvitykseen otettaisiin myös yksityiset kiinteistöt mukaan. Tämä vaatisi kiinteistöjen viemärijärjestelmien tarkempaa selvittämistä.

LÄHTEET

Ahti, P. & Laitinen, I. 2020. Haastattelu. Turun Vesihuolto Oy:n kunnossapitopäällikköä ja verkostomestaria haastatteli 22.7.2020 Veera Ahti.

Betoniteollisuus ry 2017. Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät. Helsinki: Rakennustuoteteollisuus RTT ry. Saatavilla sähköisesti osoitteessa https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/04/Betoniset_viemari_ja_hulevesijarjestelmat.pdf

Ilmasto-opas 2017. Sademäärät kasvavat ja rankkasateet voimistuvat. Viitattu 17.3.2021. [Suomen muuttuva ilmasto - ilmasto-opas.fi](https://suomenmuuttuvailmasto.fi) (ilmasto-opas.fi)

Kiinteistönmuodostamislaki 554/1995. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950554?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=kiinteist%C3%B6muodostamislaki>

Lapuan Jätevesi 2021. Miksi jätevesiä puhdistetaan? Viitattu 15.1.2021. <https://www.lapuanjatevesi.fi/miksi-jatevesia-puhdistetaan/>

Liikennevirasto 2013. Tien suuntauksen suunnittelu. Helsinki: Liikennevirasto. Saatavilla sähköisesti osoitteessa https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-30_tien_suuntauksen_suunnittelu.pdf

Maankäyttö- ja rakennuslaki 682/2014. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maank%C3%A4ytt%C3%B6%20ja%20rakennuslaki>

Nordman, I. & Mäkinen, T. 2020. Haastattelu. Turun Vesihuolto Oy:n toimitusjohtajaa ja controlleria haastatteli 19.8.2020 Veera Ahti.

QGIS 2021. Tutustu QGIS: iin. Viitattu 6.3.2021. <https://qgis.org/fi/site/about/index.html#>

RIL 237-2-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Saarnio, J. 2019. Viemäriin vuotovesitutkimus jätevesipumppaamoiden sähkönkulutustietoja hyödyntäen – Vesilahden kunnan jätevesiverkosto. Diplomityö. Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta. Ympäristötekniikka. Tampere: Tampereen yliopisto. Viitattu 28.9.2020. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/27170/Saarnio.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Soininvaara 2014. Mikä on Mankala-yhtiö? Viitattu 8.5.2021 <https://www.soininvaara.fi/2014/09/18/mika-on-mankala-yhtio/>

Suomen Kuntaliitto 2012. Hulevesiopas. Helsinki: Suomen Kuntaliitto. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BE524727D-9C28-494C-84DC-EE3AD26E45F9%7D/115796>

Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003. Katu 2002. 11. Jyväskylä: Gummerus.

Suomen ympäristökeskus 2015. Veden ominaiskäyttö 1970-2013. Viitattu 3.12.2020. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B1D524E74-99A3-4EF9-B850-A876546B337E%7D/121417>

Suomen ympäristökeskus 2020. Hulevesien hallinnan kehittäminen. Viitattu 17.9.2020 https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Yhdyskunnat_ja_hajaasutus/Hulevesien_hallinnan_kehittaminen

Tieteen termipankki 2018. Mankala-periaate. Viitattu 8.5.2021 <https://tieteentermi-pankki.fi/wiki/Oikeustiede:mankala-periaate>

Turun kaupunki 2020. Hulevedet. Viitattu 28.9.2020. <https://www.turku.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparisto/vesiensuojelu/hulevedet>

Turun seudun puhdistamo Oy 2018. Turun seudun puhdistamo Oy:n tilinpäätös 2017. Turku: Turun seudun puhdistamo Oy. Saatavilla sähköisesti osoitteessa https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/wp-content/uploads/2018/04/Tilinp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s-2017_virallinen-ID-18514.pdf

Turun seudun puhdistamo Oy 2019. Turun seudun puhdistamo Oy:n tilinpäätös 2018. Turku: Turun seudun puhdistamo Oy. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/wp-content/uploads/2019/05/Tilinp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s-2018-virallinen-ID-21481.pdf>

Turun seudun puhdistamo Oy 2020. Turun seudun puhdistamo Oy:n tilinpäätös 2019. Turku: Turun seudun puhdistamo Oy. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/wp-content/uploads/2020/04/Tilinp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s-2019-virallinen-ID-24718.pdf>

Turun seudun puhdistamo Oy 2021. Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon toiminta. Viitattu 15.1.2021. <https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/toiminta>

Turun Seudun Vesi Oy 2020. Parempaa vettä Turun seudulle. Viitattu 10.5.2021. <https://www.turunseudunvesi.fi/yritys/>

Turun Vesihuolto Oy 2017. Olemme Turun Vesihuolto Oy. Viitattu 10.5.2021 https://www.turunvesihuolto.fi/uutinen/2017-11-27_olemme-turun-vesihuolto-oy

Turun Vesihuolto Oy 2020. Turun Vesihuollon vuosikertomus 2020. Turku: Turun Vesihuolto Oy. Saatavilla sähköisesti osoitteessa https://www.turunvesihuolto.fi/sites/default/files/atoms/files/tvh_vuosikertomus_2020_interactive.pdf

Vesihuoltolaki 119/2001. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=vesihuoltolaki>

Viherympäristöliitto 2020. Hulevesien hallinta. Viitattu 28.9.2020. <https://www.vyl.fi/tietopankki/kesy/teemat/vesiolot/hulevesien-hallinta/>

Öström, A. 2016. Anders Öström: Turun Vesilaitos vähentää hulevesien määrää jätevesiviemäri-verkostossa. Viitattu 28.9.2020. <https://www.turku.fi/blogit/itameren-pualest/anders-ostrom-turun-vesilaitos-vahentaa-hulevesien-maaraa>

Korjattavat hulevesiliitokset

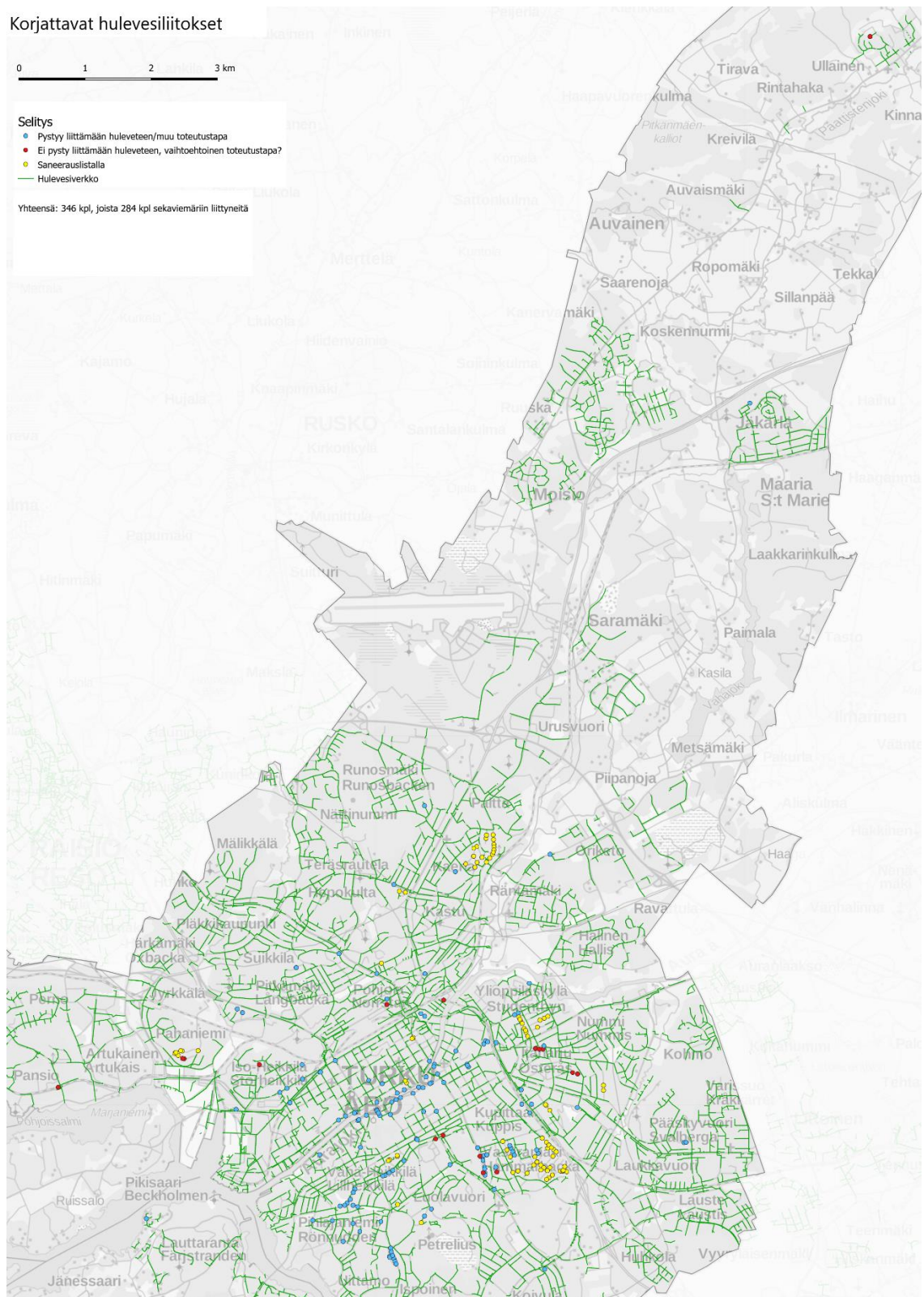
Korjattavat hulevesiliitokset

0 1 2 3 km

Selitys

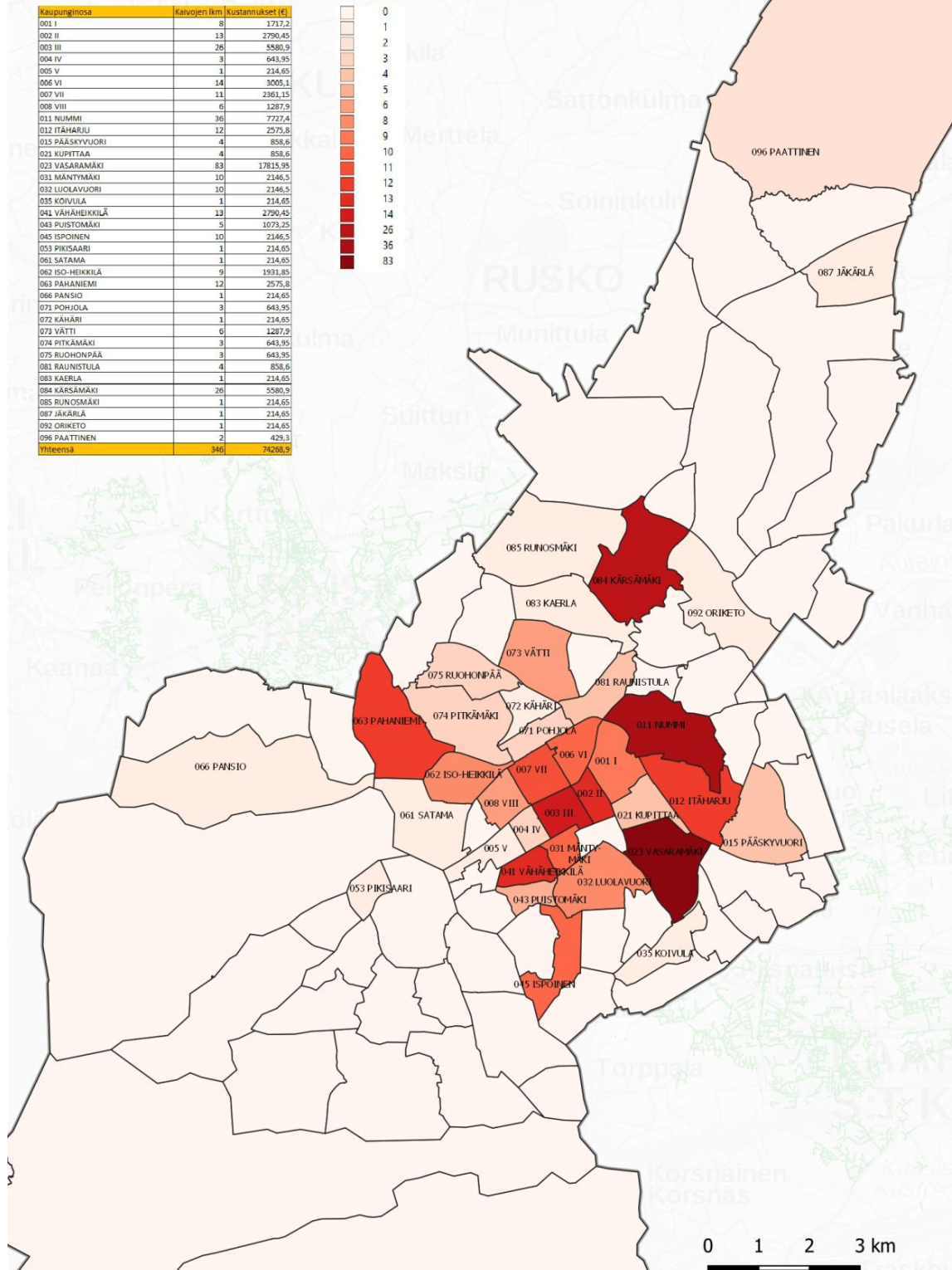
- Pystyy liittämään huleveeteen/muu toteutustapa
- Ei pysty liittämään huleveeteen, vaihtoehtoinen toteutustapa?
- Saneerauslistalla
- Hulevesiverkko

Yhteensä: 346 kpl, joista 284 kpl sekaviemäriin liitettäviä



Korjattavien hulevesiliitosten aiheuttamat kustannukset kaupunginosittain

Kustannuskartta, hulevesikaivot
675 mm vuosisade ja 600 m² valuma-alue



Turun kaupungin omistamat kiinteistöt, joilla hulevesijärjestelyt eivät ole kunnossa

