Ilmastonkestävä **kaupunki**

Biosuodatuksen tehokkuuden selvittäminen

Case Lahden Kytölä

Lahden kaupunki Taru Hämäläinen

2014

Sisältö

Johdanto 3
Kohde 3
Näytteenotto 7
Tulokset 8
Sadetilasto 8
Kiintoaine, sameus, sähkönjohtokyky, pH ja TOC 9
Metallit 11
Bakteerit 13
Ravinteiden pidättyminen 14
Öljyhiilivedyt 15
Johtopäätökset 16
Lähteet 17
Liitteet 17

Johdanto

Tiivistyvä kaupunkirakenne ja lisääntyvät sateet tuovat haasteita hulevesien hallinnalle. Läpäisemättömän pinnan lisääntyminen lisää hulevesien määrää. Kaupunkiympäristössä hulevesiin kertyy erilaisia haitta-aineita ja ravinteita teollisuusalueilta, tie- ja pysäköintialueilta, keskusta-alueelta ja rakennustyömailta (Valtanen, Sillanpää, Hätinen & Setälä 2010), jolloin hulevesien laatu heikkenee. Perinteisessä hulevesien hallinnassa sadevesiviemäröinnillä hulevedet johdetaan usein suoraan vastaanottavaan vesistöön, jonne päätyvät samalla myös hulevesien epäpuhtaudet.

Hulevesien luonnonmukaisen käsittelyn vaihtoehtona toimii biosuodatus, joka on hulevesien suodattumista ja puhdistumista maakerroksissa. Biosuodatuksessa käytetään hyväksi maarakenteita, joiden läpi hulevedet johdetaan: samalla tapahtuu haitta-aineiden pidättymistä biologisten, kemiallisten ja mekaanisten prosessien kautta. (Valtanen ym, 2010). Biosuodatuksessa käytetään hyväksi luonnollista kasvillisuuden sekä maaperän kykyä pidättää ja sitoa ravinteita ja haitta-aineita.

Biosuodatuksessa hulevesistä pidättyy raskasmetalleja, ravinteita ja kiintoainetta maaperään ja kasvillisuuteen. Lisäksi biosuodatus pienentää ylivirtaamia sekä ylläpitää maaperän vesitasetta. Biosuodatusta voidaan pitää veden imeyttämisen ja puhdistumisen ohella myös vettä viivyttävänä rakenteena, jos maan alle on rakennettu salaojitus, joka toimii varastotilana suotautuneelle hulevedelle (Komulainen, 2012). Samalla biosuodatusrakenteet lisäävät kaupunkiympäristön viihtyisyyttä.

Lahden Kytölässä selvitettiin biosuodatuksen tehokkuutta ravinteiden ja haitta-aineiden pidättymisellä maaperään ja kasvillisuuteen. Tutkimus tehtiin osana Ilmastonkestävä kaupunki (ILKKA) – työkaluja suunnitteluun –hanketta. Selvitys on jatkoa Jessica Huttusen ILKKA-hankkeeseen tekemään opinnäytetyöhön *Luonnonmukainen hulevesien hallinta uusilla asuntoalueilla Lahden Karistossa ja Kytölässä*, 2014.

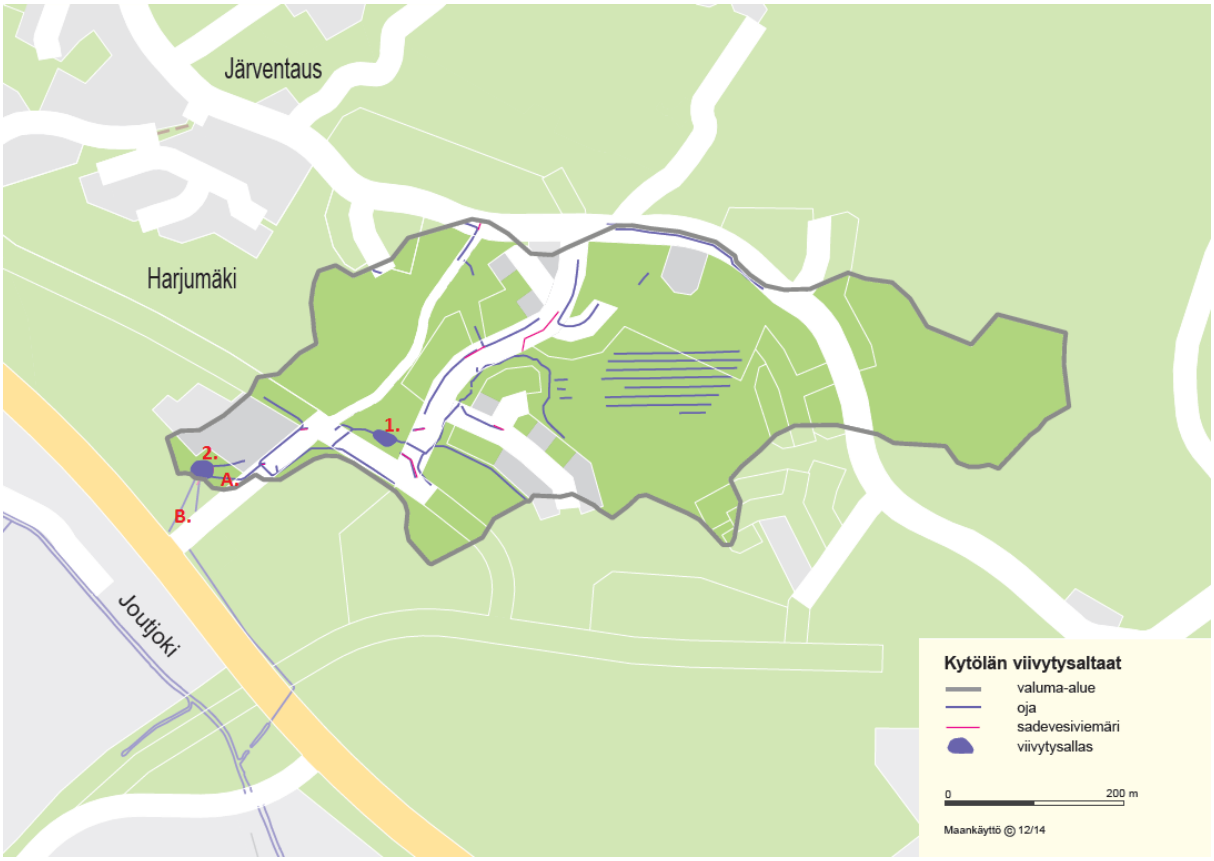
Kohde

Biosuodatuksen tehokkuutta ja toimivuutta selvitettiin Lahden Kytölän kaupunginosassa, joka on rakenteilla oleva uusi asuinalue. Paikalle on rakennettu vuonna 2012 kaksi viivytysallasta käsittelemään lähiasuinalueen hulevesiä. Alue rajautuu Holman-Kymijärven maantiehen ja jälkimmäinen allas sijaitsee Konekadulla.

Asuinalueen hulevedet johdetaan ensimmäiseen altaaseen (250 m², allas 1), josta edelleen putkessa teiden ali ja ojaa pitkin jälkimmäiseen altaaseen (400 m², allas 2). Jälkimmäisestä altaasta vedet purkautuvat luonnontilaiseen metsikköön ja siitä ojan kautta Joutjokeen ja edelleen Vesijärveen. Altaisiin ja ojiin on rakennettu viivytys- ja tulvimisratkaisuja, joiden tarkoitus on hidastaa virtaamia, säilyttää osassa ojia vettä kuivanakin aikana ja luoda erilaisia elinympäristöjä monipuolisen kasvillisuuden kehittymiselle. Ojissa on kasvillisuutta, hiekkaa ja kivikkoa. Ojien pientareet sekä rakennetun alueen maat ovat osin paljaana ja huleveden helposti kuljetettavissa, kun alueen rakentaminen on kesken. Altaista poistetaan tarvittaessa lietettä ja ylirehevää kasvillisuutta. Alemman altaan pinnankorkeutta on mahdollisuus säädellä. Altaiden syvyys on noin 0,5 m ja altaat ovat yhteispinta-alaltaan 650 m^2.

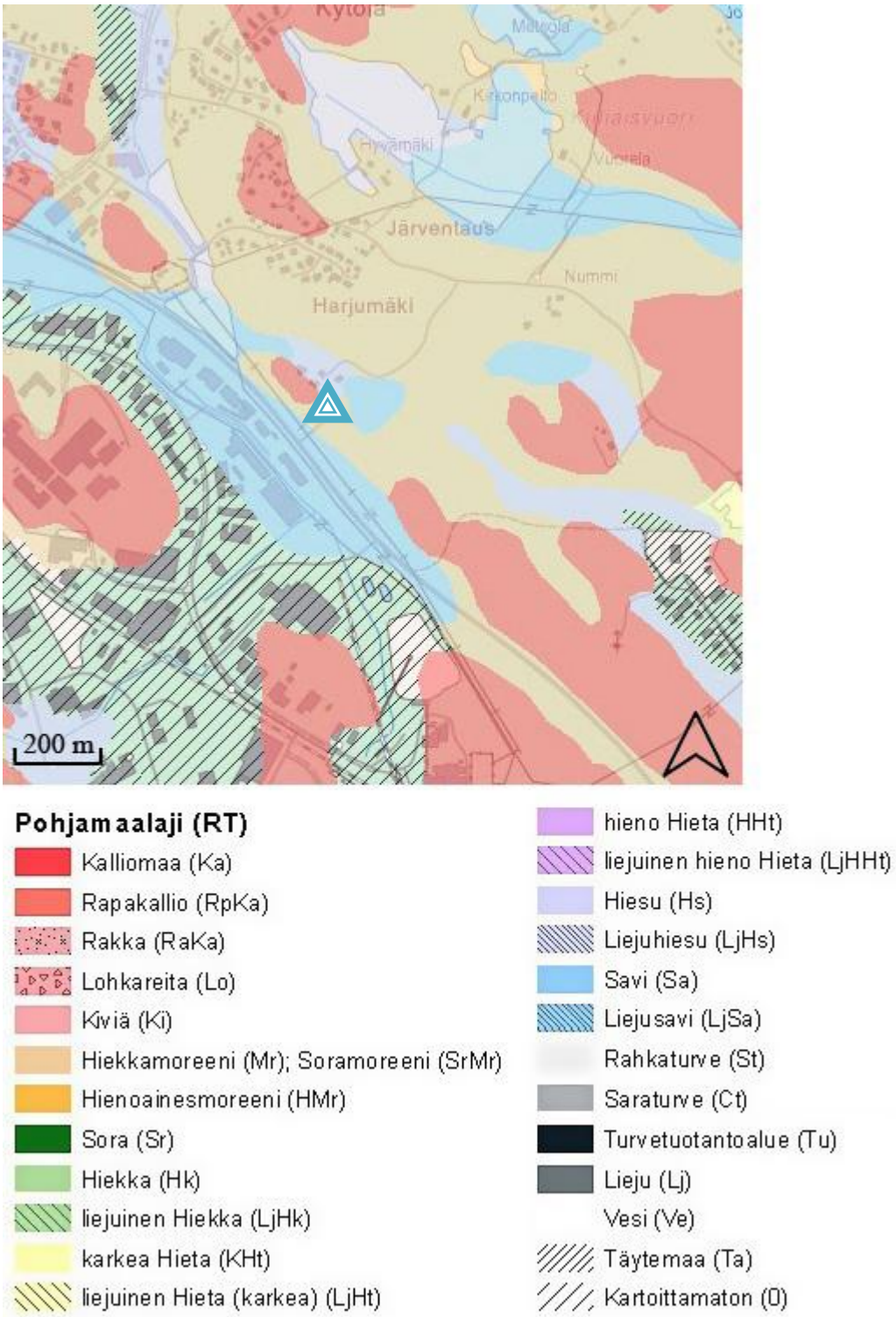
Viivytysaltaat ja ojapainanne toimivat luonnonmukaisena hulevesien käsittelyjärjestelmänä. Niissä vesistöön kulkeutuvat hulevedet suodattuvat ja selkeytyvät, kiintoaine laskeutuu, haitta-aineita pidättyy ja ravinteita

sitoutuu kasvillisuuteen. Altaat myös varastoivat ja viivyttävät vettä, tasaavat virtaamia, torjuvat tulvia, luovat elinympäristön monille kasveille ja eläimille sekä lisäävät luonnon ja ympäristön monimuotoisuutta.

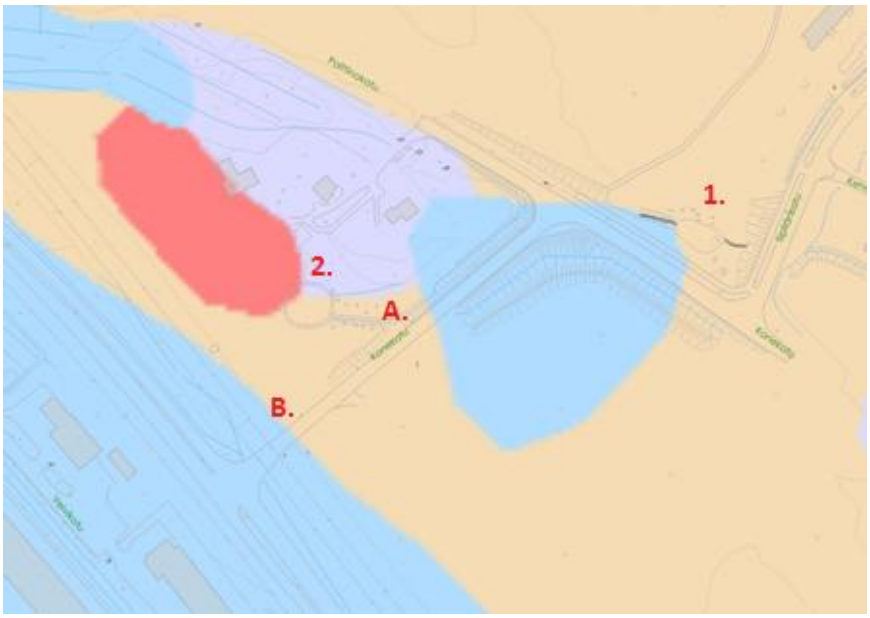


Kuva 1. Kahden viivytysaltaan valuma-alue ja sadevesiviemäröinti sekä näytteenottopisteet A. ja B.

Kahden altaan valuma-alueen koko on noin 21 ha. Altaiden valuma-alue sijaitsee suuremmalla Joutjoen valuma-alueella. Kohde ei ole pohjavesialueella. Alueella on korkeuseroja ja kohteen maaperä on suurimmaksi osaksi hiekka- soramoreenia ja osin savimaata. Altaiden kohdalla maaperä on hyvin vettä läpäisevää moreenimaata ja savialue jää altaiden väliin ja jatkuu maantieltä eteenpäin. Näytteenottopaikoilla maaperä eroaa toisistaan: ojanäytepiste YP on moreenimaalla ja AP-havaintopaikalla maaperä vaihtuu savimaaksi.



Kuva 2. Maa-aineskartta (GTK) Paikkatietoikkuna 2013, Jessica Huttunen, *Luonnonmukainen hulevesien hallinta uusilla asuntoalueilla Lahden Karistossa ja Kytölässä*, 2014. Kolmiolla on merkitty karttaan tutkimusalue.



Kuva 3. Lähde Lahden kaupunki, Tekla WebMap, GTK-aineisto

Selvityksen aikana jälkimmäinen allas (allas 2) tyhjennettiin ja sinne rakennettiin joulukuussa 2013 salaojaputki ja tasauskaivo. Ojapainanteeseen, joka johtaa hulevedet jälkimmäiseen altaaseen, rakennettiin kivistä viivytysrakennelma tutkimuksen aikana. Tämä toteutettiin niin, että kesäkuun 2014 näytteet on tämän muutoksen jälkeen otettuja. Kiveys pitää myös ojan pientareen maaperää paremmin paikallaan, eikä se kulkeudu yhtä helposti huleveden mukana eteenpäin.

Kuva 4. Ojapainanne tuo hulevedet jälkimmäiseen altaaseen, josta vedet purkavat luonnontilaisen metsikön poikki AP-havaintopaikalle.

Kuva 5. Allas 1. Paikalle on pystytetty infotaulu.

Näytteenotto

Näytteitä otettiin jälkimmäisen altaan (allas 2) ylä- ja alapuolelta. Yläpuolinen näyte (YP) otettiin ojasta ennen allasta (kartassa näytepiste A) ja alapuolinen (AP, näytepiste B) näyte luonnontilaisen metsikön jälkeen. Yläpuolinen näytepaikka sijaitsi ojassa, johon vedet purkaa ensimmäisestä altaasta ja ojasta. Alapuolinen näyte otettiin altaan jälkeen luonnontilaisesti muovautuneeseen ojaan kertyneestä vedestä. Näytteet otettiin ennen ja jälkeen hulevesialtaan, jolloin saatiin selville vaikuttaako allas ja ojasto tutkittavien muuttujien pitoisuuksiin.

Vesinäytteistä analysoitiin sameus, pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, orgaaninen kokonaishiili (TOC), kokonaistyppi ja –fosfori, metallit: alumiini (Al), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb) ja sinkki (Zn) sekä öljyhiilivedyt. Bakteereista analysoitiin enterokokit , kaksi kertaa *Escherichia coli* ja huhtikuusta 2014 fekaalit koliformit (44 °C 24 h). Öljyhiilivedyt analysoitiin neljästä ensimmäisestä näytteestä.

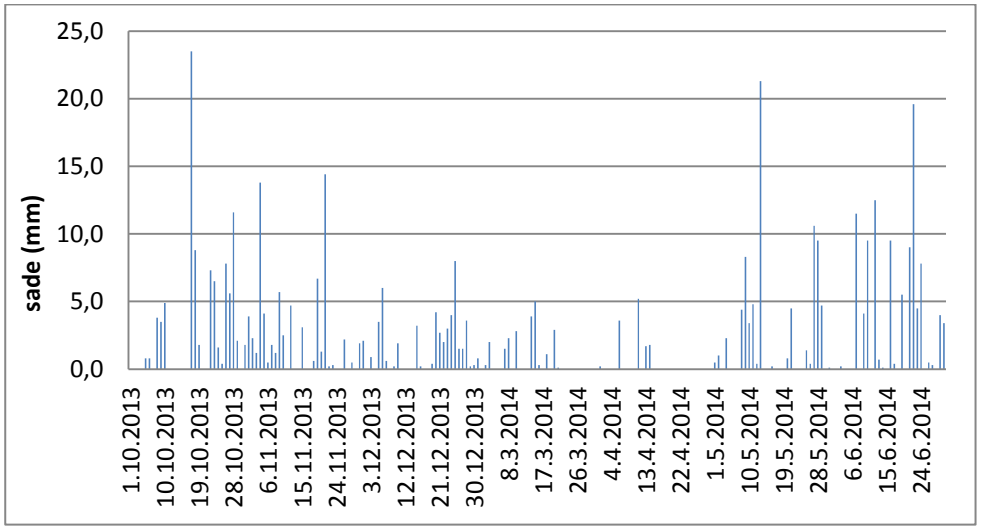
Näytteitä otettiin syksyllä 2013 kuusi kertaa. Näytteenottoa jatkettiin keväällä 2014 sulamisvesien aikaan maaliskuussa. Alkukesän aikana näytteitä otettiin myös kuusi kertaa. Kevään 2014 jälkeiset näytteet otettiin altaan salaojituksen jälkeen ja toukokuun jälkeen näytteet otettiin ojapainanteen muokkauksen jälkeen.

Kuva 6. Ojapainanne, johon on rakennettu kivistä viivästysrakenne. YP-näytteenottopaikka on ennen kiveystä.

Tulokset

Sadetilasto

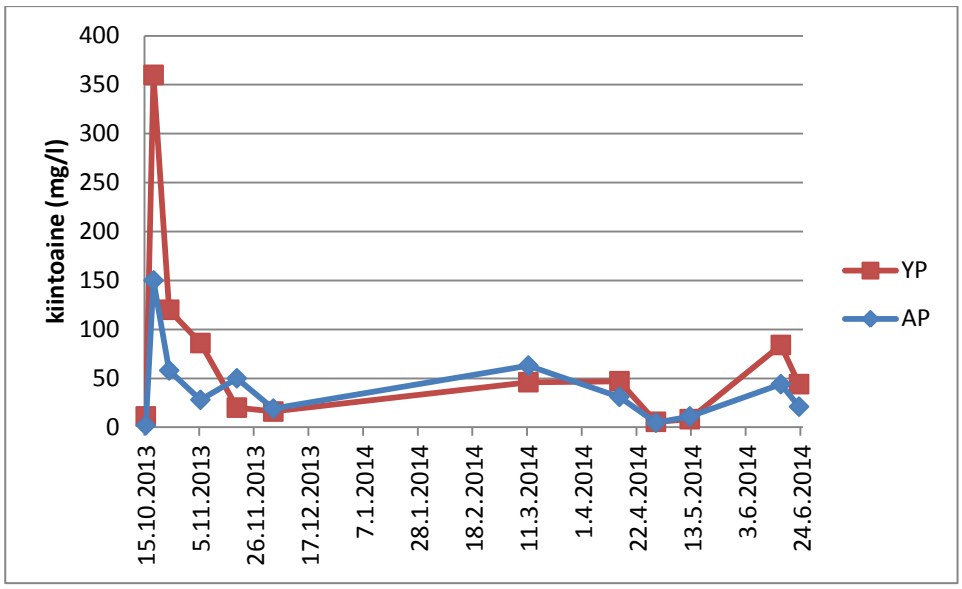
Näytteenottoajankohtien, loka-joulukuu 2013 sekä maalis-kesäkuu 2014, sademäärät tilastoitiin Ilmatieteenlaitoksen Launeen havaintoasemalta, joka sijaitsee noin 8 km päässä tutkimuskohteesta. Loppuvuosi 2013 oli sateinen ja talven tulo viivästyi. Rakenteilla olevalla alueella, kun kasvillisuus ei ole vielä kunnolla kehittynyt, paljaana oleva maa kulkeutuu helposti sateiden mukana ja voi näin nostaa veden kiintoaineen ja sameuden määrää.



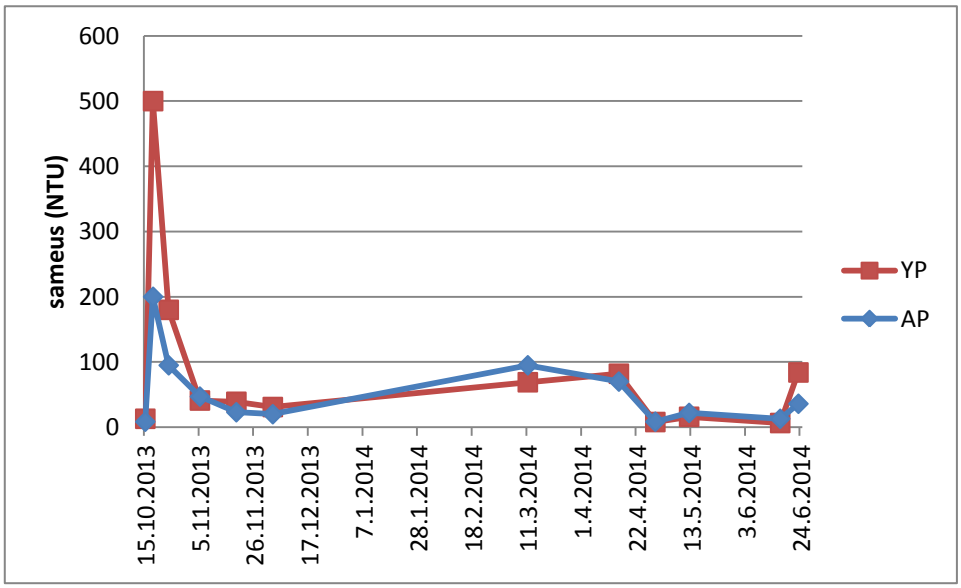
Kuva 7. Sadantatiedot Etelä-Suomen Sanomat, Ilmatieteenlaitos

Kiintoaine, sameus, sähkönjohtokyky, pH ja TOC

Loppusyksyn sateiden aikana kiintoainepitoisuus oli suurimmillaan. Kiintoainepitoisuus oli vähentynyt 75 % näytemäärässä. Syksyn kahden ja kevään ensimmäisen näytteen kiintoainepitoisuudet olivat hieman kohonneet eli alemmassa näytepisteessä (AP) ojan ja viivytysaltaan jälkeen pitoisuudet olivat korkeampia. Suuressa osassa näytteissä kiintoainepitoisuus oli alle 50 mg/l. Syksyllä reduktio oli 48 – 82 % ja keskimäärin 64 %. Keväällä vastaavasti 16 – 66 % ja 46 %. Sameus korreloi kiintoaineen kanssa hyvin. Keväällä sameus lisääntyi AP -näytteissä. Näytteistä 42 %:ssa sameus väheni. Reduktio oli syksyllä keskimäärin 44 % ja keväällä 36 %. Sameus oli yleensä alle 50 mg/l. Suurimmat pitoisuudet olivat rankan syyssateen jälkeen, jolloin kiintoaines kulkeutui ja aiheutti veden samentumisen.

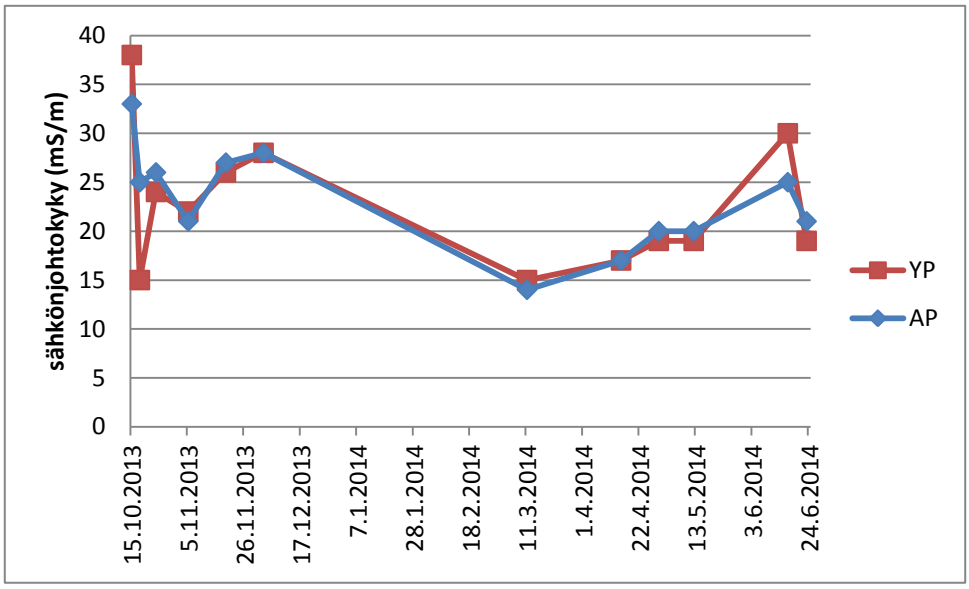


Kuva 8. Kiintoainepitoisuudet (mg/l) ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.

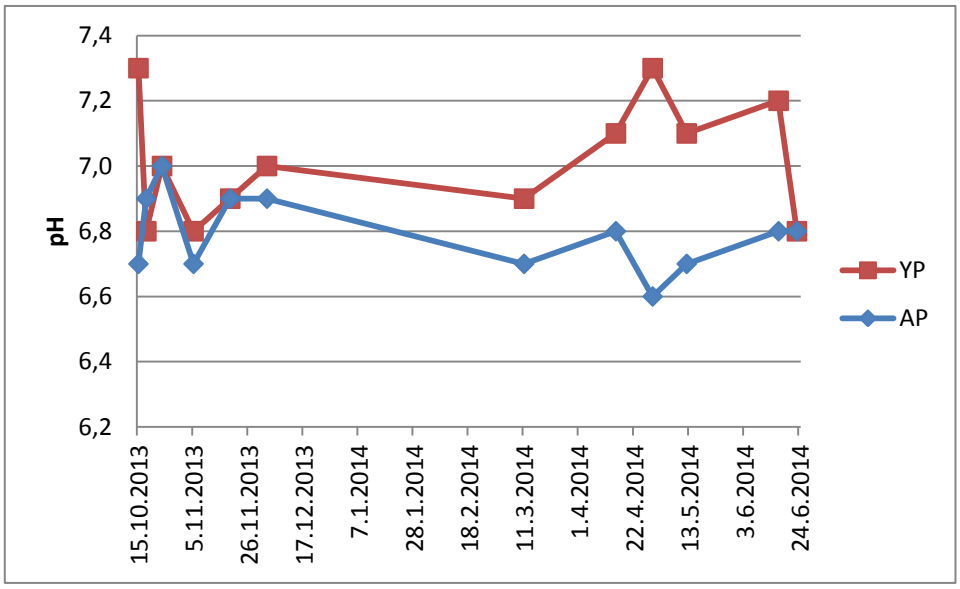


Kuva 9. Sameus (NTU) ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.

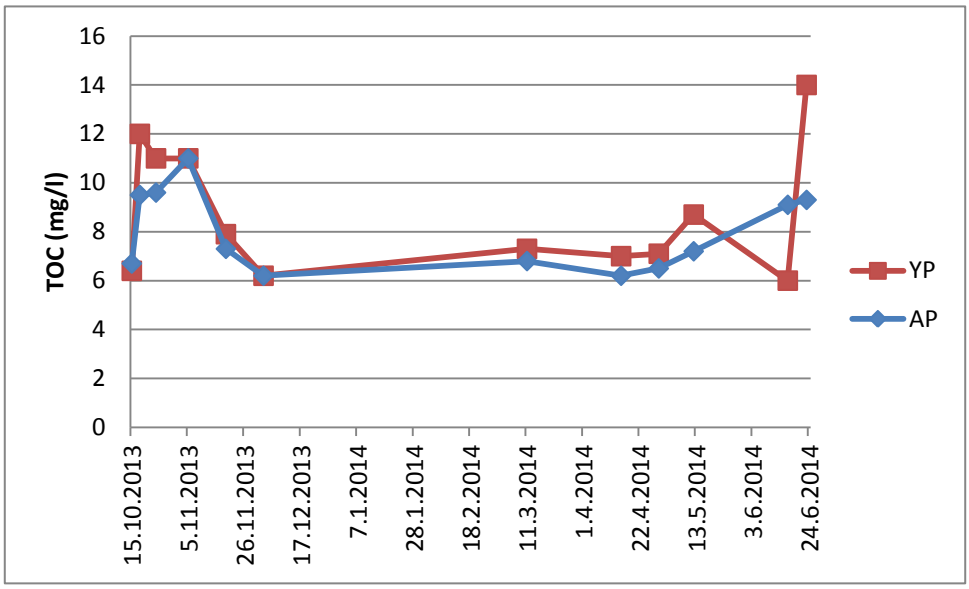
Sähkönjohtokyky oli kasvanut hulevesialtaan jälkeisessä vedessä puolessa näytteistä. Erot olivat kuitenkin hyvin pieniä YP ja AP näytteiden välillä ja muutamassa pitoisuudet olivat yhtä suuret. Muutokset pH:ssa olivat vähäisiä. Suurimmassa osassa näytteitä pH laski lievästi, kolmessa pysyi ennallaan ja yhdessä lisääntyi lievästi. Suurimmat muutokset ovat keväällä, jolloin pH vaihteli 6,6 – 7,3. Orgaanisen kokonaishiilen (TOC) pitoisuus alenee keväällä useammin kuin syksyllä. Pitoisuudet olivat hieman korkeampia syksyllä kuin keväällä.



Kuva 10. Sähkönjohtokyky (mS/m) ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.



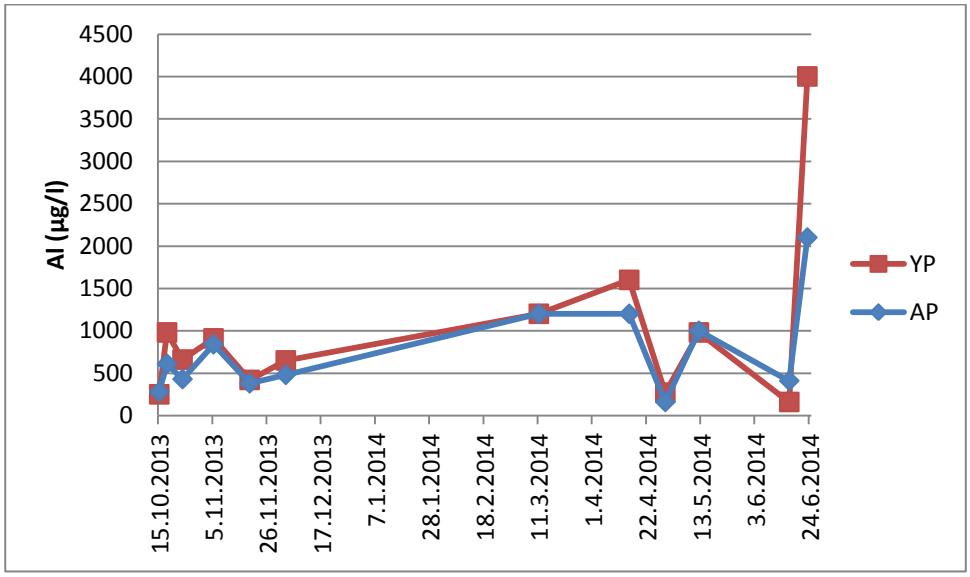
Kuva 11. Ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan saadut pH-tulokset.



Kuva 12. Orgaanisen kokonaishiilen (TOC) pitoisuudet (mg/l) ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.

Metallit

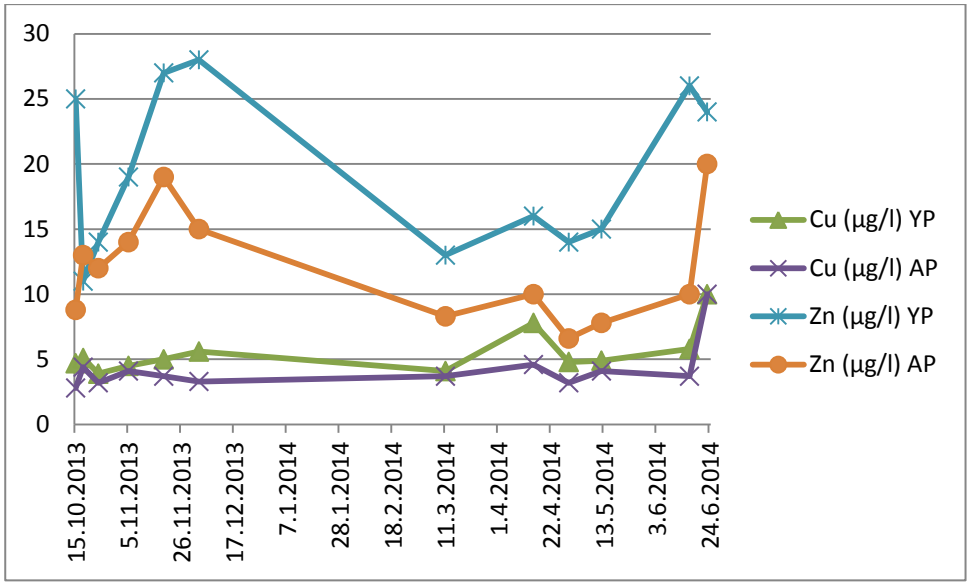
Alumiini pidättyi 67 % näytekerroista ja 25 %:ssa pitoisuus kasvoi. Yhdellä näytekerralla ylä- ja alapuolinen pitoisuus oli sama. Syksyn kuudesta näytekerrasta viidessä alumiinia pidättyi YP ja AP näytepisteiden välillä. Kevään näytteistä puolessa tapahtui reduktiota. Reduktio oli syksyn tuloksissa 8 – 38 % ja keväällä 25 – 48 %. Keskimäärin reduktio oli syksyllä 23 % ja keväällä 38 %.



Kuva 13. Alumiinipitoisuudet (µg/l) ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.

Kuparipitoisuus aleni yhtä näytettä lukuun ottamatta, jolloin ylä- ja alapuoliset pitoisuudet olivat samat, < 10 µg/l eli alle määritysrajan. Kuparin reduktiot olivat välillä 9 – 41 %. Syksyllä reduktio oli keskimäärin 25 % ja

keväällä 27 %. Yksi näytekerta pois lukien kaikissa näytteissä sinkin pitoisuudet pienenivät. Reduktio oli 14 – 65 %. Keskimäärin syksyllä reduktio oli 36 % ja keväällä 42 %.



Kuva 14. Kupari- ja sinkkipitoisuudet (µg/l) ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.

Kadmiumin pitoisuudet olivat hyvin vähäisiä: < 0,1 µg/l. Keväällä hulevesialtaan yläpuoliset pitoisuudet olivat hieman suurempia kuin altaan alapuolella ja reduktiot olivat:

YP → AP

0,041 → < 0,03

0,053 → < 0,03

0,06 → < 0,03 ja

0,088 → 0,036 µg/l.

Kromin pitoisuudet joko alenivat tai pysyivät samana. Reduktiota tapahtui 42 %:ssa näytteistä. Suurin osa tuloksista oli < 1,0 µg/l. Reduktiot olivat:

YP → AP

1,5 → 1,2

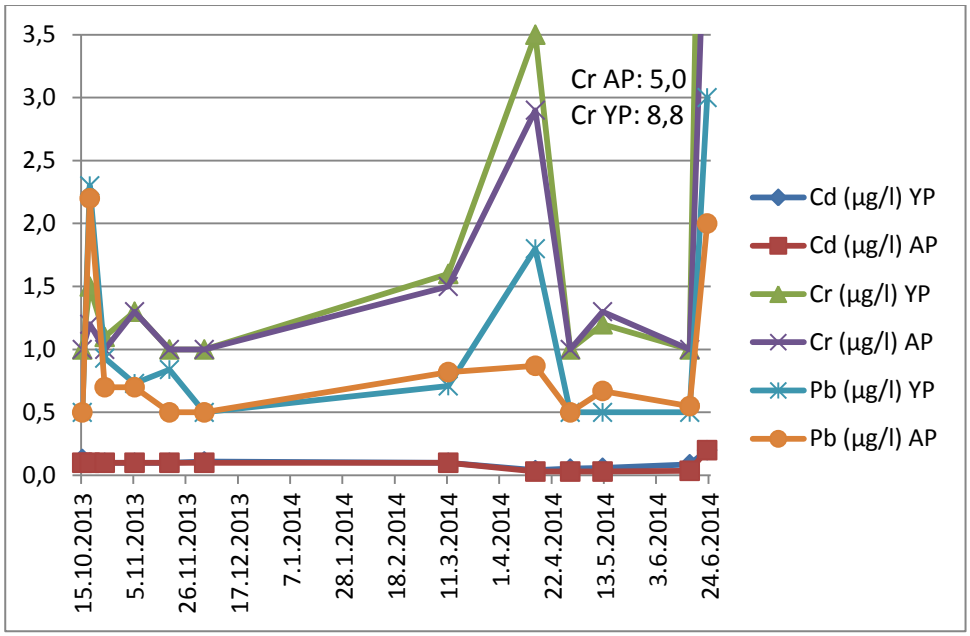
1,1 → <1,0

1,6 →1,5

3,5 → 2,9 ja

8,8 → < 5,0 µg/l.

Lyijyn pitoisuuksissa reduktio tapahtui puolessa näytteistä. Lyijypitoisuudet alenivat syksyllä ja lisääntyivät keväällä altaan jälkeisessä vedessä. Lyijypitoisuudet olivat suurempia syksyllä, kuin kesällä.



Kuva 15. Kadmium-, kromi ja lyijypitoisuudet (µg/l) ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.

Bakteerit

Näytteistä analysoitiin fekaalit koliformit (44 °C 24 h), *Escherichia coli* ja enterokokit. Enterokokit analysoitiin koko selvityksen ajan. Enterokokeista pidättyi loppuvuonna keskimäärin 70 % ja keväällä noin 60 %. *Escherichia coli* analysoitiin keväällä kerran ja tulos oli 0 → 19 mpn/ 100 ml eli bakteereita oli alapuolisessa vedessä enemmän. Fekaaliset koliformit analysoitiin keväällä ja tulokset olivat:

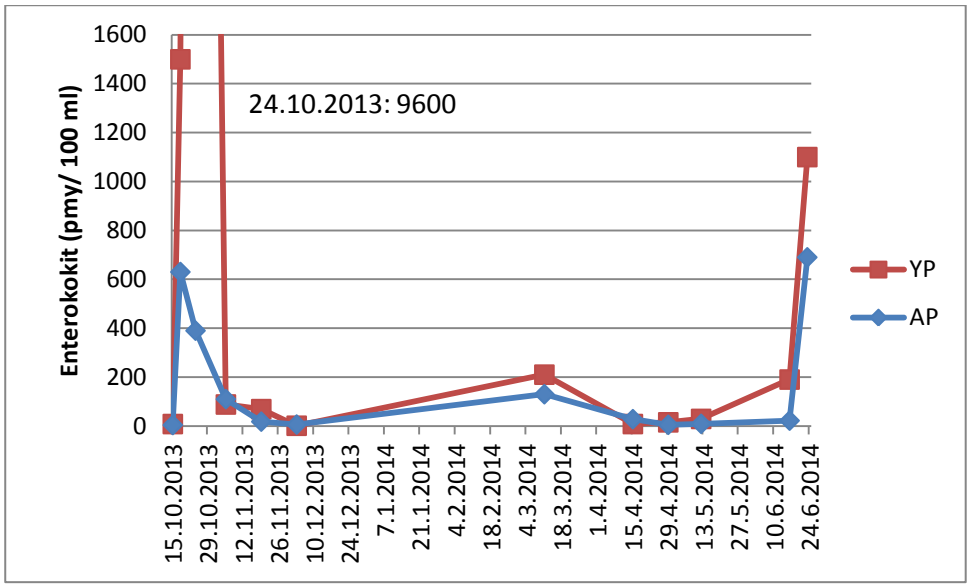
YP → AP:

0 → 0

2 → 0

710 → 110 ja

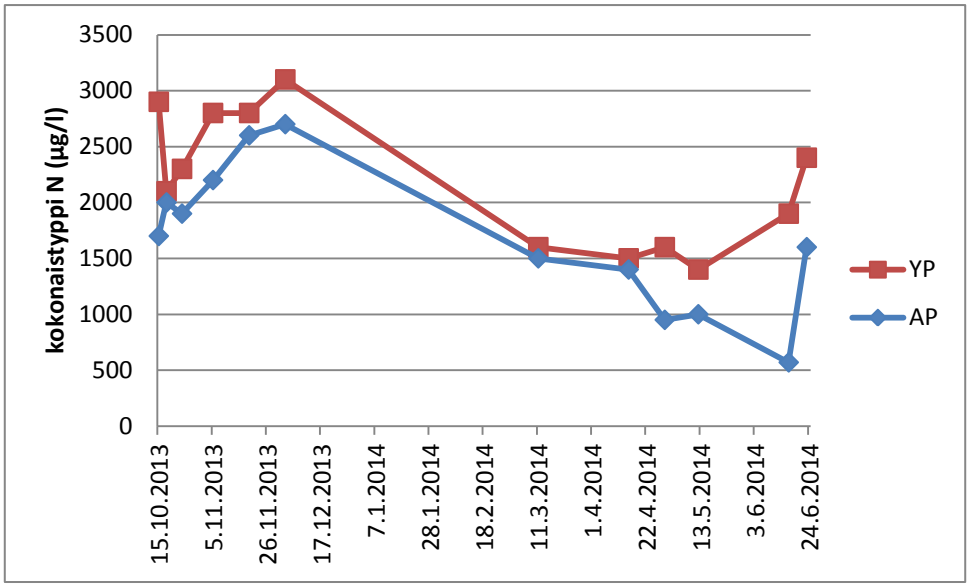
1800 → 630 pmy/ 100 ml.



Kuva 16. Enterokokit (pmy/ 100 ml) ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.

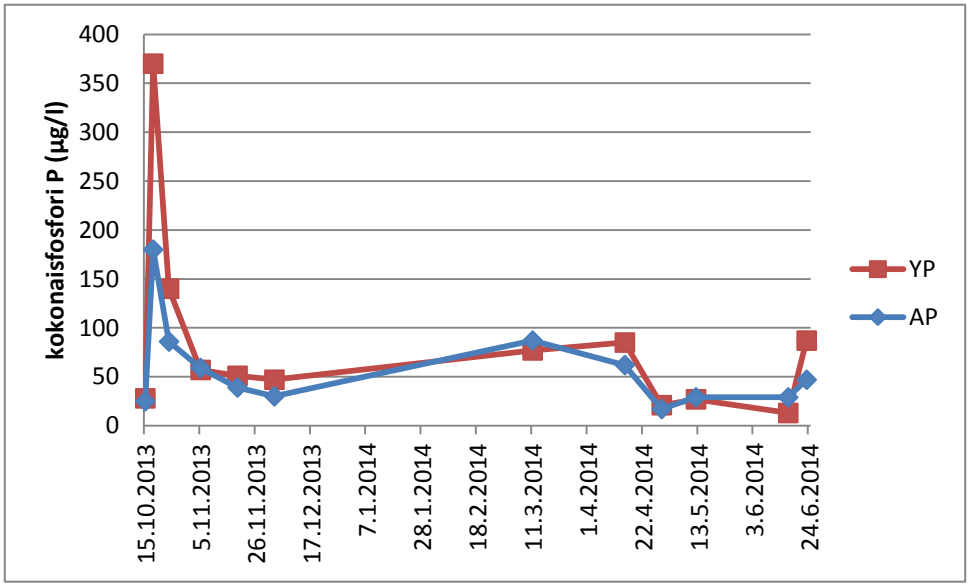
Ravinteiden pidättyminen

Kokonaistyppipitoisuudet alenivat jokaisella näytekerralla. Reduktiot vaihtelivat välillä 6 – 70 % ja keskimääräinen reduktio syksyllä oli 18 % ja keväällä 31 %. Pitoisuudet olivat korkeammat syksyllä ja alkutalvella sekä juhannuksen tienoilla.



Kuva 17. Kokonaistyppipitoisuudet (µg/l) ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.

Muutamassa näytteessä fosforipitoisuus kohosi alapuolisessa näytteessä. Kokonaisfosfori pidättyy 67 % kaikista näytekerroista. Fosfori pidättyi paremmin syksyllä: viidessä näytteessä kuudesta ja keväällä vain kolmessa. Reduktiot olivat loppuvuonna välillä 11 – 51 % ja keskimäärin 32 %. Vastaavasti keväällä 19 – 46 % ja 31 %.



Kuva 18. Kokonaisfosforipitoisuudet (µg/l) ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.

Öljyhiilivedyt

Öljyhiilivedyt analysoitiin jakeittain neljällä näytekerralla loppuvuonna. Pitoisuudet olivat hyvin pieniä ja määritykset lopetettiin.

Taulukko 1. Öljyhiilivetypitoisuudet jakeittain ennen (YP) ja jälkeen (AP) hulevesialtaan.

Paikka	pvm	Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)	Keskitisleet (C10-C21)	Raskaat öljyjakeet (C21-C40)
		mg/l	mg/l	mg/l
Kytölä AP	15.10.2013	<0,05	<0,05	<0,05
Kytölä YP	15.10.2013	<0,05	<0,05	<0,05
Kytölä AP	18.10.2013	<0,05	<0,05	<0,05
Kytölä YP	18.10.2013	0,07	<0,05	<0,05
Kytölä AP	24.10.2013	<0,05	<0,05	<0,05
Kytölä YP	24.10.2013	<0,05	<0,05	<0,05
Kytölä AP	5.11.2013	<0,05	<0,05	<0,05
Kytölä YP	5.11.2013	0,06	<0,05	<0,05

Johtopäätökset

Kohteen biosuodatusrakenne oli luonnollinen eikä sitä varten ollut rakennettu eri maalajeja sisältävää kerroksellista tutkimuspaikkaa. Näytteitä otettiin hulevedestä, joka kulki hiekan, soran, kasvillisuuden ja viivytysaltaan kautta. Näytteitä otettiin ennen ja jälkeen hulevesialtaan, jolloin saatiin selville vaikuttaako allas ja ojasto tutkittavien muuttujien pitoisuuksiin. Tutkimuksessa ei verrattu rakennettua ja luonnollista ravinteiden ja haitta-aineiden biosuotautumista ja pidättymistä. Maahan imeytyneestä vedestä ei otettu näytteitä. Kohteessa hulevesien puhdistamisessa hyödynnettiin luonnonmukaisia maaperäolosuhteita, alempaa hulevesiallasta sekä oja- ja purouomien kasvillisuutta ja maa-aineksia. Analyyseihin valittiin yleisesti hulevesissä esiintyviä aineita.

Sadannalla on suuri merkitys rakennetun alueen hulevesien muodostumiseen eli määrää ja myös laatuun. Sade kuljettaa epäpuhtauksia, ravinteita sekä kiintoainetta mukanaan. Selvityksessä voidaan arvioida sadantaa Ilmatieteenlaitoksen Launeen kaupunginosan säähavaintoaseman tiedoista. Talven tulo viivästyi ja sateisuutta oli enemmän. Syys- ja kevätsateiden aikaan ravinteet, kiintoaine ja sameus lisääntyivät. Bakteerien määrässä tapahtui myös satunnaista lisääntymistä alemmassa näytepaikassa, samoin sähkönjohtokyvyssä. Sademäärät olivat samat loppuvuonna ja keväällä selvityksen aikana. Yksittäisissä sadetapahtumissa oli eroa niin, että loka-marras ja touko-kesäkuussa oli rankempia sateita, mikä näkyy korkeimpina pitoisuuksina.

Tulosten perusteella biosuodatuksella on merkitystä hulevesien puhdistumisessa. Tutkittavien muuttujien pidättyminen ojan kasvillisuuteen, hiekka- ja sorakerrokseen sekä viivytysaltaan hulevettä viivyttävä vaikutus on tulosten perusteella nähtävissä. Parhaiten pidättyi kiintoaine ja veden sameus väheni. Ravinteista kokonaistyppi pidättyi useimmin, kuin fosfori. Fosforin reduktiot olivat keskimäärin suurempia syksyllä, kuin typen reduktiot. Sinkin reduktio oli metalleista suurin, mutta myös kupari- ja alumiinipitoisuudet pienenivät hyvin. Kadmium, kromi ja lyijy pidättyivät vain muutamissa näytteissä. Toisaalta pitoisuudet olivat hyvin pieniä ja merkittävää eroa näytepisteiden välillä ei ollut. Enterokokit ja fekaalit koliformit pidättyivät hyvin.

Kaupunkialueilla biosuodatusrakenteet voidaan sijoittaa esimerkiksi katujen, pysäköintialueiden ja asuinalueiden reunamille. Hulevesien hajautettu hallinta, jossa hulevesiä käsitellään ennen johtamista suoraan vesistöön, parantaa vastaanottavien vesistöjen tilaa ja vedenlaatua.

Helsingin kaupunki Vantaa TURKU LAHTI
ILMATIETEEN LAITOS Turun yliopisto University of Turku HSY Vipuvoimaa EU:lta 2007–2013 Euroopan unioni Euroopan aluekehitysrahasto

Lähteet

Huttunen, J. 2014 Luonnonmukainen hulevesien hallinta uusilla asuntoalueilla Lahden Karistossa ja Kytölässä.

Komulainen, E. 2012. Hulevesien biosuodatuksen soveltuvuus Suomen ilmasto-oloihin.

Valtanen, M., Sillanpää, N., Hätinen, N. & Setälä, H. 2010 Hulevesien imeyttäminen ja suodattaminen: haitta-aineet ja menetelmät, STORMWATER -hankeen kirjallisuusselvitys, 10.10.2010

Liitteet

Liite 1. Näytteenottotulokset

Ottopaikka	Ottopäivä	Lämpötila °C	Fek. koliformit (44 °C 24 h)(pmy/100 ml)	Escherichia coli (mpn/100 ml)	Enterokokit (pmy/100 ml)	Sameus (NTU)	pH	Sähkönjohtavuus (mS/m)	Kiintoaine (mg/l)	TOC (mg/l)	Typpi (N), kokonais- (µg/l)	Fosfori (P), kokonais- (µg/l)	Al (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)(mg/l)	Keskitisleet (C10-C21)(mg/l)	Raskaat öljyjakeet (C21-C40)(mg/l)
AP	15.10.2013				4	8,5	6,7	33	<2,0	6,7	1700	25	280	<0,10	<1,0	2,8	<0,50	8,8	<0,05	<0,05	<0,05
YP	15.10.2013				8	13	7,3	38	11	6,4	2900	28	250	0,13	<1,0	4,7	<0,50	25	<0,05	<0,05	<0,05
AP	18.10.2013				630	200	6,9	25	150	9,5	2000	180	610	<0,10	1,2	4,4	2,2	13	<0,05	<0,05	<0,05
YP	18.10.2013				1500	500	6,8	15	360	12,0	2100	370	980	<0,10	1,5	5,1	2,3	11	0,07	<0,05	<0,05
AP	24.10.2013				390	95	7	26	58	9,6	1900	86	430	<0,10	<1,0	3,2	0,7	12	<0,05	<0,05	<0,05
YP	24.10.2013				9600	180	7	24	120	11,0	2300	140	660	<0,10	1,1	3,9	0,93	14	<0,05	<0,05	<0,05
AP	5.11.2013				110	47	6,7	21	28	11,0	2200	59	840	<0,10	1,3	4,1	0,7	14	<0,05	<0,05	<0,05
YP	5.11.2013				88	41	6,8	22	86	11,0	2800	57	910	<0,10	1,3	4,5	0,73	19	0,06	<0,05	<0,05
AP	19.11.2013	3,2			18	23	6,9	27	50	7,3	2600	39	380	<0,10	<1,0	3,7	<0,50	19			
YP	19.11.2013	4			69	39	6,9	26	20	7,9	2800	51	420	0,1	<1,0	5	0,84	27			
AP	3.12.2013	1			6	20	6,9	28	19	6,2	2700	30	480	<0,10	<1,0	3,3	<0,50	15			
YP	3.12.2013	2			1	31	7	28	16	6,2	3100	47	650	0,11	<1,0	5,6	<0,50	28			
AP	11.3.2014	0,2			130	95	6,7	14	63	6,8	1500	87	1200	<0,10	1,5	3,7	0,82	8,3			
YP	11.3.2014	0,4			210	69	6,9	15	46	7,3	1600	77	1200	<0,10	1,6	4,1	0,71	13			
AP	15.4.2014	3,9		19	28	70	6,8	17	31	6,2	1400	62	1200	<0,030	2,9	4,6	0,87	10			
YP	15.4.2014	7		0	8	82	7,1	17	47	7,0	1500	85	1600	0,041	3,5	7,8	1,8	16			
AP	29.4.2014	8,5	0		5	8,5	6,6	20	4,6	6,5	950	17	160	<0,030	<1,0	3,2	<0,50	6,6			
YP	29.4.2014	11,6	0		15	8	7,3	19	5,5	7,1	1600	21	270	0,053	<1,0	4,8	<0,50	14			
AP	12.5.2014	8,3	0		9	22	6,7	20	11	7,2	1000	29	1000	<0,030	1,3	4,1	0,67	7,8			
YP	12.5.2014	9,2	2		29	16	7,1	19	8,2	8,7	1400	27	980	0,06	1,2	4,9	<0,50	15			
AP	16.6.2014	14	110		22	13	6,8	25	44	9,1	570	29	410	0,036	1	3,7	0,55	10			
YP	16.6.2014	15	710		190	6,5	7,2	30	84	6,0	1900	13	160	0,088	<1,0	5,8	<0,50	26			
AP	23.6.2014	11,5	630		690	36	6,8	21	21	9,3	1600	47	2100	<0,20	<5,0	<10	<2,0	<20			
YP	23.6.2014	11,5	1800		1100	84	6,8	19	44	14,0	2400	87	4000	<0,20	8,8	<10	3	24			

Helsingin kaupunki
Vantaa
TURKU
LAHTI
ILMATIETEEN LAITOS
Turun yliopisto
University of Turku
HSY
Vipuvoimaa EU:lta 2007–2013
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto