

Stormwater- hankkeen loppuraportti

Taajamien hulevesihaasteiden ratkaisut ja
liiketoimintamahdollisuudet

Leena Sänkiaho, Nora Sillanpää (toim.)



STORMWATER-hankkeen
loppuraportti;
Taajamien hulevesihaasteiden
ratkaisut ja
liiketoimintamahdollisuudet

Leena Sänkiaho ja Nora Sillanpää (toim.)

Aalto-yliopiston julkaisusarja
TIEDE + TEKNOLOGIA 4/2012

© Author

ISBN 978-952-60-4555-9 (pdf)

ISSN-L 1799-487X

ISSN 1799-4888 (pdf)

Kuvat: Nora Sillanpää (Kansikuva)

Unigrafia Oy
Helsinki 2012

Julkaisu on saatavilla sähköisessä muodossa osoitteessa <http://www.otilib.fi/tkk/julkaisee/index.html>

Author

Leena Sänkiäho ja Nora Sillanpää (toim.)

Name of the publicationStormwater-project
Final Report**Publisher** School of Engineering**Unit** Department of Civil and Environmental Engineering**Series** Aalto-yliopiston julkaisusarja TIEDE + TEKNOLOGIA 4/2012**Field of research** Water Engineering**Abstract**

In this report results from a development project “Stormwater” are presented (2008-2011).

The aim of the project was to find new solutions for stormwater management in Finland. The report is divided into two main parts, of which the first one describes main results of the scientific studies and the second one solution for the pilot construction sites, which are located in the central Kouvola and Lahti as well as in an industrial site in Hollola. The research focused on stormwater quality and quantity at different catchment areas in the city of Lahti, in the town centre of Kouvola and in a semi-urban brook in Vihti. Soil contamination caused by industry-derived stormwater was studied in Hollola. In addition, aspects of current business opportunities linked to stormwater management, as well as the options for stormwater management practices in already build areas are discussed.

The main funders for the project were the European Regional Development Fund (ERDF) and Regional Council of Päijät-Häme. The participants in the project were: University of Helsinki, Aalto University, Kouvola municipality and water utility, Lahti Aqua Ltd, Hollola municipality and Lahti Science and Business Park.

Keywords Stormwater, urban hydrology, urban ecology**ISBN (printed)****ISBN (pdf)** 978-952-60-4555-9**ISSN-L** 1799-487X**ISSN (printed)** 1799-487X**ISSN (pdf)** 1799-4888**Location of publisher** Espoo**Location of printing****Year** 2012**Pages** 60 **The publication can be read at** <http://www.otilib.fi/tkk/julkaisee/index.html>

Tekijä

Leena Sänkiäho ja Nora Sillanpää (toim.)

Julkaisun nimiSTORMWATER-hankkeen loppuraportti;
Taajamien hulevesihaasteiden ratkaisut ja liiketoimintamahdollisuudet**Julkaisija** Insinööritieteiden korkeakoulu**Yksikkö** Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos**Sarja** Aalto-yliopiston julkaisusarja TIEDE + TEKNOLOGIA 4/2012**Tutkimusala** Vesitekniikka**Tiivistelmä**

Tähän loppuraporttiin on kerätty Stormwater-hankkeen tuloksia. Hankkeessa on haettu ratkaisukeinoja hulevesien – eli taajamien sade- ja sulamisvesien- hallintaan. Raportti on jaettu kahteen pääosaan, jossa ensimmäisessä kuvataan hankkeen merkittävämpiä tutkimustuloksia ja toisessa hankkeen yhteydessä toteutetut pilottikohteet. Rakennuskohteet sijaitsevat Kouvolan ja Lahden kaupunkialueilla sekä Hollolassa teollisuusalueella. Tutkimuskohteina ovat olleet Lahdessa erityyppiset valuma-alueet, Hollolassa teollisuusalueen maaperä, Kouvola keskusta-alueen hulevedet sekä Vihdin Nummelassa sijaitsevan kaupunkipuron vedenlaatu. Lisäksi raportissa on kuvattu hulevesiin liittyviä liiketoimintamahdollisuuksia sekä pohdittu eri menetelmien soveltumista rakennettuun ympäristöön.

Hankkeen päärahoittajia ovat Euroopan aluekehitysrahasto sekä Päijät-Hämeen liitto. Mukana hankkeessa ovat olleet: Helsingin yliopisto, Aalto-yliopisto, Hollolan kunta, Kouvolan kaupunki ja Kouvolan Vesi, Lahti Aqua sekä Lahden tiede- ja yrityspuisto Oy.

Avainsanat hulevedet, kaupunkihydrologia, ympäristöekologia, yhdyskuntatekniikka**ISBN (painettu)****ISBN (pdf)** 978-952-60-4555-9**ISSN-L** 1799-487X**ISSN (painettu)** 1799-487X**ISSN (pdf)** 1799-4888**Julkaisupaikka** Espoo**Painopaikka****Vuosi** 2012**Sivumäärä** 60 **Luettavissa verkossa osoitteessa** <http://www.otilib.fi/tkk/julkaisee/index.html>

Sisällysluettelo

1	Esipuhe.....	1
2	Yhteishankkeen kuvaus ja tavoitteet	2
3	Tutkimukset.....	4
3.1	Hulevesien määrä ja laatu Lahden kaupungissa.....	5
3.2	Hulevesien määrä- ja laatumittaukset Kouvolan keskustassa.....	12
3.3	Hollolan maaperätutkimukset.....	15
3.4	Lysimetrikoe hulevesien biosuodatuksesta kylmässä ilmastossa	19
3.5	Hulevesien luonnonmukainen hallinta kylmässä ilmastossa	25
3.6	Yhteenvedo hankkeessa käytetyistä mittausmenetelmistä.....	36
4	Hulevesirakentamisen pilottikohteet.....	38
4.1	Hollolan teollisuuskiinteistöt.....	39
4.2	Lahden Joutjärvi	41
4.3	Kaupunkiympäristön tulvariskien tunnistaminen ja tulvasuojelun kehittäminen - mallintamisesta apua hulevesien hallintaan	44
4.4	Kouvolan keskustan pilot-kohteet.....	46
4.5	Pienkohteet luonnonmukaisen hulevesisuunnittelun haasteena	50
4.6	Kokemuksia pilottikohteiden toteutuksesta	52
5	Loppusanat.....	53

1 Esipuhe

Rakennetuilla alueilla veden luonnollinen kiertokulku muuttuu. Taajama-alueiden pintavalunnan eli hulevesien hallinta monimutkaistuu kun kaupungit kasvavat, infrastruktuuri muuttuu ja kaupunkirakenne tiivistyy. Hulevesiä saattaa olla liikaa, liian vähän tai vesi voi olla liian likaista. Toisaalta hulevedellä on monia hyötykäyttömahdollisuuksia, jotka usein unohtuvat suunnittelussa. Tarve hulevesien hallinnan uudistamiseen on tunnustettu monella sektorilla – siitä kertovat useiden kaupunkien uudet hulevesiohjelmat, valmisteilla oleva kansallinen hulevesiopas ja hulevesien osalta uudistetut vesihuoltolaki sekä maankäyttö- ja rakennuslaki.

Stormwater-hankkeessa etsittiin ratkaisuja perinteisen tulvasuojelun ja verkostoratkaisujen rinnalle. Tavoitteena oli edistää kokonaisvaltaista hulevesien hallintaa, joka huomioi hulevesien sekä määrälliset että laadulliset ongelmat. Kokonaisvaltainen hulevesien hallinta on otettu suunnittelutavoitteeksi jo monessa suomalaisessa uudisrakennuskohteessa - haasteita Stormwater-hankkeen osaprojekteille ovat asettaneet rakenteiden sijoittelu vanhoille kaupunkialueille sekä pohjavesialueille.

Hanke on tuonut yhteen käytännön osajia sekä eri alojen tutkijoita. Tässä raportissa esitellään osaprojekteja sekä hankkeen tuloksia.

Pääosa hankkeen rahoituksesta on tullut Päijät-Hämeen liiton kautta Euroopan aluekehitysrahastosta (EAKR).

Raportin kirjoittamiseen ja kommentointiin ovat osallistuneet Jarno Hujanen ja Jarkko Laitinen (Liikelaitos Kouvolan Vesi), Anniina Pouta (Hollolan kunta), Marjo Valtanen, Niina Tiainen ja Heikki Setälä (Helsingin yliopisto), Hanna Laaksonen (Lahden tiede- ja yrityspuisto Oy), Jyrki Hiltunen ja Markku Heikkonen (Lahti Aqua Oy), Timo Nikulainen (Pöyry Finland Oy) sekä Riku Vahala, Gerald Krebs, Ulrike Huth ja Paula-Kaisa Leppänen (Aalto-yliopisto).

Lämmin kiitos hankkeen toteuttajille ja sen toteutumiseen myötävaikuttaneille,

Leena Sänkiaho ja Nora Sillanpää
Aalto-yliopisto



2 Yhteishankkeen kuvaus ja tavoitteet

Helsingin yliopiston ympäristötieteiden laitoksen hallinnoimaan hankkeeseen lähtivät mukaan Aalto-yliopiston yhdyskunta- ja ympäristötekniikanlaitos, Hollolan kunta ja vesilaitos, Kouvolan kaupunki ja liikelaitos Kouvolan Vesi, Lahti Aqua Oy sekä Lahden tiede- ja yrityspuisto Oy. Tavoitteena oli löytää pitkäkestoisia kestävästä kehityksen mukaisia ratkaisuja, jotka pohjaavat projektipartnerien monitasoiseen teknis-luonnontieteelliseen osaamiseen ja suomalaiseen tutkimustietoon.

Hankkeen kesto: 1.2.2008–30.9.2011

Kokonaisbudjetti: 1 929 609 €

EAKR ja valtion tuki: 1 272 726 €

Muut rahoittajat: Maa- ja vesitekniikan tuki ry, partnerikunnat ja vesilaitokset

Toteuttajat:

Helsingin yliopisto, Ympäristötieteiden laitos (hallinnoija)

Aalto-yliopisto, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos

Kouvolan kaupunki/ Liikelaitos Kouvolan Vesi

Hollolan kunta

Lahti Aqua Oy

Lahden tiede- ja yrityspuisto Oy

Ohjausryhmä:

Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Vesilaitosyhdistys (VVY)

Elinkeinoelämän keskusliitto EK

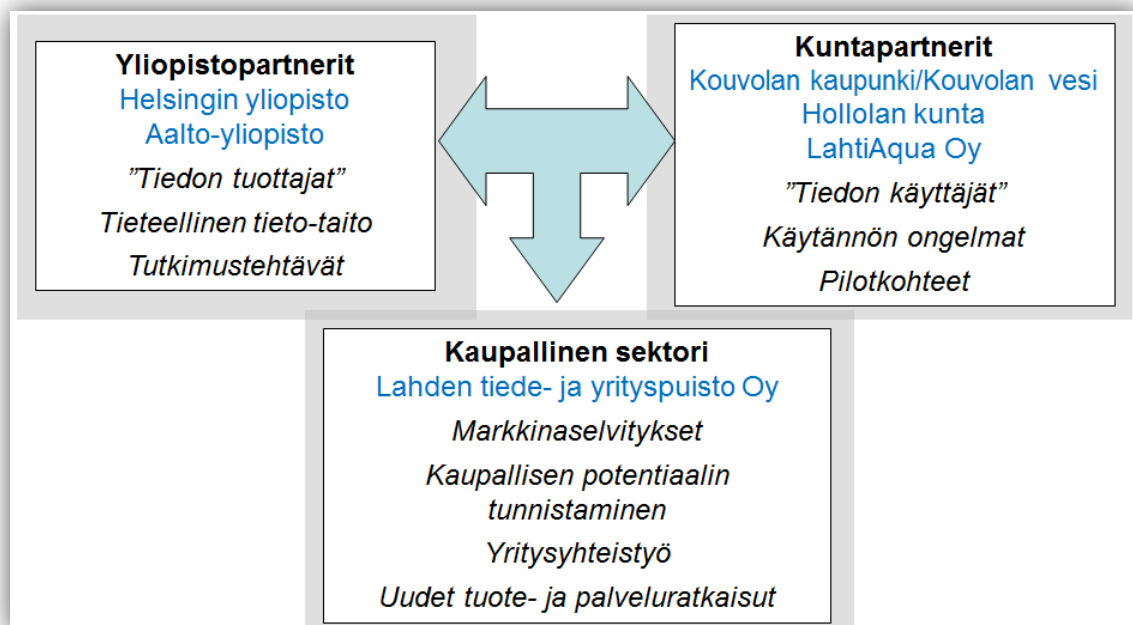
Päijät-Hämeen liitto

Hankkeen tavoite on ongelmakeskeinen, eli vastata nykyisiin ja ilmastonmuutoksen myötä lisääntyviin hulevesien aiheuttamiin haasteisiin luomalla kestäviä hulevesien määrän ja laadun hallintaratkaisuja. Kuntapartnerit ovat ratkoneet käytännön ongelmia pilottikohteissa – yliopistojen tutkimus on osittain linkittynyt näihin ongelmakohteisiin. Hulevesien hallintaratkaisut tarvitsevat suunnittelun pohjaksi tutkimustietoa, jota Suomessa on kerätty melko vähän ennen tätä hanketta.

Projektin tarkoituksena on vähentää ja ehkäistä hulevesistä aiheutuvia teknis-taloudellisia ja ympäristöön kohdistuvia haittoja. Hankkeen käytännön toimenpiteet käsittivät useita mittaus- ja tutkimuksia sekä rakennettuja, hulevesien hallinnan pilottikohteita. Hankkeeseen liittyi myös suunnittelukohteita, joiden rakentaminen on ajankohtaista vasta hankkeen päättymisen jälkeen. Yhteishanke on mahdollistanut sujuvan tiedonsiirron ja asiantuntija-avun hankeen osapuolien välillä (Kuva 1).

Hulevesien hallinnan kaupallista potentiaalia hankkeessa selvitti Lahden tiede- ja yrityspuisto Oy teettämällä erilaisia selvityksiä. Wavin Labko Oy:lle tehtiin markkinaselvitys hulevesien kiintoaineista, selvityksessä keskityttiin kiintoaineisiin, niihin tarkoitettuihin erottimiin ja näiden markkinoihin. Uponor Suomi Oy:lle tehtiin markkinaselvitys hulevesijärjestelmästä, painopisteenä oli erityisesti Pohjoismaat ja Baltia. Oy KWH Pipe Ab:lle toteutettiin tutkimus materiaalien soveltuvuudesta liitoksiin, tutkimuksessa keskityttiin erityisesti muovimateriaaleihin ja näiden erilaisiin liitostapoihin sekä liitosten mekaanisiin ominaisuuksiin.

Tämä loppuraportti käsittää katsauksen hankkeen päätuloksiin. Raportti on jaettu kahteen osaan: tutkimustoimintaan (Luku 3) sekä rakennuskohteiden kuvaukseen (Luku 4). Kokemuksia hankkeen toteutuksesta esitellään raportin lopussa luvussa 5.



Kuva 1 Hankeorganisaatio ja osallistuneiden roolit

3 Tutkimukset

Suomalaisia tutkimustuloksia hulevesistä löytyy verrattain vähän ja tarve tutkimuksen lisäämiselle on esitetty myös EU:n taholta. Tutkimusmenetelmien kehittyessä mahdollisuudet monipuolisempaan tutkimukseen ovat lisääntyneet. Tällä tutkimuksella haluttiin lisätä tietämystä veden laadusta ja määrästä erityisesti erityyppisiltä kaupunkialueilta ja teollisuusalueilta sekä vertailla eri käyttötarkoituksiin soveltuvia näytteenottomenetelmiä. Myös eri käsittelymenetelmien soveltuvuutta laadultaan ja määrältään erilaisten vesien käsittelyyn tutkittiin.

Tutkimuskohteet ovat valikoituneet projektikunnista sekä kunnista, joiden kanssa yliopistoilla on ollut aiempaa tutkimusyhteistyötä. Yksityiskohtaisemmin tässä raportissa on käyty läpi:

- huleveden määrä- ja laatumittaukset erilaisilla valuma-alueilla Lahdessa ja Kouvolassa,
- teollisuusalueiden hulevesien haitta-aineiden tutkimus Hollolassa,
- hulevesien biosuodatuskokeet Jokimaan lysimetrilaitoksella Lahdessa ja
- Nummelan tutkimuskohde, jonka tavoitteena oli löytää parhaimmat parametrit kuvaamaan luonnonmukaisemman hulevesien hallintaratkaisun toimivuutta.

Tässä raportissa selvitetään tutkimusten tavoitteet, menetelmät ja päätulokset



3.1 Hulevesien määrä ja laatu Lahden kaupungissa

Marjo Valtanen, Nora Sillanpää ja Heikki Setälä

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää miten kaupungistuminen vaikuttavat hulevesien määrään ja laatuun kylmässä ilmastossa. Tutkimuksessa keskityttiin kaupunkien tiiviisti rakennettuihin keskusta-alueisiin, joita on tutkittu kylmissä olosuhteissa vähänlaisesti. Tarkoituksena oli tarkastella, miten maankäytön aste (läpäisemättömien pintojen määrä) vaikuttaa hulevesien määrään ja valunnan ajalliseen esiintymiseen sekä millainen vaikutus maankäyttömuodolla on hulevesien haitta-ainepitoisuuksiin ja hulevesistä aiheutuvaan ympäristö-kuormitukseen.

Menetelmät

Tutkimus toteutettiin Helsingin yliopiston Ympäristötieteiden laitoksen toimesta Lahdessa vuosina 2008 - 2010. Hulevesien määrää ja laatua mitattiin kolmella maankäytön asteeltaan erilaisella alueella, jotka valittiin läpäisemättömän pinnan määrän mukaan. Alueisiin kuului *hyvin tiivis* keskusta-alue, *tiivis* keskusta-alue ja keskustan ulkopuolella sijaitseva *väljä* pientaloalue, joka toimi nk. tausta-alueena (Taulukko 1, Kuva 2).

Jokaiselle tutkimusalueelle perustettiin hulevesien mittausasemat syksyllä 2008. Mittausasemilla mitattiin anturein hulevesien virtaamaa (Nivus PCM4), sameutta ja sähkönjohtokykyä ja kahdella asemalla (tiivis alue ja väljä alue) mitattiin myös sadantaa (Rainew 111). Anturit sekä näytteenottoletku asennettiin valuma-alueelta vedet kokoavaan viemäriputkeen (Kuva 3). Kaikkia mittauksia tehtiin ympärivuotisesti yhden minuutin aikavälillä. Sade- ja sulamistapahtumien aikana otettiin lisäksi vesinäytteitä automaattisella



Kuva 2: Lahden valuma-alueet: hyvin tiivis alue (yllä), tiivis alue (keskellä) ja väljä alue (alla) (Kuvat: Lahden kaupunki)

Taulukko 1 Lahden valuma-alueiden ominaisuuksia

Alue	Hyvin tiivis alue	Tiivis alue	Väljä alue
<i>Pinta-ala (ha)</i>	6,1	7,0	13
<i>Läpäisemätöntä pintaa (%)</i>	87	72	18
<i>Rakentaminen</i>	liiketiloja ja kerrostalo-asutusta	liiketiloja, kerros- ja pientaloasutusta	pientalo-asutusta

näytteenottimella (ISCO 3700) useampi näyte/tapahtuma. Näytteenottoehdot perustuivat virtaaman kasvuun tai vesimäärään. Vesinäytteistä analysoitiin ravinteet (kokonaistyyppi ja -fosfori), raskasmetallit, kiintoaine ja kokonaisorgaaninen hiili. Pitoisuuksista laskettiin tapahtuma-kohtaiset virtaamapainotteiset keskiarvot (event mean concentration, EMC) sekä tapahtumien aikaiset kuormitusarvot.

Kuukausittainen valunta kolmella tutkimusalueella

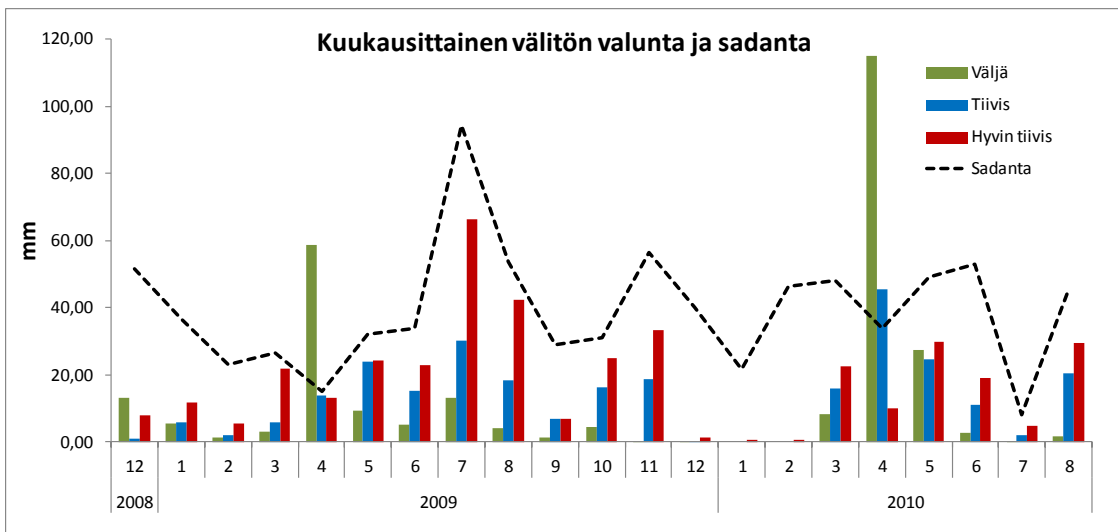
Jokaiselle tutkimusalueelle laskettiin kuukausittainen valuntasumma välittömälle valunnalle (pohjavalunnan osuus poisluettu) kuukauden aikaisista sade- ja sulamistapahtumista. Täten summat kertovat kuinka paljon kullakin alueella on syntynyt sadannasta tai sulannasta aiheutuvaa pintavaluntaa eli hulevettä. Myös sadannalle laskettiin kumulatiiviset kuukausittaiset summat. Sääolosuhteiltaan vuodet olivat toisistaan poikkeavia. Talvi 2009 oli keskimääräistä lämpimämpi ja tammikuussa esiintyi päiviä, jolloin lämpötila oli lähellä nollaa tai sen yläpuolella, kun taas helmikuussa lämpötila oli suurimmaksi osaksi pakkasen puolella.



Kuva 3 Veden laatua ja virtaamaa mitattiin anturein viemäriputkessa. Etualalla putken suulla ovat johtokyky- ja sameusanturit ja sisempänä putkessa sijaitsi virtaama-anturi sekä näytteenottoletku. (Kuva Marjo Valtanen)

Talvi 2010 oli puolestaan hyvin kylmä ja luminen. Kesä 2009 sisälsi molempia sadetta ja pieniä hellejaksoja, kun taas kesä 2010 oli poikkeuksellisen lämmin ja vähäsateinen. Kuvasta 4 voidaan havaita, että lämpimänä kautena (kesä - lokakuu) valuntaa syntyi huomattavasti enemmän *hyvin tiiviillä* keskusta-alueella kuin kahdella muualla alueella, kun valuntatapahtumat aiheutuivat sadetapahtumista. Myös keskitalvella pienetkin lämpimät jaksot aiheuttivat valunnan muodostumista

hyvin tiiviillä alueella ja *siten hyvin tiiviillä alueella* oli havaittavissa valuntaa myös tammi-helmikuussa. *Hyvin tiiviillä alueella* kevätulanta alkoi jo maaliskuussa ja painottui myös maaliskuulle. *Tiiviillä alueella* kevätulanta alkoi selvästi jo maaliskuussa, mutta sulanta painottui kuitenkin huhtikuulle. *Väljällä alueella* kevätulanta painottui huhtikuulle, mutta keväällä 2009 sulanta jatkui vielä toukokuussakin. *Väljällä alueella* kevätulanta oli merkittävässä asemassa vuosittaisissa valuntamäärissä, mutta *hyvin tiiviillä alueella* lämpimänä kautena valuntaa muodostui enemmän kuin kylmänä ajanjaksona (marras - huhtikuu).



Kuva 4 Kuukausittainen kumulatiivinen välitön valunta kolmella tutkimusalueella sade- ja sulantatapahtumista laskettuna ja kuukausittainen sadantasumma ajalta lokakuu 2008 – elokuu 2010. Sadanta on keskiarvo kahdelta mittausasemalta (väljä ja tiivis alue) tehdyistä mittauksista. Talviajan (marras-huhtikuu) sadantasummat ovat Ilmatieteenlaitoksen Lahden Launeen sääasemalta.

Lämpimän kauden (touko - lokakuu) aikaisille sadetapahtumille laskettiin valuntakertoimet, jotka vaihtelivat suuresti riippuen sademäärästä ja sadetta edeltäneen jakson olosuhteista. Vaihtelu oli suurta etenkin hyvin pienillä tapahtumilla, joten keskimääräiset valuntakertoimet laskettiin ≥ 1 mm sadetapahtumille (Taulukko 2). Valuntakerroin oli luonnollisesti hyvin suuri *hyvin tiiviillä alueella*, jossa keskimäärin yli 70 % sadannasta muodosti hulevettä. *Väljällä alueella* puolestaan vain noin 10 % sadannasta muuntui hulevedeksi. *Tiivillä alueella* valuntaa muodosti keskimäärin alle 50 % sadannasta. Rakentamisen asteella oli siten merkittävä vaikutus hulevesien muodostumiseen ja hulevesien määrä vaikutti kasvavan merkittävästi läpäisemättömien pintojen määrän kasvaessa.

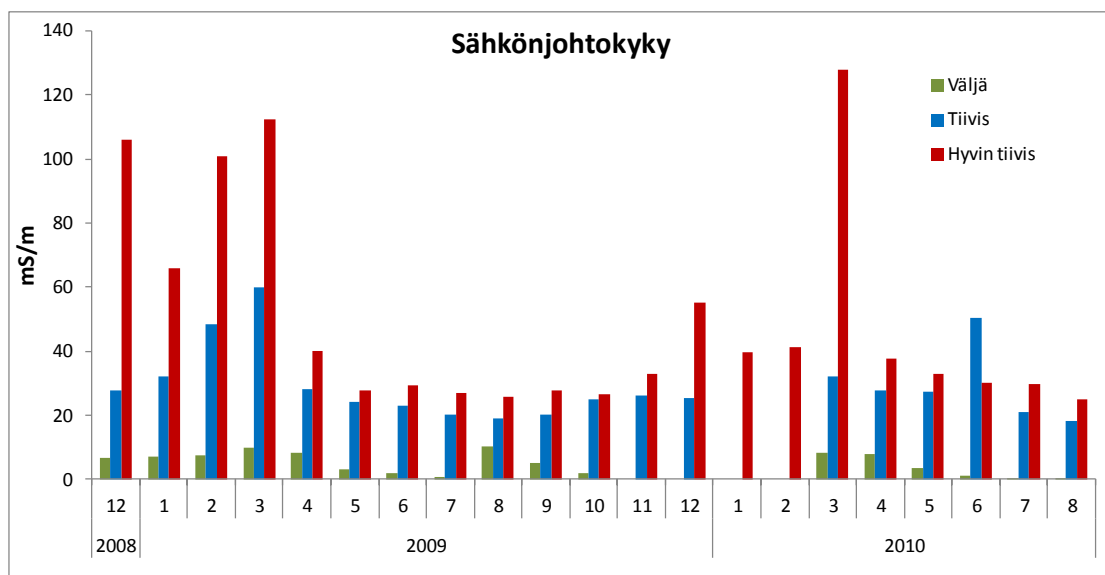
Taulukko 2 Keskimääräiset valuntakertoimet sekä minimi ja maksimi arvot ≥ 1 mm sadetapahtumille.

	Hyvin tiivis alue	Tiivis alue	Väljä alue
Keskiarvo	0,73	0,46	0,12
Mediaani	0,74	0,44	0,10
min – max	0,36 - 0,93	0,07 - 0,97	0,03 - 0,30

Hulevesien laatu kolmella maankäyttömuodolla

Sameus- ja johtokykymittauksista määritettiin kullekin kuukaudelle sade- ja sulamistapahtumien aikaiset keskiarvot, joista pois suljettiin pohjavalunnan arvot ja siten tulokset perustuivat vain sade- ja sulantatapahtumien aikaisiin mittauksiin eli varsinaisten hulevesien laatuun. Sähköjohtokyky ilmaisee vedessä liuenneena esiintyvien ionien, kuten natrium-, kalium-, kalsium-, magnesium-, kloridi- ja sulfaatti-ionien määrää. Kuvassa 5 on esitettyä koko mittausjaksolta sähkönjohtokyvyn keskimääräiset kuukausittaiset arvot kullekin mittausalueelle. *Väljällä alueella* sähkönjohtokyky oli moninkertaisesti alhaisempi kuin keskusta-alueilla ja säilyi ympärivuotisesti alhaisena, vaikka vaihtelua kuukausien välillä oli havaittavissa. Keskusta-alueilla johtokyky nousi etenkin talviaikaan korkeaksi. Korkeisiin arvoihin voi olla syynä tiesuolaus, jonka vuoksi hulevesien kloridi-ionien pitoisuudet nousivat. Johtokykyarvot olivat *hyvin tiiviillä alueella* talviaikaan noin kaksinkertaisia *tiivin alueen* arvoihin verrattuna, mutta kesäaikaan erot tasoittuivat.

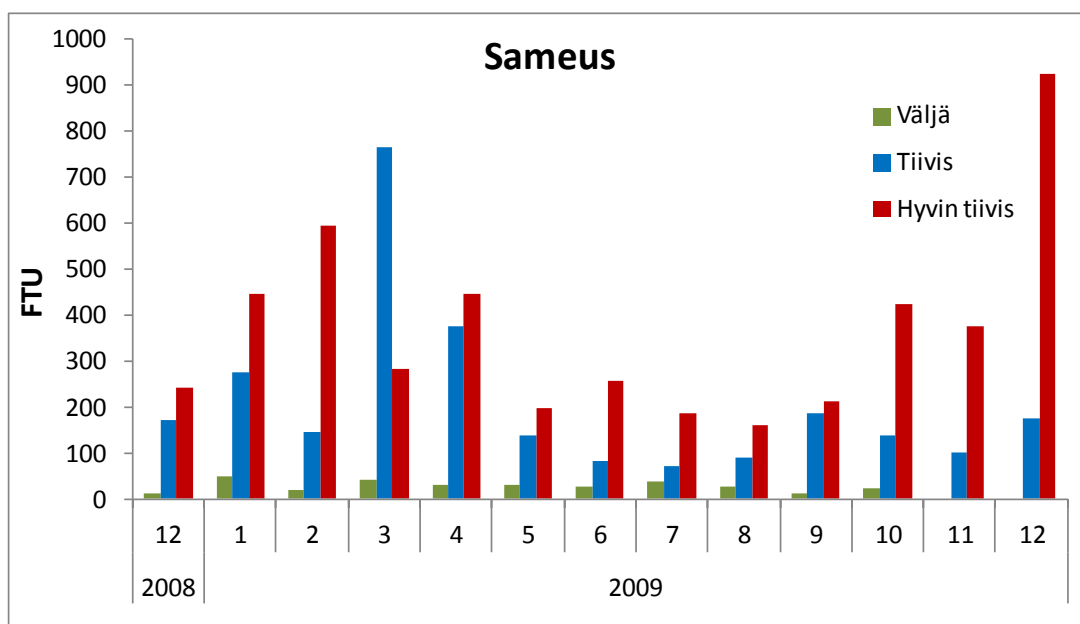
Veden sameus kertoo vedessä esiintyvien hiukkasten määrästä. Kuvassa 6 on esitettyä sameuden keskimääräiset kuukausittaiset arvot kullekin mittausalueelle vuosina 2008 - 2009. Vuodelta 2010 ei ole mittauksia mitta-antureiden rikkoontumisen vuoksi. Sameusarvot olivat talvi- ja syysaikaan suurempia kuin kesällä, mikä voi johtua siitä, että talviaikaan hulevesi saattaa olla konsentroituneempaa, kun vettä muodostuu vain vähäisiä määriä. Keväällä sulamisvesiin voi puolestaan kerääntyä paljon talviaikana lumeen kulkeutuneita partikkeleita. Syksyllä hulevesiin kulkeutuu helposti kasvien lakastumisesta ja lehtien putoamisesta johtuvaa roskaa. Lisäksi vuonna 2009 syksyllä satoi vähemmän vettä kuin kesällä, minkä vuoksi hulevedet ovat voineet olla konsentroituneempia. Keskusta-alueiden sameusarvot olivat moninkertaisia *väljään alueen* veden sameuteen verraten ja *hyvin tiiviillä keskusta-alueella*



Kuva 5 Sähkönjohtokyvyn kuukausittaiset keskiarvot koko tutkimusjaksolla kolmella mittausalueella. Joulukuussa 2009 väljällä alueella sekä tammi- ja helmikuussa 2010 tiiviillä ja väljällä alueella ei muodostunut valuntaa ollenkaan, joten arvot eivät ole nolla. Marraskuulta 2009 mittaustuloksia ei ole väljältä alueelta ollenkaan laitteiden epäkunnan vuoksi.

sameus oli suurimman osan kuukausista huomattavasti korkeampi kuin *tiivillä* alueella. Myös silmämääräisestä *hyvin tiiviin alueen* näytteet, joita oli vuosien aikana satoja, olivat sameampia kuin kahden muun alueen näytteet. *Väljän alueen* vesinäytteet olivat puolestaan yleensä hyvin kirkkaita. *Hyvin tiiviillä alueella* havaittiin joka kuukausi myös paljon viemäriputkessa kulkevaa kiinteää roskaa (paperit, tumpit, muovit), jotka eivät päätyneet näytteisiin.

Taulukossa 3 ovat esitettyinä keskiarvot sekä vaihteluvälit eri haitta-aineiden tapahtumien aikaisille keskiarvoille (EMC) kesällä 2009. Keskimääräiset pitoisuudet olivat kaikkien muiden aineiden suhteen suurempia keskusta-alueilla kuin väljällä alueella, mutta kokonaisnikkelin sekä liukoisen alumiinin, kuparin, nikkelin ja lyijyn pitoisuudet olivat keskimääräisesti suurempia *väljällä alueella*. Keskusta-alueiden haitta-aineiden pitoisuudet olivat pääasiassa lähellä toisiaan. Verrattaessa aineiden pitoisuuksia ruotsalaisiin raja-arvoihin osa haitta-ainepitoisuuksista ylitti Tukholman veden antamia raja-arvoja hulevesille. Niiden mukaan kiintoaineen ja sinkin maksimi-arvot ylsivät jo korkeisiin lukemiin sekä useimmat haitta-aineiden mediaaneista tai maksimi-arvoista voitiin luokitella keskitasoksi (Stockholm Vatten, 2001). Luokituksessa sekä keskitason että korkean luokan pitoisuuksille suositellaan jonkinasteista käsittelyä, mutta myös kuormituksen arvioinnin tärkeyttä painotetaan pelkkien pitoisuuksien arvioinnin sijaan. Raskasmetalleista suurin osa ylitti myös SEPA:n järvi- ja virtavesille antamia raja-arvoja, joilla voi olla eliöstölle haitallisia vaikutuksia vastaanottavissa vesistöissä (Swedish Environmental Protection agency, 2000). Pitoisuuksista huolimatta kesän 2009 aikainen ainehuuhtouma (Taulukko 4) oli *hyvin tiiviillä alueella* noin kasinkertainen *tiiviseen alueeseen* verrattuna ja moninkertainen *väljään alueeseen* verraten. Tämä johtui *hyvin tiiviin* alueen suuremmasta hulevesien määrästä, jonka vuoksi alueelta tuleva ainekuormitus oli suurempi kuin muilta alueilta poistunut ainekuorma.



Kuva 6 Sameuden kuukausittaiset keskiarvot vuosina 2008 – 2009 kolmella mittausalueella. Joulukuussa 2009 väljällä alueella ei muodostunut valuntaa, joten arvot ei ole nolla

Taulukko 3 Mediaanit sekä vaihteluvälit kolmen tutkimusalueen haitta-aineiden tapahtumien aikaisista keskiarvoista (EMC) kesällä 2009.

EMC-arvoja (event mean concentration) kesä-elokuulta 2009								
		Hyvin tiivis alue		Tiivis alue		Väljä alue		
		mediaani	min-max	mediaani	min-max	mediaani	min-max	
Kiintoaine	mg/l	68	40 - 194	71	20 - 378	37	2,9 - 175	
TOC	mg/l	6,0	1,5 - 31	3,1	0,57 - 4,5	3,1	1,3 - 4,4	
Kokonaistyyppi	ug/l	845	398 - 1074	771	105 - 1364	423	298 - 593	
Kokonaisfosfori	ug/l	83	30 - 188	71	19 - 161	59	31 - 126	
Kokonais-metallit	Al	ug/l	1971	422 - 2656	1885	635 - 9606	1567	293 - 4466
	Zn	ug/l	113	24 - 246	171	60 - 705	68	34 - 268
	Cu	ug/l	21	0,20 - 34	15	3,5 - 29	13	11 - 29
	Cr	ug/l	5,7	1,3 - 9,0	6,7	2,2 - 20	1,6	0,82 - 7,9
	Mn	ug/l	30	4,7 - 51	39	11 - 121	25	4,4 - 101
	*Ni	ug/l	2,6	1,0 - 124	5,4	1,23 - 79	9,2	2,3 - 11
	*Pb	ug/l	2,6	0,23 - 3,4	3,9	1,0 - 15	1,7	0,15 - 5,6
**Liukoiset metallit	Al	ug/l	26	15 - 101	75	37 - 103	265	241 - 288
	Zn	ug/l	93	75 - 120	144	107 - 187	50	46 - 53
	Cu	ug/l	9,5	7,4 - 24	4,9	4,1 - 7,2	9,8	8,3 - 11
	Cr	ug/l	2,4	0,90 - 3,1	0,53	0,28 - 3,7	0,42	0,34 - 0,50
	*Ni	ug/l	0,76	0,33 - 1,9	0,72	0,13 - 2,3	0,91	0,77 - 1,1
	*Pb	ug/l	0,24	0,11 - 1,4	0,47	0,21 - 0,33	0,33	0,17 - 0,49

* pitoisuuksissa epävarmuus, sillä valtaosa pitoisuuksista alle määrittäysrajan

** liukoisten metallien pitoisuudet vain kesä- ja heinäkuulta

Taulukko 4 Haitta-aineiden ainehuuhtouma neliökilometriä kohden kesällä 2009.

Ainehuuhtouma (kg/km ²) kesä-elokuulta 2009				
		Hyvin tiivis alue	Tiivis alue	Väljä alue
Kiintoaine		10544	5107	1550
TOC		1129	224	94
Kokonaistyyppi		130	51	14
Kokonaisfosfori		13	4,4	2,0
Kokonais-metallit	Al	309	125	46
	Cr	0,99	0,38	0,067
	Zn	24	11	3,9
	Cu	3,3	0,80	0,43
	Mn	4,8	2,2	0,9

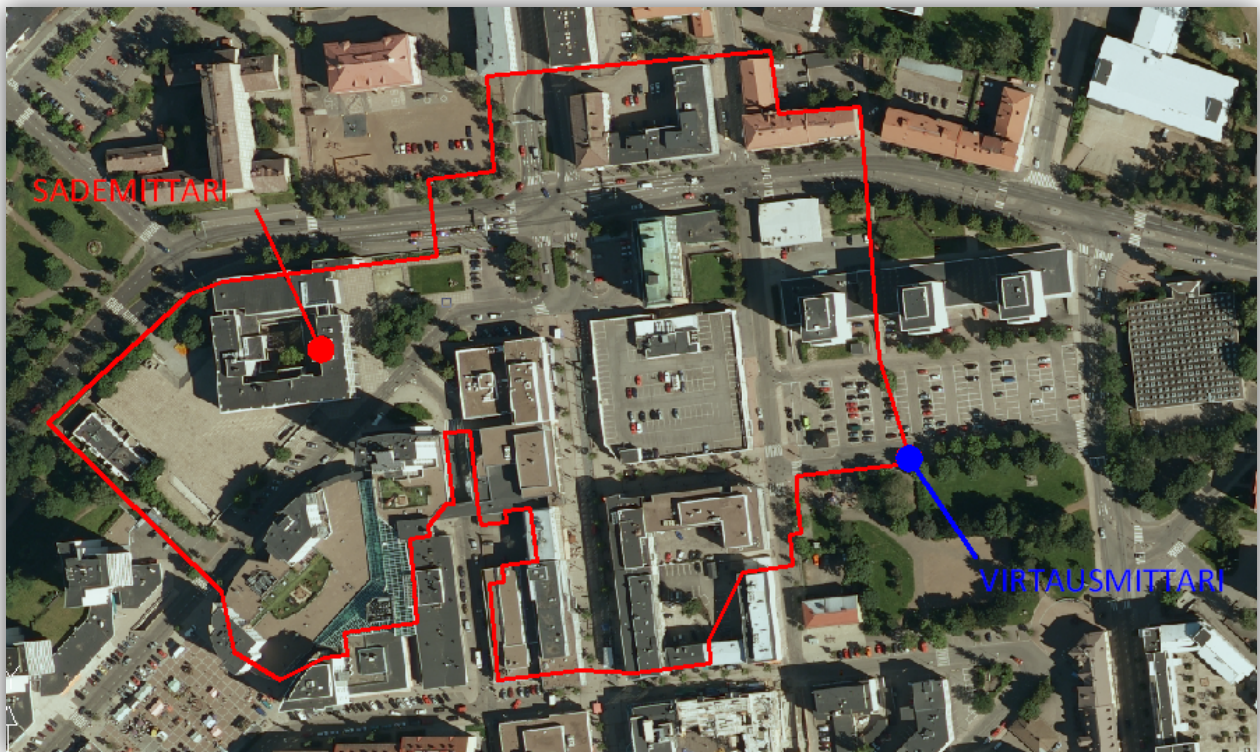
Johtopäätelmiä ja suosituksia

Hulevesistä johtuviin ongelmiin voitaisiin vaikuttaa merkittävästi vähentämällä läpäisemätöntä pintaa, jolla on suuri merkitys hulevesien määrään ja hulevesistä aiheutuvaan ympäristökuormitukseen. Tiiviisti rakennetuilla alueilla on kesän ja syksyn aikaisella valunnalla kevätsulannan lisäksi suuri merkitys, mikä on syytä huomioida hulevesien hallinnassa. Kuormituksen arvioimisessa on pitoisuuksien ohella myös alueelta muodostuvan huleveden määrällä suuri merkitys. Tämä on syytä huomioida suurten pitoisuusvaihteluiden rinnalla myös mittaamisessa, jolloin hulevesistä tulisi mitata jatkuvatoimisesti molempia määrää ja laatua oikeanlaisten arvioiden tekemiseksi. Tässä artikkelissa esitetyt tulokset ovat vain osa kerätystä tutkimusaineistosta. Tulokset kokonaisuudessaan tullaan julkaisemaan Marjo Valtasen väitöskirjassa. Tulevaisuudessa tarvitaan edelleen lisää tutkimusta mm. eri maankäyttömuotojen, kuten teollisuusalueiden, hulevesien ominaisuuksista paikallisissa olosuhteissa.

3.2 Hulevesien määrä- ja laatumittaukset Kouvolan keskustassa

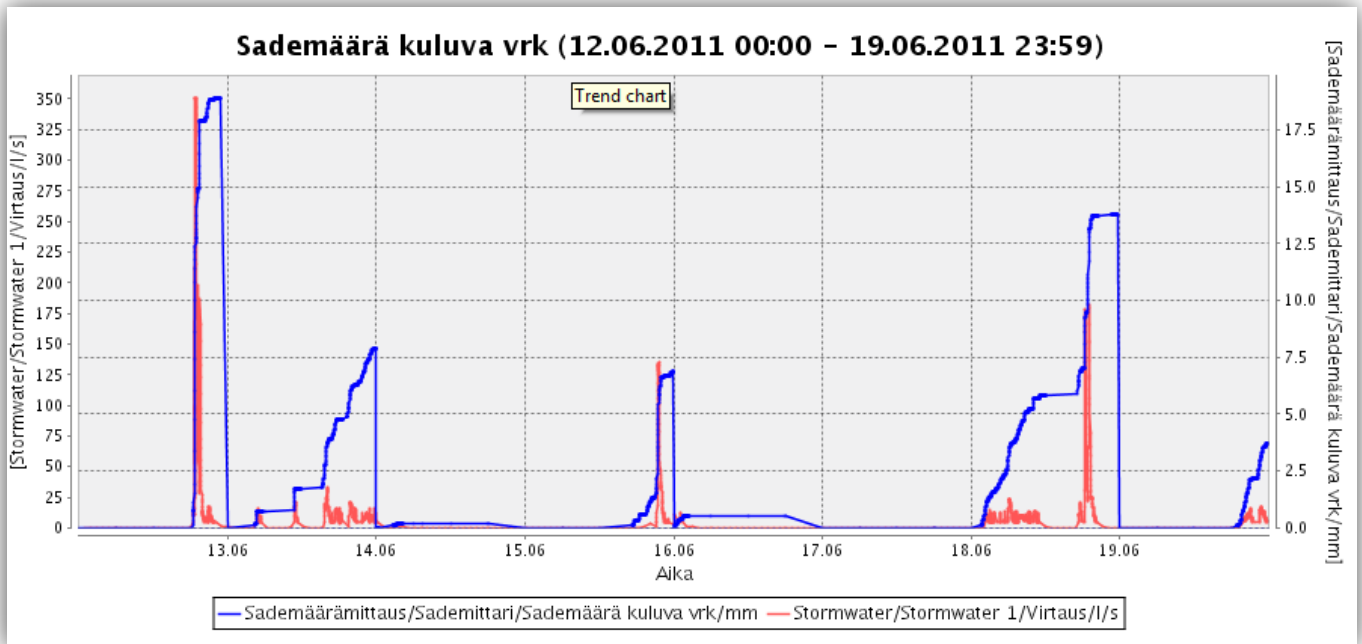
Jarno Hujanen ja Leena Sänkiaho

Osana STORMWATER-hanketta Kouvolan keskustaan asennettiin kesäkuussa 2008 sade- ja virtaamamittarit (Kuva 7), joilla mitattiin keskustan alueella esiintyvien sateiden määrää ja intensiteettiä sekä hulevesiviemärissä huleveden virtaamaa ja virtausnopeutta. Sateista saadun mittausdatan perusteella oli mahdollista laskea alueelle todellisuutta vastaava valuntakerroin sekä verrata erilaisten sademäärien ja intensiteettien vaikutusta hulevesiverkoston virtaamaan ja valuntakertoimen suuruuteen.

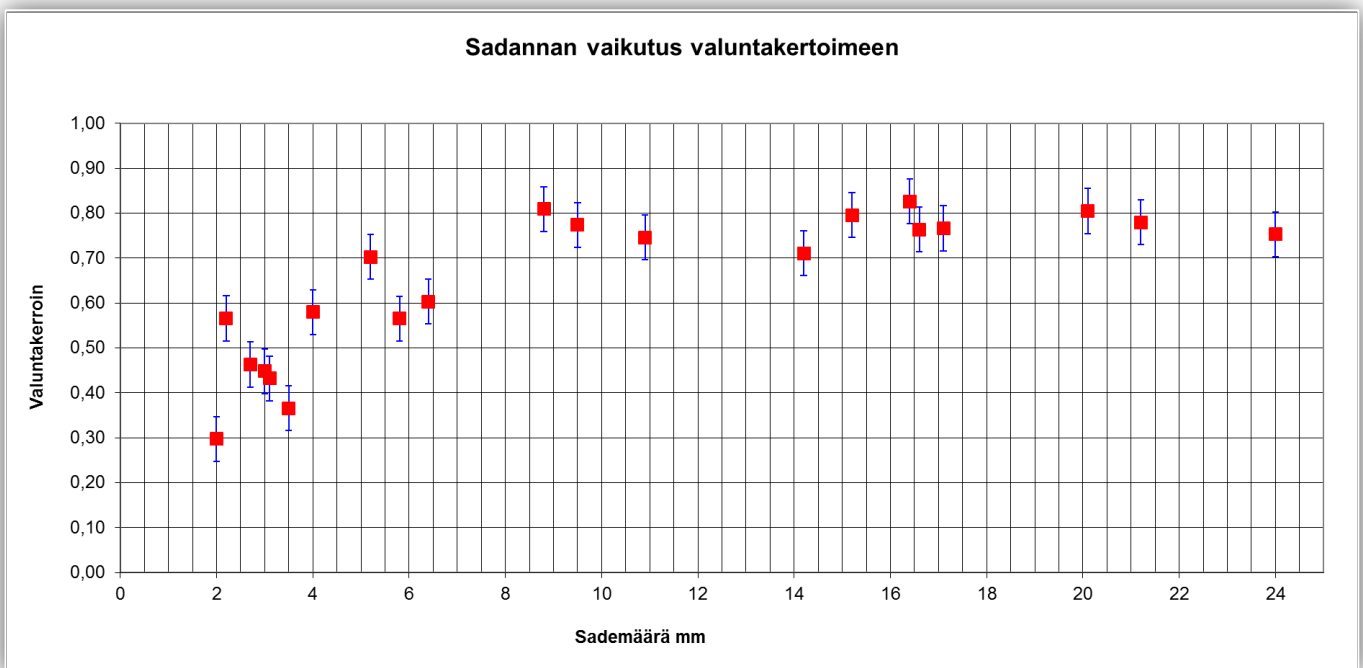


Kuva 7. Sade- ja virtaamamittarit sekä valuma-alueen rajat (Kuva Kouvolan Kaupunki, Jarno Hujanen)

Virtaamamittari (PCM 4) asennettiin Välikadulle hulevesiviemärin (500 mm betoni). Virtaamamittarille tulevan huleveden valuma-alue on noin 6,6 hehtaaria ja alueelle laskettu teoreettinen valuntakerroin on noin 0,7-0,8 (Kuva 9). Sademittarin sijainniksi valittiin Kouvolan kaupungintalo, joka sijaitsee virtaamamittarille laskevan hulevesiverkoston valuma-alueella. Sademittari mittaa sateen intensiteettiä l/s/ha, yhden minuutin sademäärää ja kumulatiivista sadetta. Kaikki mitatut tiedot on yhdistettävissä ja verrattavissa virtaamamittarilla saatuihin tietoihin (Kuva 8).



Kuva 8. Vuorokauden kumulatiivinen sademäärä ja virtaus



Kuva 9 Sadannan vaikutus valuntakertoimeen, virhe $\pm 5\%$

Kouvolassa suoritettiin myös vedenlaatumittauksia. Näytteet otettiin automaattisella näytteenottimella tietyn virtaaman ohitettua näytteenottopisteen. Näistä näytteistä koottiin valuntatapahtumaa kuvaava kokoomanäyte, jonka pitoisuus antaa suoraan ns. EMC-arvon (Event Mean Concentration). EMC-arvo soveltuu erityisesti tarkkailunäytteenottoon ja kuormituslaskelmiin, jossa ei tarvita hetkellisiä pitoisuuksia. Taulukossa 5 on esitetty mittaustulosten mediaanit, minimi ja maksimit. Niitä on verrattu raja-arvoihin, joita on

käytetty Tukholmassa hulevesien vaikutusten arviointiin (Stockholm Vatten, 2001). Lisäksi osaa on verrattu EU:n Vesipuidedirektiivissä määrittämiin pintaveden laatuvaatimuksiin sekä kansallisiin pohjaveden laatuunormeihin. Kupari- ja sinkkipitoisuudet ovat korkeita – alueella on erilaisia kattomateriaaleja kuten myös kuparikattoja. Lisäksi liikenteestä tulee metallipäästöjä. Korkeat kupari- ja sinkkipitoisuudet voisivat estää vastaavanlaisen huleveden suoran imeyttämisen pohjavesialueella.

Taulukko 5 Kouvolan keskustan hulevesien EMC-arvot ajalla 6.7.-2009 – 16.11.2010

	SS	N kok.	P kok.	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr
	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
<u>Tukholman hulevedet</u>									
Alhaiset pitoisuudet	<50	<1240	<100	<3	<0,3	<9	<60	<45	<15
Kohtuullisen korkea	50-175	1250-5000	100-200	3-15	0,3-15	9-45	60-300	45-225	15-75
Korkeat pitoisuudet	>175	5000	>200	>15	>1,5	>45	>300	>225	>75
<u>EU:n Vesipuidedirektiivi</u>									
Vuosittainen keskiarvo pintavesille				7,2	0,08-0,25 *			20	
Pohjaveden laatuunormi				5	0,4	20	60	10	10
<u>Mittaustulokset verrattuna Tukholman raja-arvoihin</u>									
Mediaani	74,5	900	130	4	<0,3	61	130	2	2
Min	11	250	37	1	<0,3	17	50	<0,5	<1
Max	890	2400	1900	51	0,52	220	600	6,5	15
Osuus alle määritysrajan	0/33	0/33	0/33	0/33	28/33	0/33	0/33	10/33	13/33

*riippuu kovuudesta

Hulevedestä arvioitiin myös öljyjakeita ja PAH-yhdisteitä muutamasta ensimmäisestä näytteestä, mutta niiden pitoisuudet jäivät alle määritysrajan tai hyvin lähelle määritysrajoja. Käytettyjen analyysimenetelmien määritysrajat olivat osittain liian korkeat nikkelille, kromille ja kadmiumille. Verrattaessa analyysitarkkuutta EU:n vesipuidedirektiivin pintaveden raja-arvoihin erityisesti kadmium kohdalla huomataan tarkempien analyysien tärkeys.

3.3 Hollolan maaperätutkimukset

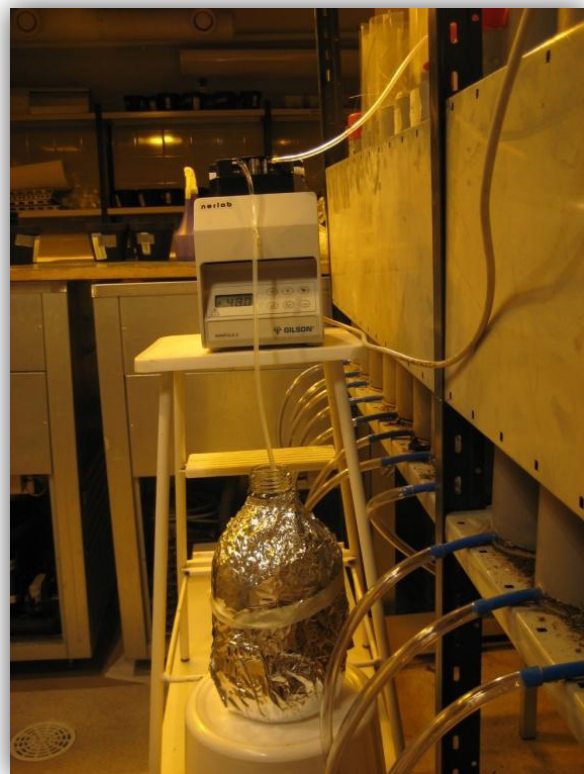
Niina Hätinen, Anniina Pouta ja Nora Sillanpää

Hollolan Salpakankaan ja Kukonkoivun teollisuusalueilla sijaitsevista viidestä teollisuuskiinteistöstä haluttiin selvittää hulevesien mukana kulkeutuvat haitta-aineet, niiden pitoisuudet maaperässä ja sitä kautta arvioida nykyisen käsittelyn aiheuttamaa pohjaveden pilaantumisen vaaraa ja hulevesien käsittelytarvetta. Teollisuusalueet sijaitsevat pohjaveden muodostumisalueella sijaitsee yrityksiä, jotka käyttävät toiminnassaan pohjaveden pilaantumisriskin aiheuttavia kemikaaleja. Teollisuusalueella ei ollut kattavaa hulevesiverkostoa, ja vain kaksi tutkimuksen kohteena olevista kiinteistöistä oli liittynyt hulevesiverkkoon. Muissa kiinteistöissä hulevedet imeytettiin suoraan maaperään imeytyskaivoilla tai johdettiin putkella tontin reunalle maastoon imeytymään. Tämän vuoksi päädyttiin ottamaan maaperänäytteitä. Tutkimuksesta vastasi Helsingin yliopisto.

Tutkimusmenetelmät

Aluksi arvioitiin kiinteistöillä muodostuvien hulevesien mahdollisesti sisältämät ympäristölle haitalliset aineet keräämällä tietoja tavanomaisten hulevesien haitta-aineiden lisäksi kiinteistöillä käytössä olevista kemikaaleista. Tutkimus tehtiin keräämällä maaperänäytteitä teollisuuskiinteistöiltä ja vertailunäyte koskemattomasta metsämaasta; yhteensä 18 kpl. Näytteet kerättiin kesällä 2009. Kiinteistöjen näytteet kerättiin pääasiassa tontilla sijaitsevista imeytyskaivoista ja tontin reunalta kohdista, joihin hulevedet imeytyvät sekä yhdeltä kiinteistöltä hiekanerotuskaivon pohjalietteestä. Näytteet otettiin jokaisesta maaeränäytteenottopisteestä kahdelta syvyydeltä, pintamaasta (0-0,5 m) ja 1,0–1,5 m syvyydeltä.

Pohjaveden pilaantumisen vaaraa arvioitiin vertaamalla haitta-aineiden pitoisuuksia pima-asetuksessa (Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 86/2000) määrättyihin kynnysarvoihin, koska maaperän pilaantumisen vaara aiheuttaa suurella todennäköisyydellä myös pohjaveden pilaantumisen vaaraa. Lisäksi apuna käytettiin Euroopan unionin pohjavesidirektiivissä lueteltuja tietoja pohjavedelle haitallisista aineista (2006/118/EY).



Kuva 10 Synteettisen huleveden annostelu kolumneihin kastelupumpulla ()

Salpakankaan teollisuusalueen maaperän soveltuvuutta biosuodatukseen selvitettiin laboratorio-olosuhteissa imeytyskokeilla. Imeytyskokeissa tutkittiin kasvillisuuden, orgaanisen aineen kerroksen (humus + ohut karikekerros) sekä maa-aineksen kosteuden ja laadun vaikutusta maaperän kykyyn sitoa haitta-aineita itseensä hulevedestä. Koe suoritettiin kolumneissa, jotka täytettiin kolmella erilaisella maa-aineksella: 1) metsästä noudettu kivennäismaan pintakerros (0-50 cm), jonka päälle asetettiin 5 cm orgaaninen maakerros kasveineen, 2) sama kivennäismaakerros kuin edellä, mutta ilman humus- ja kasvillisuuskerrosta ja 3) tavallista rakennus-/suodatinhiekkaa (raekoko 0-2 mm). Jokaisesta maaperävaihtoehdosta tehtiin viisi rinnakkaista kolumnia. Kolumnien läpi suodatettiin synteettistä hulevettä, johon oli lisätty haitta-aineista sinkkiä ja kiinteistöjen teollisessa toiminnassa käytettyä, orgaanista bisfenoli-A:ta. Pitoisuudet asetettiin tarkoituksella korkeiksi (sinkki 15 mg/l, bisfenoli-A 50 µg/l), jotta saataisiin määrittämissä ylittäviä pitoisuuksia myös suotautuneesta hulevedestä. Maaperän kosteuden vaikutusta tutkittiin suorittamalla sadetapahtumat täysin kuivaan ja tämän jälkeen kauttaaltaan kasteltuun maaperään. Sadetapahtuma (1185 ml/h) suoritettiin kastelupumpulla (Kuva 10). Kastelu vastaa intensiteetiltään 5 mm/h sadetta oletettaessa kolumnin vastaavan imeytysrakennetta, jonka pinta-ala on 4 % valuma-alueen pinta-alasta. Tämä laskentatapa olettaa, että sataneesta vedestä kaikki ohjataan imeytysrakenteeseen eikä esimerkiksi imeytymistä valuma-alueen maaperään tapahdu.

Tulokset

PIMA -asetuksen kynnyksarvot ylittäviä pitoisuuksia havaittiin imeytyskaivoissa (ml. hiekanerotuskaivo) sinkillä, kuparilla, raskailla öljyjakeilla ja tolueneilla. Hulevesien purkupaikoilla kynnyksarvot puolestaan ylittyivät ainoastaan sinkillä kahdessa näytepisteessä, pitoisuuksien ollessa 330 ja 220 mg/kg. Haihtuviin orgaanisiin yhdisteisiin luokiteltua toluenea havaittiin ainoastaan hiekanerotuskaivosta otetuissa näytteissä (Taulukko 6).

Hulevesien mukana kulkeutuu tämän tutkimuksen perusteella erityisesti raskasmetalleja (Zn ja Cu) ja öljyhiilivetyjä. Pohjavesiin kohdistuva pilaantumisriski liittyy pääasiassa imeytyskaivojen kautta imeytettäviin vesiin. Suurimman riskin aiheuttavat sinkki ja tolueni.

Imeytyskokeissa huomattiin, että maa-aineksen (kivennäismaa, kivennäismaa + orgaaninen kerros ja suodatinhiekkä) laatu vaikutti sekä sinkin että bisfenoli-A:n kokonaispidätykseen. Sinkki pidättyi tehokkaammin suodatinhiekkään kuin kivennäismaahan tai kivennäismaahan, jonka päälle oli lisätty orgaaninen kerros. Sinkin kokonaispidätys oli yli 99 %, joten sinkin pidättyminen oli tehokasta kaikissa maaperissä. Bisfenoli-A:n kokonaispidättyminen ei eronnut kivennäismaakolumnien välillä, joista toiseen oli lisätty orgaaninen kerros. Pidättyminen oli tehokkaampaa molemmissa kivennäismaakolumnityypeissä kuin suodatinhiekkakolumnissa. Bisfenoli-A pidättyi yli 99 %:sti molempiin kivennäismaakolumneihin. Suodatinhiekkakolumnissa pidättyminen jäi noin 70 %:iin.

Taulukko 6 Imeytyskaivojen (ml. Muovijaloste Oy:n hiekanerotuskaivo) pintanäytteistä havaitut yhdisteet, joiden pitoisuudet ylittivät PIMA –asetuksen kynnys- tai ohjearvon. - = pitoisuus ei ylitä kynnysarvoa.

Yhdiste	PIMA- kynnysarvo	Solmaster Oy	Muovijaloste Oy		Metsopaper Oy
			Imeytyskaivon pinta	Hiekanerotuskaivo	
sinkki (Zn)	200	200	-	390	-
kupari (Cu)	100	-	100	270	-
öljyhilivetyjakeet yht.	300	1100	2200	1900	580
raskaat öljyjakeet C21- C40	-	940	2200	1600	-
tolueeni	1	-		13	-

Maa-aineksen kosteus ei vaikuttanut sinkin pidättymistehokkuuteen missään maa-aineksessa. Bisfenoli-A:n pidättymistehokkuus ei ollut riippuvaista maa-aineksen kosteudesta kivennäismaassa tai kivennäismaassa, johon oli lisätty orgaaninen kerros; suodatinhiekkakolumnissa bisfenoli-A pidättyi tehokkaammin märkään maaperään kuin kuivaan.

Kolumneihin sadetuksen aikana lisätystä vesimäärästä vain pieni osa pidättyi maa-ainekseen. Suurinta pidättyminen oli kolumnien maa-aineksen ollessa kuivaa, jolloin vettä pidättyi keskimääräisesti 34 %. Märän maa-aineksen kokeissa ulossuotautunut vesimäärä oli suurempi kuin kolumneihin kokeen aikana annosteltu vesimäärä. Maaperällä oli vaikutusta veden kulkeutuvuuteen kolumnien maa-aineksen ollessa kuivaa: vesi virtasi kivennäismaakolumnissa hitaammin kuin orgaanisen kerroksen sisältävässä kivennäismaakolumnissa ja suodatinhiekkakolumnissa.

Suurimmat sinkkipitoisuudet olivat kivennäismaakolumnien pintakerroksessa (0-5 cm), joihin oli lisätty orgaaninen kerros. Pitoisuus oli 460 mg/kg ka (n = 2). Kaikissa maa-aineksissa pintakerroksen sinkkipitoisuus oli moninkertainen verrattuna kivennäismaan (51 mg/kg ka) ja suodatinhiekan (25 mg/kg ka) lähtöpitoisuuteen. Sinkkipitoisuudet pienenevät kaikissa maa-aineksissa syvemmälle mentäessä ja syvemmissä näytteissä sinkkipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa maa-ainesten lähtöpitoisuuksien kanssa. Suurin bisfenoli-A -pitoisuus (205 µg/kg ka, n = 2) oli kivennäismaakolumnin pintakerroksessa (0-5 cm), johon oli lisätty orgaaninen kerros. Kolumnin keskikerroksen näytteessä pitoisuus oli alle määritysrajan. Muissa maaperänäytteissä bisfenoli-A:n pitoisuudet olivat sekä maaperän pinta- että keskikerroksessa alle määritysrajan (< 5 µg/kg ka), kuten lähtöarvokin.

Maaperätutkimuksiin tuo epävarmuutta se, ettei kaikkia mahdollisesti esiintyviä yhdisteitä ollut tutkimuksen puitteissa mahdollista selvittää. On myös huomioitava, ettei hulevesien mukana kulkeutuvien haitta-aineiden pitoisuuksia analysoitu. Imeytyskokeissa epävarmuustekijänä on bisfenoli-A:n hajoavuus UV-valon vaikutuksesta, mikä saattoi aiheuttaa hallitsematonta vaihtelua tutkimustuloksissa.



Kuva 11 Kuvia maaperämittauksista ja suodatuskokeista (Kuvat: Niina Hätinen ja Nora Sillanpää)

3.4 Lysimetrikoe hulevesien biosuodatuksesta kylmässä ilmastossa

Marjo Valtanen, Nora Sillanpää ja Heikki Setälä

Biosuodattamisella (engl. *biofiltration*, *bioretention*) tarkoitetaan hulevesien johtamista maarakenteiden läpi, joissa tapahtuu suodattumista ja aineiden pidättymistä biologisten, kemiallisten ja mekaanisten prosessien kautta. Vesi johdetaan suodatinrakenteen läpi ennen varsinaista imeyttämistä tai johtamista viemäriverkostoon alueilla, joilla imeyttämismahdollisuutta pohjamaahan ei ole. Biosuodatusrakenteiden tarkoitus on maaperän vesitaseen ylläpidon ja ylivirtaamien pienentämisen lisäksi myös tehostaa hulevesien haitta-aineiden pidättymistä ja hyödyntää näkyvämmiin kasvillisuutta kaupunkiympäristössä. Veden viipymä rakenteessa ei ole pitkäkestoinen ja rakenteen on tarkoitus kuivua sade- ja sulantatapahtumien välillä, jotta suurin osa vesimäärästä pystyttäisiin johdattamaan rakenteeseen.

Yleensä biosuodatusrakenteita käytetään kaupunkialueen sisällä ns. paikalliseen hulevesien käsittelyyn. Ne ovat käytössä useissa maissa kaupunkialueilla mm. teiden, pysäköintialueiden ja rakennusten reunamilla katu- ja kattovesille. Biosuodattaminen luokitellaan luonnonmukaiseksi käsittelymenetelmäksi, jossa hyödynnetään veden luonnollista kiertokulkua sekä luonnollisia biologisia ja kemiallisia prosesseja. Toimivalla biosuodatusmenetelmällä voidaan vaikuttaa monipuolisesti ympäristökuormitukseen (Blecken et al., 2009, Minnesota Pollution Control Agency, 2008, Hatt et al., 2008, Muthanna, 2007). Menetelmällä voidaan lisätä kaupunkiympäristöjen esteettisyyttä ja viheralueiden määrää. Biosuodatusrakenteita voidaan soveltaa myös jo valmiiksi rakennetuille alueille esimerkiksi huleveden laadullisena esikäsittelymenetelmänä.

Tutkimuksen toteutus

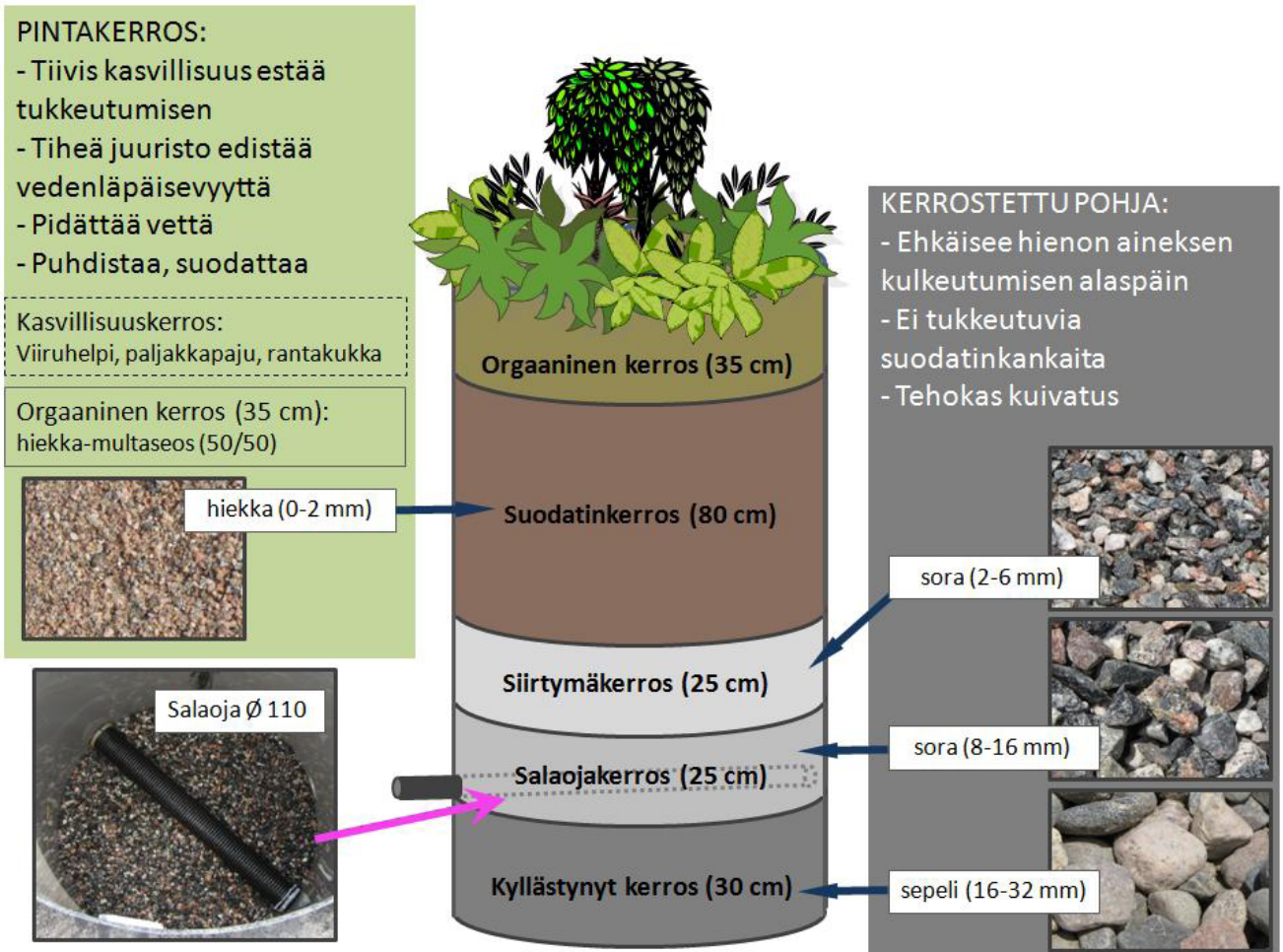
Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää miten biosuodatusrakenteet toimivat hulevesien käsittelyssä kylmässä ilmastossa. Tarkoituksena oli tarkastella miten hulevesien haitta-aineet pidättyvät rakenteisiin eri vuodenaikoina ja eri vaiheissa rakenteen perustamisesta sekä millaisia vesimääriä rakenteet pystyvät käsittelemään. Tutkimus toteutettiin vuosina 2009 - 2010 Lahden Jokimaan lysimetrilaitoksella, jossa voidaan tutkia maaperän prosesseja luonnollisia olosuhteita jäljittelevässä ympäristössä.



Kuva 12 Lysimetreihin asetetut biosuodatusrakenteen kasvilliset rakenteet maanpinnalta katsottuna (Kuva: Marjo Valtanen)

Maaperän lämpötila laitoksella pyritään pitämään lähellä luonnollista lämpötilaa ja maan pinnalla vallitsevat puolestaan luonnolliset sääolosuhteet.

Biosuodatuskokeita varten täytettiin kesällä 2009 kahdeksan kahden kuutiometrin (\varnothing 1 m, korkeus 2 m) kokoista lysimetriä tutkittavilla biosuodatusrakenteilla (Kuvat 12 ja 13). Tutkittavat biosuodatusrakenteet koostuivat erilaisista maakerroksista, joista kaksi ylintä, orgaaninen kerros ja hiekkakerros, toimivat varsinaisina suodattavina ja pidättävinä kerroksina (Kuva 13). Näiden alapuolella oli kaksi siirtymäkerrosta ja viemärikerros, jossa sijaitsi myös salaojaputki. Alimpana oli vielä kyllästynyt kerros, jollaisia maailmalla käytetään osassa biosuodatusrakenteita denitrifikaation tehostamiseen (Water by design, 2009). Kasvillisuudeksi rakenteisiin istutettiin viiruhelpeä (*Phalaris arundinacea*), rantakukkaa (*Lythrum salicaria*) ja paljakkapajua (*Salix glauca*), sillä ne kestävät erilaisia olosuhteita, kuten kuivaa ja kosteaa, ja kasvattavat nopeasti pitkän ja laajan juuriston. Kaksi lysimetreistä jätettiin kasvittomiksi, jotta voitiin tutkia kasvillisuuden vaikutusta aineiden pidättymiseen ja veden imeytymiseen.



Kuva 13 Biosuodatusrakenteen koostumus kerroksittain. Kaksi kahdeksasta rakenteesta jätettiin kasvittomiksi. (Kuva Nora Sillanpää)

Kastelut

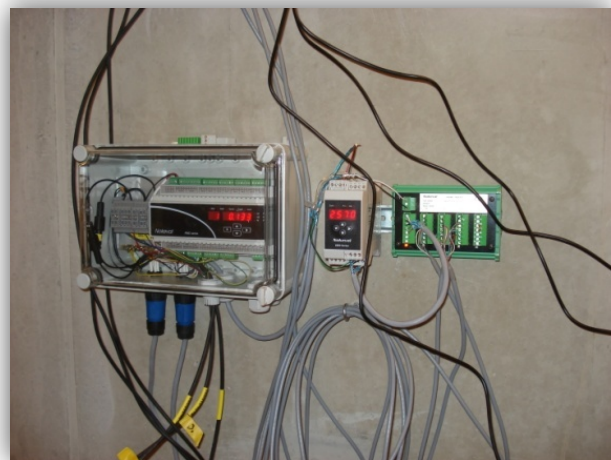
Biosuodatusrakenteille tehtiin kasteluita kolmena vuodenaikana; syksyllä 2009 sekä keväällä ja kesällä 2010. Kokeissa sovellettiin Helsingin yliopiston tutkimuksen toisen osan (hulevesien määrä ja laatu, Kappale 3.1) tuloksia Lahden keskustan hulevesien mittauksista. Tutkittaviksi haitta-aineiksi valittiin hulevesissä yleisesti esiintyviä aineita, ravinteet ja metallit, jotka voivat olla haitallisia purkuvesistöille. Kasteluihin käytettiin keinotekoista hulevettä, joka sisälsi nitraattia, fosfaattia, sinkkiä, kuparia ja alumiinia. Näitä metalleja esiintyi runsaasti Lahden hulevesissä.

Kiintoaineeseen sitoutuneiden aineiden oletettiin pidättävän rakenteen pinnalle, joten kokeissa testattiin liuenneessa muodossa olevien aineiden pidättymistä. Osaa rakenteista kasteltiin talvella ja keväällä myös tiesuolalla (NaCl), jotta voitiin selvittää vaikuttaako suola muiden aineiden pidättymiseen tai huuhtoutumiseen maaperässä. Kasteluveden pitoisuudet olivat sinkille ja kuparille 100 µg/l, alumiinille 400 µg/l, fosfaatille 300 µg/l, nitraatille 3000 µg/l ja suolalle 1750 µg/l. Kaikissa kasteluissa käytettiin samoja pitoisuuksia, jottei pitoisuus vaikuttaisi vertailuissa erilaisiin pidättymistuloksiin.

Syksyn ja kesän kasteluissa simuloitiin sadetapahtumia ja kevään kasteluissa tyypillistä lumensulantajaksoa. Syksyn ja kesän mitoitussateeksi valittiin 20 mm sadetapahtuma jonka havaittiin kattavan 80 % vuosittaisesta valunnasta Lahden keskustan tutkimusalueilla ja kesällä rakenteet kasteltiin myös 4 mm kokoisella sadetapahtumalla pienellä intensiteetillä.



Kuva 14 Vesinäytteet otettiin viemärikerroksen salaojaputkesta ja samalla mitattiin veden johtokyky. (Kuva Marjo Valtanen)



Kuva 15 Maaperän lämpötilaa ja kosteutta mitattiin automaattisin anturein. (Kuva Marjo Valtanen)

Kevään sulantatapahtumat olivat intensiteetiltään pieniä 3-10 mm kokoisia valuntatapahtumia. Biosuodatusrakenne suunniteltiin vastaavan kolme prosenttia kuvitteelliseen valuma-alueensa pinta-alasta. Valuma-alueeksi määritettiin kauttaaltaan läpäisemätöntä pintaa oleva alue, jonka valuntakerroin on 0,9. Näiden tietojen pohjalta laskettiin kokeissa käytetyt vesimäärät. Kasteluiden aikana rakenteista mitattiin salaojaputkesta ulos tulevan veden määrää (l/min) ja sen johtokykyä. Samalla vedestä otettiin näytteitä n. 30 litran välein (Kuva 14). Lisäksi maaperässä seurattiin anturimittauksin eri maakerrosten lämpötilaa ja kosteutta ympärivuotisesti (Kuva 15).

Aineiden pidättyminen biosuodatusrakenteisiin

Syksyllä 2009 tehtiin ensimmäiset kastelut, jolloin maarakenteiden asettamisesta ja kasvillisuuden istuttamisesta oli kulunut noin neljä kuukautta. Kasteluita tehtäessä loka- ja marraskuussa kasvillisuus oli jo lakastunutta. Fosfaatin ja metallien pidättyminen maaperään oli kuitenkin silti erittäin hyvä kaikissa käsittelyissä (Taulukko 7). Nitraattia puolestaan huuhtoutui myös maaperästä itsestään jonkin verran, sillä välillä maarakenteiden läpi suodattuneen veden pitoisuudet olivat suurempia kuin kasteluv veden ja osalla käsittelyistä kokonaispidättyminen oli negatiivinen. Todennäköisintä on, että maarakenteet eivät olleet vielä ehtineet stabiloitumaan ja siksi nitraattia huuhtoutui helposti myös maaperästä itsestään. Lisäksi kasvillisuus ei lakastuneena enää luultavasti hyödyntänyt kasteluv veden nitraattia.

Keväällä 2010 kastelut tehtiin huhtikuussa, jolloin kevät sulanta oli vielä meneillään, mutta lysimetrien päältä oli sulanut lumi kasteluiden toteuttamista varten. Biosuodatusrakenteet olivat kyseisenä lumisena pakkastalvena säilyneet paksun lumipatsaan alla hyvin jäätymättöminä ja siten maaperä ei kuitenkaan ollut jäässä kasteluita aloitettaessa. Kokeissa imitoitiin kaupunkialueille tyypillisiä kevätajan sulantatapahtumia siten, että rakenteita kasteltiin pienellä intensiteetillä alkaen pienistä vesimääristä isompiin. Fosfaatti, sinkki ja kupari pidättyivät maaperään edelleen hyvin ja nitraatista pidättyi myös n. 30-40 % (Taulukko 8), mikä on hyvä pidättyminen maaperässä hyvin liikkuvalla nitraatilla (Water by design, 2009). Alumiinin pidättyminen oli kuitenkin kaikissa käsittelyissä negatiivinen, mutta alumiinia huuhtoutui myös maaperästä itsestään ja lisäksi on mahdollista, että alumiini oli osaksi peräisin edellisistä kasteluista.

Kesän 2010 kastelukokeet toteutettiin elokuussa, jolloin maarakenteiden oletettiin olevan ns. toimivimmillaan kasviston- ja eliöstön suhteen (Taulukko 9). Myös kesän kokeissa sinkki, kupari ja fosfaatti pidättyivät hyvin. Alumiinia kulkeutui myös maaperästä itsestään, mikä vaikutti pieniin pidättymisosuuksiin. Nitraatin pidättymisestä ei puolestaan ole tuloksia. Suolalla ei havaittu olevan ennen kesän kokeita merkittävää vaikutusta aineiden pidättymiseen, mutta kesän kasteluissa huomattiin, että alumiinia pidättyi huonosti ja sitä huuhtoutui maaperästä itsestään suolalla kastelluista rakenteista.

Taulukko 7 Aineiden pidättyminen eri käsittelyissä syksyn 2009 kasteluissa.

Syksy 2009, Pidättyminen (%)					
	NO ₃	PO ₄	Zn	Cu	Al
kasvilliset yhteensä	4	97	92	94	79
kasvittomat yhteensä	negatiivinen	96	94	96	92
Kasvilliset + NaCl	negatiivinen	98	91	95	88
Kasvilliset (ei NaCl)	25	96	94	92	66
Kasvittomat + NaCl	1	94	92	96	92
Kasviton (ei NaCl)	negatiivinen	98	96	95	92

Taulukko 8 Aineiden pidättyminen eri käsittelyissä kevään 2010 kasteluissa.

Kevät 2010, Pidättyminen (%)					
	NO ₃	PO ₄	Zn	Cu	Al
kasvilliset yhteensä	47	97	94	90	negatiivinen
kasvittomat yhteensä	negatiivinen	94	90	87	negatiivinen
Kasvilliset + NaCl	45	96	94	88	negatiivinen
Kasvilliset (ei NaCl)	54	98	95	92	negatiivinen
Kasvittomat + NaCl	negatiivinen	91	86	82	negatiivinen
Kasviton (ei NaCl)	negatiivinen	97	94	92	negatiivinen

Taulukko 9 Aineiden pidättyminen eri käsittelyissä kesän 2010 kasteluissa

Kesä 2010, Pidättyminen (%)				
	PO ₄	Zn	Cu	Al
kasvilliset yhteensä	95	93	89	5
kasvittomat yhteensä	96	91	86	22
Kasvilliset + NaCl	94	87	81	negatiivinen
Kasvilliset (ei NaCl)	98	95	90	79
Kasvittomat + NaCl	93	93	85	negatiivinen
Kasviton (ei NaCl)	97	94	92	87

Maarakenteiden purkamisen yhteydessä otettiin myös kasvi- ja maaperänäytteitä, joiden avulla oli tarkoitus selvittää mihin maakerrokseen aineet pidättyvä. Verrokinäytteiden ja biosuodatusrakenteiden välillä ei kuitenkaan havaittu eroa haitta-ainepitoisuuksissa, joten ei voida varmaksi sanoa, mihin kerrokseen aineet olivat pidättyneet. Aikaisemmissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että orgaaninen maakerros on tärkeässä asemassa aineiden pidättymisessä (esim. Muthanna, 2007).

Veden imeytyminen

Veden imeytymisnopeutta voitiin vertailla vain syksyn ja kesän välillä, sillä keväällä kastelut tehtiin pienellä intensiteetillä, jolloin kasvilliset rakenteet pystyivät hyvin imeyttämään kaikki vesimäärät suunnitellussa ajassa. Syksyllä 2009, jolloin ylin maakerros oli vielä hyvin tiivis sekä juuristo ja eliöstö vielä kasvamassa, rakenteet imeyttivät vettä hitaasti ja 20 mm kokoisen sadetapahtuman imeyttämiseen kului kasvillisilla rakenteilla keskimäärin kuusi tuntia ja kasvittomilla n. 12 tuntia. Mutta jo seuraavana kesänä, noin vuosi rakenteiden perustamisesta,

kasvilliset pystyivät käsittelemään samankokoisen tapahtuman suunnitellussa aikataulussa eli noin kahdessa tunnissa. Kasvittomien rakenteiden ylin maakerros puolestaan tiivistyi ajan myötä joka kastelussa ja johti vettä hyvin huonosti kesällä. Kasvillisista rakenteista löydettiin rakenteiden purun yhteydessä syksyllä 2010 alimmasta maakerroksesta asti juuria, mikä kertoo kasvillisuuden ja eliöstön kehittymisestä ja voi selittää kasvillisen rakenteen hyvän imeytyskyvyn.

Johtopäätelmiä ja suosituksia

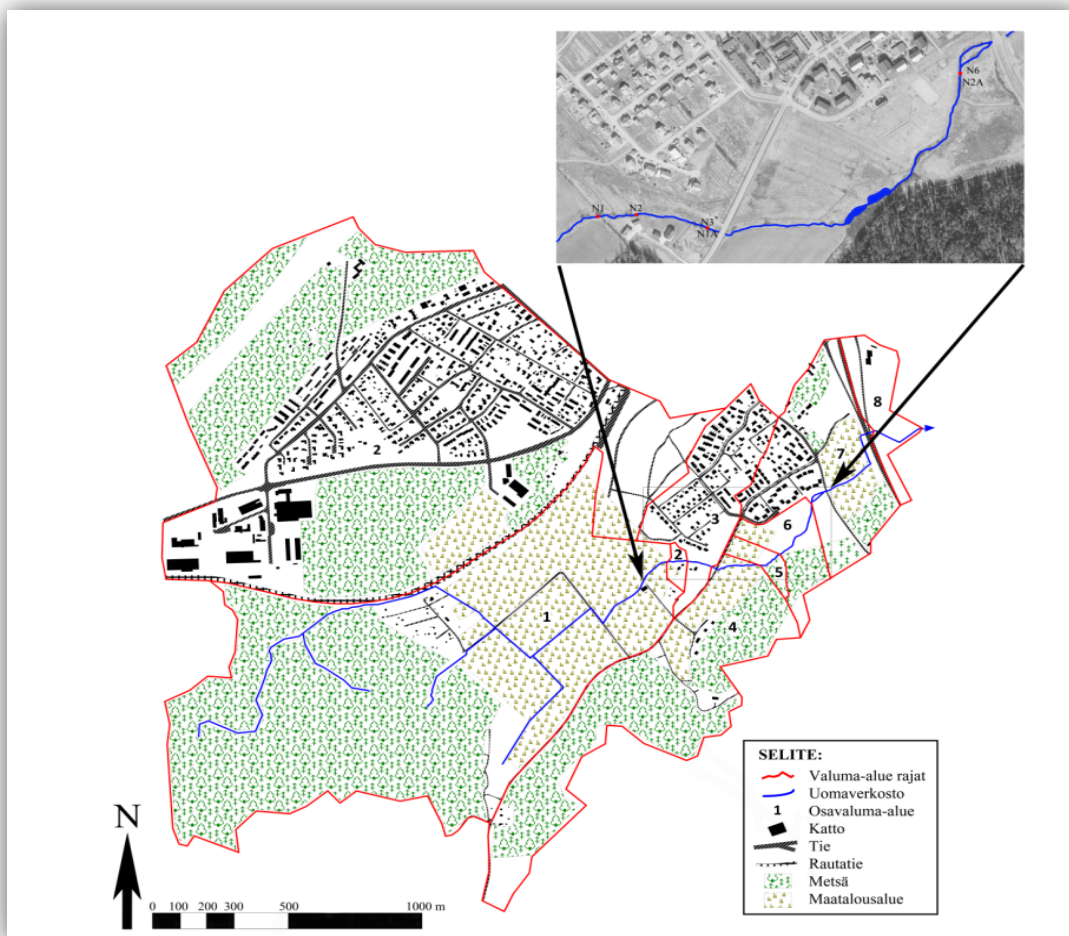
Tutkitut biosuodatusrakenteet pidättivät fosfaattia, sinkkiä ja kuparia hyvin jo heti rakenteiden perustamisen jälkeen. Nitraattia huuhtoutui myös maaperästä itsestään etenkin rakenteiden ensimmäisissä kasteluissa ja myös alumiinia huuhtoutui maaperästä ensimmäisten kastelujen jälkeen. Rakenteita perustaessa on siis otettava huomioon, että aineita voi kulkeutua pohjaveteen myös maaperästä ja etenkin aluksi maaperä voi olla rakentamisen vuoksi häiriintynyt. Suolalla ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta aineiden pidätykseen, vaikka osassa kasteluita alumiinia huuhtoutui enemmän suolallisista rakenteista. Jos rakenteissa käytetään hienojakoista maa-ainesta, on kasvillisuus rakenteen toiminnalle välttämätön, jotta sen vedenimeytyskyky säilyy tai jopa paranee ajan myötä. Tämän vuoksi kasvillisuudeksi tulisi valita erilaisia olosuhteita kestäviä lajeja, jotta kasvillisuus säilyy olosuhteiden muuttuessa. Tutkimuksen perusteella kasvillinen biosuodatusrakenne soveltuisi hyvin tiiviisti rakennetulle alueelle, mutta tutkimustietoa tarvitaan vielä pidemmällä aikavälillä ja erilaisille haitta-aineyhdistelmille. Myös koostumukseltaan erilaisia rakenteita olisi hyvä testata ja selvittää miten rakenteet toimivat oikeissa kohteissa, jossa muutkin tekijät, kuten hulevesien muut haitta-aineet, vaikuttavat rakenteiden toimintaan. Rakenteen käyttöikää olisi syytä tutkia esim. selvittämällä lähtevätkö pidättyneet haitta-aineet kulkeutumaan maaperässä ajan myötä.

3.5 Hulevesien luonnonmukainen hallinta kylmässä ilmastossa

Leena Sänkiaho, Ulrike Huth ja Gerald Krebs

Aalto-yliopiston tutkimuksen tarkoituksena oli löytää keinoja hulevesien hallintaan käyttämällä perinteisiin menetelmiin verrattuna luonnonmukaisempia ratkaisuja. Tavoitteena on sekä virtaamien, eroosion että vedenlaadun hallinta osana ekologisesti ja maisemallisesti kestävä kokonaisuutta. Tällaisten menetelmien suunnittelu on aina tapauskohtaista ja valuma-aluelähtöistä, ja vaatii monialaista osaamista.

Projektin tutkimus- ja suunnittelukohteiksi valikoituivat Vihdin Nummelassa sijaitseva Kilsoin uoman kunnostus sekä Korkeasaaren eläintarhassa sijaitsevan petolintuhäkin hulevesien hallinta. Nummelassa tehtiin kattavat vedenlaatumittaukset uoman kunnostamisen yhteydessä. Lisäksi hankkeessa tutkittiin Vantaan Kylmäojan valuma-alueen muutosten vaikutuksia hulevesien muodostumiseen. Kohteet ovat kooltaan ja rakennuskannaltaan hyvin erilaisia: Kylmäojan valuma-alue on 21 km², Kilsoin valuma-alue on noin 500 ha ja Korkeasaaren vain 1 ha.



Kuva 16 Kilsoin valuma-alue (Kuva Gerald Krebs)

Kilsoin uoma

Kilsoin valuma-alue ja siitä syntyvä Ridalinpuro sijaitsevat Vihdissä Nummelan taajaman länsiosassa. Valuma-alue on kooltaan lähes 500 hehtaaria ja puro laskee Vihdin Enäjärveen. Huonokuntoista Enäjärveä on kunnostettu monin eri tavoin jo 90-luvulta lähtien ja Ridalin-puron kunnostus on osa tätä kokonaisuutta. Maatalousmaan (14%), metsän (40%) sekä rakentamattoman maankäytön (33%) osuudet puron valuma-alueella ovat merkittävät, ja rakennetun läpäisemättömän pinnan osuus kokonaisalasta on vain 13 % (Kuva 16). Hulevesiverkosto kattaa noin 160 ha koko valuma-alueesta. Oletettavaa on, että taajamasta (valuma-alue 2) pääsääntöisesti vain rakennetulta alueelta muodostuu valumavesiä, jotka laskevat ojaan, sillä noin puolet tästä alueesta on pohjaveden muodostumisaluetta. Aikaisemmin alueelta on tehty mittauksia maatalouden kuormitukseen liittyen, mutta tässä tutkimuksessa haluttiin seurata myös hulevesin aiheuttamaa kuormitusta.

Ridalinpuron kunnostus

Ridalinpuro on kärsinyt eroosio-ongelmista. Kunnan alkuperäisenä suunnitelmana oli johtaa putkeen helposti erodoitava uoman osuus, mutta lopulta päädyttiin luonnonmukaisempaan kunnostukseen. Noin 1,5 km matka järvestä puron yläjuoksuun on nyt kaavoitettu hulevesien hallinta-alueeksi. Kunnostus aloitettiin syksyllä 2008 noin 200 metrin mittaisella osuudella ja Aalto-yliopiston tutkimus painottui kunnostuksen suunnitteluun (Outi Salminen) sekä kunnostuksen aiheuttamien muutosten seuraamiseen (Kuva 17). Kunnostusta on jatkettu rakentamalla kosteikko ojan suistoon keväällä 2010. Kunnostus ei olisi ollut mahdollista ilman kunnan, paikallisen vesiensuojeluyhdistyksen, entisen Uudenmaan ympäristökeskuksen ja monien muiden aktiivista toimintaa.

Kunnostusta rajoittivat maanomistus sekä alueen kunnallistekniikka. Uomaa levennettiin kunnan omalle maa-alueelle, penkereet suojattiin tulvarajaan asti kivillä ja stabiloitiin biohajoavalla siemenmatolla. Lisäksi rantaan istutettiin pajuja sekä puita suojavyöhykkeeksi. Työ suoritettiin osittain talkoovoimin.



Kuva 17 Puro ennen ja jälkeen kunnostuksen (Kuvat: Ulrike Huth)

Syksyllä 2008 kunnostutettu kohta sijaitsee mittauspisteiden N1 ja N3 välillä (Kuva 16), johon tulee vesiä valuma-alueilta 1, 2 ja 3. Mittapisteeseen N1 tulee pääsääntöisesti vesiä pellolta sekä metsästä ja pisteeseen N2 taajamasta. Piste N3 kuvaa näiden vesien sekoittumista. Piste N6 kuvaa järveen laskevaa vettä ja on maastossa lähin kohta, joka mahdollisti mittapadon rakentamisen ennen Enäjärveä.

Tutkimukset

Tutkimuksen tarkoituksena oli seurata taajamapuron kunnostusta ja kunnostuksen vaikutuksia veden ja ympäristön laatuun. Kohteen uomaan laskee vesiä erityyppisiltä valuma-alueilta, joista erityisesti taajamavesien vaikutusta kokonaisuuteen haluttiin selvittää. Usein vedenlaatumittaukset perustuvat yksittäisiin näytteisiin, jotka antavat vain sen hetkisen kuvan veden laadusta. Tavoitteena olikin käyttää jatkuvatoimisia vedenlaatumittareita ja virtaamamittausta kokonaiskuormituksen määrittämiseksi. Lisäksi alueelta otettiin näytteitä, joista analysoitiin ravinteita sekä kiintoainetta. Tässä raportissa keskitytään erityisesti ravinteiden, polttoaineperäisten hiilivetyjen sekä virtaaman analysointiin.

Stromwater-projektin aikana tutkimusajanjaksoja, jolloin suoritettiin jatkuvatoimisia mittauksia (Luode Consulting Oy), oli kolme: syksy 2008 (2.9.2008-15.10.2008), kevät 2009 (11.3.2009-20.4.2009) sekä syys-talvi 2009 (2.11.2009-4.1.2010) (Taulukko 10). Jatkuvatoimisten mittautusten lisäksi alueella suoritettiin näytteenottoa automaattisilla näytteenottimilla, joista analysoitiin esimerkiksi ravinteita sekä kiintoainetta. Kaikki mittauspisteet on varustettu sameus- ja johtokykyanturein, virtaamaa mitattiin pisteissä N1, N3 ja N6 mittapatojen ja paineantureiden avulla. Taajamasta tuleva virtaama on arvioitu mittapisteisen N1 ja N3 virtaamaeroista. Lisäksi käytettiin nitraatti- ja hiilivetyantureita eri mittauskohteissa ja -jaksoina. Alueella oli myös sääasema, jossa mitattiin sadantaa ja lämpötilaa. Mittaukset tehtiin pääsääntöisesti kymmenen minuutin välein ja tallennettiin dataloggerille.

Ensimmäiset mittaukset alueella on tehty jo syksyllä 2007, jolloin Padolle (N3) asennettiin virtaama, sameus ja johtokykyymittarit sekä automaattinen näytteenotin. Padolta on otettu vaihtelevalla aikavälillä näytteitä, joista on analysoitu esimerkiksi kokonaisfosfori. Kevätsulannan 2008 aikana näytteenotin asennettiin myös Alapadolle. Lisäksi mittauspisteistä on otettu lukuisia näytteitä manuaalisesti.

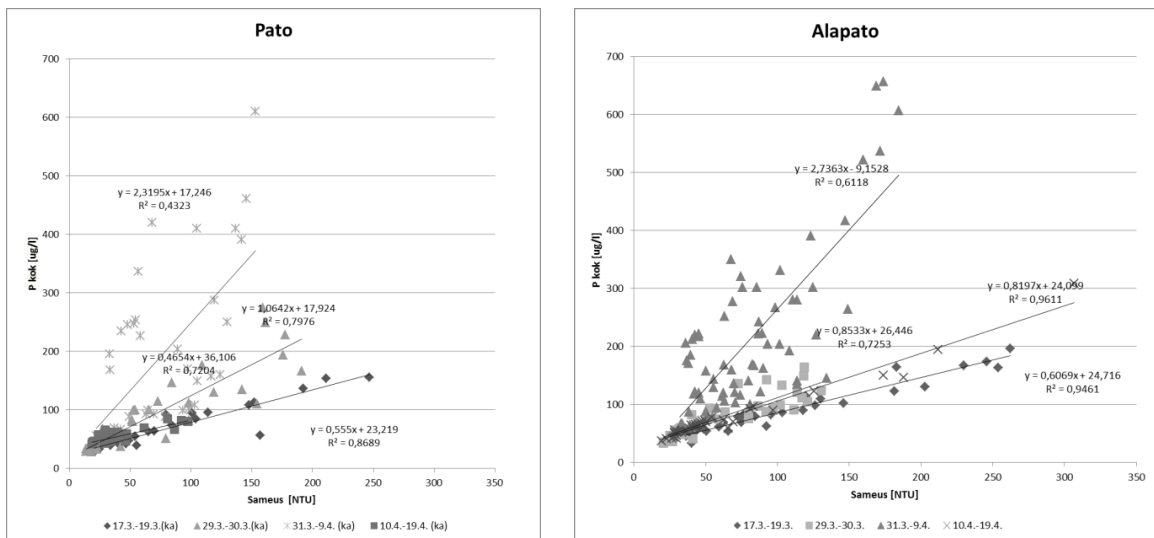
Taulukko 10 Jatkuvat toimiset mittaukset Ridalinpurossa

Ajankohta	Päätavoite	N1 (Pelto)	N2 (Putki)	N3 (Pato)	N6 (Alapato)
Valuma-alue		Peltoa Metsää	Taajaman hulevedet	Vesien sekoittuminen	Järveen laskevan veden laatu
Osuus virtaamasta		55%	36%	91%	100%
Syksy 2008	Ojakunnostuksen seuranta	Virtaama	Sameus	Virtaama	Virtaama
		Sameus	Johtokyky	Sameus	Sameus
		Johtokyky		Johtokyky	Johtokyky
				Automaattinen näytteenotin	
				Kokonaistyyppi	
				Kokonaisfosfori	
Kevät 2009	Kevät sulanta	Virtaama	Sameus	Virtaama	Virtaama
		Sameus	Johtokyky	Sameus	Sameus
		Johtokyky	Nitraattityppi	Johtokyky	Johtokyky
			Hiilivedyt	Automaattinen näytteenotin	Automaattinen näytteenotin
				Kokonaistyyppi	Kokonaistyyppi
				Kokonaisfosfori	Kokonaisfosfori
Syys-talvi 2009	Syysateet, vertailu edelliseen syksyyn	Virtaama	Sameus	Virtaama	Virtaama
		Sameus	Johtokyky	Sameus	Sameus
		Johtokyky	Hiilivedyt	Johtokyky	Johtokyky
		Nitraattityppi		Nitraattityppi	Nitraattityppi

Fosfori ja sameus

Fosfori aiheuttaa rehevöitymistä Enäjärnessä. Tavoitteena oli selvittää hulevesien osuus fosforikuormasta jatkuvatoimisia mittauksia hyväksi käyttäen. Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet pelto-ojien kokonaisfosforinpitoisuuksien korreloivan savimailla sameuden kanssa (Valkama et al. 2008). Tämän takia oli oletettavissa, että sameuden mittausta voitaisiin käyttää myös fosforikuormien laskemiseen tässä tutkimuskohteessa, sillä savimaiden ja peltojen osuus valuma-alueesta on melko suuri.

Syksystä 2007 asti on Padolla sijainnut automaattinen näytteenotin, joka on ottanut esimerkiksi kokonaisfosfori näytteitä. Samasta kohdasta on mitattu myös sameutta. Syksyn 2007 ja kesän 2008 välillä tehtyjen mittausten sameuden ja fosforin selitysaste on 75% ja käsittää jopa 920 NTU sameusarvoja. Syksyn 2008 aikana sameuden vaihtelut erityisesti padolla ovat huomattavat, mikä johtuu ojan kunnostamisesta. Tällöin otetut fosforimittaukset eivät korreloi sameusmittauksien kanssa.



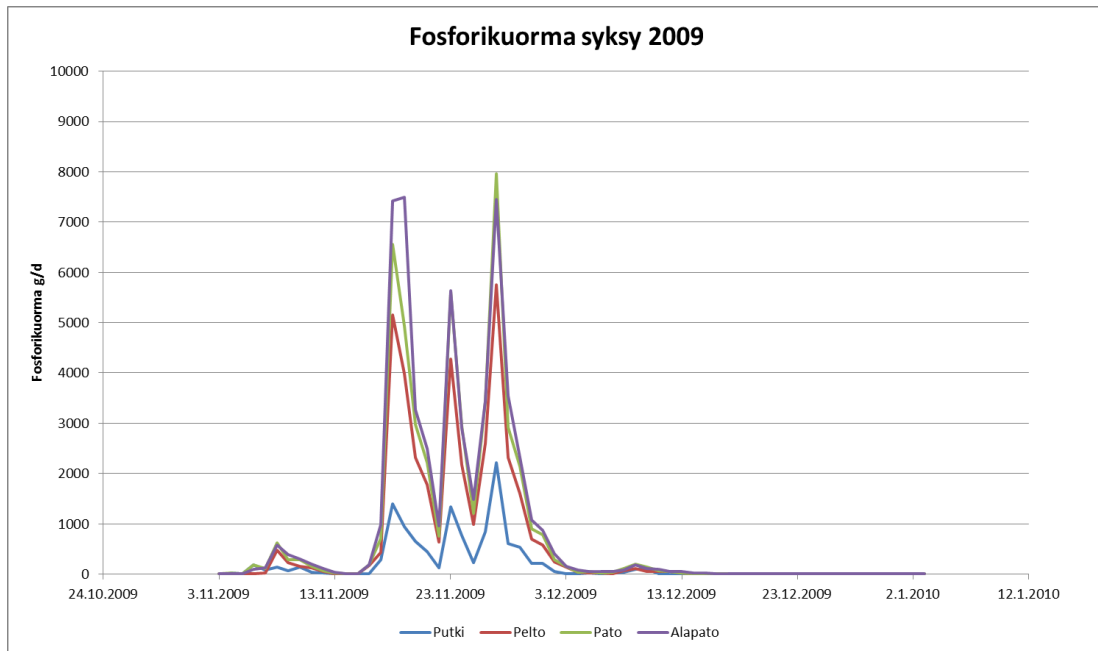
Kuva 18 Sameuden ja fosforin korrelaatiot kevään 2009 aikana jaettuna valuntatapahtumiin sulantaa ennen, sen aikana sekä jälkeen.

Keväällä 2009 ojasta on analysoitu lähes 500 kokonaisfosforinäytettä (Taulukko 11), joiden korrelaatio sameuden kanssa tutkittiin. Koko näyttemäärän korrelaation selitysasteeksi sekä Padolla että Alapadolla saatiin 30%, mikä on huomattavasti alhaisempi kuin aikaisemmin tutkitut arvot vastaavanlaisilta alueilta (Valkama et al. 2008). Mikäli näytteet jaetaan ennen sulamista (17.3.-30.3.), sulamisen (31.3.-9.4.) ja sen jälkeen (10.4.-19.4.) otettuihin sarjoihin saadaan kuvan 18 mukaiset lineaariset regressiosuorat. Huomioitavaa on, että sameuden arvot ovat alle 300 NTU ja sitä suuremmilla sameusarvoilla ei voida ennustaa fosforipitoisuutta. Kevätsulannan aikana 95% sameusmittauksista on alle 300 NTU.

Vastaavasti syksyllä 2009 saadaan lineaarinen regressiosuora neljälle eri mittausasemalle noin 70% selitysasteella, kun sameus on alle 150 NTU. Fosforimittauksia ei ole tehty korkeammilla sameusarvoilla riittävästi, jotta niitä voitaisiin testata tilastollisesti. Putkea lukuun ottamatta yli 50 % sameusmittauksista on kuitenkin yli 150 NTU. Kuvassa 19 on arvio kuorituksen osuudesta eri valuma-alueilta, missä erottuu selvästi eri valuma-alueiden osuus kuormasta. Tämän arvion mukaan 22% syksyn 2009 alapadolle tulevasta fosforikuormasta tulisi taajamasta.

Yhteenvedona voidaan todeta, että riippuen virtaamatilanteesta (sulanta, kesä, talvi) voidaan sameus ja fosforipitoisuudet saada korreloimaan melko hyvin, mutta yhtenäistä kerrointa kaikille tapahtumille on mahdoton määrittää. Keskimäärin ojan fosforipitoisuudet ovat korkeita (Taulukko 11) ja vastaavat pitoisuuksia, joita Valkama et al. (2008) ovat mitanneet

pelto-ojasta Nurmijärven Lepsämäjoella. Sameus- ja mitatut fosforiarvot putkessa ovat selvästi alhaisempia kuin muissa mittauspisteissä, joten voidaan olettaa, että taajamasta tuleva fosforikuorma on huomattavasti peltomaata pienempi.



Kuva 19 Sameus- ja virtaamamittauksista arvioidut päivittäiset fosforikuormat syksyllä 2009 eri mittauspisteiden välillä.

Päätelmiä kunnostustöiden positiivisista vaikutuksista eroosion tai sameuden pienentymiseen tai tasaantumiseen ei massataseiden avulla voida todeta, koska veden laatu on hyvin riippuvainen valuma-alueilla ja itse ojassa tapahtuvista prosesseista. Fosforipitoisuudet taas ovat keskimäärin korkeampia Alapadolla, josta oja laskee kosteikkoon ja järveen. Fosforikuormituksen osalta pellolla tehtävät toimenpiteet ovat avainasemassa, jos kuormitusta halutaan selvästi pienentää. Sameusmittaukset tuovat hyvin esiin ojassa tapahtuvat nopeat muutokset – päivittäisen kuormitusta laskettaessa, kun mittausväli on 10 min, pitoisuuspiikit tasoittuvat.

Typpi ja jatkuvatoimiset nitraattimittaukset

Nitraattityppi, joka esiintyy hulevesissä, on peräisin joko orgaanisen typen ja urean hajoamisesta, lannoitteista tai liukenee ilmansaasteista sadeveteen. Liukoinen nitraatti on kasvien ja bakteerien helposti käytettävissä. Typenlähteenä hulevedet eivät ole niinkään merkittäviä kuin maatalous, yhdyskuntajätevedet tai ilmansaasteet. Tavoitteena typpimittauksissa oli löytää ero typpikuormituksessa eri valuma-alueiden välillä.

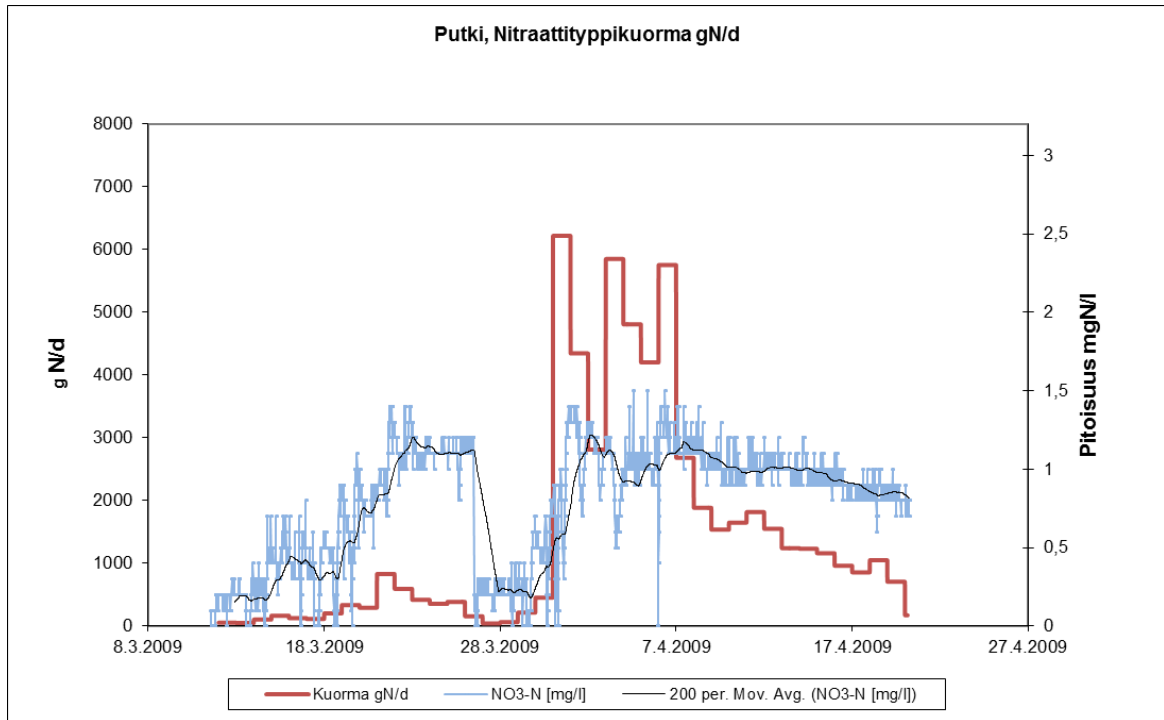
Taulukko 11 Ravinteet syksyn 2007-syksyn 2008 ja kevätulannan 2009 aikaan

	N suodattamaton [mg/l]			P suodattamaton [µg/l]		
	Pato (syksy 2007- syksy 2008)	Pato (kevät 2009)	Alapato (kevät 2009)	Pato (syksy 2007- syksy 2008)	Pato (kevät 2009)	Alapato (kevät 2009)
Keskiarvo	2,2	1,3	1,3	120	97	117
Min	0,5	0,3	0,5	28	22	33
Max	7,5	2,5	2,4	459	609	607
Median	1,8	1,3	1,3	103	62	88
10%	0,6	0,6	0,7	34	36	47
90%	3,9	2,1	2,1	230	194	241
Näytämäärä	209	203	239	209	203	239

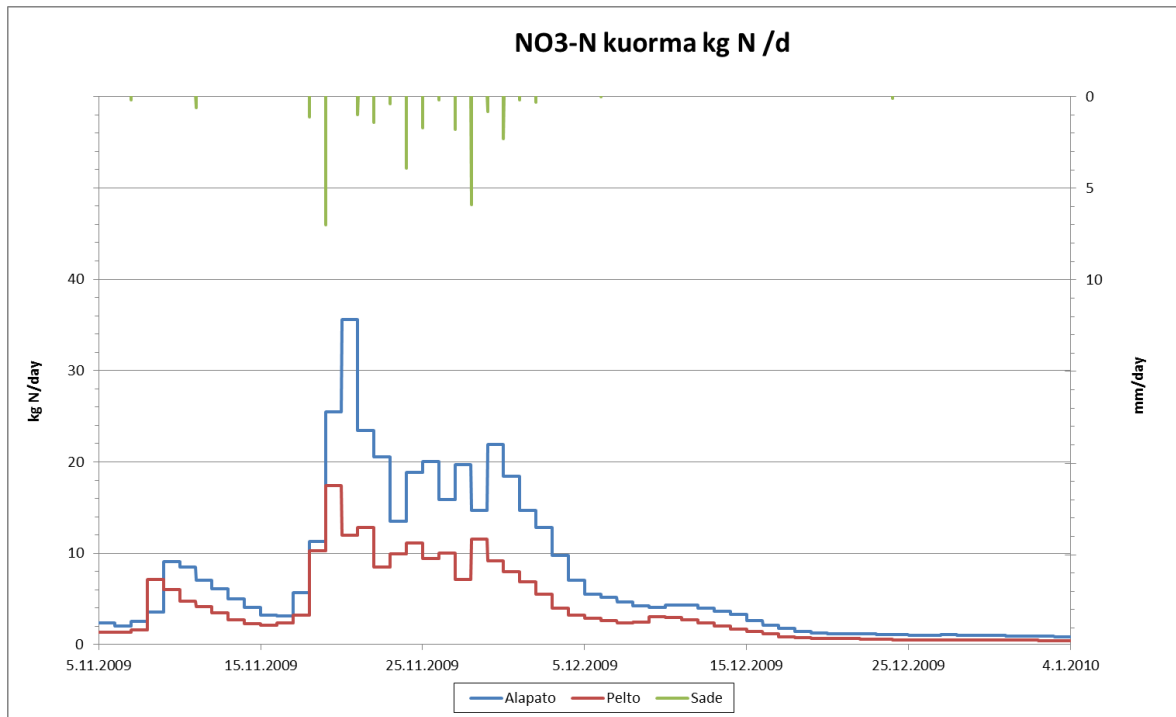
Ensimmäinen jatkuvatoiminen nitraattityppimittaus (s::can spektrometri) suoritettiin keväällä 2009 hulevesiputkesta (Kuva 20). Pitoisuudet olivat keskimäärin 1,0 mg N/l, mikä on samaa luokkaa kuin muut alueella mitatut kevään 2009 kokonaistyyppi- ja nitraattityppipitoisuudet. Selvää eroa ennen sulamista ja sulamisen jälkeen mitattujen pitoisuuksien välille ei löydetty, mutta virtaaman kasvaessa ja sulamisvesien lisääntyessä pitoisuudet laskevat hetkellisesti. Taajamasta tulevassa vedessä nitraattipitoisuus ja sähkönjohtavuus käyttäytyvät samalla tavalla, mutta muille jatkuvatoimisille mittauksille ei löytynyt yhteistä selittäjää.

Kuvassa 21 on esitetty jatkuvatoimisten nitraattityppiantureiden ja virtaamatietojen avulla lasketut päivittäiset kuormat syksyllä 2009 pellon ja alapadon välillä. Pitoisuudet alapadolla ovat pienempiä kuin pellolla. Koska vaihtelu nitraattipitoisuuksissa on sangen pientä (ka 2mg/l min 0,5 mg/l ja maksimi 3,5 mg/l) vaikuttaa virtaaman vaihtelu syntyvän kuorman suuruuteen. Pellolta tulevassa vedessä on typpipitoisuus hieman korkeampaa kuin alapadolla - taajaman hulevedet laimentavat vesiä ja pienentävät siten pinta-alaan suhteuttelua kuormaa hieman.

Nitraattityypin jatkuvatoiminen tarkkailu ei tuonut selkeää etua - yksittäisiin näytteisiin verrattuna - taajaman vedenlaadun seurantaan. Pitoisuudet verrattuna esimerkiksi jätevedenpuhdistamoilta lähtevään typpipitoisuuteen ovat pieniä (HSY, 2011) ja pitoisuusvaihtelut ovat pieniä: tutkimusjaksoilla esiin ei nouse esimerkiksi lannoitteiden käytöstä johtuvia pitoisuuspiikkejä.



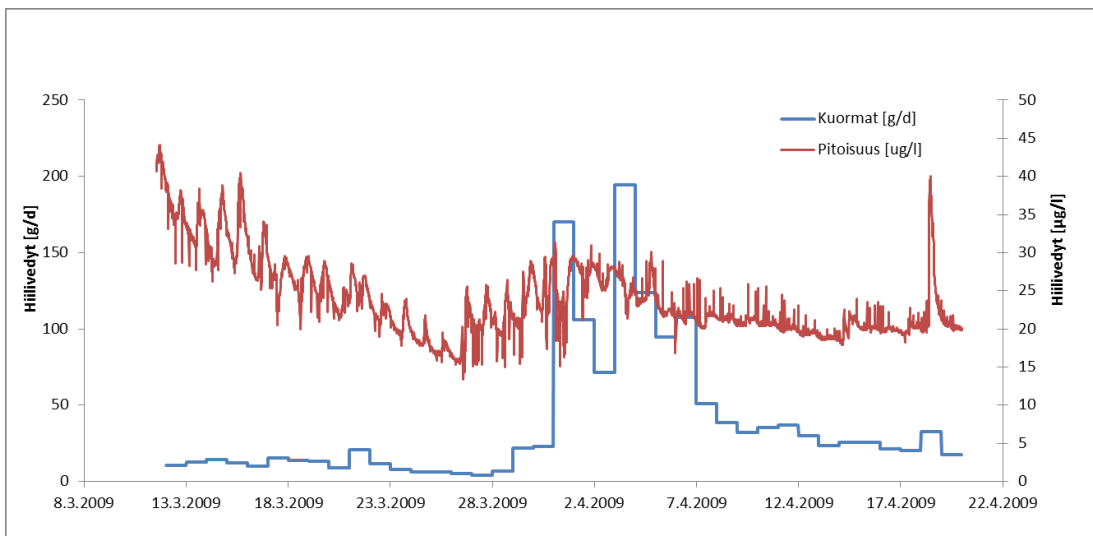
Kuva 20 Nitraattityppikuormat ja pitoisuudet hulevedestä keväällä 2009



Kuva 21 Lasketut nitraattityppikuormat Pellon ja Alapadon välillä syksyllä 2009

Hiilivedyt

Öljypohjaisia hiilivetyjä (HC) voidaan arvioida hiilivetyfluorometrillä (Trios EnviroFlu-HC). Sensori kalibroidaan naftaleenilla ja pitoisuudet ilmoitetaan esimerkiksi $\mu\text{g/l}$ naftaleenia. Anturit oli asetettu keväällä 2009 ja syksyllä 2009 Putki-mittauspisteeseen. Keväällä pitoisuudet olivat keskimäärin $25 \mu\text{g/l}$ kun syksyllä pitoisuudet olivat $15 \mu\text{g/l}$. Huomattavaa hiilivetyjen pitoisuudessa on, että ne pääsääntöisesti kasvavat virtaaman lisääntyessä, mikä indikoi öljyjakeiden huuhtoutumista sadeveden mukana. Mittauksista laskettiin päivittäiset kuormat, jotka ovat korkeita keväällä erityisesti virtaaman ollessa suurta. HC-mittaukset indikoivat hyvin autoilun vaikutusta ja niitä tarkkailemalla saadaan erityisesti hajakuormitus esille, mutta esiin voivat tulla esimerkiksi yksittäiset öljyvuodot (Kuva 22).



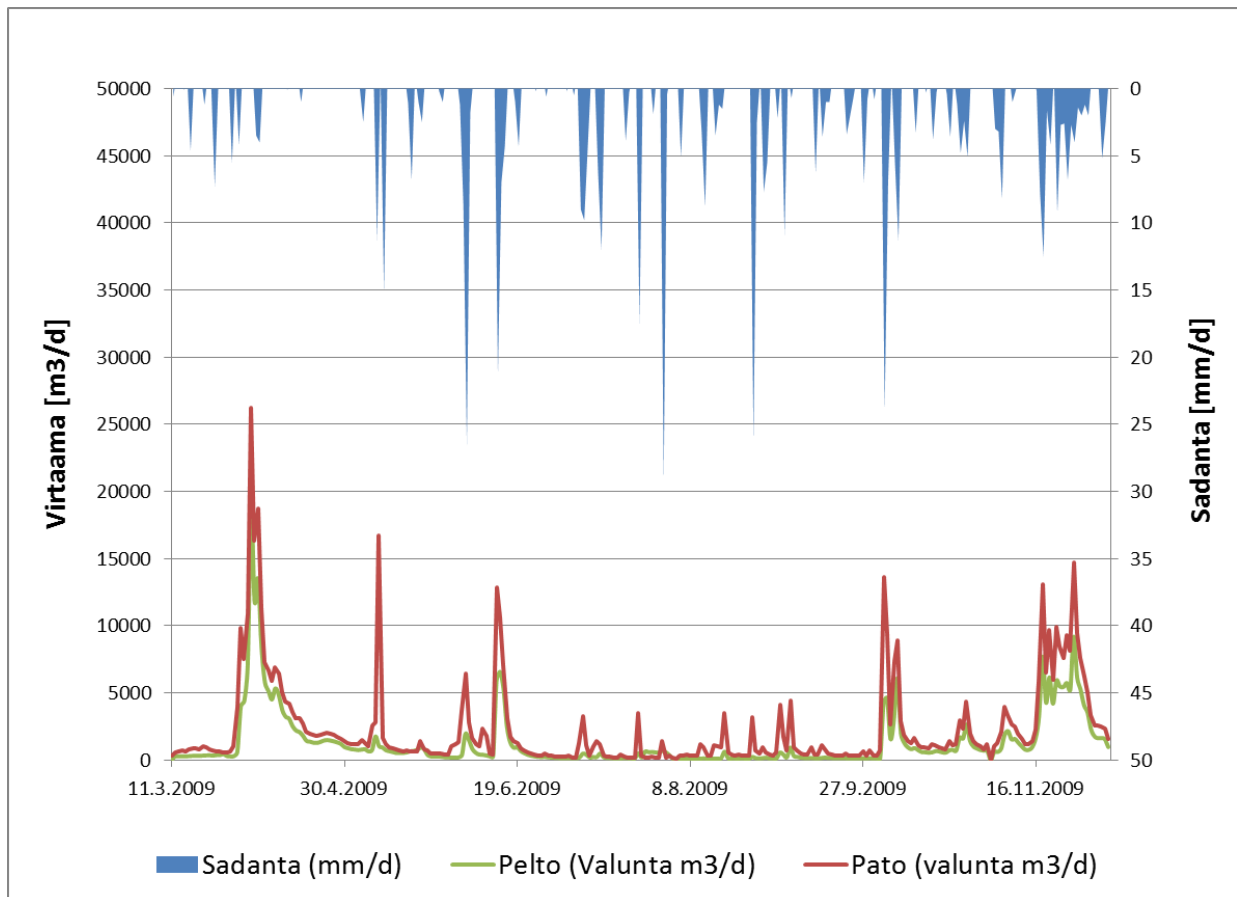
Kuva 22 Hiilivetykuormat- ja pitoisuudet hulevesiputkesta mitattuna keväällä 2009.

Sähkönjohtokyky sekä lämpötila

Sameuden lisäksi sähkönjohtokyky- sekä lämpötila-anturit kuuluvat usein samaan laitteistoon (YSI 600). Tämän kohteen kannalta erityisesti sähkönjohtokyvyssä ja lämpötilassa pystyttiin näkemään selvä ero eri valuma-alueiden välillä. Sähkönjohtokyky kuvaa vedessä olevien liuenneiden ja varautuneiden ionien määrää. Pääsääntöisesti sähkönjohtokyky pienenee vesimäärään kasvaessa, mutta palaa takaisin lähtötasolle virtaaman tasoittuttua. Sähkönjohtokyky on selvästi korkeampi taajamavedessä kaikilla mittausjaksoilla. Hulevesiputkeen johdetaan myös rautapitoista pohjavettä, mikä aiheuttaa huomattavaa nousua sähkönjohtavuudessa. Taajaman sulamisvesissä sähkönjohtokyky on korkea, mikä voi johtua tiesuolan käytöstä. Korrelaatio taajamaveden sähkönjohtokyvyn ja nitraattitypen välillä on selkeä, mutta muissa mittauskohdissa vastaavaa korrelaatiota muiden parametrien ja sähkönjohtokyvyn välillä ei havaittu. Syysateiden aikana taajamavedet ovat selvästi muutaman asteen lämpimämpiä kuin pelolta tuleva vesi, koska osa taajaman vedestä on pohjavesiä ja putkisto on paremmin suojassa ilmaston vaikutuksilta. Sateiden aikana lämpötilaero pienenee.

Virtaama ja valuma-alueet

Virtaamamittausten tarkoituksena oli selvittää, kuinka virtaama reagoi sadantaan eri alueilla vuodenaikojen mukaan. Samoin valunnan muodostumista erityyppisiltä valuma-alueilta tarkkailtiin. Virtaamamittarit keräsivät tietoa aikavälillä 11.3.2009-4.1.2010 sekä pelloilta että padolta (Kuva 23). Pato-mittapiste kuvaa sekä pelloilta että taajamasta tulevaa virtaamaa. Ero valunnassa huomataan erityisesti kesäsateiden aikana, mitkä aiheuttavat hyvin jyrkkiä virtaamapiikkejä padolla, mutta pellon virtaama on lähes olematonta. Tämä kertoo taajaman hulevesiputken keräävän sadannan välittömästi hulevesiverkoston, mutta vaikutus jää lyhytaikaiseksi. Kevätsulantaan ja syysateisiin nähden kesäsateet jäävät kokonaisuudessa melko pieneen osaan. Taajama on osittain sijoittunut pohjaveden muodostumisalueelle, kun taas pelto-ojaan purkautuu myös pohjavesiä. Valuma-alueet määriteltiin pintamallin avulla, joka ei kuitenkaan vastaa pohjaveden virtaussuuntaa. Virtaamamittaukset osoittivat, että hulevesiverkoston alueella veden imeytymisellä pohjaveteen on merkitystä ja verkosto kerää pääsääntöisesti vain pintavalunnan ja verkostoon pumpatun pohjaveden.



Kuva 23 Virtaama mittauspisteillä Pelto (N1) ja Pato (N3) vuonna 2009. Sadanta tiedot on saatu Ilmatieteenlaitokselta (Hiiskula, Vihi) noin 23 km päästä tutkimuskohdasta.

Johtopäätökset

Vuonna 2008 tehdyssä kunnostuksessa tarkoituksena oli stabiloida eroosioherkkä uomanosuus ja siten vähentää kiintoaineen kulkeutumista. Laskemalla kuormia, voidaan arvioida eri alueiden vaikutusta uomaan, mutta uomakunnostuksen toimivuutta massataselaskennalla ei vielä voida arvioida, koska valuntaprosessit eri valuma-alueilla ovat hyvin erilaiset ja itse uoma on ollut tutkimusajankohtana vielä häiriintynyt maanmuokkauksesta.

Riippuen vuodenajoista hulevedet ja peltovedet reagoivat laadultaan ja määrältään erilailla sadantaan. Kuormituksen kannalta kevät ja syksy ovat tässä kohteessa merkittävämpiä, huleveden ominaisuudet tulevat esiin kesäsateiden aikana. Ravinteita tutkittaessa sameutta voidaan käyttää fosforikuormituksen arviointiin ja nitraatti kuvaa helposti kasvien käytössä olevaa tyyppiä. Nitraattipitoisuuksien vaihtelu virtaamaan nähden on kuitenkin pientä, ja virtaaman ollessa korkea ovat sameusarvot usein korkeita. Hiilivedyt kuvaavat erityisesti kaupungistumisen ja autoilun vaikutuksia, joten niiden tarkempi tutkiminen voisi olla hyödyllistä.

Maisemallisesti alue on muuttunut huomattavasti. Kunnostettu kohta on suojattu eroosiolta, mikä itsessään parantaa veden laatua. Hulevesiverkoston tuoma kuormitus on verrattain pienempää kuin maatalouden kuormitus. Vuonna 2010 rakennettu kosteikko tulee vaikuttamaan ravinnekuormiin enemmän. Tämä tutkimus toimii myös merkittävänä pohjatietona kosteikon toimivuutta tarkasteltaessa.

3.6 Yhteenveto hankkeessa käytetyistä mittausmenetelmistä

Hankkeessa testattiin onnistuneesti erilaisia menettelytapoja veden laadun havainnointiin kaupunkialueilla. Lahdessa toteutetut mittaukset tuottivat yksityiskohtaista tietoa haitta-aineiden pitoisuuksista valuntatapahtumien aikana, kun taas Kouvolassa kerätyt havainnot kuvastivat valuntatapahtumien keskimääräisiä pitoisuuksia. Molemmat lähestymistavat mahdollistavat pitkäaikaisten haitta-ainepitoisuuksien sekä valuntatapahtumien aikaisen huuhtouman luotettavan arvioinnin. Lahdessa käytetty havainnointitapa vaatii runsaasti taloudellisia ja henkilöstöresursseja, joten tapaa voidaan suositella tilanteisiin, joissa kerätyn havaintoaineiston tulee soveltua useisiin eri käyttötarkoituksiin sekä hyvin yksityiskohtaiseen analysointiin. Kouvolassa kerätyt kokoomanäytteet mahdollistavat näytteenoton myös pienemmillä resursseilla ja samalla kerätyistä näytteistä voitiin analysoida useampia haitta-aineita kuin Lahden mittausasemien näytteistä. Nummelan mittausasemilla vertailtiin eri maankäyttömuotojen vaikutusta veden laatuun laajemmalla valuma-alueella, joten mittauspisteitä oli useita valuma-alueen sisällä. Mittausmenetelmien valintaan sekä havaintojen ajalliseen ja spatiaaliseen resoluutioon vaikuttavat aineistojen käyttötarkoitus, alueiden maankäyttö sekä valuma-alueiden koko ja kertymisaika. Taulukkoon 12 on laadittu yhteenveto hankkeessa käytetyistä mittausmenetelmistä.

Valittiin näytteenottotavaksi sitten automatisoitu erillisnäytteenotto tai kokoomanäytteenotto, tarvitaan näytteitä vähintäänkin useista kymmenistä valuntatapahtumista, jotta hulevesien haitta-ainepitoisuuksien suuri vaihtelu voidaan ottaa luotettavasti huomioon esimerkiksi keskimääräisten haitta-ainepitoisuuksien määrittämisessä. Osa mittauksista suoritettiin yliopistojen omilla resursseilla, mutta osa mittauspalveluista vuokrattiin tai analyseista teetettiin ulkopuolisissa laboratorioissa.

Hollolassa tutkittiin hulevesien haitta-aineita maaperänäytteiden avulla, sillä mahdollisuutta vesinäytteiden ottoon ei ollut. Samanlaisia menetelmiä on käytetty esimerkiksi hulevesialtaiden ja imeytysalueiden tutkimuksessa. Menettelyllä voitiin kartoittaa teollisuuskiinteistöltä hulevesien mukana kulkeutuvia haitta-aineita sekä samalla saatiin tietoa hulevesien imeytyskaivojen sedimenteistä. Vaikka maaperänäytteiden avulla ei voida selvittää haitta-aineiden pitoisuuksia hulevedessä, voivat ne antaa kattavaa tietoa valuma-alueelta kulkeutuneiden aineiden koko kirjosta. Vesinäytteenotossa moni tutkituista aineista olisi saattanut jäädä huomaamatta, sillä esimerkiksi VOC- ja PAH-yhdisteiden pitoisuudet hulevedessä ovat usein hyvin pieniä ja haittavaikutukset ovat kroonisia.

Taulukko 12: Yhteenveto mittausasemista ja vedenlaadun havainnoisnista

Lahden mittausasemat	Kouvolan mittausasema	Nummelan mittausasemat
Useita erillisnäytteitä tapahtuman ajalta Hetkellisiä pitoisuuksia Pitoisuuksien vaihtelu tapahtuman aikana sekä erot eri tapahtumien välillä	Kokoomanäyte per tapahtuma Keskimääräiset tapahtumapitoisuudet, nk. EMC Erot EMC-arvoissa eri tapahtumien välillä	Useita erillisnäytteitä sade- ja sulamistapahtuman ajalta sekä hetkellisiä pitoisuuksia Jatkuvatoimisten laatumittareiden käyttö Tietoa useista pisteistä saman purku-uoman varrelta eri maankäyttömuodoilta
+ yksityiskohtaista tietoa - suuret näytemäärät, suuret kustannukset - rajallinen määrä tutkittavia laatuparametreja	+ tietoa käytännön tarpeisiin + kohtuulliset näytemäärät + useita laatuparametreja - ei paluuta tarkempaan pitoisuustietoon	+jatkuvatoimista tietoa eri osavaluma-alueilta - suuret määrät näytteitä
Metallit, kiintoaine, ravinteet, TOC, sameus, EC, pH	Valikoidut metallit, kiintoaine, ravinteet, TOC, COD, bakteerit, öljyt, PAH-yhdisteet, pH, EC	Ravinteet, EC, pH, NO ₃ -N, öljypohjaiset hiilivedyt
Virtaamamittaus putkissa: Virtaamamittaus ultraäänellä	Virtaamamittaus putkessa: Virtaamamittaus ultraäänellä	Virtaamamittaus avouomassa: Mittapadot ja paineanturit
Valuma-alueet:		
Hyvin tiivis, 6,1 Tiivis, 7,1 Väljä, 13	Keskusta, 6,6,ha	Hulevesiverkosto n 160 ha Koko valuma-alue 500 ha
Mittausjaksojen pituus:		
Lähes kaksi vuotta	Noin 1,5 vuotta	Kolme noin kuukauden mittaista jaksoa

4 Hulevesirakentamisen pilottikohteet

Hulevesien määrän ja laadun hallinta edellyttää putkiverkoston rinnalle uusia, vaihtoehtoisia ratkaisuja, jotka soveltuvat myös kylmiin ilmasto-olosuhteisiin. Hankkeen päätavoite oli ehkäistä ja vähentää pilottikohteissa hulevesien haitallisia vaikutuksia ja luoda kaupallisesti sovellettavia ratkaisuja hulevesien hallintaan.

Stormwater-hankkeen investointiosassa keskityttiin rakentamaan valituille pilot-kohdealueille hulevesien hallintarakenteita, joilla voidaan konkreettisesti vähentää alueilla hulevesistä aiheutunutta haittaa. Haasteita projekteille aiheuttivat pilottirakenteiden toteuttaminen jo olemassa oleville kaupunkialueille ja pohjavesialueille sekä kohteiden nopea suunnittelu- ja rakennusaikataulu hankkeen puitteissa. Hollolassa alueeksi valikoitui Salpakankaan teollisuusalueen hulevesien hallintaratkaisut, Kouvolassa keskusta-alueen hulevesitulvien hallinta ja Lahden Juotjärvässä hulevesien aiheuttamien laatuongelmien parantaminen. Lahdessa rakentamisen lisäksi hulevesien tulevia hallintaratkaisuja kartoitettiin mallintamalla hulevesiverkoston. Lisäksi esitellään Korkeasaaren eläintarhan ja Vihdin Nummelan (Kappale 3.5) kunnostuskohteet, joiden suunnittelu on toteutettiin osittain hankkeen puitteissa.

4.1 Hollolan teollisuuskiinteistöt

Anniina Pouta

Stormwater-hankkeen Hollolan osaprojektin tavoitteena oli rakentaa teollisuusyrityksille hulevesijärjestelmä, joka toteuttaisi yrityksille asetetut ympäristölupaehdot. Yritykset sijaitsevat pohjaveden muodostumisalueella, joten ympäristölupaehdoissa edellytettiin pohjaveden pilaantumiseriskin minimointia. Aikoinaan teollisuuskiinteistöjen rakennuslupaehtoina on ollut, että hulevedet käsitellään kiinteistökohtaisesti, joten kiinteistöillä hulevesiä on johdettu niiden laatua huomioimatta imeytyskaivoihin. Pohjaveden pinta on syvällä teollisuusalueella, mutta toisaalta maaperä on pääsääntöisesti helposti vettä läpäisevää soraa ja hiekkaa. Tiukentuneissa ympäristölupaehdoissa vaadittiin kiinteistöillä syntyvien hulevesien johtamista pohjaveden muodostumisalueen ulkopuolelle; toisella pilot-kiinteistöistä sallitaan kattovesien imeyttäminen.

Imeytymisen estäminen vähentää muodostuvan pohjaveden määrää ja lisää pintavaluntaa, ja sen tähden imeyttämisen lisääminen nähdään varteenotettavana keinona pienentää hulevesistä aiheutuvia ongelmia. Stormwater-projektin tavoitteena oli hallitun ja veden laatua parantavan imeyttämisen lisääminen, mutta Hollolan Salpakankaalla sijaitsevista pilot-kohteista sitä ei voitu toteuttaa tiukkojen ympäristölupaehtojen vuoksi. Hankkeen tutkimusosassa oli kiinteistöjen hulevesikaivojen maaperässä havaittu kohonneita pitoisuuksia pohjavedelle haitallisia aineita, mutta havaittujen haitta-aineiden pitoisuudet pienenevät maaperässä syvyyden kasvaessa (Hätinen 2010). Tällä perusteella käsittelymenetelmäksi ehdotettiin imeytyskaivojen pintamaiden vaihtoa tai biopidätystä. ELY-keskus kuitenkin vaati hulevesien johtamista pohjaveden muodostumisalueen ulkopuolelle. Näin projektin tavoite suosia hulevesien imeyttämistä jäi toteutumatta.



Kuva 24 Tien alitus ja altaan rakennus: bentoniittimaton päälle tasoitetaan suojakerrosta (Anniina Pouta)

Kunnan ja teollisuuskiinteistöjen kannalta ongelmana oli, ettei alueelta löytynyt valmista hulevesiverkosta. Osaprojektin investointiosassa Hollolaan Salpakankaan teollisuusalueelle rakennettiin hulevesiviemäri ja viivytyksallas (Kuvat 24 ja 25). Allas tiivistettiin bentoniittimatolla imeytymisen estämiseksi, ja onnettomuustilanteiden varalta altaan jälkeen asennettiin viemäriin sulkuventtiili. Allas rakennettiin matalaksi ja laakeaksi, jotta haihtuminen ja kiintoaineen laskeutuminen olisi tehokkaampaa. Lisäksi haluttiin huomioida turvallisuus, vaikka allas ei varsinaisesti olekaan ulkoilureittien varrella. Hulevesiviemäri purkaa vajaan kilometrin päässä sijaitsevalle Kintterönsuolle, jonka pohjan todettiin olevan vettä huonosti läpäisevää savea. Purku tapahtuu suon läpi kulkevaan, aikaisemmin kaivettuun ojaan, ja purkupaikkaa vahvistettiin kivillä eroosion ehkäisemiseksi. Suon puhdistavaa ja viivyttävää vaikutusta hyödynnettiin asettelemalla ojaan kiviröykkiö, joka pakottaa vettä kulkeutumaan jonkin matkaa suomaastossa.

Vastuu hulevesien hallinnasta jakautuu lainsäädännön edellyttämänä monelle toimijalle. Vesihuoltolain (119/2001) mukaan kiinteistön haltija on vastuussa kiinteistön hulevesien hallinnasta, kunta ja vesihuoltolaitos yleisen vesihuollon järjestämisestä. Aina vastuu ei suoraviivaisesti jakaudu osapuolille. Hollolan osaprojektissa Salpakankaan hulevesiviemäriin rakentaminen osoitettiin ensin teollisuusyrityksille ympäristölupakäsittelyn yhteydessä. Yritykset esittivät kunnalle hulevesiviemäriin rakentamista, koska se olisi ollut yrityksille kohtuuttoman suuri investointi. Vesihuoltolaitos rakennutti ojaston ja viemäriin, mutta siihen liittymiseen vaadittavista järjestelyistä kiinteistöillä vastasivat niiden omistajat. Toimia huleveden laadun parantamiseksi ei tässä hankkeessa toteutettu.

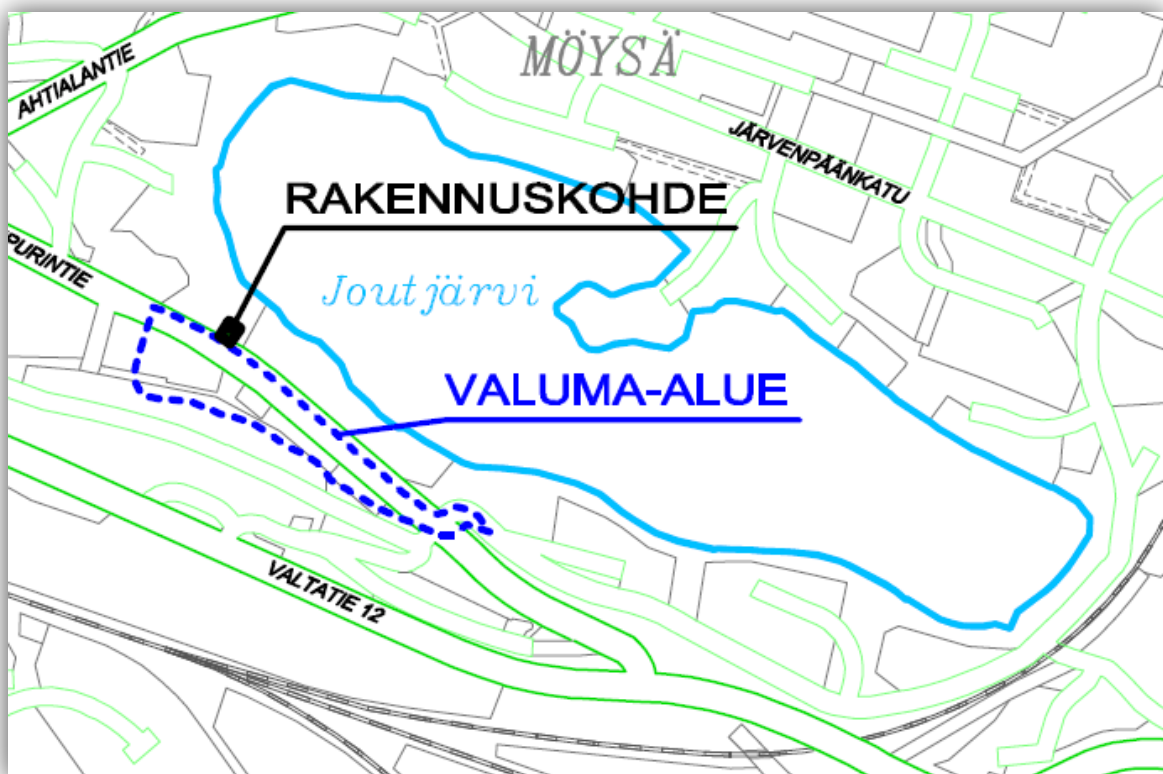


Kuva 25 Huleveden viivytyksallas teollisuusalueelta päin kuvattuna sekä eroosiosuojaus purkukohdassa (Anniina Pouta)

4.2 Lahden Joutjärvi

Jyrki Hiltunen

Lahti Aqua Oy:n pilotrakennuskohteeksi valikoitui Joutjärven rannalla sijaitsevan liikennealueen hulevesien hallinta. Alueelta valuvista hulevesistä on silmin nähtävänä haittana havaittu ainakin samentumisesta aiheutuvaa laatuongelmaa viemärin purkukohdassa, Joutjärven rannassa (Kuva 26). Nykyisin tämän hulevesiviemärin valuma-alue on noin 3,2 ha, josta ns. katualueen osuus on tällä hetkellä noin puolet. Vuosien myötä, eri saneerausvaiheissa katualueen osuus on jatkuvasti kasvanut, samalla virtausta hidastavista ja tasaavista tienvarsojista ja painanteista on kokonaan luovuttu ja kuivatus on siirtynyt täysin putkisysteemiin perustuvaksi. Eräässä välivaiheessa hulevesiviemärointi oli myös johdettu kokonaan toisaalle, kaupungin keskustan läpi Vesijärveen. Ongelmat tulivat esiin, kun laajentuneen, kokonaan putkiviemäroidyn katualueen hulevedet yhden saneerausvaiheen jälkeen käännettiin uudelleen purkautumaan Joutjärveen. Rannan tuntumaan purkupäähän rakennettiin tällöin kaupungin toimesta imeytys- ja tasausrakenteita, jotka kuitenkin mm. tilanahtauden ja korkeussuhteiden takia ovat osoittautuneet riittämättömiksi. Varsinainen valuma-alue sijaitsee rantaa reilusti ylempänä rinteessä, jolloin esim. virtausnopeudet purkulinjassa ovat erittäin suuria ja virtaamat siten rannassa vaikeasti ”jarrutettavissa”. Kansalaisten aktiivisuus ongelman suhteen ja hankkeen tuoma rahoitus vauhdittivat ratkaisua.



Kuva 26 Joutjärven valuma-alue Lahdessa

Perinteinen ratkaisu ongelmaan olisi ollut hulevesiviemärin jatkaminen pidemmälle järven keskelle, jolla ainakin laatuongelmaa havaitun samentumisen suhteen olisi saatu lievennettyä. Valuma-aluelähtöinen ratkaisu, jossa viivytys tapahtuisi valuma-alueella, esim. ajoradan ja jk/pp-väylän välikaistalla, ei ollut enää tässä vaiheessa toteuttamiskelpoinen, koska alue oli juuri katurakenteiden osalta suhteellisen korkeatasoisesti saneerattu. Niinpä ylemmäksi rinteeseen, katualueen viereen puistoalueelle päätettiin rakentaa maanalainen viivytysrakenne. Alkuperäisenä ajatuksena oli toteuttaa myös imeytystä viivytyksen yhteydessä. Tarkemmat maaperätutkimukset kuitenkin osoittivat, että jyrkässä rinteessä, jonka maa-ainekset ovat hyvin kerrostuneet, imeyttäminen olisi voinut aiheuttaa maaperässä oikovirtauksia ja siten rakenteen murtumisen.

Viivytysrakenne koostuu polypropeenista valmistetuista INFRA-BOX hulevesikaseteista. Kasetit ovat kooltaan 60x60x60 cm ja ne koostuvat erillisistä seinä-elementeistä, jotka voidaan kasata kuutioiksi esim. vasta asennuspaikalla. Tällä säästetään mm. varastointi- ja rahtikuluissa. Kasetit toimitti Infracline Oy Porvoosta. Ennen rakennetta on ohituskaivo sekä kaksi erotuskaivoa, joilla voidaan vähentää osaltaan kiintoainepitoisuuksia. Rakenteen liitosputki purkukaivossa on varustettu säätöventtiilillä. Rakenteen ympärille, kaivannon reunoille, pohjatasolle on asennettu salaojaputket, jotka on johdettu purkukaivoon. Purkukaivon säätöventtiilillä on tarkoitus saada kasetin tasaustilavuus mahdollisimman täysimääräisesti käytettyä ja ohjata salaojien kautta suotautuvan huleveden määrää mahdollisimman suureksi. Hulevesien suotautumisella kiviaineskerroksen läpi toivotaan olevan myös rakenteesta purkautuvan veden laatua parantavia vaikutuksia. Kasetin ympäristäytön kiviaines on rakeisuudeltaan 16-32 mm ja suotautumismatka salaojiin lyhimmillään rakenteen pohjatasolla noin 1...1,5 m. Kasettirakenteen asennussyvyys on noin 2,5–3,5 m ja peitesyvyudeksi jäi pinnan muotoilun jälkeen noin 0,7–1,5 m. Rakenne on huoltoliikennekuormituksen kestävä. Alue on palautettu rakentamisen jälkeen puistomaiseen ulkoasuun. Rakennustyöt urakoi Vesihaka Oy Lahdesta.





Kuva 27 Hulevesikasettien asennus Lahden Joutjärvellä keväällä 2011 (Jyrki Hiltunen)

Kasetin kokonaistilavuus on 143 m^3 (10,2x7,8x1,8 m) joka vastaa noin kerran viidessä vuodessa toistuvan 10 minuutin mitoitussateen kokonaisvesimäärää alueelta. Tämä määrä siis mahtuu rakenteisiin, vaikka purkukaivon säätöventtiili on kokonaan suljettu. Mikäli virtaamat ovat kulloistakin säätöventtiilin asentoa vastaavaa mitoitustapahtumaa suurempia, on kasettirakenteen yläosasta ylivuoto purkukaivoon ja jos vesipinta nousee tästä edelleen, alkaa virtaamaa ohjautua toisen ylivuodon kautta myös suoraan viivytysrakenteen ohi.

Rakenne saatiin koekäyttöön kesällä 2011. Tähän mennessä suurin arvioitu sateen rankkuus on ollut suuruusluokkaa $110\text{...}120 \text{ l/s*ha}$. Kyseisen sadetapahtuman aikaan, hieman ennen arvioitua virtaamahuippua purkukaivon säätöventtiili käännettiin kokonaan kiinni. Tästä huolimatta vesipinta kasetissa nousi vain noin puoliväliin. Suotautuminen kiviaineksen läpi ja salaojien (2 x $\varnothing 110$) kapasiteetti oli ennalta arvioitua suurempaa ja nopeampaa. Myös virtaama tällöin purkukohdassa Joutjärven rannassa oli edelleen sen verran suurta, että rantaveden samentumista oli havaittavissa ja rantakaivossa tapahtui edelleen jonkin verran ylivuotoa. Jatkossa tulee vielä rakennettavaksi salaojien purkuun oma säätösysteemi läpivirtaaman edelleen hidastamiseksi. Aikaa myöten

suotautumisvirtaama todennäköisesti heikkenee myös luonnollista tietä kiintoaineksen määrän rakenteessa lisääntyessä. Kasettiin on myös tarkoitus asentaa jatkuvatoiminen pinnankorkeusmittaus, joka toivottavasti voidaan liittää myös kaukovalvontajärjestelmään. Rakenteellisesti kohde oli otollinen toteuttaa, koska sopivassa kohdassa oli tilaa rakenteelle ja korkeuseroa oli käytettävissä reilusti. Rakenteesta oli helppo saada mm. itsestään valuntatilanteiden välillä tyhjenevä ja muodostaa useampikin porrastettu ylivuototaso ilman haitallisia padotuksia ja tulvatilanteita.

4.3 Kaupunkiympäristön tulvariskien tunnistaminen ja tulvasuojelun kehittäminen - mallintamisesta apua hulevesien hallintaan

Jyrki Hiltunen ja Timo Nikulainen

Osa Lahti Aqua Oy:n Stormwater-hankkeen rahoituksesta käytettiin Lahden alueen tulvasuojelun kehittämiseen yhteistyössä Pöyry Finland Oy:n kanssa. Tarkastelun kohteena oli kaksi erillistä hulevesijärjestelmää, joita molempia tarkasteltiin näiden valuma-alueiden määrittämässä laajuudessaan. Toinen tarkasteltava hulevesijärjestelmän valuma-alue sijaitsee tiheästi rakennetulla keskusta-alueella ja toinen voimakkaasti kasvavalla ja kehittyvällä kauppa- ja teollisuustoiminnan alueella. Ensin mainitulla keskusta-alueen valuma-alueella hulevesijärjestelmä on muodostunut lähes yksinomaan sadevesiviemäreistä ja toisella tarkasteltavalla valuma-alueella hulevesijärjestelmä koostuu monimuotoisesta kokonaisuudesta, johon sisältyy suhteellisen luonnonmukaisia puro-osuuksia, rakennettuja avo-ojia, rumpurakenteita ja sadevesiviemäreitä.

Näiden molempien valuma-alueiden hulevesijärjestelmien toimintaa on kartoitettu jo aikaisemmin tehtyjen mallinnusten ja toiminnallisten selvitysten puitteissa. Tässä hankkeessa aikaisempia selvityksiä ja mallinnuksia tarkennettiin. Hulevesijärjestelmän verkostomallia (MIKE URBAN) täydennettiin maastomalliin perustuvalla pintavirtausmallilla (MIKE FLOOD), jonka avulla on mahdollista mallintaa ja analysoida tulvatilanteiden aikaisia virtaustilanteita ja tulvimisia kaupunkiympäristössä. Mallintamalla pystyttiin tunnistamaan tulvariskikohteet ja määrittämään kaupunkitulvien ehkäisemiseen tarvittavat toimenpiteet. Mallintamalla on ollut mahdollista analysoida laajojen hulevesijärjestelmien toimintaa ja kehittää näiden valuma-alueiden tulvasuojelullista tasoa riittävän laajoina kokonaisuuksina.

Tämän hankkeen puitteissa määritetyille hulevesien hallintaa parantaville toimenpiteille laadittiin seitsemään kohteeseen yleissuunnitelmat (Kuva 28). Hulevesien hallintaa parantaviin ratkaisuihin sisältyy useita erilaisia hulevesien viivytys- ja pidätysratkaisuja, joilla parannetaan valuma-alueen tulvasuojelullista tasoa. Lisäksi yleissuunnitelmissa on esitetty kohteita, joissa voitaisiin hyödyntää hulevesien virkistyskäyttöisiä mahdollisuuksia. Näissä kohteissa on esitetty yleiset periaatteet, joilla hulevedet ja niiden hallinta voidaan ottaa osaksi viheralueiden suunnittelua ja toteutusta.



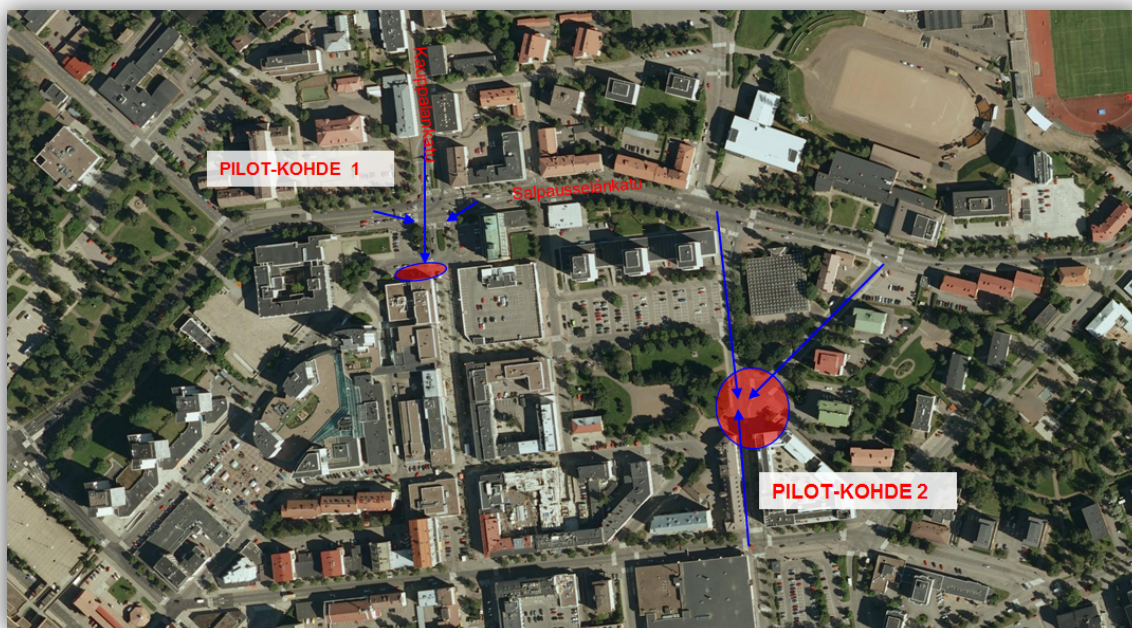
Kuva 28 Hulevesien viivytysaltaat Launeenkadun ja Tapparakadun risteysalueen läheisyydessä Lahdessa. Altaisiin johdettavat hulevedet virtaavat nykyisin viemäreissä jotka ovat rankkasadetilanteessa herkästi tulvia. Johtamalla hulevedet viemäristä suunniteltuihin altaisiin saadaan hulevesivirtaamia viivytettyä ja havaittu tulvimisriski eliminoitua. (Kuva: Pyöry Finland Oy)

4.4 Kouvolan keskustan pilot-kohteet

Jarno Hujanen

Toteutuskohteiksi STOREMWATER – hankeessa valittiin Kouvolan keskustasta kaksi toistuvista hulevesitulvistä kärsinyttä pilot-kohdetta (Kuva 29). Kohdealueiksi valikoituivat kävelykadun pohjoispää, pilot-kohde 1, ja Keskuspuiston alue, pilot-kohde 2. Pilot-kohteiden hulevesiongelmat pyrittiin ratkaisemaan rakentamalla kohteisiin hallintarakenteita, joilla olisi merkittävä vaikutus alueiden hulevesitulvien ehkäisyssä. Hulevesien hallinta keskustan alueella on aikaisemmin hoidettu pääsääntöisesti johtamalla vedet ritiläkaivoilla hulevesiverkostoon. Huleveden runkoverkosto on rakennettu yli 30 vuotta sitten ja mitoitettu nykyistä pienemmille hulevesimäärille. Keskustasta alkava hulevesiviemäri purkaa alueella muodostuvat hulevedet noin kahden kilometrin päähän Pentsojan puiston ojaverkostoon. Keskustan alueella muodostuvan huleveden määrä on kasvanut alueen kehittyessä ja läpäisemättömien pintojen lisääntyessä. Keskustan hulevesiverkoston kapasiteetti on nykyisin toimintakykynsä ääri rajoilla ja jo suhteellisen yleisesti esiintyvät rankkasateet voivat aiheuttaa hulevesiverkoston kapasiteetin ylittymistä jopa aivan verkoston alkupäässä. Keskustan alueella sijaitsevat viheralueet eivät vähennä merkittävästi alueella muodostuvan huleveden määrää, koska kaduilta tai muilta koviilta pinnoilta virtaavat hulevedet eivät pääse vapaasti viheralueille niiden katutasoa korkeamman sijainnin takia.

Tavoitteena projektissa toteutetuilla ratkaisuilla on ehkäistä kerran kymmenessä vuodessa toistuvien rankkasateiden aiheuttamaa tulvimista. Ydinkeskusta alueelta valuma-alueen kokonaispinta-ala on noin 12 hehtaaria ja valumakerroin on noin 0,7-0,8. Alue voidaan jakaa kahteen osavaluma-alueeseen, joilta johdetut hulevedet yhtyvät lopulta samaan hulevesiverkostoon. Alueilla esiintyvät ongelmat ovat tästä syystä osittain myös linkittyneet toisiinsa.



Kuva 29 Kouvolan keskustan pilot-kohteet (Kuva Kouvolan kaupunki, Jarno Hujanen)

Ensimmäinen pilot-kohde: Kävelykadun pohjoispää

Ensimmäinen pilot-kohde sijaitsee Kouvolan ydinkeskustassa kävelykadun pohjoispäässä. Kohdealueella sijaitsee vilkkaasti liikennöity risteysalue, jonka hulevedet virtaavat kohti kävelykadun pohjoispäätä. Hulevesien hallinta alueella oli aikaisemmin hoidettu pelkästään ritiläkaivoilla. Kävelykadun rakentamisen yhteydessä rakennettiin kadulle uusi hulevesiviemäri risteysalueen hulevesien poistamiseen.

Kävelykadun rakentamisen jälkeen alue on kärsinyt lähes vuosittain toistuvista rankkasateiden aiheuttamista tulvista. Aikaisemmin alueella muodostuvat hulevedet pääsivät virtaamaan vapaasti alas katuja pitkin ja hajautumaan laajemmalle alueelle. Kävelykadun rakentaminen katutasoa korkeammalle katkaisi normaalin virtausreitit ja suuri osa hulevesistä kerääntyi kävelykadun päässä sijaitsevalle pienelle paikoitusalueelle (Kuva 30). Ongelmallisella paikoitusalueella on kaksi ritiläkaivoa, joiden kapasiteetti hulevesien poistamiseen alueelta on rajallinen. Myös uusi hulevesiviemäri osoittautui kapasiteetiltaan liian pieneksi risteysalueelta virtaavien hulevesien poistamiseen. Ongelmaa kasvattaa risteysalueen suuri kaltevuus kohti paikoitusaluetta, jonka seurauksena hulevedet virtaavat nopeasti ongelmalliselle paikoitusalueelle. Myös huleveden mukana kulkevat roskat ovat voineet tukkia ritiläkaivot, edistämällä siten osaltaan tulvimista. Useina kesinä rankkasateet olivat aiheuttaneet hulevesien tulvimisen mm. paikoitusalueen vieressä sijaitsevan liikerakennuksen sisälle.

Hulevesiongelman ratkaisemiseksi risteysalueen hulevesien hallintaa tehostettiin lisäämällä risteysalueella kadun reunaan kitakaivoja sekä korottamalla risteysalueella sijaitseva suojatie katutasoa korkeammalle. Korotetulla suojatiellä ja sen eteen asennetulla kourulla pyritään estämään risteysalueella muodostuvien hulevesien virtaaminen kohti suurinta ongelma- aluetta. Lisäksi hulevesiverkoston kapasiteetin säilyttämiseksi risteysalueen hulevedet jaettiin



Kuva 30 Kävelykadun päässä oleva paikoitusalue (Kuva: Jarno Hujanen)

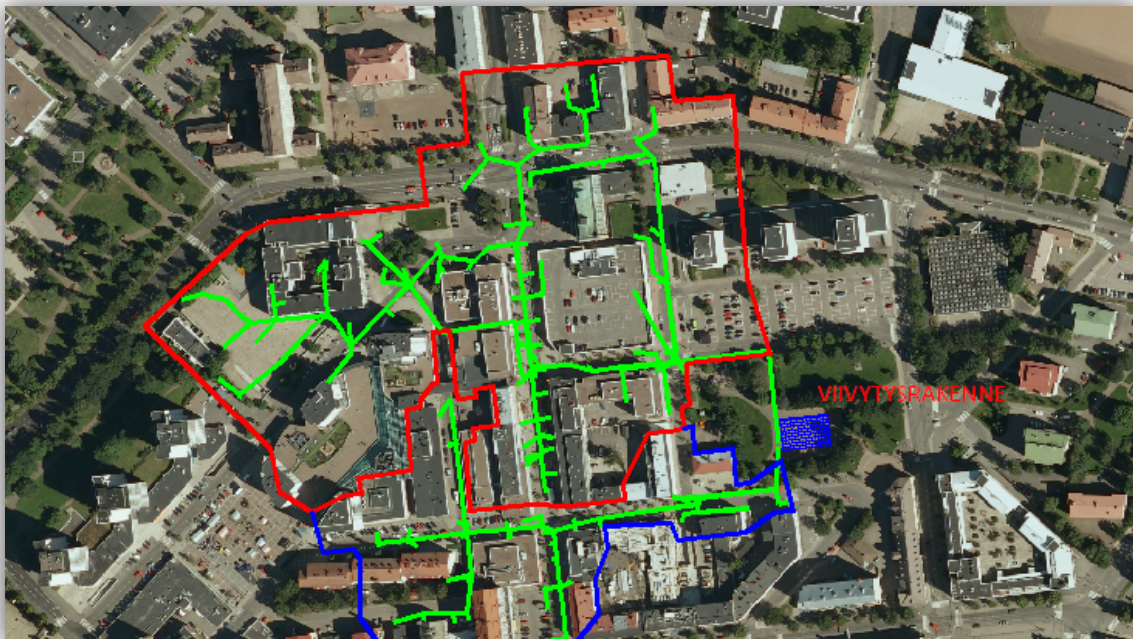
kahteen eri hulevesiverkoston, jatkamalla alueen toista hulevesiverkosta valuma-alueelle.

Rakenteiden käyttäytymisestä on saatu kokemuksia kesästä 2008 lähtien, ja saatujen kokemusten perusteella tulvimisongelmaa ei ole enää ilmennyt paikoitusalueella. Projektin aikana ei ole kuitenkaan esiintynyt erityisen rankkoja sateita, joten vielä ei ole mahdollista sanoa ovatko tehdyt muutokset ratkaisseet alueen hulevesiongelman lopullisesti. Myös keskuspuistoon myöhemmin rakennetulla viivytyksrakenteella on ollut vaikutusta kävelykadun hulevesiverkoston toimintaan.

Toinen pilot-kohte: Keskuspuiston viivytyksrakenne

Toisessa pilot-kohteessa ongelmana oli hulevesiverkoston kapasiteetin loppuminen rankkasateiden aikana, mikä aiheutti kaduilla virtaavien vesien kertymistä alueen alimmalla kohdalla sijaitsevalle risteysalueelle. Kun alueelle kertyvän huleveden määrä kasvoi hyvin suureksi, se saattoi virrata risteysalueen vieressä sijaitsevaan kellariparkkiin. Kouvolan keskustan tulevaa kehitystä ja koko runkoverkoston kapasiteettia ajatellen oli tarpeen löytää menetelmät, joilla alueella muodostuvia hulevesiä pystyttäisiin viivyttämään merkittävässä määrin. Tätä varten Kouvolan keskustasta haettiin aluetta, joka sopisi sijainniltaan ja pinta-alaltaan suurien hulevesimäärien viivyttämiseen. Keskuspuisto osoittautui ainoaksi alueeksi, joka täytti alueelle asetetut vaatimukset.

Parhaiten keskuspuistoon todettiin soveltuvan maanalainen hulevesien viivytyksrakenne, joka sijoitettaisiin keskellä puistoa sijaitsevan hiekka-alueen alle. Maanalaisesta viivytyksrakenteesta huolimatta hulevesien imeyttäminen maaperään ei ollut mahdollista, koska alueen maaperä osoittautui tutkimuksissa siihen liian tiiviiksi. Myös puiston hyödynnettävyyttä pinnoilla virtaavan huleveden hallinnassa tutkittiin, mutta tätä rajoittivat alueen sijoittuminen



Kuva 31 Viivytyksrakenteeseen ohjattavan huleveden valuma-alueet (Kuva Kouvolan kaupunki, Jarno Hujanen)

huomattavasti katutasoa korkeammalle. Tästä syystä hulevesiä ei ollut mahdollista ohjata puiston alueelle viivytettäväksi tai imeytettäväksi ilman, että puistoon suoritettaisiin merkittäviä muutoksia. Myöskään pinnoilta ohjatut hulevedet eivät vähentäisi riittävästi koko hulevesiverkostossa virtaavan veden määrää.

Keskuspuistoon rakennettiin viivytyksrakenteen, johon ohjataan hulevesiä ydinkeskustan alueen kahdesta hulevesiverkostosta (Kuva 31). Rakenteen materiaaliksi kilpailutuksen perusteella valikoitui muovinen Wavin Q-BIC hulevesikasetti (Kuva 32), joka vastasi parhaiten viivytyksrakenteen ominaisuuksille asettuja vaatimuksia sekä oli kokonaistaloudellisuudeltaan paras ratkaisu. Viivytyksrakenteeseen ohjattavan huleveden valuma-alueen kokonaispinta- alaksi muodostui noin 9 hehtaaria. Viivytyksrakenteen mitoitus sateena käytettiin 15 mm/10 min sadetta, jonka perusteella viivytyksrakenteen kapasiteetiksi tuli n. 1000 kuutiometriä. Kaikkea hulevesiverkostoissa virtaavaa hulevettä ei ole tarkoitus ohjata viivytyksrakenteeseen vaan liitokset hulevesiviemäriin on rakennettu siten, että vain rankkasateiden virtaukset ohjautuvat rakenteeseen. Hulevesiverkoston korkeussuhteiden takia noin puolet viivytyksrakenteeseen ohjatusta vedestä jää hulevesiviemäriin alapuolelle, tämä verkoston alapuolelle jäävä osa vedestä joudutaan poistamaan rakenteesta pumppaamalla.

Tärkeimmät kriteerit rakenteen materiaalin valinnassa olivat korkea kuormituksen kestävyys sekä helppo puhdistettavuus ja tarkastettavuus. Viivytyksrakenteen on rakennettu siten, että keskuspuiston käyttömahdollisuuksia ei ollut tarvetta muuttaa vaan puistossa voi myös jatkossa järjestää yleisötapahtumia ja rakenteen päällä voi ajaa myös raskailla ajoneuvoilla. Koska erillistä esikäsitteilyä kiintoaineen poistamiseksi ei vielä ensimmäisessä vaiheessa rakennettu, oli erityisen tärkeää että viivytyksrakenteen kunto pystytään tarkastamaan helposti sekä rakenteisiin kertyvä kiintoaine on helposti puhdistettavissa normaaleja viemäriissä käytettäviä puhdistuslaitteita hyödyntäen.



Kuva 32 Wavin Q-BIC-hulevesikasetteja asennusvaiheessa talvella 2010 (Kuva: Jarno Hujanen)

4.5 Pienkohteet luonnonmukaisen hulevesisuunnittelun haasteena

Paula-Kaisa Leppänen

Osana Aalto-yliopiston tutkimusosiota suunniteltiin Korkeasaaren eläintarhaan noin 1 ha valuma-alueelle hulevesien viivytyksratkaisu luonnonmukaisia periaatteita hyödyntäen. Alueen rakennuttamisesta vastasi Helsingin kaupungin rakennusvirasto, joten rakentaminen ei ollut mukana Stormwater-hankkeen investointiosassa. Paula-Kaisa Leppänen Hämeen ammattikorkeakoulun maisemansuunnittelukoulutuksen lopputyössä tarkasteltiin vastaavien suunnitelmien toteuttamista erityisesti yksityistonteille. Kohteen suunnittelusta vastasi Outi Salminen.

Hulevedet sekä luonnon monimuotoisuus ovat ajankohtaisia aiheita kaupunki- ja vihersuunnittelussa. Teemat ovat laajoja, minkä vuoksi ohjaustoimetkin ovat koskeneet laajoja kokonaisuuksia, kuten maankäytön suunnittelua. Laaja-alainen huomiointi on tällaisten ilmiöiden hallinnassa olennaista, mutta nyt myös pienipiirteisille toimille on havaittu olevan tarvetta. Monien kaupunkien hulevesistrategioissa onkin huomioitu esimerkiksi yksityisalueiden vaikutus kaupunkien hulevesien määrään ja laatuun. Asianmukaisesti suunniteltuna pienten pihojen muodostamat viher- tai sineralueet voivat palvella myös niin sanottua toiminnallista ekologista yhdistyvyyttä (functional ecological connectivity), eli esimerkiksi laajemman viherverkoston yhtenäisyyttä.

Hulevesiä ja niiden luonnonmukaista hallintaa käsittelevät ohjeet on pääsääntöisesti laadittu ja mitoitettu valuma-alueelähtöisesti, jolloin ohjeet soveltuvat lähinnä julkisten kohteiden tai kokonaisten asuinalueiden suunnitteluun. Yksityisillä alueilla, kuten omakotitalojen tai taloyhtiöiden piha-alueilla julkisen sektorin hallintakeinot eivät kuitenkaan toimi, koska pihat ovat – erinäisistä säädöksistä ja ohjeista huolimatta – hyvin pitkälti kontrollin ulkopuolella. Asuinalueilla maanomistajuus on pirstoutunut ja eri omistajien intressit, resurssit sekä taidot poikkeavat toisistaan huomattavasti. Ympäristökysymysten huomioimista, kuten vaikkapa luonnonmukaista rakentamista, monet pitävät kannatettavana, mutta se ei kuitenkaan saisi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, vaivaa tai esteettistä haittaa. Tonttien omistajuus voi tämän lisäksi vaihtua nopeasti, jolloin kaikki edellä mainitut muuttujatkin todennäköisesti vaihtuvat. Lisäksi pihat ovat pieniä, hallinnollisesti toisistaan erillisiä yksiköitä, joten valuma-alueelähtöinen tarkastelu on usein käytännössä mahdotonta. Syntysijoilla tapahtuva hulevesien hallinta (source control) olisi kuitenkin monessa mielessä tehokkain keino ennaltaehkäistä ongelmia, joten toimintatapojen



Kuva 33 Korkeasaaren kohteen viivytyksratkaisut ja eroosiosuojaus (Kuvat: Paula-Kaisa Leppänen)

kehittäminen on tarpeen.

Nämä haasteet on tiedostettu esimerkiksi kaupunkien hulevesistrategioissa: hulevesien hallinta on ulotettava koko ketjun alueelle syntysijoilta alkaen, minkä lisäksi tutkimuksin tuotettu tieto on jalostettava käytännön toimiksi ja konkreettisiksi ohjeiksi. Kohteen suunnittelijan, joka voi siis olla myös tavallinen omakotipiikan omistaja, tehtävänä on koota tietoa ja laatia riittävä ja resurssien mukainen suunnitelma halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Omaan pihaan rakentavilla yksityishenkilöillä resurssit ovat yleensä niukat ja yleisin tiedon haun kanava lienee internetin keskustelupalstat. Rahan lisäksi niukkuutta voivat aiheuttaa tiedon, taitojen tai kiinnostuksen puute. Ns. luonnonmukaisesti toteutetut, pienipiirteiset hulevesien hallintakeinot ovat usein yksinkertaisia ja rakenteina ”kevyitä” toteuttaa, minkä vuoksi ne sopivat yleensä hyvin myös yksityisrakentajien pihaille. Niiden hyväksyntää voivat tosin hankaloittaa kankeat ympäristömielipiteet tai ”kovien” menetelmien, kuten viemäroinnin tuttuus. Oma ongelmansa on myös tarvittavan materiaalin saanti: joitakin tuotteita myydään ainoastaan hyvin suurissa erissä, tai niitä ei ole tarjolla riittävästi (esim. kotimaiset luonnonkasvien taimet).

Yleispätevän (luonnonmukaisen) hulevesiohjeistuksen laatiminen on hankalaa, koska jokainen kohde on muun muassa maaperän, paikallilmaston, kasvillisuuden ja vesiolojen suhteen yksilö, jolloin saatavilla olevaa tietoa joudutaan aina soveltamaan kohdekohtaisesti. Useissa kohteissa tarvittavia pohjatutkimuksia ei pystytä tekemään ja rakentamisen aikana suunnitelmaa täytyy muuttaa. Muutokset taas tulee tehdä niin, että rakenteiden toimivuus säilyy, eivätkä ne aiheuta haittaa tai vaaraa. Tämä on huomattava haaste omaan pihaansa rakentaville, mutta pätee myös vallitsevassa suomalaisessa suunnittelukulttuurissa, jossa suunnittelijoiden kenttäkäyntien määrä on kustannusten säästämiseksi lähes olematon. Monet asiat ratkaistaan tällöin työmailla ”lennosta”, jolloin epäkohtien riski kasvaa. Nykyistä avoimempi ja aktiivinen tiedon vaihto eri toimijoiden kesken vaatii kaikilta enemmän, mutta vähentää myös väärinymmärrysten määrää.



4.6 Kokemuksia pilottikohteiden toteutuksesta

Hulevesikasettien rakentaminen on melko nopea keino, jolla voidaan lisätä verkoston kapasiteettiä. Maanalainen kennosto ei rajoita yhtä paljon maankäyttöä kuten lammet tai painanteet. Kolme vuotta on melko lyhyt aika kun halutaan vaikuttaa kokonaisvaltaisesti hulevesien hallintaan. Esimerkiksi vesihuoltolaitoksen toimintamahdollisuudet ovat rajoittuneet hulevesiverkoston toiminta-alueelle ja pääsääntöisesti maan alle. Usein vesilaitoksen hallinnassa ovat suuremmat runkoviemärit ja osa avo-ojista, jotka kattavat vain murto-osan kaikista mahdollisista hallintakohteista. Maankäyttöön vaikuttaminen ja vastuun jakaminen hulevesien hallinnasta tasapuolisesti kiinteistöjen omistajille jo rakennetulla alueella koetaan liian monimutkaiseksi. Monissa kunnissa vaikutusmahdollisuuksia on pyritty tunnistamaan ja parantamaan kehittämällä hulevesistrategioita ja -ohjelmia.

Hulevedelle ei ole asetettu yleisiä laatuvaatimuksia tai -kriteerejä, mikä hankaloittaa riskien hallintaa ja tavoitteiden asettelua. Hollolan teollisuusalueella toteutetut ratkaisut perustuvat ympäristölupaviranomaisten perinteisiin hulevesitekniikoihin nojaviin päätöksiin, millä pyritään pienentämään pohjaveden pilaantumisriskiä puuttumatta kuitenkaan päästölähteisiin. Voidaan kuitenkin todeta, että hulevesien laadunhallinta ja käsittely on helpompaa mahdollisimman lähellä päästölähteitä, jotka teollisuusalueilla ovat taajamiin verrattuna pääsääntöisesti helpommin tunnistettavissa ja eristettävissä.

Luonnonmukaisemmassa hulevesien hallinnassa hulevedet tuodaan osaksi maisemaa. Ero perinteisen avo-ojan ja luonnonmukaisen hulevesien hallinnan välillä näkyy esimerkiksi uomien poikkileikkauksessa, tulvatasanteissa, viivytysaltaissa sekä eroosiosuojauksessa. Tavoitteena on hyödyntää luonnon omia puhdistuskeinoja laadun hallinnassa ja luoda helppohoitoinen kasvualusta. Biosuodatuksessa maaperän ja kasvuston puhdistava ja pidättävä vaikutus yhdistyy pintavalunnan pienentämiseen.

Laki tulvariskien hallinnasta velvoittaa kunnat kartoittamaan hulevesitulvariskit ja nimeämään riskialueet vuoden 2011 aikana sekä tekemään hulevesien hallintasuunnitelmat vuoteen 2015 mennessä. Hankkeessa toteutetut pilottikohteet toimivat esimerkkeinä mahdollisista hallintamenetelmistä ja kaupallisesta potentiaalista; luonnonmukaisten menetelmien kaupallistamisessa korostuu suunnittelun ja tiedotuksen osuus.

Hulevesien hallinta vaatii kompromisseja – suunnittelun aikaskaala, valuma-alueiden erityispiirteet, tilantarve, taloudelliset resurssit, asenteet ja asetetut tavoitteet määrittävät lopputuloksen. Hulevesien hallinnan kehittämisessä Stormwater-hanke voidaan nähdä eräänlaisena lähtölaukauksena: vastaaville hankkeille on tulevaisuudessa suuri tarve, jotta tutkimuksen lisäksi myös käytännön suunnittelu- ja rakennustyöhön liittyviä käytäntöjä voidaan kehittää.

5 Loppusanat

Stormwater-hanke toi yhteen hulevesitietämykseltään, tarpeiltaan ja toimintatavoiltaan erilaisia toimijoita kehittämään hulevesien hallintaa. Kunnalliset vesihuoltolaitokset tarvitsivat ratkaisuja akuutteihin ongelmiin, kun taas yliopistoja kiinnostaa ilmiöiden ymmärtäminen ratkaisujen kehittämisen taustalla. Yhteistyö on mahdollistanut tiedonsiirron eri hankkeiden välillä sekä tuonut esille mahdollisia kehityskohteita. Vaikka tavoitteet ovat eri aloilla ja kunnissa hieman erilaiset, nousi hankkeen aikana usein esiin samat yleiset ongelmat, jotka liittyvät hulevesien hallintaan. Lainsäädäntö, vastuukysymykset ja ohjeiden puute eivät kannusta kokonaisvaltaiseen hulevesien hallintaan, jossa myös huleveden laatuun ja maisemallisiin arvoihin kiinnitettäisiin huomiota. Hankkeen aikana oli hienoa huomata selkeä asennemuutos – hulevesiongelmien ratkaisemiseen tarvitaan monialaista yhteistyötä.

Käytännön toteutuksen kannalta tässä hankkeessa koettiin haasteiksi esimerkiksi partnereiden erilaiset resurssit, lähtötietotasot ja toimintakulttuurit. Yhteistyö saatiin kuitenkin toimimaan, mutta siihen vaadittiin hallinnoijalta aktiivista otetta ja vuorovaikutteisuutta partnereiden välillä.

Lahden tiede- ja yrityspuisto Oy selvitti hankkeen yhteydessä hulevesijärjestelmien kaupallista potentiaalia: hulevesien hallinta tarjoaa liiketoimintamahdollisuuksia aina alueiden suunnittelusta putkisto- ja kaivoratkaisuihin, huoltopalveluihin, mittauslaitteisiin, analytiikkaan, riskikartoituksiin ja vakuutustuotteisiin saakka. Hankkeen aikana oli huomattavissa, että alalla toimivat yritykset odottavat aiheeseen liittyvän lainsäädännön sekä ohjeistuksen selkeytymistä, millä on vaikutusta myös alan liiketoimintaan ja tuotekehitykseen.

Hankkeessa kerättyä tietotaitoa on pystytty hyödyntämään korkea-asteen koulutuksessa esimerkiksi opinnäytetöissä sekä opetusmateriaalina. Sekä Helsingin yliopiston että Aalto-yliopiston osahankkeissa tutkimustietoa on käytetty ja tullaan käyttämään jatko-opiskelijoiden julkaisuissa. Hankkeessa kerättyä teknologia- ja tutkimustietoa on voitu siirtää yleiseen käyttöön ja hanketta on esitelty laajasti sekä kotimaassa että ulkomailla. Opinnäytetöiden lisäksi hankkeesta on tehty artikkeleita paikallislehdistä kansainvälisiin tieteellisiin julkaisuihin.

Hankkeessa saatiin kerättyä kaivattua tutkimustietoa hulevesien määrästä ja laadusta. Laadun ja määrän vaihtelu asettavat haasteita sekä tutkimuksen, käytännön että tuotekehityksen kannalta. Vesihuoltolaitokset saivat hankkeen myötä mahdollisuuden toteuttaa uudenlaisia ratkaisuja, joilla hulevedet saadaan hallittua myös tiiviisti rakennetussa ympäristössä ja teollisuusalueilla. Uusille hulevesien hallintamenetelmille löytyy kysyntää myös Suomessa.

Lähteet:

Blecken, G-T., Zinger, Y., Deletic, A., Fletcher, T., Viklander, M. 2009. Influence of intermittent wetting and drying conditions on heavy metal removal by stormwater biofilters. *Water Research* 43, 4590-4598. doi:10.1016/j.watres.2009.07.008.

Hatt, B. E., Fletcher, T. D., Deletic, A. 2008. Hydrologic and pollutant removal performance of stormwater biofiltration systems at the field scale. *Journal of Hydrology* 365(3-4), 310-321.

Hätinen, N.; Setälä, H. & Sillanpää, N. 2010. Hollolan teollisuuskiinteistöjen maaperä- ja imeytystutkimukset. Tiivistelmä. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos.

Minnesota Pollution Control Agency 2008. The Minnesota Stormwater Manual, Version 2. Chapter 12-6. Available: <http://www.pca.state.mn.us/index.php/water/water-types-and-programs/stormwater/stormwatermanagement/minnesota-s-stormwater-manual.html>

Muthanna T. 2007. Bioretention as a sustainable stormwater management option in cold climates. Doctoral thesis, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Civil Engineering.

Stockholm Vatten 2001. Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav – Del 2 Reningskrav och Dagvattenklassificering.

Swedish Environmental Protection agency 2000. Environmental Quality Criteria – Lakes and Watercourses. Report 5050. ISBN 91-620-5050-8

Valkama, P., Lahti, K. & Särkelä, A. (2008) Fosfori- ja typpikuormituksen muodostuminen Lepsämänjoessa kevät- ja syystulvatilanteissa. *Vesitalous* 5/2008.

Water by design 2009. Fundamentals of bioretention desing handouts. Version 4.1. South East Queensland Healthy Waterways Partnersihps Brishbane, Australia.

Aiheeseen liittyvät opinnäytetyöt:

Krebs, Gerald. 2009. Development of land-use within the urbanizing Kylmäoja watershed. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Yhdyskunta- ja

Hätinen, Niina. 2010. Hulevesien haitta-aineet ja käsittelytarve pohjavesialueilla sijaitsevilla teollisuuskiinteistöillä. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos.

Leppänen, Paula-Kaisa. 2011. Suunniteltu biodiversiteetti maisemasuunnittelussa: Tapaustutkimus: luonnonmukainen hulevesien hallinta Korkeasaarella. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö Hämeen ammattikorkeakoulu, maisemasuunnittelun koulutusohjelma.

ISBN 978-952-60-4555-9 (pdf)
ISSN-L 1799-487X
ISSN 1799-4888 (pdf)

Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden korkeakoulu
Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos
www.aalto.fi

**KAUPPA +
TALOUS**

**TAIDE +
MUOTOILU +
ARKKITEHTUURI**

**TIEDE +
TEKNOLOGIA**

CROSSOVER

**DOCTORAL
DISSERTATIONS**