LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

LUONNONMUKAINEN HULEVESIEN HALLINTA UUSILLA ASUNTOALUEILLA LAHDEN KARISTOSSA JA KYTÖLÄSSÄ

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristöteknologia
Miljöösuunnittelu
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Jessica Huttunen

Lahden ammattikorkeakoulu

Ympäristöteknologia

HUTTUNEN, JESSICA:

Luonnonmukainen hulevesien hallinta uusilla asuntoalueilla Lahden Karistossa ja Kytölässä

Miljöösuunnittelun opinnäytetyö, 114 sivua, 11 liitesivua

Kevät 2014

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää luonnonmukaisen hulevesien hallinnan osaa, merkitystä, käyttöä ja toimivuutta kaupunkisuunnittelussa sekä arvioida kosteikkojen ja biosuodatusjärjestelmän tehokkuutta uusilla asuntoalueilla Lahden Karistossa ja Kytölässä. Opinnäytetyön toimeksiantajana on Lahden seudun ympäristöpalvelut, ja työ toteutettiin osana Ilmastonkestävä kaupunki – työkaluja suunnitteluun (ILKKA) -hanketta, joka edistää ilmastonkestävää kaupunkisuunnittelua.

Pohjatietojen mukaan ilmastonmuutoksen vaikutusten, kaupungistumisen ja läpäisemättömien pintojen määrän lisääntymisen seurauksena nykyinen hulevesi-infrastruktuuri ei vastaa enää tarvetta tulevina vuosikymmeninä. Huleveden määrän lisäksi tulee huomioida entistä paremmin myöskin sen laatu. Luonnonmukaisen hulevesien hallinnan myönteisiä puolia hyödyntämällä voidaan kuitenkin kontrolloida hulevesiin liittyviä ihmistoimintaperäisiä sivuvaikutuksia.

Tehokkuusarvioita varten Kariston ja Kytölän ojapisteistä kerättiin vesinäytteitä säännöllisesti. Ravinteiden ja haitta-aineiden reduktiot laskettiin näytteistä saatujen tietojen perusteella. Lisäksi Karistossa toteutettiin toimeksiantajan toiveesta asukaskysely, jossa kartoitettiin asukkaiden mielipiteitä asuinympäristönsä luonnonmukaisista hulevesijärjestelmistä.

Tuloksien perusteella voidaan todeta ravinteiden ja raskasmetallien vähentyneen yllättävän hyvin hulevesistä luonnonmukaisen biosuodatusjärjestelmän kautta verrattuna rakennettujen järjestelmien testituloksiin. Toisaalta kosteikoilla aineiden reduktiot vaihtelivat paljon vuodenajasta riippumatta. Erityisesti kokonaistyppi väheni parhaiten molempien kosteikkojen osalta, kun taas muiden aineiden määrät vaihtelivat eri syiden takia.

Jatkotutkimusmahdollisuutena on selvittää enemmän eri kasvien kykyä pidättää huleveden sisältämiä aineita, jotta kosteikkojen aktiivisuutta saadaan lisättyä.

Asiasanat: luonnonmukainen hulevesien hallinta, biosuodatus, kosteikko, ilmastonmuutos, kaupunkisuunnittelu, reduktio

Lahti University of Applied Sciences

Degree Programme in Environmental Technology

HUTTUNEN, JESSICA: Natural Stormwater Management in New Residential Areas of Karisto and Kytölä in Lahti

Bachelor's Thesis in Environmental Planning, 114 pages, 11 pages of appendices

Spring 2014

ABSTRACT

The objective of this Bachelor's Thesis was to define the role, significance, use and effectiveness of natural stormwater management in urban planning and to analyse the efficiency of wetlands and the biofiltration system in the new residential areas of Karisto and Kytölä in Lahti. The work was commissioned by Lahti Region Environmental Services and it is part of Climate-Proof City – Tools for Planners (ILKKA) -project promotes climate-proof urban planning.

Prior research has shown existing stormwater infrastructure may not meet planning standards in future decades as a result of the effects of climate change, urbanization and the increase in the amount of impervious surfaces. Not only the amount of stormwater but also its quality should be considered. Therefore, the main key to control those side effects of human actions is to utilise the various advantages of natural stormwater management.

To determine the efficiency, data for the study were collected by taking water samples regularly from the ditches of Karisto and Kytölä. Reductions of nutrients and hazardous substances were calculated based on the data. In addition, a questionnaire survey was conducted with residents of Karisto to find out their opinions on the living environment near the natural stormwater management systems.

The study results indicate that nutrients and heavy metals were reduced surprisingly well from the stormwater by the natural biofiltration system of Kytölä, in comparison with various earlier testing results of constructed systems. On the other hand, the reductions of the substances varied a lot in the wetlands, regardless of the season. Types of nitrogen (N) were reduced the most successfully by both wetlands in Karisto whereas the amounts of other substances varied a lot as a result of various factors.

Further research is needed on the capacity of different plants to reduce substances from stormwater, to intensify the activity of wetlands.

Key words: natural stormwater management, biofiltration, wetland, climate change, urban planning, reduction

KÄSITTEET

Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivi (VPD) 2000/60/EY

Euroopan unionin vuonna 2000 hyväksymä vesipolitiikan puitedirektiivi eli vesipuitedirektiivi on innovatiivinen direktiivi, jossa vesien hoitamista ja suojelua ohjataan uudella tavalla. Suojelu ja hoitaminen eivät noudattele kansallisia ja poliittisia rajoja, vaan ne ulottuvat vesien luonnollisiin maantieteellisiin muodostumiin ja vesistöalueisiin. Direktiivissä painotetaan EU:n politiikan alojen sääntelyä ja toimet aikataulutetaan tarkkaan. Pyrkimyksenä on saattaa Euroopan vesistöt hyvään tilaan vuoteen 2015 mennessä.

GreenCity – kestävän kehityksen edelläkävijä

GreenCity-ohjelma on todenmukainen unelma energiatehokkaasta ympäristökaupungista, jossa asukkaan ääni saadaan kuuluviin entistä paremmin. Lahden kaupungin toteuttamaa kehitysohjelmaa rahoittaa Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR) ja sen tavoitteena on edistää ekologisen kestävän kehityksen päämäärien etenemisen kaupungin toiminnan sisään.

ILKKA (Ilmastonkestävä kaupunki – työkaluja suunnitteluun -hanke)

Hankkeen tavoitteena on, että kaupungit voivat hyödyntää hankkeen aikana syntyviä työkaluja, ohjeita ja budjetointimallia luomalla parempaa ja ilmastonkestävää kaupunkiympäristöä. Hanketta toteutetaan 1.9.2012 - 31.10.2014, ja sitä rahoittaa Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR). Hanketta koordinoi Helsingin kaupunki, ja osatoteuttajina toimivat Lahden kaupunki, Turun kaupunki, Vantaan kaupunki, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, Ilmatieteen laitos ja Turun yliopisto.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

IPCC eli hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli, jonka tavoitteena on aikaansaada tieteellinen perusta ilmastopolitiikkaa koskevaa kansallista ja kansainvälistä päätöksentekoa varten ja jonka tueksi IPCC:n tutkijaryhmät valmistelevat ilmastonmuutosraportteja.

RCPs (Representative Concentration Pathways)

IPCC on luonut uudemmat RCPx.x-skenaariot mahdollisista kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kehityskuluista, joista RCP 2.6 edustaa optimistisinta kehityssuuntaa, jossa päästöt saadaan jyrkkään laskuun. Tämän vastakohtana on RCP 8.5, jossa päästörajoituksia ja muutoksia ei huomioida lainkaan. RCP 4.5 edustaa osittaista onnistumista niin, että tämän vuosisadan puolessa välissä päästöt saadaan laskuun, kun taas RCP 6.0 mukaan päästöt saadaan pidettyä nykytasolla, mutta ne alkavat jälleen kasvaa vuosisadan loppua kohden.

RYVE (Kaupunkivedet ja niiden hallinta -hanke)

RYVE on ympäristöministeriön rahoittama hanke: Kaupunkivedet ja niiden hallinta. Hankkeen toteuttajana on toiminut Helsingin yliopiston Luonnonmaantieteen laboratoriot vuosina 2001 - 2003. Hanke on kokonaisuudessaan neliosainen, ja sen neljännessä osassa (Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainekuormituksen muodostuminen rakennetuilla alueilla) tutkitaan Espoossa sijaitsevia kolmea erityyppistä asuinaluetta: kahta jo rakennettua Vallikallion kerrostaloaluetta ja Laaksolahden pientaloaluetta sekä yhtä metsäistä ja urbanisoituvaa Saunalahdenrannan aluetta. Näiden osalta selvitetään muun muassa alueiden hydrologisia oloja sekä valunnan ja ainekuormituksen muodostumista.

SRES (Special Report on Emissions Scenarios)

IPCC loi SRES-skenaariot vuonna 2000. Ne voidaan jakaa kahteen pääryhmään: A eli kulutusyhteiskuntaskenaariot ja B eli kestävään kehitykseen tähtäävät skenaariot. Esimerkiksi A2 edustaa suuria päästöjä, B1 pieniä päästöjä ja A1B melko suuria päästöjä tulevaisuudessa.

VAT (Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet)

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ovat valtioneuvoston ohjausväline, jolla linjataan Suomen kannalta merkittäviä alueiden käytön kysymyksiä. Tavoitteet koskevat seuraavia aihealueita: alue- ja yhdyskuntarakennetta, yhteysverkostoja, energiahuoltoa, elinympäristön laatua, luonto- ja kulttuuriperintöä sekä luonnonvarojen käyttöä.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 1

2 TYÖN TARKOITUS 3

2.1 ILKKA-hanke 3

2.2 Tavoitteet ja toimeksiantajan toiveet 4

2.3 Käytetyt menetelmät 4

3 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET HYDROLOGISIIN PROSESSEIHIN 6

3.1 Lämpötilan kohoaminen ja haihdunta 6

3.2 Sademäärien kasvu 8

3.3 Talven epävakaisuus 9

3.4 Valunnan muutokset 9

3.5 Virtaaman muutokset 10

3.6 Lieveilmiöt 10

4 TAAJAMAHYDROLOGIA 12

4.1 Hydrologinen kierto 12

4.1.1 Hydrosfääri 13

4.1.2 Hulevedet osana hydrologista kiertoa 13

4.2 Kaupungistumisen vaikutus hydrologiseen tasapainoon 15

4.3 Huleveden laatu 17

4.3.1 Ainehuuhtouma 17

4.3.2 Valuma-alueen maankäyttömuoto 18

4.3.3 Vuodenaikojen vaihtelu 20

4.3.4 Hulevesien sisältämien aineiden haittavaikutukset 21

4.4 Huleveden määrä 21

5 VESIEN SUOJELU JA HULEVESIPOLITIIKKA LAHDESSA 26

5.1 Hulevedet lainsäädännössä 26

5.1.1 Vesihuoltolaki 26

5.1.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki, vesilaki ja ympäristönsuojelulaki 26

5.1.3 Vesipolitiikan puitedirektiivi ja vesienhoitosuunnitelmat 28

5.1.4 Pohjavesidirektiivi 29

5.1.5 Tulvadirektiivi 29

5.2 Tämänhetkiset hulevesien hallintamenetelmät 30

5.3 Lahden kaupungin visio ja hulevesiohjelma 31
5.3.1 Hulevesiohjelman tavoitteet 32
5.3.2 Hulevesien hallinnan prioriteettijärjestys 33

6 LUONNONMUKAINEN HULEVESIEN HALLINTA 35
6.1 Tavoitteet 35
6.2 Kasvillisuuden ja maaperän vaikutukset 36
6.3 Luonnonmukaiset käsittelymenetelmät 37
6.3.1 Johtaminen 38
6.3.2 Imeytysmenetelmät 39
6.3.3 Viivytysmenetelmät 41
6.3.4 Kosteikko 41

7 LUONNONMUKAINEN HULEVESIEN HALLINTA OSANA KAUPUNKISUUNNITTELUA 43
7.1 Ekologinen ja biologinen merkitys 44
7.2 Humaani merkitys 45
7.3 Luonnollisen habitaatin säilyminen 46
7.4 Hulevedet kaupunkisuunnittelussa 47

8 LUONNONMUKAINEN HULEVESIEN HALLINTA KARISTOSSA 50
8.1 Kariston sijainti 50
8.2 Asuinaluekehitys 50
8.3 Ympäristö 54
8.3.1 Topografia 54
8.3.2 Maaperä 55
8.3.3 Luonto ja maisema 57
8.3.4 Valuma- ja pohjavesialueet 58
8.3.5 Kymijärvi 61
8.4 Kariston luonnonmukainen hulevesien hallintaideologia 63
8.5 Hulevesikuormitus 66
8.6 Rantakylän hulevesiallas 70
8.7 Kivipuron hulevesiallas-kosteikkopari 77
8.8 Korennonvirranoja 86

9 KARISTON ASUKASKYSELY 89
9.1 Perustiedot 89
9.2 Tietoisuus 90

9.3 Viihtyvyys 91
9.4 Turvallisuus 92
9.5 Kaupunkisuunnittelu 94
9.6 Jatkosuunnittelu ja kehittäminen 96
10 CASE: BIOSUODATUS KYTÖLÄSSÄ 98
10.1 Biosuodatusmenetelmä 98
10.1.1 Rakenne 99
10.1.2 Raskasmetallien pidättyminen 101
10.1.3 Ravinteiden pidättyminen 102
10.2 Case-tutkimus ravinteiden ja haitta-aineiden reduktioista 103
10.2.1 Topografia ja maaperä 105
10.2.2 Tulokset 109
11 YHTEENVETO 113
LÄHTEET 115
LIITTEET 132

1 JOHDANTO

Hulevesiä ovat maan pinnalta, rakennusten katoilta sekä muilta vastaavanlaisilta pinnoilta pois johdettavat sade- tai sulamisvedet rakennetussa ympäristössä ja niihin kuuluvat myös rakennusten perustusten kuivatusvedet. Lisäksi niihin kuuluvat rakennetulla alueella satanut ja myöhemmin poiskuljetettu lumi. Hulevesiin eivät kuitenkaan kuulu pelloilla ja metsissä muodostuva pintavalunta. Hulevesijärjestelmään saattaa päätyä myös muita ihmisen toiminnasta syntyviä vesiä, kuten tulipalon sammutus- tai katujen huuhteluvesiä. (Malin ym. 2010, 7.) Perinteisesti hulevedet johdetaan kaupunkiympäristössä pois syntypaikaltaan seka- tai erillisviemäröinnillä,. Sekaviemäröinti saattaa asettaa haasteita vesiensuojelulle varsinkin rankkasateiden osalta, jolloin puhdistamattomat sekavedet voivat ohittaa tulvakynnyksen ja päätyä vesistöön. (Aaltonen ym. 2008, 11.) Lisäksi perinteiset käsittelymenetelmät myös tukevat kaupungistumisen aiheuttamaa hydrologisen kierron epätasapainoa rakennetuilla alueilla.

Onneksi kuitenkin jo noin pari vuosikymmentä sitten on alettu kiinnittää enemmän huomiota luonnonmukaisuutta hyödyntäviin ratkaisuihin hulevesien käsittelyssä. Luonnonmukaisen hulevesien hallinnan tärkein prioriteetti on hulevesien hydrologisten ja veden laadun muutosten hallinta purkuvesistön tilaa sekä luonnon- ja rakennettua ympäristöä suojellen. Hydrologisiin ja laadullisiin muutoksiin vaikuttavat kaupungistumisen seurauksena tapahtuneet maankäytön uudistukset. (Aalto-yliopisto 2013b.) Hulevesijärjestelmiin tietoisesti suunnitellun biodiversiteetin päätarkoitus on kokonaisvaltaisesti vähentää hulevesien aikaansaamaa ympäristökuormitusta valuma-alueilla ja purkuvesistöissä. Salminen (2008, 1) lisäksi toteaa, että luonnonmukaisten suunnittelulähtökohtien ja tekniikoiden kautta voidaan minimoida hulevesivirtaamien syntymistä, tasata ja hillitä virtaamia ja tulvimista sekä vähentää eroosiota ja vierasaineista johtuvaa rasitetta purkuvesistölle.

Ekologisuuteen pyrkivä tehokas ja tiivis rakentaminen synnyttää osaltaan haasteita suunnitteluun, joka ideaalitilanteessa luo eheää kaupunkiympäristöä luonnonarvot huomioiden. Ilmastonmuutos ja siihen liittyvä sääilmiöiden äärevöityminen, tulvariskin yleistyminen, vesien tilan heikkeneminen sekä EU:n vesipuite- ja tulvadirektiivit vaativat kuitenkin kaupunkiympäristöön uudenlaista,

luonnonmukaista hulevesisuunnittelua ja -hallintaa. Euroopasta kantautunut trendi, rakentaa biodiversiteettiarvot huomioiden, on saanut Suomessakin useat kaupungit toteuttamaan yleisiä hulevesiohjeita tai -ohjelmia, joiden avulla pystytään kehittämään ja tehostamaan ilmastonkestävää ja luonnonmukaista hulevesien hallintaa kaupunkiympäristössä. (Hakola 2012.)

2 TYÖN TARKOITUS

2.1 ILKKA-hanke

Lahden kaupunki on yksi edelläkävijä ympäristövastuullisuudessa, -suojelussa ja -politiikassaan Suomessa, ja kaupunki on mukana monissa erilaisissa projekteissa, toteuttaa kehitysohjelmia (GreenCity – kestävän kehityksen edelläkävijä) sekä tarkkailee alueensa vesien tilaa säännöllisesti. Lahden kaupungin teknisen- ja ympäristötoimialan kokoama asiantuntijaryhmä on laatinut muun muassa vesiensuojeluun liittyen Lahden kaupungin hulevesiohjelman (2010), ja sen lisäksi kaupunki osatoteuttaa Ilmastonkestävä kaupunki – työkaluja suunnitteluun (ILKKA) -hanketta (KUVIO 1). Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Lahden sekä lähikuntien, Hollolan ja Nastolan, yhteinen ympäristönsuojeluun liittyviä lakisääteisiä lupa- ja valvontatehtäviä hoitava Lahden seudun ympäristöpalvelut (LSYP), jonka päätavoitteena on ympäristökuormituksen vähentäminen ja pilaantumisen ehkäiseminen. (Lahden kaupunki 2013c.)

KUVIO 1. Ilmastonkestävä kaupunki (ILKKA) – työkaluja suunnitteluun -hankkeen logo (Ilmastotyökalut 2013)

Tämä opinnäytetyö liittyy osaltaan edellä mainittuun ILKKA-hankkeeseen, joka on edennyt opinnäytetyötä toteuttaessa puoleen väliin määritellyn hankeajan sisällä. Hanke tähtää muun muassa luomaan parempaa ja ilmastonkestävää

kaupunkiympäristöä sekä edistämään ilmastonmuutoksen huomioivaa kaupunkisuunnittelua, johon kytkeytyy myös luonnonmukaisuus osana hulevesien hallintaa -ideologian vieminen eteenpäin. Työtä hyödynnetään valmiina osana ILKKA-hanketta, Lahden seudun ympäristöpalveluiden muihin käyttötarkoituksiin sekä vertailuaineistona kaupungin muiden yksiköiden kesken. Lahden seudun ympäristöpalveluilta työn ohjaajana on toiminut vesiensuojelupäällikkö Ismo Malin ja avustajana sekä yhdyshenkilönä ILKKA-hankkeen projektikoordinaattori Taru Hämäläinen. (Lahden kaupunki 2013b.)

2.2 Tavoitteet ja toimeksiantajan toiveet

Työn tavoitteena on arvioida luonnonmukaista hulevesien hallintaa osana kaupunkisuunnittelua sekä sen merkitystä, käyttöä ja toimivuutta. Kytölän biosuodatuskohteen ja kosteikkojen osalta analysoidaan ravinteiden ja haitta-aineiden reduktioita sekä hulevesien yleistä suotautumistehokkuutta maaperän ja kasvillisuuden läpi. Työssä myös selvitetään ilmastonmuutoksen vaikutusta hydrologisiin prosesseihin ja tätä kautta hulevesien syntymiseen. Lisäksi toimeksiantajan erityistoiveesta on toteutettu asukaskysely joulukuussa 2013 Lahden Kariston kaupunginosaan kartoittamaan asukkaiden kokemuksia ja mielipiteitä asuinalueena luonnonmukaisesta hulevesien hallinnasta (LIITE 4) (LIITE 5).

2.3 Käytetyt menetelmät

Työn teoriaosuudessa on käytetty lähdeaineistona Lahden seudun ympäristöpalveluilta saatuja elektronisia ja kirjallisia materiaaleja, työn aiheeseen liittyvien alojen kirjallisuutta, tutkimuksia, seminaaripohjia, Paikkatietoikkunan ja Maanmittauslaitoksen karttapalveluja, asukaskyselyn tuloksia sekä omaa havaintomateriaalia kohteista. Havaintomateriaalia on kerätty itsenäisillä maastokäynneillä syksyn 2013 aikana. Kytölän case-kohteessa biosuodatustehokkuutta on analysoitu näytteenottojen perusteella, ja tähän liittyen olen ollut mukana Lahden seudun ympäristöpalveluiden pienryhmän kanssa yhdellä näytteenottokerralla Kytölässä 15.10.2013. Ramboll Analytics on analysoinut Karistosta ja Kytölästä kerätyt vesinäytteet.

Opinnäytetyön teoreettisessa tutkimusosuudessa käsitellään ilmastonmuutoksen vaikutuksia hydrologisiin prosesseihin, taajamahydrologiaa, hulevesiasioihin liittyviä direktiivejä, lakeja ja asetuksia, luonnonmukaisia hulevesien hallintamenetelmiä sekä luonnonmukaista hulevesien hallintaa osana kaupunkisuunnittelua. Empiirinen tukimusosio sisältää Kariston hulevesialtaiden ja kosteikkojen tehokkuuden arviointia reduktio- ja kuviotarkasteluiden avulla sekä myös biosuodatustehokkuuden arviointia haitta-aineiden ja ravinteiden osalta Kytölässä. Empiirisenä tutkimuksena Karistoon on lisäksi toteutettu asykaskysely vuoden 2013 joulukuussa, jonka kvantitatiivisessä eli määrällisessä osassa esitetään monivalintakysymyksiä. Kyselyn kvalitatiivinen eli laadullinen osa sisältää avoimia kysymyksiä. Lisäksi asukkailla on ollut mahdollisuus vastata sekä esittää mietteitä ja kehitysideoitaan vapaasti Kariston luonnonmukaisista hulevesijärjestelmistä ja asuinympäristöstään.

3 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET HYDROLOGISIIN PROSESSEIHIN

Muutokset maan kokonaisvaltaisessa energiataseessa aiheuttavat ilmastonmuutoksen (Greenpeace 2013). Ilmastonmuutosta ja sen aiheuttamia vaikutuksia voidaan Suomessa ja Suomen mittakaavassa perustella tieteellisesti esimerkiksi lumen, jään, haihdunnan, maankosteuden ja valunnan muutoksien osalta, vaikka ilmastonmuutoksen etenemisnopeutta ei voidakaan määritellä tarkasti (Veijalainen ym. 2012, 21). Vajavaisten ilmastomallien lisäksi suuri epävarmuustekijä on tärkeimpien kasvihuonekaasupäästöjen tuntematon kehityssuunta ilmakehässä. Näin ollen tulevaa kehitystä arvioidaan globaalisti, esimerkiksi vaihtoehtoisten päästö- ja pitoisuusskenaarioiden avulla, jotka kuitenkin ovat vain suuntaa antavia. Ennusteissa annetaan pääpiirteisarvioita ilmastosuureiden muuttumisesta verrattuna 1971 - 2000 ajanjaksoon. (Ilmasto-opas 2013a.) Tällaisia ovat muun muassa tuoreimmat ilmastopaneeli IPCC:n RCP-skenaariot, jotka päivittävät osaltaan vuoden 2000 SRES-skenaariot (Tuomenvirta 2012). RCP-skenaariot luotiin yleisen tiedontarpeen lisäännyttyä ja niiden avulla pyritään antamaan vastauksia ilmastonmuutokseen liittyviin sopeutumiskysymyksiin. Ne myös sisältävät enemmän tietoa teknologiasta, taloudesta, maankäytöstä ja muista tärkeistä huomioon otettavista seikoista. (Ilmasto-opas 2013a.)

3.1 Lämpötilan kohoaminen ja haihdunta

Suomen keskilämpötila on noussut noin asteella sadan vuoden aikana, ja luotujen ilmastomallien perusteella voidaan todeta keskilämpötilan jatkavan yhä nousuaan tulevaisuudessa. Lämpötilan kohoaminen ja maankosteuden muutos vaikuttavat osaltaan myös maan ja kasvien kautta tapahtuvaan haihduntaan. (Ilmasto-opas 2013c.) Lämpenemisen seurauksena kevät aikaistuu ja kasvukausi jatkuu yhä pidemmälle syksyyn. Myöskään tyypilliset vuodenaikaisvaihtelut eivät ole enää havaittavissa yhtä selkeästi kuin ennen, jolloin osa kevään ja syksyn vuodenaikaispiirteistä joko heikkenee tai katoaa kokonaan. Olosuhteiden muutos vaikuttaa niin ikään keskimääräiseen jäänsyntymisaikaan siirtäen sitä

myöhemmäksi, sen sulamiskiihtyvyyteen aikaistaen vesistöjen pintojen vapautumista ja jään paksuuteen ohentavasti (Veijalainen ym. 2012, 21).

Vaikka lämpenemisellä on myönteisiä vaikutuksia, vaikkapa maatalouden tehokkuudelle, aiheuttaa se suoraan muutoksia ympäristön hydrologisiin prosesseihin. Esimerkiksi kesäaikana maakosteuden väheneminen heikentää haihduntaa, kun taas aikainen kevät lisää sitä. Keväistä haihduntaa tehostaa talven pohjustama kostea maaperä, auringonsäteilyn tehostuminen sekä lämpötilan kohoaminen. Kesäisin taas järvihaihdunta on suurempi suhteessa maahaihduntaan, koska kesän kuivuus lisää haihduntaprosessia. Kokonaishaihdunnan onkin laskelmoitu kasvavan vuosien 2010 - 2039 aikana noin 5 - 10 % ja vuosien 2040 – 2069 aikana enemmän eli noin 10 - 20 %. (Veijalainen ym. 2012, 21.)

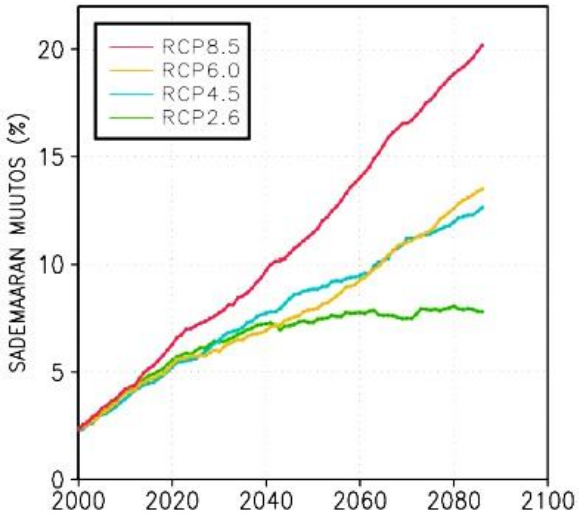
Ilmastonmuutoksen myötä lämpötilan muutokset vaikuttavat alinomaa sateisuuden lisääntymiseen ja talvisin sateen eri olomuotojen vaihteluihin (Ilmasto-opas 2013c). Lumisateet esiintyvät yhä useammin muissa olomuodoissa ja olomuotojen vaihtelua tapahtuu enemmän lämpötilan epävakaisuuden vaikutuksesta. Lisäksi sadepäivät lisääntyvät määrällisesti, poutajaksot lyhenevät ja entistä useammin sade tulee lumen sijaan vetenä. Arvioiden mukaan tulevaisuudessa sataakin noin 10 - 40 % enemmän kuin referenssijaksolla 1971 - 2000. (Ilmasto-opas 2013f.)

Päijät-Hämeen alueella vesistöt lauhduttavat vallitsevaa ilmastoa ja pienilmastoja paikallisesti. Ilmastollisesti tarkasteltuna maakunta on kuitenkin kontinentaalisempi kuin Suomen rannikkoalueet riippuen matalapaineiden liikkeistä ja ilmavirtaussuunnista. Vuoden keskilämpötila maakunnan alueella on noin 4 °C , jolloin vuoden kylmin kuukausi on helmikuu ja lämpimin heinäkuu. (Ilmasto-opas 2013e.) Hellepäivien (Tmax>25 °C) määrä on kasvusuhdanteinen lineaarisessa 1971 - 2012 ajanjakson tarkastelussa ja yleisesti hellepäiviä esiintyykin kesäisin eniten Lahden seudulla koko Päijät-Hämeen mittakaavassa. Pakkaspäivät (Tmin<-19,9 °C) ovat olleet taas vähentymään päin, mutta yhä vähemmän on esiintynyt myös kovempia (Tmin<-29,9 °C) pakkaspäiviä samalla tarkastelujaksolla, joka taas viittaa kosteampien talvien yleistymiseen. (Ilmatieteen laitos 2013b.)

3.2 Sademäärien kasvu

Yleisen sateisuuden odotetaan lisääntyvän tulevaisuudessa, etenkin talvisin. Kesäisin sateisuuden muutos on pienempi, mutta silti sateet ovat runsaampia kuin talvella. Rankkasateet voimistuvat kuitenkin suhteellisesti vähemmän kesällä kuin talvella, mutta rankimmat sateet saadaan edelleen kesällä. (Ilmasto-opas 2013f.) Rankimmat touko - syyskuun vuorokausisateet lisääntyvät arviolta 10 - 30 % ja pitkäaikaiset kuuden tunnin maksimisateet 15 - 40 % jaksoon 2071 - 2100 tultaessa (Aaltonen ym. 2008, Malinin ym. 2010, 13 mukaan). Myös keväisin ja syksyisin on odotettavissa sademäärän kasvua. Suhteellinen muutos sademäärässä koko Suomea tarkasteltaessa näkyy selvemmin Pohjois- kuin Etelä-Suomessa, ja koska vuotuiset sademäärien vaihtelut ovat luonnostaan suhteellisen suuria, eivät ilmastonmuutoksen vaikutukset sademääriin ole selkeästi nähtävillä lähivuosikymmeninä. (Ilmasto-opas 2013f.)

Ilmastopaneeli IPCC:n viidennessä raportissa (2013) mainitaan muun muassa neljästä uudemmasta skenaariosta RCP 2.6, 4.5, 6.0 ja 8.5, jotka ilmentävät kukin erilaista linjaa. Kuitenkin kaikilla on yksi yhteinen sanoma: ilmasto muuttuu, oli ihmisen vaikutus mikä tahansa. Ilmastonmuutosmallien perusteella on laskettu vuoteen 2100 asti sademäärän keskiarvoja (KUVIO 2), joiden vertailukohtana on käytetty ajanjaksoa 1971 - 2000.



KUVIO 2. Sademäärän vuosikeskiarvo, Suomi (Ilmatieteen laitos 2013)

3.3 Talven epävakaisuus

Vaikka pysyvän lumen kausi tulee lyhentymään Suomessa ilmastonmuutoksen seurauksena, esiintyy runsaslumisia talvia myös jatkossa. Toisaalta myös vähälumiset talvet yleistyvät ja lumipeite on jatkossa toistuvasti ohuempi ja sen vesiarvo on samalla pienempi. Näin ollen koko maan tarkastelussa suojasäät ja kosteatalvisuus yleistyvät, sulattaen lunta ja lisäten epävakaisuutta, eikä routaa esiinny enää yhtä yleisesti. Tällöin maan kosteusolosuhteiden noustessa maan kantavuus myös heikkenee. Vuosisadan lopulla pysyvä lumi saadaankin loppujen lopuksi vain Lapissa, joskin kasvukausi sielläkin pitenee talven lyhentyessä sekä syksystä että keväästä. (Ilmasto-opas 2013b.)

Talvien epävakaistuessa tapahtuu muutoksia ketjureaktiona myös muille eri vuodenaikojen tyypillisille hydrologisille piirteille. Koska vesisade on lämmön ohella tehokas lumipeitteen sulattaja, ne yhdessä tehostavat sulamisprosessia ja voivat aiheuttaa piikkejä hulevesiviemäröinnille kaupunkiympäristössä kevätkuukausien aikana. Toisaalta kevättulvat voivat olla nykyistä pienemmät, koska osa talviaikaisesta lumipeitteestä on sulanut pois sateiden vaikutuksesta, eikä uutta lunta ehdi kerrostumaan entiseen tahtiin. Tämän vuoksi myös talviaikainen valunta lisääntyy. (Malin ym. 2010, 13.)

3.4 Valunnan muutokset

Sademäärien kasvaessa myös haihdunnan oletetaan kasvavan, jolloin valunta ei kasva samassa suhteessa sadannan kanssa. Arviot valunnan määrästä poikkeavat kuitenkin toisistaan alueellisten erojen sekä käyttettyjen skenaarioiden osalta. Arvioiden vaihteluväli perustuu siis vähä- ja runsassateisimpien skenaarioiden raja-arvoihin. Ilmastonmuutoksen seurauksena voidaan valunnan todeta kasvavan suhteellisesti eniten joulu-helmikuussa talvien epävakaistuessa, ja lumisateen esiityvän yhä useammin muissa olomuodoissa. Valunta pienenee maalis-toukokuussa Etelä-, Länsi- ja Keski-Suomessa, koska talvaikainen lumikerrostuma on ohuempi, eikä näin ollen keväinen sulamisprosessi tuota vesiä yhtä paljon kuin referenssijaksolla 1971 - 2000. (Veijalainen ym. 2012, 24.)

3.5 Virtaaman muutokset

Pienessä mittakaavassa virtaaman muutokset noudattelevat valunnan muutoksia, kun taas suurien vesistöjen alajuoksuvirtaamat poikkeavat jokien ja järvien veden virtausviiveistä valunnan takia (Veijalainen ym. 2012, 24). Jokien virtaamien muutoksien takia myös järvien vedenpinnankorkeudet uhkaavat kasvaa eritoten talvikuukausina lämpötilan heitellessä, jolloin satanut lumi sulaa herkemmin ja lumisateen sijaan sataa vettä. Tämän seurauksena kevättulvat eivät ehkä esiinny samassa mittakaavassa kuin aiemmin samoilla alueilla, mutta toisaalta samaan aikaan vedenpinnankorkeudet laskevat haihdunnan vuoksi. (Suomen ympäristökeskus 2012.) Suurimmat muutokset virtaamissa ja vedenpinnankorkeuksissa tapahtuvat Etelä- ja Keski-Suomessa, jolloin voidaan todeta ilmastonmuutoksen aiheuttamien vaikutusten koskettavan suurinta osaa suomalaisista ja suuria asukaskeskittymiä, esimerkiksi pääkaupunkiseutua ja Keski-Suomen suuria kaupunkeja.

3.6 Lieveilmiöt

Ilmastonmuutoksen kaikki edellä mainitut lieveilmiöt korostuvat yhteissummana vaikuttaen hydrologiseen kiertoon ja sen tasapainoon. Ilmastonmuutoksen vaikutukset tuottavat paljon haasteita, jotka liittyvät lisääntyviin sateisiin. Esimerkiksi jotkin vesistöjen välittömään läheisyyteen rakennetut alueet voidaan osoittaa yhä useammin tulvariskialueiksi, mutta onneksi muun muassa säännösteltyjen järvien vedenpinnan korkeutta pystytään hallitsemaan juoksuttamalla. Tiiviisti rakennettujen kaupunkialueiden lisääntyvät hulevedet aiheuttavat kuormitusta perinteisille viemäröintijärjestelmille, jolloin ylivuoto- ja tulvariski kasvaa, kun viemärit eivät kykene vastaanottamaan rankkasateiden mittavia vesimääriä lyhyen ajan sisällä. Samalla on syytä kiinnittää huomiota myös hulevesien laadulliseen puoleen, jota käsitellään myöhemmissä pääluvuissa.

Sateiden lisääntyessä, etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa, valuma-alueelta kulkeutuu ravinteiden lisäksi orgaanista ainesta jokien mukana Itämereen, jolloin purkukohtien vesien laatu heikkenee. Tämän ohella on odotettavissa lisäksi veden pintalämpötilan nousevan, jääpeitteen vähenevän talvisin sekä suolapitoisuuden laskevan. (Suomen Akatemia 2011.) Miten taas ilmastonmuutos vaikuttaa

merialueiden vedenpinnan korkeuteen? Itämeriportaalin (2013) mukaan rannikkoseuduilla aiemmin meriveden pinnankorkeuden suhdetta maanpintaan on tasapainottanut maankohoaminen, mutta jatkossa joudutaan varautumaan siihen, että vedenpinta nousee enemmän suhteessa maankohoamiseen tämän vuosisadan loppuun mennessä, vaikka muutos ei välttämättä olekaan kovin suuri. Tässäkin arvioinnissa muutosskaala on suhteellisen suuri: vedenpinnan nousu muutamista kymmenistä senteistä metreihin riippuen eri skenaarioiden kehityssuunnista, olivat ne sitten optimistisia, passiivisia tai siltä väliltä. (Itämeriportaali 2013.)

4 TAAJAMAHYDROLOGIA

Köppenin ilmastoluokituksen mukaan Suomi kuuluu lumi- ja metsäilmaston kostea- ja kylmätalviseen tyyppiin. Toisaalta taas Ilmasto-opas (2013d) luokittelee Suomen ilmaston väli-ilmastoksi, joka kuvastaa sään vaihtelevuutta mantereisen ja merellisen tyypin välillä riippuen korkea- ja matalapaineiden sijainneista sekä ilmavirtaussuunnista. Vallitsevien ilmasto-olosuhteiden lisäksi valunnan synnyn ja aineiden liikkuvuuden olennaiset vaikuttajat ovat maankäyttö, infrastruktuuri, sekä kallio- ja maaperän ominaisuudet sekä erinnäiset toiminnot, jotka ohjaavat valunnan syntymistä ja laatua (Aalto-yliopisto 2013a).

4.1 Hydrologinen kierto

Veden kiertoa hallitsevat painovoima sekä auringonsäteily, joka sisältää paljon lyhytaaltoista säteilyä (Hepojoki ym. 2011, 12). Maapallon albedon vaihteluväli on 33 - 36 %, joka vastaa takaisin avaruuteen heijastuvaa säteilyä, jolloin loput säteilystä absorboituu maahan, ilmakehään ja meriin lämmittäen näitä ja edelleen lämpösäteillen pitkäaaltoisena hitaasti pois avaruuteen (Ilmatieteen laitos 2013a). Maan säteilytase taas vaikuttaa haihdunnan määrään. Säteilytaseen komponentteja ovat albedon lisäksi maahan tuleva säteily ja lähtevä pitkäaaltoinen säteily, pinnan alapuolelle kantautuva lämpö, turbulenttiset eli pyörteiset ilmavirtaukset ja sateen tuoma energiasisältö. (Alestalo & Tuomenvirta 2007, 9; Hepojoki ym. 2011, 12.)

Vesi on nähtävissä maisemassa alavilla maan kohdilla aukeapintoina eli merinä, järvinä ja lampina (Eskola & Tahvonen 2010, 9 - 10). Rinnepurot yhtyvät jokiin, jotka kuljettavat vettä järviin ja esimerkiksi soihin, joissa vesi voi viipyä pitkään. Samalla näiden kaikkien vesipintojen kautta haihtuu vettä ilmakehään. Haihdunta tapahtuu auringon vaikutuksesta. Vesihöyry tiivistyy ilman jäähtyessä kastepistelämpötilaan ja muodostaa pilvi- ja jääpisaroita, joista syntyy aerosolisia pilviä. Lopulta vesi sataa jossakin olomuodossaan takaisin maahan, lumeen ja vesistöihin tai se viipyy kasvien pinnoilla ennalta määrittelemättömissä paikoissa. Maanpinnalle satanut vesi imeytyy osittain maaperään ja osaksi se valuu pintavaluntana vesiuomiin (KUVIO 3). (Hepojoki ym. 2011, 12.)

KUVIO 3. Hydrologinen kiertokulku (Evans & Perlman 2013)

4.1.1 Hydrosfääri

Suurin osa maapallon hydrosfääristä eli vesikehästä on suolaista merivettä, ja makeaa vettä on muodostunut vain noin 2 % , jolloin sitä esiintyy järvissä, joissa, pohjavetenä sekä jäätiköissä. Maan kokonaisvesivaranto pysyy likimain vakiona, kun vesi kiertää syklinsä mukaisesti varastosta toiseen. Maapallon mittakaavassa tarkasteltuna keskisadanta ja -haihdunta merialueilla on suurempi kuin manneralueilla. Onhan niin ikään maapallon pinta-alastakin noin 70 % veden peitossa. Manneralueilla haihdunta on valuntaa lähes puolet suurempi. Eri mannerten tai mannerosien välinen valunta taas vaihtelee huomattavasti toisistaan sadannasta riippuen. (Hepojoki ym. 2011, 12 - 13.)

4.1.2 Hulevedet osana hydrologista kiertoa

Valunnalla tarkoitetaan sitä vesimäärää, joka tietyltä alueelta purkaantuu vesistöön. Valunta on se jäljelle jäänyt osa sadannasta, joka ei haihdu ilmakehään tai imeydy maaperään, vaan kerääntyy maaston painanteisiin. Maaston painannesäilöt voivat viivyttää vettä pitkiäkin aikoja ennen kuin se vapautuu

takaisin kiertoon. Painanteiden täyttyessä vesi voi alkaa valua pinnanmuotojen ja korkeussuhteiden mukaan maanpinnallisvaluntana kohti vesiuomia. Säilöstä vesi voi joko haihtua tai imeytyä ja suodattua edelleen maaperän läpi. Haihdunnassa vesi muuttuu olomuodoltaan vesihöyryksi ja nousee ylöspäin. Vesihöyry jäähtyy 0,6 - 0,7 °C sataa metriä kohden lopulta kastepistelämpötilaan, tiiviistyy pilvipisaroiksi ja edelleen sadepisaroiksi. Jos haihduntaa tapahtuu pinnoilta, se rajoittaa pintalämpötilan nousua. Haihdunnan määrä vaihtelee pinnan ominaisuuksien mukaan. Maaperään imeytyneellä vedellä taas on maakosteutta lisäävä vaikutus, mutta sateen jatkuessa osa imeytyneestä vedestä jatkaa valumista pintakerroksissa uomia kohden. Osa imeytyneestä vedestä suotautuu syvemmälle maakerroksiin, jolloin muodostuu pohjavettä, joka edelleen valuu pohjavesivarastosta pohjavesivaluntana kohti vesiuomia ja järviä. Vettä saattaa myös haihtua, jos pohjavedenpinta on liki maanpintaa. (Eskola & Tahvonen 2010, 9 - 10, 12; Hepojoki ym. 2011, 12 - 13, 16.)

Valuma-alueen ominaispiireet vaikuttavat valuntaan. Mitä suurempi kokonaisvaluma-alue on, sitä suurempi on myös valunta. Valuma-alueen muodolla on todettu olevan korrelaatiosuhde kerääntyvään vesimäärään ja sen kerääntymisnopeuteen. Pyöreällä valuma-alueella, jossa alueen ääripisteistä on saman verran matkaa keskikohtaan, vesi kerääntyy nopeammin kuin kapealla ja pitkällä alueella. Valuma-alueen järvisyys vaikuttaa hidastavasti vesimassojen liikkeisiin, koska järvien on todettu tasaavan veden luonnollista etenemistä. Tämä sama kaava toistuu myös pienemmässä mittakaavassa vaikkapa piha-alueella, jossa altaat tai painanteet hidastavat ja tasaavat veden liikkeitä. (Eskola & Tahvonen 2010, 10 - 11.)

Topografialla on suuri merkitys veden liikkeisiin ja liikkumissuuntiin kaikenlaajuisilla valuma-alueilla. Maanpinnan jyrkkyys vaikuttaa virtaamanopeuteen ja tämän ohella veden imeytymiseen. Imeytymisintensiteettiin vaikuttavat vallitsevat kallio- ja maaperäolosuhteet, esimerkiksi karkean aineksen maalajeilla on pintavaluntaa tasaavia ja pohjavettä kerryttäviä ominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia osataan hyödyntää muun muassa rakentamisessa, jolloin karkeita maalajeja käytetään kantavien pohjien materiaalina. Rakennusteknisestä tarkastelunäkökulmasta katsottuna karkea kiviaines toimii tukevana rakennusalustana. Lisäksi se toimii rakenteiden salaojituksessa hyvin routivuuden

ehkäisyyn sekä tehokkaana pohjarakenteisiin kulkeutuvien vesien poiskuljettajana. (Eskola & Tahvonen 2010, 11.)

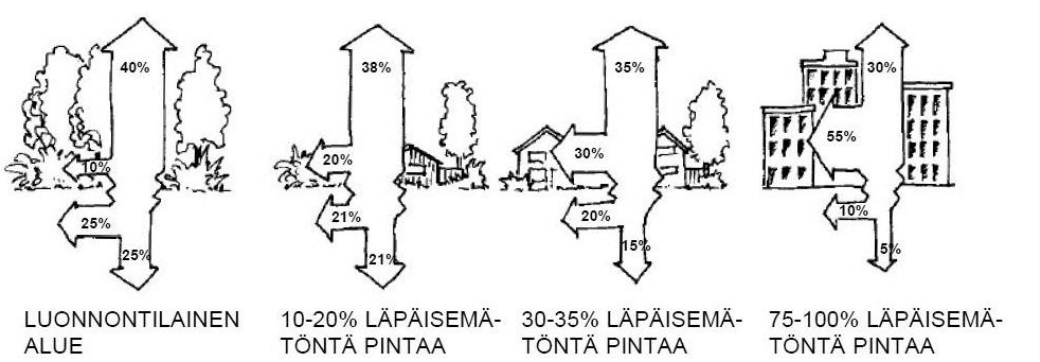
Sadanta on tietylle alueelle tietyn ajanjakson aikana vedestä ja lumen sulamisesta kertyvä sademäärä. Vuotuinen sadanta on Pohjois-Suomessa noin 500 - 750 mm. Pohjoisessa sadanta on yleisesti hieman pienempi kuin etelässä. Haihdunta on sadannan ohella suurempi Etelä-Suomessa kuin Pohjois-Suomessa. Lumen sisältämä vesimäärä sen sulaessa on sama kuin lumen vesiarvo. Tämän perusteella lumen vesiarvon arvioidaan olevan Etelä-Suomessa noin 80 - 120 mm ja pohjoisessa noin 120 - 180 mm, jolloin lumipeitteen maksimisyvyyden vaihteluväli etelässä on 20 - 60 cm ja pohjoisessa noin metriin asti. (Eskola & Tahvonen 2010, 11 - 12.)

4.2 Kaupungistumisen vaikutus hydrologiseen tasapainoon

Kaupungistumisen todetaan lisäävän sadantaa paikoitellen jopa noin 10 % tai tapauskohtaisesti vielä enemmän. Tämä johtuu saasteiden ilmassa tapahtuvasta lisätiivistymisvaikutuksesta, rakennusten aiheuttamasta ilmavirtojen pyörteisyydestä sekä lämpimämmästä kaupunki-ilmastosta verrattuna maaseutuun (Vakkilainen, Kotola & Nurminen 2005, 12). Tiiviin rakentamisen aikakausi on perustellusti ideologialtaan ekologista, mutta samalla se tuo sivuvaikutuksia ympäristöönsä, jolloin kasvillisuus, eläinlajit, ilmanlaatu, paikallinen pienilmasto ja hydrologinen kierto muuttuvat (Hakola 2012).

Eskola ja Tahvonen (2010, 13) havainnollistavat rakentamisen intensiteetin mukaisen haihdunnan, pintavalunnan, pintakerrosvalunnan ja pohjavesivalunnan määrän vaihtelua kuviossa (KUVIO 4), josta voidaan todeta veden kierron epätasapainottuvan sitä enemmän, mitä runsaammin rakennetussa ympäristössä on läpäisemätöntä pintaa suhteessa luonnontilaiseen alueeseen. Näin ollen voidaan myös todeta rakentamisen vaikuttavan voimakkaasti lähiympäristön kokonaisvaltaiseen vesitalouteen. Ja kun hulevedet pyritään perinteisesti johtamaan nopeasti viemäristöön pois näkyvistä, ei haihduntaa ehdi tapahtua samalla intensiteetillä kuin kaupunkialueen ulkopuolella. Haihdunnan ollessa vähäistä kokonaisvalunta oletetusti kasvaa, mutta toisaalta pintakerros- ja pohjavesivalunta vähenevät päällystettyjen pintojen lisääntyessä, jolloin tämä

vaikuttaa negatiivisesti pohjaveden pinnan korkeuteen ja vähentää sen virtausta uomiin. (Hakola 2012.)



KUVIO 4. Haihdunnan, pintavalunnan, pintakerrosvalunnan ja pohjavesivalunnan määrän vaihtelu rakentamistehokkuuden mukaan (Eskola & Tahvonen 2010, 13)

Sateisuuden kasvu ei ole kuitenkaan ainoa haaste kaupunkisuunnittelulle, vaan lisääntyvät sateet yhdistettynä kaupungistumiseen ja sen sivutuotteena pinnoitetun alan kasvuun lisäävät hulevesien syntymistä. Läpäisemättömien pintojen määrä korreloi myös hulevesien laadun kanssa veden kuljettaessa pinnoilta mukanaan vierasaineita. Tämä taas osoittaa ekosysteemien ihmiselle tarjoamien ekosysteemipalveluiden, esimerkiksi sääntelypalveluiden, toimivan huonosti (Suomen luonnonsuojeluliitto 2013). Kaupunkiympäristössä ilmiö tuottaa näin ollen monenlaisia haasteita hulevesien hallintaan, jotta saadaan ehkäistyä tulvien ohella myös pintaveden laatuongelmia. Perinteisten hulevesien käsittelytapojen rinnalle tarvitaankin tehokkaampia ja ekologisempia vaihtoehtoja tasaamaan tällaisia ilmastonmuutoksen ja kaupungistumisen yhteisvaikutuksesta johtuvaa hydrologisen kierron epätasapainoa ja sen oheisvaikutuksia.

Vaikka Suomen pinta-alasta yli kaksi kolmasosaa on metsää, on silti syytä kiinnittää huomiota kasvavien asutuskeskuksien rakentamistrendiin, joka tätä nykyä on tiivistä ja tehokasta. Tällainen rakentaminen vaatii jo kaavoitusvaiheessa tilavarauksia hulevesien käsittelyä varten ottaen huomioon samalla valuma-alue ja ympäröivä luonto. (Aalto-yliopisto 2013a.) Biodiversiteettiä hyödyntävä

hulevesien käsittely ei vaadi laaja-alaisia tiloja ollakseen tehokas. Jopa pienet kapeat viherkaistaleet toimivat riittävissä määrin syntyneiden hulevesien imeyttäjänä, suodattajana ja viivyttäjänä tehokkaasti rakennetulla alueella. (Suomen ympäristökeskus 2013.)

4.3 Huleveden laatu

4.3.1 Ainehuuhtouma

Vakkilaisen ym. (2005, 13) mukaan vuositasolla voidaan todeta, että mitä suurempi kaupunkivuosisadanta on, sitä pienempiä ainepitoisuuksia hulevesistä yleensä löydetään. Kuitenkin ennen kuin hulevettä kirjaimellisesti syntyy, sisältää sadevesi jo itsessään erilaisia aineita. Tämän niin sanotun märkälaskeuman lisäksi ilmasta siirtyy kuivalaskeumaa syntyneisiin hulevesiin. Laskeumat voivat olla peräisin antropogeenisistä lähteistä tai prosesseista, jotka ovat alun perin peräisin luonnosta. (Melanen & Tähtelä 1981, Valtasen ym. 2010, 5 mukaan.)

Hulevesien vierasainehuuhtouman suuruusluokka korreloi suoraan päällystettyjen ja läpäisemättömien pintojen määrän kanssa, ja se on suurimmillaan sateen alettua, jolloin satanut vesi kerää ensivalunnassa pinnoille, esimerkiksi katoille, pihoille ja kaduille kertyneen aineksen mukaansa (Eskola & Tahvonen 2010, 13; Göbel 2006, Valtasen ym. 2010, 5 mukaan). Tätä ilmiötä kutsutaan alkuhuuhtoumaksi. Hulevesien laatu on yleensä huonompi kuivan jakson jälkeen ensimmäisen alkuhuuhtouman aikana kuin sateen keski- ja loppuvaiheessa. (Eskola & Tahvonen 2010, 13.) Huhtouman sisältävät aineet ovat peräisin muun muassa liikenteestä, rakennusten ja teiden korroosiosta ja eroosiosta, eläinten ulosteista, katuroskasta, puiden tippuneista lehdistä, ruohon leikkuujäännöksistä ja ajoneuvojen öljyvuodoista (Butler & Davies 2000, 98 - 99; Eskola & Tahvonen 2010, 13). Tällaisten aineiden huuhtoutumistehokkuuteen vaikuttavat useat eri seikat, kuten esimerkiksi sateen rankkuus eli intensiteetti, sateen kokonaiskesto, veden tavoittamien pintojen materiaaliset ominaisuudet sekä itse hulevettä muodostavan alueen ominaisuudet, kuten korkeussuhdanteet ja pinnanmuodot. (Eskola & Tahvonen 2010, 13.)

4.3.2 Valuma-alueen maankäyttömuoto

Kokonaisuudessaan valuma-alue, josta hulevedet kertyvät, vaikuttaa hulevesien laatuun. Näin ollen valuma-alueen maankäyttömuoto vaikuttaa vierasaineiden esiintymiseen hulevesissä. Esimerkiksi maa- ja metsätalous ovat suurimpia hulevesien yksittäisiä kuormittajia Suomessa unohtamatta kuitenkaan kaupunkialueiden aiheuttamaa hulevesirasitusta. (Eskola & Tahvonen 2010, 13.) Vakkilainen ym. (2005, 8) kuitenkin huomauttavat, että hulevesien laadusta on yleisesti ottaen vaikea löytää suoraan maankäyttömuodoista johtuvia eroavaisuuksia. Hulevedet voivat sisältää monenlaisia aineita, muun muassa orgaanisia ja epäorgaanisia aineita sekä ihmistoimintaperäistä ainesta kuljetus-, kaupallis- ja teollistoiminnan harjoittamisesta (Butler & Davies 2000, 98 - 99; Eskola & Tahvonen 2010, 13). Laatua arvioidessa voidaankin todeta tietynlaisilta alueilta aiheutuvia muutoksia vakiona, mutta silti käytön hetkellinen muuttuminen saattaa vaikuttaa vakiota enemmän. Esimerkiksi toiminta, jota ei tapahdu päivittäin, eikä edes viikottain, aiheuttaa näin pidemmän aikavälin tarkastelussa piikin toiminta-alueella syntyneisiin hulevesiin. Tällainen toiminta voi olla esimerkiksi auton pesu, jolloin auton pelleistä irtoava lika yhdessä pesukemikaalien kanssa aiheuttaa notkahduksen paikallisesti huleveden laatuun. (Eskola & Tahvonen 2010, 13.)

Vakkilaisen ym. (2005, 8) mukaan kaupunkialueiden hulevedet sisältävät haitta-aineita ja jopa myrkkyjä. Kaupunkialueella päästölähteiden lisäksi hulevesien laatua huonontaa vettä puhdistavien mekanismien niukkuus tai mahdollisesti jopa niiden puuttuminen kokonaan (Vakkilainen ym 2005, 13). Lisääntynyt kaupunkirakentaminen kasvattaa suoranaisesti ainakin hulevesien raskasmetalli-, sinkki- ja kuparikuormitusta. Hulevesien sisältämien sinkki- ja kuparipitoisuuksien kasvua onkin tapahtunut viimeisten 50 - 60 vuoden aikana jopa 2 - 4 -kertaisesti aiempaan nähden. Rakennettu ympäristö on myös kuudenneksi suurin typpi- (1,5 %) ja fosforikuormituksen (2,1 %) lähde vastaanottaville vesistöille koko maan mittakaavassa tarkasteltuna. (Vakkilainen ym. 2005, 9.)

Mutta ei ainoastaan rakennetussa ympäristössä, vaan myös tiealueilla ja niiden välittömässä läheisyydessä olevilla alueilla voidaan huomata hulevesien laatua

heikentäviä tekijöitä. Esimerkiksi renkaisiin ja muihin pintoihin tarttunut tiesuola ja -pöly, öljyt sekä vahat muuttavat sataneen veden laatua ja sitä kautta hulevesien laatua. (Eskola & Tahvonen 2010, 13.) Talvipakkasilla tiesuolaus voikin aiheuttaa vuotuisesti moninkertaisen natriumkloridikuormituksen (NaCl) hulevesille suolaustehokkuudesta ja muista ympäristötekijöistä riippuen verrattuna luonnolliseen tilanteeseen (Butler & Davies 2000, 98 - 99). Suolaus on toki tehokas liukkaudenestoaines, mutta samalla riski myös pohjavesille, joten suolausta on monin paikoin Suomessa vähennetty ja yritetty korvata muilla menetelmillä. Maanteiltä ja ajoneuvoista liukenee myös suoraan tai sekundaarisesti hulevesiin huomattavia määriä kiintoainetta, metalleja ja öljyhiilivetyjä. Myös fosforia ja typpeä saattaa esiintyä tiealueiden hulevesissä. (Butler & Davies 2000, 98 - 99; Eskola & Tahvonen 2010, 13.)

Kaikilta osin vierasainepitoisuudet ovatkin lähes kaikkien laatuparametrien osalta huonommat kaupunkialueella kuin luonnontilaisen, metsävaltaisen vertailualueen vastaavat mittaukset. Kaupunkialueen eri osien välillä tapahtuu kuitenkin laadullista vaihtelua, ja jopa yhden tarkastelupisteen huleveden laatu saattaa vaihdella sadeolosuhteiden ja vuodenaikojen mukaan. Hulevesitutkimuksissa on myös todettu, että kaupunkiasukastiheyden kasvaessa hulevesien biologinen hapenkulutus ja kokonaistyppipitoisuus kohoavat sekä fekaalisten koliformien määrä lisääntyy. (Vakkilainen ym. 2005, 13 - 14.) Myös rakentamistoiminta kiihdyttää paljaan maaperän erodoitumista sekä tämän seurauksena kiintoaineen, rakentamisperäisten haitta-aineiden ja muiden aineiden huuhtoutumista hulevesiin (Eskola & Tahvonen 2010, 13).

Yleisesti valmiiden asuinalueiden hulevesistä voidaan löytää fosforin lisäksi myös bakteereja enemmän kuin muilta maankäyttötarkoituksiltaan eriäviltä kaupunkialueilta, joihin kuuluvat teollisuus- ja liikealueet sekä muut rakennetut alueet. Toisaalta asuinalueiden hulevesistä ei löydetä yhtä paljon metalleja ja orgaanista hiiltä kuin muilta rakennetuilta alueilta. Erilaisia asuinalueita tarkasteltessa voidaan löytää eroja hulevesien sisältämistä aineista, esimerkiksi kerrostalovaltaisen asuinalueen kokonaistyppi-, kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuudet sekä kemiallinen hapenkulutus on todettu korkeammiksi kuin pientaloalueella. Toisaalta pientaloalueen hulevesien sähkönjohtavuuden on todettu olevan korkeampi kuin kerrostaloalueella. (Vakkilainen ym. 2005, 9, 13.)

Ihmisen toiminta aiheuttaa, ei ainoastaan hulevesille, vaan kokonaisvaltaisesti koko ympäristölleen kiistatta erilaisia haittoja (Vakkilainen ym. 2005, 13). Siksi jo hulevesisuunnitteluvaiheessa tulee huomioida, mitä aineita hulevesiin saattaa liueta ihmisen eri toimintojen seurauksena (Eskola & Tahvonen 2010, 13).

Muutoksia ennakoivan ja ehkäisevän hulevesisuunnittelun sekä ekologisen kaupunkisuunnittelun kombinaatio on ja tulee olemaan avainasemassa, jotta hulevesien laatua voidaan ohjailla parhaalla mahdollisella tavalla. Määrittelemällä suunnitteluvaiheessa alueen käyttötarkoitus etukäteen voidaan ennakoida mahdollisia haittatekijöitä ja ehkäistä ennalta oletettuja vaikutuksia. Oikeanlaisen hulevesisuunnittelun avulla voidaan vaikkapa vähentää epäpuhtauksia sekä tasata virtaamia, jolloin suunnittelija kohdistaa suunnittelun pääpainon sadannan hallitsemiseen ja arvioi hulevesien laatuun mahdollisesti vaikuttavia toimintoja suunnittelualueella, olivat ne sitten jo olemassa olevia tai suunniteltuja toimintoja. (Eskola & Tahvonen 2010, 13.)

4.3.3 Vuodenaikojen vaihtelu

Sateen vaiheen ja alueen käyttötapojen lisäksi hulevesien laatuun vaikuttavat vuodenajat. Keväällä sulamisvesien laadun kuormituspiikkejä aiheuttavat talven aikana lumipeitteeseen sitoutuneiden haitta-aineiden määrä, kun taas sulan maan aikaan vesien laatuun vaikuttavat maanpinnan ominaisuudet ja siitä veteen liukenevat aineet. Tämän ohella lumen sulamistapa vaikuttaa hulevesien laatuun kaupunkialueella. Kaupunkialueella muuta ympäristöä lämpimämpi pienilmasto voi kiihdyttää lumen sulamista niin, että lumipeite voi sulaa kokonaan tai lähes kokonaan pois useita kertoja talven aikana, toisin kuin kaupunkialueen ulkopuolella. Auratuista lumikasoista lumi voi sulaa kerralla tai muutamien päivien ajan lämpötilan ollessa suotuisa. Sulamisvesi on laadullisesti huonompi suhteessa sulan kauden hulevesien laatuun, koska talvella tapahtunut haitta-aineiden sitoutuminen ja purkaantuminen ei tapahdu tasaisesti. Taajama-alueilla lumen sulamisvesien sisältämät haitta-aineet aiheuttavat jopa puolet kokonaiskuormituksen määrästä. (Eskola & Tahvonen 2010, 13 - 14.)

4.3.4 Hulevesien sisältämien aineiden haittavaikutukset

Eskola ja Tahvonen (2010, 14) erittelevät hulevesien sisältämien aineiden haittavaikutuksia virtavesiin kiintoaineen, orgaanisten yhdisteiden, ravinnepitoisuuden, metallipitoisuuksien, öljyn sekä bakteerien esiintymisen ja lisääntymisen perusteella. Kiintoaine aiheuttaa virtavesien sameutta, jolloin biologinen tuontanto ja biodiversiteetti heikkenevät. Orgaanisten yhdisteiden lisääntyminen ja öljyn esiintyminen virtavesissä taas kuluttaa veden happivarantoja entistä enemmän. Leväkukintoja voidaan löytää virtavesistä, jos veden ravinnepitoisuus on lisääntynyt. Tämä taas häiritsee veden normaalia ekosysteemitoimintaa. Näiden lisäksi vesien metallipitoisuuksien ja bakteerien määrän kasvu aiheuttaa uhkia perusterveydelle. Metallipitoisuuden lisääntyminen johtaa kehityshäiriöiden todennäköiseen syntyyn sekä laskee vastustus- ja lisääntymiskykyä, kun taas bakteerit lisäävät tautivaaraa. (Eskola & Tahvonen 2010, 14.)

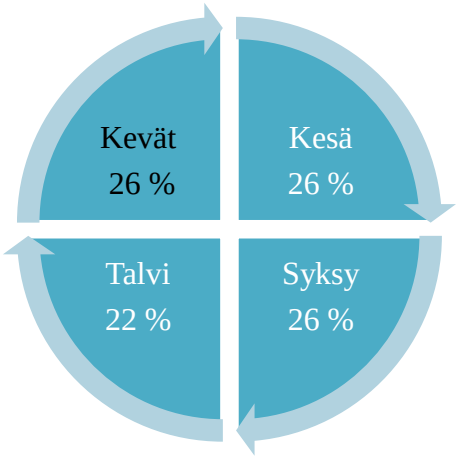
4.4 Huleveden määrä

Hulevesien laadullisten tekijöiden lisäksi tulee tarkastella niiden määrää. Sademäärät vaikuttavat olennaisesti syntyvän huleveden määrään, mutta kuten jo aiemmin on todettu, rakennetulla alueella läpäisemättömien pintojen määrä korreloi muodostuvan huleveden määrän kanssa. Kaupunkialueilla pienetkin sademäärät voivat aiheuttaa virtaamapiikkejä ja tulvia, koska imeytymistä ei pääse tapahtumaan. Yleisesti kaupunkialueen hulevedet käsitellään perinteisellä tavalla johtamalla ne viemäriverkostoon, josta ne kulkeutuvat edelleen vastaanottavaan vesistöön. Melanen (1980) tähdentää, että läpäisemättömien pintojen määrä riippuu olennaisesti valuma-alueen maankäyttömuodosta ja alueen toiminnoista. Esimerkiksi pientaloalueella on suhteellisesti runsaammin yleisiä puistoja, viherkaistaleita ja -alueita tonttipihojen lisäksi kuin vaikka teollisuusalueella. Teollisuusalueella on teollisuustoiminnan vuoksi yleensä paljon läpäisemättömiä pintoja ja tällaiselle alueelle kohdistuu myös paljon liikennerasitusta. (Komulainen 2012, 16 - 17.)

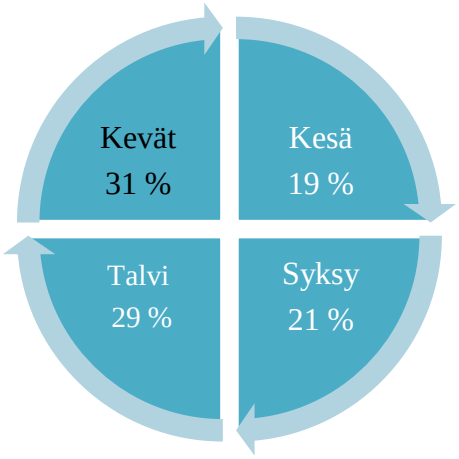
Sateen ohella tulee tarkastella lumen määrää. Sitä on kuitenkin vaikeampi arvioida, koska lumi kerrostuu viimeisimmän lumisadetapahtuman lisäksi myös

aiemmista tapahtumista. Näiden lisäksi lumi saattaa sulaa useita kertoja talven aikana, ja tuuliolosuhteista riippuen lumi saattaa myös kulkeutua muualle ensikerääntymispaikaltaan. Lisäksi kaupunkialueiden kunnallistekniikka ja kiinteistöjen vastuukunnossapitäjät pyrkivät auraamaan, kokoamaan ja lopulta kuljettamaan lumia pois lumenkaatopaikoille, pois kaupunkialueelta jokapäiväisten toimintojen ja liikenteen helpottamiseksi. Tämän takia kaupunkialueiden realistista lumen määrää on hankalaa määritellä. Lumityöt, kelihoitotyö ja lumen kuljetus lumivastaanottokeskuksiin saattavat rokottaa kaupunkien vuosibudjeteista suuria summia runsaslumisina talvina, koska lumityöt ovat välttämättömiä. (Muthanna ym. 2007, Komulaisen 2012, 21 mukaan.)

Keskinen (2012, 60) esittää, että jo kaavoitusvaiheessa on hyvä tehdä tilavarauksia alueella syntyvän lumen lähisiirtopaikoiksi. Lähisiirtopaikkojen varaaminen leikkaa kaupungille koituvia kuljetuskustannuksia ja noudattelee kestävää ajattelutapaa kaupungin toiminnassa. Suurin kuukausivalunta tapahtuu sulannan aikana, joten hulevesiä imeyttäviä viheralueita tarvitaan etenkin keväisin. Selvimmin ero on nähtävissä, kun verrataan pientaloalueen (KUVIO 6) vuodenaikaisvaluntoja kerrostaloalueeseen (KUVIO 5), josta muun muassa kaupunkipienilmaston ja lumen poiskuljettamisen takia ei synny kevätsulannan aikana yhtä paljon hulevesiä kuin harvemmin rakennetulla alueella syntyy (Kotola & Nurminen 2003). Toisaalta taas aiemmin on todettu, että ilmastonmuutoksen vaikutus ohentaa lumipeitettä, lyhentää lumista ajanjaksoa sekä aiheuttaa yleisesti leudompia ja epävakaisempia talvia Etelä- ja Keski-Suomessa. Tästä syystä tilavarausarvioita voi olla vaikea tehdä, eivätkä ne ole välttämättä kaupunkien prioriteettilistalla ensimmäisinä.



KUVIO 5. Kerrostaloalueen valunnan vuodenaikaisjakauma 2001 - 2006 (Kotola & Nurminen 2003)



KUVIO 6. Pientaloalueen valunnan vuodenaikaisjakauma 2001 - 2006 (Kotola & Nurminen 2003)

Valuntakertoimella tarkoitetaan sateen tai sulamisveden muodostavan välittömän valunnan ja tapahtuman sadannan ja sulannan osamäärää. Yleisesti suomalaisilla kaupunkialueilla keskimääräinen valuntakerroin on noin puolet läpäisemättömien pintojen osuudesta. Sade- ja sulamisvedet tuottavat pintavaluntaa nopeammin, ja se voi vaihdella ajallisesti erittäin paljon rakennetussa ympäristössä verrattuna rakentamattomiin alueisiin. Valuntakerrointarkastelussa voidaan todeta rakennettujen alueiden kertoimien vaihtelevan paljonkin samalla alueella.

Valuntakertoimella on todettu olevan suora yhteys tapahtuman sadannan suuruuden kanssa: mitä suurempi on tapahtuman sademäärä, sitä suurempi on myös valuntakerroin. Toisaalta taas alueella, jossa läpäisemätöntä pintaa on runsaasti, voi valuntakerroin olla kohtalaisen suuri, vaikka sademäärä jäisikin pieneksi. Läpäisemättömien pintojen vaikutus pintavaluntaan voidaan nähdä parhaiten kuivan kauden jälkeen, kesäisin ja pienien sadetapahtumien yhteydessä. (Vakkilainen ym. 2005, 8.)

Suomessa toteutetussa RYVE:n neljännessä osahankkeessa on tutkittu kolmea eri tyyppistä, mahdollisimman homogeenistä asuinaluetta Espoossa ja niiden sadanta-valuntatapahtumien valuntakerroineroja. Tutkimuksissa todetaan, että Vallikallion kerrostaloalueella keskimääräinen valuntakerroin on 0,18, Laaksolahden pinetaloalueella 0,04 sekä tutkimushetkellä metsäisellä, vasta urbanisoituvalla alueella Saunalahdenrannassa vain 0,01. Vallikalliossa puolet ja Laaksolahdessa viidennes pinta-alasta on päällystettyä. Vastaavasti Vallikallion asukastiheys oli tutkimushetkellä 12 300 as/km^2 ja Laaksolahdessa vain 2 600 as/km^2, mikä antaa perustelupohjaa väitteelle, jossa asukastiheyden kasvaessa myös valuntakerroin kasvaa. (Vakkilainen ym. 2005, 8, 16 - 17.)

Saman hankkeen toisessa osahankkeessa pintavalunnan arvioidaan olevan 14 - 32 % sadannasta, kun päällystettyjä pintoja on 17 - 24 % kokonaispinta-alasta. Tarkastelun vertailuajanjaksona käytetään ajanjaksoa 1930 - 1950, jolloin päällystetynpinta-alan osuus oli vain 2 - 3 % ja pintavalunnan osuus sadannasta täten myös pienempi 7 - 22 %. Rakentamattomilla ja vähän rakennetuilla alueilla on siis suhteellisesti enemmän läpäiseviä pintoja ja vettä haihduttavaa sekä viivyttävää kasvillisuutta, jolloin maan pinnallinen valunta jää pienemmäksi. (Vakkilainen ym. 2005, 8.)

Ihmisten liikkeet ja muutto maaseudulta pois elinkeinon perässä ovat ohjanneet ihmiset ympäri maailmaa asumaan suuriin asutuskeskittymiin: kaupunkeihin. Suomessakin jo yli 80 % väestöstä asuu taaja-asustusalueilla (Kotola & Nurminen 2003, 16). Suurilla kaupunkialueilla sademäärän on todettu olevan hieman suurempi kuin harva-asutusalueilla. Tämän johtuu sateiden aiheuttamasta veden lisätiivistymisestä ilmassa, turbulenttisistä ilmavirtauksista, jotka taas johtuvat karkeista rakennuksien pintamateriaaleista ja kohonneesta lämpötilasta.

Lämpötilan kohoaminen aiheuttaa ilman konvektion, jossa lämmin ilmamassa nousee ylöspäin ja samalla viileä ilma painuu alaspäin saaden sateen aikaan. (Vakkilainen ym. 2005, 12.) Lisääntyneen sademäärän ohella hyvin tiivis kaupunkien keskustarakentaminen muuttaa hydrologisen kierron tasapainoa, jolloin noin 70 % sadevedestä muuttuu hulevedeksi, kun taas väljästi rakennetuilla alueilla vastaava muutos on vain 10 % (Sänkiaho & Sillanpää 2012, 7).

5 VESIEN SUOJELU JA HULEVESIPOLITIIKKA LAHDESSA

5.1 Hulevedet lainsäädännössä

Monet eri Suomen laeista ja asetuksista sisältävät säädöksiä liittyen hulevesiin. Olennaisimmat hulevesiin liittyvät lait ovat uudistumisvaiheessa oleva vesihuoltolaki (119/2001), maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999), vesilaki (264/1961) sekä ympäristönsuojelulaki (86/2000). Näiden lisäksi hulevesistä säädetään myös EU-tasolla. Vesihuoltolaissa asetetaan kunta velvolliseksi järjestämään vesihuolto kunnan alueella, ja se koskee myös hulevesiviemäröintiä. (Malin ym. 2010, 7.) Vesihuoltoon kuuluvat myös huleveden ja perustusten kuivatusvesien poisjohtaminen ja käsittely (Vesihuoltolaki 119/2001, 10 §).

5.1.1 Vesihuoltolaki

Ennen lakiuudistuksen voimaantuloa vesihuoltolaissa todetaan, että kunnan hyväksymän vesihuoltolaitoksen toiminta-alueen sisällä olevien kiinteistöjen on liityttävä hulevesiverkostoon paitsi, jos alueella ei ole verkostoa tai jos kiinteistön hulevedet ja perustusten kuivatusvedet voidaan hoitaa toisin tavoin korrektisti (Vesihuoltolaki 119/2001, 8 §). Liittämisvelvollinen voi erityistapauksessa hakea vapautusta kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta (Vesihuoltolaki 119/2001, 11 §). Lahdessa ne alueet, jotka tuodaan jätevesiviemäriverkoston piiriin vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella, ovat samalla myös hulevesiviemäröinnin piirissä. Lakiuudistuksella halutaan selkeyttää hulevesiin ja maankuivatukseen liittyvää vastuunjakoa, kun se on aiemmin ollut hajautettuna vesilaitoksen ja kunnan välille. (Malin ym. 2010, 7.) Sen päämääränä on selventää jakoa, miten hulevesien johtaminen ja käsittely erotetaan vesihuollosta, sekä parantaa hulevesien kokonaishallintaa sää- ja vesiolojen äärevöityessä ja päällystettyjen pintojen määrän kasvaessa rakennetussa ympärisössä (Paakkonen 2013).

5.1.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki, vesilaki ja ympäristönsuojelulaki

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 1. pykälän mukaan alueiden käytön suunnittelun ja rakentamisen ohjauksen perustana tulee olla ajatus hyvän

elinympäristön luomisesta. Niiden tulee myös tukea ekologisesti, kulttuurillisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävää kehitystä. Kaavoitustyön täytyy perustua pohjavesien suojeluun, riittäviin pohjatutkimuksiin ja -selvityksiin, joita varten on laadittava suunnittelualueelle hulevesien hallintasuunnitelma. (Malin ym. 2010, 7.) Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 39. pykälän mukaan yleiskaavatasolla tulee esittää vesihuollon järjestäminen. Lisäksi katualueilla tulee menetellä katusuunnitelman mukaista kuivatus- ja sadevesien johtamista (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 85 §, 41 §). Lain 165. pykälässä mainitaan vielä, että maanpinnan luonnollisia korkeussuhteita muutettaessa on huomioitava myös veden luonnollisen kulkusuunnan muuttumisesta aiheutuvia vaikutuksia ja samalla estettävä muokattavan kiinteistön naapureille aiheutuvia haittoja.

Vesilain (587/2011) kolmannen luvun 2. pykälässä mainitaan vesitaloushankkeiden, joilla on vaikutusta muun muassa pohjaveden määrään tai laatuun, olevan luvanvaraisia. Lain viidennessä luvussa käsitellään ojitusasioita, ja luvun 7. pykälässä todetaan myös, että kosteikkoja voidaan hyödyntää vesien käsittelyssä, jos ne karsivat ojituskustannuksia, edistävät tulva- ja ympäristönsuojelua tietyin ehdoin. Järjestäytymättömän yhteisen alueen osakaskunnan hallussa oleva alue on mahdollista myös toteuttaa kosteikkoalueeksi, jos siitä ei aiheudu haittaa alueen muulle käytölle (Vesilaki 587/2011, 5 luku, 7 §). Ympäristönsuojelulain (86/2000) 8. pykälä sisältää pohjaveden pilaamiskiellon ja 7. pykälä maaperän pilaamiskiellon. Lain 28. pykälässä lisäksi todetaan ympäristön pilaantumisvaaraa aiheuttavan toiminnan olevan kiistatta luvanvaraista.

Valtakunnalliset alueiden käyttötavoitteet (VAT) on tarkastettu vuonna 2008 liittyen ilmastonmuutokseen ja sen haasteisiin. Ne ovat osa maankäyttö- ja rakennuslain mukaista alueiden käytön suunnittelujärjestelmää, johon sisältyvät maakuntakaava, yleiskaava ja asemakaava. Valtioneuvoston pohdinnassa on mietitty ilmastonmuutosta hillitseviä toimenpiteitä, tapahtuvien muutoksien hallintaa ja tätä kautta sopeutumiskulttuuria. Hulevesiin liittyen haasteiksi on luettu esimerkiksi lisääntyvät rankkasateet ja taajamatulvat. (Ympäristöministeriö 2009, 7.)

5.1.3 Vesipolitiikan puitedirektiivi ja vesienhoitosuunnitelmat

Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivi (VPD) (2000/60/EY) antaa ohjeistusta vesien ekologisen tilan arviointiin. Jotta direktiivin toteuttaminen on mahdollista, on Suomessa säädetty vesienhoitolaki (1299/2004) (European Comission 2000; Malin ym. 2010, 8.) Lain 1. pykälässä todetaan, että sen perusaatteena on ensisijaisesti suojella, parantaa ja ennallistaa pohja- ja pintavesiä niin, että niiden tila ei pääse heikkenemään ja pysyy ainakin ennallaan vuoteen 2015 asti. Valtioneuvoston asetuksessa vesienhoidon järjestämisestä säädetään vesienhoitosuunnitelman laatimisesta ja siihen kuuluvista selvityksistä sekä vesien tilan seurannasta ja arvioimisesta (Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 1040/2006, 1 §). Pintavesien tilaa arvioidaan portaittain kemiallisen ja ekologisen tilan perusteella ottaen huomioon vesialueen luonnolliset ympäristötekijät ja olosuhteet. Aiemmin luokittelun näkökulmana on ollut veden käyttökelposuusaste ihmisen näkökulmasta. Tämän uuden luokittelun mukainen pintavesien tilan arviointi on toteutettu ensimmäistä kertaa kesäkuussa vuonna 2008. (Malin ym. 2010, 8.)

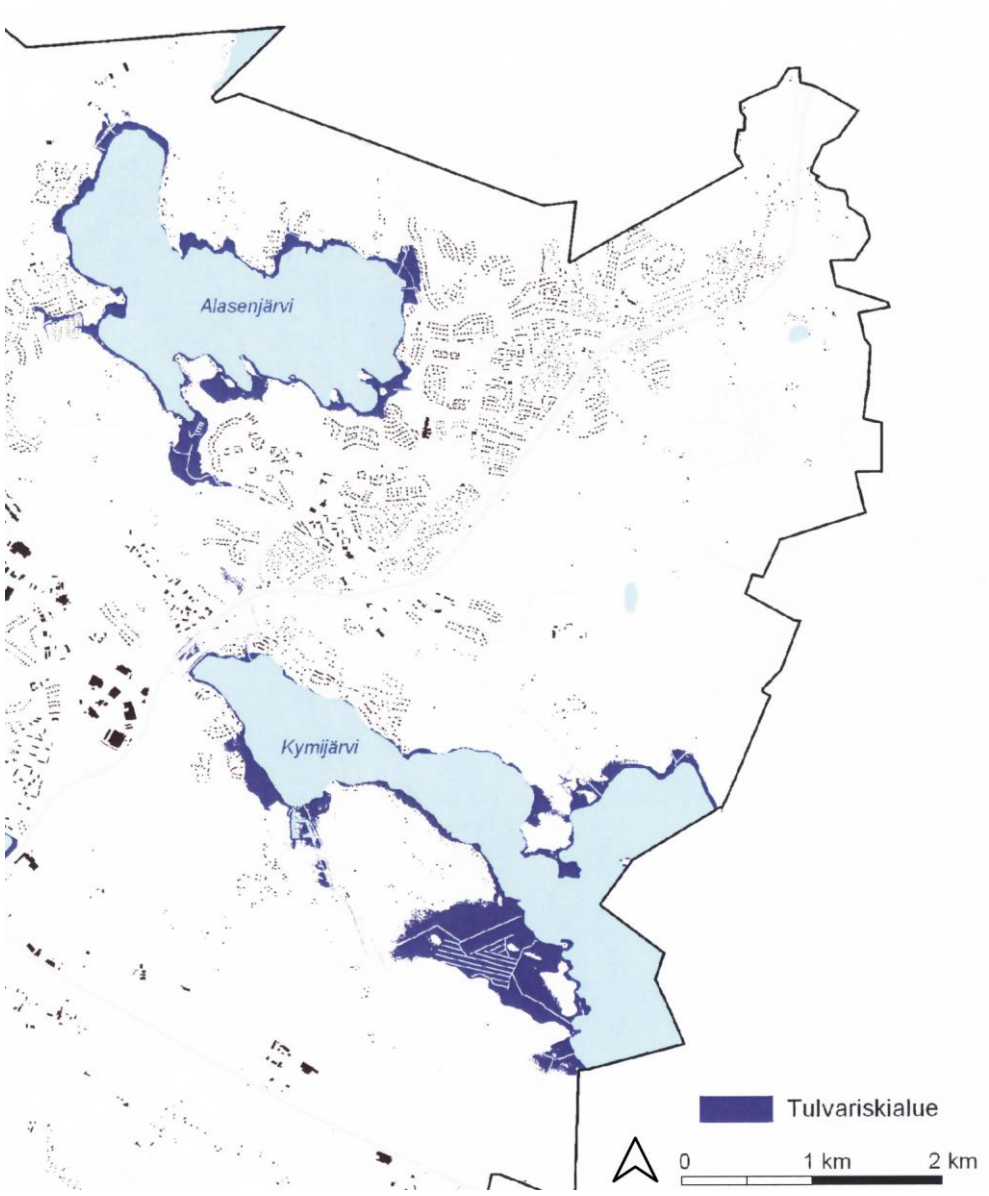
Hämeen ELY-keskuksen vesienhoidon toimenpideohjelma vuoteen 2015 asti (2010) arvioi hulevesien tilaa haitta-aineiden ja ravinnekuormituksen kannalta. Toimenpideohjelma puoltaa vesienhoidon yleisuunnittelua, ja se vaatii uusia, päällystettäviä ja rakennettavia alueita huomioimaan hulevedet. Etenkin kaupunkialueiden sekä teollisuus- ja logistiikkakeskittymien hulevesien hallintaa ja puhdistamistarvetta tulee tarkkailla sekä huomioida enemmän. Luonnonmukaista, valuma-alueprosesseja hyödyntävää ja niin sanotusti kokonaisvaltaista hulevesien hallintaa tulee mahdollisuuksien mukaan hyödyntää muun muassa taajama-alueiden hulevesien käsittelyssä perinteisen putkiviemäröinnin sijasta. Tämä tarkoittaa läpäisemättömien pintojen käytön vähentämistä päällystemateriaalina sekä hulevesien imeytys- ja viivytyskäsittelymenetelmiä maan pinnalla kosteikkojen ja altaiden muodossa. Kun suunnitellaan uusia asuin- tai teollisuusalueita, voidaan hulevesien käsittelyyn hyödyntää erilaisia lammikko- tai imeytysrakenteita, jotka toimivat samalla esteettisenä elementtinä maisemassa ja jotka edesauttavat luonnon monimuotoisuutta. (Hämeen ELY-keskus 2010, Malinin ym. 2010, 8 - 9 mukaan.)

5.1.4 Pohjavesidirektiivi

Direktiivi pohjaveden suojelusta pilaantumiselta ja huononemiselta (2006/118/EY) on vesipolitiikan puitedirektiivin aladirektiivi, jonka päämääränä on spesifioida arviointiperusteet pohjaveden kemialliselle tilalle. Lisäksi direktiivi pyrkii yleisesti torjumaan pohjavesien tilan heikkenemistä kaikkialla sekä ehkäisemään ja estämään pilaavien aineiden kulkeutumista pohjaveteen. Suomessa direktiivi on noteerattu muuttamalla olemassa olevia valtioneuvoston asetuksia vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006) ja vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006), johon lisättiin muutoksena (342/2009) pohjaveden päästökielto tiettyjen aineiden ja aineryhmien osalta. (Malin ym. 2010, 9.)

5.1.5 Tulvadirektiivi

Euroopan unionin direktiivi tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta (2007/60/EY) perustuu tulvista ympäristölle, ihmisen terveydelle, kulttuuriperinnölle ja taloudelliselle toiminnalle aiheutuvien vahinkojen minimoimiseen (European Comission 2007). Direktiivin pohjalta Suomesta lainsäädännöstä löytyy valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta (659/2010) sekä laki tulvariskien hallinnasta (620/2010). Tulvadirektiivi ohjaa jäsenvaltiot arvioimaan ja nimeämään alustavasti alueensa tulvariskialueita vuoteen 2011 mennessä. Käytännössä tämä on kuntien vastuulla Suomessa. Lisäksi voimakkaan riskin alueiden suhteen tulee toteuttaa tulvavaara ja -riskikartat vuoteen 2013 sekä hallintasuunnitelma liittyen tulvariskeihin vuoteen 2015 mennessä. Alueelliset ELY-keskukset ovat velvollisia auttamaan kuntia näiden selvitysten ja töiden toteuttamisessa. (Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010, 19 §, 4 §; Malin ym. 2010, 9.) Lahden kaupungin hulevesiohjelmassa (2010) esitetyistä tulvariskialueista (KUVIO 7) löytyy muun muassa tässä työssä tarkasteltava Kariston rantavyöhyke, Korennonvirran kanava ja Kivipuron kosteikkoalue, joita on käsitelty myöhemmässä pääluvussa 8.



KUVIO 7. Järvien tulvariskialueet veden pinnan noustessa 1,5 metriä (Malin ym. 2010, 48)

5.2 Tämänhetkiset hulevesien hallintamenetelmät

Lahden alueella kuljetetaan hulevesiä hulevesiputkistoissa 375 kilometrin ja ojastossa noin 70 kilomertin matkalla. Silti hulevesistä johdetaan suurin osa suoraan käsittelemättöminä valtaojiin, jokiin ja järviin. Yleiset valtaojat eli avo-ojat ovat huollon osalta sudenkuopassa, koska kunnossapidon vastuunjaossa on ollut epäselvyyttä. Toisaalta taas hulevesiviemärit ovat Lahden alueella

esimerkillisesti huollettu. Koska hulevesijärjestelmät on mitoitettu kerran viiden vuoden aikana toistuvan mitoitussateen mukaan, tätä rankempien sateiden aikaan mitoitus ei ole riitävä, josta aiheutuu tulvimista esimerkiksi kaupunkien keskusta-alueilla tulvareittien puuttumisen takia. Alueen pinta-alan, pinnnanmuodon ja päällystettyjen pintojen määrä on huomioitu kertoimien ja sateen pituuden määrittelyssä. (Malin ym. 2010, 18.)

Keskusta-alueella hulevesiä johdetaan samaan sekaviemäriin jätevesien kanssa, koska ne sisältävät runsaasti lika-aineita, varsinkin alkuhuuhtouman aikana. Erottelemattomina vedet aiheuttavat tulvavaaran sekä kuormittavat puhdistuslaitoksen kapasiteettia ja lisäävät ylimääräisiä kuluja. Huomion arvoisena seikkana voidaan mainita myös hulevesien haitta-ainepitoisuuksien olevan pienempiä verrattuna puhdistusprosessin läpikäyneeseen jäteveteen. Lahdesta löytyy paljon hulevesiverkostoon liittymättömiä kiinteistöjä ja siksi vanhojen alueiden ojien ongelmakohtia tulee selvittää, niiden kuntoa parantaa sekä löytää uusia ratkaisuja veden varastoinnille. Uusien alueiden suunnittelussa onkin ensiarvoisen tärkeää kehittää jo ennakkoon hulevesien viivytys- ja imeytysratkaisuja. (Malin ym. 2010, 18 - 19.)

5.3 Lahden kaupungin visio ja hulevesiohjelma

Lahden kaupunki on sitoutunut toteuttamaan kestävän kehityksen periaatteita kaikessa toiminnassaan. Ihannepäämääränä on saavuttaa houkuttelevan ja elinvoimaisen ympäristökaupungin imago. Kaupungin tavoitteena on luoda ja kehittää asuinviihtyisyyttä, hyvinvointia ja terveyttä edistävää elinympäristöä sekä omalta osaltaan torjua ilmastonmuutoksen edistymistä minimoiden kasvihuonekaasupäästöjä ja optimoiden yhdyskuntarakennetta sekä suojaten ja turvaten pinta- ja pohjavesiä ja niiden laatua. Tämän perusteella on laadittu Lahden kaupungin hulevesiohjelma (2010), jotta pystytään muun muassa saavuttamaan Lahden kaupungin strategian päämääriä. Kaupungin alueella on lukuisia järviä, jotka ovat asukkaiden aktiivisessa virkistyskäytössä ja joita hulevedet samalla kuormittavat huomattavasti. Kaupunki on liittynyt Itämerisitoumukseen luvaten vähentää kaupungin alueella syntyvää kuormitusta, jolla on loppujen lopuksi haitallisia vaikutuksia myös Itämeren tilaan.

Hulevesiohjelmassa esitettyjä toimenpiteitä toteutetaan, jotta Itämereen kohdistuvaa ravinnekuormitusta saadaan vähennettyä. (Malin ym. 2010, 6; Lahden kaupunki 2011.)

Kuten aiemmissa luvuissa on todettu, perinteiset hulevesien käsittelytavat ovat saaneet aikaan moninaisia ongelmia, jotka voivat eskaloitua entisestään ilmastonmuutoksen ja tiiviin rakentamis- ja kaupunkirakennetrendin vuoksi. Nykyisten kuivatusjärjestelmien sudenkuopat ovat esimerkiksi hydrologisen kierron häiriintyminen, vesistöjen kuormitus, maapainumat, hulevesitulvat ja muut putkistojen vastaanottokykyyn ja yleiseen kapasiteettiin liittyvät tekijät. Mainittakoon myös eroosio, virkistyskäyttöhaitat, pohjaveden muodostumiseen ja sitä kautta riittävyyteen liittyvät uhkatekijät sekä laadulliset uhkatekijät. Lahden kaupungin strategian päämäärien saavuttaminen edellyttää todellisia toimenpiteitä, jotta ympäristön tilaa saadaan parannettua. Hulevesien nykyistä paremmat hallintatavat ovat siis yksi tärkeä osa ympäristökaupunki-ideologiaa. (Malin ym. 2010, 6.)

Hulevesiohjelman visiona on halu hallita ja hyödyntää syntyviä hulevesiä edistämään ympäristön ja asukkaiden viihtyisyyttä sekä teknisiä ja taloudellisia tarpeita. Hulevesistä aiheutuvia haittoja asukkaiden terveydelle ja turvallisuudelle, ympäristölle ja kaupungin toimivuudelle osataan ja halutaan ennaltaehkäistä parantaen samalla ympäristön viihtyisyyttä. Hulevesiä voidaan pitää näkyvillä positiivisena resurssina, osana kaupunkikuvaa, jolloin hulevesien käsittelymenetelmät pyritään toteuttamaan teknisesti ja taloudellisesti järkevällä tavalla. (Malin ym. 2010, 20.)

5.3.1 Hulevesiohjelman tavoitteet

Hulevesiohjelman tavoitteena parantaa hulevesien kokonaishallintaa Lahden alueella. Ohjelman taustalta voidaan vahvasti löytää lainsäädännön ohjaus. Ohjelman avulla pyritään edistämään ilmastonmuutoksen aiheuttamien hulevesitulvien torjuntaa ja varmistamaan samalla kuivatuspuoli. Hulevesien laatua pyritään parantamaan, jotta vesistökuormitusta saadaan pienennettyä. Hulevesien laadun paranemisella on suoria vaikutuksia purkuvesistön laatuun, joten hulevesien käsittelyyn tulee käyttää tehokkaampia ja luonnonmukaisempia

menetelmiä kuin mitä perinteisesti on ollut käytössä. Tämän prosessin ohella taataan myös pohjaveden laatu sekä muodostuminen, kun hydrologinen kierto ja sen prosessit ovat balanssissa. Avoimien ja luonnonmukaisten hulevesijärjestelmien olemassa ololla on paljon myönteisiä oheisvaikutuksia muuhun ympäröivään paikallisympäristöön hulevesien käsittelyn lisäksi. Kaupunkiluonnon monimuotoisuutta ja sen arvostusta lisäämällä edistetään viihtyisyyttä mutta myös turvataan harvinaisten ja huomionarvoisten lajistojen sekä luonnonarvojen säilyminen. Jotta hulevesien hallinta on kokonaisvaltaista, täytyy viranomaisyhteistyötä ja informaation kulkua parantaa ja hulevesiin liittyvää toimintamallia kehittää jatkuvasti. (Malin ym. 2010, 22 - 33.)

5.3.2 Hulevesien hallinnan prioriteettijärjestys

Lahden kaupungin hulevesiohjelmassa on esitetty tärkeysjärjestyksessä (kohdat 1 - 4) hulevesille toteutettavia toimenpiteitä (KUVIO 8). Malin ym. (2010, 20) määrittelevat hulevesien käsittelyn lähtökohdaksi niiden synnyn ehkäisemisen. Tämän perusteella voidaan vähentää esimerkiksi taloudellisia kustannuksia ja hulevesistä aiheutuvia rakennusten rakenteiden kosteusvaurioita. Hulevesien määrää voidaan kompensoida ja vähentää imeyttämällä ne jo syntypaikallaan uusien ja rakennettujen tonttien vapailla osilla ja yhteisillä viheralueilla, mikä taas edistää veden kiertokulkua säilyttäen sen mahdollisimman luonnonmukaisena rakennetussa ympäristössä. Niiden syntyä voidaan ehkäistä myös käyttämällä ja hyödyntämällä läpäiseviä päällystemateriaaleja, viher- ja kasvillisuuskattoja sekä luonnonmaastoa. (Malin ym. 2010, 20.)

KUVIO 8. Hulevesien hallinnan prioriteettijärjestys Lahden kaupungin hulevesiohjelmassa (Malin ym. 2010, 20 - 21)

6 LUONNONMUKAINEN HULEVESIEN HALLINTA

6.1 Tavoitteet

Miten luonnonmukaiset hulevesien käsittelymenetelmät eroavat perinteisistä käsittelymenetelmistä? Ahposen (2003, 45) mukaan luonnonmukaisessa hulevesien hallinnassa hyödynnetään luonnon omia hydrologisia prosesseja. Toisin kuin perinteisessä viemäröintikäsittelymenetelmässä, hulevesi on kontaktissa ilman, maan, kasvillisuuden ja mikro-organismien kanssa. Hulevesien laatua parantamalla saatetaan vesi tilaan, joka vastaa mahdollisimman paljon luonnontilaisen veden tilaa. Virtaamahuippuja kompensoidaan viivyttämällä ja varastoimalla vettä esimerkiksi painanteisiin, josta vesi purkaantuu hitaammin eteenpäin. Näin ehkäistään muun muassa vastaanottavan vesistön rantaeroosiota. Vettä voidaan myös imeyttää luonnonmukaisten imeytysrakenteiden avulla, jotta vähennetään suoraan vesistöön kulkeutuvia hulevesiä. Luonnonmukaiset hulevesien käsittelymenetelmät ylläpitävät pohja- ja pintavesivarastoja sekä maakosteuden tasapainoa. Näkyvinä elementteinä hulevesien luonnonmukaiset käsittelymenetelmät palvelevat luonnollisen hydrologisen kierron edistäjinä ja sääntelijöinä. Ne tuovat maisemallista arvoa, lisäävät viihtyisyyttä sekä parantavat muun muassa eläin- ja kasvikunnan (fauna ja flora) monimuotoisuutta. (Ahponen 2003, 45; Suomen kuntaliitto 2012, 21.)

Luonnonmukaisten hulevesijärjestelmien mitoituksessa ei ole käytössä yhtenäisiä mitoitusohjeita, koska järjestelmät ovat aina paikkaansa ja sen ympäristötekijöihin sidonnaisia. Niissä on hyvä kuitenkin käyttää normaalin sadevesiviemäröinnin periaatteita vesimääriä määriteltäessä. Mitoituksessa voidaan käyttää esimerkiksi viiden vuoden välein toistuvaa sadetapahtumaa, joka on kestoltaan 10 minuuttia ja rankkuudeltaan 120 - 130 l/s hehtaaria kohden. Perinteisen sadevesiviemäröinnin mitoituksen ajallinen toistuvuus on hieman pienempi eli 2 - 3 vuotta. (Eskola & Tahvonen 2010, 131.)

6.2 Kasvillisuuden ja maaperän vaikutukset

Kasvillisuudella on tärkeä merkitys hulevesien käsittelyssä. Kasvit haihduttavat vettä pinnoiltaan sekä käyttävät sitä soluhengitykseen ja yhteyttämiseen. Rehevä ja monimuotoinen kasvillisuus viivyttää hulevesiä tehokkaasti, suojaa maaperää ja pintoja veden kuluttavalta vaikutukselta sekä vähentää eroosiota uomastossa. Kasvillisuus lisäksi puhdistaa hulevesiä biologisesti, esimerkiksi pidättämällä ja sitomalla veden sisältämiä ravinteita sekä välillisesti tehostamalla hulevesirakenteissa tapahtuvia fysikaalisia ja kemiallisia puhdistusprosesseja. Kosteikoissa ja biosuodatusalueilla kasvillisuus oheismikrobeineen sitoo ja hyödyntää hulevesissä olevia ravinteita ja haitta-aineksia sekä pidättää kiintoainesta erinomaisesti. (Suomen kuntaliitto 2012, 217.)

Hulevesien hallinnassa maaperä toimii välineenä haitta-aineiden ja ravinteiden suodattamisessa. Maaperän fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet vaikuttavat haitta-aineiden ja ravinteiden pidättymiseen sekä kulkeutumiseen. (Valtanen ym. 2010, 22.) Vesi toimii useimmiten aineiden kuljettajana (Heikkinen 2000, Valtasen ym. 2010, 22 mukaan). Aineita voi haihtua ilmaan veden haihtumisen yhteydessä. Niitä voi liikkua maaperässä veden mukana ja lopulta päätyä pohjaveteen tai ne voivat pidättyä maaperään (Malk ym. 2009, Valtasen ym. 2010, 22 mukaan). Maaperään jouduttaan aineet voivat hajota biologisen tai kemiallisen prosessin seurauksena, tai ne voivat vaihtoehtoisesti kiinnittyä maaperän komponentteihin (Kuusela-Lahtinen & Vahanne 2005, Valtasen ym. 2010, 22 mukaan.)

Karkeat maalajit suodattavat vettä erinomaisesti (TAULUKKO 1). Hiekkamaat ja sitä karkeammat maalajit edesauttavat maaperän vedenläpäisykykyä, jolloin myös pohjaveden pinta on yleensä korkeammalla (Fischer 2003, Valtasen ym. 2010, 22 mukaan). Maaperän tehokas vedenläpäisykyky estää osittain aineiden reagointikykyä maaperän rakenneosien kanssa, jolloin aineiden eteneminen aina pohjaveteen asti on mahdollista. Näin ollen vettä heikosti läpäisevien maalajien osalta haitta-aineiden ominaisuudet tulevat esille selvemmin, kuin karkeissa maalajeissa. (Yoon ym. 2009, Valtasen ym. 2010, 22 - 23 mukaan.)

TAULUKKO 1. Maaperän vedenläpäisykyky ja kapillaarinen nousukorkeus (Uponor 2009, Eskolan & Tahvosen 2010, 90 mukaan)

Maalaji	Vedenläpäisevyys m/s	Kapillaarinen nousukorkeus, m
Hyvin vettä läpäisevät:		
Sora	$19^{-2}...10^{-4}$	< 0,05
Karkea hiekka	$10^{-3}...10^{-4}$	0,03...0,3
Soramoreeni	$0^{-4}...10^{-5}$	1...2
Kohtalaisesti läpäisevät:		
Hieno hiekka	$10^{-4}...10^{-5}$	0,3...3
Karkea siltti	$10^{-4}...10^{-6}$	0.3...4
Hiekkamoreeni	$10^{-5}...10^{-8}$	1...6
Silttimoreeni	$10^{-6}...10^{-8}$	2...6
Läpäisemättömät:		
Hieno siltti	$10^{-6}...10^{-9}$	3...10
Savi	$> 10^{-9}$	> 10

Mitä savipohjaisempi tai humuspitoisempi pohjamaa on, sitä enemmän sillä on kykyä pidättää huleveden sisältämiä ravinteita ja haitta-aineita. Kääntöpuolena voidaan todeta vähäsavisten ja -humuspitoisten pohjamaiden pidätyskyvyn olevan heikompi. Toisaalta taas Ficher (2003) toteaa, että vettä hyvin läpäisevät, karkeat maalajit ja veden tehokas suotautuminen saattavat olla riski maaperän pilaantumiselle ja pohjaveden laadulle, jolloin haitallisten aineiden huuhtoutumisriski pohjaveteen on suurempi kuin savimailla. (Valtanen ym. 2010, 22 - 23.) Savimaiden sisältämät rauta- ja alumiinioksidit sekä humus sitovat hulevesistä, esimerkiksi metalleja ja ravinteita niin sanotun kationinvaihtomekanismin avulla. Maaperässä myös osa typpiyhdisteistä hajoaa denitrifikaatioprosessissa ja poistuu kaasumaisena typpenä tai typpioksidina ilmakehään. (Ahponen 2003, 47 - 48.)

6.3 Luonnonmukaiset käsittelymenetelmät

Malin ym. (2010, 20 - 21) toteavat luonnonmukaisilla hulevesienkäsittelymenetelmillä olevan monia eri tehtäviä samaan aikaan.

Maailmalta löytyy varsin pitkälle kehittyneitä luonnonmukaisia hulevesien hallintametodeja, joiden rakenteet, koko sekä muut seikat ovat pitkälti ympäristönsä ja olosuhteiden sanelemia ja juuri siihen paikkaan suunniteltuja. Parhaimmassa tapauksessa käsittelymenetelmä vastaa luonnontilaista tilannetta, jolloin haitta-aineet, ravinteet sekä kiintoaines suotautuvat ja poistuvat vedestä, veden virtaamahuiput laskevat, viipymä lisääntyy sekä pohja- ja maavesivarastot pysyvät horjumattomina (Ahponen 2003, 45). Komulainen (2012, 25) jaottelee hulevesien laadullisia hallintamenetelmiä seuraavanlaisesti: biosuodatus eli biopidätys, viivytysaltaat, viivytysalueet (kuivumisaika maksimissaan 48 tuntia), nurmipainanteet, viher- tai kasvillisuuskatot, imeytyspainanteet, luontaisen kasvilajiston istutus, läpäisevät päällysteet, sadepuutarhat, kosteikot ja erilaiset varastointimenetelmät. Myöhemmin pääluvussa 10 käsitellään biosuodatusta hulevesien hallintamenetelmänä ja analysoidaan sen tehokkuutta Kytölän case-biosuodatuskohteen osalta.

6.3.1 Johtaminen

Hulevesien johtamisella tarkoitetaan perinteisten sadevesiviemäreiden ja putkiojien sijasta veden johdattamista kasvillisuuden valtaamissa painanteissa tai ojissa tonteilla taikka katualueilla kohti vastaanottavaa vesistöä. Hulevesien kulkiessa painanteita myöden kasvillisuuden lomitse virtaamapiikit pienenevät ja viipymä pitenee. Virtaaman ollessa ihanteellinen kasvillisuus ehtii pidättää vesistä kiintoainetta sekä muita aineita ja osa vesistä imeytyy maaperään. Kasvit ja maaperän mikrobiologinen toiminta saattavat poistaa hulevesien ravinteita ja lika-aineita. Painanteen tulee olla tarpeeksi pitkä, jotta sillä on riittävästi puhdistavia vaikutuksia. Virtaamaa voidaan hidastaa ja veden viipymää pidentää rakentamalla viivytys- ja imeytysaltaita painanteen osaksi. Tiheä kasvillisuuspeite ja uoman poikkileikkauksen epäsäännöllinen muoto edesauttavat virtaaman hidastumista sekä viipymän pidentymistä. Hitaampi virtaama pienentää lisäksi painanteen eroosioriskiä, ja samalla tiheän kasvillisuuden juurakot sitovat maa-ainesta painanteen reunoissa. Painanteet voidaan toteuttaa osaksi puro- ja jokiuomaverkostoa, jolloin ne kokoavat hulevesiä luonnonmukaisella tavalla

yhteen ja liittävät ne vastaanottavaan vesistöön. (Ferguson 1998, Vakkilaisen ym. 2005, 66 mukaan.)

6.3.2 Imeytysmenetelmät

Hulevesien käsittelymenetelmistä imeytysmenetelmät toimivat parhaiten hyvin vettä läpäisevällä maaperällä. Ympäristöministeriön (1998, 6) mukaan sade- ja sulamisvesiä voidaan imeyttää maaperään, jos pohjatutkimuksella voidaan osoittaa maaperän olevan hyvin läpäisevää ja jos rakennukselle, naapuritontille tai muulle ympäristölle ei aiheudu imeyttämisestä haittaa. Pohjamaan tulee silloin myös olla mieluiten hienoa hiekkaa (Ø 0,06 - 2,0 mm) tai karkeaa silttiä (Ø 0,02 - 0,6 mm) (Eskola & Tahvonen 2010, 90).

Hulevesiä voidaan imeyttää monien eri menetelmien avulla maaperään, jos sen laadulliset lähtökohdat ovat kohtalaiset, jolloin maaperän ja pohjaveden pilaantuminen poissuljetaan. Hulevesiä imeytetään biosuodatusrakenteen, muun imeytysrakenteen, luonnonmaaston, hulevesialtaan sekä läpäisevien pintojen tai kiveyskatkojen kautta edelleen maaperään. Imeytyessään maaperän läpi vesi suotautuu ja ainakin osa vedestä voi kulkeutua pohjavesitasolle sekä varastoitua sinne pidemmäksi aikaa. Imeyttäminen edesauttaa myös veden viipymistä, jonka ohella se pienentää tulvahuippuja ja ylläpitää pohjavesivarantoja. (Ferguson 1998, Ahposen 2003, 47 - 48 mukaan.)

Yksinkertaisin imeytysmenetelmä lienee imeyttää vettä nurmipinnoilla. Kun hulevesi kulkeutuu pinnanmuotojen mukaan, suotautuu se kasvillisuuden lomitse, jolloin kasvit pidättävät samalla osan veden sisältämästä kiintoaineksesta. Lopulta maahan imeytyessään maaperän mikrobitoiminta puhdistaa myös vettä. Allasratkaisussa vesi johdetaan maan pinnalla olevaan syvennykseen, jossa vesi imeytyy maahan hiljalleen. Samalla pohjamaa sitoo kiintoainetta, ja painanteen kasvillisuus pidättää huleveden sisältämiä ravinteita sekä pitää pohjan huokoisana imeytymiselle. Kattovesiä voidaan taas imeyttää helposti suoraan viherkattojen avulla. Vedenpitävän aluskerroksen päällä on johtava- ja kasvimattokerros tai maakerros. Viherkattojen toteutuksessa tulee kuitenkin huomioida Suomen ilmasto-olosuhteet ja ilmastonmuutoksen aiheuttama sademäärien kasvu, koska

viherkattorakenteen varastointikyky on pitkän sadekauden aikana marginaalinen. (Larm ym. 1999, Vakkilaisen ym. 2005, 67 mukaan.)

Vakkilainen ym. (2005, 68) mainitsevat lisäksi, että maaperään voidaan rakentaa myös eräänlaisia imeytysrakenteita, joissa karkeamaalaji puhdistaa kaivantoon maan pintakerroksen huokoisen ja läpäisevän pintamateriaalin tai päällysteen lävitse johdettuja hulevesiä. Tästä eteenpäin vesi jatkaa imeytymistä muuhun ympäröivään maaperään ja edelleen pohjaveteen. Rakennnetta kutsutaan imeytysojaksi, jos sinne on asennettu vesien kulkua ohjailevia ja tehostavia aukkoja (Ferguson 1998, Vakkilaisen ym. 2005, 68 mukaan).

Imeytyskomplekseja, kuten esimerkiksi allas- ja ojaratkaisuja, voidaan käyttää yhdessä ja niitä voidaan asettaa peräkkäin, jolloin ne luovat verkostoa tai linjaa ja voivat korvata perinteistä sadevesiviemäröintiä. Hulevesi imeytyy altaasta ensimmäiseksi sora- tai hiekkakaivantoon, josta se imeytyy jälleen maaperään. Altaan täyttyessa salaojaputki johtaa veden ylivuotokaivoon. Jos alueen hulevedet ovat erityisen likaisia, voidaan imeytysrakenteen ympärille asentaa suodatinkangas, joka pidättää kiintoainesta. Tällaiset kuivatusjärjestelmät ovat kasvillisuuden ansiosta esteettisiä, ja ne tuovat vaihtelua ympäristönsä identiteettiin, koska altaiden vesiolosuhteet vaihtelevat sääolosuhteiden mukaan. (König 1996, Vakkilaisen ym. 2005, 68 mukaan.)

Läpäiseviä päällystemateriaaleja ja pintoja voidaan käyttää alueilla, joissa hulevesiä syntyy paljon perinteisen, läpäisemättömän päällysteen käytön takia. Tällaisia alueita voivat olla esimerkiksi hidasliikennekadut ja parkkialueet, joissa rasitus ei vaadi tiivistä asfalttipintaa. (Schueler 1995, Vakkilaisen ym. 2005, 69 mukaan.) Pysäköintialueiden yhteydessä voidaan hyödyntää suodatinkangasta läpäisevän päällystemateriaalin alla, jolloin hulevedet puhdistuvat ravinteista ja kiintoaineesta (Larm ym. 1999, Vakkilaisen ym. 2005, 68 mukaan). Esimerkiksi nurmikiveyksen aukkoihin voidaan asentaa kasvumaata ja istuttaa nurmea, jolloin tasainen pinta saa elävyyttä ja samalla hulevesien laatu kohenee.

6.3.3 Viivytysmenetelmät

Viivyttämisen ideana on, että hulevettä varastoidaan viivytysaltaaseen, jolloin viipymä kasvaa ja virtaamapiikit pienenevät. Jos tilaa on paljon käytettävissä, allas voidaan muotoilla laajaksi ja suhteellisen matalaksi, jolloin se sulautuu paremmin muuhun ympäröivään maisemaan. Yleensä mitoitus toteutetaan toistuvien, pienten sadetapahtumien mukaan, jotta altaan mitat eivät kasva suhteettoman suuriksi. Veden juoksuttamista voidaan säädellä valitulla nopeudella ja sitä säännellään useimmiten patorakenteella. Veden laatu paranee kiintoaineen laskeuttamisella altaan pohjalle, ja huleveden viipymäaika altaassa vaikuttaa olennaisesti kiintoaineen laskeuttamisehokkuuteen. Jotta haluttu puhdistustulos saadaan aikaiseksi, tulee veden viipymisajan olla sama kuin partikkeleiden laskeutumisajan. (Ferguson 1998, Vakkilaisen ym. 2005, 69 - 70 mukaan.)

Altaassa voi olla pysyvä vesimassa jatkuvasti tai se voi tyhjentyä sadetapahtuman jälkeen ulosvirtauskanavan kautta. Pidemmän viipymäajan tuloksena partikkeleiden laskeutuminen jatkuu vielä sadetapahtuman jälkeen, ja hulevesiä puhdistava mikrobiologinen toiminta ehtii pian käynnistyä. Pysyvän veden altaat sopivat paremmin virkistyskäyttöön ja ne ovat maisemallisesti kauniimpia kuin ajoittain tyhjentyvät viivytysaltaat. Jos veden viipymä altaassa on lyhyt, ainoastaan veden sisältämä karkea sedimentti ehtii laskeutua pohjalle asti, jolloin alkuhuuhtoumasta altaaseen kulkeutuvat haitta-aineet eivät ehdi poistua vedestä, ja viivytysaltaan pääasialliset hyödyt ovat minimaaliset. Tyhjässä altaassa sateesta johtuva tulovirtaama saattaa lisäksi nostattaa likaista pohjasedimenttiä altaan pintaosiin uudelleen. (Ferguson 1998, Vakkilaisen ym. 2005, 69 - 70 mukaan.)

6.3.4 Kosteikko

Keinoteikoisen kosteikon ja pysyvän veden viivytysaltaan ero saattaa olla melko häilyvä etenkin, jos viivytysaltaassa on runsas kasvillisuus. Lundberg ja Lindmark (1994) huomauttavat, että kosteikoksi kuitenkin yleensä kutsutaan aluetta, josta löytyy umpeenkasvaneita kasvillisuuskaistaleita ja -saarekkeita. Luonnontilainen kosteikko on ajoittain kauttaaltaan tai ainakin osittain veden peitossa, vesialue on matalaa ja pohjaveden pinta sijaistee lähellä maanpintaa. Luonnontilaisia tai

rakennettuja kosteikkoja voidaan käyttää taajama-alueiden hulevesien ja peltoalueiden valumavesien käsittelyyn. Kosteikon ominaispiirteisiin kuuluvat virtaamapiikkien pienentäminen, viipymän lisääminen, kiintoaineen laskeutus- ja veden mikrobiologinen puhdistamiskyky. Kiintoaineen osalta partikkeleiden laskeutumistehokkuus on riippuvainen viipymän ajasta ja hiukkasten tiheydestä, eli hiukkasmassan suhteesta tilavuuteensa. (Vakkilainen ym. 2005, 70 - 71.)

Kosteikkokasvillisuus edistää osaltaan kiintoaineen laskeutumista, jolloin hiukkaset jäävät kiinni kasvien osiin ja yhteisvaikutuksella muodostavat ne niihin suurempia kiintoaineshiukkasia. Mudostuttuaan tarpeeksi suuriksi kiintoaineshiukkaset laskeutuvat pohjasedimentteihin. Kasvillisuus myös hidastaa virtaamaa ja sitä kautta edistää sedimentaatiota. Lisäksi kasvit ottavat vedestä liukoista typpeä ja fosforia ravinteeksi. Kiintoaineen ohella pidättyy myös muita hiukkasiin sitoutuneita aineita, kuten raskasmetalleja ja fosforia. Kosteikon mikrobitoiminnan tuloksena ammoniumtyppeä (NH4-N) poistuu denitrifikaatio-nitrifikaatioprosessin kautta, kun taas liukoinen fosfori kiinnittyy veden vapaisiin kiintoainehiukkasiin, jotka laskeutuvat edelleen pohjasedimenttiin. (Puustinen ym. 2000, Vakkilaisen ym. 2005, 70 - 71 mukaan.)

7 LUONNONMUKAINEN HULEVESIEN HALLINTA OSANA KAUPUNKISUUNNITTELUA

Hulevesien vaikutuksia voidaan vähentää ilman suuria kustannuksia vaativia rakenteita. Oikenlaisella suunnittelulla voidaan merkittävästi parantaa hulevesien kokonaishallintaa. Luonnonmukaisten hulevesien hallintamenetelmien toteuttamisen ongelmaksi voivat syntyä ihmisten kokemukset ja ennakkoluulot sekä, mihin on perinteisesti totuttu. Ne vaativat ympäristöä välittömästi tai välillisesti käyttäviä ihmisiä muuttamaan aktiviteettejaan, käyttäytymistään ja asenteitaan, eli sopeutumaan. Koska hulevesiä on johdettu perinteisesti maanalaisissa verkostoissa seka- tai erillisviemäröintinä, ei ihmisillä välttämättä ole kokemuksia nähdä vettä luonnollisena osana kaupunkiympäristöä, ja he voivat kokea ajatukset avoimesta hulevesijärjestelmästä jopa vastenmielisenä.

Toisaalta monissa suurissa Keski-Euroopan kaupungeissa, kuten Berliinissä, hulevedet on osattu hyödyntää niin, että ne nostavat ympäristönsä kaupunkikuvallista arvoa, jolloin hulevedet ovat sulautuneet erittäin luonnolliseksi osaksi kaupunkiympäristöä. Innovatiiviset, edustavat ja avoimet hulevesikäsittelyjärjestelmät ovat miljoonakaupungissa monia askeleita edellä Suomen kaupunkien perinteisiin hulevesijärjestelmiin verrattuna. Ne eivät ainoastaan toimi hulevesien hallinnallisena puolena, vaan tuovat luonnon elementtejä keskelle rakennettua ympäristöä sekä lisäävät monipuolisuutta ja esteettisyyttä. Ne lisäksi säästävät kaupunkien yhdyskuntateknisiä infrakuluja, jotka saattavat rokottaa kaupunkien budjeteista suuria summia vuositasolla.

Urbaanien viheralueiden ja luonnonmukaisten hulevesijärjestelmien kehittämisessä on kuitenkin monia haasteita. Erityisesti teiden varsien hulevesijärjestelmäkasvillisuuden tulee kestää kaupunkiympäristön kuormitusta. Kuormitustuotteita ovat esimerkiksi tiesuola, auraus ja kinostus, pöly sekä pakokaasulaskeumat. Maankäyttömuodosta riippuen jotkin käsittelymenetelmät soveltuvat tietyille alueille paremmin kuin toiset. Esimerkiksi pitkähkö biosuodatuslinja soveltuu ominaisuuksiensa puolesta paremmin tiealueiden hulevesien käsittelijäksi kuin vaikkapa allasratkaisu. Maankäyttömuodoltaan eriävillä alueilla syntyykin eri määriä eri laatuisia hulevesiä, jotka vaativat

paikkaansa sopivia hulevesijärjestelmiä. Silti joihinkin olosuhteisiin perinteinen viemäröinti tai perinteisen ja luonnonmukaisen järjestelmän yhdistelmä voi olla paras ratkaisu. Lisäksi luonnonmukaisten hulevesijärjestelmien hulevesien määrän ja laadun hallinnan tehokkuus herättää kysymyksiä. Joissakin tapauksissa mekaaninen hulevesijärjestelmä voi palvella kohdealueen tarpeita jopa paremmin kuin luonnonmukainen järjestelmä.

Luonnonmukaisten hulevesijärjestelmien suunnittelussa tulee huomioida myös vuodenaikasvaihtelut ja taata järjestelmien toimivuus myös talviaikaina. Mainittakoon haasteeksi myös tiivis rakentaminen, joka rajoittaa viheralueiden ja avoimien hulevesijärjestelmien käyttöä sekä asettaa omat haasteensa tilanpuutteen ja ekologisuuden yhteensovittamisessa. Hulevedet voivat aiheuttaa tulvariskin kaupunkialueilla säiden äärevöitymisen ja yleisen sateisuuden lisääntyessä yhdistettynä kaupunkialueiden suureen vettä läpäisemättömään pinta-alaan. Samalla hulevesien mukana kulkeutuu myös paljon kaupunkiympäristöperäistä kiintoainesta, ravinteita sekä haitta-aineita, joita täytyy kyetä vähentämään tehokkaasti ennen hulevesien purkautumista vesistöön.

7.1 Ekologinen ja biologinen merkitys

Ilmastonmuutoksen vaikutukset talvien leutoisuuteen, sateisuuden lisääntymiseen ja sääolosuhteiden äärevöitymiseen asettavat uusia haasteita hulevesien hallintaan, kun tulevaisuuden ilmasto-olot alkavat muistuttaa yhä enemmän Baltian- ja Keski-Euroopan olosuhteita. Hulevesien käsittelyä on ratkaistava siis tulevaisuudessa toisin menetelmin. Luonnonmukaiset hulevesijärjestelmät ovat kapasiteetiltaan tehokkaampia kuin perinteiset viemärirakenteet, ja ne tuovat kaupunkiympäristöön kasvillisuudellaan ja rakenteillaan monipuolisuutta sekä edistävät biodiversiteettiä luoden kasvi- ja eläinkunnalle tärkeää viherkäytäväverkostoa, jotka saattavat tehokkaasti rakennetussa kaupunkiympäristössä puttua osittain tai joillakin alueilla jopa kokonaan.

Viheralueiden kasvi- ja eliölajit hyötyvät toinen toisistaan sekä saavat mahdollisuuden lajirikastuttaa muita alueita ekologisten käytävien kautta. Viheralueet tarjoavat esimerkiksi ravintoa, suojaa ja pesäpaikkoja eläinkunnalle.

Toisaalta vastavuoroisesti eläinkunta toimii apuna kasvien pölytyksessä sekä siementen kujettamisessa eteenpäin. (Jalkanen ym. 2004, 153 - 154.) Viherelementit ja -alueet myös parantavat pienilmastoa sitoen epäpuhtauksia ja tuottaen happea, vaikuttavat tuulioloihin suotuisasti, suojaavat maanpintaa eroosiolta, säätelevät ja ylläpitävät pohjaveden tasoa, lisäävät luonnon monimuotoisuutta sekä ehkäisevät ympäristöhaittoja (Järvenpään kaupunki 2009, 9). Niiden merkittävyys lisääntyy suhteellisen koon kasvaessa, jolloin koko ja muoto vaikuttavat viheralueen ekologisen sisällön rikkauteen: mitä suurempi ja neliömäisempi alue, sitä moninaisempana sisältö voi säilyä (Jalkanen ym. 2004, 153).

Käytännön esimerkkinä voidaan esitellä Lahden Kariston puutarhakaupunginosaa. Kariston hulevesijärjestelmien suunnittelussa on tavoiteltu alueen virkistys- ja kaupunkikuvallisarvon sekä biodiversiteetin eheyttämistä ja lisäämistä ympäristön luontaisia elementtejä hyödyntäen. Kivipuron luonnonmukainen hulevesijärjestelmä luo ikään kuin jatkumon Kymijärven sekä Korennonvirranojan rakennetulle kanavalle, tuoden vesiaiheen mukanaan asuinalueen sisälle. Järjestelmään linkitetyt luonnonmukaiset imeytyspainanteet ja -altaat yläjuoksuilla ja niistä edelleen mutkittelevat purot johtavat hulevesiä asuntoalueiden lomassa kohti Kivipuron hulevesiallasta ja kosteikkoa. Hulevesikosteikot ja tulvatasanteet voivat tarjota linnuille tärkeitä ruokailu- ja levähdyspaikkoja sekä vesi- ja rantakasvillisuudelle hyvät kasvuolosuhteet vesiolojensa sekä usein myös valoisuusolojensa puolesta (Aalto-yliopisto 2013b).

7.2 Humaani merkitys

Kasvillisuudella ja muilla luonnonaiheilla, kuten vedellä, on todettu olevan monia positiivisia ympäristöpsykologisia vaikutuksia ihmismielelle rauhoittaen ja rentouttaen (Jalkanen ym. 2004, 154). Urbaanin ympäristön ja tiiviin rakentamistrendin nopean kehittymisen sivuvaikutuksena monella ihmisellä on tarve päästä luontoon tai osaksi luontoa, ja nämä vaistot voivat kummuta primitiivisinä alitajunnasta. Kaupunkiviheralueilla ja veden läsnäololla on välittömiä sekä välillisiä vaikutuksia, esimerkiksi alueen asukkaisiin sekä alueeseen sitoutumattomiin käyttäjäryhmiin, kuten työmatkalaisiin ja

lenkkeilijöihin (Jalkanen ym. 2004, 154; Järvenpään kaupunki 2009, 9). Hulevesijärjestelmien ympäröivät viheralueet puhdistavat paikallista pienilmastoa ja tekevät kaupunkiympäristöstä terveellisemmän, mistä on etua etenkin seudullisesti että asutusalueiden läheisyydessä (Jalkanen ym. 2004, 153). Viheralueet myös kannustavat ihmisiä eri väestö- ja ikäryhmistä kanssakäymisiin, jolloin viheralueiden merkitys sosiaalisessa mielessä kasvaa ja lähiympäristön yhteisöllisyys tiivistyy (Järvenpään kaupunki 2009, 9).

7.3 Luonnollisen habitaatin säilyminen

Jotta kaupunkiympäristöä pystytään kehittämään luonnonmukaiseen suuntaan, tulee myös huomioida vallitsevat luonnonpiirteet. Viheralueilla ja avoimilla hulevesijärjestelmillä voidaan pyrkiä säilyttämään maiseman luonnonpiirteitä: kasvillisuutta, korkeusvaihteluita ja muita luonnon omia elementtejä mahdollisuuksien mukaan. Uudet istutukset esimerkiksi pihoilla, kadun varsilla ja puistoissa sekä maisemanhoitotoimet vaikuttavat osaltaan kaupunkiluonnon moninaisuuteen. (Jalkanen ym. 2004, 153.) Esimerkiksi kadunvartisen katkeamattoman biosuodatusrakennelinjan lomaan voidaan suunnitella ja istuttaa paikallisia ilmasto-olosuhteita, kosteutta sekä tienkäytön kestävää luonnonvaraista kasvillisuutta niin, että ne toimivat puhdistushyötykäytön lisäksi ympäristöä elävöittävänä viherkaistana. Näin voidaan myös osaltaan parantaa luonnonkasvillisuuden säilymismahdollisuuksia tulevaisuudessa.

Monimuotoisuuden osalta on tärkeää, että rakennetun sekä luonnonympäristön välissä on ekotoni, joka osaltaan takaa tasapainoa ihmisen rakentaman sekä luonnonympäristön välille (Soini 2009, 18 - 19). Myös paikallisten materiaalien käyttö lisää ekologisuutta, kuten kaivetun maa- tai kiviaineksen hyötykäyttö viheralueen uusiorakentamisessa tai vanhan kunnostuksessa. Tästä hyvänä esimerkkinä Karistosta löytyy loivia maisemoituja kumpareita, joiden maanrakennusaineksena on hyödynnetty hulevesialtaiden kaivumaita läjityksin, kuitenkaan rikkomatta alkuperäista maisemarakennetta (Pöyry Infra Oy 2006). Urbaanissa ympäristössä luonnonmukaisen kasvillisuuden ja alempien hoitoluokkien viheralueiden hyödyntäminen voivat tuoda säästöjä hoitokuluissa ja samalla parhaassa tapauksessa edistää viheralueen rikkautta (Soini 2009, 15).

Kaupunkipurojen luonnolliset kulkusuunnat, penkereet, meanderoinnit ja korkeusvaihtelut tulee säilyttää mahdollisimman luonnonmukaisina ilman perkaamista tai uudelleenojittamista. Joskin näitä habitaatteja on turmeltu asutuksen ja käytännöllisyyden tieltä, mutta näissä tapauksissa myös kunnostustoimenpiteet ovat ensiarvoisen tärkeitä, ja monin paikoin kaivettuihin ojauomiin onkin onneksi palautettu mutkitteleva muoto sekä epäsäännöllinen pohjarakenne. Nämä luonnolliset rakenteet takaavat vesi- ja rantakasvillisuudelle sekä eliölajeille oikeanlaisen habitaatin, jossa on luonnollista vaihtelevuutta, ravintoa, suojaa sekä lisääntymispaikkoja. (Niemelä ym. 2004, 72.)

7.4 Hulevedet kaupunkisuunnittelussa

Hulevesisuunnittelussa valuma-aluetarkastelu on ensiarvoisen tärkeää. Vesien luonnollisia kulkusuuntia voidaan myös hyödyntää toteuttamalla tulvatasanne, kosteikko tai imeytysallas, jonne vesi luonnollisesti virtaa. Tärkeää on myös huolehtia tarvittavista suojavyöhykkeistä. Tällaisia hulevesien imeytys- tai viivytyspaikkoja voivat olla esimerkiksi viheralueet, harjanteiden juuret tai laaksoumien pohjat. Näkyvät vesipinnat, kosteikot, lammet, biosuodatusalueet, purot ja painanteet kosteikkokasveineen lisäävät puistojen, pihojen ja viheralueiden viihtyisyyttä ja luovat alueille paikallista identiteettiä. Hulevesirakenteet oikein suunniteltuina, toteutettuina ja hoidettuina voivat olla esteettisesti ja kaupunkikuvallisesti hyvinkin korkeatasoisia. Suunnittelussa on hyvä kohdata myös vuodenaikojen aiheuttamat kuormitukset, esimerkiksi keväällä lumen sulamisaikana sekä kinostuspaikoilla. (Suomen kuntaliitto 2012, 217.)

Kaupunkialueiden hulevesisuunnittelussa tulee ensisijaisesti huomioida hydrologisten muutosten kompensointi. Muutoksia voidaan kompensoida esimerkiksi hyödyntämällä imeytysmenetelmiä pääteiden varsilla, imeytys- ja viivytysmenetelmiä viher- ja asuinalueilla sekä käsittelemällä hulevesiä ennen niiden purkaantumista vastaanottavaan vesistöön niin sanotuilla hallituilla tulva-alueilla, joihin kuuluvat esimerkiksi kosteikot tulvaniittyineen. Kaupunkialueiden hulevesiä voidaan imeyttää paikallisesti muun muassa pientaloalueilla painanteissa ja kerrostaloalueiden pihoilla niin, ettei rakennusten perustuksille aiheudu kosteusongelmia. Jo suunnitteluvaiheessa tulee huomioida riittävät

suojaetäisyydet. Hulevesien imeyttämistä on mahdollista hyödyntää myös katualueiden suojavihervyöhykkeillä reunakiveyskatkoksien, luiskien ja painanteiden avulla. Tie- ja katualueilla hulevedet saattavat sisältää paljon haitallisia aineita, kuten suolan liuottamia metalleja, liikenteen myrkkyjä, katuainesta ja hiekkaa, etenkin alkuhuuhtouman aikana, joten niiden paikallinen ja välitön käsittely voi ratkaista sekä hulevesien määrällisiä että laadullisia ongelmia. (Jormola 2005.)

Asuinalueiden kattovedet sisältävät lähinnä laskeumaperäisiä aineita niiden ollessa muilta osin melko puhtaita. Sade- ja kattovedet saattavat huuhtoa maahan tullessaan mukanaan koirien jätöksiä ja muita aineita, jotka huonontavat hulevesien laatua, jolloin esimerkiksi vesien viivyttäminen vesiaiheeksi muovatussa altaassa saa veden sisältämää kiintoainesta laskeutettua, mikrobiologista toimintaa aktivoitua sekä virtaamahuippuja pienennettyä. Piha-alueiden hulevesijärjestelmät tulee suunnitella niin, etteivät ne häiritse pihalla tapahtuvia toimintoja tai niiden rakenteet ja toimivuus eivät kärsi vuodenaikojen vaihdellessa. Ideaalitilanteessa esimerkiksi järjestelmien virtausreitit ovat auki myös talvella. Suunnittelussa tulee noteerata etenkin hiekoitushiekan ja lumen kulkeutumismahdollisuudet ja vaikutukset järjestelmiin. (Jormola 2005.)

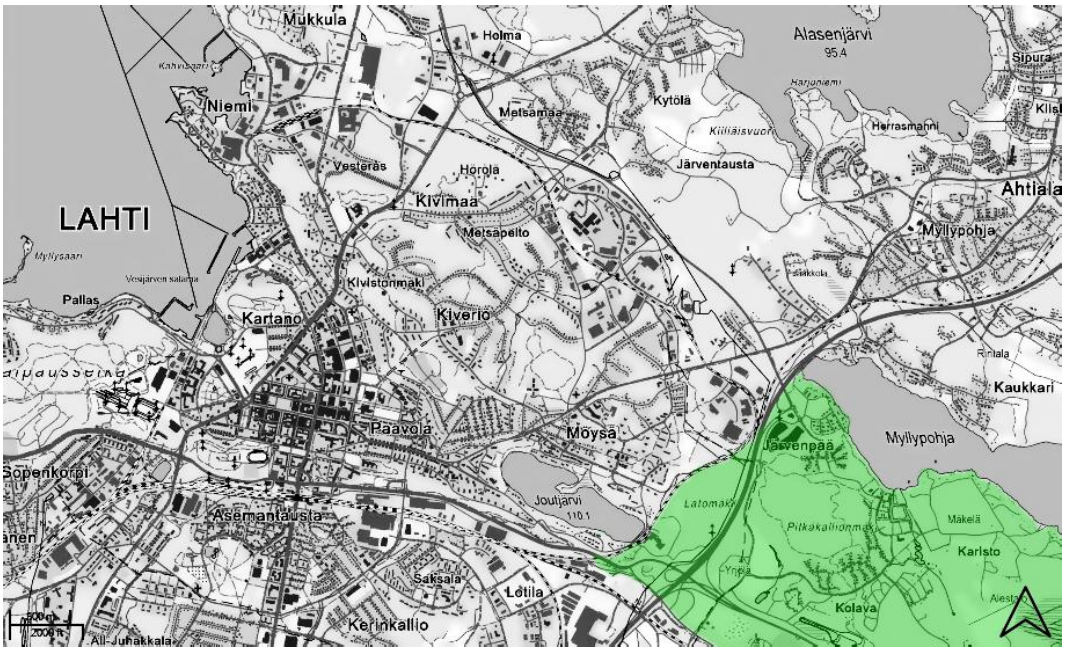
Avoimiin hulevesijärjestelmiin voi kohdistua myös sabotaasia, jos ne sijaitsevat paikoissa, joissa ihmisiä liikkuu paljon. Vesiaiheet tuovat elävyyttä kaupunkiympäristöön, mutta samalla voivat oheisvaikutuksena lisätä kunnossapidon kustannuksia, vaikka toisaalta vähentävätkin infrakuluja. Jormola (2005) esittää, että parhaimmillaan hulevesiaiheet tuovat kaupunkiympäristöön urbaania ekologiaa. Niitä voidaan muotoilla taiteen, esimerkiksi vesisymboliikan avulla mielenkiintoisiksi ja elämyksellisiksi niin, että ne ovat edustavia kuivinakin aikoina. Myös purouomia voidaan reunustaa edustaviksi esimerkiksi istutuksin, kiveyksin ja ympäristöön istuvin kaideratkaisuin. Pienet ylikulkusillat laajentavat kulkuverkostoa ja tuovat idylliä puromaisemaan. Toisaalta purot vaativat tällaisessa ympäristössä eroosiosuojaa sekä tulvatasausominaisuuksia, kuten tulvatasanteita. Jopa arvokalat voivat menestyä kaupunkipurojen alivirtaamauomastoissa, jos habitaatti on monimuotoinen ja vesiolosuhteet ovat vakaat.

Perinteisessä kaupunkisuunnittelussa kaikki rantamaat, joita on mahdollisia hyödyntää, ovat jo käytössä. Luonnollisia kosteikkoympäristöjä, esimerkiksi merenlahdissa, on rakennettu täyttömaiden varaan ja paikallinen vesiympäristön monimuotoisuus tuhottu. Näitä ympäristöjä täytyy pyrkiä palauttamaan ennalleen, koska ne ovat käytännössä katsoen viimeisiä huleveden puhdistumispaikkoja ennen veden purkaantumista vastaanottavaan vesistöön. Lisäksi niillä on rantaeroosiota pienentäviä vaikutuksia. (Jormola 2005.)

8 LUONNONMUKAINEN HULEVESIEN HALLINTA KARISTOSSA

8.1 Kariston sijainti

Karisto sijaitsee länsiosiltaan noin neljän ja itäosiltaan kahdeksan kilometrin etäisyydellä keskustasta idän suuntaan liittyen lounais- ja luoteisosiltaan teiden solmukohtiin. Alueen saavutettavuus on asukkaan kannalta mainio. Valtatiet 12 ja 4 sivuavat Karistoa etelässä sekä lännessä ja pohjoisessa alue rajautuu Kymijärven rantaan (KUVIO 9).



KUVIO 9. Kariston sijainti (muokattu lähteestä Maanmittauslaitos 2013)

8.2 Asuinaluekehitys

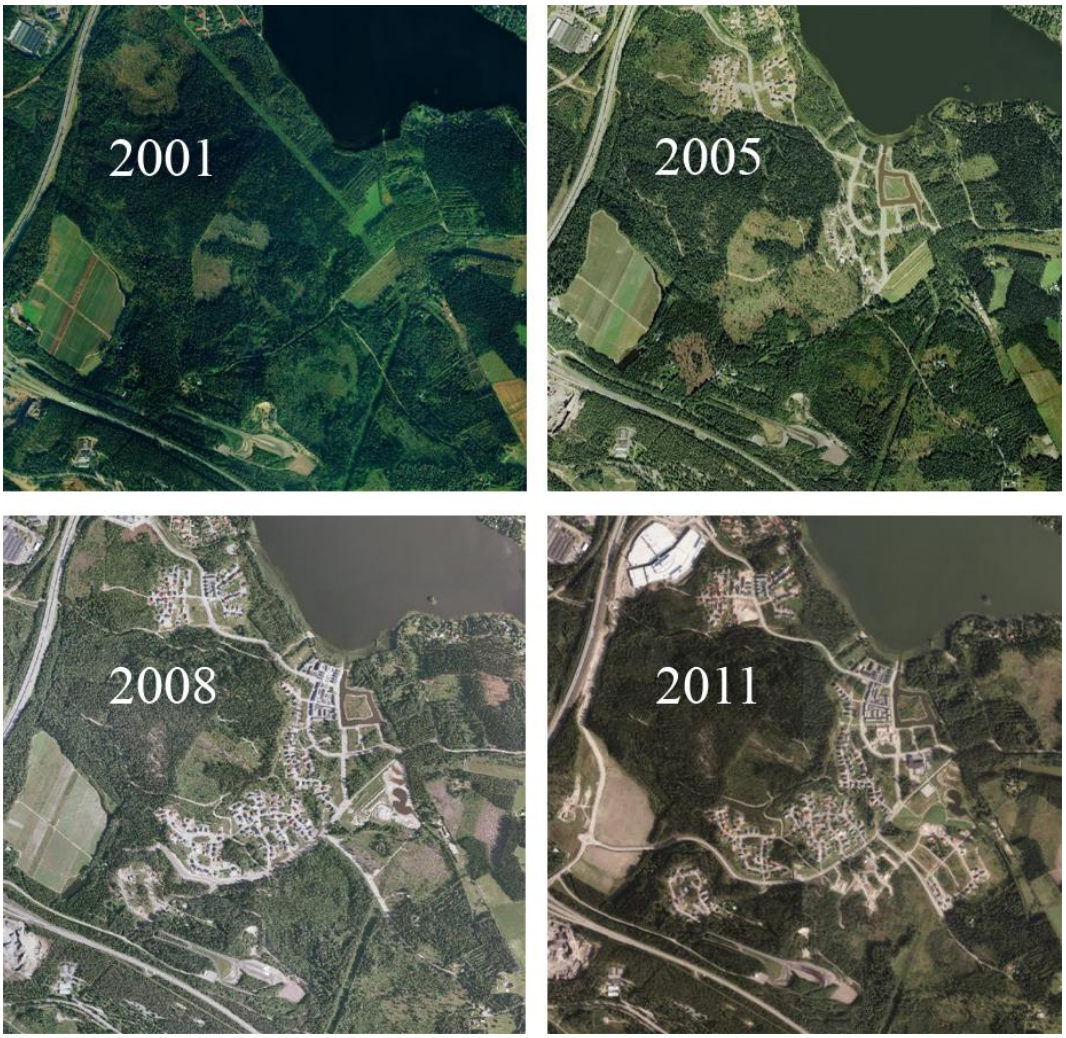
Alunperin Kariston suunnittelutarve syntyi, kun Lahden kaupungilla oli tarve rakentaa uusi, suurehkon kokoinen asuinalue omine palveluineen. Alueen vetovoimaisuutta lisäävät esimerkiksi Lahti–Helsinki-oikorata, hyvät tieyhteydet, luonnon sekä Kymijärven välitön läheisyys. Lisäksi Karisto ei ole yleinen

läpikulkualue eri tieyhteyksien välillä, joten ylimääräistä liikennettä on vähän, mikä lisää esimerkiksi lapsien turvallisuutta. Ennen rakentamisen aloittamista Karisto on ollut korkean kehittämis- ja rakentamispotentiaalinsa ansioista niin sanotusti reservialuetta, koska suurin osa kaupungin rakentamiskelpoisista maa-alueista on jo käytössä (Wallenius 2007, 47).

Karisto on liitetty Lahden kaupunkiin alueliitosten yhteydessä vuosina 1933 ja 1956. Ennen Kariston uuden asuinalueen rakentamista alueen rakennuskanta koostui 1920 - 1950-luvuilla rakennetuista asuinrakennuksista, ja vuoden 1998 väestötietojen mukaan asukkaita oli vain 125 henkeä. Vanhat rakennukset ovat sijoittuneet nauhamaisesti Kankaanpäänkadun varrelle sekä ryppäänä Karistonmäelle. Lisäksi Kymijärven rannalle on sijoittunut vapaa-ajan asuntoja noin 2,5 kilometrin matkalle. (Rope 2000, Walleniuksen 2007, 49 mukaan.)

Uutta Karistoa on alettu rakentamaan vuonna 2003, ja alueelta löytyy myös omat julkiset ja kaupalliset palvelut, joka edistää alueen vetovoimaisuutta. Sen onkin kokonaisuudessaan valmistuttuaan arvioitu saavuttavan lähes 10 000 asukasta 850 hehtaarin alueella valtatie 4 itä- ja valtatie 12 pohjoispuolella. Karisto tunnetaan tuoreena puutarhakaupunginosana, ja sen rakennuskanta koostuu alle kolmikerroksisia suurehkoista omakotitaloista, pienkerrostaloista, rivitaloista ja kaupunkipientaloista. Tontit ovat suhteellisen pieniä ja kaavoituksella tiiviisti rykelmöity, jolloin asuinaluekokonaisuuksien väliin jää runsaasti viheralueita (KUVA 1). Karisto elää nyt murrosaikaansa. Alueen on arvioitu valmistuvan kokonaisuudessaan vasta vuosikymmenen kuluttua (Lahti Region 2013a). Ilmakuvakokoelmasta voidaan nähdä Kariston kehittyminen 2000-luvun alusta lähtien (KUVA 2). Karistoa on alettu rakentamaan Järvenpään ja Rantakylän alueista luoteis- ja pohjoisosissa, joiden jälkeen on toteutettu Aurinkorinteen rinneasuntoalue.

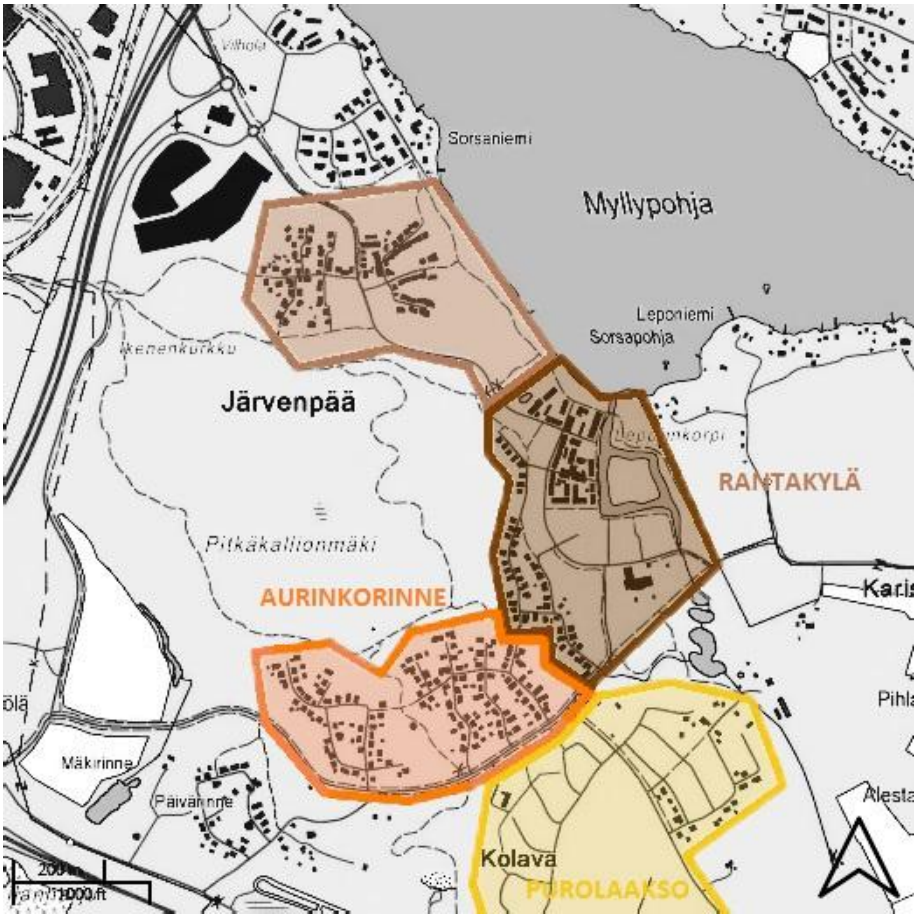
KUVA 1. Kuvakollaasi - näkymiä Karistossa



KUVA 2. Kariston rakennekehitys 2001 - 2011 (muokattu lähteestä Lahden kaupunki 2013a)

Karisto koostuu useista pienemmistä asuntoaluekokonaisuuksista, jotka ovat luonteeltaan erilaisia (KUVIO 10). Aurinkorinne, Rantakylä ja Järvenpää ovat Kariston sisäisistä pienalueista valmiita tai lähes valmiita alueita, joista saattaa löytyä vain muutamia vielä toteutusvaiheessa olevia rakennuksia. Purolaaksossa sen sijaan rakennetaan edelleen, ja alueelta löytyykin sekä asutettuja että vasta runkorakennusvaiheessa olevia asuttamattomia rakennuksia. Tämän perusteella voidaan todeta Purolaakson alueelta syntyvien hulevesien kuljettavan mukanaan rakennusalueilta liukenevia aineita sekä maa-ainesta enemmän kuin muiden valmiiden alueiden hulevedet. Jyrkimpien etelänpuoleisten rinteiden (KUVIO 11)

kohdalla erodoituminen voi olla voimakkaampaa, jos paljasta maa-ainespintaa on paljon sateiden armoilla.



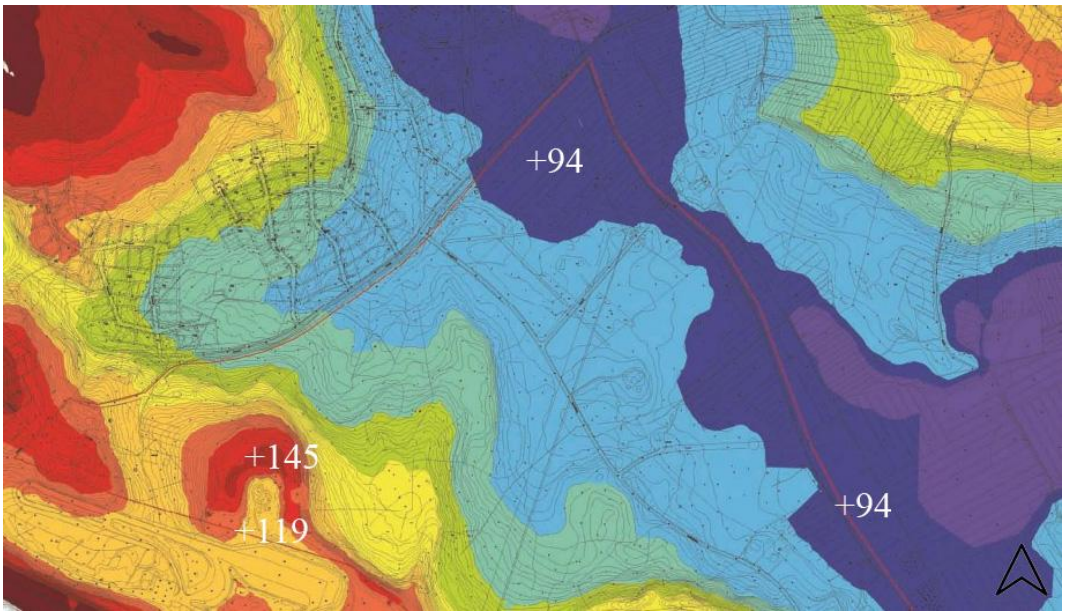
KUVIO 10. Kariston ydinrakenne (muokattu lähteestä Maanmittauslaitos 2013)

8.3 Ympäristö

8.3.1 Topografia

Topografisessa maastonpintamallissa jyrkimmät rinteet voidaan nähdä tiheinä viivastoina, joissa korkeuseroja ilmentävät värit ovat tummempia (KUVIO 11). Pintamallin väripinnat ovat viiden metrin välein, tummin punaruskea on 130 metristä ylöspäin, kun alavimmat alueet ovat sinisiä. Kuviosta nähdään myös

sorakuoppaa kiertävän harjun lakijäänne ja kuopan korkeussuhteet (laki +145 ja pohja +119). Korkeudet on esitetty suhteessa merenpinnan korkeuteen nähden. Kuvion esitys ei ole mittakaavassa. (Lahden kaupunki & Pöyry Infra Oy 2005.)



KUVIO 11. Topografinen maaston pintamalli (Lahden kaupunki & Pöyry Infra Oy 2005)

8.3.2 Maaperä

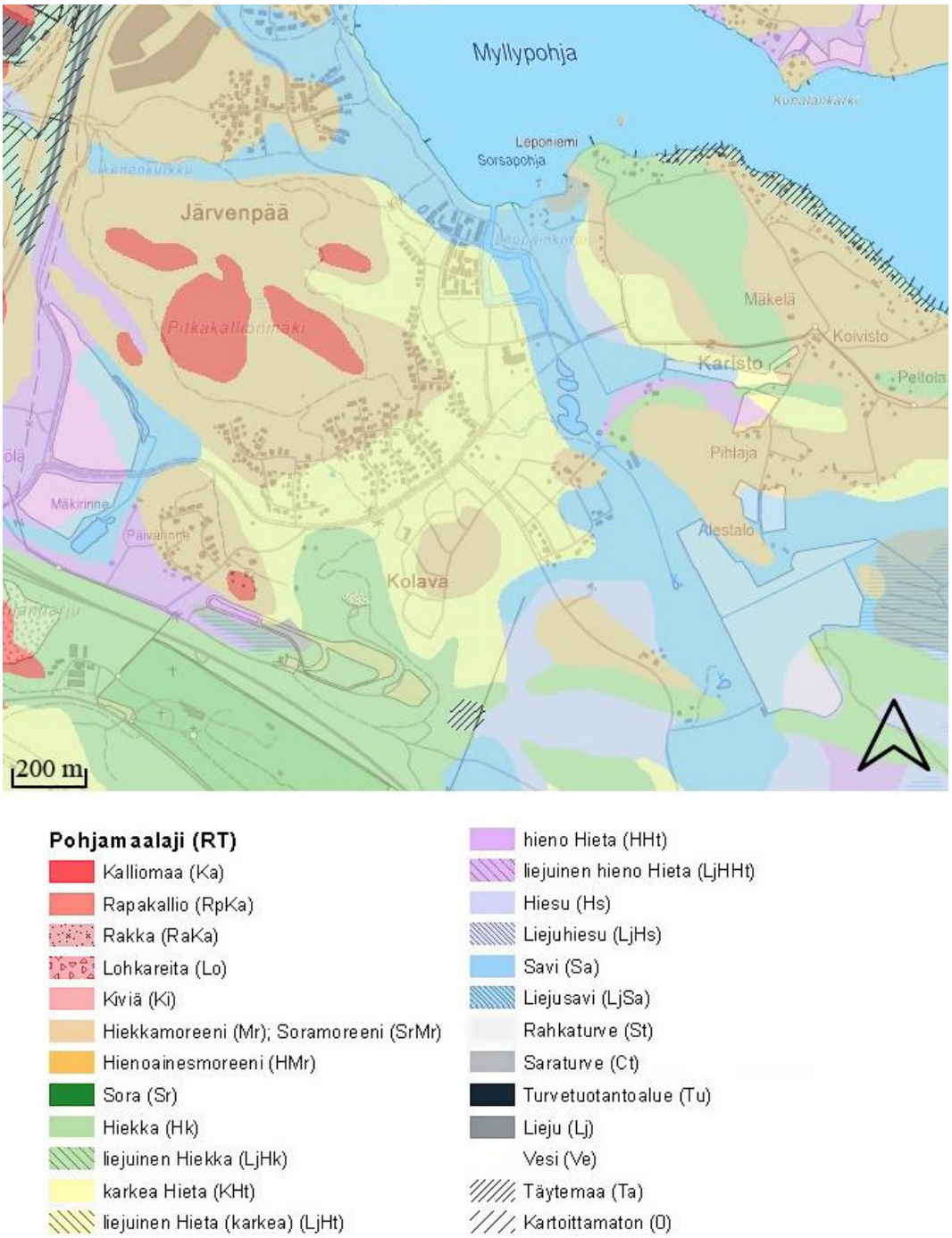
Kariston alueen maalajit noudattelevat melko sujuvasti topografisia piirteitä. Esimerkiksi maaperäkartasta (KUVIO 12) voidaan havaita kalliomaiden ja karkeampien maalajien, kuten hiekkamoreenin tai soramoreenin ja hiekan noudattelevan maaston mallipinnan (KUVIO 11) korkeimpia kohtia, kun taas alavimmilla mailla esiintyy savea ja karkeaa hietaa. Soramoreeni ja karkea hiekka läpäisevät vettä tehokkaammin kuin hiekkamoreeni ja hieno hiekka, kun taas savimaat eivät läpäise laisinkaan (TAULUKKO 1).

Kariston perinteiset viljelyalueet ovat sijainneet alueen itä- ja keskiosien alavilla savimailla. Kosteikkokäsittelymenetelmät ovat otollisia toteuttaa savimaille,

joihin vesi seisahtuu luonnostaan (KUVA 3). Kivipuron kosteikko sijaitsee savi- ja silttimailla, jotka ulottuvat osapuilleen 8 - 16 metrin syvyyteen ja joiden alla esiintyy hiekkaa ja soraa. (Pöyry Infra Oy 2006.)

KUVA 3. Seisahtunut vesi savimaan painautumissa Karistossa (Lahden kaupunki 2013c)

Rakentamisen kannalta karkeiden, hyvin läpäisevien pohjamaalajien alueet ovat parhaita kantavuuden, routimattomuuden ja vesien imeyttämisen osalta. Uuden Kariston asuinalueet sijoittuvat hiekkamoreeni-, soramoreeni- tai karkeiden hietamaiden alueille sekä pieni osa rakennuksia myös savimaille lähelle rantaa Järvenpäässä ja Rantakylässä. Karistonmäen potentiaalisia hiekkamaita ei ole vielä hyödynnetty rakentamiseen muuta kuin vanhan vapaa-ajan asutuksen osalta rantaviivan tuntumassa. Kariston länsipuoli on vielä rakentamatonta peltoaluetta. Alueella sijaitsee liittymäkohta Karistoon, ja kiertoliittymästä voidaan ajaa kauppakeskukseen suuntaan tai itään syvemmälle Karistoon. Maaperäkartan mukaan (KUVIO 12) rakentamattomat peltomaat ovat savea ja hienoa hietaa.



KUVIO 12. Ote maaperäkartasta (Paikkatietoikkuna 2013a)

8.3.3 Luonto ja maisema

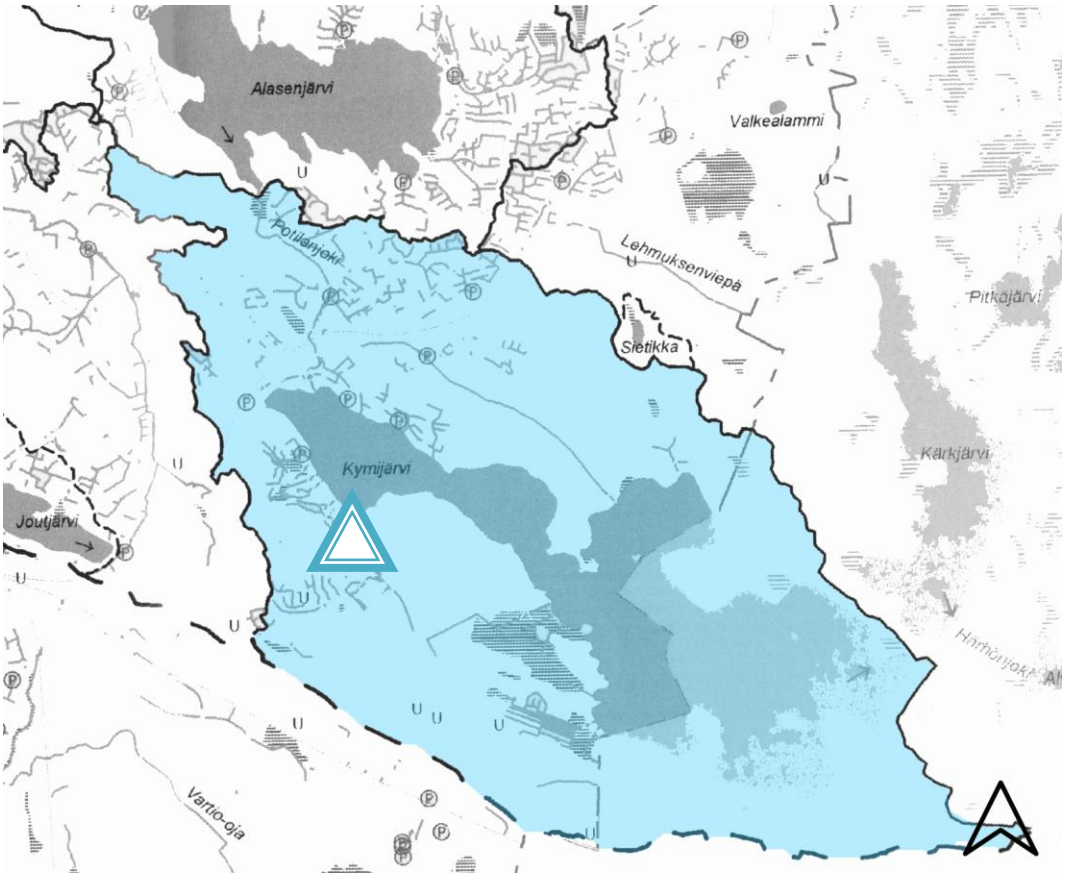
Kariston eteläosat rajautuvat Salpausselän koilisrinteeseen. Toinen maisemassa näkyvä selänne ulottuu Karisto–Kytölä–Pesäkallio-akselilla. Molemmat selänteet

toimivat vedenjakajina (Rope 2010, 7), mikä on selvästi havaittavissa Kariston maisemakuvassa luoden samalla alueelle rauhallista, laaksomaista tunnelmaa. Karistoa ympäröivät rinteet suojaavat asuinaluetta muun muassa vilkkaiden tieyhteyksien melulta, tärähtelyltä ja saasteilta. Vaikka Karisto sijaitsee varsin lähellä Lahden keskustaa, alueelle tullessaan voisi kuvitella olevansa paljon kauempana keskustan asukaskeskittymästä kuin todellisuudessa onkaan. Ehkä myös siksi Karistolla on omanlaisensa identiteetti Lahden muista kaupunginosista poiketen.

Karistosta löytyy arvokkaita luontokohteita (Rope 2000, Malinin ym. 2010, 46 mukaan). Kaupunkiekologisesta näkökulmasta tarkasteltuna Kariston Rantakylän Kymijärven ranta-alueet on luokiteltu arvokkaiksi alueiksi, jolloin luonnon monimuotoisuutta suojellaan säilyttämällä kaikentyyppisiä kasvien ja eläinten elinympäristöjä (Rope 2010, 8). Kariston perinteisessä maisemakuvassa yhdistyvät metsä- ja viljelyalueet. Ennen uuden Kariston asuntoalueen rakentamista perinteiset viljelyalueet ovat olleet umpeenkasvaneita ja metsäisyys on katkonut pitkiä näkymiä maisemassa, vaikka korkeussuhteidensa puolesta näkymät ovat mahdollisia. Rakentamisen myötä alueelle on haluttu palauttaa viljelymaiseman laakea maisemakuva ja selkeys (Pöyry Infra Oy 2006). Sittemmin maisemassa on nähtävissä aluetta rajaavat kuusivaltaiset lehtomaiset kangasmetsät, rakennetut kumpareiset rinteet, aukean ydinalue sekä seesteinen järvimaisema ja vastarannan näkymät pohjoisessa.

8.3.4 Valuma- ja pohjavesialueet

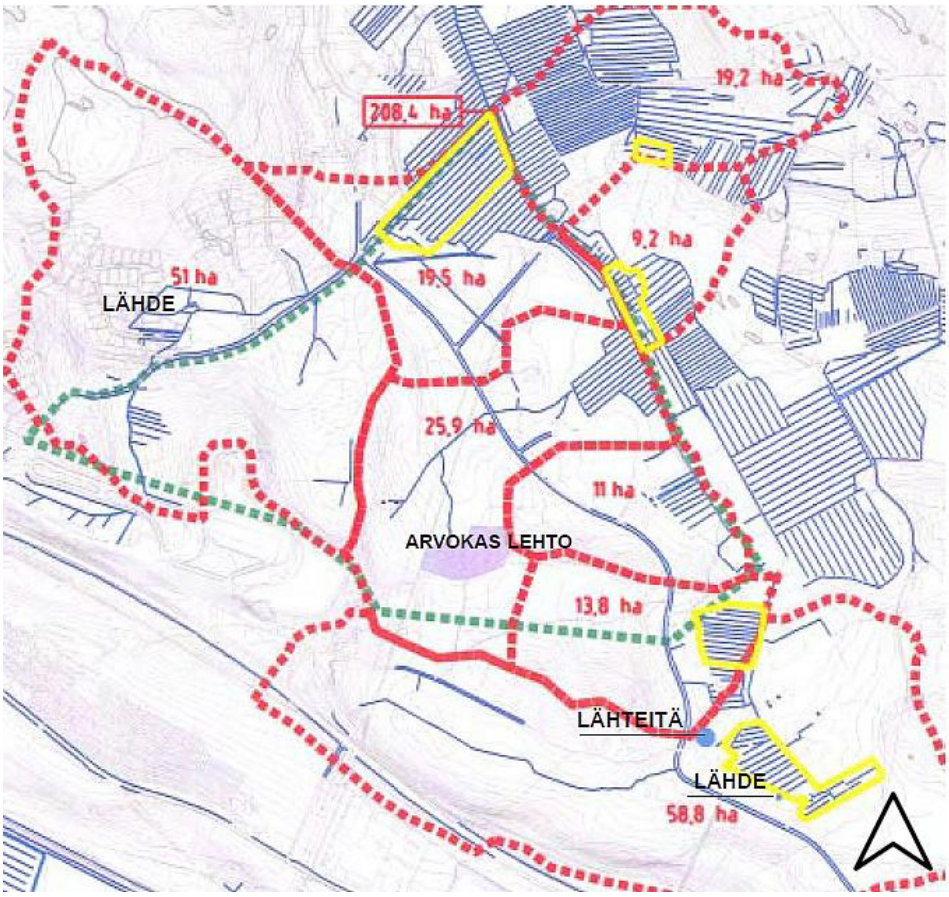
Kariston kaupunginosa on osa Kymijärven järvialtaan valuma-aluetta. Suurin osa valuma-alueesta sijoittuu Lahden kaupungin alueelle, mutta kaakossa se yhtyy myös Nastolaan. Valuma-aluetta halkoo muun muassa Lahdenväylä (moottoritie E75) ja sen eteläpuolelle sijoittuu myös valtatie 12. Karisto sijoittuu valuma-alueen lounaisosaan (KUVIO 13). Tarkastelualuetta merkitään kolmiolla Kymijärven valuma-alueella, jota länsipuolella rajaa Kariston, Kytölän ja Pesäkallion välinen selänne sekä eteläpuolella Salpausselkä. Kuvion esitys ei ole mittakaavassa.



KUVIO 13. Kariston tarkastelualueen sijoittuminen valuma-alueella (muokattu lähteestä Malin ym. 2010, 47)

Uuden Kariston alueella vesien kulkusuunnat ja pienvaluma-alueet noudattelevat maastonmuotoja (KUVIO 14). Purot, ojat ja lähteet on merkitty sinisellä, valuma-alueiden rajat punaisella, Purolaakson rakenteilla oleva alue vihreällä, avoimet pellot keltaisella ja arvokas lehto liilalla värillä. Kuvion esitys ei ole mittakaavassa. Suurimmat erillisvaluma-alueet muodostuvat Karistonkadun länsi- ja luoteisrinteisiin osapuilleen 70 hehtaarin ja Mustaojan latva-alueisiin etelässä noin 59 hehtaarin alueelle. Mustaojaan valuvien purojen yhteispinta-ala on noin 208 hehtaarin kokoluokkaa, ja sen virtaaman on huomioitu muuttuvan vuodenaikojen mukaan, esimerkiksi keväällä 2002 Karistonkadun rummusta on mitattu virtaamaksi 1300 m^3/vrk ja kuivan kesän aikana vain 260 m^3/vrk. Rantakylän hulevesialtaan valuma-alueet jäävät kuvion rajauksen ulkopuolelle, mutta siihen kohdistuvat lähinnä vain Rantakylän asuntoalueelta saapuvat

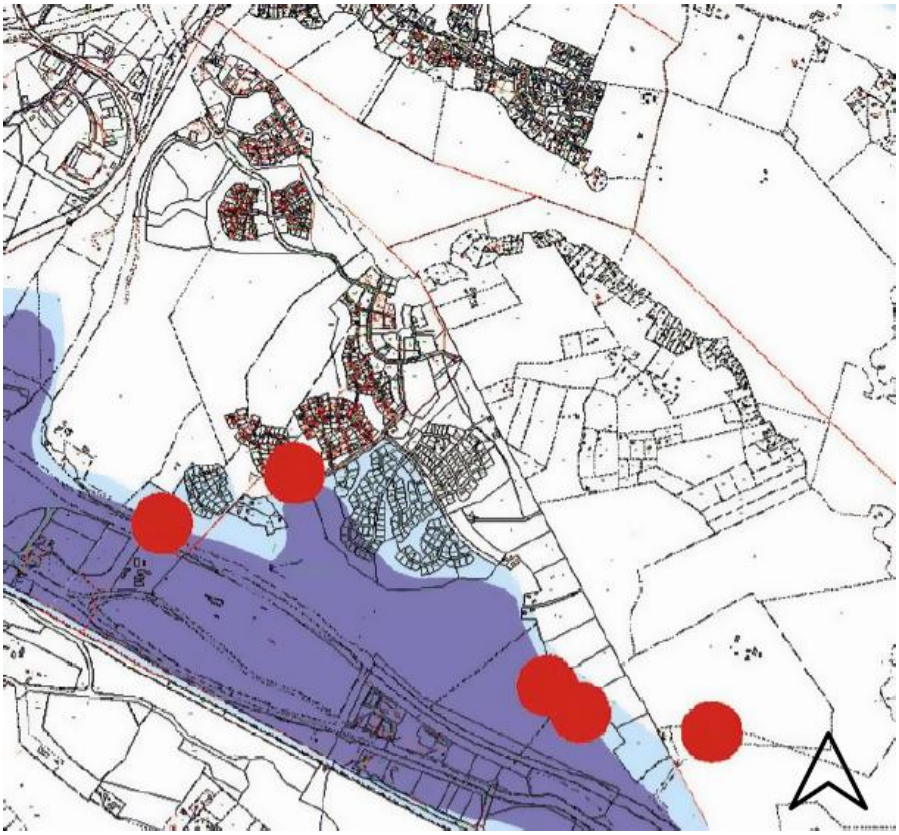
hulevedet, ja täten valuma-alueen pinta ala on noin 15 hehtaaria. (Lahden kaupunki & Pöyry Infra Oy 2005.)



KUVIO 14. Valuma-aluejako (Lahden kaupunki & Pöyry Infra Oy 2005)

Teiden ohella Kariston eteläpuoliset osat sijaitsevat pohjaveden muodostumis- ja pohjavesialueella, jonka lisäksi Kariston sisäiseltä Aurinkorinteen alueelta löytyy lähde. Maaperäkarttaa (KUVIO 12) ja pohjaveden muodostumisalueita sekä pohjavesialueita (KUVIO 15) vertaamalla voidaan todeta pohjaveden muodostumisalueen sekä (1-luokan) pohjavesialueen noudattelevan Salpausselän linjaa ja sen hiekkamaita, jolloin karkea maalaji edistää luonnollisen pintavalunnan ja hulevesien imeytymistä maaperään puhdistaen ja lopulta varastoiden sitä pohjavedeksi. Pohjaveden muodostumisalueita merkitään

sinisellä, pohjavesialueita vaaleansinisellä ja lähdepisteitä punaisella värillä (KUVIO 15). Kuvion esitys ei ole mittakaavassa.



KUVIO 15. Pohjaveden muodostumisalueet, pohjavesialueet ja lähteet Karistossa ja lähialueilla (Lahden kaupunki 2013c)

8.3.5 Kymijärvi

Ilmisen toiminnan vaikutukset voidaan nähdä erittäin selvästi Kymijärven veden tilassa. Valuma-alueen vesiensuojelutyö on kohentanut Kymijärven heikentynyttä tilaa 1980-luvulle tultaessa, kun kaikki kuormituslähteet, esimerkiksi asuinkiinteistöt, maatilat ja hevostallit, on tarkistettu ja niiden jätevesihuollon puutteet on korjattu. Ennen suojeluprosessia järvea rehevöitti muun muassa silloisen Kolavan kaatopaikan lietteiden vapautuminen ja valuminen järveen patovallin murruttua vuonna 1966. Jatkuva kuormitus ja rehevöitymiskierre rasitti

järven sietokyvyn äärimmilleen 1970-luvun puolivälissä, jonka jälkeen alusveden happitilanne on ollut useaan otteeseen heikko. Ajoittaiset happikadot ja pohjasedimenteistä vapautuva fosfori ovat estäneet Kymijärven tilan pysyvää kohentumista, vaikka hoitotoimenpiteitä on suoritettu muun muassa syvännehapetuksella (Mixox 500) vuonna 2008. Seuraavana vuonna hapetin vaihdettiin entistä tehokkaampaan (Mixox 750) parempien tulosten saavuttamiseksi. Happea johdetaan hapettimen avulla alusveteen sekoittamatta kuitenkaan luonnollisia lämpötilakerroksia. Hapekas vesi vähentää myös anaerobista eli hapetonta hajotustoimintaa, joka ehkäisee haitallisten aineiden, rikkivedyn ja metaanin syntymistä. (Päijät-Hämeen Kalatalouskeskus ry 2009, 6, 15.)

Kariston rakentamisen myötä Kymijärven tila ei ainakaan ole parantunut olennaisesti, joten myös asuinalueen hulevesistä aiheutuvaa kuormitusta on pyritty kompensoimaan luonnonmukaisilla hulevesikäsittelyjärjestelmillä. Järviveden voimakasta perustuotantoa ilmentävät etenkin kesäisin korkea pH-arvo ja hapen ylikyllästyneisyys (120 %), joiden lisäksi vesi on myös kasviplanktoinien samentamaa. Ravinnekuormitusta ja ulosteperäistä bakteerikuormitusta aiheuttavat hulevedet sekä lähistöllä sijaitsevan Kujalan jätekeskuksen lokit, joiden määää on saatu onneksi karsittua 2000-luvun alussa EU-projektin ansiosta. (Päijät-Hämeen Kalatalouskeskus ry 2009, 6.) Uimavesien laatua seurataan muun muassa suolistoperäisten bakteerien (Escherichia coli ja suolistoperäiset enterokokit) osalta sekä tehdään havaintoja sinileväkukinnoista kesäkuukausina. Kariston uimarannan (KUVA 4) ilmoitustaululta löytyy tutkimustodistus suoritetuista näytteenotoista ja näytteiden analysoinnista. Lahden kaupungin Rakennusvalvonta suorittaa näytteenotot, jotka toimitetaan Rambol Analytics-ympöristölaboratorion tutkittaviksi.

KUVA 4. Kariston uimaranta sijaitsee lähellä hulevesien purkukohtia

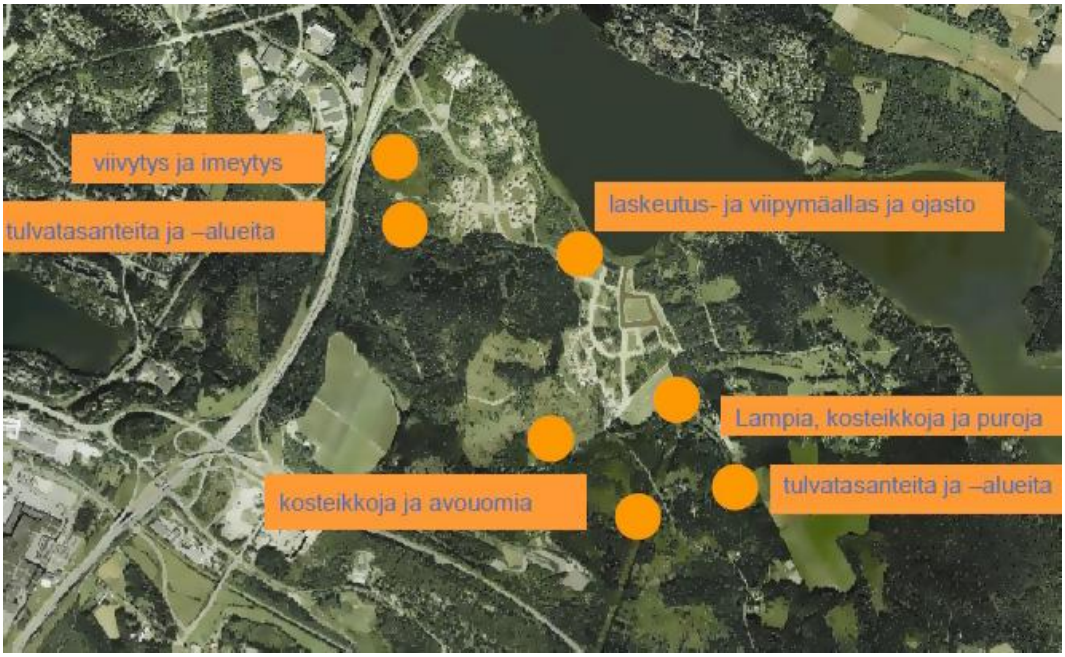
8.4 Kariston luonnonmukainen hulevesien hallintaideologia

Karistossa on hyödynnetty Lahden kaupungin hulevesiohjelman ideologiaa noudattelevia, ekologisia ja luonnollisen hydrologisen kierron säilyttäviä tai palauttavia luonnonmukaisia hulevesien käsittelymenetelmiä, joilla olisi myös kaupunkikuvallista ja maisemallista arvoa. Karistosta löytyy varsin laajamittaista luonnonmukaista, biodiversiteettiä hyödyntävää hulevesien hallintaverkostoa, joka on silmiin pistävän eheä osa kaupunginosaa. Ehkäpä Kymijärven välitön läheisyys ja Kariston laaksomaiset tunnuspiirteet yhdistettynä meanderoiviin purouomiin, viheralueisiin ja kosteikkoihin luovat Karistosta puutarhakaupunginosan, jossa veden läsnäolo tuntuu harmoniselta ja luonnolliselta osalta maisemaa ja ympäristöä.

Lahden kaupunki on panostanut Kariston luonnonmukaisiin hulevesiratkaisuihin, jotka toimivat myös maisemallisina elementteinä. Lahden kaupungin Tekninen- ja

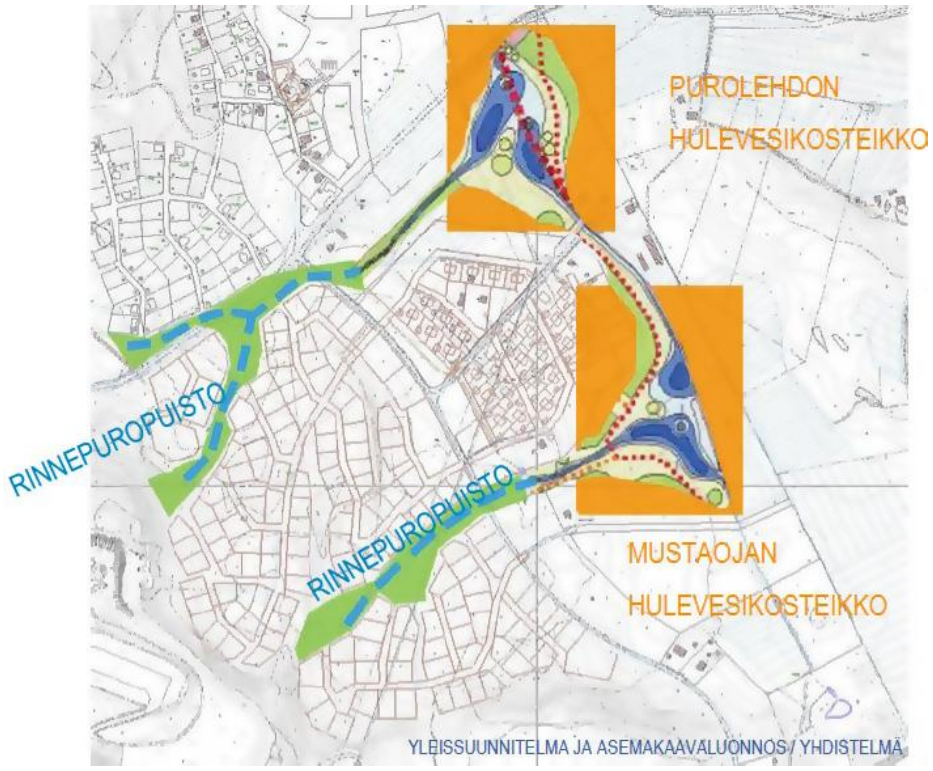
ympäristötoimiala on toteuttanut yhteistyössä Pöyry Infra Oy:n kanssa Purolaakson virkistysalueiden yleisuunnittelua ja siihen liittyen maisemointia sekä rinnepuro- ja kosteikkokokonaisuuksia laaksoalueen pohjalle. Osa suunnitelluista hulevesijärjestelmistä on vielä toteuttamatta, koska muun muassa uusinta Purolaakson aluetta rakennetaan edelleen. Tavoitteena on ollut avoimen maisemaluonteen palauttamisen lisäksi alueelta kertyvien hulevesien ohjaaminen ja viivyttäminen kosteikkoina sekä lampina osana toiminnallista virkistysaluetta (Lahden kaupunki & Pöyry Infra Oy 2005).

Karistossa syntyvien hulevesien tärkeitä käsittelytapoja ovat muun muassa sadevesien imeyttäminen sekä johtaminen viivyttäen ja suodattaen (hulevesiohjelman prioriteettinumerot 1 ja 2). Lisäksi suunnitteluvaiheessa ideana on ollut saada kosteikkoja ja lampia lähteiden ja sivupurojen välittömään läheisyyteen, laskeutus- ja viipymäaltaita sadevesiviemärien purkupaikoille sekä tehdä tilavarauksia tulvatasanteille ja -alueille (KUVA 5) (Lahden kaupunki 2013a).



KUVA 5. Suunnitteluvaiheen ideat Kariston luonnonmukaisista hulevesien hallintamenetelmistä (Lahden kaupunki 2013c)

Kariston laaksomaiset tunnuspiirteet edesauttavat luonnonmukaistan hulevesien hallintaa maanpinnan luonnollisten kaltevuuksien ansiosta. Hulevedet syntyvät rakennetuilla rinnealueilla, joista ne kulkeutuvat maan pinnanmuotoja mukaillen ja rinnepuroja pitkin kohti Mustaojan notkoa (KUVIO 16). Suunnitteluvaiheessa kosteikkoratkaisut esitellään Purolehdon ja Mustaojan kosteikkoina, mutta Pöyry Infra Oy:n maisemointisuunnitelmassa ja suunnitelmaselostuksessa Purolehdon hulevesikosteikkoa nimetään Kivipuron kosteikkona. Kosteikkoparin valuma-alueiden kokonaispinta-ala on 208 hehtaaria, ja niiden tarkoituksena on selkeyttää purovedet ennen niiden johtamista Korennonvirranojan kaivettuun kanavaan ja siitä edelleen Kymijärveen, jolloin vähennetään vastaanottavalle vesistölle aiheutuvaa hulevesiperäistä kuormitusta. Ideana on, että vielä rakentamaton Mustaojan hulevesikosteikon vedet tulevat niin sanotusti uudelleen käsiteltäviksi Kivipuron hulevesiallas-kosteikkoparille ennen vesistöön laskemista, joten rinnepurot sekä hulevesijärjestelmät muodostavat yhdessä käsittelyketjun. (Pöyry Infra Oy 2006.)



KUVIO 16. Rinnepuropuisto- ja kosteikkosuunnittelu (Lahden kaupunki 2013c)

Suunnitteluvaiheesta toteutukseen ovat edenneet Rantakylän hulevesiallas vuosina 2006 - 2007 sekä Purolaakson Kivipuron hulevesiallas-kosteikkopari vuonna 2008. Lisäksi Karistossa hyödynnetään luonnonmukaista hulevesien johtamisjärjestelmää, jossa huleveden virtaama hidastuu, viipymä lisääntyy ja samalla se myös puhdistuu meanderoivien purouomien kasvillisuuden lomassa. Virtaaman ollessa tarpeeksi hidas myös imeytymistä on mahdollista tapahtua (KUVA 6). Järjestelmä tuottaa maksimaalisen hyödyn, kun kasvillisuus levittäytyy rakentamisen jälkeen avoimille maa-alueille. Tällöin myös maan eroosioriski pienenee kasvillisuuden sitoessa maa-ainesta juurakoillaan.

KUVA 6.Vastarakennettu avoin huleveden johtamisjärjestelmä Karistossa vuonna 2010 (Malin ym. 2010, 35)

8.5 Hulevesikuormitus

Rantakylän hulevesiallas käsittelee nimensä mukaisesti Rantakylästä, Kariston ydin alueelta, saapuvia hulevesiä, kun taas Purolaakson alueen isompi

hulevesijärjestelmä, Kivipuron hulevesiallas-kosteikkopari, käsittelee Purolaaksosta ja Aurinkorinteeltä saapuvia hulevesiä. Myöhemmin ehkä myös Mustaojan hulevesialtaan käsiteltäväksi tulevat Purolaakson eteläisimmät osat, jos suunnitelmat etenevät toteutukseen. Lahden seudun ympäristöpalvelut seuraa aktiivisesti muun muassa järjestelmiin yhteyksissä olevien ojien hulevesien virtaamaa virtaamamittauksien avulla, kokonaistypen (kok N)- ja fosforin (kok P) sekä ulosteperäistenbakteerien (fekaaliset koliformit ja streptokokit) esiintymistä vedessä sekä aistinvaraisilla havainnoilla, kuten arvioimalla veden ulkonäköä ja hajua. Näkösyvyyden perusteella voidaan päätellä, sisältääkö vesi esimerkiksi runsaasti kiintoainesta.

Ulosteperäisen kuormituksen indikaattoreina käytetään ulosteissa normaalisti varsin runsaina esiintyviä fekaalisia kolibakteereja ja streptokokkeja. Laatuluokituksessa uimiseen sopiva järvivesi sisältää fekaalisia koliformeja alle 500 pmy/100 ml ja fekaalisia streptokokkeja alle 200 pmy/100 ml. Yli menevät määrät osoittavat veden terveysriskiksi ja täten sopimattomaksi uimiselle. Bakteerimäärien noustessa järvivesinäytteessä yli 200 pmy/100 ml, on hyvä selvittää likaantumisen syy. (Oravainen 1999, 24.)

Ihmistoimintaperäinen fosforikuormitus Suomen pintavesiin syntyy muun muassa maataloudesta, haja-asutuksesta, metsätaloudesta, ilmalaskeumasta ja yhdyskunnista (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010,48). Fosfori on vesien tuotannon ja rehevöitymisen kannalta tärkeä ravinne. Tuotannon lisääntyminen näkyy vesistössä alusveden happivajeen kasvuna ja veden lievänä samentumisena. Fosfori on usein tärkein planktonlevästön kasvua rajoittava tekijä eli minimitekijä. Lievästi rehevien vesistöjen fosforipitoisuus on 10 - 20 µg/l. Karuissa vesissä kokonaisfosforin pitoisuus on alle 10 µg/l, kun taas erittäin rehevässä vesistössä se on yli 100 µg/l, joissa leväsamennus on yleensä jatkuvaa ja sinileväkukinta säännöllistä. (Oravainen 1999, 17.)

Toinen tärkeä tarkasteltava ravinne on typpi. Ihmisen toiminnasta peräisin syntyvää typpikuormitusta tulee vesistöihin muun muassa maataloudesta, ilmalaskeumasta, yhdyskuntien jätevesistä ja metsätaloudesta (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 48). Typpi on vesien tuotannon ja joskus myös

rehevöitymisen kannalta tärkeä ravinne. Karussa vesistössä kokonaistypen pitoisuus on alle 400 µg/l ja erittäin rehevässä vesistössä yli 1500 µg/l. Luonnontilaisten kirkkaiden vesien typpipitoisuus on 200 - 500 µg/l. Humusvesissä taso on luonnostaan hieman korkeampi eli noin 400 - 800 µg/l. Viljelyalueilla oja- ja jokivesien typpipitoisuudet ovat 2000 - 4000 µg/l. Typen maksimipitoisuudet ajoittuvat yleensä kevätylivalumaan ja runsassateisiin kausiin. (Oravainen 1999, 19.)

Vesianalysointia varten näytteitä kerätään ojanäytepisteistä Kymijärven valuma-alueen eri kolkista. Kariston osalta luonnonmukaisten hulevesijärjestelmien tehokkuutta pystytään arvioimaan keräämällä näytteitä hulevesien käsittelykulun eri vaiheista, esimerkiksi Rantakylän hulevesialtaan yläpuolelta ja alapuolelta (KUVA 7). Näin ollen tiedetään tulohulevesien laatu ennen järjestelmää sekä menohulevesien laatu käsittelyn jälkeen. Näytteitä on otettu vuosittain huhtikuun sekä syys - marraskuun aikana.

Kivipuron hulevesialtaiden eripuolisten ojapisteiden näytteistä voidaan arvioida aineiden alkuperää sekä esiintymisen syitä. Hulevesien laatuun voivat tällä alueella vaikuttaa monet eri tekijät, esimerkiksi laskeumat, maanmuokkaus, metsänhakkuut, rakennustyömaat ja vuodenaikojen vaihtelut, jotka oletettavasti saattavat näkyä tuloksissa. Myös pitkään jatkunut kuiva jakso vaikuttaa hulevesien laatuun heikentävästi, kun sen jälkeinen ensimmäinen sade vie maahan osuessaan mukanaan haitta-aineet ja muun aineksen, jotka ovat kertyneet kuivana aikana. Pitkään jatkuneet sateet taas tasoittavat ainemääriä hulevesissä.

Kivipuron kosteikon alapuolelta on tärkeää myös tehdä havainnot, mittaukset ja kerätä näytteitä, jotta selvitetään veden puhdistumistehokkuus, virtaaman ja muiden muuttujien suhteet hulevesiallas-kosteikkoparin käsittelyn jälkeen. Näytteitä kerätään myös Korennonvirranojasta yläpuolelta ja kanavan laskusuulta, jossa hulevedet purkaantuvat järveen. Näytteiden linjaa seuraamalla voidaan tehdä arvioita järven kuormittumisen suhteen.

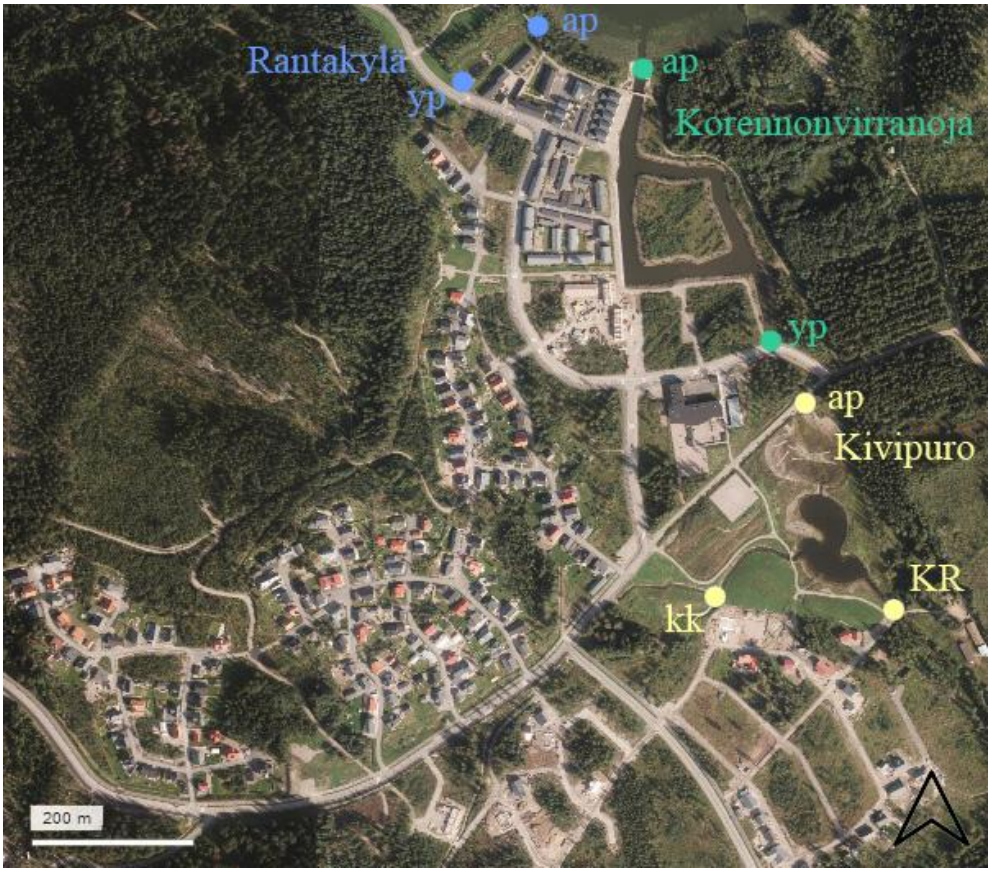
Kosteikon tehokkuutta [%] voidaan arvioida yleisen reduktion kaavan avulla

$$E = \frac{(C_{in} - C_{out})100}{Cin}$$

missä E on tehokkuus [%]

c_{in} kosteikkoon johdettavan veden haitta-ainepitoisuus [mg/l]

c_{out} kosteikosta poistuvan veden haitta-ainepitoisuus [mg/l]



KUVA 7. Kariston ojanäytepisteitä ilmakuvassa (muokattu lähteestä Lahden kaupunki 2013a)

8.6 Rantakylän hulevesiallas

Karistoon ensimmäisenä rakentunut Rantakylän hulevesiallas sijaitsee aivan Kymijärven rannan tuntumassa (KUVA 8). Kariston oja laskee luonnollisesti valuma-alueen pinnanmuotoja mukaillen kohti vastaanottavaa vesistöä eli Kymijärveä, mutta asuntoalueen rakentuessa on kuitenkin ollut tarpeen käsitellä sen alueella syntyviä hulevesiä ennen kuin vedet kulkeutuvat vesistöön. Kariston ojan yhteyteen on rakennettu hulevesiallas, johon oja laskee putkea myöten alittaen Kariston rantatien. Viivytysaltaan koko on mitoitettu toistuvan suhteellisen pienen sateen mukaan, josta aiheutuvan virtaaman ainekuormitus vaikuttaa veden laatuun heikentävästi. Pysyvän veden altaassa saapuvien hulevesien virtaamapiikit pienenevät, viipymä pitenee, kiintoainesta pidättyy kasveihin ja laskeutuu pohjasedimentteihin. Riittävän pitkän viipymän aikana myös mikrobioliginen toiminta ehtii käynnistyä, joka mahdollistaa veden laadun kohenemista.

KUVA 8. Rantakylän hulevesiallas ilmakuvassa (Lahden kaupunki 2013b)

Altaan reunavyöhykkeellä on runsaasti kosteikkokasvillisuutta sekä nuorta puustoa. Sen ympäristö on hyvin hoidettua nurmialuetta, joka rajautuu puustokaistaleeseen länsipuolella, joten sen toivotaan toimivan myös virkistystä ja viihtyvyyttä lisäävänä elementtinä asuntoalueella (KUVA 9). Altaan välittömässä läheisyydessä, itäpuolella, sijaitsee myös rivitalo, jonka takapiha avautuu suoraan altaan äärelle. Vesialuetta ei kuitenkaan ole suojattu esimerkiksi aidalla tai muulla suojaavalla elementillä vaan liikkuminen on vapaata (KUVA 10). Lähialueen asukkaiden mielipiteitä ja kokemuksia altaan turvallisuusseikoista on kartoitettu asukaskyselyllä, jota käsitellään tarkemmin myöhemmässä pääluvussa 9.

KUVA 9. Rantakylän hulevesiallas

KUVA 10. Rivitalon pihoja rajaavat vain pensasistutukset

Hulevesialtaasta vesi vapautuu kivipadosta hitaasti eteenpäin kosteikkomaiselle ojastoalueelle, jonka rehevä kasvillisuus pidättää edelleen veden sisältämää kiintoainesta. Ojastoalueella kiintoaineen pidättyminen on tehokkaampaa kuin altaassa, koska kasvillisuus on tiheämpää ja sitä on enemmän, ja täten esimerkiksi maahiukkasiin kiinnittyneet raskasmetallit pidättyvät kiintoaineen mukana. Rantakylän kosteikkokasvillisuus on varsin monipuolista: kosteilla rantavyöhykkeillä ja vedessä viihtyvät keltakurjenmiekka, osmankäämit, järviruoko ja nuoret tervalepät (KUVA 11). Järviruokokasvustot ovat tehokkaita estämään muun muassa tärkeimpien vesistöjä rehevöittävien ravinteiden: typen ja fosforin kulkeutumista vesistöön, kun taas esimerkiksi osmankäämi pystyy pidättämään luonnollisten ravinteiden lisäksi myös synteettisiä kemikaaleja. Runsas kosteikkokasvillisuuden monimuotoisuus luo otollista elinympäristöä ja suojaa myös eläinkunnalle.

KUVA 11. Rantakylän kosteikkokasvillisuutta

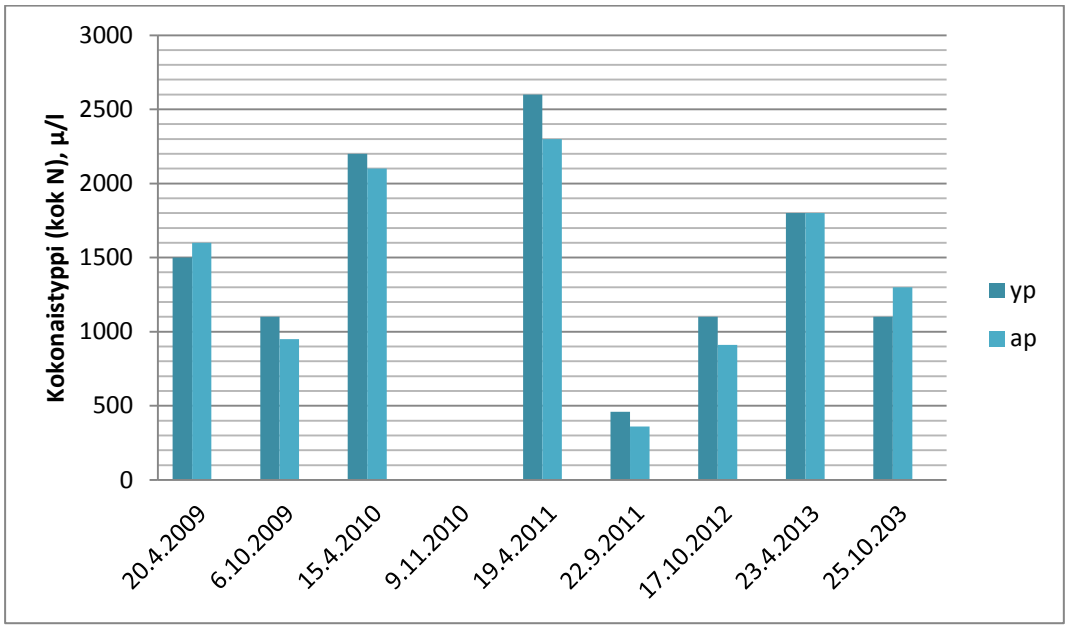
Rantakylän ojanäytteiden (ap, yp) tulokset on taulukoitu vuosien 2008 - 2013 aikana suoritetuista näytteenotoista (LIITE 1). Vuoden 2012 huhtikuun näytteet ja havainnot kuitenkin puuttuvat eikä niitä ole voitu myöskään suorittaa talvella 2010 jääpeitteen takia. Näytteenottosyvyyden vaihteluväli on ollut yleisesti 0,2 - 0,3 m ja näkösyvyyden on arvioitu olevan 0 - 0,3 m, joka korreloi veden ulkonäön kanssa veden ollessa kirkasta pidemmällä näkösyvyydellä. Useat näytteet ovat kuitenkin sisältäneet jonkin verran kiintoinetta ulkonäkönsä perusteella. Kaikki vesinäytteet on todettu hajuttomiksi. Muutoksia virtaamassa voidaan havaita yläpuolen ja alapuolen suhteen lokakuusta 2012 lähtien, jolloin alapuolen virtaama jää pienemmäksi suhteessa yläpuolen vastaavaan mittaukseen, joka osoittaa tasausta tapahtuvan.

Fekaalisten koliformien vaihteluväli on ajoittain ollut yllättävän suurta ojapisteissä samalla näytteenottokerralla. Lisäksi voidaan todeta niiden määrän olevan hulevesissä suurempi syys - marraskuussa verrattuna huhtikuuhun, pois

lukien vuosi 2009. Huhtikuussa 2010 ja 2013 vesinäytteistä on löytynyt vain muutamia pesäkkeitä. Vuoden 2013 lokakuun näytteissä fekaalisia koliformien reduktio on jopa 86 % kosteikkokäsittelyn jälkeen. Toisaalta taas vuoden 2011 syyskuun mittauksissa alapuolelta löytyy jopa enemmän pesäkkeitä kuin yläpuolen näytteestä, joten reduktio on -22%. Uimaveden laadun suhteen alapuolisesta ojasta on mitattu kerran suuri, sallitun rajan ylittävä määrä koliformeja (720 pmy/100 ml) syyskuussa 2009. Näytteenottopaikka sijaitsee aivan nykyisen Kariston uimarannan vieressä.

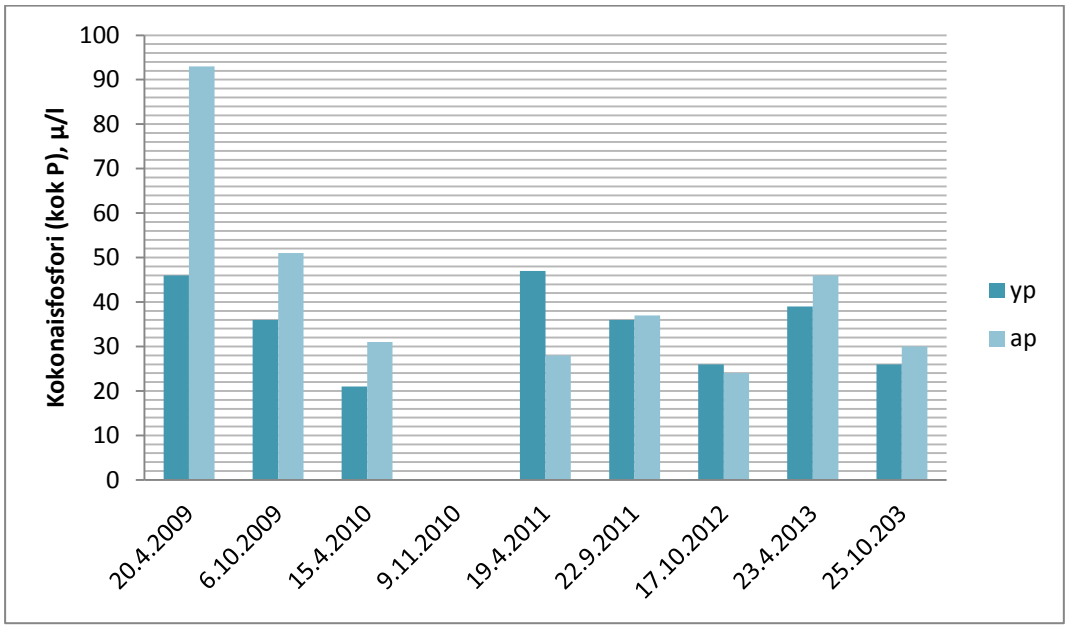
Fekaalisia streptokokkeja on esiintynyt vesinäytteissä melko samassa suuruussuhteessa kuin fekaalisia koliformeja. Kerran on myös löytynyt uimavesikelpoisuusrajan ylittävä määrä streptokokkeja syyskuussa 2011 (290 pmy/100 ml), vaikka altaan yläpuolella niitä vielä oli yli puolet enemmän. Voidaan siis olettaa, että bakteereja on saattant poistua vedestä mikrobiologisen toiminnan ansiosta. Tämä tarkoittaa myös sitä, että veden viipymä on ollut riittävän pitkä toiminnan aktivoimiseksi.

Kokonaistypen määrät ovat näytteissä suurimmillaan huhtikuun mittauksissa joka vuosi. Yläpuolen näytteistä on saatu kokonaistypen määräksi pienimmillään 1500 µg/l huhtikuussa 2009 ja ylimmillään jopa 2600 µg/l huhtikuussa 2011, joten hulevesijärjestelmän typpikuormitus on ollut suurta kevätsulannan aikana (KUVIO 17). Kosteikko näyttää pidättävän typpeä kohtalaisesti.



KUVIO 17. Kokonaistypen (kok N) määrät ojanäytteissä (yp, ap)

Kokonaisfosforin määrät ovat olleet yli 20 µg/l jokaisessa yläpuolen näytteessä vuosina 2008 - 2013 (KUVIO 18). Vuonna 2008 kokonaisfosforin määrä vedessä oli erittäin suuri (210 µg/l), ja samaisena vuotena Kymijärveen on kohdistettu myös hapetustoimia Rekolan syvänteeseen veden happitilanteen parantamiseksi, joka viittaa sen pitkään jatkuneeseen kuormitukseen ja kehnoon tilaan. Kokonaisfosforin negatiivisiin reduktioihin voivat vaikuttaa monet seikat. Kosteikkokasvillisuus vapauttaa kuoltuaan ja hajotessaan fosforia takaisin kiertoon, ja keväisin altaassa ei ole aktiivista kasvillisuutta sitomassa ravinteita. Lisäksi sitä voi vapautua pohjasedimenteistä, jos altaan tulovirtaus on suuri.



KUVIO 18. Kokonaisfosforin (kok P) määrät ojanäytteissä (yp, ap)

Kokonaistypen ja -fosforin määrät ovat huhtikuun näytteissä kohonneet suhteessa syys - marraskuun näytteisiin. Maanmuokkauksen lisäksi myös metsänhoidollinen toiminta saattaa aiheuttaa tällaisia ravinnepiikkejä hulevesille. Vakkilaisen ym. (2005, 39) sekä Eskolan ja Tahvosen (2010, 13) mukaan juuri fosforin, typen ja kiintoaineen määrät hulevesissä ovat koholla maanmuokkauksen ja avoimien mullospintojen takia. Kokonaisfosforin määrä on kuitenkin onneksi laskenut huomattavasti huippuvuodestaan ollen alapuolen näytteessä 30 µg/l lokakuussa 2013. Kokonaistypen ja -fosforin reduktioita (TAULUKKO 2) vertaamalla voidaan havaita niiden vaihtelevan hyvinkin laajalla skaalalla.

TAULUKKO 2. Kokonaistypen ja -fosforin sekä fekaalisten koliformien ja streptokokkien reduktiot [%]

Rantakylä	Typpi (N), kokonais-	Fosfori (P), kokonais-	Fek. koliformit (44 °C 24 h)	Fek. streptokokit (37 °C 48 h)
20.4.2009	-7	-102	93	85
6.10.2009	14	-42	43	38
15.4.2010	5	-48	-200	-133
9.11.2010	jäässä	jäässä	jäässä	jäässä
19.4.2011	12	40	-10	-3
22.9.2011	22	-3	-22	59
17.10.2012	17	8	-19	0
23.4.2013	0	-18	-50	-200
25.10.2013	-18	-15	86	84

8.7 Kivipuron hulevesiallas-kosteikkopari

Kivipuron hulevesiallas-kosteikkopari on rakennettu Rantakylän allaskompleksin jälkeen käsittelemään Aurinkorinteen ja rakentuvan Purolaakson alueen hulevesiä yhteensä 208 hehtaarin alueelta. Suunnitteilla on ollut rakentaa Kivipuron altaan yläpuolelle vielä Mustaojan hulevesiallas, mutta suunnitelma ei ainakaan vielä ole edennyt toteutusvaiheeseen, ja nähtäväksi jää, toteutetaanko allasta ollenkaan tulevaisuudessa. Kivipuron hulevesiallas-kosteikkopari on suurempi kuin Rantakylän allas. Hulevesiä virtaa ojista, joista toinen johtaa vesiä lännestä ja etelästä (KUVA 12).

KUVA 12. Purouoma johtaa hulevesiä Kivipuron altaaseen

Laskeutusallas on epäsäännöllisen muotoinen, siihen on rakennettu mutkittelua ja sitä ympäröi tulvaniittyalue, johon vesi pääsee levittäytymään tarvittaessa. Alavalla savimaalla sijaitseva hulevesiallas-kosteikkopari kuuluu Lahden kaupungin kartoittamiin tulvariskialueisiin, joten allaskompleksin on tärkeää pystyä käsittelemään pitkään jatkuvien sateiden aiheuttamat hulevesimäärät ja myös tarvittaessa äärevöityneet yksittäiset sadetapahtumat, jolloin lyhyen ajan sisällä hulevesiä voi virrata paljon. Altaan mitoitus perustuu kerran 20 vuodessa toistuvaan valuntatilaneeseen (Pöyry Infra Oy 2006). Altaan kapasiteettiä on lisätty rakentamalla sen ympärille tulvaniittyalue ja uloimmaksi vyöhykkeeksi niittyä (KUVA 13). Tulvaniityllä kasvaa luonnonvaraista kosteikkokasvillisuutta sekä sen reunoilla ja niittyalueilla pensaita sekä muun muassa kosteutta hyvin kestäviä tervaleppiä, nuorta koivikkoa sekä pajukkoa.

KUVA 13. Kivipuron tulvaniitty- ja niittyalueet

Hulevesiallas-kosteikkoparin ideana on, että ylempi hulevesiallas eli niin sanotusti laskeutusallas hidastaa hulevesien virtaamaa ja laskeuttaa veden sisältämää kiintoainetta viipymän ollessa riittävän pitkä. Ennen vuotta 2006 tehty esiselvitys virtaamaolosuhteista antaa tulokseksi kuivankauden virtamaaksi 260 $m^{3/}$vrk ja kevään lumisulannan virtamaaksi 1300 m^3/vrk, jonka perusteella todetaan, että rakentamisen edetessä ja maankäytön muuttumisen seurauksena pintavalunnan hetkelliset huippuvirtaamat tulevat kasvamaan. Mitoituksessa on laskettu kevään keskiylivalumaksi noin 350 l/s ja kesän suurimmaksi hetkelliseksi ylivalumaksi jopa 2500 l/s, joka on määrirelty keskimääräisellä valuntakertoimella 0,17. (Pöyry Infra Oy 2006.)

Kivipuron laskeutusallas on mitoitettu kevään keskiylivaluman mukaan, koska kesäisiä hetkellisiä ylivalumia on varsin harvoin ja niiden kiintoaineskuormitus on vain pieni osuus muusta kuormituksesta. Altaan tärkeimpiä fysikaalisia ominaisuuksia ovat vallitseva virtausnopeus sekä partikkeleiden

laskeutumisnopeus, joka on näistä kahdesta prioriteettisijalla yksi. Näin ollen virtaaman tasaantuminen on sekundaarinen seuraus kiintoaineen pidättämisen edellyttämistä ratkaisuista. Tehokkain laskeuttava syvänne on laajuudeltaan noin 1000 m^2, joka ulottuu 1,5 metrin syvyyteen. (Pöyry Infra Oy 2006.)

Altaan virtausnopeus (m/s) on riippuvainen siihen tulevasta virtaamasta (m^3/s) sekä altaan pinta-alasta (m^2) ja fyysisistä mitoista. Hiukkasten laskeutumistehokkuus pohjasedimentteihin on tässäkin tapauksessa riippuvainen veden viipymästä. Laskeutusallas on mitoitettu laskeuttamaan hienon hiedan raekokoa vastaavaa tai sitä karkeampaa kiintoainesta (Ø ≤ 0,02 mm). Allas on myös mitoitettu niin, että vedenkorkeuden muutokset ovat suhteellisen vähäisiä kuivankauden ja tulva-ajankohdan välillä (0,5 - 1,0 m). Altaan maapohjan tasaisuuden ja alavuuden takia suurempi vaihteluväli ei ole mahdollinen (KUVA 14). (Pöyry Infra Oy 2006.)

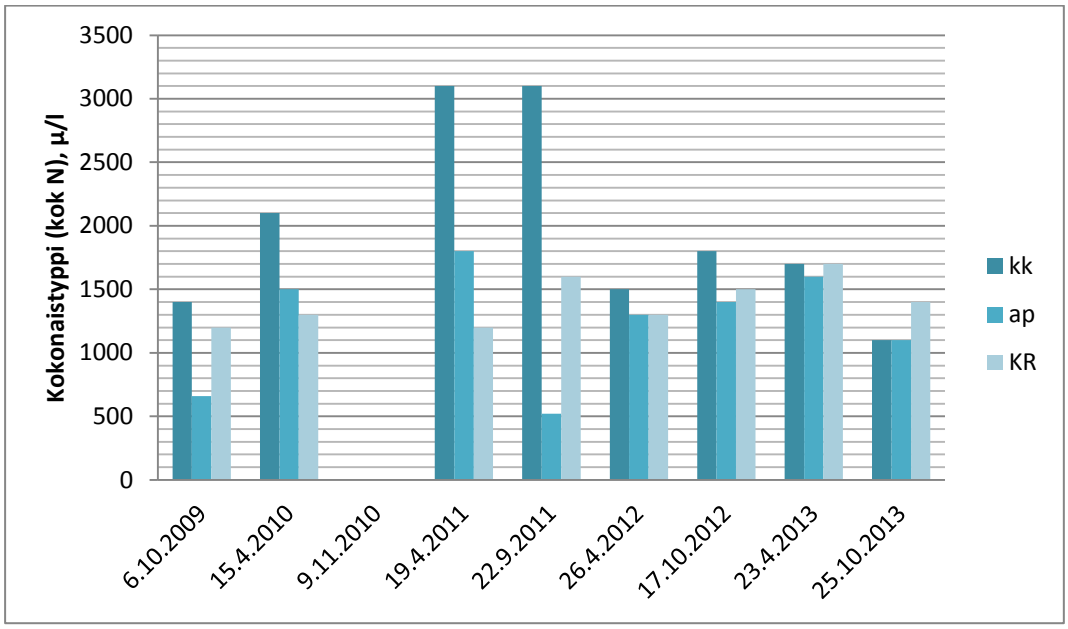
KUVA 14. Kivipuron allas on matala ja laaja

Tästä eteenpäin vesi ohjataan virtausuuntansa mukaisesti alemmalle kosteikolle. Kosteikon tehtävänä on täydentää ylemmän altaan prosesseja, kiintoainesta pidättäen ja virtaamaa tasaten. Kosteikkoon on rakennettu veden kulkusuuntia ohjailevia suisteita, jotka edesauttavat meanderointia virtaaman tasaamiseksi. Kosteikon hydraulista mitoitusta ovat supistaneet hyödynnettävän pinta-alan suuruus, maanpinnan luonnollinen tasaisuus ja vähäinen vedenpinnan hyväksytty korkeusvaihtelu. (Pöyry Infra Oy 2006.)

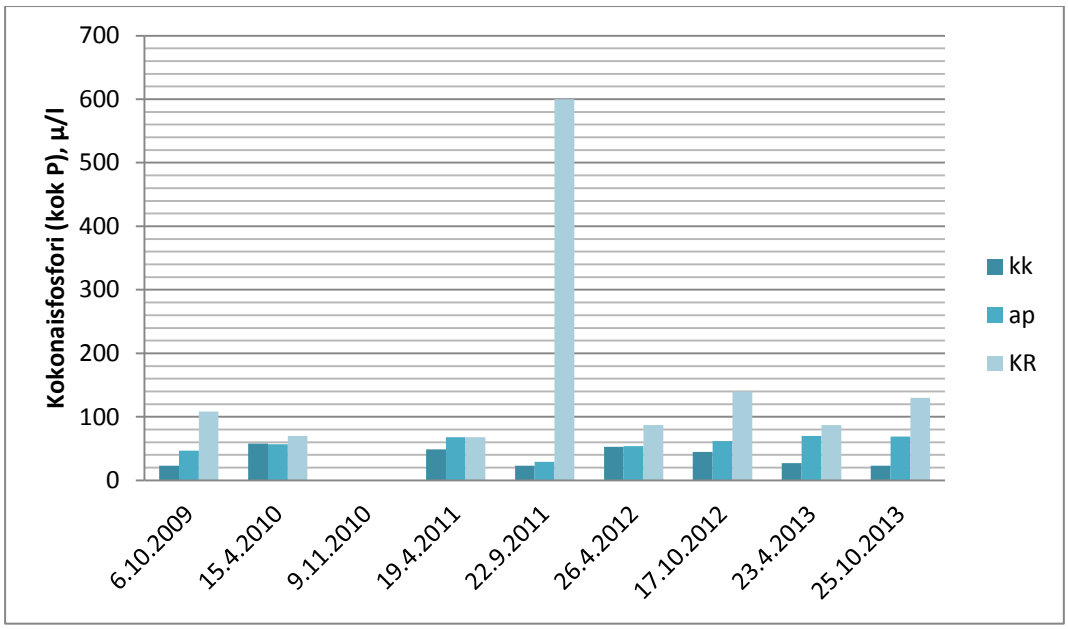
Kivipuron hulevesiallas-kosteikkoparin ojanäytteitä (ap, kk ja KR) on taulukoitu vuosien 2009 - 2013 aikana suoritetuista näytteenotoista (LIITE 2). Vuoden 2010 huhtikuun näytteenottokerran havaintotiedot puuttuvat, ja vuoden 2011 marraskuun kaikkia ojanäytteenottoja ei ole voitu suorittaa jääpeitteen takia. Rantakylän hulevesijärjestelmään verrattuna Kivipuron ojapisteistä on mitattu paljon suurempia virtaamia, etenkin alapuolella. Kosteikon virtaamaa ja vedenpinnan korkeuden muutoksia ohjailee ylivuotorakenne.

Saman näytteenottokerran näytteet ovat vaihdelleet ajoittain ulkonäöllisesti varsin paljon. Vesinäytteiden ulkonäköön voivat vaikuttaa maahiukkasten ohella myös laskeuman mukana tullut noki ja pöly. Näytteet ovat olleet suurimmaksi osaksi hajuttomia. Poikkeuksena on muun muassa todettu lokakuun 2013 KR-näytteessä, Mustaojan laskusuunnassa, olleen lievää maan tai turpeen hajua ja sisältäneen kiintoainesta ulkonäkönsä perusteella. Mustaojaa pitkin on laskenut myös samalla näytteenottokerran perusteella kokonaistyppeä ja -fosforia enemmän kuin altaan toiselta puolelta. Mustaojan puolella rakentamista on paljon verrattuna Aurinkorinteen suuntaan. Kuormitus voi olla peräisin Purolaakson maanmuokkaustoimenpiteistä ja päällystämättömistä tiealueista, joista kiintoaines ja ravinteet voivat herkästi kulkeutua eteenpäin veden mukana. Myös metsänhakkuutyöt ja viemäreiden rakentaminen voi aiheuttaa samoja ilmiöitä hulevesille.

Vuoden 2011 syyskuu on ollut mittauskerroista kokonaisfosforin suhteen huippuvuosi KR-näytteessä (600 µg/l) kaikkien ojapisteiden tuloksia vertaamalla, ja se on nähtävissä selvänä piikkinä. Samaan aikaan alapuolelta kerätystä näytteestä ei kuitenkaan löytynyt lähellekään yhtä suuria määriä (KUVIO 20). Kosteikon happea tuottava runsas kasvillisuus parantaa kokonaisfosforin pidättymistä kosteikon maa-aineksiin eli fosforin kemiallista adsorptiota (Suomen kuntaliitto 2012, 217). Kokonaistypen osalta voidaan tehdä sama havainto kevään kohonneesta määrästä suhteessa syksyyn kuin Rantakylän näytteistä. Altaan ja kosteikon käsittelyn jälkeen määrät ovat kuitenkin olleet pienemmät alapuolen näytteissä, joten on ilmeistä, että typpeä myös pidättyy hulevesijärjestelmässä (KUVIO 19). Toisaalta kasvukauden ulkopuolella kosteikolla ei ole aktiivista kasvillisuutta eikä eliötoimintaa.



KUVIO 19. Kokonaistypen (kok N) määrät ojanäytteissä (kk, ap, KR)



KUVIO 20. Kokonaisfosforin (kok P) määrät ojanäytteissä (kk, ap, KR)

Bakteerien osalta fekaalisia koliformeja on löytynyt suhteessa eniten kk-näytteistä lokakuusta 2012 alkaen lokakuun 2009 ollessa edelleen huippuvuosi, jolloin kk-pisteen näytteestä löytyi jopa 13 000 pmy/100 ml. Toisaalta samaan aikaan

alapuolelta niitä löytyi vain 150 pmy/100 ml, joten huleveden laatu ei ainakaan siinä vaiheessa ylittänyt vesistöjen uimakelposuusluokituksen raja-arvoja. Toisin oli syyskuussa 2011, jolloin alapuolen näytteestä havaittiin 810 pesäkettä. Lähes kaikissa alapuolen näytteissä fekaalisia koliformeja on löytynyt kuitenkin vähemmän kuin saman näytteenottokerran KR- ja kk-pisteiden näytteissä. Lisähavaintona voidaan todeta, ettei vuoden 2013 näytteissä ole todettu pesäkkeitä suhteettoman suuria määriä (≤180 pmy/100 ml), kuten joinakin edellisvuosina. Ulosteperäisiä bakteereja voi esiintyä hulevesissä suuria määriä, jos veden sekaan on päässyt jostain syystä vaikkapa viemärivesiä.

Fekaalisia streptokokkeja taas on löytynyt lokakuun 2013 näytteistä paljon, esimerkiksi alapuolen näytteestä havaittiin 380 pmy/100 ml, kun vesistönäytteessä niitä saa olla vain alle 200 pmy/100 ml, jotta vesi ei ole vielä olennaisesti terveysriski ja sopimatonta uimiselle. Toisaalta niiden määrät olivat erittäin vähäisiä saman vuoden huhtikuun näytteissä, joten hajonta vuoden aikojen vaihdellessa on erittäin suurta. Huhtikuun määrää voi selittää esimerkiksi näytteenottohetkestä jo ohi mennyt kuormituspiikki kevätsulannan aikana.

Kivipuron hulevesijärjestelmään kohdistuu hulevesiä noin 208 hehtaarin alueelta, kun Rantakylän vastaava luku on vain noin 15 hehtaaria. Kivipuron hulevesijärjestelmän valuma-alueeseen kuuluvasta Purolaaksosta löytyy rakennustyömaita (KUVA 15), tyhjiä rakentamattomia tonttialueita sekä päällystämättömiä tiealueita. Toisaalta tiheään rakennetut omakotitalot Aurinkorinteessä, jossa korkeusvaihtelut ovat varsin suuria, tontit pieniä ja päällystettyä pintaa on suhteellisen paljon pinta-alasta, lisäävät hulevesien syntyä. Kuten jo aiemmin on todettu, kaupunkiasukastiheyden kasvaessa myös hulevesien biologinen hapenkulutus kohoaa sekä kokonaistyppipitoisuus ja fekaalisten koliformien määrä lisääntyy, joten tiheärakenteisen asuntoalueen hulevesinäytteiden laaduissa on eroa verrattuna esimerkiksi haja-asutusalueiden hulevesiin. Toisaalta vastapainona tiheä asuinaluerakenne on ekologinen ja antaa tilaa toteuttaa luonnonmukaisia ja avoimia hulevesijärjestelmiä, jotka tuovat kaupunkikuvallista arvoa asuinalueelle. Useimmiten maanmuokkauksen ja metsähakkuiden jäljiltä hulevesien ja pohjaveden typpipitoisuudet ovat koholla, joten Kariston osalta on syytä selvittää, onko mahdollisia toimenpiteitä tehty.

Lisäksi täytyy pohtia, miten tällaisesta toiminnasta aiheutuvia haittoja voidaan tulevaisuudessa ennaltaehkäistä. Vastaanottavaan vesistöön kohdistuvaa ravinnekuormitusta voidaan vähentää tarpeen vaatiessa esimerkiksi suojavyöhykkeillä.

KUVA 15. Rakennustyömaita Purolaaksossa

Vuodenaikaisvaihtelut ovat monen muuttujan kohdalla havaittavissa. Esimerkiksi bakteerien osalta talven aikana lumeen sitoutuneet koirien jätökset vapautuvat sulannnan aikana aiheuttaen kuormitusta vastaanottavalle vesistölle. Näin ollen näytteet olisivat voineet olla toisena ajankohtana erilaiset sääolosuhteiden, vuodenaikaisvaihteluiden ja muiden ympäristötekijöiden takia. Huomattakoon lisäksi, että vastavalmistuneiden rakennettujen hulevesialtaiden ja kosteikkojen kyky puhdistaa hulevesiä ei ole yhtä hyvä kuin luonnollisten tai vanhempien altaiden ja kosteikoiden, joiden kasvillisuus ja olot ovat jo ehtineet vakiintua. Tämä saattaa selittää osaltaan nuorien kosteikkojen pidätyskyvyn heikkoutta. Toisaalta tulevaisuudessa tilanne voi olla hyvinkin erilainen, kun asuinalue on

kokonaan vakiintunut ja sen aiheuttama kuormitus on tasaisempaa. Kivipuron hulevesiallas-kosteikkoparin reduktioita (TAULUKKO 3) vertaamalla voidaan todeta typen pidättyvän enemmän hulevesijärjestelmässä kuin fosforin.

TAULUKKO 3. Kokonaistypen ja -fosforin sekä fekaalisten koliformien ja streptokokkien keskiarvoreduktiot [%]

Kivipuro	Typpi (N), kokonais-	Fosfori (P), kokonais-	Fek. koliformit (44 °C 24 h)	Fek. streptokokit (37 °C 48 h)
6.10.2009	49	-15	-115	-7
15.4.2010	7	10	-770	-102
9.11.2010	jäässä	jäässä	jäässä	jäässä
19.4.2011	-4	-19	48	71
22.9.2011	75	35	-206	-321
26.4.2012	7	18	82	-129
17.10.2012	14	9	59	25
23.4.2013	6	-70	-132	-71
25.10.2013	11	-77	11	-132

8.8 Korennonvirranoja

Taulukossa esitellään Korennonvirran ojapisteiden (ap, yp) näytteenottotuloksia (LIITE 3). Kivipuron kosteikolta hulevedet laskevat Kymijärven suuntaan ohjautuen edelleen Korennonvirranojaan. Korennonvirran alue on ollut aiemmin luonnontilainen kosteikkoalue, johon on kaivettu kanavisto. Kanavat eivät ole kovin syviä, joten kesäkuukausina pitkään jatkuneen poutajakson aikana vesi saattaa seisoa kanavassa pidemmän aikaa. Kanaviston keskellä on saareke, jolle on tarkoituksena laajentaa Kariston aluetta, muiden hyödynnettävissä olevien, niin sanotusti tyhjien, mutta potentiaalisten alueiden lisäksi.

Korennonvirranojasta on kerätty myös näytteitä sen ylä- ja alapuolelta, jotta saadaaan kartoitettua hulevesien ainepitoisuuksia käsittelyjärjestelmän jälkeen lähempänä hulevesien purkukohtaa Kymijärveen. Taulukkoaineiston perusteella

voidaan todeta, että Kivipuron kosteikon alapuolen sekä Korennonvirranojan yläpuolen saman ajankohdan näytteissä ei ollut erityisen suuria eroavaisuuksia, koska näytteenottopisteet sijaitsevat melko lähellä toisiaan. Lähes kaikissa tapauksissa kokonaisfosforin määrät ovat olleet Korennonvirran alapuolella pienemmät kuin yläpuolella, ja samaa kaavaa noudattelevat myös kokonaistypen määrät.

Ainoastaan vuoden 2010 huhtikuussa ap-näytteestä kokonaisfosforin määrä on ollut suurempi verrattuna yp-näytteeseen. Alimmillaan ala- ja yläpuolen kokonaisfosforimäärät ovat olleet syyskuussa 2011. Toisaalta hulevesien kokonaisfosfori- ja typpimäärät ovat yleisesti paljon suurempia kuin vastaanottavasta vesistöstä kerättyjen näytteiden määrät, vaikka jatkuvalla kuormituksella on tietysti pitkällä aikavälillä veden tilaa heikentäviä vaikutuksia. Kokonaistypen ja -fosforin sekä fekaalisten koliformien ja streptokokkien reduktiot esiintyvät positiivisina (TAULUKKO 4), joten reduktioita tarkastelemalla voidaan todeta Kivipuron ja Korennonvirranojan järjestelmäketjun toimivan.

TAULUKKO 4. Kokonaistypen ja -fosforin sekä fekaalisten koliformien ja streptokokkien reduktiot [%]

Korennonvirta	Typpi (N), kokonais-	Fosfori (P), kokonais-	Fek. koliformit (44 °C 24 h)	Fek. streptokokit (37 °C 48 h)
6.10.2009	25	54	89	81
15.4.2010	38	-83	94	14
9.11.2010	jäässä	jäässä	jäässä	jäässä
19.4.2011	17	20	70	51
22.9.2011	16	23	87	77
26.4.2012	29	10	87	28
17.10.2012	52	59	99	98
23.4.2013	jäässä	jäässä	jäässä	jäässä
25.10.2013	26	12	77	63

Fekaalisten koliformien ja streptokokkien osalta määrien vähentymistä ylä- ja alapuolen välillä on tapahtunut paljon. Toisaalta ojapisteiden etäisyyskin toisistaan on varsin suuri. Rantakylän hulevesijärjestelmän alapuolelta mitatut bakteerimäärät ovat melkein samat kuin Korennonvirranojan alapuolen, minkä perusteella voidaan todeta, että pidätystehoa löytyy.

Virtaamat ovat myös tasaantuneet kiitettävästi ylä- ja alapuolen välillä. Kaikki vesinäytteet on myös todettu hajuttomiksi huhtikuussa sekä syys-lokakuussa. Tosin, jos vesi seisoo kanavistossa kuivan kauden aikana vaihtumatta pitkiä aikoja, tämä saattaa aiheuttaa hajuhaittoja ainakin kanavan lähiympäristön asuntoalueille. Ulkonäöllisesti näytteet ovat sisältäneet kiintoainesta, mutta lähivuosina kuitenkin vain lievästi. Vesinäytteen ulkonäköön voivat vaikuttaa esimerkiksi savisamennus, biomassa ja jätevesikuormitus, jotka taas heikentävät veden näkösyvyyttä.

9 KARISTON ASUKASKYSELY

Lahden seudun ympäristöpalveluiden toiveesta on kartoitettu asukkaiden mielipiteitä ja kokemuksia Kariston luonnonmukaisesta hulevesien hallinnasta. Asukaskysely ja tiedote opinnäytetyöstä (LIITE 4) (LIITE 5) on laadittu ja jaettu Kariston alueelle vuoden 2013 joulukuussa. Rajaukseen kuuluvat Rantakylän, Aurinkorinteen ja Purolaakson alueet, jotka ovat lähinnä hulevesijärjestelmiä. Purolaakson osalta monet tontit ovat kuitenkin tyhjinä tai asuintalot ovat vasta rakennusvaiheessaan, joten vakinaisia asukkaita ei kaikkialla vielä ollut. Kyselyitä tehtiin yli 300 kappaletta, joista osa jäi jakamatta puuttuvien postilaatikoiden takia. Kyselyihin on tullut vastauksia Lahden seudun ympäristöpalveluiden toimistolle 10.1.2014 mennessä 57 kappaletta, joten vastausprosentiksi tulee noin 19 %. Yhtään vastauksia ei tullut sähköpostiin, joka oli postimaksuvastauksen rinnakkaisvaihtoehto.

9.1 Perustiedot

Kyselyyn vastanneista 60 % on naisia, 33 % miehiä ja 7 % ei ilmoittanut kumpaakaan. Kyselyn sivulla 1 (LIITE 5) on kysytty asukkaiden perustietoja. Vastaajista hieman yli puolet ilmoittaa olevansa 36 - 45 vuotta, 33 % vastaa asuneensa Karistossa yli viisi vuotta ja etäisyyttä hulevesialtaaseen tai kosteikkoon on matkaa alle 100 metriä tai 200 - 500 metriä kotoa. Lisäksi 30 % vastaajista ilmoittaa asuvansa lähellä Korennonvirran kanavistoa, 28 % lähellä Kivipuron hulevesiallasta, 28 % Aurinkorinteen alueella ja loput 14 % lähinnä Rantakylän hulevesiallasta (TAULUKKO 5).

TAULUKKO 5. Asukaskyselyn perustietoja

Ikä	Olen asunut Karistossa	Kuinka lähellä huleve-siallasta tai -kosteikkoa asutte?
20 – 25 vuotta, 1 % 26 – 35 vuotta, 14 % 36 – 45 vuotta, 51 % 46 – 55 vuotta, 25 % Yli 55 vuotta, 9 %	Alle 1 vuoden, 11 % 1 – 3 vuotta, 26 % 3 – 5 vuotta, 30 % Yli 5 vuotta, 33 %	Alle 100 m, 37 % 100 – 200 m, 18 % 200 – 500 m, 37 % 0,5 – 1 km, 5 % Yli 1 km, 3 %

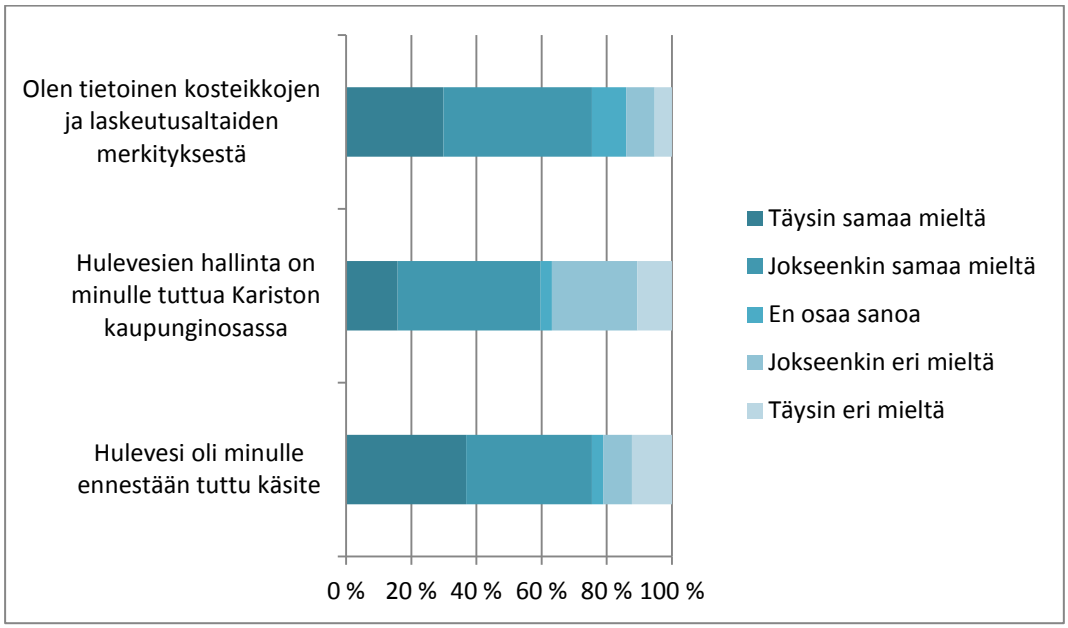
9.2 Tietoisuus

Sivulla 2 kartoitettiin asukkaiden yleistä tietoisuutta hulevesistä (KUVIO 21). Suurin osa vastaajista tuntee hulevesi-käsitteen entuudestaan. Moni vastaajista myös kokee tuntevansa asuinalueensa hulevesin hallintaa ainakin jonkin verran ja on tietoinen laskeutusaltaiden ja kosteikkojen päämerkityksestä. Toiset ovat yllättyneet kyselyn yhteydessä ilmi tulleista järjestelmistä.

> *En ole koskaan ajatellut, että Korennonvirta on osa hulejärjestelmää. Tuleehan sieltä 3. kosteikosta tosiaan vedet putken kautta tähän. Hienoa.*

> *Aika outo asia. Vasta jokin aika täällä asuttuamme minulle selvisi, mikä läheinen ”lampi” on.*

> *Hulevesi on minulle tuntematon käsite. Kuulen siitä ensimmäistä kertaa tämän kyselyn ansiosta.*



KUVIO 21. Tietoisuus

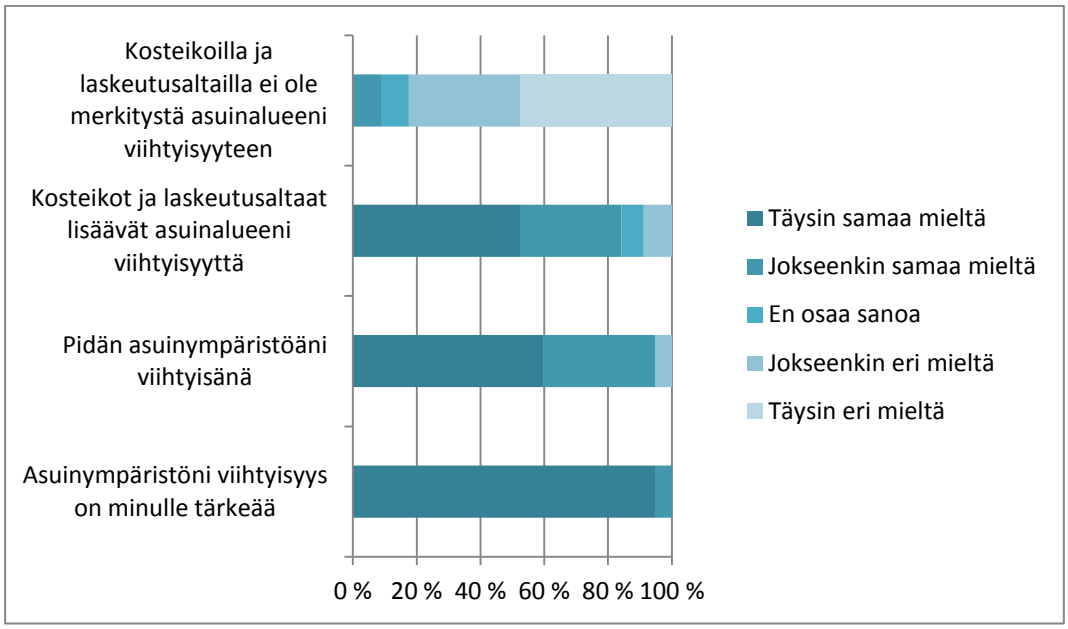
9.3 Viihtyvyys

Sivuilla 2 ja 3 on kartoitettu asukkaiden mielipiteitä ja ajatuksia Kariston viihtyvyydestä sekä avoimin kysymyksin että väittämin (KUVIO 22). Avoimessa muodossa on kysytty, mikä tekee Kariston asuinympäristöstä viihtyisän. Suurin osa on kokenut muun muassa alueen ulkoilumahdollisuudet ja luonnon, veden läheisyyden, leikkipaikat, siisteyden sekä rauhallisuuden tekevän Karistosta viihtyisän alueen asua. Viihtyisyyttä heikentävinä tekijöinä on mainittu esimerkiksi rehottavat ja hoitamattomat viheralueet, vaikka muuten asuinympäristö koetaan korkeatasoiseksi. Kaupungin tulisi harkita viheralueiden hoitoluokan nostamista, jolloin myös katujen varsilta kerättäisiin roskia useammin?

> *Järvenpään ja Rantakylän osalta toimiva kaavoitus (mm. talot kadussa kiinni), vaihtelevat yksilölliset talojen värit + mallit, vaihteleva maasto/luonto lähellä (järvi, mäkeä, metsää). ”Puistoalueet” voisivat olla myös viihtyisiä, jos niistä pidettäisiin huolta. Nurmikaistaleiden annetaan kasvaa turhan pitkiksi -*

epäsiisti ja -viihtyisä ilme. Hulevesialtaat myös kivoja. Voisiko niiden reunamilla tehdä jotain??

Puhdas luonto. Ikävä kyllä aluetta roskataan paljon. Ei ole riittävästi roskiksia, tai niitä ei käytetä. Kadunvarret täynnä roskia. Ikävä kyllä alue pilataan myös liialla rakentamisella.



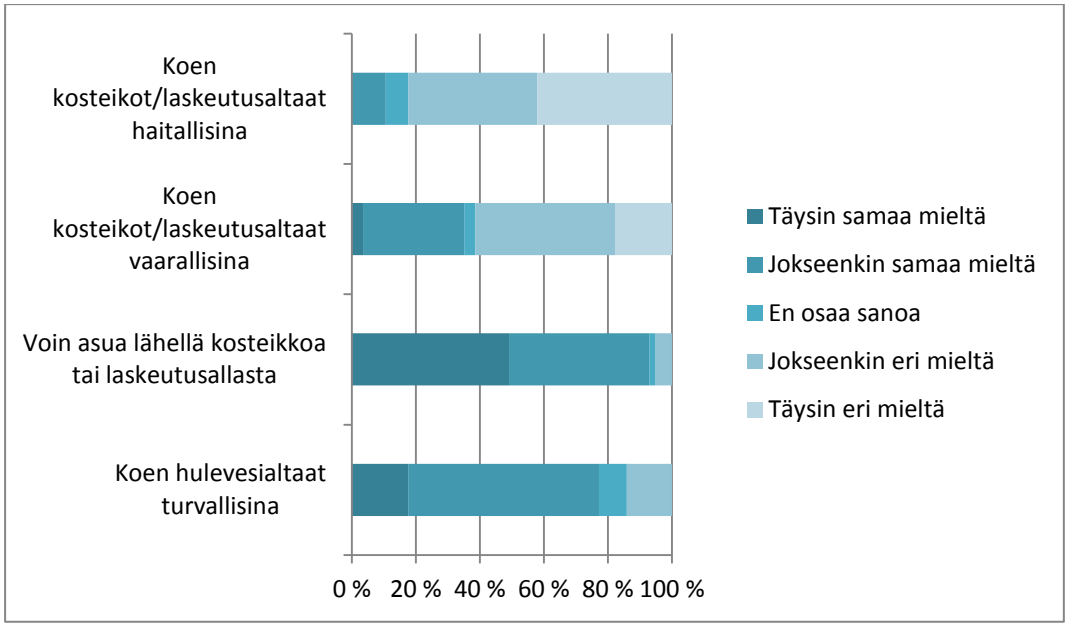
KUVIO 22. Viihtyvyys

9.4 Turvallisuus

Asukkaiden mietteitä hulevesialtaiden ja kosteikkojen turvallisuudesta on kartoitettu kyselyn sivulla 3. Väittämiin tulleiden vastausten perusteella suurin osa ei koe vesielementtejä haitallisina tai vaarallisina (KUVIO 23). Eräs vastaaja perustelee altaiden olevan turvallisia, koska ne ovat matalia eikä niissä ole isoa virtausta. Toinen vastaaja toisaalta viittasi allas- ja kosteikkoalueiden olevan haitallisia jyrsijöiden vuoksi ja vaarallisia virtapaikoissa talvella heikkojen jäiden takia. Monet ovat kommentoineet erikseen vapaasanaisesti altaiden ja kosteikkojen olevan riskialttiita pienille lapsille hukkumisvaaran takia. Eräs

vanhempi on ehdottanut muun muassa varoituskylttien asentamista vaarallisille alueille riskien minimoimiseksi. Toisaalta muutamat vanhemmat painottavat vastuun lapsien liikkumisesta kuuluvan ensisijaisesti vanhemmille itselleen.

> *Vanhempien tulee pitää huolta, etteivät pienet lapset mene yksin lähelle näitä alueita (ilman valvontaa).*
>
> *Vesi kiinnostaa lapsia ja joka lätäkössä on lapset oli sitten kesä tai talvi. Kosteikot lisää punkkeja? Punkkeja alueella poikkeuksellisen paljon.*
>
> *Kariston koulun lähellä olevassa kosteikossa pitäisi miettiä turvallisuusasioita. Liettyvä pohja voi olla vaarallinen. Muutama lapsi on ”mulannut” koulun lähellä olevassa kosteikossa.*



KUVIO 23. Turvallisuus

Lisäksi sivulla 4 on esitetty kysymys, onko hulevesien määrästä tai laadusta ollut haittaa. Eräs Rantakylän altaan läheisyydessä asuva vastaaja huomauttaa altaan olevan loppukesästä epäsiistissä kunnossa. Toinen vastaaja kertoo naapurinsa

kärsineen hulevesijärjestelmän (4.) tulvinnasta rankkasateen aikana, mutta ongelman poistuneen ilmeisesti myöhemmin maanmuokkauksen ansiosta. Lisäksi eräs asukas kertoo hulevesistä aiheutuneen heille haittaa kuntateknisen virheen vuoksi. Tulvintaa on ilmeisesti tapahtunut ojastoissakin.

> *Meidän tontillamme hulevesien ohjaus ei onnistunut tarkoituksen mukaisesti kuntatekniikan virheen vuoksi. Siitä on aiheutunut meille paljon päänvaivaa, kun vesien ohjaus jäi omalle vastuulle. Hulevesiputken pää tontin reunalla oli liian korkealla ja kaato reilusti tonttiin päin.*

> *Aiemmin osa siltarummuista tukkeutui talvella/keväällä ja ojien vedenpinta nousi korkealle. Ohut jää ja syvä vesi lasten koulureitillä on vaarallinen yhdistelmä.*

Muutama asukas tähdentää korkeusvaihteluiden aiheuttavan hulevesiongelmia, mutta myös maa-aineksen kulkeutumista naapureiden tonteille ja kaduille. Esimerkiksi rinteiltä vedet ovat tulleet pihaan ja asukkaat ovat joutuneet viemäröimään tontilla omakustanteisesti ylimääräisten lammikoiden syntymisen takia. Korennonvirran kanaviston lähellä asuva vastaaja muistelee ainakin kerran rankkasateen aiheuttaneen veden tulvintaa kosteikon suulla ja veden levinneen lähitalojen pihoihin. Lisäksi Kivipuron hulevesialtaan veden koetaan olevan kesäisin usein hyvin leväistä ja rehevöitynyttä. Sama vastaaja on huolestunut myös altaan veden kulkeutumisesta aina Kymijärveen asti rehevöittäen sitä entisestään.

9.5 Kaupunkisuunnittelu

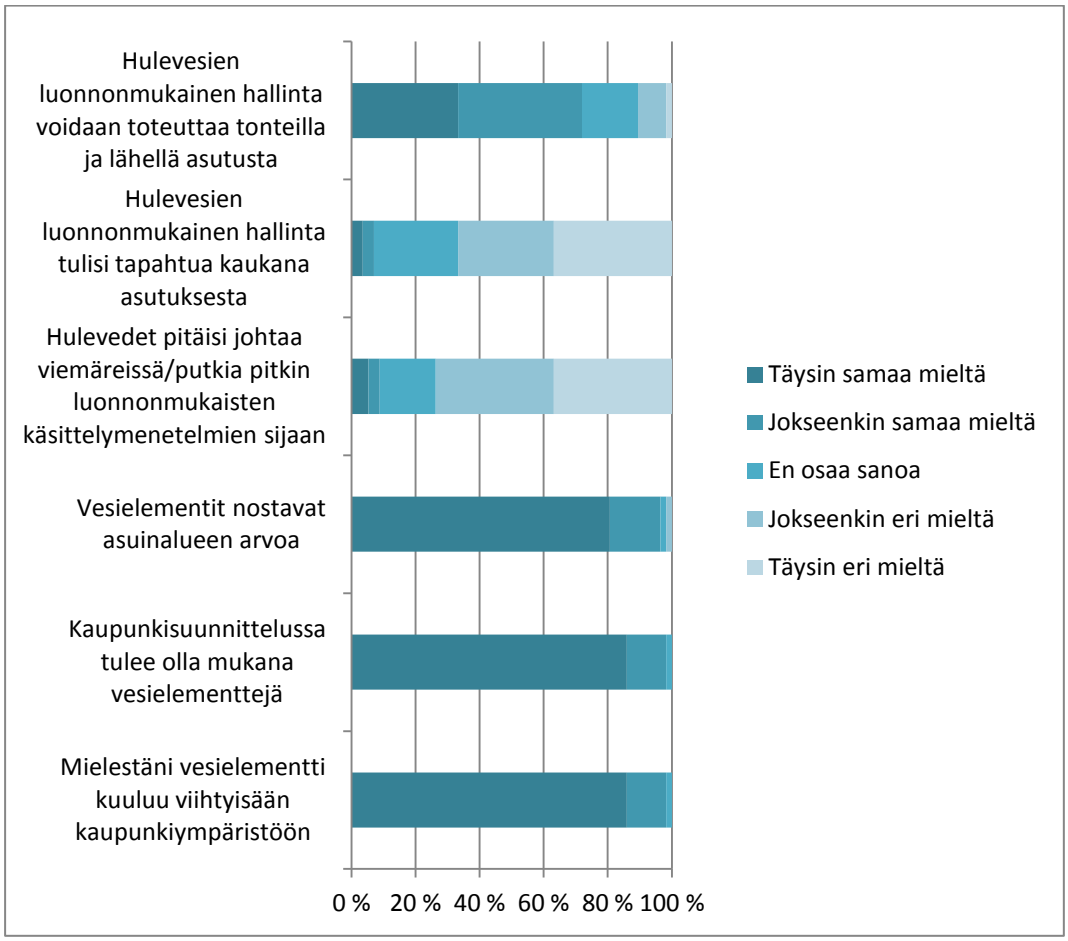
Kyselyn sivulla 4 asukkaille on esitetty väittämiä vesielementtien hyödyntämisestä kaupunkisuunnittelusta (KUVIO 24). Useimmat asukkaat suhtautuvat myönteisesti luonnonmukaisiin hulevesijärjestelmiin asuinalueellaan, ja kokevat ne alueen arvoa nostattavina. Yksi vastaaja lisäksi painottaa hulevesien hallinnan menetelmien olevan paikkasidonnaista, eikä ole olemassa yhtä ainoaa tapaa toteuttaa käsittelyä. Eräs vastaaja ottaa esille myös hulevesien kuormittavan

sekaviemäröitynä jätevedenpuhdistusta suuremmilla vesimäärillä. Toisaalta toinen toteaa viemäröinninkin olevan tärkeää paikasta riippuen.

> *Kun altaan maisemointi on hoidettu, mitä ihmeen haittaa niistä olisi? Viemäröintiin johdettuna kuormittavat muuta jätehuoltoa. Käsiteltävät vesimäärät MIELETTÖMÄN suuria!*

> *Ei mitään mustavalkoista vaan järkevää suunnittelua niin kuin täällä Karistossa. Taajamaa ja kaupungin keskustaa ei voi suunnitella samalla tavalla.*

Vesielementtien hyödyntäminen ja käyttö kaupunkisuunnittelussa nähdään myös biologisesti tärkeänä, esimerkiksi niittyjen merkitys perhosille. Toisaalta eräs vastaaja huomauttaa, että joka paikkaan ei myöskään vesi kuulu. Kolmas lisäksi toivoo, että hulevesialueita pitedään siistinä, eikä niistä saisi tulla mitään ”rämeitä”.



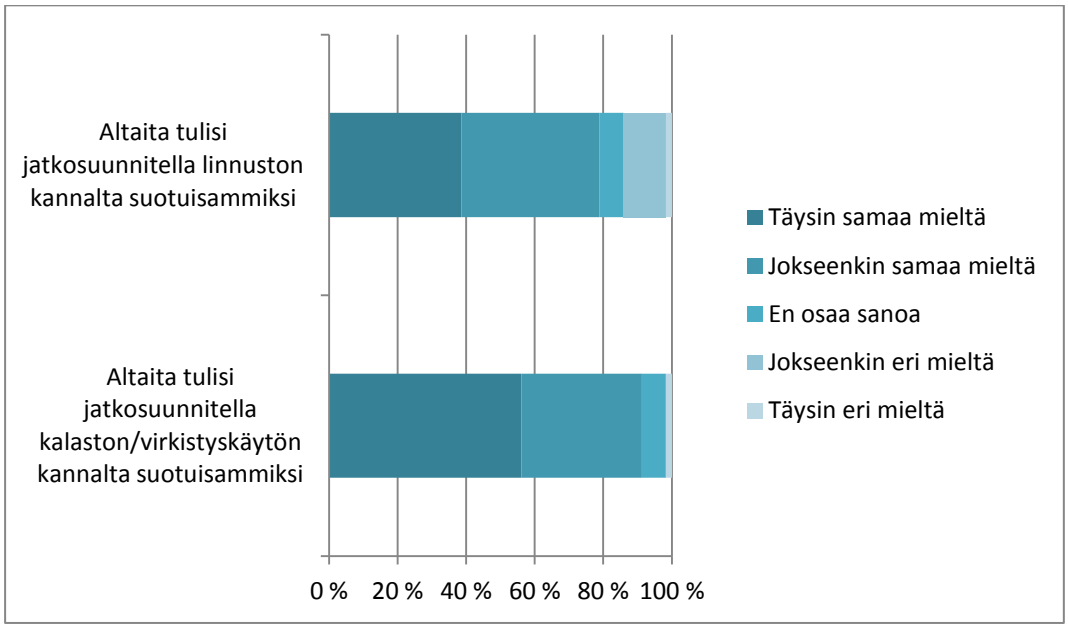
KUVIO 24. Kaupunkisuunnittelu

9.6 Jatkosuunnittelu ja kehittäminen

Kyselyn sivulla 5 kartoitetaan asukkaiden näkemyksiä alueen jatkokehittämiseen (KUVIO 25). Useat kokivat lomakkeen kehittämisehdotukset, kuten onkilaiturien ja vesilintujen pönttöjen sijoittamisen allasympärisöön hyvinä ideoina, jos niistä ei aiheudu sivuhaittoja. Muutamat eivät halunneet muutoksia nykyiseen. Lisäksi useassa kohdassa on tullut esille, että Karistoa pitäisi kehittää enemmän puistomaiseen suuntaan. Muita esiin tulleita kehittämisehdotuksia ovat muun muassa, että kasvillisuutta tulee siistiä, istuskelu- ja piknikpaikkoja (penkit ja pöllit), pelailu- ja kuntoiluvälineitä sekä pitkospuita lisätä. Altaiden reunuksia kannattaa myös siistiä kiveyksin ja istutuksin. Monet toivottavat eläimet tervetulleiksi alueelle, kun taas toisaalta jotkut asukkaat kokevat jo nykyisten

lintulajien olevan tarpeeksi haitaksi (varikset, harakat ja lokit). Onkilaiturin suhteen todettiin idean olevan hyvä, jos sen siisteydestä myös huolehditaan. Muutamat vastaajat ovat harmissaan kaupungin kehnosta panoksesta ylläpitää Kariston viheralueita hyvässä kunnossa ja toivovat tilanteen parantuvan jatkossa.

> *Nyt ihmiset vain kävelevät vesialueiden ohitse, mutta minusta olisi mukava, jos alueilla olisi jotakin nähtävää esim. erilaisia kasveja, jotka saisivat ihmiset pysähtymään ja nauttimaan alueesta.*
>
> *Onkilaituri periaatteessa yes. Varsinkin, jos siitä ei tule nuorison oleskelupaikkaa. Telkän pönttöjä ei ole koskaan liikaa.*
>
> *Laiturit ovat mainio idea, mutta mm. lokkiparvet lentävät aamulla kuin kukko kanalaan!*
>
> *Ei linnustoa houkuttavia toimia.*



KUVIO 25. Jatkosuunnittelu

10 CASE: BIOSUODATUS KYTÖLÄSSÄ

10.1 Biosuodatusmenetelmä

Biosuodatus on Yhdysvalloissa 1990-luvulla kehitetty hulevesien laadullinen hallintamenetelmä, joka kuuluu niin sanotusti Best Management Practices (BMP) -menetelmiin, joihin kuuluvat myös kosteikot, sadepuutarhat sekä läpäisevät päällysteet (Roy-Poirier ym. 2010, Komulaisen 2012, 24 mukaan). Hulevettä suodatetaan matalassa kasvillisuuspainanteesta maakerrosten läpi, jolloin hulevedestä pidättyy raskasmetalleja, ravinteita ja kiintoainesta maaperään biologisen, kemiallisen ja mekaanisen toiminnan seurauksena (Vantaan kaupunki 2013). Lisäksi kerrosrakenteen on tarkoitus minimoida ylivirtaamia ja ylläpitää maaperässä vallitsevaa vesitasetta (Sänkiaho & Sillanpää 2012, 19). Tällaista hulevesien käsittelymenetelmää kutsutaan biosuodatukseksi. Hinmanin (2005, 1) mukaan biosuodatus kuuluu hulevesien hallintamenetelmiin, jossa ympäristöä ja sen luonnollisia prosesseja pyritään hyödyntämään jäljittelemällä veden luonnollista kiertokulkua luonnollisen tilanteen pohjalta ennen hulevesien syntyalueen rakentamisen aikaa.

Päämäärien saavuttamiseksi voidaan suunnittelun avulla lisätä haihduntaa, kasvien hyötykäyttöä ja imeytystä. Biosuodatus soveltuu erinomaisesti kokonsa puolesta esimerkiksi vanhojen alueiden saneerauskohteisiin, joissa tilaa ei ole riittävästi suuremmille avoimille hulevesijärjestelmille. Biosuodatusrakenne voidaan toteuttaa tilarajoittuneeseen ympäristöön jälkikäteen, mikä antaa mahdollisuuden tehostaa ja luonnonmukaistaa jo rakennettujen alueiden hulevesien käsittelyä. (Komulainen 2012, 24.) Biosuodatus saattaa olla parhain hulevesien käsittelymenetelmä alueilla, joiden hulevedet sisältävät suuria määriä kiintoainetta, liukoisia epäpuhtauksia tai jos kemikaalipäästöjen riski on olemassa, esimerkiksi liikenne-, keskusta- tai teollisuusalueilta (Suomen Kuntaliitto 2012, 147). Useissa muissa maissa biosuodatus on paljon edistyksellisempi hulevesien käsittelymenetelmä kuin Suomessa. Biosuodatusta tai samantyyppistä ideologiaa noudattelevia rakenteita käytetään kaupunkiympäristöissä teiden, pysäköintialueiden ja rakennusten reunavyöhykkeillä suodattamaan pinnoilla syntyviä hulevesiä. (Sänkiaho & Sillanpää 2012, 19.)

10.1.1 Rakenne

Biosuodatus eli myös toiselta nimeltään biopidätys viivyttää, imeyttää ja puhdistaa hulevesiä kasvillisuuden verhoamassa painanteessa, josta vesi imeytyy maaperään ja suodattuu rakenteessa (Vantaan kaupunki 2013). Kasvillisuuspainne tyhjenee sadetapahtumien välissä, koska viipymää ei ole suunniteltu pitkäkestoiseksi (Sänkiaho & Sillanpää 2012, 19). Hulevettä suodatetaan maan orgaanisten rakennekerrosten läpi, josta vesi voi imeytyä syvemmälle maahan, ohjautua salaojan kautta erilliseen hulevesiverkostoon tai vastaanottavaan vesistöön (Komulainen 2012, 25). Biosuodatusrakenne eroaa muista imeytysmenetelmistä sen sisältäessä monipuolista kasvillisuutta ja katekerroksen, joita muista viivytys- ja imeytysjärjestelmistä ei välttämättä löydy. (Muthanna 2007, Komulaisen 2012, 25 - 26 mukaan.)

Kasvillisuus ja sen juurakot haihduttavat vettä rakenteesta, sitovat maa-ainesta, pitävät maa-aineksen huokoisana sekä hyvin läpäisevänä, jolloin hulevesien imeytyminen on tehokasta (Vantaan kaupunki 2013). Suomessa biosuodatuksen vaatiman kasvillisuuden on oltava lajistoltaan hyvin vettä ja kylmiä olosuhteita sietävää. Lisäksi kasvillisuuden tulee pidättää ravinteita ja raskasmetalleja tehokkaasti, jotta puhdistumista tapahtuisi riittävästi. Trowsdale ja Simcock (2011) toteavat, että biosuodatusrakenteella on mahdollista imeyttää hulevesiä, jos pohjamaaperä on hyvin läpäisevää. Kaupunkiympäristössä läpäisemättömät pinnat eivät edesauta hulevesien luontaista imeytymistä maaperään, joka voi rajoittaa pohjaveden muodostumista ja varantoja, jolloin rajoittuneeseen tilaan sopiva biosuodatusrakenne saattaa olla otollinen ratkaisukeino ongelmaan. (Trowsdale & Simcock 2011, Komulaisen 2012, 26 mukaan.)

Koko rakenne koostuu yleensä maanpinnan matalasta (15 - 40 cm) kasvillisuuspainanteesta, orgaanisesta kerroksesta (5 - 7 cm), suodatinkerroksesta (30 - 70 cm) ja siirtymäkerroksesta (10 cm) tai suodatinkankaasta ja kuivatuskerroksesta (15 - 20 cm). Syvempi rakennemalli imeyttää ja haihduttaa vettä tehokkaammin kuin matalan mallinen rakenne. (Melbourne Water 2005, Komulaisen 2012, 26 mukaan). Lisäksi syvemmillä suodatusrakenteilla voidaan päästä lähelle luontaisia virtaamaolosuhteita, jotka alueella ovat vallinneet ennen

rakentamista. Mikäli vesien kuivatukselle ei ole tarvetta, riittävät kasvillisuus, kate- ja suodatinkerros rakennekerroksiksi. Jos maaperän vallitseva maalaji on huonosti läpäisevää tai imeyttämistä ei voida jostakin muusta syystä käyttää, mutta kuitenkin kuivatuksesta halutaan huolehtia, voidaan biosuodatusrakenteeseen tehdä erillinen kuivatuskerros. Näin ollen järjestelmästä saadut hyödyt ovat hulevesien puhdistuminen ja viivytys. (Komulainen 2012, 26 - 27, 31.) Jos vettä ei saa päästää imeytymään maaperään ollenkaan, voidaan rakenne erottaa muusta maaperästä asiaan kuuluvalla vedenpitävällä eristeellä. (Suomen kuntaliitto 2012, 184.)

Jos painanteessa on tarkoitus käyttää tiheää ruohokasvillisuutta, on hyvä jättää orgaaninen puunkuori- tai hakekatekerros asentamatta, koska kasvuston juuret eivät kykene ulottumaan tällöin riittävän syvälle. Maksimi katekerros saa olla tällöin vain 5 - 7 cm, jotta hiilidioksidin normaali kierto ei heikenny maaperän ja ilman välillä. Katekerroksella on kuitenkin tärkeitä hyötyjä biosuodatusprosessissa. Se suodattaa muun muassa suurimmat määrät hulevesien sisältämistä metalleista, suojaa rikkaruohoilta ja ehkäisee maan kuivumista. (Prince George's County 2007, InfraRYL 2010, Komulaisen 2012, 27 mukaan.)

Komulainen (2012, 27) toteaa, että suodatinkerroksen maalajin tulee olla toisaalta vettä hyvin läpäisevää, mutta samalla myös riittävän viivyttävää ja bioaktiivista. Tällaisia ehtoja täyttävät parhaiten hiekka- ja silttimaalajit. (Komulainen 2012, 27.) Toisaalta Sänkiahon ja Sillanpään (2012, 20) mukaan myös hiekka- ja multamaiden sekoitukset voivat toimia hyvin. Suodatinkerrokseen voidaan sekoittaa esimerkiksi orgaanista ainesta lisäämään raskasmetallien pidättymistä, vaikka toisaalta se saattaa aiheuttaa fosforin huuhtoutumista rakenteesta (Bratieres ym. 2008, Komulaisen 2012, 27 mukaan). Aineet, joita erityisesti hulevesistä halutaan pidättää, kannattaa huomioida materiaalikoostumusvalinnoissa. (Komulainen 2012, 27.) Toisaalta Suomen olosuhteisiin nähden kasvualustatietoa on varsin vähän (Suomen kuntaliitto 2012, 229), joten aiheen tutkimustarve on olemassa.

Kuivatuskerros on astetta suurirakeisempaa kooltaan, joten suodatin- ja kuivatuskerroksen väliin on hyvä asentaa jokin kerroksia erotteleva elementti,

kuten suodatinkangas tai siirtymäkerros, joka on raekooltaan näiden kahden välimuoto. Siirtymäkerros voi olla esimerkiksi karkeaa hiekkaa, hienojakoista soraa tai soraa. Suodatinkankaan käytössä on aina tukkeutumisvaara, joten se ei välttämättä ole paras mahdollinen vaihtoehto maalajien erottelijaksi. (Vantaan kaupunki 2013.)

10.1.2 Raskasmetallien pidättyminen

Biosuodatuksen tehokkuus piilee sen kyvyssä sitoa sekä partikkelimuotoisia että liukoisiakin raskasmetalleja, ja useissa kokeellisissa tutkimuksissa onkin todettu sen pidätyskyvyn olevan jopa 90 % (Komulainen 2012, 28). Luonnon tasapainoa häiritsevät etenkin raskasmetallien liukoiset muodot niiden ollessa haitallisia vesistöille ja erityisen reaktioherkkiä päädyttyään kontaktiin ympäristön kanssa (Blecken ym. 2011, Komulaisen 2012, 28 mukaan). Biosuodatuksella hulevesien sisältämiä metalleja pidättyy kasvillisuuteen, orgaaniseen kerrokseen ja suodatinkerroksen yläosaan, ja vain pieni osa metalleista johtuu huleveden mukana suodatusrakenteen läpi (Komulainen 2012, 29). Eikä ainoastaan suodatinmateriaalin valinnalla, vaan myös kasvilajistolla on merkitystä haitta-aineiden pidättymisessä, sillä jotkin kasvilajit pidättävät jopa kaksikymmenkertaisesti haitta-aineita toisiinsa nähden (Read ym. 2008, Komulaisen 2012, 29 mukaan). Oikeanlaisilla kasvi- ja maalajivalinnoilla tai niiden yhdistelmillä voidaan parantaa biosuodatusrakenteen puhdistamistulosta (Bratieres ym. 2008, Read ym. 2008, Komulaisen 2012, 29 mukaan).

Lämpötilan nousulla ei ole erityistä merkitystä reduktiotehokkuuteen, tai jos on niin vain positiivisesti (Komulainen 2012, 29). Toisaalta on tutkittu myös biosuodatuksen hyödyntämistä lumen sulamisvesien käsittelyyn, jolloin yleisesti tulokset ovat olleet hiukan pienempiä kuin sula-aikana, mutta silti ne osoittavat prosessin toimivan. Sen sijaan tiesuolauksesta johtunut kloridi ei poistunut sulamisvesistä suodatuksen avulla. (Blecken ym. 2011, Muthanna ym. 2007, Komulaisen 2012, 30 mukaan.)

Kasvit luonnollisesti eivät kykene pidättämään haitta-aineita samassa suhteessa kylminä aikoina kuin kasvukaudella niiden aktiivisuusaikaan. Huomion arvoinen

seikka lienee myös Suomen ilmasto-olosuhteiden haasteellisuus kasvien ja maan routaantumisen osalta. Toisaalta ilmastonmuutoksen vaikutukset pitävät jatkossa yhä useamman talven leutona, ainakin Etelä-Suomessa, jolloin lumen sijaan sataa vettä. Tällöin biosuodatusrakenne voi silti toimia maanalaiskerroksiltaan, vaikka kasvillisuuden hyödyt puuttuisivat.

10.1.3 Ravinteiden pidättyminen

Biosuodatus on sovelias hulevesien puhdistaja myös ravinteiden suhteen. Kasvilajivalinnoilla on merkitystä lähinnä kokonaistypen määriin, koska joidenkin lajien on havaittu jopa lisäävän hulevesien kokonaistyppimääriä, eli toimivan typen lähteinä, kuin vähentävän niitä. Toisaalta, jos biosuodatusrakenne jätetään maanpäällisiltä osiltaan kasvittomaksi, typpeä pidättyy huonommin kuin tarkoin valitun kasvilajiston avulla (Sänkiaho & Sillanpää 2012, Komulaisen 2012, 33 mukaan). Fosforin pidättymisellä taas ei näytä olevan erityisiä lajistovaatimuksia kasvillisuuden suhteen (Bratieres ym. 2008, Komulaisen 2012, 32 mukaan). Myöskään lämpötilan muutoksilla ei näyttäisi olevan vaikutuksia kokonaisfosforin eikä myöskään suspendoituneen kiintoaineksen reduktiotehokkuuteen, kun molempien osalta reduktiot ovat yli 90 % lämpötilasta riippumatta. (Blecken ym. 2010, Komulaisen 2012, 32 mukaan.)

Lämpötilan nousun on todettu lisäävän kokonaistypen huuhtoutumista biosuodatusrakenteesta. Samalla liuenneen typen osuus kokonaistypestä kasvaa, johtuen nitrifikaatiosta, jossa ammoniakki reagoi orgaanisen typen kanssa muodostavan typen liukoisia muotoja eli nitriittiä ja nitraattia. Denitrifikaatiota, jossa typen liukoiset muodot muuttavat olomuotoaan typpikaasuksi ja typpioksidiksi, ei kuitenkaan tapahdu, jos maaperä ei ole vedellä kyllästynyt eikä se sisällä hiiltä (Blecken ym. 2010, Komulaisen 2012, 32 mukaan). Biosuodatusrakenteen vesikyllästetyllä kerroksella ja siihen lisätyllä hiilellä on tutkimusten mukaan vaikutuksia kyllä joidenkin raskasmetallien pidättymisessä, mutta se ei ole sovelias toteuttaa kylmissä ilmasto-oloissa jäätymisriskin takia. (Blecken ym. 2009, Komulaisen 2012, 30 - 31 mukaan.)

Tiesuolan, eli natriumkloridin on havaittu häiritsevan typen pidättymistä biosuodatusrakenteessa, joilla on maanpäällinen kasvillisuuskerros, keväällä lumien sulamisajankohtana. Kun tiesuolaa ei ole käytetty, typen reduktio lumen sulamisvesistä on noin 54 %. Suolan esiintyminen hulevesissä heikentää typen reduktiota tällöin sen ollessa vain 45 %. Toisaalta kasviton biosuodatusrakenne näyttää vaikuttavan enemmän typen pidättymiseen kuin hulevesien sisältämä suola, koska kasvittomassa rakenteessa typpeä vuotaa huleveden mukana enemmän kerrosten läpi, sisälsi vesi suolaa tai sitten ei. (Sänkiaho & Sillanpää 2012, 21.)

Biosuodatusrakenteen suodatinkerroksen syvyyksien vaihtelulla (30 - 70 cm) ei ole olennaista vaikutusta sen kykyyn pidättää ravinteita. Se voi kuitenkin parantaa sekundaarisesti puhdistuvuutta vaikuttamalla kasvien juurakkojen kasvuun, kun kasvit voivat luonnollisesti ulottaa juurensa pidemmälle syvemmässä rakenteessa, jolloin ravinteita pidättyy tehokkaammin. (Bratieres ym. 2008, Komulaisen 2012, 33 mukaan.) Toisaalta kylmiä olosuhteita ajatellen suodatinrakenteen syvyydellä on merkitystä, jos rakenne ulottuu routimisrajan alapuolelle. Kun rakenteen alaosa on sulana, myös sen imeyttämistehokkuus on suurempi (Muthanna ym. 2008, Komulaisen 2012, 33 mukaan). Rakenteen maalajivalinnoissa tulee huomioida kylmien ilmasto-olojen sivuvaikutukset, jolloin maaperän on hyvä olla erityisen suurikapasiteettinen hydraulisilta ominaisuuksiltaan, jotta vältytään esimerkiksi umpeenjäätymiseltä (Hatt ym. 2009, Komulaisen 2012, 34 mukaan). Kun hulevesi imeytyy nopeammin rakenteen läpi, myös tilaa saadaan säästettyä ja rakennetta voidaan hyödyntää, esimerkiksi ahtaissa paikoissa tai saneerauskohteissa, joissa tilaa on yleensä vain rajallisesti. Toisaalta, jos imeytyminen on liian nopeaa, haitta-aineet eivät ehdi pidättyä yhtä hyvin. (Komulainen 2012, 34.)

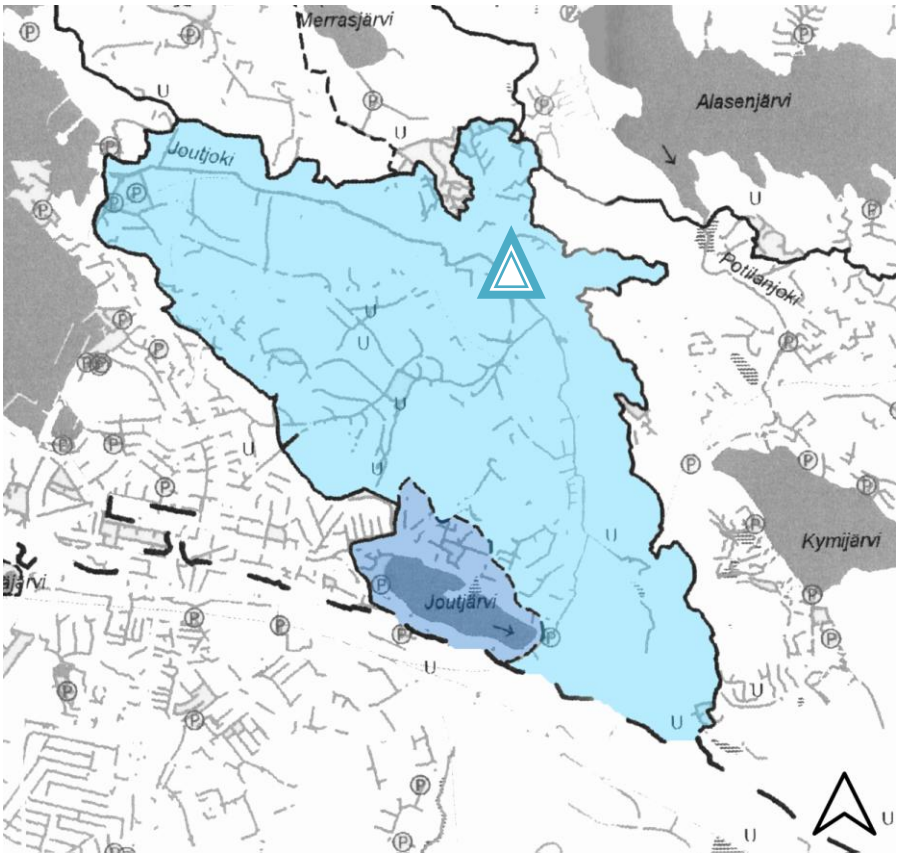
10.2 Case-tutkimus ravinteiden ja haitta-aineiden reduktioista

Lahden seudun ympäristöpalveluiden toiveena on ollut lisäksi selvittää ILKKA-hankkeeseen liittyen Kytölän Konekadun ympäristön hulevesien biosuotautumista ja sen tehokkuutta. Kytölä rajautuu luoteis- ja pohjoisosiltaan Savontiehen sekä lounaassa Alasenjärven rantaan (Lahti Region 2013b). Alueena Kytölä elää murroksen aikaa asukassukupolvien vaihtuessa, mikä myös osaltaan selittää

Kytölän alueelta löytyvän rakennuskantaa aina 1950-luvulta lähtien, ja uusia pientalovaltaisia asuntoalueita rakennetaan vilkasta vauhtia (KUVA 16).

KUVA 16. Rakentamistoimintaa Kytölässä

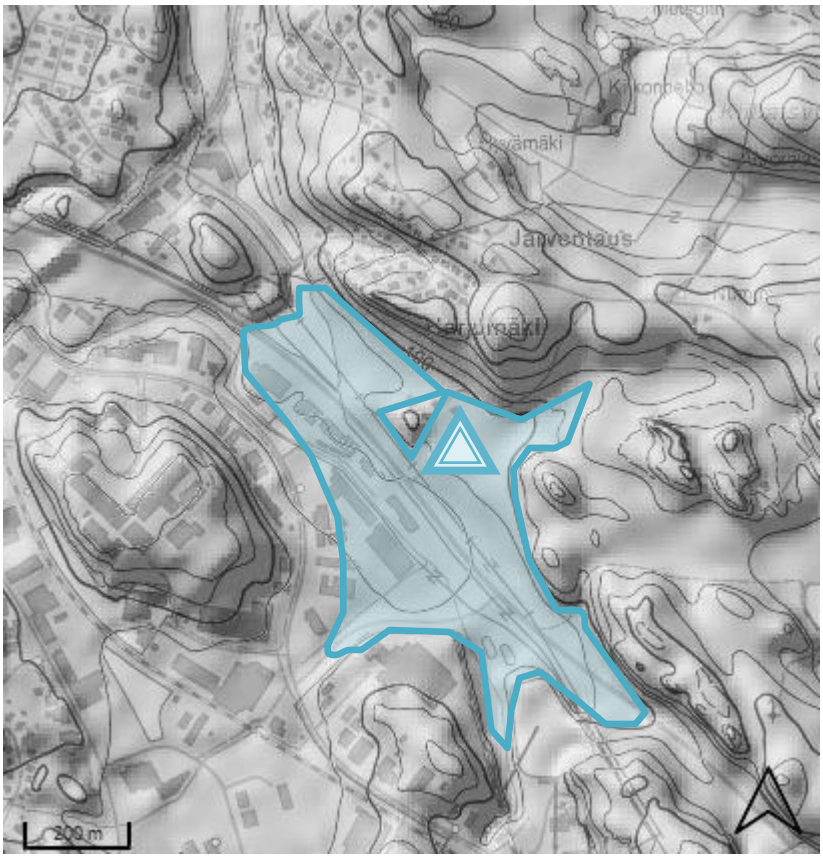
Rakentaminen ojanäytepisteiden läheisyydessä on ollut käynnissä tätä opinnäytetyötä tehdessä syksyn 2013 aikana. Case-tutkimuksessa analysoidaan paikallisten maalajien ja kasvillisuuden vaikutusta hulevesien sisältämien ravinteiden ja haitta-aineiden reduktioihin näytteenottotuloksien pohjalta. Luvussa 10.1 on esitetty biosuodatusmenetelmän tehokkuutta ja toimintamallia aiemmin tehtyjen tutkimuksien pohjalta hulevesien haitta-aineiden ja ravinteiden reduktioihin. Tutkimuskohde sijaitsee valuma-alueella (KUVIO 26), jossa muun muassa Joutjoki virtaa. Kohdetta merkitään kuviossa kolmiolla. Kuvion esitys ei ole mittakaavassa. Joutjoen alkulähde on Joutjärvi, josta joki laskee Vesijärveen. Tutkimuskohteen näytteenottopaikat sijaitsevat aivan Joutjoen tuntumassa.



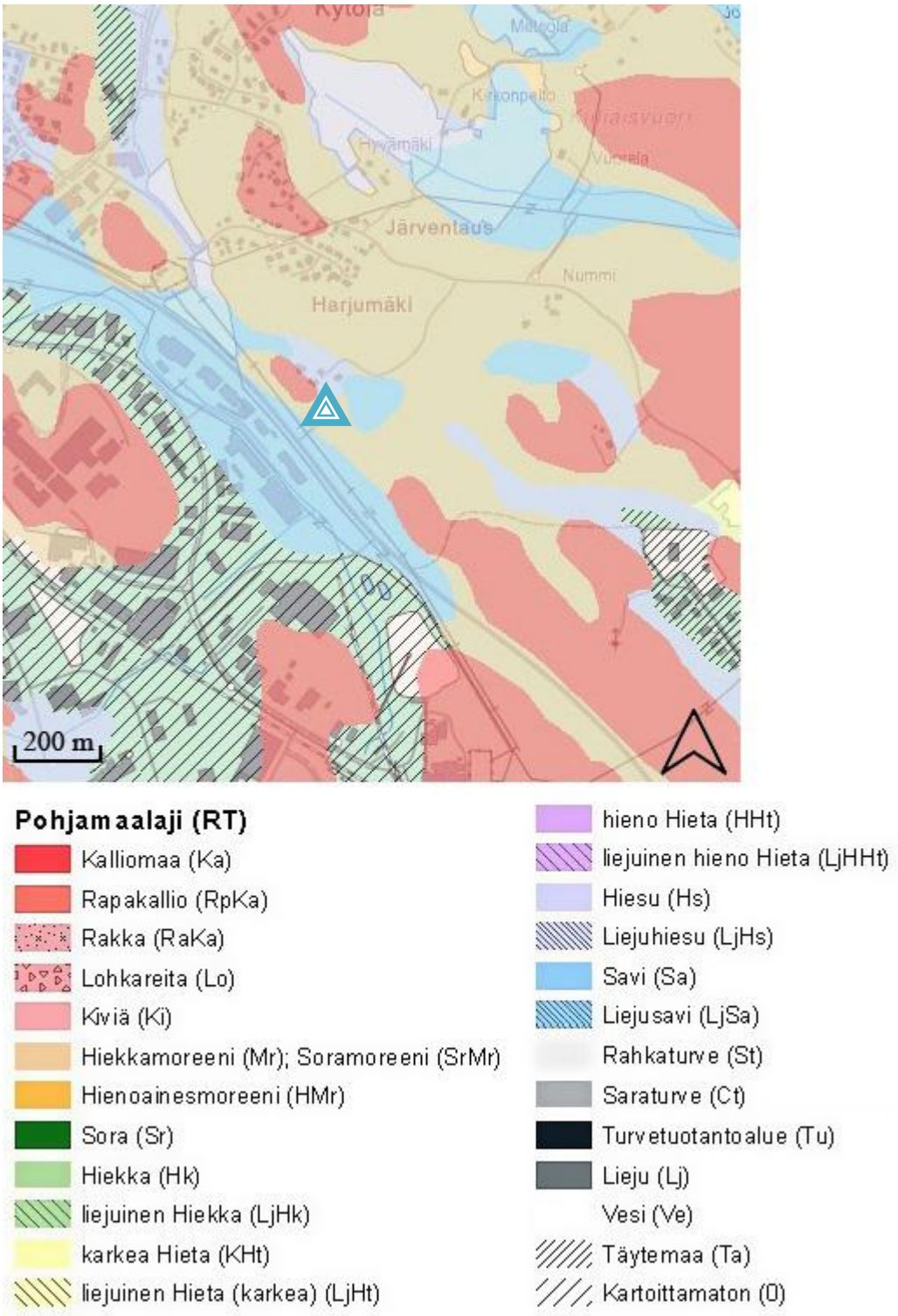
KUVIO 26. Case-tutkimuskohteen sijainti Joutjoen valuma-alueella (muokattu lähteestä Malin ym. 2010, 47)

10.2.1 Topografia ja maaperä

Case-tutkimuskohteen ympäristössä voidaan havaita melko suuria korkeusvaihteluita (KUVIO 27). Tutkimus- ja näytteenottokohdetta esitetään topografisessa kartassa kolmiolla ja pienvaluma-aluetta sinisellä rajauksella. Kohteeseen kuuluu kaksi ojapistettä (yp, ap), joista yläpuolen ojan vallitsevana maalajina on pääasiassa hiekkamoreenia. Hiekkamoreeni kuuluu kohtalaisen hyvin vettä läpäiseviin maalajeihin, kun savi läpäisee vain heikosti (TAULUKKO 1). Alapuolella maaperä kuitenkin vaihtuu saveksi (KUVIO 28). Kuviossa näytteenottopaikan sijainti osoitetaan kolmiolla.



KUVIO 27. Ote topografisesta kartasta (muokattu lähteestä Paikkatietoikkuna 2013b)



KUVIO 28. Ote maaperäkartasta (Paikkatietoikkuna 2013a)

Tutkimuskohteen alueella on rakennettu uutta pientalovaltaista asuntoaluetta vuoden 2013 syksyn aika. Näytteenottohetkillä rakennukset ovat olleet

keskeneräisiä ja niiden tonttimaiden perustusten pohjamaat ovat olleet paljasta sekä herkästi erodoituvaa maa-ainesta. Alueen korkeusvaihteluiden takia hulevedet vievät mukanaan esimerkiksi rinnetonttien reunoista kiintoainesta sekä rakennusalueilta haitta-aineita ja ravinteita. Samalla hulevedet aiheuttavat kasvittomiin maa-alueisiin jopa syviäkin uurteita, ja irtonainen aines liikehtii pintavalunnan mukana rinteitä pitkin alaspäin hulevesialtaaseen. Muita hulevesien laatua haittaavia tekijöitä näytteenottohetkellä voivat olla melko uuden kadun ja kevyenliikenteen väylän tuore asfalttipinta (KUVA 17) sekä mahdolliset metsähakkuut.

KUVA 17. Kytölän uuden asuntoalueen katuyhteyden tuore asfalttipinta

Ylemmästä hulevesialtaasta vedet ohajutuvat teiden alitse putkissa ja siitä eteenpäin ojissa kivien, sorapeitteiden, hiekkamoreenin, sammalten ja kasvillisuuden lomassa kohti toista suurehkoa hulevesiallasta. Altaassa viivyttyään vesi ohjautuu edelleen uomaa pitkin tiheän kasvillisuuden läpi pinnan

muotojen mukaan kohti Joutjokea. Yp-näyteet on kerätty hulevesien kulkureitin varrelta ensimmäisen ja toisen hulevesialtaan välisestä ojasta (KUVA 18). Ap-näytteet on kerätty jälkimmäisestä hulevesialtaasta purkautuneesta hulevedestä (KUVA 19). Case-kohteessa hulevesien puhdistamisessa hyödynnetään luonnonmukaisia maaperäolosuhteita, alempaa hulevesiallasta sekä oja- ja purouomien kasvillisuutta. Tutkittava biosuodatusrakenne on luonnollinen eikä se siis sisällä rakennettuja maalajikerroksia. Täten se ei ole välttämättä yhtä tehokas kuin kokeellisesti tehdyt biosuodatustutkimukset, joissa on saatu jopa yli 90 % reduktioita haitta-aineille ja ravinteille.

KUVA 18. Yläpuoli

KUVA 19. Alapuoli

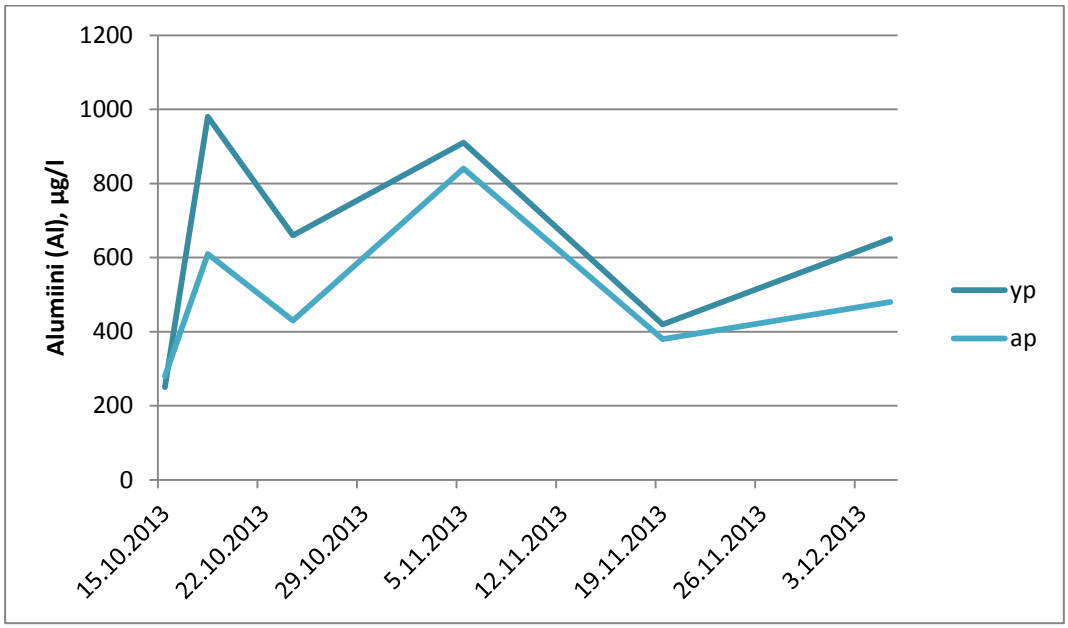
10.2.2 Tulokset

Koska yläpuolen näytteenottopiste sijaitsee hiekkamoreenimaa-alueella ja alapuolen piste savimaalla, voidaan pidättymisehokkuudesta tehdä joitakin päätelmiä jo etukäteen. Kuten luvussa 6.2 on jo mainittu, savipitoiset pohjamaat

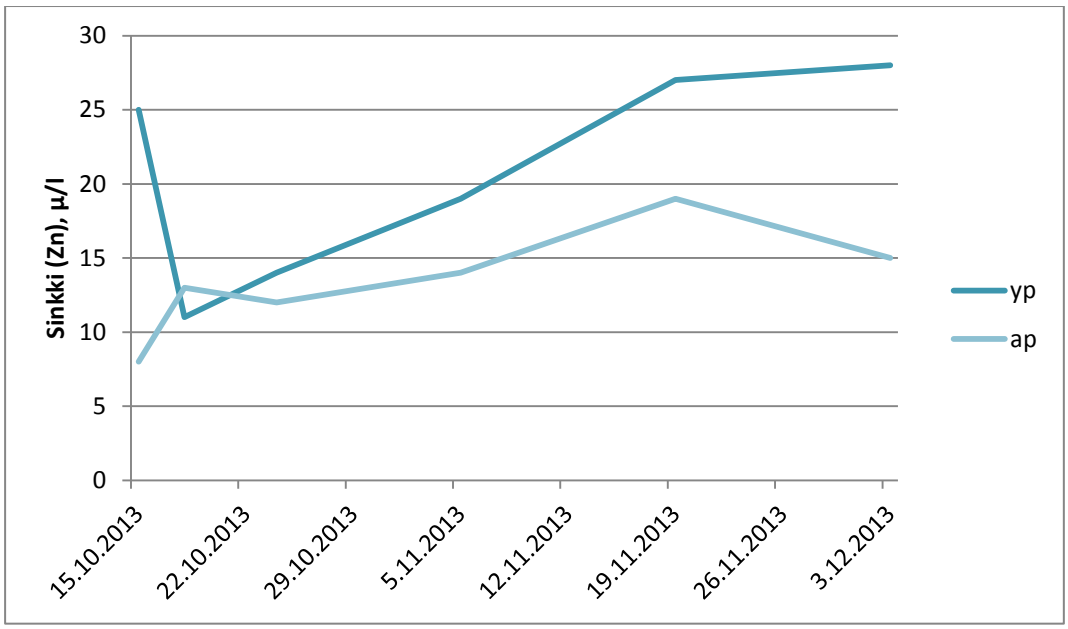
pidättävät paremmin huleveden sisältämiä ravinteita ja haitta-aineita kuin karkeammat maalajit. Savimailla rauta- ja alumiinioksidit sitovat metalleja ja ravinteita kationinvaihtomekanismilla. Lisäksi hulevesien sisältämää typpeä hajoaa denitrifikaation seurauksena maaperässä, jolloin myös typen vähentymistä pitäisi tapahtua. (Ahponen 2003, 47.)

Maanpinnanalaisten fysikaalis-kemiallisten prosessien lisäksi hulevesiä puhdistavat maanpäälliset rakenteet, kuten kasvillisuus ja ojien hiekka-, sora- ja kivipeitteiset pohjat. Lisäksi yp- ja ap-ojapisteiden välissä on kiintoainesta ja samalla ravinteita laskeuttava allas. Kohteessa ei siis tutkita huleveden suotautumista maakerrosten läpi, vaan sen kulkeutumista ojastoissa hiekkamoreeni- ja savimailla, altaissa ja kasvillisuuden seassa. Tässä tapauksessa biosuodatus on siis maanpäällistä ja näkyvää poiketen esimerkiksi aiemmin suoritetuista lysimetrikokeista, joissa biosuodatustehokkuutta testattiin koeolosuhteissa suodattamalla vettä maakerrosten läpi. Näytteiden sisältöihin voivat vaikuttaa lisäksi monet muut ympäristötekijät. Termisen talven lykkääntyminen on aiheuttanut pitkään jatkuneita sateita syys-talvella 2013, jonka voidaan olettaa lieventävän ainepitoisuuksia, toisaalta lisäävän kiintoaineen huuhtoutumista rakennusmailta. Hulevesien haitta-aineille ja ravinteille laskettuja reduktioita [%] voidaan tarkastella taulukosta (LIITE 7). Näytteitä on kerätty useammin kuin Karistossa, aikavälillä 15.10. - 3.12.2013 yhteensä kuusi kappaletta (LIITE 6). Useampaa otosta vertailemalla voidaan saada parempi kuva ainepitoisuuksien kehityssuunnista kuin vain muutamalla otannalla vuoden aikana.

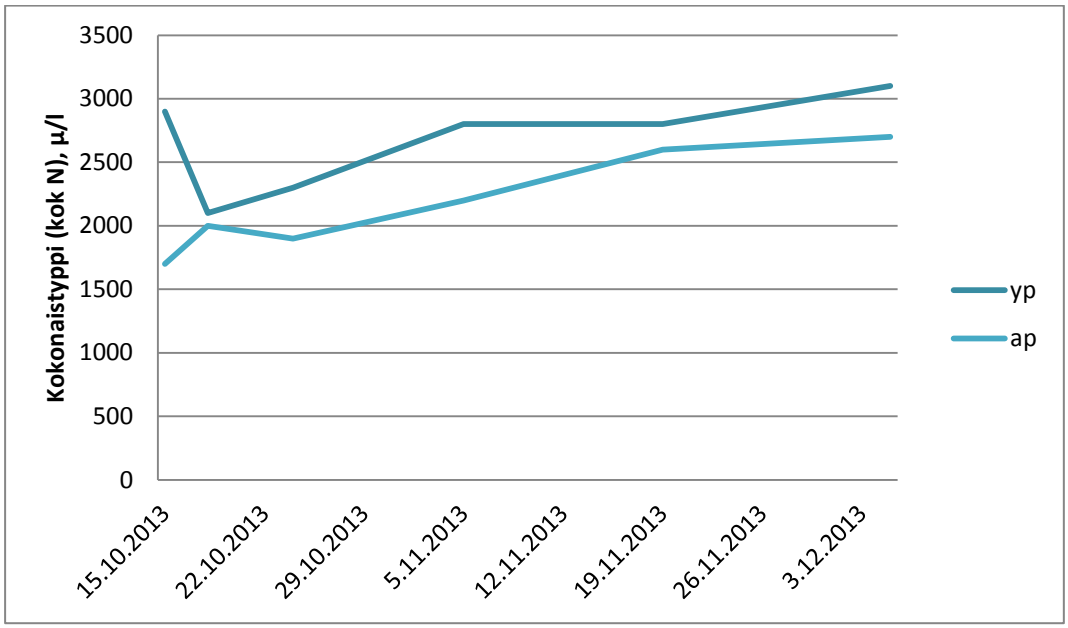
Näytteiden perusteella metalleista alumiini (KUVIO 29), kupari ja sinkki (KUVIO 30) ovat pidättyneet hyvin. Lisäksi ravinteista kokonaistyppi (KUVIO 31) näyttää esiintyvän vain positiivisin reduktioin, kun kokonaisfosforilla (KUVIO 32) löytyy näytteenottoajanjaksolta yksi negatiivinen reduktio. Toisaalta kokonaisfosforin reduktiot näyttävät olevan muuten parempia. Osa tutkituista aineista esiintyy varsin vaihtelevassa määrin näytteissä, kuten esimerkiksi kiintoaineen ja enterokokkien osalta vaihtelu on erittäin suurta. Raskaita öljyjakeita, keskitisleitä ja öljyhiilivetyjakeita on esiintynyt näytteissä niin vähäisesti, että niiden tarkkoja määriä on ollut vaikea määrittää.



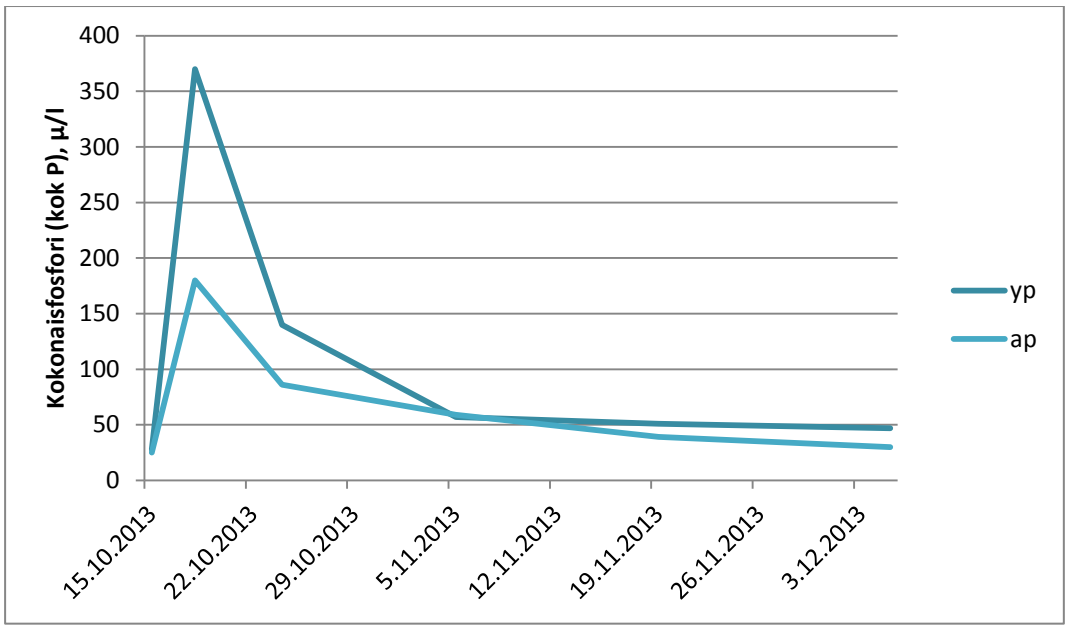
KUVIO 29. Alumiinin (Al) määrät ojanäytteissä (yp, ap)



KUVIO 30. Sinkin (Zn) määrät ojanäytteissä (yp, ap)



KUVIO 31. Kokonaistypen (kok N) määrät ojanäytteissä (yp, ap)



KUVIO 32. Kokonaisfosforin (kok P) määrät ojanäytteissä (yp, ap)

11 YHTEENVETO

Ihmistoimintaperäiset sivuvaikutukset ovat selvästi nähtävissä lisääntyneissä hulevesimäärissä ja hulevesien laadussa rakennetuilla alueilla. Luonnonmukainen hulevesien käsittely voi tarjota ratkaisuja sekä hulevesien määrälliseen että laadulliseen hallintaan. Haasteita ovat muun muassa järjestelmien mitoituksellinen tilan tarve sekä kunnossapito ja niiden toimintakyvyn säilyttäminen kaikkina vuodenaikoina. Hulevesien määrä ja laatu ovat vahvasti riippuvaisia alueen maankäytömuodosta, ja kaupunkisuunnittelullisesti onkin ensiarvoisen tärkeää osata valita parhaat käsittelymenetelmät juuri suunnittelupaikkaansa sopiviksi. Suomalaisessa kaupunkisuunnittelussa on syytä lisäksi huomioida joidenkin menetelmien soveltuvan paremmin kylmiin ilmasto-oloihin kuin muiden, jolloin taataan järjestelmien toimintateho sekä maksimoidaan niistä saatavat hyödyt.

Luonnonmukaisilta hulevesien käsittelyjärjestelmiltä löytyy useita sivuhyötyjä, jotka puuttuvat perinteisiltä käsittelymenetelmiltä. Luonnonmukaiset järjestelmät eivät ainoastaan säätele hulevesien määriä ja laatua vaan edistävät niin ikään biodiversiteettiä, tasapainottavat hydrologista kiertoa, antavat positiivisia ympäristöpsykologisia vaikutuksia, lisäävät sosiaalista vuorovaikutusta ja elävöittävät rakennettua ympäristöä monin tavoin. Onneksi myös Suomessa monet kaupungit ovat toteuttaneet hulevesiohjelmia ja -ohjeistuksia sekä heränneet hyödyntämään vesielementtiä osana kaupunkiympäristöä, jolloin luonnonmukaisten järjestelmien tuottavat myönteiset vaikutukset näkyvät vaikutusalueensa ympäristössä ja käyttäjäkunnalle.

Luonnonmukaisen hulevesijärjestelmien tehokkuuteen vaikuttavat monet tekijät. Suunnitteluvaiheessa voidaan ennakoida vallitsevien olojen vaikutuksia ja mitoituksellisia seikkoja. Oikeanlaisilla kasvi-, maalaji- ja rakennevalinnoilla voidaan lisäksi optimoida huleveden suotaantumisnopeutta sekä aineiden pidättymistä kasvillisuuteen ja maaperän partikkeleihin. Työssä tutkittujen aineiden reduktiot vaihtelivat paljon kosteikkokäsittelyssä, kun taas biosuodatusmenetelmällä saatiin tasaisempia ja parempia reduktioita etenkin raskasmetalleille ja ravinteille. Kosteikkokäsittelyä pitäisi pystyä tehostamaan esimerkiksi valitsemalla pidätyskykyisiä kasvilajeja ja minimoimalla ravinteiden

takaisin vapautumista pohjasedimenteistä sekä hajoavasta kasvillisuudesta. Ravinteiden vapautumista voidaan tasoittaa hallitsemalla tulovirtaamia, veden viipymää kosteikolla ja estämällä kosteikkokasvillisuuden hajoamisprosessista aiheutuvaa ravinteiden uudelleen vapautumista.

Jatkotutkimuksena voitaisiin vertailla luonnonmukaisten hulevesijärjestelmien tehokkuutta suhteessa mekaanisiin järjestelmiin. Vertailulla voidaan selvittää, sopiiko mekaaninen menetelmä paremmin tietyille kohdealueille kuin luonnonmukainen menetelmä. Biosuodatuksen osalta menetelmän hyödyntämistä on tutkittu kylmissä olosuhteissa varsin vähän ja aiheen tutkimustarve on olemassa edelleen. Lisäksi kosteikoille soveltuvien kasvilajien pidätyskykyä voi olla tarpeen selvittää, jotta uusien rakennettujen kosteikkojen tehokkuus saadaan maksimoitua.

LÄHTEET

Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Kilpeläinen, T., Koistinen, J., Kotro, J., Kuitunen, T., Ollila, M., Parvio, A., Pulkkinen, S., Silander, J., Tiihonen, T., Tuomenvirta, H. & Vajda, A. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Suomen ympäristö 31. Suomen ympäristökeskus. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Aalto-yliopisto. 2013a. Ihmisen vaikutus hydrologiseen kiertoon [viitattu 25.11.2013]. Vesitekniikan tutkimus. Espoo: Aalto-yliopisto, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Saatavissa: http://civil.aalto.fi/fi/tutkimus/vesi/tutkimus/hydrologia/

Aalto-yliopisto. 2013b. Taajamahydrologia ja hulevesien hallinta [viitattu 26.11.2013]. Vesitekniikan tutkimus. Espoo: Aalto-yliopisto, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Saatavissa: http://civil.aalto.fi/fi/tutkimus/vesi/tutkimus/taajamavesi/

Ahponen, H. 2003. Kohti luonnonmukaisempaa taajamahydrologiaa [viitattu 20.12.2013]. Vesitalouden ja vesirakennuksen diplomityö. Espoo: Tekninen korkeakoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Saatavissa: http://water.tkk.fi/wr/tutkimus/thesis/Ahponen2003.pdf

Alestalo, M. & Tuomenvirta, H. 2007. Kun ilmasto muuttuu: Jääkausiajan muuttuva ilmasto ja ympäristö [viitattu 25.11.2013]. Geologian tutkimuskeskuksen opas 52. Ilmatieteen laitos. Saatavissa: http://arkisto.gtk.fi/op/op52/op52_pages_7_11.pdf

Blecken, G. T., Zinger, Y., Deletic, A., Fletcher, T. D. & Viklander, M. 2009. Influence of intermittent wetting and drying conditions on heavy metal removal by stormwater biofilters. Water Research. Vol. 43.

Blecken, G. T., Zinger, Y., Deletic, A., Fletcher, T. D., Hedström, A. & Viklander, M. 2010. Laboratory study on stormwater biofiltration: nutrient and sediment removal in cold temperatures. Journal of Hydrology. Vol. 394.

Blecken, G. T., Marsalek, J. & Viklander, M. 2011. Laboratory study of stormwater biofiltration in low temperatures: total and dissolved metal removals and fates. Water, Air, & Soil Pollution. Vol. 219.

Bratieres, K., Fletcher, T. D., Deletic, A. & Zinger, Y. 2008. Nutrient and sediment removal by stormwater biofilters: a large-scale optimisation study. Water Research. Vol. 42.

Butler, D. & Davies, J. W. 2000. Urban drainage. Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College, London. School of the Built Environment, Coventry University. London: E & FN Spon.

European Comission. 2000. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY yhteisön vesipolitiikan puitteista 23.10.2000. Saatavissa: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:fi:PDF

European Comission. 2007. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2007/60/EY tulvariskien arvioinnista ja hallinnasta 23.10.2007. Saatavissa: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32007L0060:FI:NOT

Eskola, R. & Tahvonen, O. 2010. Hulevedet rakennetussa viherympäristössä. Hämeen ammattikorkeakoulun julkaisuja 7/2010. Hämeen ammattikorkeakoulu. Tampere: Tammerprint Oy.

Ferguson, B. K. 1998. Introduction to stormwater - concept, purpose and design. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Fischer, D., Charles, E. G. & Baehr, A. L. 2003. Effects of stormwater infiltration on quality of groundwater beneath retention and detention basins. Journal of Environmental Engineering 129.

Greenpeace. 2013. Ilmastonmuutoksen syyt [viitattu 10.11.2013]. Greenpeace. Saatavissa: http://www.greenpeace.org/finland/fi/kampanjat/ilmastonmuutos/syyt/

Göbel, P., Diekers, C & Coldewey, W. G. 2006. Stormwater runoff concentration matrix for urban areas. Journal of Contaminant Hydrology 91. University of Münster, Division of Applied Geology.

Hakola, J. 2012. Luonnonmukainen [viitattu 19.10.2013]. Viherympäristö. Saatavissa: http://data.viherymparisto.fi/files/resourcesmodule/@random4f9681d9578d9/1335263738_Hakola_Hulevesi.pdf

Hatt, B. E., Fletcher, T. D. & Deletic, A. 2009.Hydrologic and pollutant removal performance of stormwater biofiltration systems at the field scale. Journal of Hydrology. Vol. 365.

Heikkinen, P. 2000. Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä [viitattu 20.12. 2013]. Tutkimusraportti 150. Geologian tutkimuskeskus. Saatavissa: http://arkisto.gtk.fi/tr/tr150/TR150s1_41.pdf

Hepojoki, A., Järvelä J., Karvonen T., Koivusalo H., Kokkonen T., Koskela J., Paasonen-Kivekäs M., Rankila M., Ruotsalainen I., Vakkilainen P. & Varis O. 2011. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan perusteet-oppikirja [viitattu 25.11.2013]. Espoo: Aalto-yliopisto, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos, Vesitalous ja vesirakennus. Saatavissa: http://civil.aalto.fi/fi/tutkimus/vesi/www_oppikirjat/yhd_01100/yytverkkokirja.pdf

Hinman, C. 2005. Low impact development [viitattu 21.12.2013]. Technical guidance manual for Puget Sound. Washington State University, Pierce County Extention. Saatavissa: http://www.psp.wa.gov/downloads/LID/LID_manual2005.pdf

Hämeen ELY-keskus. 2010. Hämeen vesienhoidon toimenpideohjelma vuoteen 2015 [viitattu 16.12.2013]. Hämeen liitto. Saatavissa: http://hameenliitto.fi/sites/default/files/hameen_vesienhoidon_toimenpideohjelma_vuotee_2015_2.pdf

Ilmatieteen laitos. 2013a. Ilmakehä - ABC [viitattu 25.11.2013]. Ilmatieteen laitos. Saatavissa: http://ilmatieteen laitos.fi/ilmakeha-abc?p_p_id=abc_WAR_fmiwwwportlets&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&_abc_WAR_fmiwwwportlets_selectedInitial=ALL

Ilmatieteen laitos. 2013b. Suomen ilmaston tulevat muutokset mallitulosten perusteella [viitattu 11.11.2013]. Ilmatieteen laitos. Saatavissa: http://asuminen.lahtisbp.fi/easydata/customers/asuminenlahtisbp/files/liitetitedosto/saa_ja_ilmastoseminaari/rakentaminen_ja_ilmasto_kr_ad.pdf

Ilmasto-opas. 2013a. Kasvihuonekaasujen päästö- ja pitoisuus skenaariot [viitattu 23.10.2013]. Suomen ympäristökeskus, Aalto-yliopisto, Ilmatieteen laitos. Saatavissa: https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/5101fae4-2702-413c-a3f3-707328fb0d07/kasvihuonekaasujen-paasto--ja-pitoisuusskenaariot.html

Ilmasto-opas. 2013b. Lumi vähenee [viitattu 23.10.2013]. Suomen ympäristökeskus, Aalto-yliopisto, Ilmatieteen laitos. Saatavissa: http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/4dbb7860-1c3c-4da1-b024-a653585f1024/lumi-vahenee.html

Ilmasto-opas. 2013c. Lämpötilat kohoavat [viitattu 21.10.2013]. Suomen ympäristökeskus, Aalto-yliopisto, Ilmatieteen laitos. Saatavissa: https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/dfe79a73-08ea-4686-8463-811b87f53e44/lampotilat-kohoavat.html

Ilmasto-opas. 2013d. Nykyinen ilmasto - 30 vuoden keskiarvot [viitattu 25.11.2013]. Suomen ympäristökeskus, Aalto-yliopisto, Ilmatieteen laitos. Saatavissa: https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/a7335c4b-5824-44fd-bd04-9fe90c2689f9/paijat-hame-vesistot-vaikuttavat-ilmastoon.html

Ilmasto-opas. 2013e. Päijät-Häme - vesistöt vaikuttavat ilmastoon [viitattu 24.10.2013]. Suomen ympäristökeskus, Aalto-yliopisto, Ilmatieteen laitos. Saatavissa: https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-

/artikkeli/a7335c4b-5824-44fd-bd04-9fe90c2689f9/paijat-hame-vesistot-vaikuttavat-ilmastoon.html

Ilmasto-opas. 2013f. Sademäärät kasvavat [viitattu 22.10.2013]. Suomen ympäristökeskus, Aalto-yliopisto, Ilmatieteen laitos. Saatavissa: https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/27922915-7ee5-4122-ae60-51f58e6aef9a/sademaarat-kasvavat.html

InfraRYL. 2010. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1: Väylät ja alueet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

IPCC. 2013. WORKING GROUP I CONTRIBUTION TO THE IPCC FIFTH ASSESSMENT REPORT CLIMATE CHANGE 2013: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS [viitattu 24.10.2013]. Final Draft Underlying Scientific-Technical Assessment. IPCC. Saatavissa: http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_All.pdf

Itämeriportaali. 2013. Ilmastonmuutos nostaa merenpintaa Suomenlahdella [viitattu 20.11.2013]. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus, Ilmatieteen laitos. Saatavissa: http://www.itameriportaali.fi/fi/ajankohtaista/itameri-tiedotteet/2013/fi_FI/merenpinta/

Jalkanen, R., Kajaste, T., Kauppinen, T., Pakkala, P. & Rosengren, C. 2004. Asuinaluesuunnittelu. Rakennustieto. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Jormola, J. 2005. Hulevesien käyttö kaupunkisuunnittelussa ja maisema-arkkitehtuurissa [viitattu 13.1.2014]. SYKE Järvipooli-seminaari: Hulevedet. Savonia ammattikorkeakoulu. Saatavissa: http://webd.savonia-amk.fi/projektit/markkinointi/jpooli/Materiaalit/Seminaarit/Seminaari3/7.Jukka_Jormola_2.ppt

Järvenpään kaupunki. 2009. Järvenpään viheralueohjelma 2009 - 2017 [viitattu 18.12.2013]. Järvenpään kaupunki. Saatavissa: https://www.jarvenpaa.fi/--Viheralueohjelma--/sivu.tmpl?sivu_id=6099

Keskinen, A. 2012. Lumilogistiikan tehostaminen kaupungeissa [viitattu 27.11.2013]. Tietekniikan diplomityö. Espoo: Aalto-yliopisto, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Saatavissa: https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/6106

Komulainen, E. 2012. Hulevesien biosuodatuksen soveltuvuus Suomen ilmasto-oloihin [viitattu 10.11.2013]. Teknisen vesitalouden diplomityö. Espoo: Aalto-yliopisto, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Saatavissa: http://civil.aalto.fi/fi/midcom-serveattachmentguid-1e3881550b5c372881511e3bab941be54321aeb1aeb/komulainen2012.pdf

Kotola, J. & Nurminen, J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia - valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla [viitattu 27.11.2013]. Vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 8. Osa 2: koealuetutkimus. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Saatavissa: http://water.tkk.fi/wr/tutkimus/julkaisut/TKK-VTR-8.pdf

Kuusela-Lahtinen, A. & Vahanne, P. 2005. Maaperän heterogeenisuuden vaikutus haitta-aineiden kulkeutumiseen pilaantuneiden maiden riskiarvioinnissa [viitattu 20.12.2013]. VTT tiedotteita 2296. Espoo: VTT. Saatavissa: http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2296.pdf

König, K. 1996. Regenwasser in der architektur: ökologische konzepte. Staufen bei Freiburg: Okobuch Verlag.

Lahden kaupunki & Pöyry Infra Oy. 2005. Kariston Purolaakso - virkistysalueiden yleisuunnittelu. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala.

Lahden kaupunki 2011. Lahden kaupungin strategia 2025 [viitattu 10.12.2013]. Lahden kaupunki. Saatavissa: http://www.lahti.eu/www/images.nsf/files/64D261C1C96A7094C225789D002242D2/$file/strategia2025.pdf

Lahden kaupunki. 2013a. Hulevesisuunnittelu Karistossa esimerkkejä [viitattu 19.12.2013]. PowerPoint-esitys. Lahden kaupunki.

Lahden kaupunki. 2013b. Kehityshankkeet 2013 [viitattu 20.9.2013]. Lahden kaupunki. Saatavissa: http://www.lahti.fi/www/cms.nsf/pages/BE167C87E133D0ECC2256EFA0030A08D

Lahden kaupunki 2013c. Ympäristönsuojelu Lahden seudulla: Lahti–Hollola–Nastola [viitattu 20.9.2013]. Lahden kaupunki. Saatavissa: http://www.lahti.fi/www/cms.nsf/subpages/asuminenjaymparistoymparistonsuojelu

Lahti Region. 2013a. Lahden asuinalueet: Karisto [viitattu 19.11.2013]. Lahden seutu - Lahti Region Oy. Saatavissa: http://www.lahtiregion.fi/asu-ja-ela/asuinalueet-ja-ymparisto/lahden-asuinalueet/karisto

Lahti Region. 2013b. Lahden asuinalueet: Kytölä [viitattu 19.11.2013]. Lahden seutu - Lahti Region Oy. Saatavissa: http://www.lahtiregion.fi/asu-ja-ela/asuinalueet-ja-ymparisto/lahden-asuinalueet/kytola

Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100620

Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 1299/2004. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299

Larm, T., Holmgren, A. & Börjesson, E. 1999. Plastssparande befintliga reningssystem for dagvatten. Stockholm: VVB VIAK.

Lundberg, K. & Lindmark, P. 1994. Rening av vägdagvatten. Statens geotekniska institut. Vägledning 7. Linköping: Tryck-Center Ab.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132

Malin, I., Värttö, H., Jänis, R., Sillanpää, N., Horppila, P., Lastikka, M., Neuvonen, H., Kujala, K., Salminen, T., Rope, A. M., Uurtamo, J., Siikanen, K., Karu-Hanski, T., Simonen, A., Lipponen, M., Heikkonen, M., Hiltunen, J., Mäkinen, H. & Jormola, J. 2010. Lahden kaupungin hulevesiohjelma. Lahti:

Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Lahden seudun ympäristöpalvelut.

Melanen, M. & Tähtelä, H. 1981. Particle deposition in urban areas. Vesien tutkimuslaitoksen julkaisuja 42. Helsinki: Vesihallitus.

Melbourne Water. 2005. WSUD engineering procedures: stormwater. Collingwood VIC 3066. Australia: CSIRO PUBLISHING.

Muthanna, T. M. 2007. Bioretention as a sustainable stormwater management option in cold climates. Väitöskirja. Norwegian University of Science and Technology. Faculty of Engineering Science and Technology. Department of Hydraulic and Environmental Engineering.

Muthanna, T. M., Viklander, M., Blecken, G. & Thorolfsson, S. T. 2007. Snowmelt pollutant removal in bioretention areas. Water Research. Vol. 41.

Niemelä, J., Helle, I. & Jormola, J. 2004. Purovesistöjen merkitys kaupunkiluonnon monimuotoisuudelle. Loppuraportti. Ympäristöministeriö. Vantaa: Sinari Oy.

Oravainen, R. 1999. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna [viitattu 28.12.2013]. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Saatavissa: http://www.kvvy.fi/opasvihkonen.pdf

Paakkonen, K. 2013. Forssan vesiliikelaitoksen puheenvuoro [viitattu 15.12.2013]. Järkivihreä Forssa - teollisuusalueiden jäte- ja hulevedet -seminaari 19.11.2013. Forssan kaupunki. Saatavissa: http://www.forssa.fi/hankkeet_projektit/kiimassuon_envitech-alueen_jate-_ja_hulevesien_uudelleenjarjestaminen/

Prince George's County. 2007. Bioretention manual [viitattu 22.12.2013]. PGC, Maryland, Department of Environmental Resources, Environmental Services Division. Saatavissa: http://www.princegeorgescountymd.gov/Government/AgencyIndex/DER/ESG/Bioreten tion/pdf/Bioretention%20Manual_2009%20Version.pdf

Puustinen, M., Koskiaho, J., Puumala, M., Riihimäki, J., Räty, M., Jormola, J., Gran, V., Ekholm, P. & Maijala, T. 2000. Vesiensuojelukosteikot viljelyalueiden valumavesien hallinnassa. Helsinki: Edita Oy.

Päijät-Hämeen Kalatalouskeskus ry. 2009. Kymijärven käyttö- ja hoitosuunnitelma vuosille 2010 - 2020 [viitattu 22.12.2013]. Päijät-Hämeen Kalatalouskeskus ry. Saatavissa: http://www.kalatalouskeskus.net/materiaali/Kymijarvi.pdf

Pöyry Infra Oy. 2006. Lahden tekninen- ja ympäristötoimiala: Kariston Purolaakso - Mustaojan hulevesikosteikkojen toteutussuunnittelu. Suunnitelmaselostus. Pöyry Infra Oy.

Read, J., Wevill, T., Fletcher, T. & Deletic, A. 2008. Variation among plant species in pollutant removal from stormwater biofiltration systems. Water Research. Vol. 42.

Rope, A. M. 2000. Kariston alueen kaavarungon vaikutusten selvitys. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Maankäyttö.

Rope, A. M. 2010. Lahden viheralueiden arvottaminen [viitattu 19.12.2013]. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Maankäyttö. Saatavissa: http://www.lahti.fi/www/images.nsf/files/71F161DC3302B0F9C22577B4001C418F/$file/LAHDEN%20VIHERALUEIDEN%20ARVOTTAMINEN%20%20netti%20.pdf

Roy-Poirier, A., Champagne, P., A.M.ASCE & Filion, Y. 2010. Review of bioretention system research and design: past, present, and future. Journal of Environmental Engineering. Vol. 136. No. 9.

Salminen, O. 2008. Hulevesien luonnonmukainen hallinta [viitattu 19.10.2013]. Ympäristönsuojeluviranhaltijat ry. Saatavissa: http://files.kotisivukone.com/ymparistonsuojeluviranhaltijat2.kotisivukone.com/lamminpvt2008/salminen_hulevedet_011008.pdf

Schueler, T. 1995. Site planning for urban stream protection. Metropolitan Washington Council of Governments and Center for Watershed Protection.

Suomen Akatemia. 2011. Merialueiden käyttö muuttuu ilmaston lämmetessä [viitattu 25.11.2013]. Suomen Akatemia. Saatavissa: http://www.aka.fi/fi/A/Suomen-Akatemia/Mediapalvelut/Tiedotteet1/Merialueiden-kaytto-muuttuu-ilmaston-lammetessa/

Sarvilinna, A. & Sammalkorpi, I. 2010. Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito. Suomen ympäristökeskus. Sastamala: Vammalan kirjapaino Oy.

Soini, T. 2009. Viherrakentajan käsikirja. Julkaisu 44. Viherympäristöliitto ry. Tampere: Esa-Print Oy.

Suomen kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas [viitattu 30.12.2013]. Kuntatyönantajat. Saatavissa: http://ktshop.kunnat.net/product_details.php?p=2714

Suomen luonnonsuojeluliitto. 2013. Ekosysteemipalvelut [viitattu 27.11.2013]. Suomen luonnonsuojeluliitto. Saatavissa: http://www.sll.fi/mita-me-teemme/ekosysteemipalvelut

Suomen ympäristökeskus. 2012. Ilmastonmuutos muuttaa jokien ja järvien vedenkorkeuksien vuodenaikaisia vaihteluja [viitattu 20.11.2013]. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: http://www.syke.fi/fi-FI/SYKE_Info/Viestintaaineistot/Tiedotteet/Ilmastonmuutos_muuttaa_jokien_virtaamien(2449)

Suomen ympäristökeskus. 2013. Hulevedet maankäytön suunnittelussa [viitattu 25.11.2013]. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi_ja_meri/Vesien_ja_merensuojelu/Yhdyskunnat_ja_hajaasutus/Hulevesien_hallinnan_kehittaminen/Hulevedet_maankayton_suunnittelussa

Sänkiaho, L. & Sillanpää, N. 2012. Taajamien hulevesihaasteiden ratkaisut ja liiketoimintamahdollisuudet [viitattu 26.11.2013]. STORMWATER-hankkeen

loppuraportti. Aalto-ylipiston julkaisusarja: Tiede + Teknologia 4/2012. Espoo: Aalto-yliopisto. Saatavissa: http://lib.tkk.fi/TIEDE_TEKNOLOGIA/2012/isbn9789526045559.pdf

Tuomenvirta, H. 2012. IPCC ja ilmastonmuutoksen skenaariot - globaalit ja lokaalit tasot [viitattu 25.10.2013]. Ilmatieteen laitos. Saatavissa: http://www.helsinki.fi/taloustiede/opiskelu/ye/ye61/Tuomenvirta03042012.pdf

Vakkilainen, P., Kotola, J. & Nurminen, J. 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Suomen ympäristö 776. Ympäristöministeriö. Helsinki: Edita Prima Oy.

Valtanen, M., Sillanpää, N., Hätinen, N. & Setälä, H. 2010. Hulevesien imeyttäminen ja suodattaminen: haitta-aineet ja menetelmät [viitattu 24.10.2013]. STORMWATER-hankkeen kirjallisuusselvitys. Helsinki: Helsingin yliopisto, Ympäristötieteiden laitos. Saatavissa: http://ymparisto.lahtisbp.fi/easydata/customers/ymparisto/files/kuva/hy_kirjallisuusselvitys2010_valmis.pdf

Valtioneuvoston asetus tulvariskien hallinnasta 659/2010. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100659

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 1040/2006. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061040

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2010/20100868

Vantaan kaupunki. 2013. Tikkurilantiellä on koekäytössä viherpainanteita hulevesien käsittelyä varten [viitattu 15.12.2013]. Vantaan kaupunki. Saatavissa: http://www.vantaa.fi/fi/ymparisto_ja_luonto/vesi/hulevedet/tikkurilantien_viherpainanteet

Veijalainen. N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M. & Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos - vaikutukset ja

muutoksiin sopeutuminen.WaterAdapt-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 16. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Vesihuoltolaki 119/2001. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119

Vesilaki 587/2011. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587

Wallenius, T. 2007. Lähivirkistystä luontokokemuksia korostaen [viitattu 27.12.2013]. Opinnäytetyö. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala. Saatavissa: http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/12081/2008-02-27-04.pdf?sequence=1

Ympäristöministeriö. 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 [viitattu 18.12.2013]. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf

Ympäristöministeriö. 2009. Tulevaisuuden alueidenkäytöstä päätetään nyt [viitattu 16.12.2013]. Tarkistetut valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Esitteet

Ympäristönsuojelulaki 86/2000. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086

Yoon, H., Werth, C. J., Barkan, C. P. L., Schaeffer, D. J. & Anand, P. 2009. An environmental screening model to assess the concequences to soil and groundwater from railroad-tank-car spills of light non-aqueoud phase liquids. Journal of Hazardous Materials 165.

KUVALÄHTEET

KUVA 2. Kariston rakennekehitys 2001 - 2011 [viitattu 12.12.2013]. Lahden kaupunki. 2013a. Ortokartat: Ilmakuvia Lahden Karistosta. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Maankäyttö. Saatavissa: http://kartta.lahti.fi/ims

KUVA 3. Seisahtunut vesi savimaan painautumissa. Lahden kaupunki. 2013c. Hulevesisuunnittelu Karistossa esimerkkejä. PowerPoint-esitys. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala.

KUVA 5. Suunnitteluvaiheen ideat Kariston luonnonmukaisista hulevesien hallintamenetelmistä. Lahden kaupunki. 2013c. Hulevesisuunnittelu Karistossa esimerkkejä. PowerPoint-esitys. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala.

KUVA 6. Vastarakennettu avoin huleveden johtamisjärjestelmä Karistossa vuonna 2010. Malin, I., Värttö, H., Jänis, R., Sillanpää, N., Horppila, P., Lastikka, M., Neuvonen, H., Kujala, K., Salminen, T., Rope, A. M., Uurtamo, J., Siikanen, K., Karu-Hanski, T., Simonen, A., Lipponen, M., Heikkonen, M., Hiltunen, J., Mäkinen, H. & Jormola, J. 2010. Lahden kaupungin hulevesiohjelma. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Lahden seudun ympäristöpalvelut.

KUVA 7. Kariston ojanäytepisteitä ilmakuvassa [viitattu 19.12.2013]. Lahden kaupunki 2013a. Ortokartat: Ilmakuva Lahden Karistosta. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Maankäyttö. Saatavissa: http://kartta.lahti.fi/ims

KUVA 8. Rantakylän hulevesiallas ilmakuvassa [viitattu 19.12.2013]. Lahden kaupunki. 2013b. Innovaatiokahvilat: Hulevesi. Esitys hanketoimijoiden yhteistyötilaisuudessa 14.5.2013. Päijät-Hämeen liitto. Saatavissa: http://www.paijat-hame.fi/easydata/customers/paijathame/files/eu-rahoitusinfo_2013/hulevesi_innovaatikahvila.pdf

KUVIO 1. Ilmastonkestävä kaupunki (ILKKA) – työkaluja suunnitteluun -hankkeen logo [viitattu 22.12.2013]. Ilmastotyökalut. 2013. Helsingin kaupunki, Lahden kaupunki, Turun kaupunki, Vantaan kaupunki, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä, Ilmatieteen laitos, Turun yliopisto. Saatavissa: http://www.ilmastotyokalut.fi/

KUVIO 2. Sademäärän vuosikeskiarvo, Suomi [viitattu 26.10.2013]. Ilmatieteen laitos. 2013. Setuklim-hankkeen verkkoraportti. Maailmanlaajuisiin ilmastomalleihin perustuvia lämpötila- ja sademääräskenaarioita. Ilmatieteen laitos. Saatavissa: http://ilmatieteen laitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=c4c5bf12-655e-467a-9ee0-f06d8145aaa6&groupId=30106

KUVIO 3. Hydrologinen kiertokulku [viitattu 20.11.2013]. Evans, J. M. & Perlman, H. 2013. Suomentanut Jantunen, T. USGS – Science for a Changing World. Saatavissa: http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclefinnish.html

KUVIO 4. Haihdunnan, pintavalunnan, pintakerrosvalunnan ja pohjavesivalunnan määrän vaihtelu rakentamistehokkuuden mukaan. Eskola, R. & Tahvonen, O. 2010. Hulevedet rakennetussa ympäristössä. Hämeen ammattikorkeakoulun julkaisuja 7/2010. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. Tampere: Tammerprint Oy.

KUVIO 5. Kerrostaloalueen valunnan vuodenaikaisjakauma 2001 - 2006 [viitattu 27.11.2013]. Kotola, J. & Nurminen, J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 8. Osa 2: koealuetutkimus. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Saatavissa: http://water.tkk.fi/wr/tutkimus/julkaisut/TKK-VTR-8.pdf

KUVIO 6. Pientaloalueen valunnan vuodenaikaisjakauma 2001 - 2006 [viitattu 27.11.2013]. Kotola, J. & Nurminen, J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 8. Osa 2:

koealuetutkimus. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Saatavissa: http://water.tkk.fi/wr/tutkimus/julkaisut/TKK-VTR-8.pdf

KUVIO 7. Järvien tulvariskialueet veden pinnan noustessa 1,5 metriä. Malin, I., Värttö, H., Jänis, R., Sillanpää, N., Horppila, P., Lastikka, M., Neuvonen, H., Kujala, K., Salminen, T., Rope, A. M., Uurtamo, J., Siikanen, K., Karu-Hanski, T., Simonen, A., Lipponen, M., Heikkonen, M., Hiltunen, J., Mäkinen, H. & Jormola, J. 2010. Lahden kaupungin hulevesiohjelma. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Lahden seudun ympäristöpalvelut.

KUVIO 8. Hulevesien hallinnan prioriteettijärjestys Lahden kaupungin hulevesiohjelmassa. Malin, I., Värttö, H., Jänis, R., Sillanpää, N., Horppila, P., Lastikka, M., Neuvonen, H., Kujala, K., Salminen, T., Rope, A. M., Uurtamo, J., Siikanen, K., Karu-Hanski, T., Simonen, A., Lipponen, M., Heikkonen, M., Hiltunen, J., Mäkinen, H. & Jormola, J. 2010. Lahden kaupungin hulevesiohjelma. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Lahden seudun ympäristöpalvelut.

KUVIO 9. Kariston sijainti [viitattu 25.10.2013]. Maanmittauslaitos. 2013. Taustakartta. Kariston aluerajaus Rope, A. M. 2000. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Maanmittauslaitos. Saatavissa: https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta

KUVIO 10. Kariston ydinrakenne [viitattu 25.10.2013]. Maanmittauslaitos. 2013. Taustakartta. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Maanmittauslaitos. Saatavissa: https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta

KUVIO 11. Topografinen maaston pintamalli. Lahden kaupunki & Pöyry Infra Oy. 2005. Kariston Purolaakso - virkistysalueiden yleissuunnittelu. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala.

KUVIO 12. Ote maaperäkartasta [viitattu 17.12.2013]. Paikkatietoikkuna. 2013a. Kariston alue. Geologinen maaperäkartta 1:20 000 / 1:50 000. Paikkatietoikkuna. Saatavissa: http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kartta

KUVIO 13. Kariston tarkastelualueen sijoittuminen valuma-alueella. Malin, I., Värttö, H., Jänis, R., Sillanpää, N., Horppila, P., Lastikka, M., Neuvonen, H., Kujala, K., Salminen, T., Rope, A. M., Uurtamo, J., Siikanen, K., Karu-Hanski, T., Simonen, A., Lipponen, M., Heikkonen, M., Hiltunen, J., Mäkinen, H. & Jormola, J. 2010. Lahden kaupungin hulevesiohjelma. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Lahden seudun ympäristöpalvelut.

KUVIO 14. Valuma-aluejako. Lahden kaupunki & Pöyry Infra Oy. 2005. Kariston Purolaakso - virkistysalueiden yleissuunnittelu. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala.

KUVIO 15. Pohjaveden muodostumisalueet, pohjavesialueet ja lähteet Karistossa ja lähialueilla. Lahden kaupunki. 2013c. Hulevesisuunnittelu Karistossa esimerkkejä. PowerPoint-esitys. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala.

KUVIO 16. Rinnepuropuisto- ja kosteikkosuunnittelu. Lahden kaupunki. 2013c. Hulevesisuunnittelu Karistossa esimerkkejä. PowerPoint-esitys. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala.

KUVIO 26. Case-tutkimuskohteen sijainti Joutjoen valuma-alueella. Malin, I., Värttö, H., Jänis, R., Sillanpää, N., Horppila, P., Lastikka, M., Neuvonen, H., Kujala, K., Salminen, T., Rope, A. M., Uurtamo, J., Siikanen, K., Karu-Hanski, T., Simonen, A., Lipponen, M., Heikkonen, M., Hiltunen, J., Mäkinen, H. & Jormola, J. 2010. Lahden kaupungin hulevesiohjelma. Lahti: Lahden kaupunki, Tekninen- ja ympäristötoimiala, Lahden seudun ympäristöpalvelut.

KUVIO 27. Ote topografisesta kartasta [viitattu 29.12.2013]. Paikkatietoikkuna. 2013b. Kytölän alue. Korkeuskäyrät, vinovalovarjoste 10 m DEM. Paikkatietoikkuna. Saatavissa: http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kartta

KUVIO 28. Ote maaperäkartasta [viitattu 31.12.2013]. Paikkatietoikkuna. 2013a. Kytölän alue. Geologinen maaperäkartta 1:20 000 / 1:50 000. Paikkatietoikkuna. Saatavissa: http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kartta

TAULUKKO 1. Maaperän vedenläpäisykyky ja kapillaarinen nousukorkeus [viitattu 16.12.2013]. Eskola, R. & Tahvonen, O. 2010. Hulevedet rakennetussa viherympäristössä. Hämeen ammattikorkeakoulun julkaisuja 7/2010. Hämeen ammattikorkeakoulu. Tampere: Tammerprint.

Muut kuvat, kuviot ja taulukot ovat opinnäytetyön tekijältä.

LIITTEET

LIITE 1. Rantakylän hulevesialtaan ojanäytteet (ap, yp)

LIITE 2. Kivipuron hulevesiallas-kosteikkoparin ojanäytteet (ap, kk, KR)

LIITE 3. Korennonvirranojan ojanäytteet (ap, yp)

LIITE 4. Tiedote opinnäytetyöstä asukkaille

LIITE 5. Asukaskysely

LIITE 6. Kytölän ojanäytteet (ap, yp)

LIITE 7. Ravinteiden ja haitta-aineiden reduktiot [%] Kytölässä

LIITE 1. Rantakylän hulevesialtaan ojanäytteet (ap, yp)

			Näytteen-ottosyvyys	Näkösyvyys	Maksimisyvyys	Ulkonäkö	Haju	Virtaama	Lämpötila	Fek. koliformit (44 °C 24 h)	Fek. streptokokit (37 °C 48 h)	Typpi (N), kokonais-	Fosfori (P), kokonais-
Näytenro	Näytteen nimi	Ottopäivä	m	m	m			l/s	°C	pmy/100 ml	pmy/100 ml	µg/l	µg/l
	Rantakylä												
08VV00553	X	8.4.2008	-	-	-	s	h	330	1,7	390	47	1600	210
08VV02420	AP 694	1.10.2008	0,2	0,3	0,4	k	h	15	8	6	15	850	56
09VV00593	AP 694	20.4.2009	0,2	0,1	0,5	s	h	0	1,8	150	12	1600	93
09VV00592	YP 1733	20.4.2009	0,3	0,1	0,3	s	h	0	3,4	2200	78	1500	46
09VV02717	AP 694	6.10.2009	0,3	0,1	0,3	s	h	3,2	3,4	34	99	950	51
09VV02718	YP 1733	6.10.2009	0,2	0,1	0,5	s	h	3	3,7	60	160	1100	36
10VV00705	AP 694	15.4.2010			0,7			0	1,8	3	7	2100	31
10VV00706	YP 1733	15.4.2010			0,6			0	1,8	1	3	2200	21
10VV05139	AP 694	9.11.2010			jäässä								
10VV05140	YP 1733	9.11.2010			jäässä								
11VV01722	AP 694	19.4.2011	0,3		0,6	s	h	-	2,6	22	35	2300	28
11VV01723	YP 1733	19.4.2011	0,3		0,5	ls	h	-	2,5	20	34	2600	47
11VV03853	AP 694	22.9.2011	-	-	0,25	ls	h	0	12	720	290	360	37
11VV03854	YP 1733	22.9.2011	-	-	0,5	s	h	0	13	590	700	460	36
12VV02278	AP 694	17.10.2012	0,3	0	0,8	k	h	5	8	190	180	910	24
12VV02279	YP 1733	17.10.2012	0,25	0	0,75	ls	h	6,3	9,1	160	180	1100	26
13VV00549	AP 694	23.4.2013	0,25	0	0,7	ls	h	0	7	3	9	1800	46
13VV00537	YP 1733	23.4.2013	0,2	0	0,6	ls	h	4,9	4,4	2	3	1800	39
13VV02443	AP 694	25.10.203	0,2		0,44	ls	h	2,8	8	49	130	1300	30
13VV02444	YP 1733	25.10.2013	0,2	0	0,4	ls	h	2,9	9	350	830	1100	26

LIITE 2. Kivipuron hulevesiallas-kosteikkoparin ojanäytteet (ap, kk, KR)

			Näytteen-ottosyvyys	Näkösyvyys	Maksimi syvyys	Ulkonäkö	Haju	Virtaama	Lämpötila	Fek. koliformit (44 °C 24 h)	Fek. streptokokit (37 °C 48 h)	Typpi (N), kokonais-	Fosfori (P), kokonais-
Näytenro	Näytteen nimi	Ottopäivä	m	m	m	Kenttät.	Kenttät.	l/s	°C	pmy/100 ml	pmy/100 ml	µg/l	µg/l
	Kivipuron allas												
09VV02720	ap 1734	6.10.2009	0,02	0,2	0,1	s	h	40	4,2	150	62	660	47
09VV02721	kk 1735	6.10.2009	0,2	0,3	1	s	h	42,5	6	13000	76	1400	23
09VV02722	KR 1736	6.10.2009	0,2	0,2	0,5	s	h	8	5	35	47	1200	180
10VV00708	ap 1734	15.4.2010			0,15			44	2,2	200	16	1500	57
10VV00709	kk 1735	15.4.2010			0,6			0	2	12	5	2100	58
10VV00710	KR 1736	15.4.2010			0,45			0	1,6	270	19	1300	70
10VV05015	ap 1734	9.11.2010			0,05			4	0,1	59	24	2100	35
10VV05137	kk 1735	9.11.2010			jäässä								
10VV05138	KR 1736	9.11.2010			jäässä								
11VV01714	ap 1734	19.4.2011	0,13		0,13	ke	h	72	4,7	20	36	1800	68
11VV01713	kk 1735	19.4.2011	0,2		-	ke	h	-	4,7	29	110	3100	49
11VV01715	KR 1736	19.4.2011	0,2		0,35	ke	h	4,6	2,2	58	140	1200	68
11VV03844	ap 1734	22.9.2011	0,1	0,1	0,1	k	h	4,3	13,2	810	390	520	29
11VV03845	KR 1736	22.9.2011	0,1	0,2	0,6	s	le	-	13	200	110	1600	600
11VV03919	kk 1735	23.9.2011	-	-	-	k	h	0	12,2	390	80	3100	23
12VV00657	ap 1734	26.4.2012	0,1	0	0,14	lke	h	42	5,5	85	110	1300	54
12VV00658	kk 1735	26.4.2012	0,3	0	0,76	ls	h	33,3	5,1	320	140	1500	53
12VV00659	KR 1736	26.4.2012	0,2	0	0,4	ls	h	5,4	4,3	1000	29	1300	87
12VV02283	ap 1734	17.10.2012	0,1	0	0,12	k	h	40	7	170	90	1400	62
12VV02284	kk 1735	17.10.2012	0,2	0	0,61	ls	h	9,04	8,5	3100	720	1800	45
12VV02285	KR 1736	17.10.2012	0,25	0	0,62	lru	h	2,55	7	220	65	1500	140
13VV00540	ap 1734	23.4.2013	0,08	0	0,1	ls	h	8,4	5,3	22	32	1600	70
13VV00541	kk 1735	23.4.2013	0,25	0	0,97	k	h	0	5,8	90	15	1700	27
13VV00542	KR 1736	23.4.2013	0,2	0	0,91	lru	h	22,5	3,5	5	25	1700	87
13VV02447	ap 1734	25.10.2013	0,05		0,11	ls	h	30	6,6	150	380	1100	69
13VV02448	kk 1735	25.10.2013	0,3		0,98	s	h	0	7,6	180	320	1100	23
13VV02449	KR 1736	25.10.2013	0,25		0,58	lke	lmt	0	6,5	160	110	1400	130

LIITE 3. Korennonvirranojan ojanäytteet (ap, yp)

			Näytteen-ottosyvyys	Näkösyvyys	Maksimi syvyys	Ulkonäkö	Haju	Virtaama	Lämpötila	Fek. koliformit (44 °C 24 h)	Fek. streptokokit (37 °C 48 h)	Typpi (N), kokonais-	Fosfori (P), kokonais-
Näytenro	Näytteen nimi	Ottopäivä	m	m	m	Kenttät.	Kenttät.	l/s	°C	pmy/100 ml	pmy/100 ml	µg/l	µg/l
	Korennonvirranoja												
08VV00553	X	8.4.2008	-	-	-	s	h	330	1,7	390	47	1600	210
08VV02421	X	1.10.2008	0,2	1	1,5	k	h	1400	8,5	2	2	480	24
09VV00594	X	20.4.2009	0,3	0,1	0,5	s	h	6	1,4	38	0	1200	85
09VV02719	X	6.10.2009	0,4	0,1	0,3	s	h	96	3,5	83	58	670	74
09VV02723	X	6.10.2009	0,3	0,3	1,5	s	h	200	5,2	9	11	500	34
10VV00707	yp 692	15.4.2010			0,3			40	2	140	7	1500	60
10VV00718	ap 1737	15.4.2010			0			jäässä	1,1	8	6	930	110
10VV05014	yp 692	9.11.2010			0,04			5	0,1	55	29	2300	38
10VV05141	ap 1737	9.11.2010			jäässä								
11VV01712	yp 692	19.4.2011	0,15		0,15	s	h	35	4	37	39	1800	65
11VV01711	ap 1737	19.4.2011	0,3		-	s	h	-	2,8	11	19	1500	52
11VV03843	yp 692	22.9.2011	0,1	0,1	0,1	k	h	5,4	13	280	240	550	31
11VV03855	ap 1737	22.9.2011	-	-	1,6	ls	h	0	13,4	37	55	460	24
12VV00656	yp 692	26.4.2012	0,1	0	0,25	lke	h	45	5,2	82	74	1400	61
12VV00655	ap 1737	26.4.2012	0,05	0	-	ls	h	jäässä	2,8	11	53	1000	55
12VV02282	yp 692	17.10.2012	0,12	0	0,22	ls	h	39	7,1	400	810	1400	94
12VV02280	ap 1737	17.10.2012	0,35	0	1,43	k	h	0	8,1	5	15	670	39
13VV00539	yp 692	23.4.2013	0,1	0	0,16	ls	h	20	5,8	22	25	1600	70
13VV00538	ap 1737	23.4.2013	Jäässä	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13VV02446	yp 692	25.10.2013	0,05		0,12	ls	h	34	6,5	260	260	1200	69
13VV02445	ap 1737	25.10.2013	0,35		1,1	ls	h	0	6,1	59	97	890	61

LIITE 4. Tiedote opinnäytetyöstä asukkaille

11.12.2013

ASUKASKYSELY

Luonnonmukainen hulevesien hallinta uusilla asuntoalueilla Lahden Karistossa ja Kytölässä

Opinnäytetyö, Jessica Huttunen

"Hulevesillä tarkoitetaan maan pinnalta, rakennusten katoilta sekä muilta vastaavanlaisilta pinnoilta pois johdettavia sade- tai sulamisvesiä rakennetussa ympäristössä ja niihin kuuluvat myös rakennusten perustusten kuivatusvedet."

"Luonnonmukaisen hulevesien hallinnan päämääränä on kaupungistumisen seurauksena tapahtuneiden maankäytön muutoksien aiheuttamien hulevesien vedenkierrolisten ja veden laadun muutosten hallinta purkuvesistön tilaa sekä luonnon- ja rakennettua ympäristöä suojellen." (Lahden kaupungin hulevesiohjelma 2010)

Olen miljöösuunnittelun opiskelija (insinööri AMK) Lahden ammattikorkeakoulusta. Opinnäytetyöni aiheena on arvioida ja tutkia luonnonmukaista hulevesien hallintaa osana kaupunkisuunnittelua sekä sen merkitystä, käyttöä ja toimivuutta. Työssä tarkastelen muun muassa Kariston luonnonmukaisia hulevesijärjestelmiä ja niiden toimivuutta. Työni on osa Ilmastonkestävä kaupunki – työkaluja suunnitteluun (ILKKA) –hanketta, jota Lahden kaupunki toteuttaa yhdessä usean muun kaupungin kanssa.

Asukaskysely toteutetaan toimeksiantajani, Lahden seudun ympäristöpalveluiden, toiveesta ja sen tarkoituksena on selvittää asukkaiden kokemukset ja mielipiteet Kariston alueen luonnonmukaisesta hulevesien hallinnasta. Toivommekin asukaskyselyn saavan mahdollisimman monta vastausta! Pyydämme vastaamaan kyselyyn rastittamalla oikealta tuntuva vaihtoehto tai kirjoittamalla vastaukset niille varattuihin kohtiin. Tämän kyselyn mukana saatte enakkoon maksetun vastauskuoren, jossa voitte palauttaa vastauslomakkeen postilaatikkoon 20.12.2013 mennessä tai vaihtoehtoisesti lähettää vastaukset sähköpostitse osoitteeseen jessica.huttunen@student.lamk.fi, josta lomakkeen saa myös pyydettäessä sähköisessä muodossa. Lisätietoja voi tiedustella myös sähköpostitse.

Ystävällisin terveisin,

Jessica Huttunen
miljöösuunnittelun opiskelija
Lahden ammattikorkeakoulu
jessica.huttunen@student.lamk.fi

Kyselyn palautus
20.12.2013
mennessä!

LIITE 5. Asukaskysely (sivu 1/5)

Sukupuoli ☐ Nainen ☐ Mies

Ikä ☐ 20 -25 vuotta ☐ 26 – 35 vuotta ☐ 36 – 45 vuotta

☐ 46 – 55 vuotta ☐ yli 55 vuotta

Olen asunut Karistossa ☐ alle 1 vuoden ☐ 1 – 3 vuotta

☐ 3 - 5 vuotta ☐ yli 5 vuotta

Kuinka lähellä hulevesiallasta tai –kosteikkoa asutte?

☐ alle 100 m ☐ 100 – 200 m ☐ 200 – 500 m

☐ 0,5 – 1 km ☐ yli 1 km

Numeroikaa lähinnä kotianne oleva hulevesijärjestelmä (1-4):

1.☐

2.☐

3.☐

4.☐

LIITE 5. Asukaskysely (sivu 2/5)

Mikä tekee asuinympäristöstänne viihtyisän?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Tietoisuus	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
Hulevesi oli minulle ennestään tuttu käsite	☐	☐	☐	☐	☐
Hulevesien hallinta on minulle tuttua Kariston kaupunginosassa	☐	☐	☐	☐	☐
Olen tietoinen kosteikkojen ja laskeutusaltaiden merkityksestä	☐	☐	☐	☐	☐

Vapaa teksti

_____
_____
_____

2

LIITE 5. Asukaskysely (sivu 3/5)

Viihtyvyys	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
Asuinympäristöni viihtyisyys on minulle tärkeää	☐	☐	☐	☐	☐
Pidän asuinympäristööni viihtyisänä	☐	☐	☐	☐	☐
Kosteikot ja laskeutusaltaat lisäävät asuinalueeni viihtyisyyttä	☐	☐	☐	☐	☐
Kosteikoilla ja laskeutusaltailla ei ole merkitystä asuinalueeni viihtyisyyteen	☐	☐	☐	☐	☐

Vapaa teksti

_____

_____

_____

Turvallisuus	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
Koen hulevesialtaat turvallisina	☐	☐	☐	☐	☐
Voin asua lähellä kosteikkoa tai laskeutusallasta	☐	☐	☐	☐	☐
Koen kosteikot/laskeutusaltaat vaarallisina – **Miksi?**	☐	☐	☐	☐	☐
Koen kosteikot/laskeutusaltaat haitallisina – **Miksi?**	☐	☐	☐	☐	☐

Vapaa teksti

_____

_____

3

LIITE 5. Asukaskysely (sivu 4/5)

Onko hulevesien määrästä tai laadusta ollut haittaa ja jos niin missä?

Kaupunkisuunnittelu	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
Mielestäni vesielementti kuuluu viihtyisään kaupunkiympäristöön	☐	☐	☐	☐	☐
Kaupunkisuunnittelussa tulee olla mukana vesielementtejä	☐	☐	☐	☐	☐
Vesielementit nostavat asuinalueen arvoa	☐	☐	☐	☐	☐
Hulevedet pitäisi johdattaa viemäreissä/putkia pitkin luonnonmukaisten käsittelymenetelmien sijaan	☐	☐	☐	☐	☐
Hulevesien luonnonmukainen hallinta tulisi tapahtua kaukana asutuksesta	☐	☐	☐	☐	☐
Hulevesien luonnonmukainen hallinta voidaan toteuttaa tonteilla ja lähellä asutusta	☐	☐	☐	☐	☐

4

LIITE 5. Asukaskysely (sivu 5/5)

Vapaa teksti

Jatkosuunnittelu/tulevaisuus	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
Altaita tulisi jatkosuunnitella kalaston/virkistyskäytön kannalta suotuisammiksi	☐	☐	☐	☐	☐
Altaita tulisi jatkosuunnitella linnuston kannalta suotuisammiksi	☐	☐	☐	☐	☐

Haluaisitteko Kariston altaiden ympärille enemmän kasvillisuutta ja esim. onkilaituria, vesilintujen pönttöjä yms? Onko teillä muita kehittämisideoita?

Vapaa teksti

Kiitos osallistumisesta!

5

LIITE 6. Kytölän ojanäytteet (ap, yp)

			Näytteenot tosyvyys	Maksimisyvyys	Ulkonäkö	Haju	Lämpötila	Fek. koliformit (44 °C 24 h)	Enterokokit	Sameus	pH	Sähkönjohtavuus	Kiintoaine	CODMn	TOC
			Kenttät.		Kenttät.	Kenttät.		SFS 4088	ISO7899-2	RA2024	RA2000	RA2013	RA2029	RA2012	RA2007
Näytenro	Näytteen nimi	Ottopäivä	m					pmy/100 ml	pmy/100 ml	NTU		mS/m	mg/l	mg/l	mg/l
13VV02246	Kytölä AP	15.10.2013	0,01		k	h			4	8,5	6,7	33	<2,0		6,7
13VV02247	Kytölä YP	15.10.2013	0,03		k	h			8	13	7,3	38	11		6,4
13VV02346	Kytölä AP	18.10.2013	n. 0,1		lru	h			630	200	6,9	25	150		9,5
13VV02347	Kytölä YP	18.10.2013	n.0,1		ru	h			1500	500	6,8	15	360		12
13VV02414	Kytölä AP	24.10.2013	0,15		ls	h			390	95	7	26	58		9,6
13VV02415	Kytölä YP	24.10.2013	0,2		s	h			9600	180	7	24	120		11
13VV02556	Kytölä AP	5.11.2013	0,1		l,s	h			110	47	6,7	21	28		11
13VV02557	Kytölä YP	5.11.2013	0,15		l,s	h			88	41	6,8	22	86		11
13VV02641	Kytölä AP	19.11.2013	0,05	0,12	l,s	h	3,2		18	23	6,9	27	50		7,3
13VV02642	Kytölä YP	19.11.2013	0,05	0,15	l,s	h	4		69	39	6,9	26	20		7,9
13VV02704	Kytölä AP	3.12.2013	0,05	0,1	l,s	h	1		6	20	6,9	28	19		6,2
13VV02705	Kytölä YP	3.12.2013	0,05	0,12	l,s	h	2		1	31	7	28	16		6,2
			Typpi (N), kokonais-	Fosfori (P), kokonais-	Metallit 1	Alumiini (Al)	Kadmium (Cd)	Kromi (Cr)	Kupari (Cu)	Lyijy (Pb)	Sinkki (Zn)	Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)	Keskitisleet (C10-C21)	Raskaat öljyjakeet (C21-C40)	
			RA2003	RA2008		RA3000	RA3000	RA3000	RA3000	RA3000	RA3000	RA4019	RA4019	RA4019	
Näytenro	Näytteen nimi	Ottopäivä	µg/l	µg/l		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
13VV02246	Kytölä AP	15.10.2013	1700	25	ok	280	<0,10	<1,0	2,8	<0,50	8,8	<0,05	<0,05	<0,05	
13VV02247	Kytölä YP	15.10.2013	2900	28	ok	250	0,13	<1,0	4,7	<0,50	25	<0,05	<0,05	<0,05	
13VV02346	Kytölä AP	18.10.2013	2000	180	ok	610	<0,10	1,2	4,4	2,2	13	<0,05	<0,05	<0,05	
13VV02347	Kytölä YP	18.10.2013	2100	370	ok	980	<0,10	1,5	5,1	2,3	11	0,07	<0,05	<0,05	
13VV02414	Kytölä AP	24.10.2013	1900	86	ok	430	<0,10	<1,0	3,2	0,7	12	<0,05	<0,05	<0,05	
13VV02415	Kytölä YP	24.10.2013	2300	140	ok	660	<0,10	1,1	3,9	0,93	14	<0,05	<0,05	<0,05	
13VV02556	Kytölä AP	5.11.2013	2200	59	ok	840	<0,10	1,3	4,1	0,7	14	<0,05	<0,05	<0,05	
13VV02557	Kytölä YP	5.11.2013	2800	57	ok	910	<0,10	1,3	4,5	0,73	19	0,06	<0,05	<0,05	
13VV02641	Kytölä AP	19.11.2013	2600	39	ok	380	<0,10	<1,0	3,7	<0,50	19	ei öljyjä			
13VV02642	Kytölä YP	19.11.2013	2800	51	ok	420	<0,10	<1,0	5	0,84	27	ei öljyjä			
13VV02704	Kytölä AP	3.12.2013	2700	30	ok	480	<0,10	<1,0	3,3	<0,50	15	ei öljyjä			
13VV02705	Kytölä YP	3.12.2013	3100	47	ok	650	0,11	<1,0	5,6	<0,50	28	ei öljyjä			

LIITE 7. Ravinteiden ja haitta-aineiden reduktiot [%] Kytölässä

Kytölä	Fek. koliformit (44 °C 24 h)	Enterokokit	pH	Sähkönjohtavuus	Kiintoaine	CODMn (kemiallinen hapenkulutus)	TOC (orgaaninen kokonaishiili)	Typpi (N), kokonais-	Fosfori (P), kokonais-
15.10.2013		50	8	13	>82		-5	41	11
18.10.2013		58	-1	-67	58		21	5	51
24.10.2013		96	0	-8	52		13	17	39
5.11.2013		-25	1	5	67		0	21	-4
19.11.2013		74	0	-4	-150		8	7	24
3.12.2013		-500	1	0	-19		0	13	36

Kytölä	Alumiini (Al)	Kadmium (Cd)	Kromi (Cr)	Kupari (Cu)	Lyijy (Pb)	Sinkki (Zn)	Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)	Keskitisleet (C10-C21)	Raskaat öljyjakeet (C21-C40)
15.10.2013	-12	>23		40		65			
18.10.2013	38		>20	14	4	-18	>29		
24.10.2013	35		>9	18	25	14			
5.11.2013	8		0	9	4	26	>17		
19.11.2013	10			26	>40	30	ei öljyä		
3.12.2013	26	>9		41		46	ei öljyä		