

Hajaputsari ry

Erkki Santala, Matti Valve, Timo Laaksonen, Jenni Nieminen

KIINTEISTÖKOHTAISEN TALOUSJÄTEVEDEN LAATU ENNEN KÄSITTELYÄ



Helsinki 10.11.2013

Korjattu versio

KINTEISTÖKOHTAISEN TALOUSJÄTEVEDEN LAATU ENNEN KÄSITTELYÄ

Erkki Santala, Matti Valve, Timo Laaksonen, Jenni Nieminen

1. Tutkimuksen tausta ja kytkentä eurooppalaisen standardisointiin

Haja-asutuksen jätevesien käsittelyyn vaikuttaa heinäkuusta 2013 alkaen osaltaan EU:n tuore rakennustuoteasetus. Sen myötä rakennustuotteet, joille on laadittu ns. harmonisoitu tuotestandardi, tulee varustaa CE-merkillä. Pienpuhdistamoiden CE-merkinnän yhtenä edellytyksenä on niitä koskevan standardin mukaisen toimivuustestauksen teettäminen viranomaisten tätä tarkoitusta varten hyväksymässä tutkimuslaitoksessa. Velvoite koskee pienpuhdistamoita, jotka on tarkoitettu käsittelemään talousjätevettä, joka sisältää kotitalouksissa syntyvät erilaiset pesu- ja käymäläjätevesijakeet.

Voimassa olevan eurooppalaisen standardin on valmistellut standardisointijärjestö CEN:n viemäröintitekniikkakomitea TC165:n perustama työryhmä WG41. Standardi on Suomessa julkaistu numerolla SFS-EN 12566-3:2005 + A1:2009. Standardin liitteessä B määritellään testausmenetelmä, jolla pienpuhdistamot testataan kolmannen osapuolen eli ns. ilmoitetun laitoksen toimesta. Testausmenetelmän eri vaiheet on laadittu simuloimaan sitä, miten tavallinen eurooppalainen kotitalous tuottaa jätevettä päivittäin ja pidemmällä aikajaksolla. Jotta eri tutkimuslaitoksissa tehtävien testien tulokset olisivat mahdollisimman yhdenmukaisia, on standardissa määriteltä myös testauksessa käytettävän jäteveden keskeiset laatuparametrit.

Standardi edellyttää testauslaitoksen käyttävän raakaa talousjätevettä, jonka ominaisuudet ovat seuraavien pitoisuusrajojen sisällä:

- BOD₅ tai BOD₇ (ATU): 150 mg/l ... 500 mg/l
tai COD_{Cr}: 300 mg/l ... 1000 mg/l
- SS: 200 mg/l ... 700 mg/l
- KN: 25 mg/l ... 100 mg/l
tai NH₄-N: 22 mg/l ... 80 mg/l
- Kokonaisfosfori: 5 mg/l ... 20 mg/l

Nämä pitoisuusrajat täyttävää jätevettä tulee käyttää standardin mukaisessa testauksessa, joka suoritetaan määritellyn testausohjelman ja päivittäisen virtaamaprofiilin mukaisesti. Eripituisten testausjaksojen aikana testattavaan puhdistamoon johdetaan jaksosta riippuen joko nimellisvirtaama, joka kuvaa normaalia kuormitustilannetta, alikuormitusvirtaama, joka kuvaa vähäisempää paikalla oloa tai vierailuja simuloiva ylikuormitusvirtaama. Testin kokonaiskesto on käynnistysjakson jälkeen 38 viikkoa. Testauksen tulosten perusteella lasketaan laitteen puhdistustehokkuus vertaamalla lähtevän jäteveden pitoisuuksia samaan aikaan käsittelyyn tulleen jäteveden pitoisuuksiin. CE-merkinnän kaupallisissa asiakirjoissa saatu puhdistustehokkuus ilmaistaan testin kaikkien nimellisvirtaamajaksoina otettujen

näytteiden pitoisuuksien keskiarvona. Testauslaitoksen laitevalmistajalle toimittamassa raportissa esitetään myös yksittäisten ali- ja ylikuormitusnäytteiden tulokset.

Useissa Euroopan maissa on havaittu kotitalouksien vedenkulutuksen vähentyneen viime vuosina. Vähentämiselle on joissain maissa asetettu virallisia tavoitteitakin. Tästä syystä on standardisointiin liittyen nostettu esiin tarve määrittellä uudestaan CE-merkinnän edellyttämässä testissä käytettävän jäteveden laaturajat.

Koska käsittelemättömän yhdestä taloudesta tulevan jäteveden laatua koskeva tieto Suomesta oli puutteellista, käynnisti Hajaputsari ry syksyllä 2012 tutkimuksen siitä, millaista tyyppillinen yhden talouden jätevesi on tällä hetkellä. Tietoa tarvitaan standardin kehittämistä käytävässä keskustelussa. Asiaan vaikuttaminen on tärkeää sekä laitevalmistajien että testauslaboratorioiden kannalta. Suomessa on lukuisia valmistajia ja Suomen ympäristökeskus SYKE on hyväksytty ns. ilmoitetuksi laitokseksi tekemään standardin mukaisia toimivuustestauksia.

2. Aiempaa tietoa käsittelemättömän jäteveden laadusta Suomessa

Kiinteistökohtaiseen jätevedenpuhdistamoon tulevan jäteveden laatu vaihtelee suuresti, niin samassa taloudessa eri aikoina kuin eri talouksissa. Edustavien näytteiden saaminen yhden kotitalouden tuottamasta käsittelemättömästä jätevedestä on työlästä ja usein vaikeasti toteutettavissa. Siitä syystä asiaa on tutkittu varsin vähän, niin Suomessa kuin muuallakin. Esimerkiksi useimmissa pienpuhdistamoita ja maasuodattamoja koskevissa tutkimuksissa on niiden tehokkuutta tarkasteltu vertaamalla käsiteltyä jätevettä esikäsiteltyyn, yleensä saostussäiliössä selkeytettyyn jäteveeseen (Kujala-Räty ja Santala 2001, Vilpas ym. 2005, Matikka ym. 2012). Tieto käsittelemättömän jäteveden laadusta todellisissa kohteissa on kuitenkin tarpeen pienpuhdistamoiden suunnittelussa, erityisesti biologisen prosessin edellyttämän ilmastustarpeen sekä fosforin poistossa tarvittavan kemikaalin oikean syöttömäärän mitoittamiseksi.

Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoille tulevan jäteveden pitoisuuksista on olemassa runsaasti käytön ohjauksen ja viranomaisvalvonnan tarpeisiin kerättyä tietoa. Se ei kuitenkaan sellaisenaan auta riittävästi kiinteistökohtaisille puhdistamoille tulevan jäteveden laadun arvioinnissa, koska mukana on usein vuotovesiä ja sekaviemäreidenkin jätevesiä. Pienille puhdistamoille tuleva jätevesi on siten yleensä keskimäärin väkevämpää kuin suurille puhdistamoille tuleva. Lisäksi sen laadun hetkelliset, päivittäiset ja viikoittaiset vaihtelut voivat olla huomattavasti suurempia kuin yhdyskuntapuhdistamoilla.

Tutkimuksen aluksi kartoitettiin Suomesta saatavia tuoreimpia tietoja käsittelemättömästä yhden talouden tuottamasta jätevedestä. Koko vuorokauden kokoomanäytteistä analysoituja liika-aineiden pitoisuus- ja määrätietoja asukasta kohti laskettuna oli saatavissa ainoastaan Turun ammattikorkeakoulussa tehdystä opinnäytetyöstä (Hannuksela 2011). Tutkimuksessa otettiin kaikkiaan 60 näytettä neljässä eri kohteessa. Niiden mukaan tulevan jäteveden BOD₇ vaihteli välillä 200 - 900 mg/l, keskiarvon ollessa 390 mg/l. Taulukossa 1 on esitetty pitoisuushavaintojen keskiarvot sekä vedenkulutuksen perusteella asukasta kohti lasketut päivittäiset liika-ainekuormat.

Taulukko 1. Käsittelemättömän jäteveden keskimääräiset pitoisuudet ja asukasta kohti lasketut kuormitukset Hannukselan tutkimuksen kohdetalouksissa. Näytteet on otettu toukokuun lopun ja joulukuun alun välisenä aikana v. 2010 (Hannuksela 2011).

		Kohde1	Kohde 2	Kohde 3	Kohde 4
Näytemäärä		10	20	17	13
pH		7,9	8,2	7,8	8,7
Kiintoaine, mg/l		350	293	240	261
BOD ₇ (ATU), mg/l		520	399	322	318
	g/(p-d)	42	48	24	36
P _{tot} ,	mg/l	23,3	20,1	16,2	16,8
	g/(p-d)	1,9	2,4	1,2	1,9
N _{tot} ,	mg/l	122	94	101	110
	g/(p-d)	9,8	11	7,5	13
Vedenkulutus, l/p		80	120	74	115

Muissa tutkimuksissa näytteet oli yleensä otettu saostussäiliökäsittelyn jälkeen, joten ne eivät edusta täysin käsittelemätöntä jätevettä. Taulukossa 2 on esitetty kahdessa kotimaisessa laajassa yhteistutkimuksessa, Ravinnesampo-hankkeessa (Vilpas ym. 2005) sekä MASU-hankkeessa (Matikka ym. 2012) havaittuja jäteveden pitoisuustietoja saostussäiliökäsittelyn jälkeen.

Merkille pantavaa kaikissa mainituissa tutkimuksissa oli, että tulevan jäteveden laadun vaihtelu oli suurta eri talouksien välillä ja myös samassa taloudessa eri näytteenotto-kerroilla. Vaihtelu oli suurta tutkittaessa sekä täysin käsittelemätöntä että saostussäiliössä käsiteltyä talousjätevettä.

Koska eri tutkimuksissa kohteita ja analysoituja näytteitä on ollut vaihtelevat määrät eikä talouksien taustatietoja ole kartoitettu yhdenmukaisesti, ei havaituista jäteveden pitoisuuseroista tai kuormituksen muuttumisesta vuosien kuluessa voi tehdä varmoja johtopäätöksiä. Tuoreimmissa tutkimuksissa näyttää kuitenkin esiintyvän enemmän korkeampia BOD₇-arvoja kuin vanhemmissa tutkimuksissa.

Taulukko 2. Kahdessa suomalaisessa tutkimushankkeessa koottuja jäteveden pitoisuustietoja saostussäiliökäsittelyn jälkeen.

	Vilpas et al. 2005 taulukko 5	Matikka et al. 2012 taulukko 5-6
Näytemäärä	38 - 43	11
Kiintoaine, mg/l	keskiarvo 135 mediaani 78 max 580 min 25	
BOD ₇ (ATU), mg/l	keskiarvo 282 mediaani 245 max 790 min 15	keskiarvo 395 mediaani 363
P _{tot} , mg/l	keskiarvo 17 mediaani 16 max 34 min 8	keskiarvo 15 mediaani 15
N _{tot} , mg/l	keskiarvo 95 mediaani 97 max 150 min 20	keskiarvo 111 mediaani 100

Tuoretta seurantaan perustuvaa havaintotietoa sekä käymäläjätettä sisältävästä talousjätevedestä että harmaasta vedestä saatiin myös Haiku-hankkeessa (Särkelä ja Lahti 2012). Näytteet otettiin saostussäiliökäsittelyn jälkeen ja jätevesimäärä laskettiin vesimittarilukemien perusteella. Näytteistä mitatuista pitoisuuksista laskettiin mm. BOD₇-, fosfori- ja typpikuormituksen arvot asukasta kohti. BOD₇-kuorma vaihteli alueella 12 – 95 g/(p-d) keskiarvon ollessa noin 34 g/(p-d). Vastaavasti fosforikuorma vaihteli alueella 0,5 – 2,5 g/(p-d) ja keskiarvo oli noin 1,4 sekä typpikuorma välillä 4 – 20 g/(p-d), keskiarvona vajaat 12 g/(p-d).

3. Tietoa jäteveden laadusta muissa maissa

Standardi EN 12566-3 oli vuonna 2010 ollut voimassa noin viisi vuotta ja sen mukaisia toimivuustestejä oli tehty eri puolilla Eurooppaa jo toistasataa. Tällöin tuotiin ranskalaisten alan toimijoiden taholta esiin epäily, että testauksissa käytettävän jäteveden laatu ei vastaisi nykyistä tilannetta. Tähän olisi vaikuttanut erityisesti se, että vedenkäyttö kotitalouksissa on vähentynyt. Koska ihmisten ulosteiden ja virtsan mukana tulevien lika-aineiden määrän ei kuitenkaan uskottu suuresti muuttuneen eivätkä muutkaan toiminnat kotitalouksissa ole merkittävästi muuttuneet, arvioitiin jäteveden pitoisuuksien siten kasvaneen 2000-luvun alun tilanteesta, jolloin jäteveden laatu oli määritelty standardiin.

Käsitlemättömän jäteveden pitoisuuksiin on joissain maissa vaikuttanut myös fosfaatittomien pesuaineiden käytön yleistyminen. Ainakin Saksassa ja Ruotsissa fosfaatti on ollut jo useita vuosia kiellettyä kotitalouksien käyttöön tarkoitetuissa pyykinpesuaineissa.

Euroopan standardisointijärjestön CEN:n viemäröintitekniikasta vastaavan teknisen komitean TC165:n työryhmän WG41 kokouksissa käytiin vuosina 2010-2012 useita keskusteluja jäteveden laadun muuttumisesta. Todellista tilannetta koskevien tietojen kokoamiseksi järjestettiin Brysselissä lokakuussa 2012 CEN-seminaari, jossa eri maiden edustajat esittivät aiheesta kansallisesti koottuja tietoja. Taulukossa 3 on yhteenveto tilaisuudessa esitetyistä saksalaisiin (Schürmann, RWTH Aachen) ja ranskalaisiin (Vignoles, Veolia) seurantoihin perustuvista tiedoista. Kyseinen ranskalainen seuranta käsitti 12 taloa eri puolilla maata ja saksalainen kolme taloa. Näytteet oli molemmissa seurannoissa kerätty 24 tunnin kokoomanäytteinä, jossa varmistettiin kaikkien jätevesien saaminen talteen keräilyssäiliöön. Taulukossa on vertailuna esitetty myös Yhdysvalloissa saatuja vastaavia tuloksia (Lowe et al, 2009) tutkimuksesta, joka on erittäin perusteellinen ja sisältää paljon muutakin jäteveden laatutietoa. Siinäkin näytteet otettiin 24 tunnin kokoomanäytteinä.

Taulukko 3. Eräissä ulkomaisissa tutkimuksissa havaittuja kiinteistökohtaisen tulevan jäteveden arvoja (Huom. Orgaaninen kuormitus on määritetty BOD₅:nä).

Viite	Lowe et al 2009	Vignoles 2012	Schürmann 2012
Näytemäärä	63 (17 kohdetta)	147 (12 kohdetta)	9 (3 kohdetta)
pH	8,1 keskiarvo 8,1 mediaani max 10,1 min 6,4		
Kiintoaine	232 mg/l mediaani		36,8 g/(p-d) keskiarvo max 64,8 g/(p-d) min 11,9 g/(p-d)
COD _{Cr}	444 mg/l keskiarvo 389 mg/l mediaani max 944 mg/l min 201 mg/l		79,2 g/(p-d) keskiarvo max 186,2 g/(p-d) min 17,3 g/(p-d)
BOD ₅	443 mg/l keskiarvo 420 mg/l mediaani max 1101 mg/l min 112 mg/l	633 mg/l keskiarvo max 1120 mg/l min 220 mg/l 53 g/(p-d) keskiarvo max 99 g/(p-d) min 14 g/(p-d)	596 mg/l keskiarvo max 1310 mg/l min 211 mg/l 29 g/p.d keskiarvo max 66,2 g/(p-d) min 7,8 g/(p-d)
P _{tot}	10,4 mg/l mediaani max 32 mg/ min 0,2 mg/l		1,4 g/(p-d) keskiarvo max 2,0 g/(p-d) min 0,7 g/(p-d)
N _{tot}	60 mg/l mediaani max 240 mg/l min 9 mg/l		5,6 g/(p-d) keskiarvo max 8,0 g/(p-d) min 3,0 g/(p-d)

Mitattu asukasta kohti laskettu jätevesimäärä oli sekä ranskalaisessa että saksalaisessa tutkimuksessa varsin alhainen, keskiarvot 56 l/p.d (Schürmann 2012) ja 84 l/p.d (Vignoles 2012). Yhdysvalloissa vedenkäyttölaitteet ovat usein huomattavasti enemmän vettä tuhlavia kuin Euroopassa ja siellä havaittu jätevesimäärän mediaani oli 171 l/p.d (Lowe 2009).

Edellä esitettyjä tietoja täydentävänä voidaan mainita Ruotsissa vuosina 2000-2007 tehty laaja kiinteistökohtaisen jäteveden käsittelyn tutkimus Bra små avlopp (Hellström & Jonsson 2007). Siinä oli mukana tutkimuskohteita, joissa tulevan jäteveden näytteet oli otettu erittäin luotettavalla tekniikalla 24 tunnin kokoomanäytteinä. Tämän tutkimuksen käyttöön saatiin Bra små avlopp –hankkeen alkuperäisdataa. Useimmat näytteistä oli otettu saostussäiliössä tapahtuneen esikäsittelyn jälkeen, mutta aineistosta voitiin poimia esimerkkinä neljä kohdetta, joista oli otettu kaikkiaan 62 näytettä ennen mitään käsittelyvaihetta. Niistä tehtyjen BOD₇-analyysien keskiarvo oli 404 mg/l ja vaihteluväli 18 - 1100 mg/l.

4. Hajajätevesiasetuksen lähtökohta

Suomessa haja-asutuksen jätevesien käsittelyvaatimukset on esitetty ympäristönsuojelulaisissa (86/2000, muutos 196/2011) ja sen nojalla annetussa valtioneuvoston asetuksessa (209/2011). Puhdistustehoa koskevissa vaatimuksissa edellytetään ympäristöön päästettävää lika-ainekuormitusta vähennettäväksi tietyillä prosentimäärillä verrattuna käsittelemättömän jäteveden sisältämiin määriin. Lika-ainekuormitus on asetuksessa määritelty ns. haja-asutuksen kuormituslukuna siten, että yhden asukkaan tuottama BOD₇ on 50 grammaa vuorokautta kohti (g/(p·d)), kokonaisfosfori 2,2 g/(p·d) ja kokonaistyyppi 14 g/(p·d).

Näitä määriä on asetukseen liittyvässä myöhemmässä keskustelussa jonkin verran kritisoitu, vaikka asetuksen valmisteluvaiheessa niitä ei julkisuudessa arvosteltu. Asetuksessa ko. arvot pyrittiin asettamaan mahdollisimman totuudenmukaisesti kuvaamaan sellaisen talousjäteveden laatua, joka syntyy kiinteistössä normaalin, keskimääräisen asumisen seurauksena. Taustana luvuille käytettiin lukuisia koti- ja ulkomaisia eri aikoina tehtyjä tutkimuksia.

Tässä tutkimuksessa tehtyjä mittauksia ja analyyskejä haluttiin hyödyntää myös lisätiedon hankkimiseen siitä, kuinka hyvin haja-asutuksen kuormitusluvun lika-ainemäärien asettamisessa aikanaan onnistuttiin.

5. Tutkimuksen käytännön toteutus ja kohdekuvaukset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli saada ajantasaista ja luotettavaa tietoa yksittäisten asuinkiinteistöjen jäteveden laadusta Suomessa ennen mitään käsittelyvaihetta. Tutkimukselle Maa- ja vesitekniikan tuki ry:ltä saatu rahoitus mahdollisti näytteenottojärjestelyjen toteutuksen viidessä kohteessa sekä niistä yhden viikon aikana otettujen näytteiden haun ja analysoinnin. Pienestä kohdemäärästä huolimatta tutkimuksella katsottiin saatavan hyvää uutta tietoa, sillä seurantakohteiden lukumäärä oli suhteellisen pieni myös esimerkiksi Ranskassa ja Saksassa toteutetuissa vastaavissa tutkimuksissa.

Kohteet pyrittiin valitsemaan siten, että ne edustaisivat erityyppisiä, Suomessa tyypillisiä erillistaloissa asuvia kotitalouksia. Sellaisten kohteiden löytäminen, missä koko vuorokauden ajan muodostuvan jäteveden kerääminen ja luotettava näytteenotto kerätystä jätevedestä on mahdollista, osoittautui erittäin vaikeaksi. Edellytyksenä oli lisäksi, että asukkaat suostuvat koejärjestelyihin ja täyttävät yksinkertaisen seurantalomakkeen. Useita teknisesti näytteenottoon sopivia kohteita jäi pois tutkimuksesta asukkaiden puuttuvan kiinnostuksen takia. Varsinkin lapsiperhekohteiden löytäminen oli hankalaa.

Kohteiden etsiminen aloitettiin tutkimuksen rahoituksen varmistuttua lokakuussa 2012. Poikkeuksellisen varhain alkanut pakkaskausi ja runsaat lumisateet vaikeuttivat ja hidastivat jonkin verran näytteenoton suunnittelua ja näytteenottojärjestelyjen toteuttamista. Järjestelyjen ja näytteenhaun logistiikan takia kohteista neljä sijaitsi Espoossa ja Kirkkonummella sekä yksi kohde Aurassa. Kohteiden sijoittuminen eteläisimpään Suomeen merkitsee sitä, että ne eivät välttämättä edusta koko maan asumisen ja veden käytön keskiarvotilanteita. Luonnollisesti myös kohteiden vähäinen määrä heikentää satujen tietojen yleistettävyyttä.

Näytteiden otto osui kokonaisuudessaan tavallista lumisempaan talviaikaan. Lumi ja kylmyys edellyttivät osassa kohteita lisärakenteiden tekoa, kuten keräilysäiliön eristämisen ja lämmittämisen kerätyn jäteveden jäätymisen torjumiseksi. Järjestelyjen määrää lisäsi myös vuodenvaihteen loma- ja juhlapyhäkausi.

Näytteenottojärjestelyt toteutti ja näytteet haki SYKEN sertifioitu ympäristönäytteenottaja, jolla on pitkä kokemus alalta. Kahdessa kohteessa myös kiinteistön omistajien panos näytteenottojärjestelyiden toteuttamisessa oli merkittävä. Näytteiden otossa kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, että ne ovat edustavia. Säilytyksessä ja kuljetuksessa noudatettiin asianmukaisia ohjeita. Analysoinnista vastasi SYKEN akkreditoitu tutkimuslaboratorio Espoon Suomenojalla ja Helsingin Hakuninmaalla.

Periaatteena oli seurata jäteveden laatua kalenteriviikon aikana siten, että eri viikonpäiville ajoittuvien erilaisten toimintojen vaikutus jäteveden laatuun saataisiin selville. Näytteitä otettiin käytännössä neljänä, viitenä tai kuutena päivänä, joiden katsottiin riittävästi edustavan asukkaiden vaihtelevia vedenkäyttötoimintoja eri päivinä.

Kohde HP1 on yhden perheen 140 m²:n omakotitalo Espoossa pientaloalueella, joka on liitetty vesihuoltolaitoksen viemäriverkoston. Talossa asuu kaksi aikuista, jotka eivät käyneet työssä näytteenoton aikana, sekä koira. Talossa on 4 makuuhuonetta ja varustetaso vesikalusteiden osalta on normaali. Näytteenottoa varten paikalle tuotiin 1000 litran muovinen säiliö, joka sijoitettiin viemärin tarkastuskaivon viereen. Säiliöön tehtiin tilavuuden mitta-asteikko, jolloin veden korkeudesta voitiin suoraan lukea säiliöön pumpatun jäteveden määrä.

Tarkastuskaivon etäisyys rakennuksesta oli vain 1 metri, joten tuloviemäriin ei voinut päästä muuta kuin talossa muodostuvaa jätevettä. Tarkastuskaivon halkaisija oli vain 300 mm, mikä vaikeutti näytteen keräämiseen tarvittavan repijäpumpun sijoittamista siihen. Tarkastuskaivosta lähtevä viemäri tukittiin ilmalla täytettävällä kumitulpalla ja kaivon sijoitettiin 1-vaihevirralla toimiva repijäpumppu. Tarkastuskaivon ahtauden takia pumpun omaa pintakytkinlaitetta ei voitu hyödyntää vaan siihen asennettiin erillinen pienempi pintakytkin ja pieni sähkökeskus. Sähkö saatiin kiinteistöltä. Tällaisessa järjestelyssä on huomattava, että 10 ampeerin sulakkeen on oltava hidas, jotta pumpun käynnistymisen

aiheuttama virtapiikki ei polta sulaketta. Kumitulpan painetta hallittiin pienellä maaliruiskukompressorilla.

Talossa muodostunutta jätevettä pumpattiin keräilyssäiliöön 24 tunnin ajan aloittaen maanantaina klo 9:30. Analysoitavat näytteet otettiin kerätystä yhden vuorokauden kokoomanäytteestä huolellisen sekoituksen jälkeen. Näytteiden oton jälkeen säiliö tyhjennettiin laskemalla jätevesi tarkastuskaivon kautta viemäriin poistamalla paine viemäriin sulkevasta kumitulpasta. Sama menettely toistettiin kohteessa kovien pakkasten takia vain neljänä peräkkäisenä päivänä, päättyen siis perjantai-aamuna.

Asukkaiden päivittäiset veden käyttöön liittyvät toimet selvitettiin seurantalomakkeella. Kohteessa HP1 pestiin kaikkina näytepäivinä yksi koneellinen pyykkiä, yksi koneellinen astioita sekä lisäksi käsitiskiä. Aterioita valmistettiin kolmena päivänä kahdelle hengelle ja yhtenä kolmelle, jolloin perheessä hoidettiin lastenlasta.

Kohde HP2 on Auran kunnassa haja-asutusalueella sijaitseva maatilan päärakennus. Asukkaita on kaksi aikuista ja kolme 5 - 7 -vuotiasta lasta. Päärakennuksen kokonaispinta-ala on noin 400 m², makuuhuoneita on viisi ja varustetaso on normaali. Jätevedet käsitellään kiinteistökohtaisessa pienpuhdistamossa. Kiinteistöllä oli sauna vain erillisessä rakennuksessa kesäkäytössä joten siitä ei muodostunut jätevesiä seuranta-aikana. Päärakennuksessa tehtiin seurannan aikana jonkin verran kunnostus- ja laajennustöitä. Kiinteistöllä käytettiin aikaisempia tutkimuksia varten konstruoitua jäteveden keräyslaitteistoa, jossa oli pumppusäiliö, pumppu ja keräilyssäiliö. Käytännön näytteenotto toiminnan hoitivat jätevesialalla toimivat talon asukkaat. Jäteveden kerääminen aloitettiin keskiviikkoamuna ja sitä jatkettiin viikon ajan. Asukkaiden kotona ja töissä tai koulussa olo vaihteli eri päivinä. Aterioita valmistettiin useimpina päivinä viidelle henkilölle kerran, yhtenä päivänä kaksi ateriala viidelle ja kerran vain yksi ateriala. Pyykinpesukonetta ja astianpesukonetta käytettiin päivittäin.

SYKEN näytteenottaja kävi joka toinen päivä noutamassa näytteet laboratorioon. Hän myös pullotti käyntipäivän näytteet aamulla. Kohteen näytteenottojärjestelyissä ilmeni vesimäärän mittaukseen liittyviä teknisiä ongelmia, joiden takia luotettavia vedenkulutusarvoja ei saatu. Tuloksia laskettaessa on siksi käytetty pitemmältä ajalta mitattuja tietoja perheen vedenkulutuksesta.

Kohde HP3 on kahden aikuisen asuma omakotitalo haja-asutusalueella Kirkkonummella. Jätevedet johdetaan Wehoputs 5 –pienpuhdistamoon. Kohteessa ei tarvittu erillistä jäteveden keräyssäiliötä, koska sellaisenaan voitiin käyttää puhdistamon pumppusäiliötä. SYKEN edustaja selvitti yhteistyössä puhdistamon valmistajan kanssa tavan, millä näytteenotto voitiin hoitaa häiritsemättä puhdistamon toimintaa. Pumppusäiliön päällä oleva ylijäämälietteen keräyspussisysteemi nostettiin pois, ylijäämälietteen pumppaus estettiin tutkimuksen ajaksi, samoin veden siirto prosessissäiliöön. Ennen näytteen keräämisen aloittamista pumppusäiliö pestiin lämpimällä vedellä ja tuloviemäri huuhdeltiin. Siitä huolimatta ensimmäisen vuorokauden näyte ei ollut edustava näytteenottoa varten, koska pumppusäiliössä vesi nousi korkeammalle kuin normaalisti ja irrotti putken seinämistä kiintoainetta. Seuraavien vuorokausien näytteet olivat moitteettomia. Veden sekoituksessa ennen näytteen ottoa voi käyttää puhdistamon omaa siirtopumppua, jossa on Vortex-juoksupyörä. Hyvä sekoittuminen varmistettiin vielä sekoituslavalla. Vuorokauden näytteen keräämisen jälkeen vesi siirrettiin pumppusäiliöstä prosessissäiliöön ja puhdistamon prosessi

käynnistettiin. Seuraavana päivänä prosessialtaassa oli tilaa seuraavan vuorokauden vesimäärälle. Tämä näytteenottotapa oli ongelmaton ensimmäisen vuorokauden keräilyerän jälkeen.

Kohteessa asukkaat olivat pääasiallisesti kotona seurantaviikolla. Pyykkiä pestiin seuranta-aikana kolme koneellista ja astioita päivittäin joko koneella tai käsin. Käytetyt pesuaineet olivat fosfaatittomia.

Kohteessa HP4 kahden Espoossa vierekkäisillä tonteilla sijaitsevan asuinrakennuksen jätevedet johdetaan yhteisen tarkastuskaivon kautta vesihuoltolaitoksen viemäriverkostoon. Asukkaita on vakituisesti yhteensä neljä, mutta seurantaviikolla kahtena päivänä oli paikalla viisi henkilöä.

Näytteenottojärjestelyt olivat samantapaiset kuin kohteessa HP1. Tarkastuskaivo, johon viemärit kahdesta talosta oli johdettu, oli halkaisijaltaan 800 mm ja siitä lähtevä viemäri 200 mm. Sen sulkemista varten hankittiin ilmalla täytettävä kumitulppa. Jätevettä ei kuitenkaan onnistuttu keräämään suoraan betoniseen tarkastuskaivoon, koska vesi pääsi sen läpivienneistä tihkumaan maastoon, kun veden pinta nousi tasolle, missä se normaalisti ei ollut. Kaivon sijaintikiinteistön omistaja hitsasi muovisen pumppauskaukalon, johon sijoitettiin repijäpumppu ja pintakytkin. Kovien yöpakkasten takia keräilyssä järjestettiin lämpöeristys ja lisäksi sitä lämmitettiin näytteen keräilyä aikana. Nämä järjestelyt mahdollistivat edustavien näytteiden saamisen.

Kohteen asukkaista yksi kävi töissä, muut olivat seurantaviikolla kotona. Pyykkiä pestiin seurannan aikana kahdessa taloudessa yhteensä neljä koneellista, astioita kahdeksan koneellista. Lisäksi käsitiskiä oli yhdeksän kertaa seurannan aikana. Toinen talous saanoi neljä kertaa, toinen kaksi.

Kohde HP5 on yhden perheen omakotitalo haja-asutusalueella Espoossa. Asukkaita on kaksi aikuista ja jätevedet johdetaan Wehoputs 5 –pienpuhdistamoon. Näytteenottojärjestelyt toteutettiin samalla tavalla kuin kohteessa HP3. Järjestelyt ja näytteenotto onnistuivat hyvin.

Kohteessa asukkaat olivat arkisin töissä ja kaikkina päivinä valmistettiin yksi ateria kahdelle hengelle. Pyykkiä pestiin kolme koneellista seuranta-aikana ja astiat tiskattiin päivittäin käsin. Seurantaviikon lopulla vedenkulutus kohteessa oli muita päiviä suurempi lastenlasten vierailun takia.

Taulukko 4. Kaikkien kohteiden taustatiedot

	HP1	HP2	HP3	HP4*	HP5
Asukkaita (aikuiset + lapset)	2 + 0	2 + 3	2 + 0	4	2
Asunnon pinta-ala, m ²	140	400	165	140 + n.100	95
WC lukumäärä	3	2	2	3	1
Suihkuja	1	2	2	3	1
Pesualtaat	4	2	3	4	2
Pyykinpesukone	1	1	1	2	1
Astianpesukone	1	1	1	2	0
Sauna	1	0	1	2	0
Muuta	Koira	remontti käynnissä		Kaksi asuntoa	

* Kohteeseen kuului kaksi asuntoa

6. Tulosten tarkastelua

6.1 Aineisto

Mittaus- ja analyysiaineisto oli tässä tutkimuksessa varsin niukka. Kohteet pyrittiin valitsemaan mahdollisimman monipuolisesti, mutta budjetti ja sopivien lähialueella olevien kiinteistöjen halukkuus osallistua tutkimukseen oli rajoitettu. Kohteiden jätevesien sisäiset ja keskinäiset vaihtelut olivat varsin suuret ja suuriakin keskiarvoista poikkeavia arvoja esiintyi. Aineiston tilastollisessa tarkastelussa käytettiin etupäässä ei-parametrisiä testejä, jotka sopivat aineistoon, joka on pieni ja poikkeaa normaalijakautumasta.

6.2 Tuloksia

Tutkituista viidestä kohteesta saadut tulokset on esitetty taulukossa 5. Käytetyt analyysimenetelmät on mainittu liitteessä 1, kaikki analyysitiedot on koottu liitteeseen 2 ja tilastolliset tunnusluvut liitteisiin 3/1 ja 3/2.

Taulukko 5. Kohteiden keskimääräiset pitoisuudet ja asukasta kohti lasketut kuormitusluvut keskiarvon keskivirheineen (\pm)

		HP1	HP2	HP3	HP4	HP5
Havaintojen lukumäärä		4	6	4	5	4
Vesimäärä	l/d	454 \pm 32	~400*	237 \pm 44	438 \pm 37	294 \pm 42
	l/(p-d)	227 \pm 16	~80*	118 \pm 22	110 \pm 12	147 \pm 21
BOD ₇ (ATU)	mg/l	267 \pm 27	363 \pm 23	415 \pm 110	620 \pm 74	455 \pm 25
	g/(p-d)	64 \pm 11	29 \pm 1,9**	59 \pm 8,2	63 \pm 3,3	57 \pm 5,4
COD _{Cr}	mg/l	610 \pm 43	1562 \pm 259	895 \pm 132	1340 \pm 133	1300 \pm 224
	g/(p-d)	140 \pm 18	125 \pm 21**	102 \pm 18	143 \pm 10	188 \pm 26
N _{tot}	mg/l	45 \pm 2,3	98 \pm 36	104 \pm 21	123 \pm 12	69 \pm 7
	g/(p-d)	11 \pm 0,65	7,8 \pm 2,9**	15 \pm 1,1	13 \pm 0,39	8,7 \pm 1,2
P _{tot}	mg/l	4,9 \pm 0,13	19 \pm 2,5	18 \pm 3,0	19 \pm 0,66	13 \pm 1,8
	g/(p-d)	1,1 \pm 0,09	1,5 \pm 0,2**	1,9 \pm 0,14	2,1 \pm 0,15	1,9 \pm 0,12
Kiintoaine	mg/l	245 \pm 15	710 \pm 106	508 \pm 74	600 \pm 43	625 \pm 170
	g/(p-d)	56 \pm 7,0	57 \pm 8,5**	56 \pm 5,9	64 \pm 3,1	89 \pm 19

*Arvio ** Kuormitusluvut ovat epävarmoja, koska vesimäärä on arvio

Vesimäärät

Vesimäärät asukasta kohti vuorokaudessa olivat 148 ± 13 l/(p-d) ja vaihtelivat välillä 80 - 270 l/(p-d). Ei-parametrisen varianssianalyysin perusteella ainakin yhden kohteen keskiarvo poikkesi merkitsevästi muista (Welch testisuure oli 11,7, $p=0,004$, Brown-Forsythe testisuure oli 8,64, $p=0,003$). Ryhmien pareittaisissa tarkasteluissa kohteen HP1 vesimäärä oli merkitsevästi suurempi verrattuna kohteiden HP3, HP4 ja HP5 vesimääriin. Kohteen HP2 vesimäärää ei saatu mitattua, vaan se perustuu kohteessa aiemmin havaittuun keskimääräiseen kulutukseen, n. 80 l/(p-d), eikä sitä näin ollen voitu ottaa mukaan varianssianalyysiin. Selityksenä kohteen HP1 suuriin vesimääriin oletettiin tavallista runsaampi pyykinpesukoneen käyttö tutkimusjaksolla, mutta verrattuna muiden kohteiden vastaaviin arvoihin, se ei yksistään voi selittää tätä.

Kun verrattiin vesimääriä eri viikonpäivinä, ei tilastollista eroa voitu osoittaa ($F=0,318$, $p=0,895$). Ei-parametriset testit tukivat tätä.

Kuormitusluvuista

Haja-asutuksen kuormituslukuun sisältyvä yhden asukkaan käsittelemättömien talousjätevesien BOD₇ on haja-asutuksen jätevesiasetuksen mukaan 50 g O₂ vuorokaudessa. Vastaavasti kokonaisfosforin määrä on 2,2 g ja kokonaistypen 14 g vuorokaudessa.

Kun tämän tutkimuksen kuormituslukuja [g/(p·d)] verrataan hajajätevesiasetuksessa mainittuihin kuormituslukuihin käyttäen tilastollista t-testiä, saatiin taulukossa 6 esitetyt tulokset. Koska kohteen HP2 tarkkaa vesimäärää ei ollut tiedossa, on se jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

Taulukko 6. Käsittelemättömän jäteveden mitatut kuormitusluvut verrattuna hajajätevesiasetuksen kuormituslukuihin. Taulukkoon on myös lisätty COD_{Cr} - ja kiintoainekuormitukset, vaikka niitä ei asetuksessa ole mainittu.

Suure	Asetus	Mittaus	t-testisuure	Eron merkitsevyys
BOD ₇ , g/(p·d)	50	60 ± 3,6	2,65	0,022**
P _{tot} , g/(p·d)	2,2	1,7 ± 0,1	-3,94	0,001***
N _{tot} , g/(p·d)	14	10,8 ± 0,7	-3,21	0,009***
COD _{Cr} , g/(p·d)		143 ± 11		
kiintoaine, g/(p·d)		66 ± 5,6		

** merkitsevä, riskitaso alle 0,05 *** erittäin merkitsevä, riskitaso alle 0,01

Henkilöä kohti laskettu BOD₇-kuormitusluku oli tilastollisesti merkitsevästi asetuksen kuormituslukua suurempi, mutta typpi- ja fosforikuormitukset olivat tilastollisesti merkitsevästi alempia kuin asetuksen mukaiset arvot.

Kun tarkastellaan tässä tutkimuksessa havaittuja keskimääräisiä fosfori- ja typpi-arvoja hajajätevesiasetuksen päästövaatimusten saavuttamisen kannalta, voidaan todeta, että asetuksen vaatimukset täyttyvät yleensä käytännössä helpommin kuin teoriassa. Tämä johtuu siitä, että asetus ei edellytä käsittelemättömän jäteveden pitoisuuksien mittaamista, vaan sallittu päästö voidaan laskea prosentteina em. kuormitusluvusta, eikä todellisesta kuormituksesta.

Kuormitus

Jäteveden sisältämä orgaanisen aineen pitoisuus mitataan mm BOD₇-lukuna (biologinen hapenkulutus) ja COD_{Cr}-lukuna (kemiallinen hapenkulutus). BOD₇ / COD_{Cr} -suhde kuvaa yleensä biologista hajoavuutta eli mitä suurempi suhde, sen suurempi osuus jäteveden sisältämästä aineesta on biologisesti hajoavaa. BOD₇-määritys perustuu biologiseen hapettumiseen, jolloin erilaiset orgaaniset aineet hajoavat hyvin erilaisella nopeudella. Esimerkiksi rasvat, valkuaisaineet ja lyhytketjuiset sokerit hapettuvat hyvin nopeasti kun taas selluloosa ja humusaineet hitaasti. Koska BOD-määritys Suomessa tehdään seitsemän vuorokauden mittauksena (monissa muissa maissa viiden vuorokauden), eivät kaikki nämä pitkämolekyyliset yhdisteet ehdi hapettua analyysin aikana. COD_{Cr}-määrityksessä kaikki orgaaniset yhdisteet ja joukko epäorgaanisia yhdisteitä hapettuvat täydellisesti.

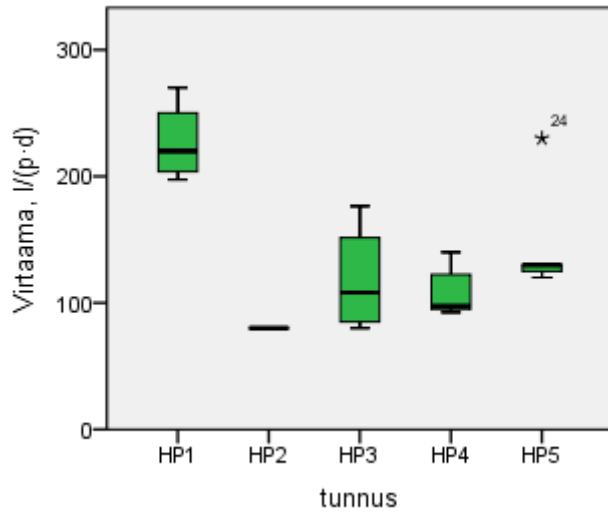
Yhdyskuntajätevesipuhdistamoilla tulevan jäteveden BOD₇/COD_{Cr} -suhde vaihtelee jonkin verran. Kymmenen pienen puhdistamon tarkkailutulosten perusteella BOD₇/ COD_{Cr} suhde oli $0,4 \pm 0,019$ ja viiden suuren puhdistamon arvot vastaavasti $0,4 \pm 0,015$. SYKEN Suomenojan tutkimusaseman tulevan jäteveden BOD₇/ COD_{Cr} -suhde oli $0,41 \pm 0,006$.

Tässä tutkimuksessa BOD₇/ COD_{Cr} -suhde oli $0,41 \pm 0,03$ mikä ei tilastollisesti poikennut yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille tulevan jäteveden keskimääräisestä BOD₇/ COD_{Cr} -suhteesta.

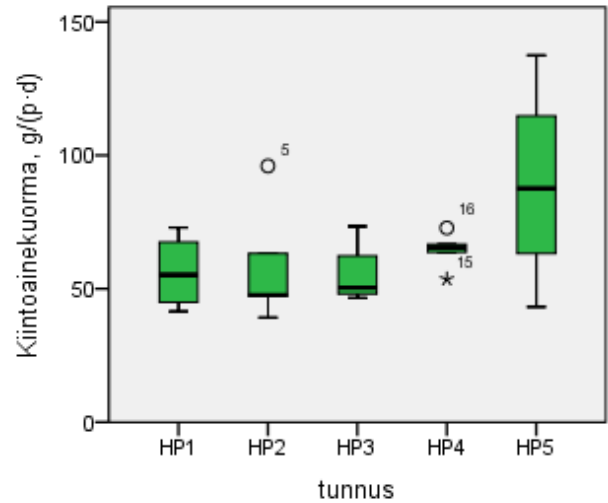
Eri tutkimuskohteiden sekä viikonpäivien merkitystä asukasta kohti laskettuihin kuormituslukuihin testattiin varianssianalyysillä. Viikonpäivien osalta testi voitiin tehdä vain COD_{Cr} -, kiintoaine- ja fosforikuormille, koska kokonaistypen ja BOD₇:n määrittämisä ei ollut riittävästi.

Testien perusteella kohteen HP2 BOD₇-kuorma oli merkitsevästi pienempi kuin muiden kohteiden kuormat. Verrattaessa BOD₇/ COD_{Cr} -suhdetta ei eroa kuitenkaan ollut, ei myöskään COD_{Cr} -kuormituksen osalta. Koska kohteen HP2 vesimääriä ei tarkasti tiedetty ja kun kiinteistöllä samaan aikaan tehtiin korjaustöitä ja esim. maalaustyövälineiden pesuvettä joutui viemäriin (mitä käytännössä varsin usein tapahtuu), ei ko. kohteen mittausarvoja voitu pitää tässä tarkastelussa täysin luotettavina.

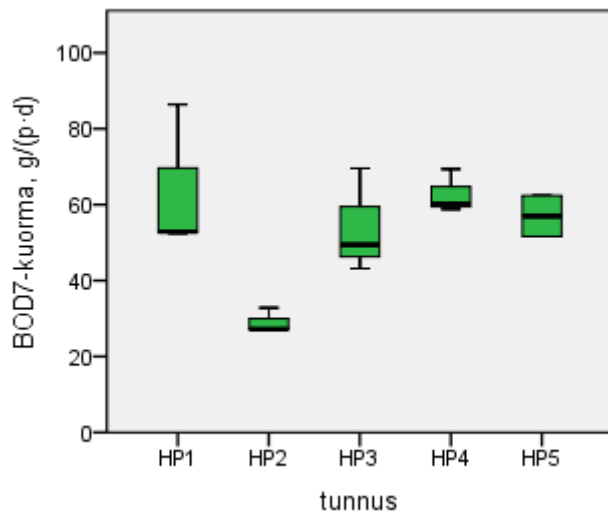
Eri kohteiden boxplot-kuvaajat on esitetty kuvissa 1 – 6. On huomattava, että kohteen HP2 arvot perustuvat arvioituun vesimäärään.



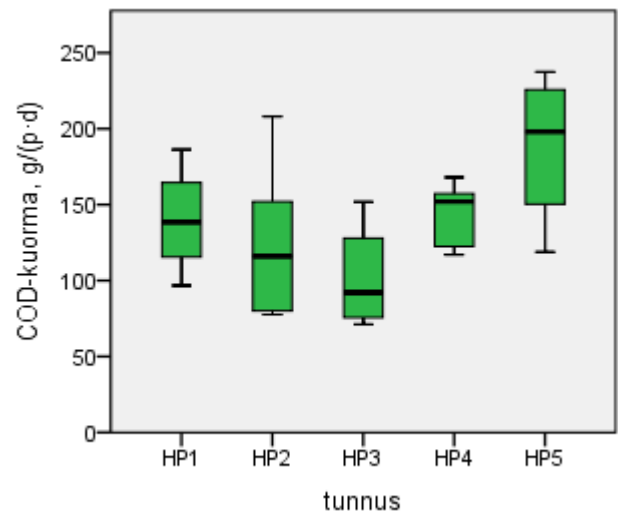
Kuva 1. Vuorokautinen vesimäärä eri kohteissa



Kuva 2. Vuorokautinen kiintoainekuorma eri kohteissa



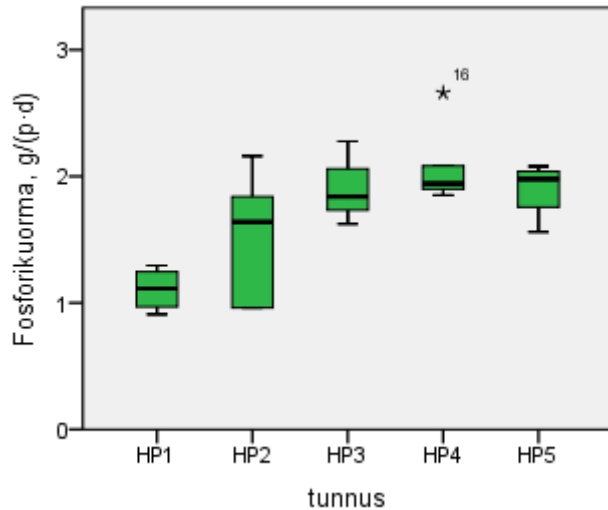
Kuva 3. Vuorokautinen BOD₇-kuorma eri kohteissa



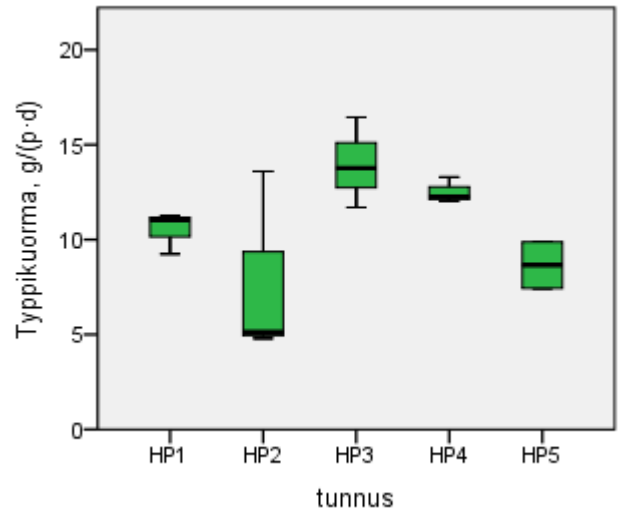
Kuva 4. Vuorokautinen COD_{Cr}-kuorma eri kohteissa

Kohteen HP1 fosforikuormitus oli tilastollisesti merkitsevästi matalampi muiden kohteiden kuormitukseen verrattuna.

Kokonaistyyppianalysejä tehtiin 2 – 3 kappaletta kohdetta kohti kun ajateltiin, että päivittäin tehtävä ammoniumanalyysi kuvaisi kokonaistyyppipitoisuutta riittäväällä tarkkuudella. Tämä olettaus osoittautui kuitenkin vääräksi. Asiaa on tarkasteltu enemmän kohdassa Ammonium- ja kokonaistyyppi sivuilla 17 - 18 .



Kuva 5. Vuorokautinen fosforikuorma eri kohteissa.

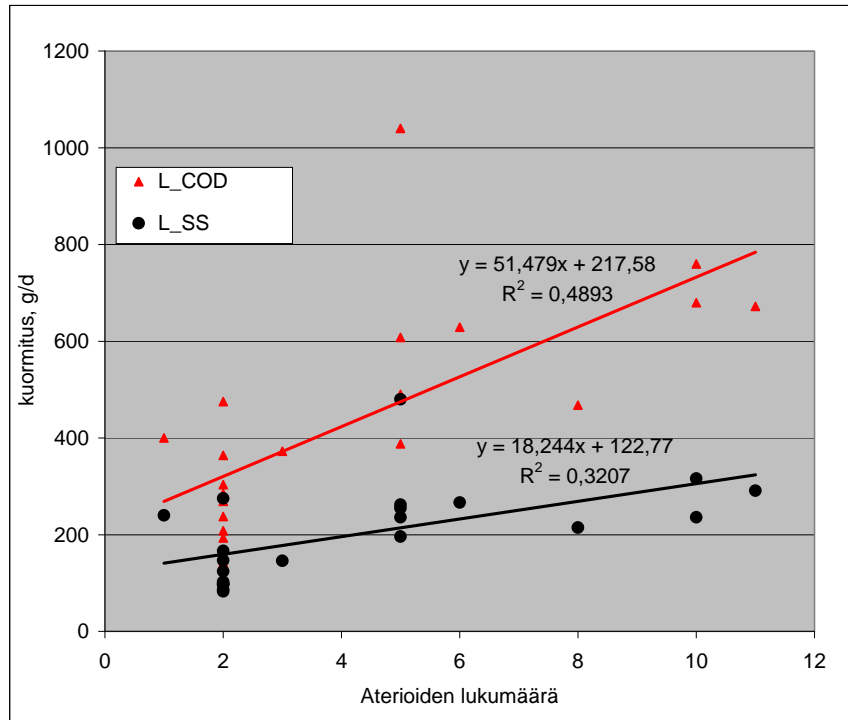


Kuva 6. Vuorokautinen kokonaistypikuorma eri kohteissa.

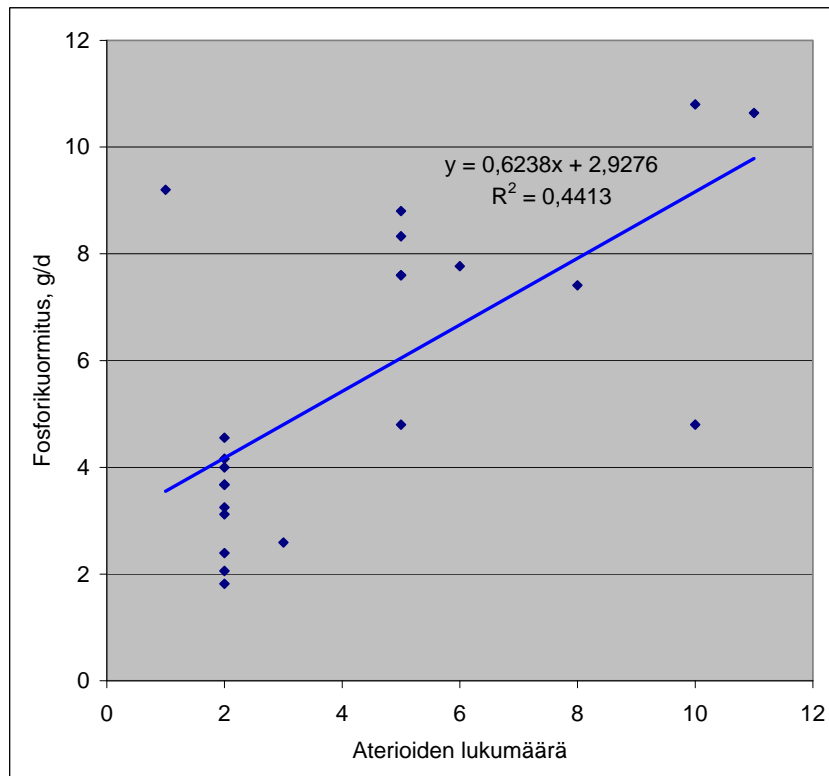
Eräiden tekijöiden vaikutusta tutkittiin silmämääräisesti xy-kuvaajien avulla ja voitiin todeta, että kiinteistöllä vuorokaudessa syötyjen aterioiden lukumäärä (lounas ja päivällinen) vaikuttivat COD_{Cr}-, kiintoaine- ja fosforikuormitukseen (kuvat 7 ja 8). Korrelaatiokertoimet p-arvoineen on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Eräiden kuormitusarvojen ja aterioiden lukumäärän välinen korrelaatio

	n	Korrelaatiokerroin	Merkitsevyys
COD _{Cr} -kuormitus	22	0,62	0,000
Kiintoainekuormitus	22	0,50	0,003
Fosforikuormitus	22	0,47	0,005



Kuva 7. Vuorokauden COD_{Cr} - ja kiintoainekuorma aterioiden lukumäärän funktiona. Kuvaajaan on merkitty regressiosuorien yhtälö ja selitysaste R^2 .



Kuva 8. Vuorokauden fosforikuorma aterioiden lukumäärän funktiona. Kuvaajaan on merkitty regressiosuoran yhtälö ja selitysaste R^2 .

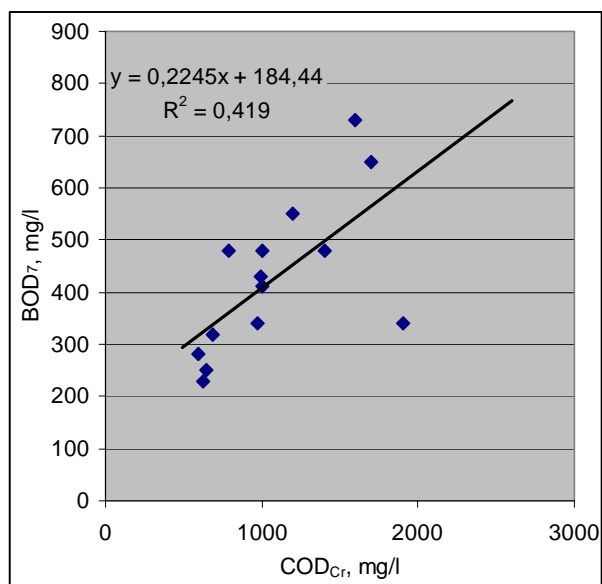
Eri pitoisuuksien välisten korrelaatioiden matriisi on esitetty taulukossa 8 ja xy-kuvaajat kuvissa 9 – 11.

Taulukko 8. Eräiden jäteveden pitoisuuksien korrelaatiokertoimet (Pearson). Korrelaatiokertoimen merkitsevyys on ilmaistu tähdillä.

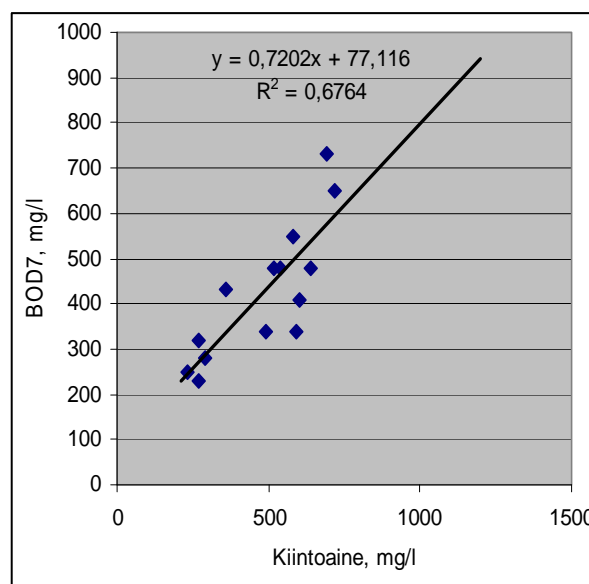
	Kiintoaine	COD _{Cr}	BOD ₇	P _{tot}	N _{tot}
Kiintoaine	1	0,909***	0,822***	0,714***	0,732***
COD _{Cr}		1	0,647**	0,583***	0,35
BOD ₇			1	0,804***	0,717***
P _{tot}				1	0,922***
N _{tot}					1

***Erittäin merkitsevä riskitasolla 0,01, **merkitsevä riskitasolla 0,05

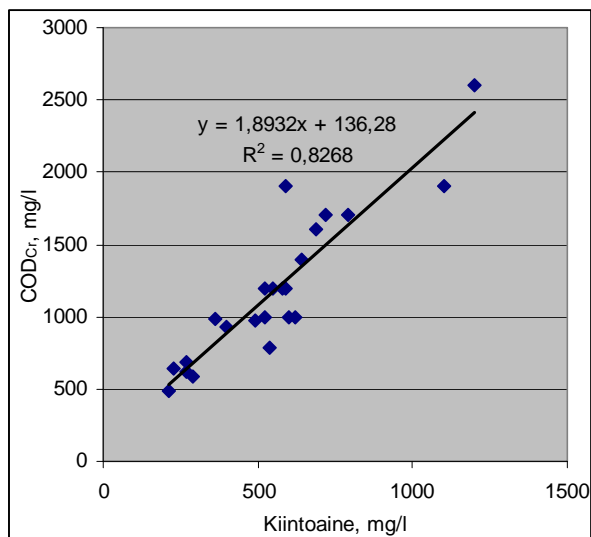
Korrelaatioanalyysi ajettiin myös ei-parametrisillä menetelmillä. Korrelaatiokertoimet olivat niissä jonkin verran pienempiä, mutta niiden tilastollinen merkitsevyys oli sama.



Kuva 9. BOD₇-pitoisuus COD_{Cr}-pitoisuuden funktiona. Kuvaajaan on merkitty regressiosuoran yhtälö ja selitysaste R².



Kuva 10. BOD₇-pitoisuus kiintoainepitoisuuden funktiona. Kuvaajaan on merkitty regressiosuoran yhtälö ja selitysaste R².



Kuva 11. COD_{Cr} -pitoisuus kiintoainepitoisuuden funktiona. Kuvaajaan on merkitty regressiosuoran yhtälö ja selitysstaste R².

Kuten yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla, myös yksittäisten kotitalouskiinteistöjen tulevan jäteveden orgaanisten yhdisteiden pitoisuutta voidaan riittävällä tarkkuudella arvioida COD_{Cr} määrittämisen avulla. BOD₇:n ja kiintoaineen välinen korrelaatio oli myös merkittävä, mutta pienempi kuin BOD₇:n ja COD_{Cr}:n välinen. Kiintoaine sisältää paljon selluloosakuituja ja mahdollisia synteettisiä pyykinpesussa vaatteista irtautuvia hiukkasia, jotka eivät hajoa biologisesti BOD₇-määrittämisen aikana.

Ammonium- ja kokonaistyyppi

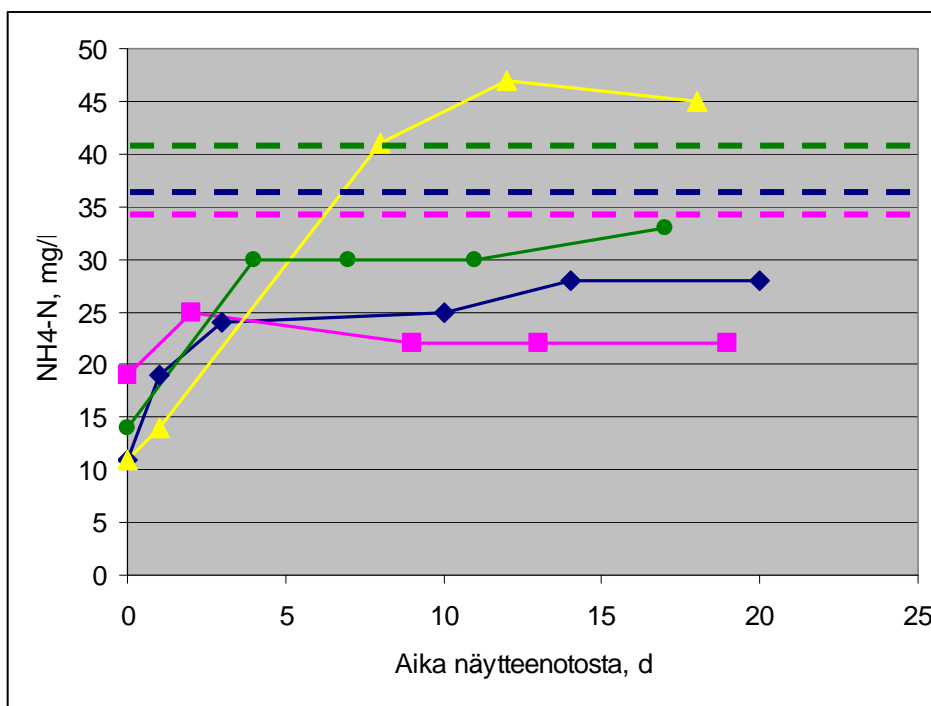
Suurin osa ihmisperäisen jäteveden sisältämästä typestä on peräisin virtsa-aineesta eli ureasta. Se syntyy ravinnon mukana saatujen valkuaisaineiden ja aminohappojen hajoamisesta. Lisäksi tyyppiä on ulostebakteerien ja kuitujen rakenneosissa. Pienempiä määriä syntyy ruoan tähteistä astianpesun yhteydessä, pyykinpesussa ja suihkussa hiukkasmaisina ja kolloidisina valkuaisaineina ja aminohappoina ja muina orgaanisina yhdisteinä. Myös jotkut kodissa käytetyt teknokemian tuotteet saattavat sisältää tyyppiyhdisteitä.

Biologisessa jätevedenpuhdistuksessa orgaaniset tyyppiyhdisteet ja urea hajoavat mikrobiologisen toiminnan seurauksena aluksi ammoniumtypeksi (ammonifikaatio), joka sitten edelleen joko sitoutuu uudeksi solumassaksi tai jos olosuhteet ovat sopivat, nitriroituu nitriitin kautta nitraatiksi.

Ammonifikaatio on varsin nopea prosessi, joka alkaa jo viemärissä. Puhdistamoille tulevan jäteveden kokonaistyyppipitoisuus vaihtelee välillä 40 – 80 mg/l ja tästä on ammoniumina n. 70 – 90 %. (Turun Kakolanmäen, Helsingin Viikinmäen ja Espoon Suomenojan puhdistamot v. 2011 sekä SYKE:n Suomenojan tutkimusaseman tuleva jätevesi.)

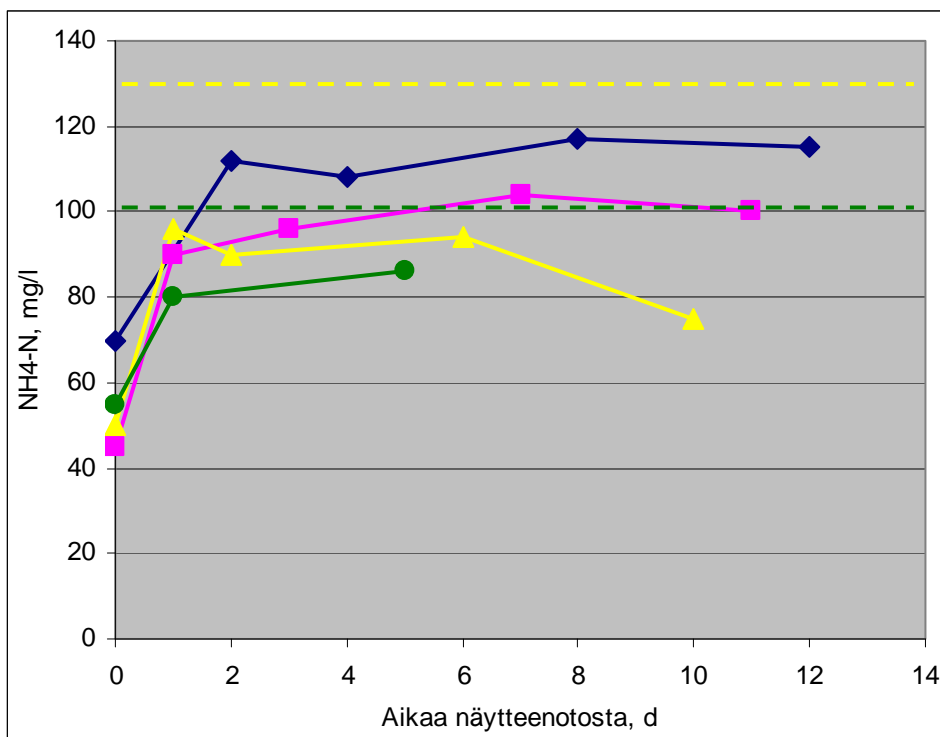
Koska ammonifikaatio on biologinen prosessi, siihen vaikuttavat lämpötila, mikrobimäärä sekä viipymä. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että kohteissa HP1 ja HP3 tulevan ammoniumtyypen osuus kokonaistyyppipitoisuudesta oli 25 – 55 %, kun se muissa kohteissa oli yleensä yli 60%. Kun näytteitä säilytettiin laboratoriossa jääkaapissa (n. 4°C) 1 – 2 viikkoa, ammonifikaatioaste nousi yli 70 prosenttiin. Syynä heti analysoidun näytteen matalaan ammonifikaatioasteeseen on luultavasti matala lämpötila keräilyastiassa. Lämpötilaa ei kuitenkaan mitattu ja se jää näin ollen arvailujen varaan.

Kohteiden HP1 ja HP4 ammoniumtyypen muutoksista on esimerkkejä kuvissa 12 ja 13.



Kuva 12. Kohteen HP1 ammoniumtyypen muutos näytteen säilytyksen aikana. Eri kuvaajat edustavat eri näytteitä. Katkoviivat kuvaavat vastaavan näytteen kokonaistyyppipitoisuutta vastaavalla värillä

Joissakin tapauksissa puhdistamoilla lasketaan nitrifikaatioaste väärin vertaamalla käsittelemättömän ja käsitellyn jäteveden ammoniumtyppipitoisuuksia, jolloin on saatettu päätyä negatiivisiin nitrifikaatioarvoihin. Tämä johtuu siitä, että tulevan jäteveden ammonifikaatio ei ole kerinnyt tapahtua loppuun, vaan esimerkiksi matalasta lämpötilasta johtuen virtsa-aine ja muu orgaaninen typpi on vain osittain hydrolysoitunut viemärissä ja näytteen kuljetusketjun aikana. Biologisessa käsittelyssä ammonifikaatio tapahtuu loppuun ja jos laitos ei nitrifioi, niin nitrifikaatioasteesta tulee näennäisesti negatiivinen. Tässä tutkimuksessa sellainen mahdollisuus tuli osoitettua. Nitrifikaatioaste on aina laskettava vertaamalla tulevan jäteveden kokonaistyyppipitoisuutta käsitellyn jäteveden ammoniumtyppipitoisuuteen.



Kuva 13. Kohteen HP4 ammoniumtyypin muutos näytteen säilytyksen aikana. Eri kuvaajat edustavat eri näytteitä. Katkoviivat kuvaavat vastaavan näytteen kokonaistyyppipitoisuutta vastaavalla värillä.

7. Johtopäätöksiä standardin EN 12566-3 kehittämistä varten

Tutkimuksessa saadut jäteveden pitoisuustiedot olivat monilta osin samankaltaisia kuin muualla Euroopassa. Ne vahvistavat käsitystä siitä, että yhden tai muutaman talouden tuottaman jäteveden laatu on ennen käsittelyä hyvin vaihtelevaa päivästä toiseen ja eri kohteissa toisiinsa verrattuina. Tutkimuksen aineistomäärällä ei voitu osoittaa erityisen selviä riippuvuussuhteita laadun vaihtelulle. Niiden tarkempi selvittäminen näyttää edellyttävän suurempaa seurantakohdemäärää sekä vielä tarkempaa talouden asumisen, elintapojen ja vedenkäytön seuraamista.

Muihin maihin verrattuna jäteveden keskimääräinen BOD-pitoisuus oli tässä tutkimuksessa neljässä kohteessa viidestä selvästi alhaisempi kuin esimerkiksi Ranskassa (Vignoles 2012), Saksassa (Schürmann 2012) ja Itävallassa (Weissenbacher 2012), varsinkin kun otetaan huomioon Keski-Euroopan ja Suomen BOD-määrittystapojen ero (BOD₅ versus BOD₇).

Nykyinen standardi EN 12566-3 edellyttää kolmannen osapuolen suorittamassa pienpuhdistamoiden tyypitestauksessa käytettävän jäteveden keskeisten laatuparametrien pysymistä määrättyissä rajoissa, BOD:n osalta alueella 150 - 500 mg/l. Tämän tutkimuksen perusteella standardisointiryhmässä WG41 ehdotetulle BOD-pitoisuuden sallitun alarajan ja testin aikaisen keskiarvon korottamiselle ei olisi varsinaista tarvetta. Testin aikana tulisi sallia myös matalien pitoisuuksien esiintyminen, kunhan pysytään alkuperäisten rajojen puitteissa.

Koska muissa, edellä lyhyesti kuvatuissa tutkimuksissa, kohteita ja analysoituja näytteitä on ollut vaihtelevat määrät eikä talouksien taustatietoja ole kartoitettu yhdenmukaisesti, ei niissä havaituista jäteveden pitoisuuseroista tai kuormituksen muuttumisesta vuosien kuluessa voi tehdä varmoja johtopäätöksiä. Tuoreimmissa tutkimuksissa näyttää kuitenkin esiintyvän jonkin verran enemmän korkeampia BOD-arvoja kuin vanhemmissa tutkimuksissa. Tällaista kehitystä on havaittu myös muualla Euroopassa ja sillä on perusteltu testauskäytännön muuttamista.

Kun tarkastellaan yhden asukkaan tuottaman jäteveden orgaanista kuormaa henkilöä ja vuorokautta kohden, tässä tutkimuksessa saatiin keskiarvoksi BOD₇ 60 g/(p·d) Tulos ei anna ainakaan vahvoja perusteita vastustaa standardisointityöryhmässä WG41 tehtyä ehdotusta edellyttää testissä käytettäväksi BOD₅ -kuormitusta 55 tai 60 g/(p·d) Tulee kuitenkin huomata, että tässä tutkimuksessa havaittu orgaanisen kuormituksen keskiarvo on alhaisempi, sillä BOD₅:n ja BOD₇:n suhde on noin 0,87. Siten BOD₇:n arvoa 60 g/(p·d) vastaa BOD₅:n arvo 50 g/(p·d).

8. Jatkotutkimuksen tarve

Suomessa on monia muita maita enemmän käytössä jäteveden käsittelyjärjestelmiä, jotka on tarkoitettu vain harmaiden jätevesien käsittelyyn. Niitä on erityisesti kehitetty kesämökkejä varten, joissa käytetään kuivakäymälää, mutta myös ympärivuotiseen käyttöön kohteissa, joissa käymäläjätevedet kerätään umpisäiliöön ja kuljetetaan muualle käsiteltäviksi. Tällaisten harmaavesipuhdistamoiden puolueeton vertailu on ollut toistaiseksi vähäistä ja markkinoilla onkin laitteita, joiden toimivuudesta ei ole saatavissa muuta kuin valmistajan tai markkinoijan ilmoittamaa tietoa. Harmaavesipuhdistamot eivät myöskään sisälly aiemmin mainitun EN-standardin piiriin, joten niille ei ole yhdenmukaista testausmenetelmää. Lisäksi vertailua vaikeuttaa se, että harmaan veden laatu vaihtelee mahdollisesti vielä enemmän kuin käymäläjäätettä sisältävän talousjäteveden. Luotettavan ja puolueettoman testauksen mahdollistamiseksi tarvittaisiin riittävästi tietoa harmaan veden laadusta. Sen hankkimisessa Suomen tulisi olla aktiivinen ja aloitteellinen, koska asia on Suomessa monia muita maita ajankohtaisempi ja tärkeämpi. Aiheesta tullaan mahdollisesti muutaman vuoden sisällä laatimaan standardi, sillä kiinnostus harmaiden vesien ja käymäläjätevesien erilliseen keräilyyn ja käsittelyyn on selvästi lisääntymässä muuallakin. Tämän tutkimuksen jatkaminen ottamalla vastaavalla tavalla näytteitä harmaasta vedestä mahdollisimman monessa ja tosistaan toiminnallisesti poikkeavassa kohteessa olisi siten erittäin tarpeellista. Samalla voitaisiin lisätä seurantoja sekajätevetttä tuottavissa kohteissa, jotta tässä tutkimuksessa saatujen tulosten luotettavuus paranisi.

Viitteet:

- Hannuksela, M. 2011. Haja-asutusalueiden pienpuhdistamoiden puhdistustehokkuus. MINWA-projektin pienpuhdistamotutkimus 2010. Turun ammattikorkeakoulu.
- Hellström, D. & Jonsson, L. 2007. Primärdatafiler från forskningsprojektet Bra små avlopp. Stockholm Vatten VA AB.
- Kujala-Räty, K. & Santala, E. (toim.). 2001. Haja-asutuksen jätevedenkäsittelyn tehostaminen, Hajasampo-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 491.
- Lowe, K.S., Tucholke, M.B., Tomaras, J.M.B., Conn, K., Hoppe, C., Drewes, J.E., McCray, J.E. & Munakata-Marr, J..2009. Influent Constituent Characteristics of the Modern Waste Stream from Single Sources. Colorado School of Mines, Environmental Science and Engineering Division. WERF, Water Environment Research Foundation, Decentralized Systems, Final Report.
- Matikka, V., Veijalainen, A-M. & Vilpas, R. 2012. Haja-asutuksen niukkaressurssiset käsittelykonseptit. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja D4/1/2012.
- Schürmann, B. 2012. RWTH Aachen University. (Esitys CEN-seminaarissa Brysselissä 17.10.2012)
- Särkelä, A. & Lahti, K. 2012. Haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesiratkaisut – toteutuvatko asetuksen tavoitteet käytännössä? Vesitalous 6/2012.
- Vignoles, C. 2012. Veolia Eau. (Esitys CEN-seminaarissa Brysselissä 17.10.2012)
- Vilpas, R., Kujala-Räty, K., Laaksonen, T. & Santala, E. 2005. Haja-asutuksen ravinnekuituksen vähentäminen – Ravinnesampo. Osa 1: Asumisjätevesien käsittely. Suomen ympäristö 762.
- Weissenbacher, N. 2012. BOKU, Vienna. (Esitys CEN-seminaarissa Brysselissä 17.10.2012)

Kiitokset:

- Maa- ja vesitekniikan tuki ry
- Tkl Markku Pelkonen
- Projektiagentit Tmi, Helinä ja Mika Mäkelä
- Sappi Finland I Oy, Salla Leskinen
- KWH Pipe, Miia John
- Kohdetalouksien asukkaat

LIITE 1 Tutkimuksessa käytetyt määrittymenetelmät:

Analyysi	Menetelmä	Laite
Alkaliniteetti	SFS-EN ISO 9963–1: 1996	
BOD ₇ (ATU)	SFS-EN 1899–1:1998	
COD _{Cr}	ISO 15705: 2002 ja SFS 5505: 1988	
Kiintoaine	SFS-EN 872: 2005	
NH ₄ -N	ISO 6778: 1984	Thermo Scientific Orion DUAL STAR-pH/ISE
NO ₃ -N	Sisäinen menetelmä, mittaus suoritetaan ioniselektiivisellä elektrodilla, perustuen laitevalmistajan antamiin ohjeisiin.	Thermo Scientific Orion DUAL STAR-pH/ISE
N _{tot}	Sisäinen menetelmä IC103 modifioitu SFS-EN ISO 11905–1:1998 ja SFS-EN ISO 13395:1997	
pH	SFS 3021: 1979	
PO ₄ -P	Sisäinen menetelmä, perustuu standardiin SFS-EN 6878: 2004 ja kumottuun standardiin SFS 3025: 1986	
P _{tot}	Sisäinen menetelmä, perustuu standardiin SFS-EN 6878: 2004 ja kumottuun standardiin SFS 3026: 1986	
Sähkönjohtokyky	SFS-EN 27888:1994	

LIITE 2 Analyysitulokset ja mitatut vesimäärät.

PVM	VIIKON- PÄIVÄ	NÄYTE- NUMERO	NÄYTE- TUNNUS	pH	SS mg/l	P _{tot} mg/l	N _{tot} mg/l	NH ₄ -N mg/l	COD _{Cr} mg/l	BOD ₇ mg/l	Alkalit. mmol/l	Q l
26.11.2012	ma-ti	164	HP1	7,3	230	4,9	44	11	640	250	2,1	420
27.11.2012	ti-ke	176	HP1	7,7	270	4,8	41	19	690	320	2,5	540
28.11.2012	ke-to	177	HP1	7,0	210	4,6	---	11	490	---	1,5	395
29.11.2012	to-pe	178	HP1	7,7	270	5,2	49	14	620	230	2,6	460
9.1.2013	ke-to	7	HP2	7,9	1200	22	---	36	2600	---	6,9	400*
10.1.2013	to-pe	8	HP2	8,6	490	12	60	42	970	340	6,3	400*
12.1.2013	la-su	9	HP2	8,9	790	27	---	119	1700	---	12,0	400*
13.1.2013	su-ma	10	HP2	7,5	590	12	64	39	1900	340	7,1	400*
14.1.2013	ma-ti	14	HP2	8,6	590	19	---	83	1200	---	9,0	400*
15.1.2013	ti-ke	15	HP2	8,5	600	23	170	128	1000	410	12,5	400*
22.1.2013	ti-ke	19	HP3	8,5	580	18	130	104	1200	550	10,7	253
23.1.2013	ke-to	20	HP3	8,5	290	9,2	78	69	590	280	7,5	353
24.1.2013	to-pe	25	HP3	8,6	620	23	---	115	1000	---	10,8	160
28.1.2013	ma-ti	26	HP3	8,5	540	20	130	110	790	480	10,3	180
9.3.2013	la-su	51	HP4	8,7	550	19	---	70	1200	---	6,9	390
10.3.2013	su-ma	52	HP4	8,9	520	19	---	47	1200	---	6,2	560
11.3.2013	ma-ti	53	HP4	8,7	720	21	130	50	1700	650	8,9	370
12.3.2013	ti-ke	59	HP4	9,0	520	17	100	55	1000	480	8,3	490
13.3.2013	ke-to	70	HP4	8,7	690	20	140	70	1600	730	9,6	380
11.3.2013	ma-ti	54	HP5	---	---	---	---	---	---	---	---	260
12.3.2013	ti-ke	60	HP5	7,6	360	13	62	38	990	430	4,7	240
13.3.2013	ke-to	71	HP5	7,8	640	16	76	34	1400	480	5,2	260
14.3.2013	to-pe	72	HP5	7,4	1100	16	---	47	1900	---	5,0	250
17.3.2013	su-ma	73	HP5	7,1	400	8,5	---	30	930	---	4,4	460

* Arvio

LIITE 3/1 Tilastolliset tunnusluvut kohteittain. Kohteen HP2 kuormitusluvut ovat epävarmoja, koska ne perustuvat arvioituun vedenkulutukseen.

Koh	parametri	Mitatut suureet									Lasketut kuormitusluvut						
		pH	SS mg/l	P _{tot} mg/l	N _{tot} mg/l	NH ₄ -N mg/l	COD _{Cr} mg/l	BOD ₇ mg/l	Alkalit. mmol/	Q l/d	SS g/(p-d)	P _{tot} g/(p-d)	N _{tot} g/(p-d)	NH ₄ -N g/(p-d)	COD _{Cr} g/(p-d)	BOD ₇ g/(p-d)	Q l/(p-d)
HP1	Keskiarvo	7,4	245	4,9	45	14	610	267	2,2	454	56	1,1	11	3,2	140	64	227
	Mediaani	7,5	250	4,9	44	13	630	250	2,3	440	55	1,1	11	2,8	139	53	220
	Keskihajonta	0,34	30	0,25	4,0	3,8	85	47	0,50	63	14	0,17	1,1	1,4	37	19	32
	Keskiarvon keskivirhe	0,17	15	0,13	2,3	1,9	43	27	0,25	32	7,0	0,09	0,65	0,68	18	11	16
HP2	Keskiarvo	8,3	710	19	98	75	1562	363	9,0	400	57	1,5	7,8	6,0	125	29	80
	Mediaani	8,6	595	21	64	63	1450	340	8,1	400	48	1,64	5,1	5	116	27	80
	Keskihajonta	0,52	259	6,1	62	42	634	40	2,7	0	21	0,49	5,0	3,3	51	3,2	0,0
	Keskiarvon keskivirhe	0,21	106	2,5	36	17	259	23	1,1	0,00	8,5	0,20	2,9	1,4	21	1,9	0,0
HP3	Keskiarvo	8,5	508	18	104	100	895	415	10	237	56	1,9	15	11	102	59	118
	Mediaani	8,5	560	19	104	107	895	415	11	217	50	1,8	15	11	92	59	108
	Keskihajonta	0,05	149	6,0	37	21	263	191	1,6	87	12	0,3	1,9	1,9	36	14	44
	Keskiarvon keskivirhe	0,02	74	3,0	21	10	132	110	0,78	44	5,9	0,14	1,1	0,93	18	8,2	22
HP4	Keskiarvo	8,8	600	19	123	58	1340	620	8,0	438	64	2,1	13	6,3	143	63	110
	Mediaani	8,7	550	19	130	55	1200	650	8,3	390	66	1,9	12	6,7	152	60	98
	Keskihajonta	0,14	97	1,5	21	11	297	128	1,4	83	7,0	0,33	0,68	0,93	22	5,7	21
	Keskiarvon keskivirhe	0,06	43	0,66	12	4,9	133	74	0,63	37	3,1	0,15	0,39	0,42	10	3,3	12
HP5	Keskiarvo	7,5	625	13	69	37	1305	455	4,8	294	89	1,9	9	5,4	188	57	147
	Mediaani	7,5	520	15	69	36	1195	455	4,9	260	88	2,0	9	5,2	198	57	130
	Keskihajonta	0,30	340	3,5	10	7,3	448	35	0,35	93	39	0,23	2	1,2	51	7,6	47
	Keskiarvon keskivirhe	0,15	170	1,8	7,0	4	224	25	0,18	42	19	0,12	1,2	0,59	26	5,4	21

LIITE 3/2 Koko aineiston tilastolliset tunnusluvut. Vesimäärissä ja kuormitusluvuissa ei ole otettu huomioon kohdetta HP2.

		Mitatut suureet									Lasketut kuormitusluvut (ilman HP2)						
		pH	SS	P _{tot}	N _{tot}	NH ₄ -N	COD _{Cr}	BOD ₇	Alkalit.	Q	SS	P _{tot}	N _{tot}	NH ₄ -N	COD _{Cr}	BOD ₇	Q
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	l/d	g/(p·d)	g/(p·d)	g/(p·d)	g/(p·d)	g/(p·d)	g/(p·d)	l/(p·d)
Kaikki	Keskiarvo	8,2	555	15	91	58	1187	426	7,0	357	66	1,8	12	6,5	143	60	148
	Mediaani	8,5	550	17	77	47	1000	420	6,9	375	64	1,8	11	6,6	136	53	128
	Keskihajonta	0,64	248	6,7	56	36	517	148	3,2	120	23	0,45	2,4	3,1	45	12	57
	Keskiarvon keskivirhe	0,13	52	1,4	15	7,5	108	39	0,67	25	5,6	0,11	0,73	0,76	11	3,6	13
	Maksimi	9,0	1200	27	170	128	2600	730	13	560	138	2,7	16	13	238	86	270
	Minimi	7,0	210	4,6	41	11	490	230	1,5	160	41	0,91	7,4	2,2	71	43	80