

Haja-asutuksen jätevesien koostumus ja jätevesijärjestelmien toimivuus

Julkaisu 68/2013

Asko Särkelä ja Kirsti Lahti



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

HAJA-ASUTUKSEN JÄTEVESIEN KOOSTUMUS JA JÄTEVESIJÄRJESTELMIEN TOIMIVUUS

Asko Särkelä ja Kirsti Lahti

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry

Julkaisu 68/2013

ISBN 978-952-7019-01-6 (PDF)
ISSN 0357-6671



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

SISÄLLYLUETTELO	sivu
Tiivistelmä	1
1. Johdanto	2
1.1. Haja-asutuksen asumajätevedet	2
1.2. Hankkeen tavoitteet	3
2. Aineisto ja menetelmät	3
2.1. Toimenpiteet ja tutkimuskiinteistöt	3
2.2. Näytteenotto ja vesianalyysit	7
2.2.1. Näytteenotto	7
2.2.2. Vesianalyysit	8
2.2.3. Laskentakaavat	9
3. Tulokset	11
3.1. Kokonaishapenkulutus, orgaanisten aineiden aiheuttama hapenkulutus sekä ammoniumin hapenkulutus	11
3.2. Tulevan jäteveden määrä, kemiallinen laatu ja kuormitus	12
3.3. Tulevan jäteveden hygieeninen laatu ja kuormitus	15
3.4. Lähtevän jäteveden kemiallinen laatu ja kuormitus	15
3.5. Lähtevän veden hygieeninen laatu	18
4. Tulosten tarkastelu	19
4.1. Veden määrä	19
4.2. Harmaiden ja mustien vesien tulokuorma sekä pesu- ja käymälävesien suhteelliset osuudet asumajätevesissä	20
4.3. Kokonaishapenkulutus, orgaanisten aineiden aiheuttama hapenkulutus sekä ammoniumin hapenkulutus	23
4.4. Hygieeninen laatu	25
4.5. Pienpuhdistamoiden toimivuus	25
4.6. Maasuodattamoiden toimivuus	27
4.6.1 Tulosten luotettavuus	30
5. Johtopäätökset	32
Suositukset	33
Kirjallisuus	34
Liite 1. Näytteenotto-ohjeet ja näytteenottopäiväkirja	
Liite 2. Analyysitulokset	
Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus	

Alkusanat:

Uudellamaalla, jossa viemäröinnin ulkopuolella olevaa haja-asutusta on runsaasti, ja jossa vesistöjen kokonaiskuormitus on suuri niiden kokoon nähden, haja-asutuksen jätevedet ovat vakava kuormitustekijä. Herkillä saaristoalueilla haja- ja loma-asutuksella on lisäksi suora yhteys mereen.

Haja-asutuksen jätevesien koostumusta ja kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien toimivuutta selittänyt kolmivuotinen osin Uudenmaan liiton rahoittama Haiku-hanke käynnistyi Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen johdolla syksyllä 2009.

Hankkeen johtoon perustettiin marraskuussa 2009 ohjausryhmä. Hankkeen vastuullisena johtajana ja ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen toiminnanjohtaja Kirsti Lahti ja sihteerinä ympäristöasiantuntija Asko Särkelä. Uudenmaan liittoa ohjausryhmässä edusti Maija Toukola toimien hankkeen valvojana. Hankkeen johtoon perustettuun ohjausryhmään kutsuttiin edustajia Vantaan kaupungista, Nurmijärven kunnasta, Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksesta ja Sipoon kunnasta sekä Uudenmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen Y-vastuualueesta. Kokousmateriaali lähetettiin tiedoksi myös Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry:n, ympäristöministeriöön, Suomen ympäristökeskukseen ja Kuntaliittoon. Lämmin kiitos kaikille ohjausryhmän toimintaan osallistuneille henkilöille. Suuret kiitokset Uudenmaan liitolle hankkeen rahoituksen järjestymisestä.

Varsinaista tutkimustyötä tehtiin Vantaan kaupungin, Sipoon kunnan ja Mäntsälän kunnan alueilla sijaitsevilla kiinteistöillä. Suuret kiitokset kuuluvat ko. tutkimuskiinteistöjen omistajille vaivannäöstä, avusta näytteenottojen asianmukaisessa suorittamisessa ja kiinnostuksesta hankettamme kohtaan.

Haluamme kiittää hankkeen parissa työskennelleitä työtovereitamme, Noora Mielikäistä, Esra Marvinia ja Hannele Havansia näytteenottoavusta sekä Teemu Haapalaa, Jari Männynsaloa ja Pasi Valkamaa avusta työn eri vaiheissa tekstin kommentoinnissa sekä kuvien ja taulukoiden laadinnassa.

Kiitokset kuuluvat myös MetropoliLabin laboratoriohenkilökunnalle sekä VTT:n Minna Vikmanille ja IDEXX-laboratoriolle *E. coli* -kantojen tyypityksestä.

Erityiskiitos kuuluu ehdottomasti Uudenmaan ELY-keskuksen Ari Kankaalle, joka varsinkin hankkeen raportointivaiheessa antoi arvokkaita kommenttejaan.

Helsingissä 22.5.2013

Kirsti Lahti

Asko Särkelä

HAJA-ASUTUKSEN JÄTEVESIEN KOOSTUMUS JA JÄTEVESIJÄRJESTELMIEN TOIMIVUUS

Tiivistelmä:

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen haja-asutuksen jätevesien koostumusta ja jätevesijärjestelmien toimivuutta selvittäneessä Uudenmaan liiton osin rahoittamassa, kolmivuotisessa Haiku-hankkeessa vertailtiin haja-asutusalueella sijaitsevasta kymmenestä kiinteistöstä muodostuvien **mustien (käymälä- ja pesuvedet) jätevesien** sekä **harmaiden (pelkät pesuvedet) jätevesien** laadullisia ja määrällisiä eroja sekä erilaisten jätevesijärjestelmien toimivuutta. Muista Suomessa tehdyistä haja-asutuksen jätevesiin liittyvistä tutkimuksista poiketen hankkeen kaikkiin tutkimuskiinteistöihin asennettiin vesimittarit todellisen jätevesikuormituksen (g/as/vrk) selvittämiseksi.

Tutkimuksessa havaittiin, että kokonaisasumajätevesistä käymälävedet sisältävät vähintään 90 % typestä, 80 % fosforista, 90 % ammoniumtypen aiheuttamasta hapenkulutuksesta, 60 % orgaanisen aineen aiheuttamasta biologisesta hapenkulutuksesta ja 80 % kokonaishapenkulutuksesta sekä 98 % ulosteperäisistä bakteereista. Käymälävesien sisältämän ammoniumtypen havaittiin aiheuttavan jopa suuremman hapenkulutuksen kuin orgaanisten aineiden aiheuttama biologinen hapenkulutus.

Tutkimuksessa osoitetaan, että haja-asutuksen jätevesiasetuksen velvoitteet ja ennen kaikkea sen tavoitteet voi täyttää tässä hankkeessa tutkituista menetelmistä parhaiten pesu- ja käymälävesien erillisviemäröinnillä ja -käsittelyllä. Asetuksen velvoitteet täyttäessäänkin kaikkien asumajätevesien yhteiskäsittelyjärjestelmistä luontoon purkautuvat jätevedet sisältävät usein suuria *E. coli* -pitoisuuksia ja vesistöissä runsaasti happea kuluttavia pelkistyneitä typpiyhdisteitä. Pelkistä pesuvesistä pitää poistaa ainoastaan hieman orgaanista ainetta, sillä typpi- ja fosforikuormitus on niissä vähäistä.

Pesuvesissä ajoittain todetut suuret *E. coli* -pitoisuudet voivat olla myös muualta kuin ulostekuormituksesta peräisin (20 %:ssa tutkimistamme pesuvesikohteista). *E. coli* -bakteeri lisääntyi näillä tutkimuskiinteistöillä keittiön tiskialtaan viemärissä, mitä yleisimmät taudinaiheuttajamikrobit eivät tee. Näissä tapauksissa *E. coli* indikaattoriarvo ulostesaastutuksen kuvaajana ei toteudu. Jotta pesuvesiin liittyviä hygieenisiä riskejä ei yliarvioitaisi, olisi *E. coli* rinnalla hyvä tutkia myös suolistoperäisten enterokokkien esiintymistä.

Sähkönjohtavuuksien ja kenttähavaintojen perustella havaittiin, että maasuodattamoihin pääsi huomattavia määriä laimentavia vesiä. Tätä ilmeistä laimennusvaikutusta ei Suomessa tehdyissä keskeisissä maasuodattamotutkimuksissa ole juurikaan otettu huomioon, minkä vuoksi niiden tuloksista tehty laskelmat ja johtopäätökset antavat liian positiivisen kuvan maasuodattamoiden toiminnasta. Panospuhdistamoiden puhdistustulokset vaihtelivat suuresti, järjestelmät vaativat asiantuntevaa huoltoa ja puhdistusprosessit olivat alttiita häiriöille.

1. Johdanto

1.1. Haja-asutuksen asumajätevedet

Yhdyskunta- ja teollisuusjätevesien käsittely on tehostunut merkittävästi viimeisten 10–20 vuoden aikana. Hajakuormituksen suhteellinen osuus jätevesien kokonaiskuormituksesta on siten kasvanut (Uudenmaan maakuntaohjelma 2007–2010). Vesistöjen hajakuormitus muodostuu mm. maatalouden ravinnevalumista, kotitalouksien jätevesistä sekä sade- ja sulamisvesien aiheuttamasta luonnollisesta ravinteiden huuhtoutumisesta. Haja- ja loma-asutuksen osuus vesistöjen hajakuormituksesta on koko Suomessa keskimäärin arvioitu olevan noin 8 % fosforin ja 3 % typen osalta (Vesiensuojelun tavoiteohjelma 2015).

Uudellamaalla, jossa viemäröinnin ulkopuolella olevaa haja-asutusta on runsaasti, ja jossa vesistöjen kokonaiskuormitus on suuri niiden kokoon nähden, haja-asutuksen jätevedet ovat vakava kuormitustekijä. Herkillä saaristoalueilla haja- ja loma-asutuksella on lisäksi suora yhteys mereen.

Kotitalouksien jätevedet sisältävät mm. typpeä ja fosforia sekä eloperäistä ainesta ja ulostemikrobeja. Puhdistuskäsittelyn jälkeen nämä jätevedet puretaan tavallisesti kiinteistöjen pihapiireihin, talousvesikaivojen läheisyyteen sekä mataliin ojiin, lampiin, poukamiin tai latvavesiin. Puutteellisesti puhdistettuna ne lisäävät rehevöitymistä, kuten leväkukintoja, veden happipitoisuuden vähenemistä ja voivat aiheuttaa terveyshaittoja, kuten ulostemikrobien sekoittumista uima- ja juomavesiin.

Maaliskuun 10 päivänä 2011 voimaan astuneen Valtioneuvoston asetuksen (209/2011) talousvesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (myöhemmin haja-asutuksen jätevesiasetus tai asetus) vaatimukset täyttävä luontoon kohdistuva kuormitus eri haitta-aineiden osalta on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Haja-asutuksen jätevesiasetuksen (VN asetus 209/2011) perus- ja vaativamman tason enimmäiskuormitus biologisen hapenkulutuksen, kokonaisfosforin ja kokonaistypen osalta.

	orgaaninen aines, BHK _{7(ATU)} (g/as/vrk)	kokonais- fosfori, (g/as/vrk)	kokonais- typpi, (g/as/vrk)
perustaso	10	0,66	9,8
tiukka vaatimustaso	5	0,33	8,4

Haja-asutuksen jätevesiasetuksen tavoitteena on estää pohja- ja pintavesien sekä talousvesien, omien tai naapurin kaivojen, veden pilaaminen sekä haja-asutuksen jätevesistä muodostuvan ravinnekuormituksen vähentäminen. Jätevesijärjestelmät, jotka eivät täytä asetuksessa säädettyjä vaatimuksia, on saatettava asetuksen mukaisiksi 15.3.2016 mennessä.

Taulukossa 2 on esitetty asumajätevesien koostumus kuormituslähteittäin haja-asutuksen jätevesiasetuksen mukaan.

Taulukko 2. Haja-asutuksen jätevesien haitta-aineiden määrät grammoina kuormituslähteittäin asukasta kohti vuorokaudessa ja niiden prosenttiosuudet

		BHK _{7(ATU)} (g/as/vrk)	%	kokonais- fosfori (g/as/vrk)	%	kokonais- typpi (g/as/vrk)	%
Kuormituksen alkuperä	uloste	15	30	0,66	30	1,4	10
	virtsa	5	10	1,1	50	11,2	80
	pesuvesi	30	60	0,44	20	1,4	10
Yhteensä		50	100	2,2	100	14	100

1.2. Hankkeen tavoitteet

Haiku-hankkeen tavoitteena oli selvittää haja-asutusalueiden kotitalouksista muodostuvien pesu- ja käymälävesien laatua ja määrää sekä erilaisten kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien toimivuutta. Tavoitteena oli tuottaa mahdollisimman tarkkaa tietoa eri haitta-aineiden kuormituksesta (g/as/vrk) mitattuun tutkimuskiinteistöjen vedenkulutukseen perustuen.

Kiinteistöllä käytetty todellinen vesimäärä on aivan yhtä oleellinen tekijä kuin näytteen analyysitulokset laskettaessa kiinteistökohtaista grammamääräistä kuormitusta. Valitettavasti suurimmassa osassa Suomen haja-asutuksen jätevesiin liittyvissä tutkimuksissa veden käyttömäärä on vain arvioitu, vaikka veden käyttö vaihtelee huomattavasti eri näytteenottokertojen välillä.

Hankkeen tavoitteena oli myös selvittää, mikä osa käsittelemättömien asumajätevesien (saostuskaivokäsittelyn jälkeen) kokonaishapenkulutuksesta on ammoniumin ja mikä osa orgaanisten aineiden aiheuttamaa hapenkulutusta.

Hankkeen avulla pyrittiin edistämään vesiensuojelua ja kestävä kehityksen mukaista asumista haja-asutusalueilla. Hankkeessa selvitettiin erilaisten kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien toimivuutta, etuja ja haittoja ja pyrittiin siten auttamaan kiinteistönomistajia valitsemaan mahdollisimman toimiva jätevesijärjestelmä, jonka avulla voidaan minimoida haja-asutusalueiden lähiympäristön, järvien, jokien sekä omien ja naapurien talousvesikaivojen pilaantuminen.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Toimenpiteet ja tutkimuskiinteistöt

Hankkeessa vertailtiin haja-asutusalueiden kiinteistöistä muodostuvien pesu- ja käymälävesien laadullisia ja määrällisiä eroja sekä eri jätevesijärjestelmien toimivuutta. Tutkimuksessa oli mukana kymmenen kiinteistöä, joista viidessä jäteveden puhdistusjärjestelmään johdettiin **pelkät pesuvedet (harmaat vedet)** ja neljässä **kaikki asumajätevedet (mustat vedet)**. Lisäksi yhdellä kiinteistöllä pesuvesien joukkoon johdettiin myös erottelevan sisäkuivakäymälän (tosin käytössä lähinnä yöaikaan) virtsa (kuva 1 ja taulukko 3). Tutkimuskiinteistöihin asennettiin vesimittarit. Vesinäytteet otettiin sekä tulevasta jätevedestä (saostussäiliöstä) että jätevesijärjestelmästä lähtevästä, ”puhdistetusta” jätevedestä vuorokauden kokoomänäytteinä neljä kertaa vuoden aikana.

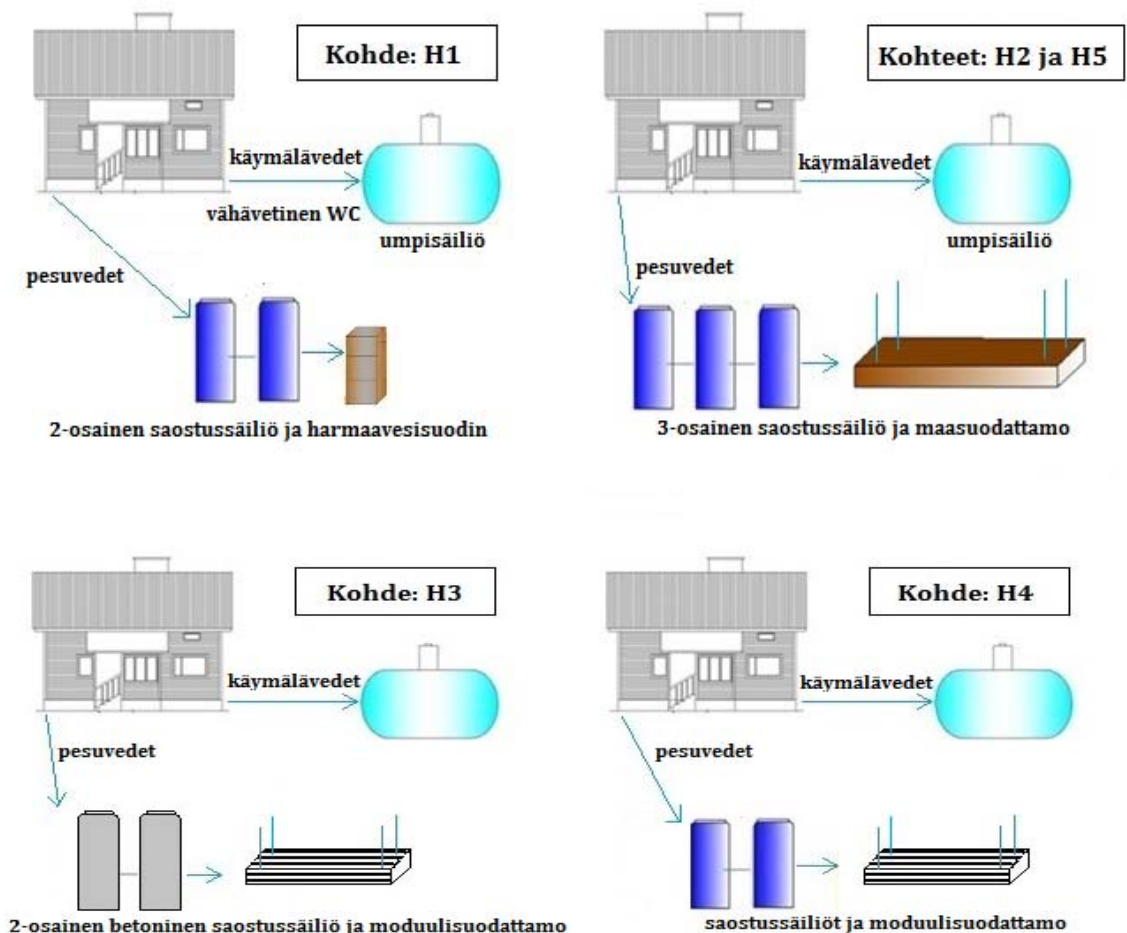
Tässä julkaisussa "tulevalla jätevedellä" tarkoitetaan saostussäiliöistä otettua jätevettä (siis osin käsiteltyä jätevettä) ja "lähtevällä jätevedellä" varsinaisesta jäteveden käsittelyjärjestelmästä luontoon johdettavaa käsiteltyä jätevettä.

Hankkeessa kerättiin myös tietoa keskimääräisestä kiinteistökohtaisesta vuotuisesta vedenkulutuksesta erilaisissa talouksissa (l/as/vrk).

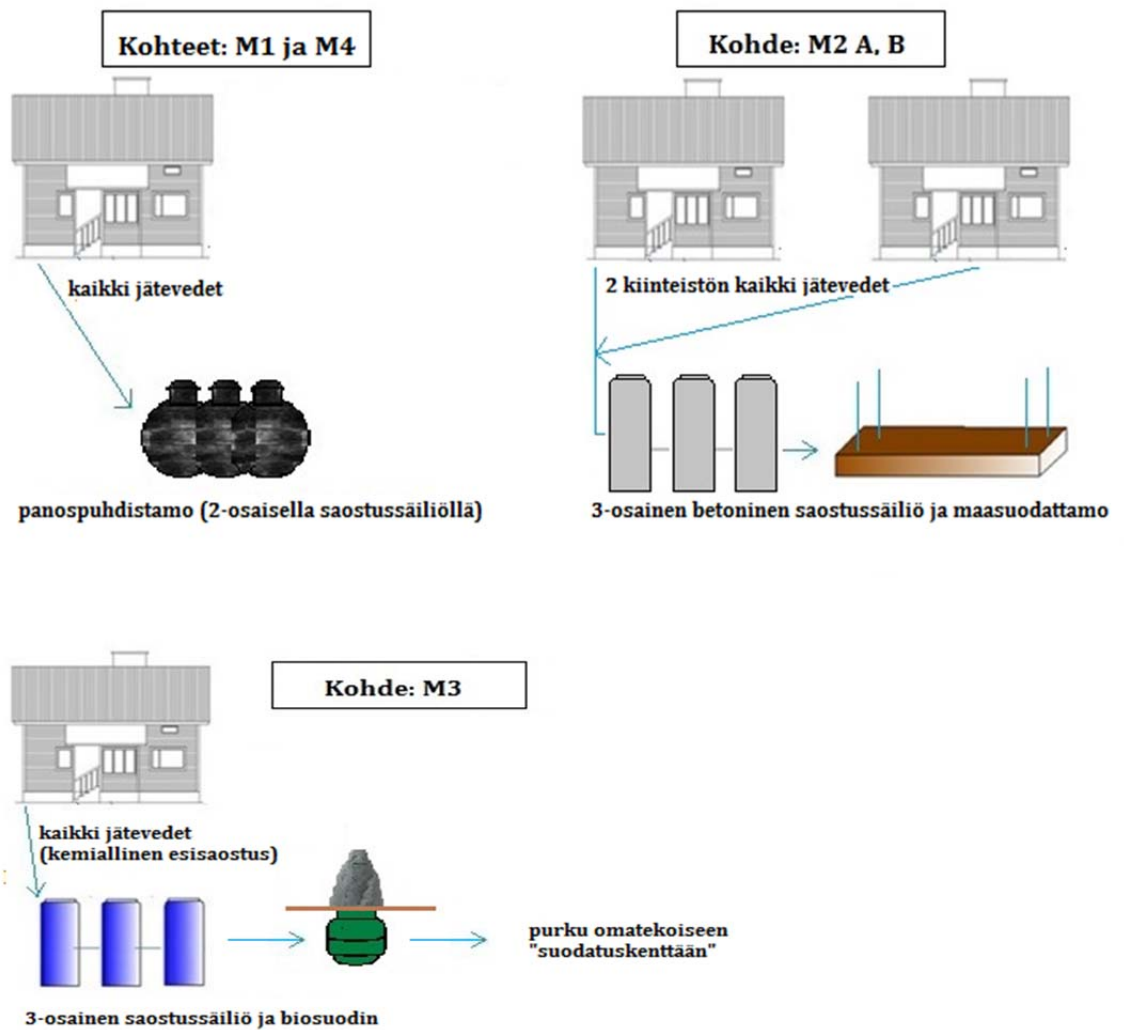
Kiinteistöjen omistajat haastateltiin ennen tutkimusta, selvitettiin asukkaiden vedenkulutustottumukset, vesikalusteet ja jäteveden käsittelyjärjestelmät sekä näytteenottomahdollisuudet. Kiinteistöt valittiin Sipoon, Vantaan ja Mäntsälän kunnista saatujen tietojen ja omien aikaisempien tietojen pohjalta. Tutkimukseen halukkaita kiinteistöjä oli hyvin työlästä etsiä, sillä useat kiinteistönomistajat tiedostivat jätevesijärjestelmiensä huonon kunnon. Hankkeen tutkimuskiinteistöjen jätevesijärjestelmät ovat, yhtä poikkeusta lukuun ottamatta, haja-asutuksen jätevesiasetuksen voimaan astumisen (1.1.2004) jälkeen rakennettuja (taulukko 3).

Kuvassa 1 on esitetty suuntaa-antavat periaatepiirroksset tutkimuskiinteistöjen jätevesijärjestelmistä.

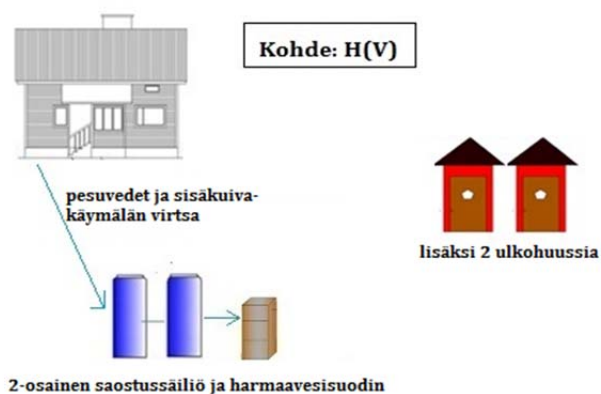
Harmaat vedet (=pelkät pesuvedet)



Mustat vedet (= käymälä- ja pesuvedet)



Pesuedet ja kuivakäymälän virtsa



Kuva 1. Suuntaa-antavat periaatepiirroksat tutkimuskiinteistöjen jätevesijärjestelmistä.

Tutkimuskiinteistöjen jätevesijärjestelmät ja asukasmäärät on kuvattu tarkemmin taulukossa 3.

Taulukko 3. Tutkimuskiinteistöjen jätevesijärjestelmät ja asukasmäärät sekä neljän näytteenottokerran pienin ja suurin kiinteistöillä käytetty kokonaisvesimäärä.

Pesuedet (harmaat)

tunnus	perhe	käymälävedet	pesuedet		vedenkäyttö (l/as/vrk)
			esikäsittely	varsinainen käsittely, rakennusvuosi	min - max
H1	2 aikuista, 2 lasta	umpisäiliö (vähävetinen käymälä)	2-osainen, saostussäiliö, 1 m ³	harmaavesisuodin	40 - 60
H2	2 aikuista, 2 lasta	umpisäiliö	3-osainen saostussäiliö	maasuodattamo, 2005	25 - 115
H3	2 aikuista, 2 suurta koiraa	umpisäiliö	2-osainen betoninen saostussäiliö, 1,5 m ³	moduulisuodattamo, 2009 (mitoitettu kaikille vesille)	107 - 140
H4	2 aikuista	umpisäiliö	saostussäiliö, 1 m ³	moduulisuodattamo, 2009	89 - 119
H5	2 aikuista, 2 lasta (1,5 ja 3 v.)	umpisäiliö	3-osainen saostussäiliö, 3 m ³	maasuodattamo, 2009	70 - 116

Kaikki jätevedet (mustat)

tunnus	perhe	käymälävedet		vedenkäyttö (l/as/vrk)
		esikäsittely	varsinainen käsittely, rakennusvuosi	min - max
M1	2 aikuista, 2 lasta	(2-osainen saostussäiliö)	panospuhdistamo, 2009	60 - 88
M2A,B	3 aikuista, 2 lasta (2 kiinteistön yhteinen)	3-osainen, betoninen 4,5 m ³ saostussäiliö	maasuodattamo, 2002 (ei fosforinpoistoa)	38 - 71
M3	2 eläkeläistä	3-osainen saostussäiliö, 3 m ³ , kemiallinen esisaostus	biosuodin, 2009, omatekoinen "suodatuskenttä"	79 - 135
M4	2 aikuista, 1 teini	(2-osainen saostussäiliö)	panospuhdistamo, 2005	69 - 138

Pesuedet ja kuivakäymälän virtsa

tunnus	perhe	käymälävedet	pesuedet		vedenkäyttö (l/as/vrk)
			esikäsittely	varsinainen käsittely, rakennusvuosi	min - max
H(V)	2 aikuista	virtsan erotteleva sisäkuivakäymälä, 2 ulkokuuusia	2-osainen, saostussäiliö	harmaavesisuodin, 2000	43 - 86

Vantaan kiinteistöt

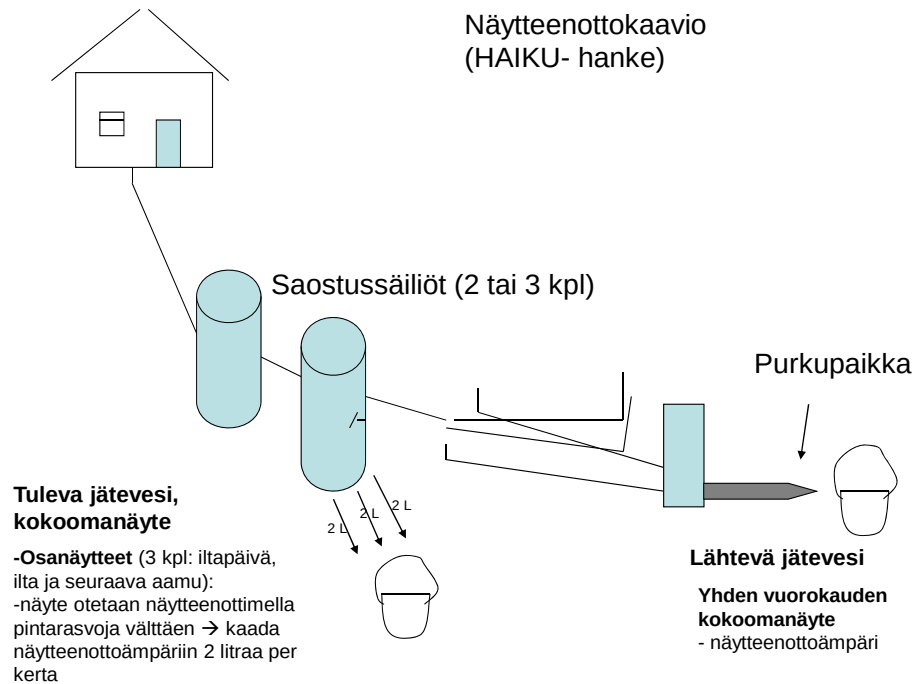
Näiden kymmenen varsinaisen tutkimuskiinteistön lisäksi hankkeessa tutkittiin kertakokoomanäytteenä tulevaa (saostussäiliöstä) pesuvettä viidestä Vantaalla sijaitsevasta kiinteistöstä. Ko. kiinteistöillä umpisäiliöön johdettiin käymälävesien lisäksi myös astianpesukoneen ja/tai keittiön vedet. Ko. kiinteistöillä ei ollut vesimittaria.

2.2. Näytteenotto ja vesianalyysit

2.2.1. Näytteenotto

Tulevan jäteveden näyte otettiin kokoomanäytteenä yhden vuorokauden ajalta viimeisen saostuskaivon t-haaran alaosan kohdalta pitkävartisella näytteenottimella pintarasvoja välttämällä kannelliseen näytteenottoämpäriin yhteensä kolmena osanäytteenä (a'2 litraa = 6 litraa). Kaksi osanäytettä otettiin iltapäivän ja illan aikana, kolmas seuraavan päivän aamuna (kuva 2). Kiinteistönomistajat ottivat kaksi ensimmäistä osanäytettä heille tarkoin annettujen ohjeiden mukaisesti. Kiinteistön omistajat kirjasivat näytepäiväkirjaan vesimittarin lukemat näytteenottovuorokauden alussa ja seuraavana aamuna sekä selostivat näytteenottovuorokauden tapahtumat. Liitteenä 1 on näytteenottopäiväkirja.

Lähtevän veden näyte otettiin kokoomanäytteenä yhden vuorokauden ajalta jätevesijärjestelmän purkuputken suulle sijoitetusta näytteenottoämpäristä. Lähtevän veden näyte oli siis osin vain osanäyte, sillä ylimääräinen vesi virtasi ämpäristä ylivuotona pois (kuva 2).



Kuva 2. Näytteenottokaavio

Sertifioitu näytteenottaja otti aamulla viimeisen tulevan veden osanäytteen sekä tulevan ja lähtevän veden kokoomanäytteenottoämpäreistä näytteet sekoituksen jälkeen. Näytteet analysoitiin MetropoliLabissa Helsingissä.

Näytteenottokertoja oli noin vuoden mittaisen tutkimusjakson aikana yhteensä neljä: kesäkuu ja lokakuu 2010 sekä huhtikuun 2011 alku ja toukokuu 2011 loppu. Näytteenotot eivät osuneet aina samalle päivälle kaikilla kiinteistöillä mm. aikataulujen sovittamisen hankaluuden takia. Erittäin kylmän ja runsaslumisen talven 2010 – 2011 takia näytteitä ei pystytty ottamaan keskitalvella. Näiden varsinaisten neljän näytteenottokerran lisäksi tehtiin vielä muutamia yksittäisiä näytteenottoja ja kenttähavaintoja vuosien 2011 ja 2012 aikana.

Vantaan kiinteistöt

Vantaalla sijaitsevien kiinteistöjen, joissa umpisäiliöön johdettiin käymälävesien lisäksi myös astianpesukoneen ja/tai keittiön vedet, tulevan pesuveden kokoomanäytteet otettiin samalla periaatteella kuin varsinaisilla kymmenellä tutkimuskiinteistöllä kuvan 2 tapaan. Näiden kiinteistöjen lähtevää, puhdistettua jätevettä, ei tutkittu.

2.2.2. Vesianalyysit

Näytteistä analysoitiin kiintoaine, biologinen hapenkulutus ($BHK_{7(ATU)}$), kokonaishapenkulutus (BHK_{21}), ulosteperäiset bakteerit (pääosin vain *E. coli*), kokonaisravinteet ja ammoniumtyyppipitoisuus, osasta näytteitä myös sähköjohtavuus (taulukko 4).

Suomessa biokemiallinen hapenkulutuksen määrittäminen ($BHK_{7(ATU)}$) suoritetaan mittaamalla happimäärä, jonka näyteveden orgaaninen aine kuluttaa hajotessaan biologisesti seitsemän vuorokauden aikana. Ammoniumin nitrifioituminen voi käynnistyä määrittämyksen loppuvaiheessa kasvattaen testin tulosta. Mikäli halutaan selvittää vain orgaanisen aineen aiheuttama hapenkulutus, näytteeseen lisätään nitrifikaation estävää inhibiittoria, allyyliotioureaa, jonka käyttö merkitään lyhenteellä ATU. Tätä tehdään siksi, että satunnainen nitrifikaatio eliminoidaan BHK määrittämyksestä. $BHK_{7(ATU)}$ määrittäminen ei siis kuvaa jäteveden aiheuttamaa kokonaishapenkulutusta.

Kahdella ensimmäisellä näytteenottokerralla näytteistä analysoitiin myös kokonaishapenkulutus (BHK_{7-21}) pidentämällä biologisen hapenkulutuksen (BHK_7) analyysin mittausaikaa 7 vrk:sta 21 vrk:een lisäämättä analyysiin nitrifikaation estävää inhibiittoria.

Kahdella viimeisellä näytteenottokerralla tutkittiin tarkemmin jäteveden sisältämiä ulosteperäisiä bakteereja. Tuolloin bakteerinäytteitä otettiin lähtevän jäteveden ohella myös tulevasta jätevedestä.

Vesinäytteistä eristettiin kiinteistöltä H1 kolme ja yhdeltä Vantaan kiinteistöltä (R1) kahdeksan *E. coli* -bakteeriksi laskettua kantaa, joille tehtiin tyypilliset standardienmukaiset varmistustestit (oksidasi, indolin tuotto ja kaasun tuotto 44,5 °C) sekä API 20E tunnistus MetropoliLabissa. Myös VTT:llä tutkittiin ribotyyppityksellä yhteensä viisi *E. coli* -kantaa.

Vantaan kiinteistöstä eristetyt kahdeksan kantaa lähetettiin myös IDEXX laboratorioon Englantiin tutkittaviksi. Siellä tehtiin *E. coli* -standardien mukaiset varmistustestit ja kantojen tunnistus VITEK II biokemiallisella testisarjalla. Kahdesta edellä mainituista *E. coli* -kannasta on MetropoliLabissa eristetty DNA ja toimitettu Biotekniikan instituuttiin sekvenoitavaksi.

Taulukko 4. Vesinäytteiden analyysimenetelmät

Escherichia coli	mpn/ 100 ml	Colilert Quanti Tray
Suolistoperäiset enterokokit	pmy/ 100 ml	SFS-EN ISO 7899-2:2000
Kiintoaine, GF/A	mg/l	SFS-EN 872:2005
Sähkönjohtavuus	mS/m	SFS-EN 27888:1994
Alkaliteetti	mmol/l	SFS-EN ISO 9963-1:1996
COD _{Cr} , Kemiallinen hapenkulutus	mg/l	ISO 15705:2002
BHK ₇ , ilman ATU:a	O ₂ mg/l	SFS-EN 1899-2:1998
BHK _{7(ATU)} , biologinen hapenkulutus	O ₂ mg/l	SFS-EN 1899-1 1998
BHK ₁₄ , ilman ATU:a	O ₂ mg/l	SFS-EN 1899-2:1998
BHK _{14(ATU)} , biologinen hapenkulutus	O ₂ mg/l	SFS-EN 1899-1 1998
BHK ₂₁ , ilman ATU:a	O ₂ mg/l	SFS-EN 1899-2:1998
BHK _{21(ATU)} , biologinen hapenkulutus	O ₂ mg/l	SFS-EN 1899-1 1998
Ammoniumtyppi	mg/l	ISO 7150: 1984
Kokonaistyyppi	mg/l	SFS-EN ISO 11905-1 (C2)
Kokonaisfosfori	mg/l	Sis. menetelmä, Aquakem

2.2.3. Laskentakaavat

Kuormitus

Näytteenottovuorokauden mitatun vedenkulutuksen perusteella eri haitta-aineille laskettiin asukaskohtainen vuorokautinen kuormitus (g/as/vrk). Mustien vesien kiinteistöjen (M1 – M4) sekä kiinteistöjen H1 (vähävetinen käymälä) ja H(V) (kuivakäymälä) kuormitus laskettiin kertomalla näytteenottovuorokauden aikana mitattu vesimäärä (l/as/vrk) näytteen laatuanalyysin tuloksella (mg/l).

Tutkimuskiinteistöissä H2 – H5, joissa käymälävedet johdettiin umpisäiliöön, pesuvesien määrä laskettiin kertomalla näytteenottovuorokauden mitattu vedenkulutus luvulla 0,666, mikä oli tässä tutkimuksessa havaittu vuotuinen keskimääräinen pesuvesien osuus (66,6 %) kiinteistöiltä muodostuvista kaikista asumajätevesistä. Kuormitus laskettiin siis ko. kiinteistöillä kertomalla laskennallisesti saatu pesuvesien määrä näytteen laatuanalyysin tuloksella.

Käymälävesien grammamääräinen kuormitus ja suhteellinen osuus laskettiin vähentämällä harmaiden vesien keskimääräinen kuormitus (n=5 kiinteistöä) mustien vesien keskimääräisestä kuormituksesta (n=4 kiinteistöä). Näihin laskentoihin ei otettu mukaan kohdetta H(V), jossa pesuvesien joukkoon johdettiin myös sisäkuivakäymälän virtsa.

Kiinteistön H3 tuloksista otettiin muista poiketen mukaan laskelmiin kolme näytettä neljän sijaan, sillä umpisäiliön haasteellisen sijainnin takia sitä ei voitu talvikaan tyhjentää, vaan käymälävesiä jouduttiin umpisäiliöstä ajoittain johtamaan ylivuotona harmaiden vesien saostussäiliöiden kautta

maaperäkäsittelyyn. Kohteen H3 toisen näytteenottokerran analyysitulokset otettiin kuitenkin mukaan harmaiden vesien kuormituslaskelmiin huolimatta siitä, että saostussäiliöihin johdettiin jo käymälävesiä (käymälävesien vaikutus ei vielä näkynyt kovin selkeästi, liite 3). Toisella ja kolmannella näytteenottokerralla kohteessa H3 analyysitulokset kerrottiin kiinteistöllä mitatulla vesimäärällä. Kolmannen näytteenottokerran tulosta ei käytetty harmaiden vesien kuormituslaskelmissa.

Hapenkulutus

Ammoniumin nitrifikaation aiheuttama hapenkulutus määritettiin kahdella ensimmäisellä näytteenottokerralla vähentämällä BHK₂₁ -analyysituloksesta allyyliotiourealisäyksellä (BHK_{21(ATU)}) saatu analyysituloks. Tuloksia verrattiin näytteiden ammoniumtyppipitoisuuksiin.

Ammoniumtyypin hapettuminen nitraatiksi vaatii noin 4,33 grammaa happea nitrifioitua typpigrammaa kohden. Kokonaishapenkulutus laskettiin analyysin (BHK₂₁) sijasta kahdella viimeisellä näytteenottokerralla: kokonaishapenkulutus = BOD_{7(ATU)} + ammoniumtyppipitoisuus * 4,33.

Kokonaishapenkulutukselle ei haja-asutuksen jätevesiasetuksessa ole esitetty puhdistusvaatimusta eikä suurinta sallittua grammamääräistä (g/as/vrk) kuormitusta luontoon. Tässä tutkimuksessa asetamme sille kuitenkin samat puhdistusvaatimukset kuin asetuksessa esitetyt vaatimukset orgaanisen aineen aiheuttamalle hapenkulutukselle (perusvaatimustaso 80 % ja tiukka vaatimustaso 90 %). Laskennallisen, asetuksen kuormituslukuihin perustuvan (BHK_{7(ATU)} (50 g/as/vrk) + TOTN (14 g/as/vrk) * 4,33), kokonaishapenkulutuksen (noin 110 g/as/vrk) avulla suurimmat sallitut luontoon kohdistuvat kuormitukset ovat siten 22 g/as/vrk (perusvaatimustaso) ja 11 g/as/vrk (tiukka vaatimustaso) (vrt. taulukko 1).

Vedenkulutus

Kiinteistöjen vuotuinen keskimääräinen vedenkulutus (l/as/vrk) laskettiin jakamalla vesimittarin vuosilukema kiinteistön asukasmäärällä. Kiinteistön H3 kahden aikuisen asuttamassa kiinteistössä (toinen osa-aikaisessa työssä) oli kaksi suurta koiraa, joiden hoidosta aiheutuva vedenkulutus oli haastattelujen perusteella erittäin suurta. Näytteenottovuorokauden aikainen sekä vuotuinen keskimääräinen vedenkulutus on ko. kiinteistöllä laskettu siten, että nämä kaksi koiraa vastaavat yhtä henkilöä, eli toteutunut vedenkulutus (l/as/vrk) on jaettu kolmella.

Vantaan kiinteistöt

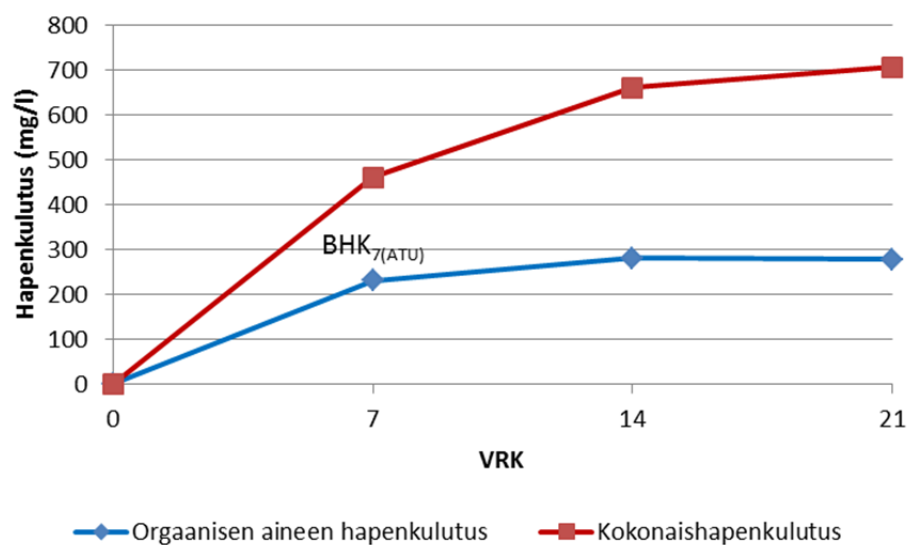
Vantaalla sijaitsevien kiinteistöjen, joissa umpisäiliöön johdettiin käymälävesien lisäksi myös astianpesukoneen ja/tai keittiön vedet vedenkulutus perustui näytteenottopäiväkirjan ja kiinteistön omistajien haastattelujen perusteella tehtyyn vedenkulutusarvioon. Kuormituksia laskettaessa käytettiin vedenkulutusta, 50 l/as/vrk, yhtä kahden henkilön asuttamaa kiinteistöä (R2) lukuun ottamatta, jossa näytteenottopäivänä ei pesty pyykkiä, ainoastaan käytiin illalla saunassa. Kuormituksen laskennassa ko. kiinteistöllä käytettiin vedenkulutusarviota 25 l/as/vrk (liite 2).

3. Tulokset

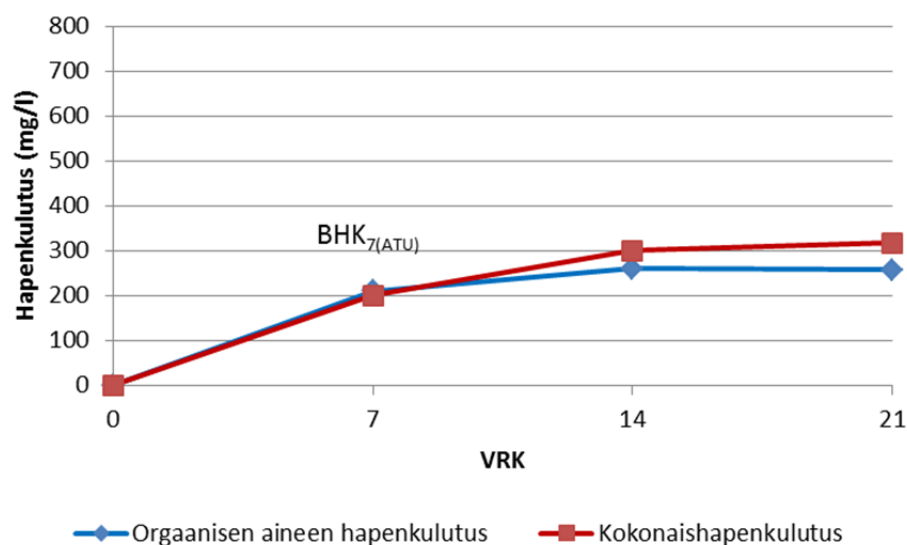
3.1. Kokonaishapenkulutus, orgaanisten aineiden aiheuttama hapenkulutus sekä ammoniumin hapenkulutus

Kuvassa 3 on esitetty esimerkkinä mustien asumajätevesien kiinteistön (M2) (kuva 3A) ja vain pesuvesiä sisältävän kiinteistön (H2) (kuva 3B) tulevan jäteveden kokonaishapenkulutus 21 vrk:ta kestäneen analyysin ajan ilman allyylitiourealisäystä (BHK_{21}) ja sen kanssa ($BHK_{21(ATU)}$). Haja-asutuksen jätevesiasetus perustuu viikon mittaisen analyysin ($BHK_{7(ATU)}$) tulokseen (orgaanisen aineen aiheuttama biologinen hapenkulutus), jossa ammoniumtypen aiheuttama hapenkulutus eliminoidaan (merkitty kuviin).

A



B



Kuva 3. Mustien (A) (kiinteistö M2) ja harmaiden kotitalousvesien (B) (kiinteistö H2) tulevan veden aiheuttama hapenkulutus 21 vuorokauden aikana kahta eri

analyysimenetelmää käyttäen. Siniset viivat kuvaavat analyysimenetelmää BHK_{7-21(ATU)}, missä ammoniumin hapenkulutus on eliminoitu allyyliotiurealla. Punaiset viivat kuvaavat analyysimenetelmää, jossa ammoniumin happea kuluttavaa vaikutusta ei ole (BHK₇₋₂₁) eliminoitu. Käyrien välinen erotus kuvaa ammoniumin aiheuttamaa hapenkulutusta.

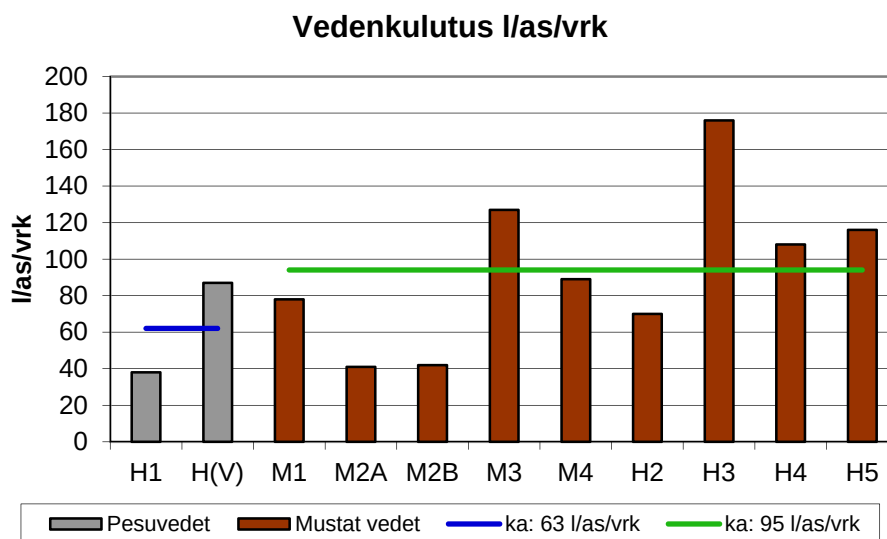
Kuvasta havaitaan, että mustien vesien, jotka sisältävät myös käymälävedet, osalta haja-asutuksen jätevesiasetuksessa käytetty analyysi (BHK_{7(ATU)}) aliarvioi huomattavasti todellista kokonaishapenkulutusta.

3.2. Tulevan jäteveden määrä, kemiallinen laatu ja kuormitus

Veden määrä

Mitatut näytteenottopäivien vedenkulutukset on esitetty liitteessä 2.

Pesuvesien keskimääräinen vuotuinen vedenkulutus oli tässä tutkimuksessa 63 l/as/vrk (n = 2) ja mustien jätevesien keskimääräinen vedenkulutus vajaa 95 l/as/vrk (n = 9) (kuva 4). Siten käymälävesien osuus oli vajaa 32 l/as/vrk ja suhteellinen osuus 33 %. Pesuvesien suhteellinen osuus kaikista kotitalouksista muodostuvista jätevesistä oli noin 67 %.



Kuva 4. Tutkimuskiinteistöjen vuotuinen keskimääräinen vedenkulutus (l/as/vrk).

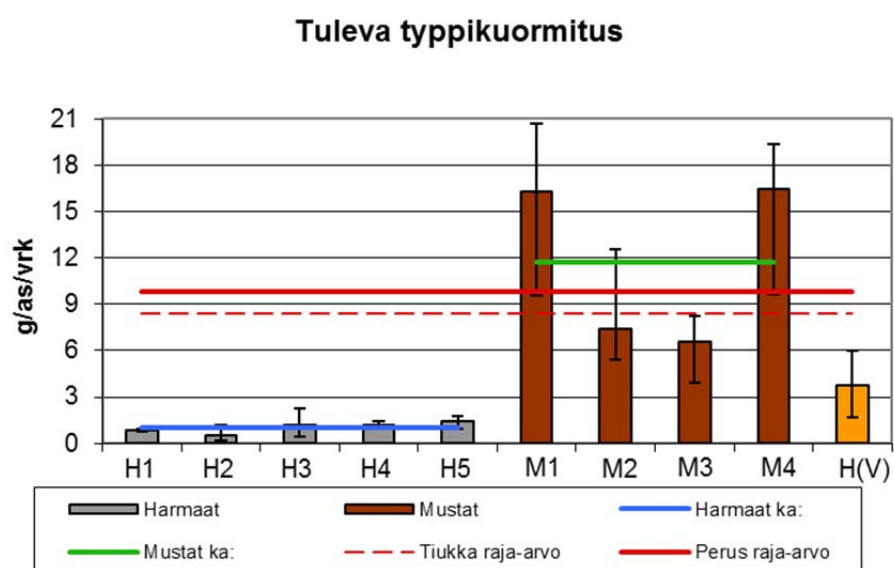
Kemiallinen laatu

Näytteenottopäivien ja lisänäytteiden sekä Vantaan kiinteistöistä tulevan jäteveden kemiallinen laatu on esitetty liitteessä 2.

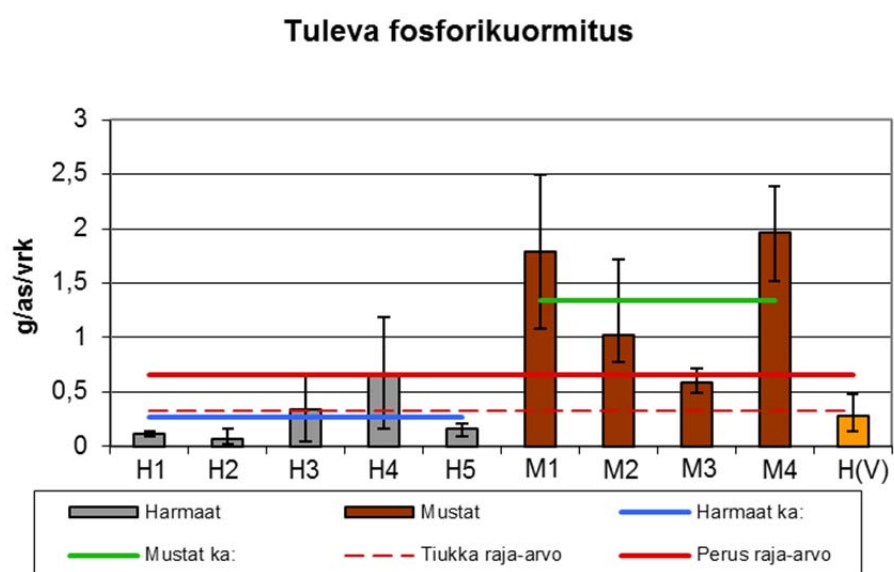
Kuormitus

Tutkimuskiinteistöjen jätevesien tulokuorma ravinteiden ja orgaanisten aineiden aiheuttaman biologisen hapenkulutuksen sekä kokonaishapenkulutuksen osalta on esitetty kuvissa 5 A-D, joissa sitä verrataan asetuksen vaatimukseen vesistöön johdettavalle perus- ja vaativamman tason kuormalle (vrt. taulukko 1). Kuormitus (g/as/vrk) on laskettu kyseisen näytteenottovuorokauden aikana tutkimuskiinteistöllä kotona olleiden henkilöiden määrä huomioiden.

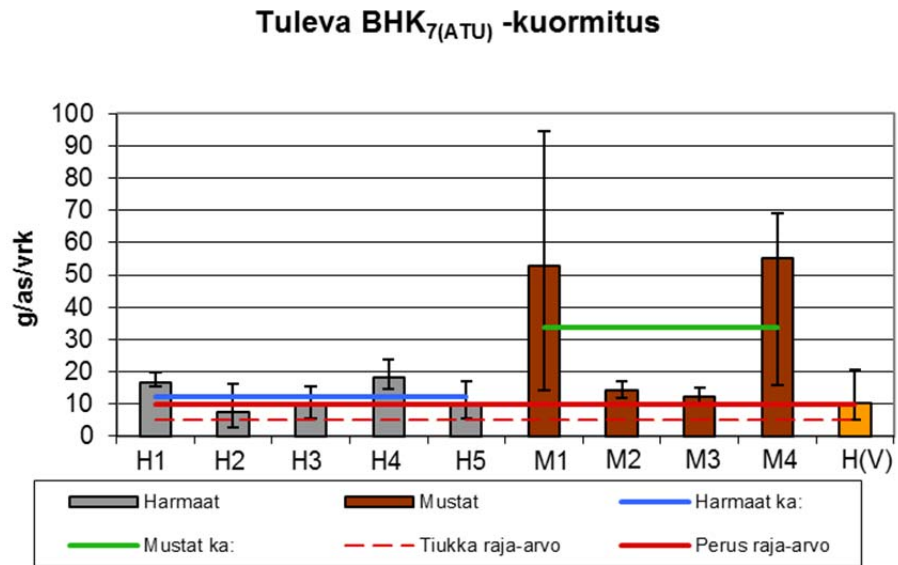
A



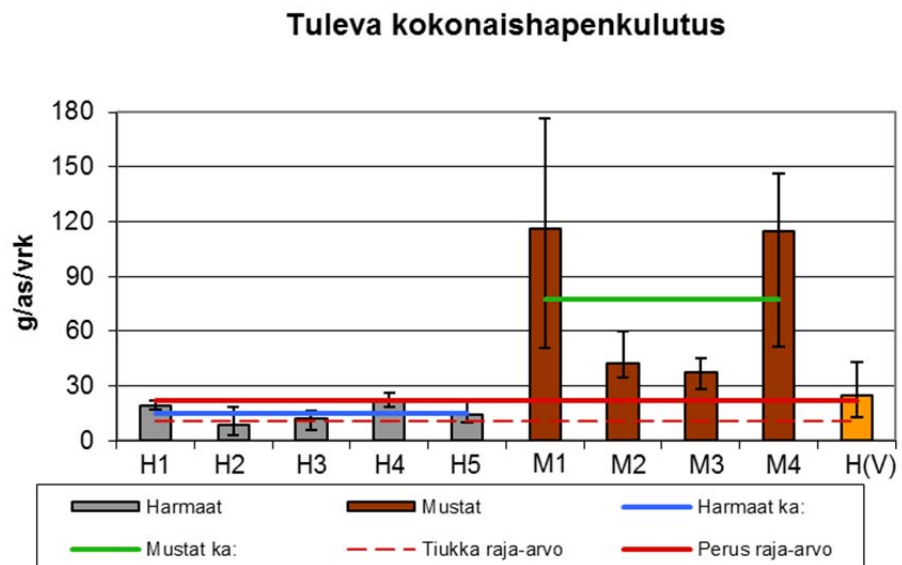
B



C



D

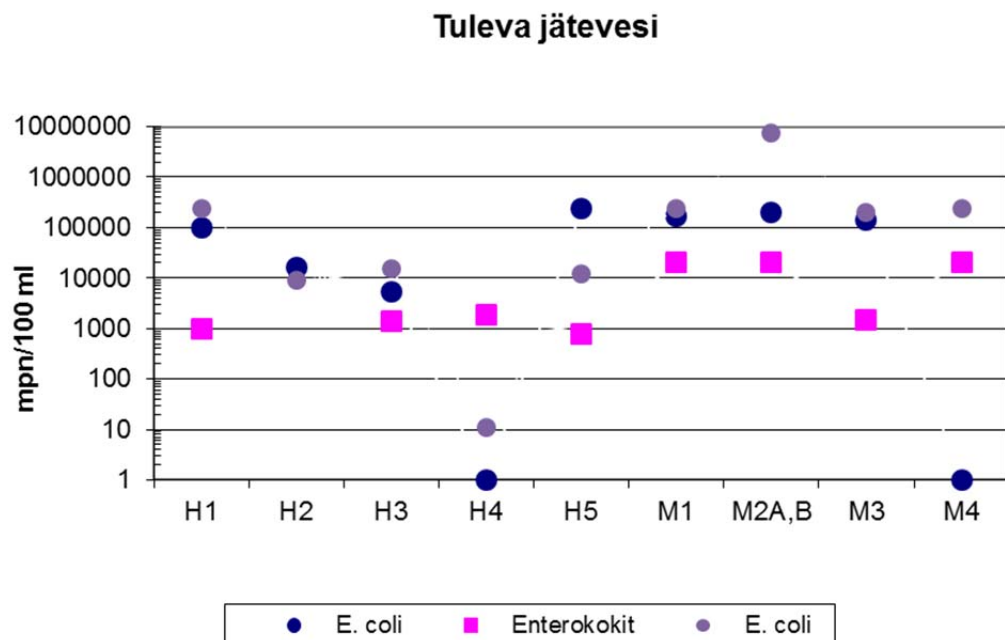


Kuva 5. Tulevan jäteveden kuormitus tutkimuskiinteistöillä neljän näytteenoton keskiarvona. Harmaat pylväät kuvaavat pesuvesien ja ruskeat mustien vesien keskimääräistä kuormitusta ja vastaavasti sininen ja vihreä vaakaviiva niiden keskiarvoja. Pylväiden päällä olevat janat kuvaavat tutkimuksen neljän näytteenoton pienintä ja suurinta arvoa. Haja-asutuksen jätevesiasetuksen (209/2011) perustason ja tiukemman tason enimmäiskuormitukset on merkitty kuvaan punaisiin yhtenäisin ja katkovaakaviivoin.

3.3. Tulevan jäteveden hygieeninen laatu ja kuormitus

Pesuvesissä *E. coli* -bakteerien keskipitoisuus oli 13 500 mpn/100 ml. Vaihtelu oli suurta 1 – 240 000 mpn/100 ml (kuva 6). Mustissa vesissä *E. coli* -bakteerien keskipitoisuus oli 200 000 mpn/100 ml ja vaihtelu vielä suurempaa kuin pesuvesissä (1 – 7 700 000 mpn/100 ml). Suolistoperäisiä enterokokkeja tutkittiin vain yhdellä näytteenottokerralla tulevista jätevesistä ja niiden keskipitoisuus harmaissa vesissä oli 1000 pmy/100 ml (0-1900 pmy/ml) ja mustissa 20 000 pmy/100 ml (1500 - 20 000 pmy/100 ml) (kuva 6).

E. coli -bakteerien kuormitus oli pesuvesissä keskimäärin $2,8 \cdot 10^6$ asukasta kohti vuorokaudessa hankkeemme viidessä kiinteistössä, kun taas mustien vesien *E. coli* kuorma oli $5,5 \cdot 10^7$ eli 20-kertainen pesuvesiin verrattuna, vaikka kahden kiinteistön pesuvesissä H1 ja H5 oli poikkeuksellisen korkea *E. coli* -pitoisuus, 240 000/100 ml (kuva 6).



Kuva 6. Pesu- ja käymälävesien tulevan veden *E. coli* -pitoisuudet kahdella viimeisellä näytteenottokerralla ja suolistoperäisten enterokokkien pitoisuus viimeisellä näytteenottokerralla.

Suolistoperäisten enterokokkien määrä pesuvesissä oli $7,5 \cdot 10^4$ asukasta kohti vuorokaudessa ja mustien vesien $8,2 \cdot 10^6$ eli yli 100-kertainen pesuvesiin verrattuna. Vantaan kiinteistöjen pesuvesien suolistoperäisten enterokokkien pitoisuudet olivat 0 -150 /100 ml ja *E. coli* -bakteerien 300 – 1200 mpn/100 ml, mutta yhdessä (R1) peräti 310 000 mpn/100 ml (liite 2)

3.4. Lähtevän jäteveden kemiallinen laatu ja kuormitus

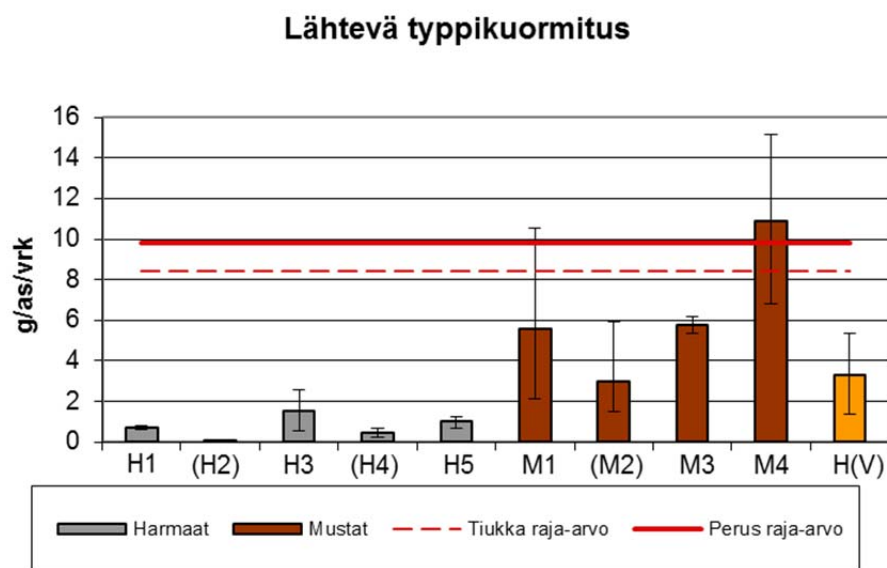
Kemiallinen laatu

Näytteenottopäivien ja lisänäytteiden lähtevän jäteveden kemiallinen laatu on esitetty liitteessä 2.

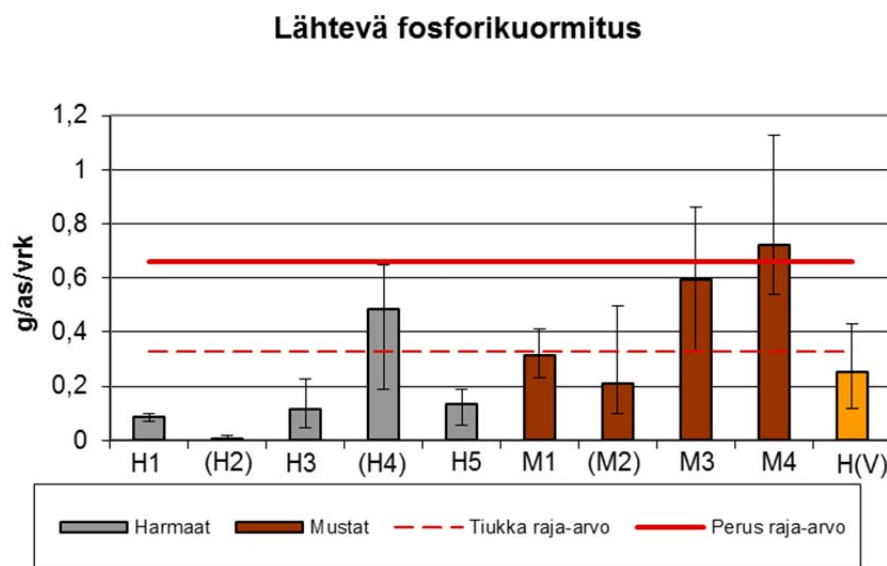
Kuormitus

Tutkimuskiinteistöjen jätevesien luontoon kohdistuva, lähtevä kuormitus ravinteiden ja orgaanisten aineiden aiheuttaman biologisen hapenkulutuksen sekä kokonaishapenkulutuksen osalta on esitetty kuvissa 7 A-D, joissa sitä verrataan asetuksen vaatimuksiin vesistöön johdettavalle perus- ja vaativamman tason kuormalle (vrt. taulukko 1). Kuormitus (g/as/vrk) on laskettu kyseisen näytteenottovuorokauden aikana tutkimuskiinteistöllä paikalla olleiden henkilöiden määrä huomioiden.

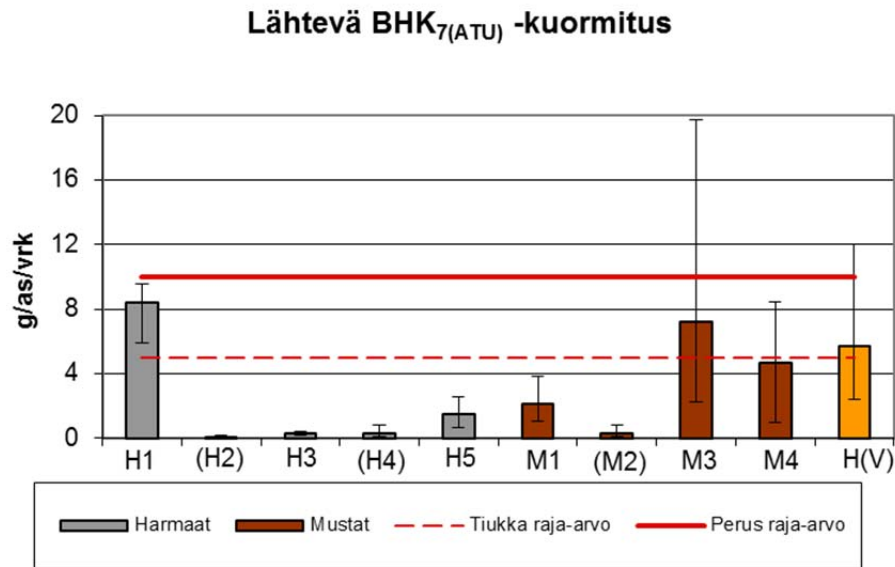
A



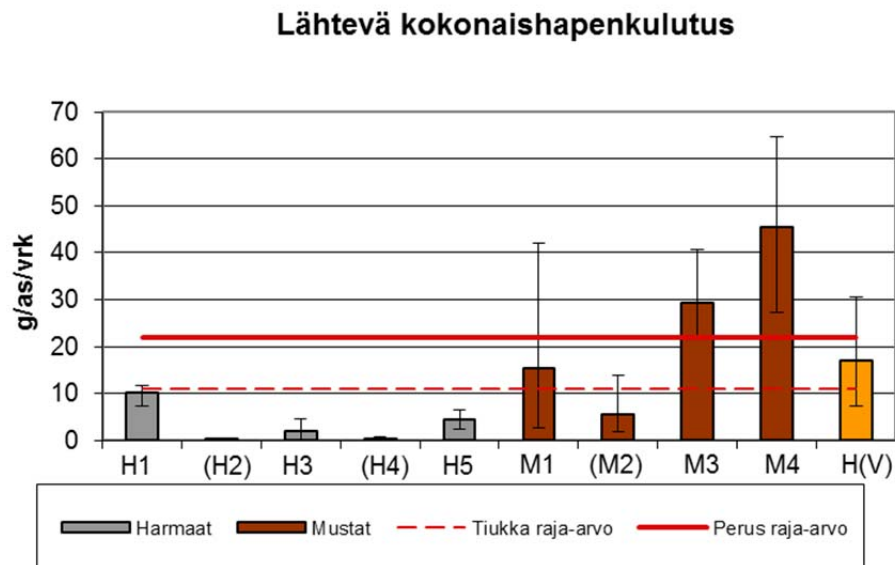
B



C



D



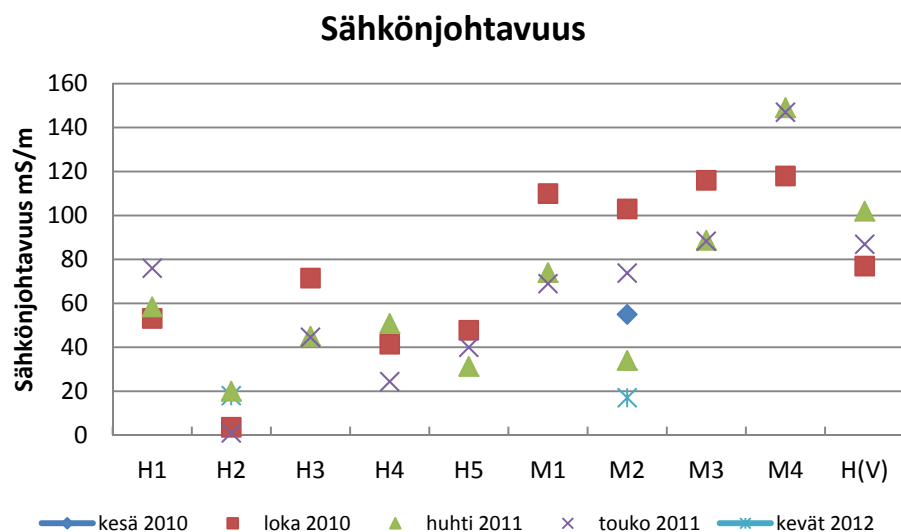
Kuva 7. Lähtevän veden kuormitus tutkimuskiinteistöillä neljän näytteenoton keskiarvona. Harmaat pylväät kuvaavat pesuvesien ja ruskeat mustien vesien keskimääräistä kuormitusta. Pylväiden päällä olevat janat kuvaavat tutkimuksen neljän näytteenoton pienintä ja suurinta arvoa. Haja-asutuksen jätevesiasetuksen (209/2011) perustason ja tiukemman tason enimmäiskuormitukset on merkitty kuvaan punaisin yhtenäisin ja katkovaakaviivoin.

Lähtevän jäteveden sähkönjohtavuus ja alkaliteetti

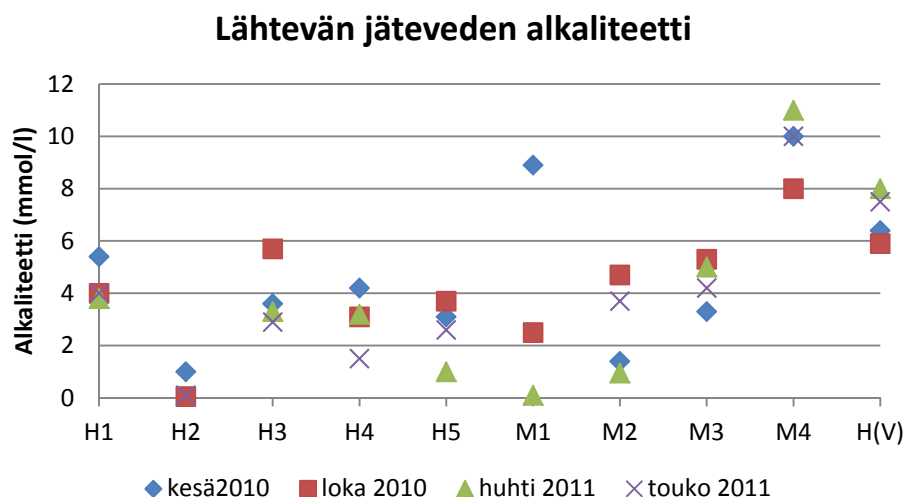
Lähtevän jäteveden sähkönjohtavuudet vaihtelivat merkittävästi eri näytteenottokertojen välillä. Erityisen suurta tämä vaihtelu oli mustien vesien maasuodattamossa M2. Sen sijaan harmaiden vesien maasuodattamon H2

sähkönjohtavuudet olivat erittäin alhaisia (kuva 8). Ko. maasuodattamoista otettiin keväällä 2012 lisänäytteet.

Lähtevän veden alkaliteetti on esitetty kuvassa 9. Maasuodattamon H2 alkaliteetti oli jokaisella näytteenottokerralla hyvin alhainen. Panospuhdistamokiinteistöjen (M1 ja M4) välillä oli suuri ero lähtevän veden alkaliteetissa, kohteessa M4 se oli korkea, kohteessa M1 se vaihteli paljon ja oli kahdella viimeisellä näytteenottokerralla hyvin alhainen (kolmannella alle 0,1 mmol/l).



Kuva 8. Tutkimuskiinteistöjen lähtevän veden sähkönjohtavuudet.

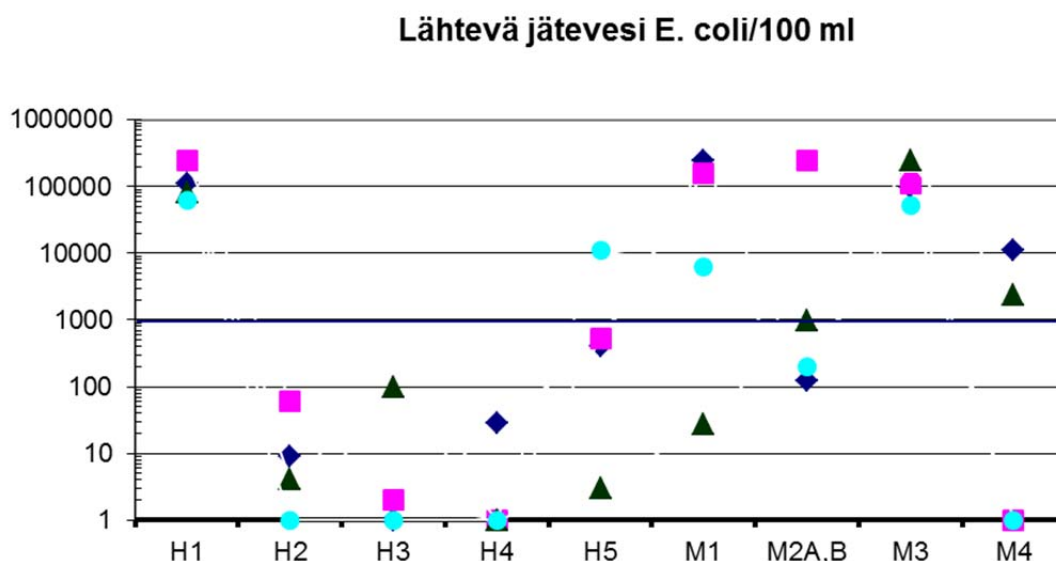


Kuva 9. Tutkimuskiinteistöjen lähtevän veden alkaliteetti.

3.5. Lähtevän veden hygieeninen laatu

Haiku-tutkimuksen kiinteistöjen harmaiden vesien hygieeninen laatu oli *E. coli* -bakteerien pitoisuuden perusteella hyvä (mediaani 19 mpn/100 ml), useimmiten alle 100 mpn/100 ml, kiinteistöä H1 lukuun ottamatta, jossa *E. coli* -

bakteereja oli paljon, kuten myös kiinteistön tulevassa jätevedessä (kuva 10). Harmaiden vesien suolistoperäisten enterokokkien pitoisuudet olivat 0 – 1000 pmy/100 ml mediaanin ollessa 3 pmy/100 ml.



Kuva 10. *E. coli* -bakteerien pitoisuus tutkittujen kiinteistöjen lähtevässä jätevedessä eri näytteenotto-kerroilla. Huonon uimaveden raja-arvo on 1000 *E. coli*/100 ml.

Mustien vesien käsittelyjärjestelmien lähtevän veden *E. coli* -bakteerien pitoisuuden mediaani oli 8 650 mpn/100 ml. Pitoisuudet vaihtelivat paljon eri näytekerroilla, mutta 10 näytteessä 16:sta pitoisuus oli selvästi yli 1000 *E. coli*/100 ml, mikä vastaa huonoa uimavettä (kuva 10).

Mustien vesien käsittelyjärjestelmien suolistoperäisten enterokokkien pitoisuudet lähtevässä jätevedessä olivat 0 – 4700 pmy/100 ml (liite 2). Vaihtelu eri kiinteistöjen jätevesissä oli suurta, mutta ei niin suurta kuin *E. coli* -bakteereilla.

4. Tulosten tarkastelu

4.1. Veden määrä

Vedenkulutus

Arvioitaessa tutkimuksessa saatuja veden käytön asukaskohtaisia (l/as/vrk) määriä voidaan todeta, että kiinteistön H1 nelihenkisen perheen keskimääräinen pesuvesien kulutus on ollut jo vuosia 40 l/as/vrk (uudenaikaiset vähän vettä käyttävät vesikalusteet) (kuva 4). Vaikka kokonaisvedenkulutus (160 l/vrk) ko. neljän henkilön taloudessa saattaa tuntua alhaiselta, tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kiinteistöllä pestään vuoden jokaisena päivänä pyykkiä keskimäärin kerran päivässä (a'45 l), pestään tiskikoneellinen (a'15 l) ja kaikki perheenjäsenet käyvät kerran suihkussa (100 l, a'25 l/henkilö). Vähän vettä käyttävän WC-istuimen ansiosta käymälävesiä muodostuu ko. kiinteistöllä keskimäärin vain 2 l/as/vrk.

Tutkimuksessa oli mukana kaksi (M2A ja M2B) erittäin vähän vettä käyttävää kiinteistöä, jossa kaikkien vesien, käymälävedet mukaan lukien, vuotuinen keskimääräinen vedenkulutus oli vain 40 l/as/vrk. Heidän alhainen vedenkulutuksensa johtui osittain kaivon huonosta antoisuudesta, jolloin vettä jouduttiin säästämään. Kiinteistöllä H3 puolestaan käytettiin erittäin paljon vettä (vajaa 180 l/as/vrk) (kuva 4).

Tutkimuskiinteistöllä H(V) vuotuinen keskimääräinen veden kulutus nousi noin kymmenellä litralla perheen isännän jäätyä eläkkeelle hankkeen puolivälissä. Kahden eläkeläisen kiinteistön M3 vedenkulutus oli verrattain suurta 127 l/as/vrk) (kuva 4).

Pesu- ja käymälävesien osuudet asumajätevesissä

Useissa haja-asutuksen jätevesiin liittyvissä tutkimuksissa käytetään kuormituslaskennoissa käymälä- ja pesuvesien suhteena yleisesti 110/70 (64 %) tai 110/80 l/as/vrk (73 %), mikä on siis hyvin lähellä tässä tutkimuksessa havaittua käymälä- ja pesuvesien suhdetta (67 %). Jätevesijärjestelmän suositeltavan mitoituksen lähtökohtana on RT-kortissa esitetty 150 l/as/vrk. Pelkille harmaille vesille vastaava suositus on 120 l/as/vrk pesuvesien suhteellisen osuuden ollessa siis 80 % kotitaloudesta muodostuvista jätevesistä.

4.2. Harmaiden ja mustien vesien tulokuorma sekä pesu- ja käymälävesien suhteelliset osuudet asumajätevesissä

Pesuvesien tulokuorma

Pesuveden typpi- ja fosforikuormitus alittivat jo saostuskaivokäsittelyn jälkeen keskimäärin haja-asutuksen jätevesiasetuksen tiukan raja-arvon (kuva 5 A ja B). Pesuvesistä jäi puhdistettavaksi vain vähän (keskimäärin 2 g/as/vrk) orgaanisen aineen aiheuttamaa hapenkulutusta asetuksen perusvaatimustasoon (10 g/as/vrk) nähden (kuva 5 C). Pesuvesien tulevan veden kokonaishapenkulutus oli keskimäärin noin 15 g/as/vrk.

Kiinteistön H4 fosforikuormitus laski ensimmäisen näytteenoton 1,2 g/as/vrk viimeisen näytteenoton 0,2 g/as/vrk (kuva 5 B), kun harmaiden vesien saostussäiliöitä ei tutkijan pyynnöstä tyhjennetty tutkimuksen aikana. Kohteessa H3 havaittiin myös neljännellä näytteenottokerralla korkea fosforipitoisuus (5,4 mg/l) heti saostussäiliöiden tyhjentämisen jälkeen (liite 2). Kiinteistön H1 tulevan veden kuormitus pysyi lähes vakiona, vaikka harmaiden vesien saostussäiliöitä ei ollut tyhjennetty tutkimuksen loppuun mennessä kahteen vuoteen (kuva 5). Kun kohteiden H1 ja H(V) saostussäiliöt tyhjennettiin viimeisen näytteenottokerran jälkeen, fosforikuormituksen havaittiin kuitenkin pysyneen käytännössä ennallaan (liite 2).

Kiinteistöjen H1 ja H4 muita suuremmat BHK_{7(ATU)} -kuormat johtunevat muita pienemmistä saostussäiliöistä, sekä kiinteistöllä H1 tuuletuksen puuttumisesta (kuva 5 C).

Kiinteistön H(V) sisäkuivakäymälää käytettiin ainoastaan yöaikaan, joten siitä johdetun virtsan määrä oli vähäistä, eikä se siten näkynyt selkeästi

tutkimustuloksissa. Virtsan vaikutus havaittiin selkeimmin typpikuormituksessa ja siten myös kokonaishapenkulutuksessa (kuva 5 A-D).

Suomessa pesuvesien koostumusta on tutkittu hyvin vähän. Hankkeen varsinaisten tutkimuskiinteistöjen lisäksi tutkimme erikseen myös viiden Vantaalla sijaitsevan kiinteistön tulevaa pesuvettä, joissa myös tiskikoneen ja/tai keittiön vedet johdettiin umpisäiliöön (yksi kokoomanäytteenotto, vedenkulutusarvio). Näissä kiinteistöissä tuleva vesi alitti keskimäärin asetuksen tiukan vaatimustason kaikkien parametrien osalta, orgaanisen aineen aiheuttaman biologisen hapenkulutuksen osalta toki niukasti (liite 2). Yhden kiinteistön (R4) tulevan veden suhteellisen alhaisen sähkönjohtavuuden perusteella voidaan epäillä, että sen betonisiin saostussäiliöihin saattoi päästä laimentavia vesiä (liite 2), mikä luonnollisesti vaikuttaa jonkin verran tuloksiin.

Litmasen (2011) viiden päivän mittaisessa intensiivitutkimuksessa yhden kiinteistön tulevat pesuvedet, ilman saostuskaivokäsittelyä, kerättiin päivittäin säiliöön ja analysoitiin. Pesuvesiä muodostui tässä kiinteistössä 40 l/as/vrk. Tulokset olivat lähes identtiset hankkeemme kuvassa 5 A-C esitettyjen pesuvesien kuormitusten kanssa. Hankkeessamme pesuvesien keskimääräinen typpikuormitus oli tosin korkeampi, mikä johtunee osittain siitä, että kuormituslaskennoissa on mukana kiinteistön H3 toinen näytteenottokerta, jolloin pesuvesien joukkoon jouduttiin johtamaan umpisäiliöstä ylivuotona myös käymälävesiä. Tämä näkyi ko. kiinteistön kyseisen näytteenottokerran korkeampana typpikuormituksena (liite 3).

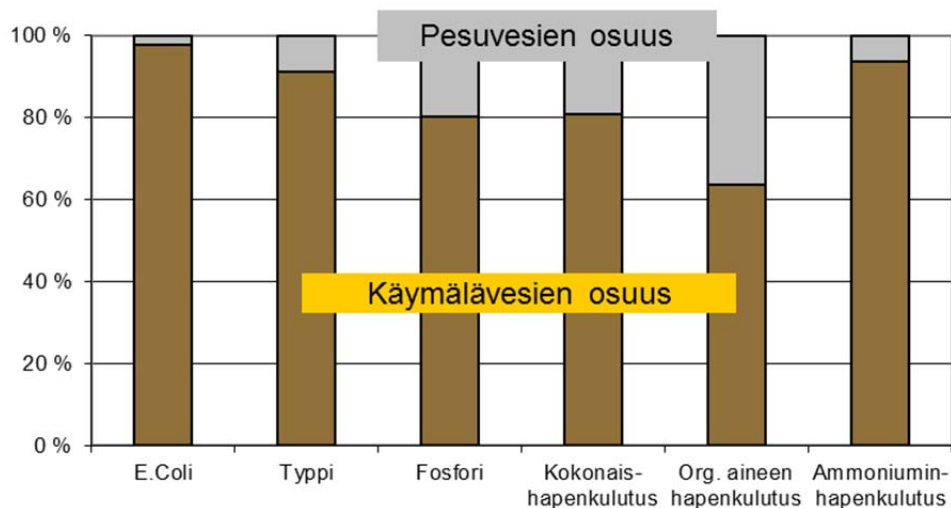
Mustien vesien tulokuorma

Kaikki asumajätevedet yhdessä käsittelevissä neljässä kiinteistössä tulokuormitus niin ravinteiden kuin hapenkulutuksenkin osalta vaihteli huomattavasti enemmän kuin pelkkien pesuvesien tulokuormitus (kuva 5).

Kiinteistöjen M1 ja M4 keskimääräinen tulokuormitus oli lähellä asetuksessa esitettyjä kuormia (vrt. taulukko 2 ja kuva 5). Kiinteistöjen M2 ja M3 kuormitus oli huomattavasti alhaisempaa kuin asetuksessa esitetty kuormitus ja ne laskivatkin tutkimuksessa havaittua keskimääräistä mustien vesien tulokuormaa huomattavasti (kuva 5).

Pesu- ja käymälävesien suhteelliset osuudet asumajätevesissä

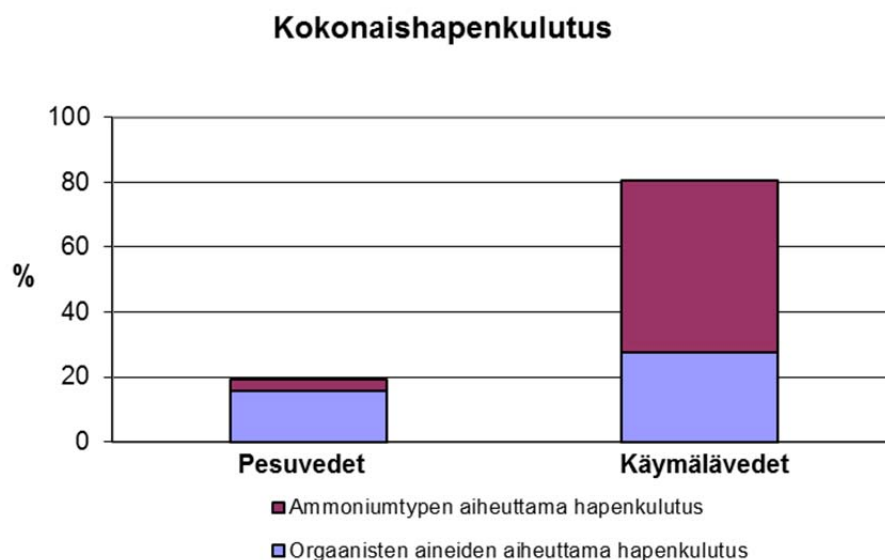
Kun harmaiden ja mustien tulevan veden kuormituksista lasketaan pesu- ja käymälävesien osuudet, käymälävesien havaitaan sisältävän valtaosan ympäristöä kuormittavista haitta-aineista (kuva 11). Todellisuudessa käymälävesien osuus lienee vieläkin suurempi, sillä kiinteistöillä M2 ja M3 tuleva jätevesikuormitus oli vain puolet asetuksessa esitetystä (N 14 g/as/vrk, P 2,2 g/as/vrk, BHK 50 g/as/vrk) kuormituksesta (kuva 5). Kiinteistön M3 esisaostus selitti ko. kiinteistön alhaisen tulokuorman. Kiinteistön M2 alhaisen tulokuorman puolestaan selitti vuotaviksi havaitut betoniset saostussäiliöt ja hyvin alhainen vedenkulutus.



Kuva 11. Kotitalouksista muodostuvien jätevesien suhteellinen koostumus käymälä- ja pesuvesissä Haiku-hankkeessa.

Orgaanisten aineiden ja ammoniumin aiheuttama hapenkulutus

Käymälävesien sisältämän ammoniumtyypen havaittiin aiheuttavan jopa suuremman hapenkulutuksen kuin orgaanisten aineiden aiheuttama biologinen hapenkulutus (kuva 12). Tätä ammoniumtyypen aiheuttamaa hapenkulutusta asetuksessa ei kuitenkaan oteta huomioon. Suurin osa kotitalouksien jätevesien tyyppiyhdisteistä (90 %) on ulosteessa ja virtsassa (vrt. taulukko 2).



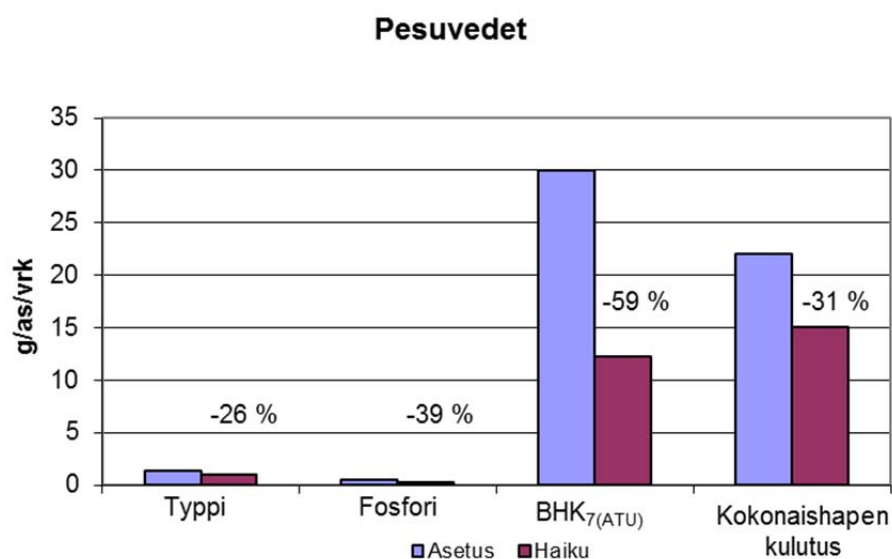
Kuva 12. Pesu- ja käymälävesien osuus kotitalouksien kokonaishapenkulutuksesta Haiku-hankkeessa. Kokonaishapenkulutus = orgaanisten aineiden + ammoniumtyypen aiheuttama hapenkulutus.

Pesu- ja käymälävesien tulokuorma suhteessa asetuksen kuormituslukuihin

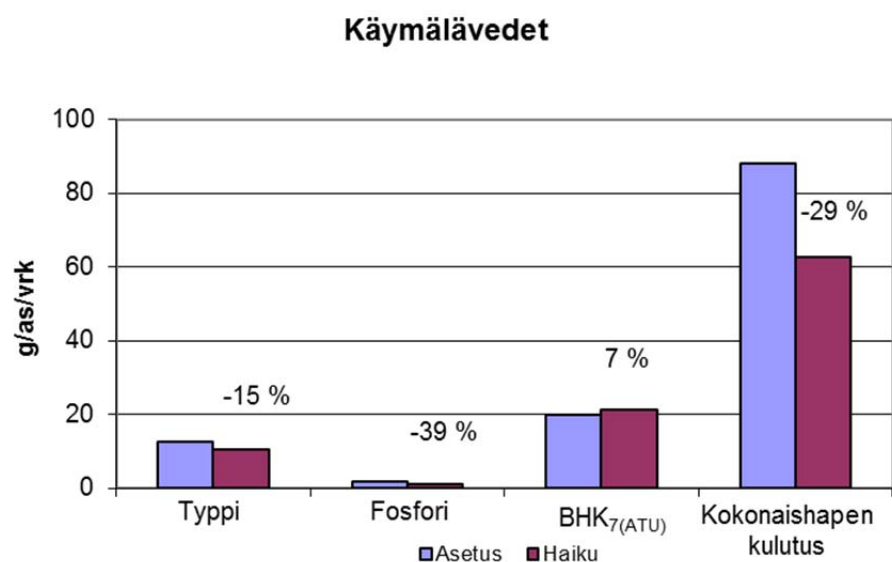
Verrattaessa hankkeen tuloksia haja-asutuksen jätevesiasetuksessa esitettyihin kuormituslukuihin havaitaan, että käymälävesien tulokuormitus oli

alhaisempaa kuin asetuksessa esitetty kuormitus. Tämä selittyy mm. kiinteistöjen MS3 ja MS4 alhaisemmalla kuormituksella. Pesuvesien keskimääräinen tulokuormitus oli niin ikään alhaisempaa kuin asetuksessa esitetty kuormitus. Erityisen huomioitavaa ja poikkeavaa on se, että orgaanisten aineiden biologisen hapenkulutuksen ($BHK_{7(ATU)}$) osalta hankkeessamme pesuvesien kuormitus oli huomattavasti alhaisempi ja toisaalta käymälävesien hieman korkeampi kuin asetuksessa esitetty kuormitus. Tämä viittaa siihen, että asetuksessa on yliarvioitu pesuvesien biologisen hapenkulutuksen suhteellista osuutta (kuva 13) (vrt. taulukko 2).

A



B

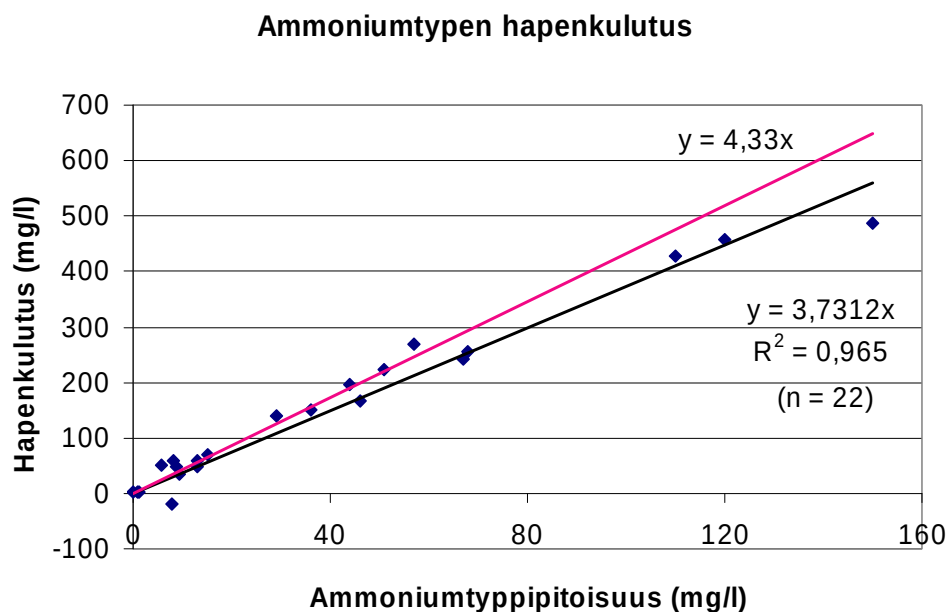


Kuva 13. Pesu- ja käymälävesien tulokuormitus Haiku-hankkeessa suhteessa haja-asutuksen jätevesiasetuksen kuormituslukuihin. Kokonaishapenkulutuksen osalta "asetuksen kuormitus" on laskennallinen.

4.3. Kokonaishapenkulutus, orgaanisten aineiden aiheuttama hapenkulutus sekä ammoniumin hapenkulutus

Tutkimustuloksemme osoittavat että asetuksen perusteena oleva $BHK_{7(ATU)}$ -analyysi kuvaa suhteellisen hyvin asumajätevesien orgaanisen aineen aiheuttamaa hapenkulutusta, sillä asumajätevesissä orgaaninen aines on suhteellisen nopeasti hajoavaa. Pesuvesissä ko. analyysi kuvaa suhteellisen hyvin myös vesinäytteen kokonaishapenkulutusta. Sen sijaan mustien vesien, jotka sisältävät myös käymälävedet, osalta analyysi aliarvioi huomattavasti todellista kokonaishapenkulutusta (kuva 3).

Kuvassa 14 on esitetty kahden ensimmäisen näytteenottokerran kaikkien kymmenen tutkimuskiinteistön tulevan ja lähtevän jäteveden ammoniumtypen aiheuttaman hapenkulutuksen ($= BHK_{21} - BHK_{21(ATU)}$) ja ko. vesinäytteiden sisältämän ammoniumtyppipitoisuuden välinen regressio. Kuvassa on mukana myös kaksi yhdistyksen aiemmin tekemän esitutkimuksen tulosta.



Kuva 14. Ammoniumtypen vaikutus hapenkulutukseen. Sininen viiva kuvaa vesiensuojeluyhdistyksen tutkimusaineistoon sovitettua lineaarista regressiota. Punainen viiva kuvaa teoreettista ammoniumin hapenkulutusta.

Kuvasta (14) voi havaita sen, että asetuksen velvoitteet täyttäessäänkin lähtevän puhdistetun jäteveden typpipitoisuus (90 % ammoniummuodossa) saa olla 84 mg/l (tiukka vaatimustaso), 98 mg/l (perustaso) 100 litran keskimääräisellä vedenkulutuksella, että se aiheuttaa noin 30 – 40 g/as/vrk kokonaishapenkulutuksen.

Matikan (2011) kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien toimivuutta vertaileessa tutkimuksessa panospuhdistamoista (317 mittaustulosta) purkautuvien vesien keskimääräinen typpipitoisuus oli 66,4 mg/l ja vastaavasti maasuodattamoista (88 mittaustulosta) 45,9 mg/l.

Tutkimuksessamme harmaiden vesien tulevan veden kokonaishapenkulutus oli keskimäärin 15 mg/l, kun se keskimääräisesti toimivan panospuhdistamon lähteessä puhdistetussa vedessä oli ajoittain yli 40 g/as/vrk, toimimattomassa jopa 65 g/as/vrk (kuva 7).

4.4. Hygieeninen laatu

Mustien vesien käsittelyjärjestelmien tulevilla ja lähteillä jätevesissä oli selvästi enemmän ulosteperäisiä indikaattoribakteereita kuin pelkkissä pesuvesissä. Pitoisuuksien vaihtelu oli suurta varsinkin lähteillä jätevesissä eri näytteenotokertojen välillä (kuva 10).

Yllättävää oli kiinteistön H1 pesuvesien korkeat *E. coli* -pitoisuudet tulevassa jätevedessä, sillä kiinteistöllä ei ole vaippakäisiä lapsia, toisin kuin harmaan veden kiinteistöllä H5. Myös Vantaan viiden kiinteistön tulevissa pesuvesissä yhdessä kiinteistössä (R1) todettiin hyvin korkea *E. coli* -pitoisuus, vaikka perheessä ei ole pieniä lapsia. Selvitettäessä syytä tähän sekä kiinteistön H1 että Vantaan kiinteistön R1 ko. bakteerien lähteeksi paljastui keittiön altaasta lähtevä viemäri eikä esimerkiksi WC:n käsienvesuallas (liite 2). Kiinteistön H1 harmaavesisuotimessa ei juurikaan tapahtunut *E. coli* -bakteerien poistumista.

Näille keittiön viemäriissä lisääntyneille *E. coli* -bakteereille tehtiin tarkempia tunnistustestejä sen selvittämiseksi, eroavatko kyseiset kannat ulosteiden *E. coli* -kannoista. Tarkemmissa tutkimuksissa kannat eivät täysin vastanneet *E. coli* -tyyppikantoja, vaikka ne antoivatkin tyyppillisen reaktion yleisesti käytetyillä *E. coli* standardimenetelmillä. Vastaavanlaista *E. coli* -bakteerien lisääntymistä keittiön vesilukossa todettiin jo 1980-luvulla Helsingin yliopistolla tehdyssä tutkimuksessa (Niemelä ym. 1982). Kasvu vesilukossa liittyi yli 20 °C:een lämpötilaan. *E. coli* ei siis ole täydellinen ulostekuormituksen indikaattori, joskin huomattavasti parempi kuin aiemmin käytetty lämpökestoisten koliformisten bakteerien määrittäminen.

Kiinteistöstä H1 *E. coli* -bakteerin kasvu poistui keittiön viemäröinnin uusimisen jälkeen (2000 mpn/100 ml, ennen uusimista 200 000 mpn/100 ml).

4.5. Pienpuhdistamoiden toimivuus

Taulukkoon 5. on koottu kahden merkiltään ja malliltaan samanlaisen panospuhdistamon (M1 ja M4) lähtevän veden tulokset BHK_{7(ATU)}:n, kokonaisfosforin ja -typen osalta (neljän näytteenotokerran keskiarvo ja vaihteluväli).

Taulukko 5. Panospuhdistamoiden (M1 ja M4) lähtevän veden tulokset BHK_{7(ATU)}:n, kokonaisfosforin ja -typen osalta

	BHK _{7(ATU)} (g/as/vrk)	Fosfori (g/as/vrk)	Typpi (g/as/vrk)
M1	2 (1-3,9)	0,31 (0,23-0,41)	6 (2-10,5)
M4	4,7 (1-8,4)	0,72 (0,55-1,15)	11 (7-16)

Kiinteistön M1 panospuhdistamon kuormitus alitti keskimäärin asetuksen tiukat raja-arvot, (vrt. taulukot 1 ja kuva 7). Tosin kokonaishapenkulutus oli keskimäärin 15 g/as/vrk (2 - 42 g/as/vrk) ja jätevesi sisälsi kahdella ensimmäisellä näytteenottokerralla runsaasti ulosteperäisiä mikrobeja (ensimmäisellä 240 000 *E. coli* mpn/100 ml) (kuva 10). Typpireduktio oli keskimäärin 66 % vaihdellen suuresti 33 - 90 %. Alkaliteetti laski ensimmäisen näytteenottokerran arvosta 8,9 mmol/l kolmannen näytteenottokerran arvoon <0,1 mmol/l. Tämän takia kiinteistöltä otettiin ko. näytteenottokerran jälkeen ylimääräinen näyte. Tuolloin alkaliteetti oli noussut arvoon 2,1 mmol/l, pH oli neutraali 7, mutta kokonaisfosforipitoisuus oli korkea, 6,5 mg/l. Viimeisellä näytteenottokerralla, jolloin typpireduktio oli 90 %, alkaliteetti oli 0,57 mmol/l (liitteet 2 ja 3).

Kiinteistön M4 panospuhdistamo ei sen sijaan täyttänyt fosforin ja typen 11 osalta edes asetuksen perusvaatimustasoa. BHK_{7(ATU)} alitti niukasti asetuksen tiukan raja-arvon (vrt. taulukko 1 ja kuva 7C), tosin kokonaishapenkulutus oli keskimäärin peräti 45 g/as/vrk (27 - 65 g/as/vrk). Typpireduktio oli keskimäärin 34 % vaihdellen välillä 21 - 55 %. Alkaliteetti vaihteli välillä 8,3 - 11 mmol/l (liitteet 2 ja 3).

Tutkimuksen päätyttyä tutkija vieraili keväällä 2012 erittäin hyvin toimineella panospuhdistamokiinteistöllä M1 ja havaitsi purkuojan olevan aivan ulosteessa. Joko saostussäiliöt oli jätetty tyhjentämättä tai erittäin voimakkaan nitrifikaation ansiosta puhdistusprosessin pH oli romahtanut ja lietteen laskeutuvuus heikentynyt. Jälkimmäistä vaihtoehtoa tukee kolmannen näytteenottokerran hyvin alhainen alkaliteetti, alle 0,1 mmol/l ja neljännen näytteenottokerran 90 % typpireduktio (liitteet 2 ja 3).

Syynä toisen panospuhdistamokiinteistön M4 huonoon toimintaan (liitteet 2 ja 3) oli todennäköisesti se, että yksi perheenjäsen joutui käyttämään vuosittain noin kahden kuukauden ajan antibioottilääkitystä. Ehkä tästä syystä *E. coli* -bakteerien määrä jätevedessä oli poikkeuksellisen vähäinen, neljännellä näytteenottokerralla jopa tulevassa vedessä vain 1 mpn/100ml. Ilmeisesti myös nitrifikaatio- ja denitrifikaatiobakteerit kuolivat antibioottien vaikutuksesta.

Molemmissa tutkimissamme panospuhdistamokiinteistöissä kävi tutkijan pyynnöstä tutkimusjakson aikana kerran huoltomies. Kohteessa M1 huoltomiehen käynti ensimmäisen näytteenottokerran jälkeen paransi puhdistamon toimintaa. Kohteessa M4 huoltomiehen käynti ei sen sijaan vaikuttanut puhdistamon toimintaan. Ko. panospuhdistamomallien tuloksiin vaikuttaa suuresti saostuskemikaalisäiliön pinnan korkeus, joka vaikuttaa kemikaalin syöttöön. Pinta ei saisi laskea kovin alas, jotta kemikaalisyöttö pysyisi riittävänä. Tämä kerrottiin tutkimuksen aikana kiinteistönomistajille.

Tutkimuksemme, kuten useat muutkin pienpuhdistamoiden toimintaan liittyvät tutkimukset (mm. Männynsalo, 2007 ja 2008, Niemi ja Myllyvirta, 2007, TM rakennusmaailma, 2010), osoittavat, että panospuhdistamoiden puhdistustulokset vaihtelivat suuresti, vaativat asiantuntevaa huoltoa ja puhdistusprosessit ovat alttiita häiriöille. Kiinteistökohtaisia pienpuhdistamoja

koskevista tutkimuksissa on lisäksi havaittu, että kylmässä vedessä erityisesti typen poistoteho puhdistamoissa laskee huomattavasti (TM rakennusmaailma 5E/10).

Kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien ”puhdistetut” vedet johdetaan usein satojen litrojen pulsseina pieniin ojiin ja puroihin, jossa niiden on havaittu automaattianturimittauksin aiheuttavat ojavesien hapettomuutta sekä potentiaalisen terveysriskin alueen asukkaille ja kotieläimille (Särkelä ym., 2011)

Kiinteistön M3 biosuodin ei toiminut kunnolla (liite 3). Ilmeisenä syynä tähän oli se, että biosuodin oli asennettu liian pienitilavuuden säiliön päälle, eikä suinkaan asennusohjeiden mukaisesti saostussäiliön kolmannen osan päälle. Säiliön pienen vesitilavuuden takia biosuotimen ilmastusta ei voitu pitää päällä valmistajan ohjeiden mukaista aikaa. Toisaalta ko. kiinteistöllä järkevästi toteutetun esisaostuksen ansiosta tuleva kuormitus alitti jo keskimäärin lähes asetuksen vaatimukset (kuva 5). Toki ulosteperäisten bakteerien pitoisuudet olivat korkeita (liite 2).

4.6. Maasuodattamoiden toimivuus

Harmaiden vesien maasuodattamot

Tutkimuksessa mukana olleiden maasuodatuskenttien (H2, H4 ja osin myös H5) toimivuuteen on syytä suhtautua suurella varauksella, sillä näissä maasuodattamoissa lähtevän veden sähkönjohtavuuksien ja kenttähavaintojen perusteella laimennusvesien vaikutus oli hyvin ilmeistä. Harmaiden vesien suodatuskentistä kiinteistön H4 kokoomakaivoon ei kertynyt juuri lainkaan vettä (sama havainto aiemmin tutkimuskiinteistöllä H1), kohteesta H2 ei kesän kuivaan aikaan juuri saatu näytettä ja vesinäytteiden sähkönjohtavuudet ja alkaliteetti olivat erittäin alhaisia, alle 20 mS/m (kuvat 8 ja 9). Keväällä 2012 perheen hiihtolomaviikosta huolimatta (poissa kotoa) virtaama purkuputkesta oli kuitenkin noin 2 l/min (= vajaa 3 m³/vrk, sähkönjohtavuus 18,6 mS/m) (kuva 8). Kiinteistön H5 tuloksiin saattoi vaikuttaa myös kentän ulkopuolelta tulevien laimentavien sulamis- ja hulevesien vaikutus (sähkönjohtavuus 31 – 41 mS/m, keväällä 2012 virtaama 2-3 l/min) (kuva 8).

Kiinteistön H1 harmaavesisuotimen (suljettu systeemi) lähtevän veden sähkönjohtavuus vaihteli välillä 53 – 76 mS/m, vastaavasti kiinteistön H(V) sähkönjohtavuus vaihteli välillä 77 – 102 mS/m.

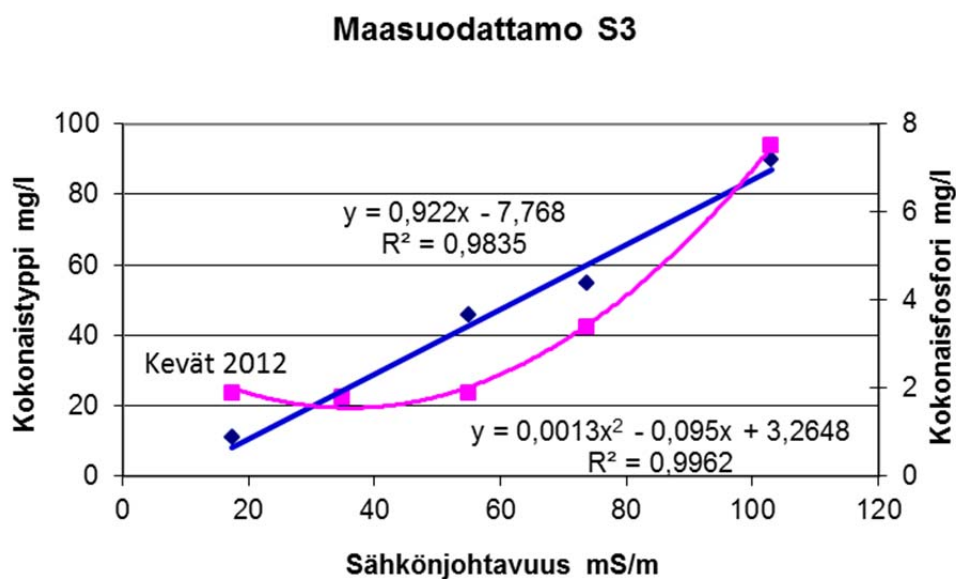
Tutkimuskiinteistömme H3 vajaa kolme vuotta vanha tiukalle savimaalle rakennettu moduulisuodattamo toimi hyvin, mutta tukkeutui pian tutkimuksen päätyttyä kesällä 2012. Suodattamo oli tosin asennettu osin väärin, kuitenkin FISE-pätevyyden omaavan suunnittelijan neuvojen mukaisesti. Ko. kiinteistön moduulimaasuodattamossa laimennusvesien vaikutus oli vähäistä, sillä se oli salaojitettu erittäin hyvin ympäristöstä tulevilta vesiltä. Herää kysymys, oliko ko. suodattamon tukkeutumisen syynä se, etteivät kentän ulkopuolelta tulleet vedet aika ajoin huuhdelleet sitä?

Mustien vesien maasuodattamo

Kenttähavaintojen ja sähkönjohtavuuksien (17 – 103 mS/m) perusteella kiinteistön M2 mustien vesien maasuodattamossa laimennusvesien vaikutus oli myös suurta. Muiden mustien vesien kiinteistöjen (M1, M3 ja M4) lähtevän veden (suljettuja systeemejä) sähkönjohtavuudet vaihtelivat välillä 70 – 130 mS/m (kuva 8).

Kevään 2012 vesinäytteessä kiinteistöltä M2 lähtevän veden sähkönjohtavuus oli vain 17,4 mS/m, kokonaistyyppi 11 mg/l ja kokonaisfosfori 1,9 mg/l (kuva 15). Kenttähavaintojen ja mittausten perusteella tätä näytteenottopäivää edeltäneenä päivänä järjestelmästä purkautui vettä 8 l/min (=11,5 m³/vrk) (kuva 16). Kiinteistöllä käytetty vesimäärä oli keskimäärin noin 200 l/vrk. Oliko tuolloin jätevesijärjestelmästä vuorokauden aikana purkautuva fosforikuormitus siis 22 g vai 0,38 g, todennäköisesti jotain siltä väliltä?

Toisaalta ko. kiinteistöltä kuivaan aikaan otetussa lähtevän veden vesinäytteessä sähkönjohtavuus oli 103 mS/m, fosforipitoisuus 7,5 mg/l, typpipitoisuus noin 90 mg/l, *E. coli* -pitoisuus 240 000 mpn/100 ml ja virtaama maasuodattamosta oli hyvin vähäistä.



Kuva 15. Mustien vesien kiinteistön M2 maasuodattamosta lähtevän veden sähkönjohtavuuden ja kokonaistypen (sininen viiva) sekä sähkönjohtavuuden ja kokonaisfosforin (punainen viiva) välinen regressio.



Kuva 16. Kiinteistön M2 maasuodattamosta purkautui keväällä 2012 vettä noin 8 l/min (=11,5 m³/vrk).

Heino (2008) on myös havainnut maasuodattamoissa laimennusvaikutuksen ja yhteyden sekä sähkönjohtavuuden, kokonaisfosforin, kokonaistypen ja BHK_{7(ATU)}:n välillä: *”Osassa tutkituista maasuodattamoista oli selkeästi nähtävissä, että maasuodattamoon pääsi runsaasti valumavesiä suodattamon ympäristöstä. Useassa kohteessa kokoomakaivossa oli vettä reilusti yli purkuputken korkeuden tai veden virtaama maasuodattamosta kokoomakaivoon oli huomattavan runsasta. Laitepuhdistamoissa vastaavia ongelmia ei ollut”*. Valitettavasti tätä ilmeistä laimennusvaikutusta ei Suomessa tehdyissä muissa keskeisissä maasuodattamotutkimuksissa ole otettu huomioon, minkä vuoksi niiden tuloksista tehdyt laskelmat ja johtopäätökset antavat liian positiivisen kuvan maasuodattamoiden toiminnasta. Lisäksi ko. tutkimuksissa vedenkulutus on perustunut arvioon ja lähtevän veden sähkönjohtavuuksia ei ole mitattu.

Haja-Sampo -hankkeessa (Räty ym, 2001) useissa tutkimuskohteissa todetaan epäilyttävän alhaisen typpipitoisuuden perusteella, että suodattamoihin on päässyt laimentavia vesiä. Silti kaikki tutkimustulokset otetaan mukaan puhdistustehon arviointiin, lasketaan keskiarvo ja vieläpä mediaani (vrt. kuva 15). Ravinne-Sammossa (Vilpas ym, 2005) saatiin huonompia tutkimustuloksia samoista suodattamoista, kun kyseessä oli kuiva vuosi 2003.

Uusimmassa (Matikka ym., 2012) maasuodattamotutkimuksessa asia otetaan esille, mutta sitä vähätellään: *”Tutkimuksen näytteidenoton yhteydessä mitattiin jäteveden sähkönjohtavuutta ja huomattiin, että sähkönjohtavuus pienentyi monessa kohteessa erityisesti kevään mittauksissa. Jäteveden mahdollista laimenemista ei tässä tutkimuksessa (siis Matikan) erikseen huomioitu, mutta pieniä eroja maapuhdistamoiden ja pienpuhdistamoihin voi syntyä, koska ne ovat suljettuja järjestelmiä”*. Valitettavasti ko.

tutkimusraportissa ei esitetä sähkönjohtavuuksia, vaikka ne on mitattu. Selkeästi pienimmät typpi- ja fosforipitoisuudet havaitaan kuitenkin kevään mittauksissa Haiku-hankkeen kiinteistön M2 tavoin.

MINWA-hankkeen vuoden 2009 neljän maasuodattamon lähtevän veden fosforipitoisuus vaihteli välillä 6,45 – 24,5 mg/l (2-3 näytteen keskiarvot), mikä osoittaa suodattamoiden toimimattomuutta fosforinpoiston osalta, vaikka vedenkulutusta ei hankkeessa mitattukaan. Yhden maasuodattamon lähtevän veden fosforipitoisuus oli alhainen (alle 1 mg/l), mutta ko. kohteessa lähtevän veden kokonaistyyppipitoisuus oli niin ikään epäilyttävän alhainen (noin 16 mg/l), mikä antaa viitteen siitä, että kenttään on päässyt laimentavia vesiä. Vuoden 2010 tuloksissa lähtevän veden fosforipitoisuudet olivat kolmella maasuodattamolla 8,17 – 28 mg/l (2-3 näytteen keskiarvot), kahdessa alhaisemmat, kuitenkin samanaikaisesti alhaisten tyyppipitoisuuksien kanssa.

Harmaavesisuotimet

Kohteen H1 harmaavesisuotimen BHK_{7(ATU)} puhdistusteho oli keskimäärin 50 %, typen noin 20 % ja fosforin vajaat 30 %. Orgaanisen aineen aiheuttaman hapenkulutuksen osalta asetuksen tiukka raja-arvo ylittyi. Kiinteistön H(V) 10 vuotta vanha kivivillasuodin alitti fosforin ja typen osalta asetuksen tiukat raja-arvot, mutta biologisen hapenkulutuksen ja kokonaishapenkulutuksen osalta tulokset jäivät tiukan- ja perusvaatimustason väliin (liitteet 2 ja 3).

4.6.1. Tulosten luotettavuus

Kiinteistöllä käytetty todellinen vesimäärä on aivan yhtä oleellinen tekijä kuin näytteen analyysitulokset laskettaessa kiinteistökohtaista grammamääristä kuormitusta. Tämän tutkimuksen tulokset perustuivat kiinteistöllä käytettyyn todelliseen vesimäärään, sillä kaikkiin tutkimuskiinteistöihin asennettiin vesimittarit. Valitettavasti suurimmassa osassa Suomen haja-asutuksen jätevesiin liittyvissä tutkimuksissa veden käyttömäärä on vain arvioitu, vaikka veden käyttö vaihtelee huomattavasti eri näytteenottokertojen välillä. Esimerkiksi kiinteistöllä H2 vedenkulutus vaihteli eri näytteenottokertojen välillä huomattavasti (25 – 115 l/as/vrk), joten pelkkä vedenkulutusarvioon perustuva kuormituslaskelma voi johtaa lähes viisinkertaiseen eroon kuormituslaskelmissa (vrt. taulukko 3).

Pesuvesien tutkimuskiinteistöillä H2 – H5, joissa käymälävedet johdettiin umpisäiliöön, pesuvesien kuormitus laskettiin kertomalla näytteenottovuorokauden aikana käytetty kokonaisvesimäärä luvulla 0,666 (66,6 %).

Harmaiden vesien pitoisuudet olivat niin pieniä, että pesuvesien osuutena käytetty kerroin (ympäristöhallinnon julkaisuissa 0,73 ja 0,64 ja RT-kortissa 0,8) (kts. kappale 4.1.) ei merkittävästi vaikuta edellä mainittujen kiinteistöjen osin laskennallisesti saatuun kuormitukseen. Taulukossa 6 on esitetty, miten pesuvesien suhteellisen osuuden kerroin vaikuttaisi näiden tutkimuskiinteistöjen H2 – H5 kaikkien neljän näytteenottokerran keskimääräisellä noin 4 mg/l fosforipitoisuudella, keskimääräisellä 175 mg/l BHK_{7(ATU)} -pitoisuudella ja keskimääräisellä 16 mg/l tyyppipitoisuudella sekä

keskimääräisellä 100 l/as/vrk kokonaisvedenkulutuksella harmaiden vesien laskennalliseen kuormitukseen.

Taulukko 6. Pesuvesien suhteellisen osuuden kertoimen vaikutus tutkimuskiinteistöjen H2–H5 osin laskennalliseen tulevan veden kuormitukseen. Taulukossa on vertailun vuoksi esitetty myös asetuksessa esitetty pesuvesien tulokuorma.

<i>BHK_{7(ATU)}</i> (mg/l)	<i>vesimäärä</i> l/as/vrk	<i>pesuvesien</i> osuus (%)	<i>kuormitus</i> g/as/vrk	<i>erotus</i> (pyöristettynä)
175	100	66,6	11,65	
175	100	73	12,77	+ 1,1 g
175	100	80	14,00	+ 2,3 g
175	100	63,6	11,13	- 0,5 g
<i>asetus</i>			30 g	

<i>Fosfori</i> (mg/l)	<i>vesimäärä</i> l/as/vrk	<i>pesuvesien</i> osuus (%)	<i>kuormitus</i> g/as/vrk	<i>erotus</i> (pyöristettynä)
4	100	66,6	0,266	
4	100	73	0,292	+ 0,025 g
4	100	80	0,32	+ 0,054 g
4	100	63,6	0,254	- 0,012 g
<i>asetus</i>			0,44	

<i>Typpi</i> (mg/l)	<i>vesimäärä</i> l/as/vrk	<i>pesuvesien</i> osuus (%)	<i>kuormitus</i> g/as/vrk	<i>erotus</i> (pyöristettynä)
16	100	66,6	1,066	
16	100	73	1,17	+ 0,1 g
16	100	80	1,28	+ 0,2 g
16	100	63,6	1,02	- 0,05 g
<i>asetus</i>			1,4	

Tutkimustulosten luotettavuutta osoittaa myös se, että kohteiden H1 (vähävetinen käymälä) ja H(V) (kuivakäymälä), joissa kuormitus laskettiin kiinteistön todellisella vesimäärällä, tulokset olivat hyvin lähellä muiden em. kiinteistöjen osin laskennallisesti saatuja tutkimustuloksia (kuva 5 A-D). Kiinteistöllä H1 BHK_{7(ATU)} oli toki korkeampi, mutta ko. kiinteistöllä 2-osaisen saostussäiliön osastojen väliltä puuttui tuuletus (jokaisella näytteenotolla selkeästi korkein pitoisuus). Ko. kiinteistön korkeimpiin BHK_{7(ATU)} pitoisuuksiin saattoi vaikuttaa myös se, että kiinteistöllä lähes kaikki ruoka valmistetaan itse.

Mikäli harmaiden vesien laskentoihin olisi käytetty kohteen H(V) (jossa mukana myös hiukan virtsaa) pesuvesiä, keskimääräinen kuormitus olisi BHK_{7(ATU)} osalta 0,3 g/as/vrk alhaisempi, fosforin käytännössä sama, mutta typen ja kokonaishapenkulutuksen osalta hiukan korkeampi.

Mikäli pesu- ja käymälävesien suhteellisten osuuksien laskennoista poistettaisiin kaksi mustan veden kiinteistöä (M2 ja M3), joiden tuleva kuormitus oli hyvin alhainen selkeistä, todetuista (esisuostus ja vuotavat

betoniset saostussäiliöt) syistä johtuen, käymälävesien suhteelliset kuormitusosuudet olisivat olleet huomattavasti korkeammat. Lisäksi voidaan hyvällä syyllä olettaa, että saostuskaivot puhdistavat tehokkaammin asumajätevesiä, jotka sisältävät myös ulosteet, kuin pelkkiä pesuvesiä, joissa haitta-aineet ovat pääosin veteen sekoittuneena.

Tutkimuksestamme saadut tulokset ovat siten tarkimpia Suomessa julkaistuja tutkimustuloksia niin asumajäteveden kemiallisen ja hygieenisen kuormituksen kuin pesu- ja käymälävesien suhteellisen koostumuksen osalta.

5. Johtopäätökset

Vesiensuojelun kannalta olisi keskityttävä vesistöjä ja pohjavesiä eniten kuormittaviin käymälävesiin, jotka sisältävät tutkimuksemme mukaan vähintään 90 % typestä, 80 % fosforista, 90 % ammoniumtypen aiheuttamasta hapenkulutuksesta, 60 % orgaanisen aineen aiheuttamasta biologisesta hapenkulutuksesta ja 80 % kokonaishapenkulutuksesta sekä 98 % ulosteperäisistä bakteereista. Onko itse asiassa mitään mieltä sotkea 1/3 käymälävesiä 2/3:aan lähes asetuksen velvoitteet täyttävään pesuveteen ja yrittää sitten puhdistaa ne? Pienpuhdistamoiden puhdistustehosta käytännössä on olemassa paljon ristiriitaisia tutkimustuloksia ja maasuodattamotutkimuksissa laimennusvaikutus on jätetty huomiotta. Toisaalta on kohtuutonta vaatia saostussäiliökäsittelyn jälkeen pesuvesien puhdistamista maasuodattamoilla, joiden puhdistustehosta ei ole luotettavaa tutkimustietoa. Lisäksi kotitalouksien pesuvesien "haitallisuus" vähenee edelleen fosfaatillisten pesuaineiden käyttörajoitteiden myötä (EU:n asetus 259/2012) kesäkuun 2013 alusta alkaen.

Voidaanko kaikille asumajätevesille suunnitelluilla kiinteistökohtaisilla puhdistusjärjestelmillä käytännössä saavuttaa asetuksen velvoitteet ja ennen kaikkea sen tavoitteet? Asetuksen velvoitteet täyttäessäänkin kaikkien asumajätevesien yhteiskäsittelyjärjestelmistä luontoon purkautuvat jätevedet sisältävät suuria *E. coli* -pitoisuuksia ja vesistöissä runsaasti happea kuluttavia pelkistyneitä typpi-yhdisteitä. Pelkistyneiden typpi-yhdisteiden hitaamman biologisen hajoamisen takia ne voivat olla haitallisempia ympäristön kannalta kuin nopeasti hajoavat orgaaniset yhdisteet. Lisäksi talousvesissä nitraatille on asetettu raja-arvo 50 mg/l ja *E. colille* 0 mpn/100 ml.

Ammoniumin hapettumisesta aiheutuva veden hapettomuus aiheuttaa myös sekundääristä rehevöitymistä sedimenttiin sitoutuneen fosforin vapautuessa. Kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien "puhdistetut" vedet johdetaan usein satojen litrojen pulsseina pieniin ojiin ja puroihin, jossa ne aiheuttavat ojavesien hapettomuutta sekä potentiaalisen terveysriskin alueen asukkailla ja kotieläimille. Sen sijaan hitaasti aktiiviseen pintamaahan johdettaessa pesuvesien orgaaninen aines ei aiheuta suurta vaaraa vesistöjen hapenkulutukselle.

Pesuvesien ajoittain suuret *E. coli* -pitoisuudet voivat olla myös muualta kuin ulostekuormituksesta peräisin, jolloin niiden indikaattoriarvo ulosteiden kautta tauteja-aiheuttaviin mikrobeihin ei toteudu (20 %:ssa tutkimistamme

pesuvesistä). Keittiön viemäriässä lisääntyneet *E. coli* -bakteerit voivat ehkä johtaa osin pesuvesiin liittyvien hygieenisten riskien yliarviointiin, sillä pääosa taudinaiheuttajista ei lisäännä viemäriässä.

Suosituks

Käymäläjätevesiä ei tulisi edes käsittää jätteenä, vaan resurssina. Ehtyvät luonnonvarat, etenkin fosfori, on saatava kiertoon. Ekologisesti kestävin tapa on käymäläjätteen kompostointi tai umpisäiliöön johdettujen käymälävesien (mahdollisimman vähävetisiä WC-ratkaisuja suosien) kalkkistabilointi lähellä niiden syntypaikkaa ja käyttäminen lannoitteena pelloilla. Neljän henkilön tutkimuskiinteistöllä H1, jossa on käytössä vähän vettä käyttävä WC-istuin, käymälävesiä muodostuu vuodessa ainoastaan 3 m³ (kuva 17). Pesuvesien saostussäiliöitä ei ole tarvetta tyhjentää kuin muutaman vuoden välein. Vapaa-ajan kiinteistöille kuivakäymälät ovat suositeltavin ratkaisu.



Kuva 17. Vähän vettä käyttävä WC-istuin käyttää vettä vain noin 0,5 litraa/huuhtelu. Käytön rajoitteena on viemäri- ja putkijärjestelmän pituus, alle 10 metriä.

Käymälä- ja pesuvesien erillisviemärointi ja -käsittely on ekologisesti kestävin, halvin, varmin ja vaivattomin kiinteistökohtainen jäteveden käsittelyjärjestelmä. Haja-asutuksen jätevedenkäsittelyyn toimivimpien ratkaisujen takaamiseksi kaikkiin haja-asutusalueelle rakennettaviin uusiin kiinteistöihin tulisi järjestää pesu- ja käymälävesien erillisviemärointi talon ulkopuolelle. Mielestämme yksiputkijärjestelmä ei tue asetuksen teknologianeutraaliuden periaatetta, vaan on itse asiassa sen vastainen (kuva 18).

A



B



Kuva 18. Uusiin haja-asutusalueille rakennettaviin kiinteistöihin pesu- ja käymälävesien erillisviemäroinnin ulottaminen talon ulkopuolelle (A) tukee asetuksen teknologianeutraaliuden periaatetta.

Kirjallisuus:

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 259/2012

Heino, S. 2008. Kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien toimivuus. Kokemuksia 20 kiinteistöltä Pirkanmaalta. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu 582.

Karttunen Erkki. 2004. RIL 124-2 Vesihuolto 2. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL R.Y. 683 s. ISBN 951-758-438-5.

Kujala-Räty, K. 2004. Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistuksen toimivuus Hajasampo-projektissa. Suomen ympäristökeskus. (Julkaisu 654). 150 s.

Litmanen, M. 2011. Haja-asutuksen harmaiden jätevesien ominaisuuksien tutkiminen. Opinnäytetyö, Savonia ammattikorkeakoulu, 42 s.. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=136001&lan=fi>

Matikka, V., Veijalainen, A-M. & Vilpas, R. 2012. Haja-asutuksen jätevesien niukkaresurssiset käsittelykonseptit (MASU-hanke), Loppuraportti, Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja D4/1/2012

Matikka, V., 2011. Jätevesijärjestelmät vertailussa. Aquarius 1/2011: 32-33.

Minwa hankkeen näytteenottoraportti vuodelta 2010: Valonian ottamat näytteet:

http://www.minwa.info/file_download.php?f=a768d05061143cef694f87bc8b5538440c9df60a.pdf&sha=bbbcafcde2b9fdbefdc566d7bf622d8a9426a4b2

Minwa hankkeen näytteenottoraportti vuodelta 2009: Valonian ottamat näytteet:

http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&sqi=2&ved=0CFYQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.valonia.fi%2Fpublic%2Fdownload.aspx%3FID%3D111263%26GUID%3D%257BF580233D-DC8E-4CA6-8CDC-5B4C3AD16377%257D&ei=kq2UUYmhE4TP4QSD-4HoDw&usg=AFQjCNGMguulht6ErbAo-2ry_9PgqK25w&bvm=bv.46471029,d.bGE

Männynsalo, J. 2007. Raportti Sipoon ja Mäntsälän pienpuhdistamoiden toiminnasta.

Männynsalo, J. 2008. Pienpuhdistamoiden valvontatarkkailu Vantaalla kesällä 2008, 20 s.

Niemelä, S., Hirn, J., Niemi, M., Väättänen, P. & Lahti, K. 1982. Ihmisen toiminnan tuottamat bakteerit vesiensuojelun ongelmana. Loppuraportti Nesslingin säätiölle. 43s + liitteet

Niemi, J. & Myllyvirta, T. 2007. Selvitys haja-asutusalueen jätevesien pienpuhdistamoiden toimivuudesta. Toimivatko haja-asutusalueen jätevesien pienpuhdistamot jätevesiasetuksen vaatimusten mukaisesti? Itä-Uudenmaan ja Porvoonjoen vesien- ja ilmansuojeluyhdistys ry, 47 s.

Särkelä, A. 2008. Käymälä- ja pesuvesien erilliskäsittely haja-asutusalueilla paras vaihtoehto. Ekokaari 2/2008:7.

Särkelä, A. 2009. Käymälä- ja pesuvedet erottelemalla täytät asetuksen tavoitteet. Kansan ääni 6/09

Särkelä A., Valkama P., Mielikäinen N. & Lahti K. 2011. Automaattinen veden laadun seuranta taajan haja-asutuksen jätevesien kuormittamassa ojassa. Vesitalous 3/2011: 35-39

TM rakennusmaailma 5E/2010. Tavoitteena puhtaammat vedet, s. 12 – 28.

Liite 1. Näytteenotto-ohjeet ja näytteenottopäiväkirja

NÄYTTEENOTTO-OHJEET

(1)

KATSO LIITE 1: Yksinkertaistettu kuva näytteenotosta (HAIKU-hanke)

”Puhdistettu” jätevesi purkuputken suulta:

Lähtevän veden näyte otetaan kokoomanäytteenä yhden vuorokauden ajalta purkuputken suulle sijoitetusta näytteenottoämpäristä. **Kiinteistön omistaja sijoittaa näytteenottoämpäriin ”puhdistetun” veden purkuputken suulle aamulla** (varmistaa, että ämpäri pysyy paikallaan ja on suojattu sateelta ja muilta vesiltä). **Heti aamulla luetaan myös vesimittarin lukema** ja kirjataan se näytteenottopöytäkirjaan (katso sivu 2). **Päivän tapahtumista pidetään kirjaa** (esim. milloin pyykinpesukone päällä, milloin tiskikone päällä, milloin käyty suihkussa, montako kertaa on WC-vedetty yms. ja mahdolliset muut veden käyttöön liittyvät tapahtumat). **Seuraavan päivän aamuna** ennen veden käyttöä **kirjataan vesimittarin lukema ylös**. Tuolloin **poistetaan myös lähtevän veden näytteenottoämpäri purkuputken suulta**, suljetaan ämpäriin kansi ja peitetään mustalla jätessäkillä.

Näytteenottaja saapuu saman aamun aikana ottamaan 2 litran pulloon näytteet näytteenottoämpäristä huolellisen sekoituksen jälkeen ja toimittaa ne laboratorioon analysoitaviksi.

Saostussäiliön jätevesi (tuleva puhdistamaton jätevesi):

Tulevan puhdistamattoman jäteveden näyte otetaan kokoomanäytteenä yhden vuorokauden ajalta viimeisen saostuskaivon t-haaran alaosan kohdalta pitkävartisella näytteenottimella kannelliseen näytteenottoämpäriin yhteensä **kolmena osanäytteenä** (a'2 litraa = 6 litraa) **kaikki samaan ämpäriin**. **Kaksi** näytteenottoa otetaan **iltapäivän ja illan aikana**, **kolmas seuraavan päivän aamuna** (kiinteistön omistajan tehtävä). Näytteenottokokoomaämpäri säilytetään kansi suljettuna ja mustalla jätessäkillä peitettynä kaikkien osanäytteiden välillä ja viimeisen osanäytteen oton jälkeen. Näyteämpäri viileään paikkaa. Näytteenottaja saapuu aamulla ottamaan näytteenottoämpäristä 2 litran näytteen huolellisen sekoituksen jälkeen laboratoriossa analysoitavaksi. Tulevan veden näytteenottoa suorittaessasi **varo pintarasvojen joutumista näytteeseen** (työnnä näytteenottimen, luudanvarsi ja siihen teipattu pullo, pohjalla rasvoja syrjään ennen kuin lasket pullon veden pinnan alapuolelle).

Ympäristöön joutuva jätevesikuormitus on jäteveden määrä kerrottuna näytteen laatuanalyysin tuloksella. Asetuksen (209/2011) vaatimukset täyttävä kuormitus on eri parametrien osalta seuraava:

BHK ₇ (atu) (Biologinen hapenkulutus)	10 g/as/vrk
Kokonaistyyppi	9,8 g/as/vrk
Kokonaissfosfori	0,66 g/as/vrk

Tiivistelmä näytteenotosta:

PÄIVÄ 1.

1. Sijoita näytteenottoämpäri ”puhdistetun” (lähtevän) jäteveden purkuputken suulle aamulla
2. Tarkista heti aamulla vesimittarin lukema ja kirjaa ylös näytteenottopäiväkirjaan
3. Pidä kirjaa päivän tapahtumista
4. Saostuskaivoon tulevasta puhdistamattomasta jätevedestä kokoomanäyte, varo pintarasvoja
→ 1. ja 2. osanäyte (a'2 litraa) iltapäivän ja illan aikana ämpäriin. HUOM! Kansi KIINNI jokaisen näytteenoton jälkeen ja viileään paikkaan, jätessäkki päälle
SEURAAVA AAMU

5. Kirjaa ylös seuraavana aamuna vesimittarin lukema ja poista näytteenottoämpäri ”puhdistetun” jäteveden purkuputken suulta → kansi päällä, viileään.
6. → 3. osanäyte saostuskaivosta tulevasta puhdistamattomasta jätevedestä, 2 litraa HUOM! Kansi KIINNI jokaisen näytteenoton jälkeen ja viileään paikkaan, jätessäkki päälle
7. Jätä näytteenottopäiväkirja ämpäriin päälle ja/tai sähköpostilla asko.sarkela@vesiensuojelu.fi
8. Näytteiden laboratorioon haun jälkeen huuhtelee näytteenottoämpärit ja näytteenotin puhtaalla vedellä (ja kuivaa puhtaalla paperilla/pyyhkeellä) seuraavaa näytteenottokertaa varten. **HUOM! Kummallakin ”puhdistetulla” ja tulevalla jätevedellä on omat näytteenottoämpärit!**

Kohde (kiinteistön omistajan nimi):

Vedenkulutus

Vesimittarin lukema aamulla klo _____ oli _____
Vesimittarin lukema seuraavana aamuna ennen veden käyttöä klo _____ oli _____ = veden kulutus _____ litraa = _____ l/as/vrk

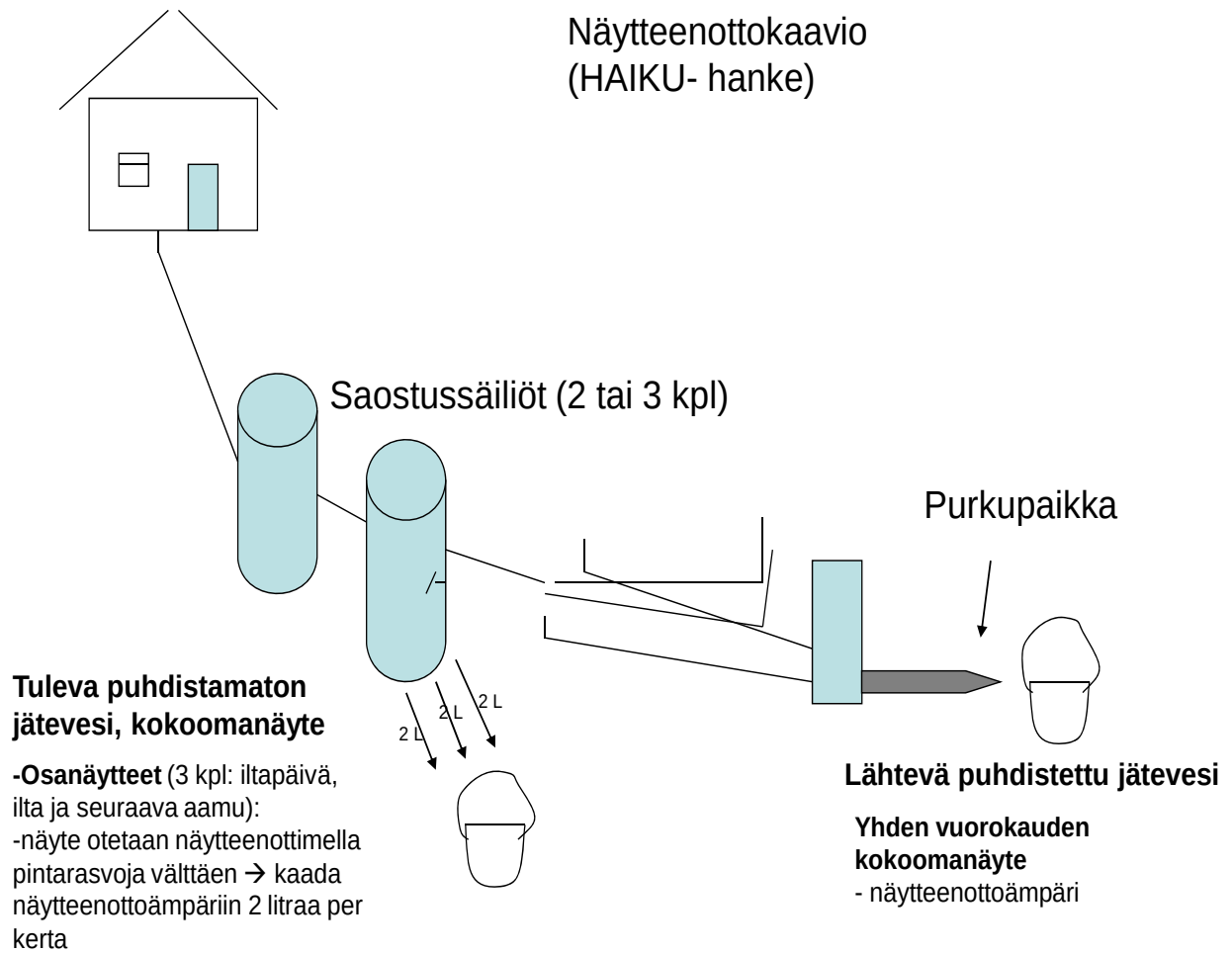
Päivän tapahtumat pääpiirteittäin

Lähtevän veden näytteenottoämpäriin asettaminen purkuputken suulle aamulla klo _____
Perheen aamutoimet klo _____ - _____
Mahdolliset suihkussa käynnit klo _____
Töissä/päivähoidossa klo _____ Kotona klo _____
Ruuanlaitto yms. klo _____
Näytteenotto klo _____ 2 litraa tulevan puhdistamattoman jäteveden (sakokaivosta) näytettä pitkävartisella näytteenottimella viimeisen sakokaivon T- haaran alapinnan korkeudelta kannelliseen näytteenottoämpäriin (sulje kansi, pimeään/musta jätessäkki päälle ja viileään paikkaan).
Tiskikone päällä? klo _____ - _____
Pyykinpesukone päällä? klo _____ - _____
Näytteenotto klo _____ 2 litraa tulevan puhdistamattoman jäteveden (sakokaivosta) näytettä pitkävartisella näytteenottimella viimeisen sakokaivon T- haaran alapinnan korkeudelta kannelliseen näytteenottoämpäriin (sulje kansi, pimeään/musta jätessäkki päälle ja viileään paikkaan).
Perheen iltatoimet ja suihkussa käynnit klo _____
Arvio veden käytöstä, jota ei johdeta jätevesijärjestelmään (esim. pihan kastelu yms.)
Laske WC:n käyttökertojen määrä! _____ huuhtelua
Kuvaa asukkaiden lukumäärä ja läsnäolo näytteenottopäivänä:
Huom! Saostuskaivosta näytteenottoa suorittaessasi varo pintarasvojen joutumista näytteeseen (työnnä näytteenottimen, luudanvarsi ja siihen teipattu pullo, pohjalla rasvoja syrjään ennen kuin lasket pullon jäteveden pinnan alapuolelle)

Seuraava aamu:

Poista lähtevän ”puhdistetun” veden näytteenottoämpäri ja sulje kansi, viileään, pimeään/musta jätessäkki päälle (muista kirjata vesimittarin lukema).
Kolmas osanäytteenotto klo _____ 2 litraa tulevan puhdistamattoman jäteveden näytettä (sakokaivosta) pitkävartisella näytteenottimella viimeisen sakokaivon T- haaran alapinnan korkeudelta kannelliseen näytteenottoämpäriin (sulje kansi, ämpäri pimeään/musta jätessäkki päälle ja viileään paikkaan).

Näytteenottoakaavio (HAIKU- hanke)



Liite 2. HAIKU-näytteet, analyysitulokset

15.6.2010

	KA	ALK	NH ₄	Sähkonj.	COD	KOKN	KOKP	BHK ₇ (ATU)	BHK ₁₄ (ATU)	BHK ₂₁ (ATU)	BHK ₇	BHK ₁₄	BHK ₂₁	E.Coli	Vesimäärä
	mg/l	mmol/l	mg/l	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mpn/100 ml	l/as/vrk
Harmaat															
H1 T			13		660	22	2,8	370	420	404	330	449	464		42,5
H1 L	56	5,4	8,3		440	17	2,3	210						110 000	42,5
H2 T			8,1		470	15	2,1	210	260	257	200	300	317		76,6
H2 L	27	1,1	0,16		21	1,7	0,23	2						9	76,6
H3 T			1,1		130	5	0,48	60	78	86	65	98	88		93,2
H3 L	4,2	3,6	0,29		20	6	0,51	2						1	93,2
H4 T			7,9		530	15	15	300	330	350	360	450	331		79,3
H4 L	42	4,2	0,16		32	4,6	7,1	10						28	79,3
H5 T			13		160	18	2,6	67	81	87	89	170	135		79,3
H5 L	10	3,1	12		80	16	2,2	23						410	79,3
Mustat															
M1 T			150		760	180	15	360	440	423	660	940	910		88,0
M1 L	45	8,9	100		130	120	4,7	44						240 000	88,0
M2 T			110		540	120	16	230	280	278	460	660	705		51,0
M2 L	5,3	1,4	7,7	55	30	46	1,9	2						120	51,0
M3 T			51		260	61	5,3	83	110	115	190	310	338		134,5
M3 L	280	3,3	42		210	46	6,4	34						98 000	134,5
M4 T			120		580	140	22	230	308	356	430	777	814		69,0
M4 L	19	10	88		61	99	8,6	14						11 000	69,0
Harmaat ja virtsa															
H(V) T			36		260	39	3,1	150	150	145	170	260	295		43,0
H(V) L	43	6,4	25		150	32	2,7	61						120	43,0

Liite 2. HAIKU-näytteet, analyysitulokset

18.10.2010

	KA	ALK	NH ₄	Sähkonj.	COD	KOKN	KOKP	BHK ₇ (ATU)	BHK ₁₄ (ATU)	BHK ₂₁ (ATU)	BHK ₇	BHK ₁₄	BHK ₂₁	E.Coli	Vesimäärä
	mg/l	mmol/l	mg/l	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mpn/100 ml	l/as/vrk
Harmaat															
H1 T			11		670	20	2,7	390							39,5
H1 L	25	4,6	8,8	53,2	360	15	1,8	150	178	192	160	221	240	240000	39,5
H2 T			4		360	11	1,6	170							16,7
H2 L	2	0,05	0,86	3,6	20	2,2	0,054	5	6	7	5	9	10	61	16,7
H3 T			16		120	21	2,9	63							107,0
H3 L	3,8	5,7	9,3	71,5	27	24	0,61	4	5	7	36	43	43	2	107,0
H4 T			15		470	22	11	280							64,9
H4 L	2	3,1	0,11	41,4	20	7,6	8,2	2	3	3	4	5	5	1	64,9
H5 T			19		290	27	2,6	140							61,4
H5 L	16	3,7	15	47,8	120	20	2	42	56	63	65	122	134	520	61,4
Mustat															
M1 T			140		500	160	18	240							60,0
M1 L	14	2,5	44	110	150	99	3,9	28	57	96	33	230	293	160000	60,0
M2 T			160		560	190	26	220							66,0
M2 L	8	4,7	46	103	72	90	7,5	12	19	23	180	190	191	240000	66,0
M3 T			88		440	100	7,7	190							79,0
M3 L	27	5,3	67	116	120	75	5	30	40	47	86	303	290	110000	79,0
M4 T			120		950	170	21	600							114,0
M4 L	19	8,3	68	118	71	76	9,9	9	19	25	23	299	280	1	114,0
Harmaat ja virtsa															
H(V) T			46		200	56	3,8	77							63,9
H(V) L	33	5,9	29	77	98	49	3,5	38	51	55	71	185	195	1700	63,9

Liite 2. HAIKU-näytteet, analyysitulokset

4.4.2011 (H1, M1, M3, H(V), H3, H4, M5)

18.4.2011 (H2)

5.5.2011 (M2, M4)

	KA	ALK	NH ₄	Sähkonj.	COD	KOKN	KOKP	BHK ₇ (ATU)	E.Coli	Vesimäärä
	mg/l	mmol/l	mg/l	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mpn/100 ml	l/as/vrk
Harmaat										
H1 T			9,2		620	16	2,4	330	240000	60,0
H1 L	46	3,8	6,1	58,4	330	11	1,3	160	82000	60,0
H2 T			5,2		330	11	1,6	140	8800	36,6
H2 L	5,4	0,58	0,01	20	20	3,5	0,25	2	4	36,6
H3 T			45		320	47	7,5	150	15000	118,0
H3 L	21	3,3	7,2	45	23	13	2	5	100	118,0
H4 T			11		490	16	8,1	240	11	64,9
H4 L	4	3,2	0,07	50,8	20	10	10	2	1	64,9
H5 T			13		310	18	1,7	170	12000	99,6
H5 L	5,8	1,1	3,8	31,3	45	9,4	1,9	7	3	99,6
Mustat										
M1 T			220		1200	230	27	840	240000	83,0
M1 L	33	< 0,1	5,1	74,6	150	45	4,5	25	27	83,0
M2 T			74		810	77	11	240	7700000	70,6
M2 L	2,7	0,95	5,4	34,8	20	21	1,8	3	980	70,6
M3 T			43		360	50	6,9	170	200000	79,0
M3 L	190	5,1	61	88,7	490	70	10	250	240000	79,0
M4 T			130		2000	150	16	580	240000	117,0
M4 L	110	11	93	149	200	110	4,6	72	2400	117,0
Harmaat ja virtsa										
H(V) T			61		450	70	5,6	240	8400	86,0
H(V) L	68	8,3	50	102	320	62	5	140	9100	86,0

Liite 2. HAIKU-näytteet, analyysitulokset
30.5.2011 (H1 - H(V))
31.5.2011 (H3, M4, H4, M5)

	KA	ALK	NH ₄	Sähkonj.	COD	KOKN	KOKP	BHK ₇ (ATU)	Enterok.	E.Coli	Vesimäärä
	mg/l	mmol/l	mg/l	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mpn/100 ml	mpn/100 ml	l/as/vrk
Harmaat											
H1 T			12		600	18	2,1	340	1000	98000	46
H1 L	32	4,4	12	76,4	380	17	2	200	1000	61000	46
H2 T			10		560	17	2,2	340	0	16000	16,983
H2 L	2	< 0,1	0,5	1	20	0,96	0,027	2	0	1	16,983
H3 T			1,2		300	6,4	5,4	130	1400	5400	119,88
H3 L	10	2,9	1	44,6	20	12	1,9	2	3	1	119,88
H4 T			14		450	20	2,8	250	1900	1	58,941
H4 L	9,2	1,5	0,08	24,4	20	3,7	3,2	3	0	1	58,941
H5 T			14		340	20	2,1	180	800	240000	46,62
H5 L	7,6	2,6	11	40,7	68	14	1,2	16	100	11000	46,62
Mustat											
M1 T			220		1600	240	29	1100	20000	170000	86
M1 L	15	0,57	4,8	69,9	76	25	2,7	12	9	6300	86
M2 T			130		650	150	21	350	20000	200000	37,7
M2 L	6,8	3,7	25	73,8	34	55	3,4	5	3	200	37,7
M3 T			72		280	77	6	120	1500	140000	82,5
M3 L	22	4,2	56	88,3	100	65	4	27	800	52000	82,5
M4 T			130		890	140	15	500	20000	1	138
M4 L	88	10	94	147	150	110	4,6	61	4700	1	138
Harmaat ja virtsa											
H(V) T			48		290	53	3,6	130	8600	410	72
H(V) L	33	7,5	44	86,9	180	46	3,4	82	9300	950	72

Liite 2. HAIKU-näytteet, analyysitulokset

HAIKU-lisänäytteet, analyysitulokset

30.6.2011		NH ₄ mg/l	Sähkonj. mS/m	COD mg/l	KOKN mg/l	KOKP mg/l	BHK ₇ (ATU) mg/l	Enterok. mpn/100 ml	E.Coli mpn/100 ml	Vesimäärä l/as/vrk
H1 T		8,5		580	15	2,2	330	16	170000	49
H(V) T		39		270	45	4	120	2200	2400	75,5
9.8.2011								Enterok. mpn/100 ml	E.Coli mpn/100 ml	
H1 T	keittiö lavuaari							2900	200000	
H1 T	WC-lavuaari							1	140	
18.4.2012			Sähkonj. mS/m							
H2 L	virtaama 2 l/min		18,6							
19.4.2012			Sähkonj. mS/m	COD mg/l	KOKN mg/l	KOKP mg/l	BHK ₇ (ATU) mg/l			Vesimäärä l/as/vrk
M2 T			73,7	220	47	7,1	98			
M2 L	virtaama ed. iltana 8 l/min		17,4	20	11	1,9	1,2			44
24.9.2012		NH ₄ mg/l	Sähkonj. mS/m	COD mg/l	KOKN mg/l	KOKP mg/l	BHK ₇ (ATU) mg/l	Enterok. mpn/100 ml	E.Coli mpn/100 ml	Vesimäärä l/as/vrk
H1	keittiön uusi lavuaari							46000	2000	
H1 T		6,7	51,3	400	12	1,3	220	>50000	1200	40

Liite 2. HAIKU-näytteet, analyysitulokset**Vantaan näytteet****19.10.2011 (R1 - R4)****14.10.2011 (S01)**

	NH ₄	Sähkonj.	COD	KOKN	KOKP	BHK ₇ (ATU)	Vesimäärä	Enterok.	E. coli
	mg/l	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	l/as/vrk	mpn/100 ml	mpn/100 ml
S01	20	54,5	410	27	2,6	170	50	2	1200
R1	10	44,7	130	14	0,78	65	50	150	310000
R2	17	123	730	23	0,7	310	25	0	970
R3	4,7	85,7	190	8	0,47	73	50	53	300
R4	5,3	39,3	53	7,4	0,31	19	50	26	740

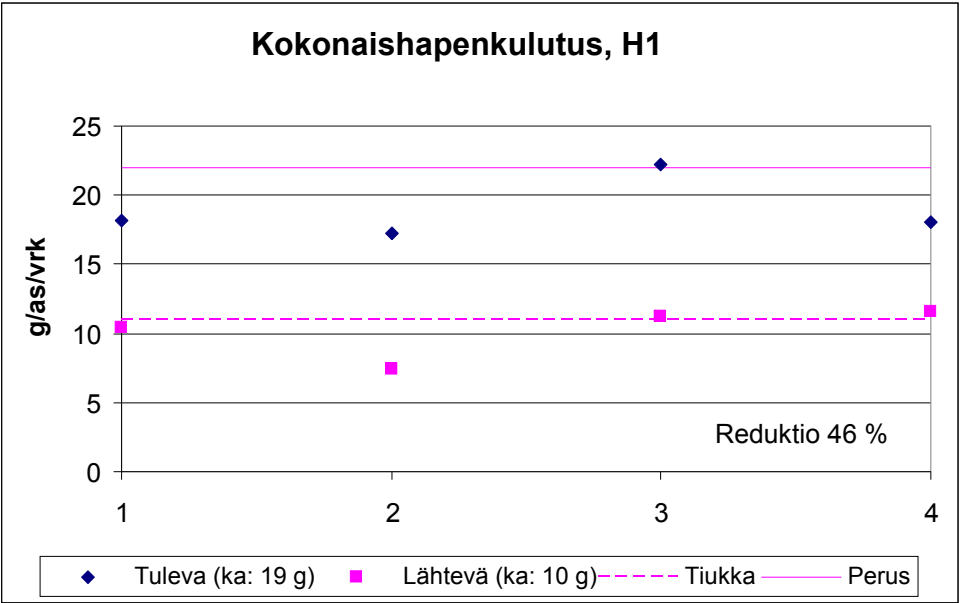
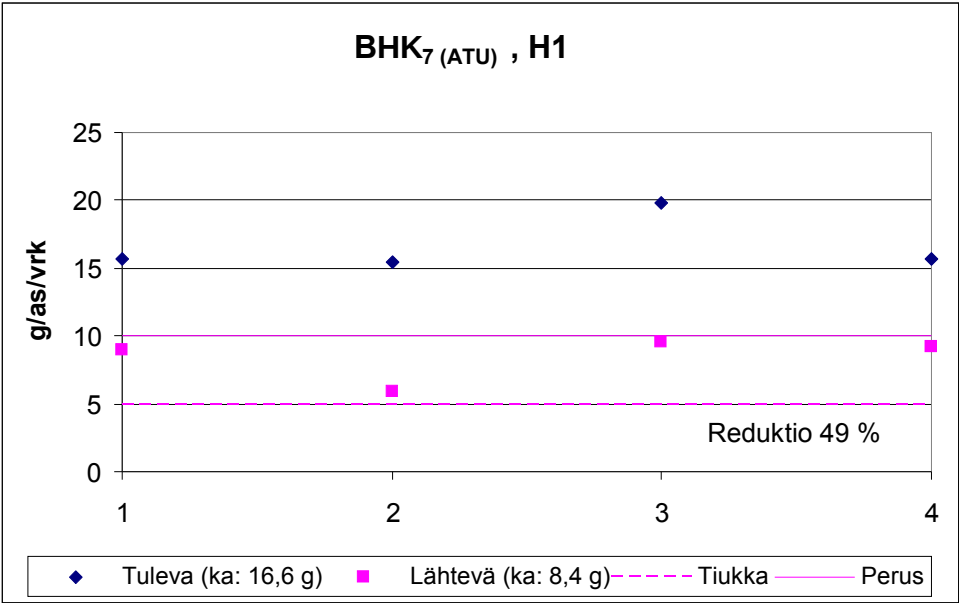
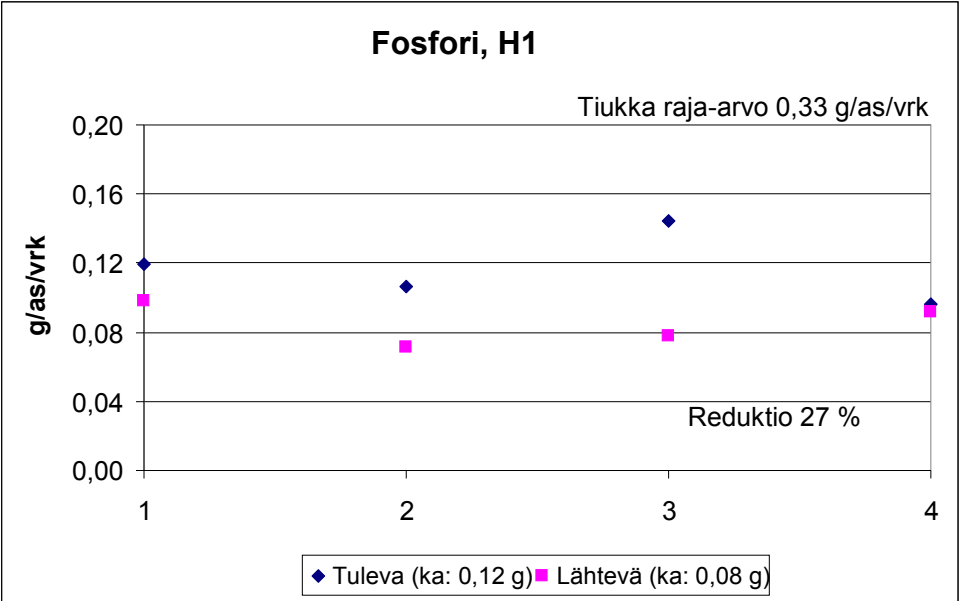
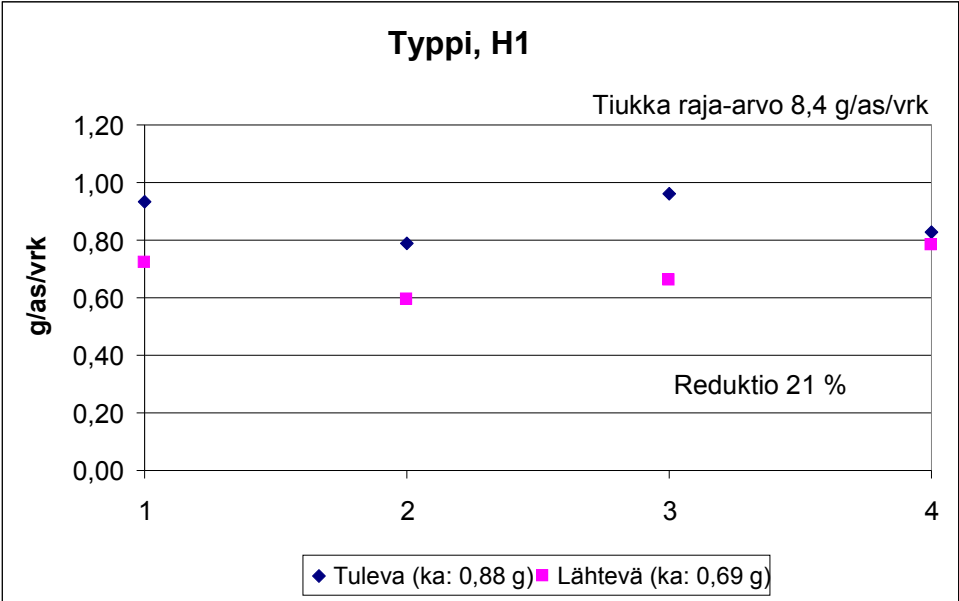
Vantaan lisänäytteet**7.11.2011**

		Enterok.	E. coli	Lämpök. koliformiset	Koliformiset
		mpn/100 ml	mpn/100 ml	mpn/100 ml	mpn/100 ml
R1	keittiön lavuaari	2	26000000	1100000	77000000

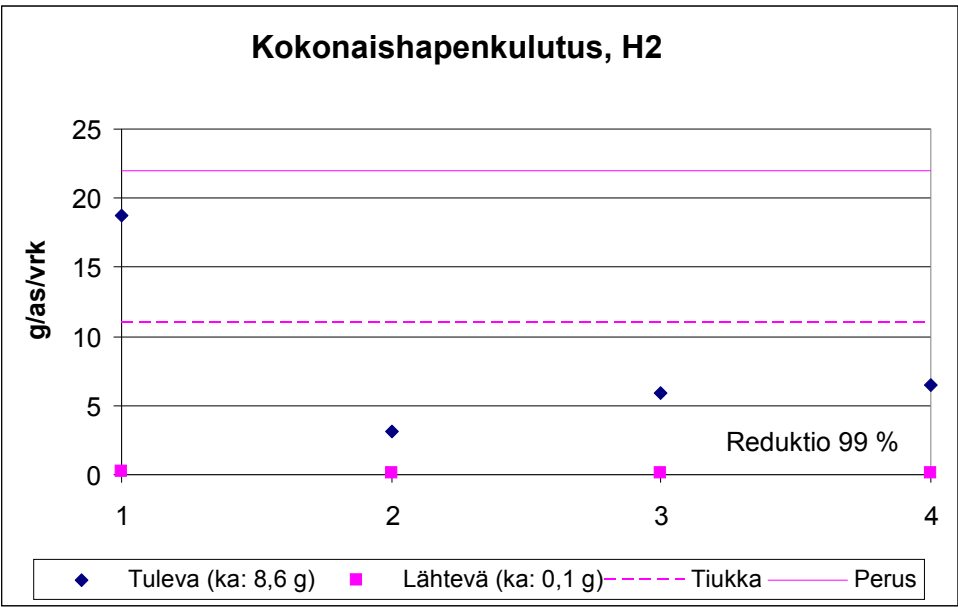
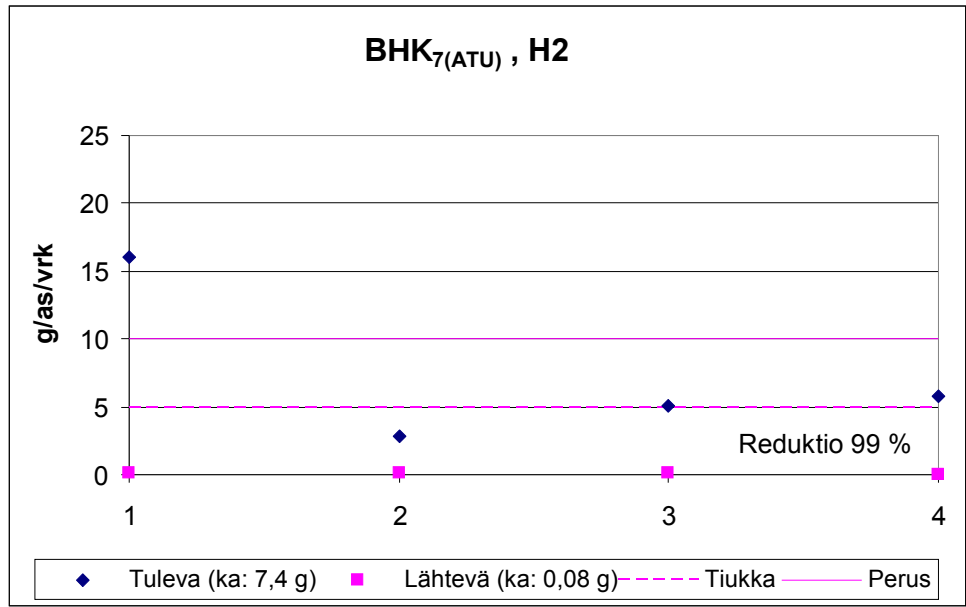
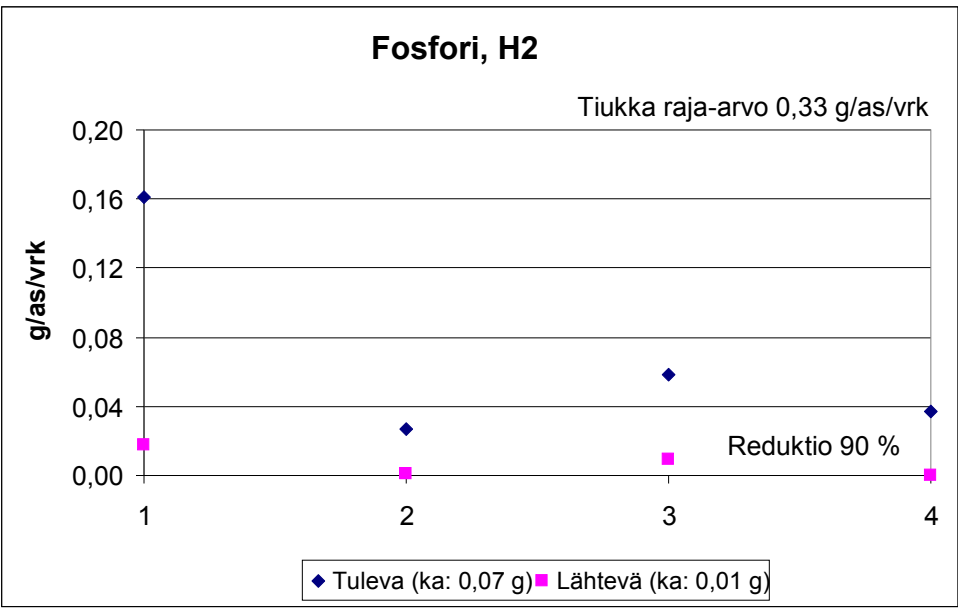
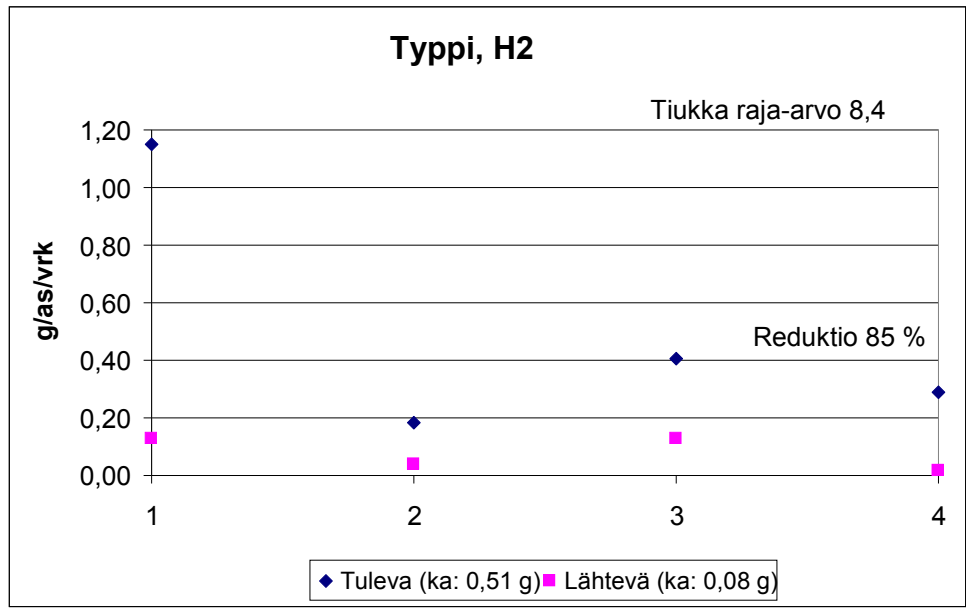
25.9.2012

			E. coli
			mpn/100 ml
R1	keittiön lavuaari	3	110000

Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus

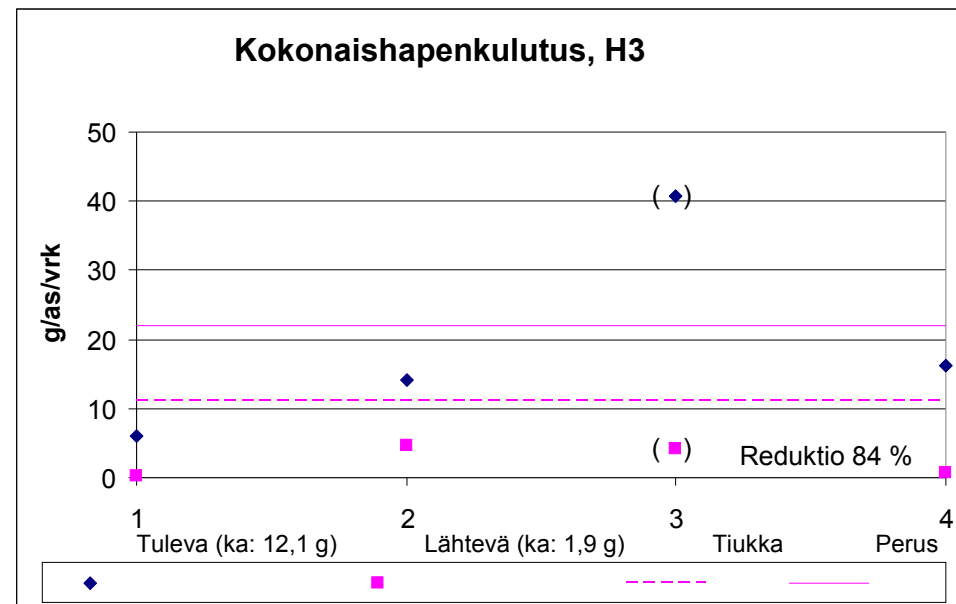
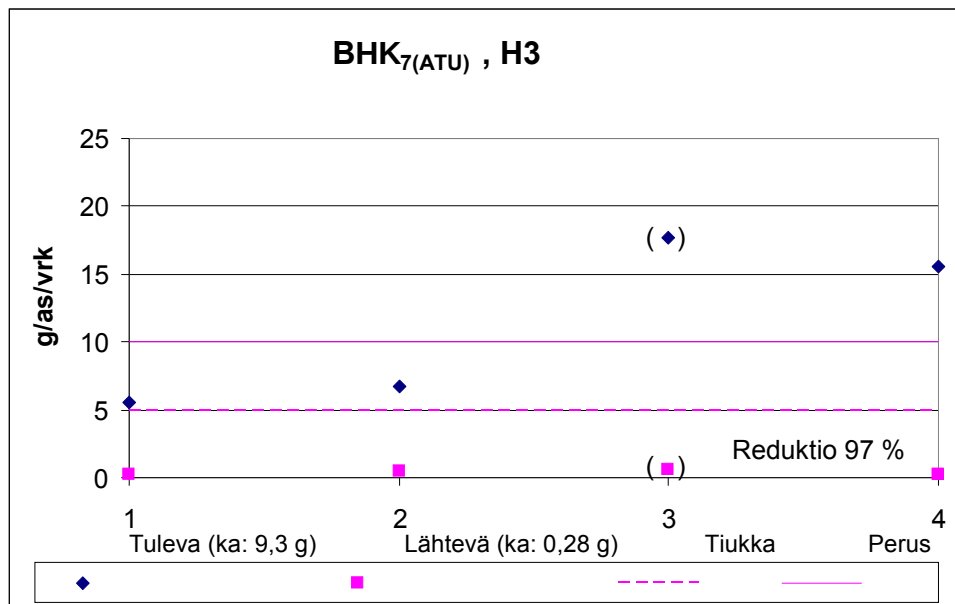
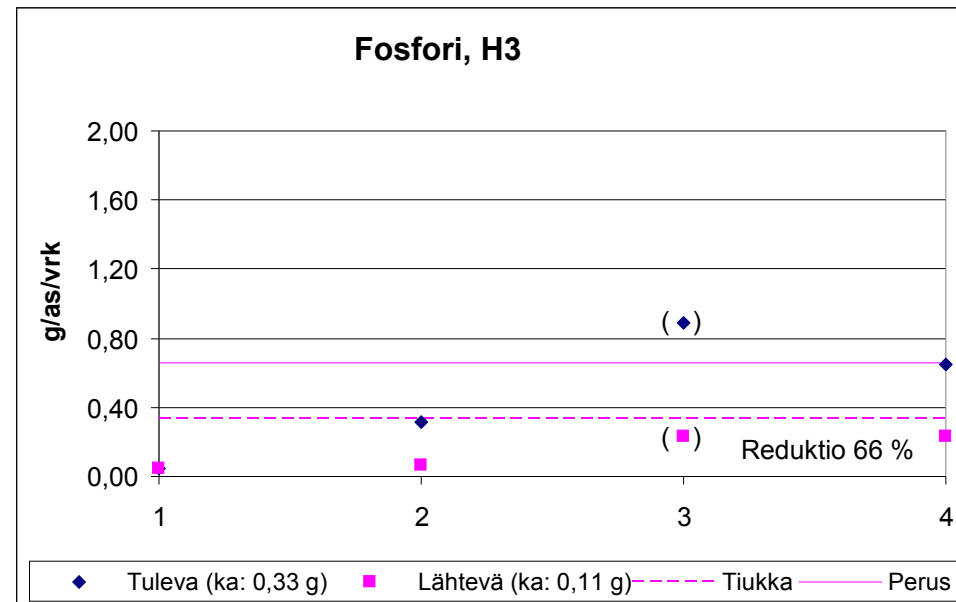
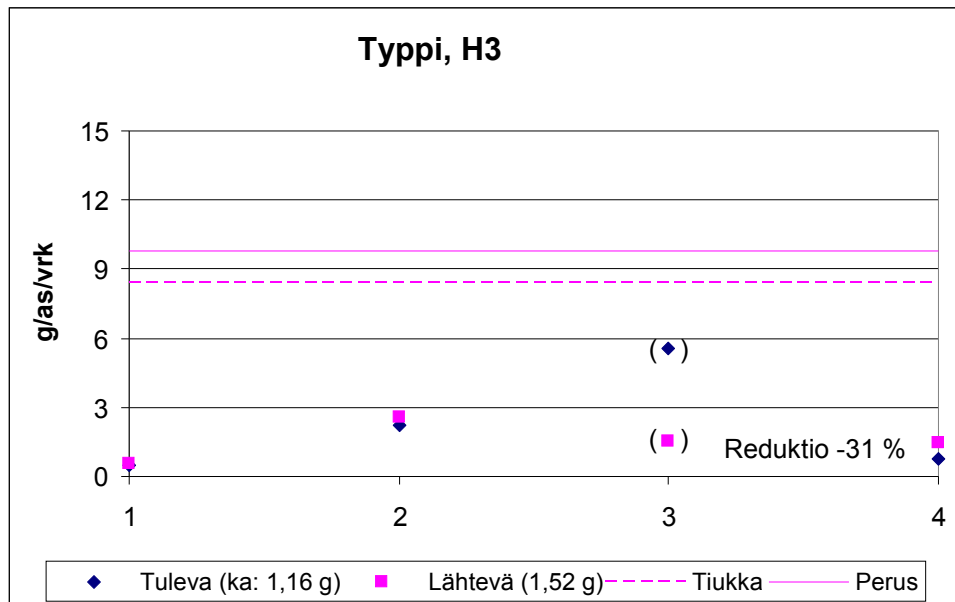


Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus



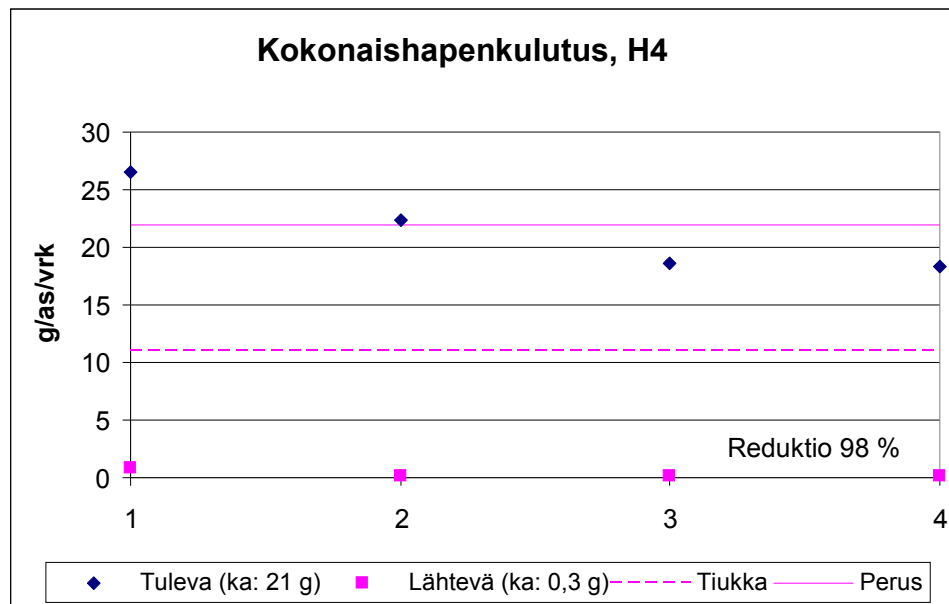
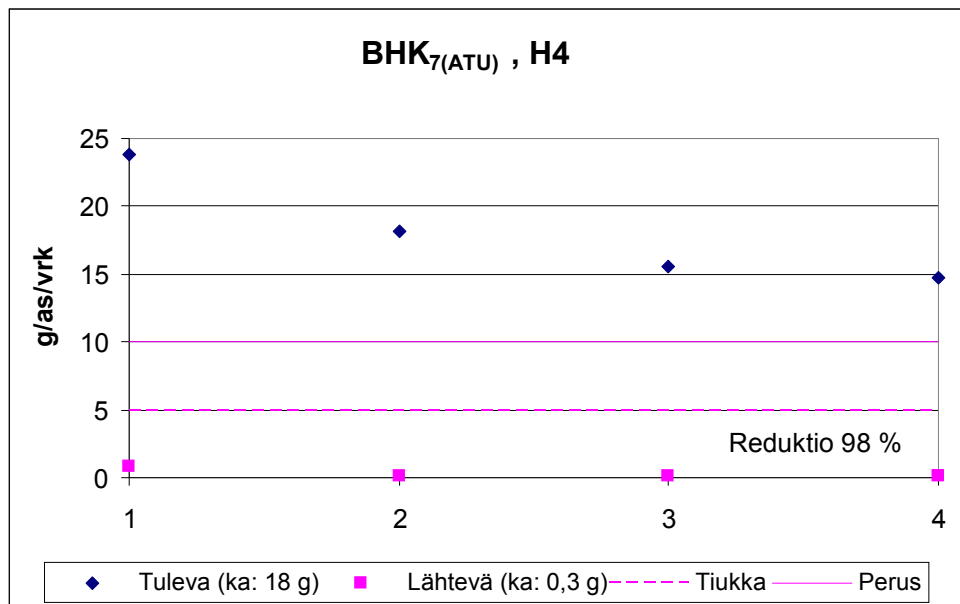
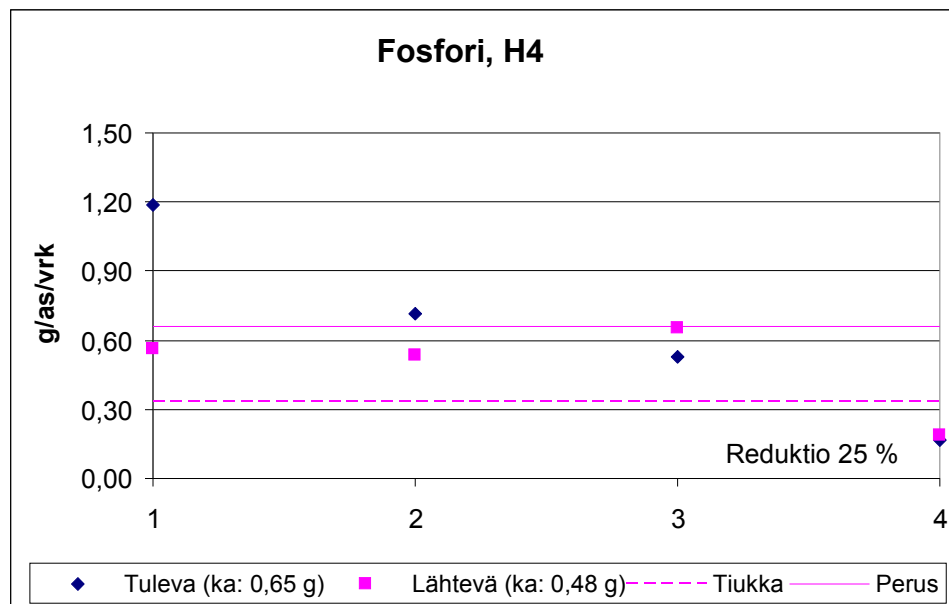
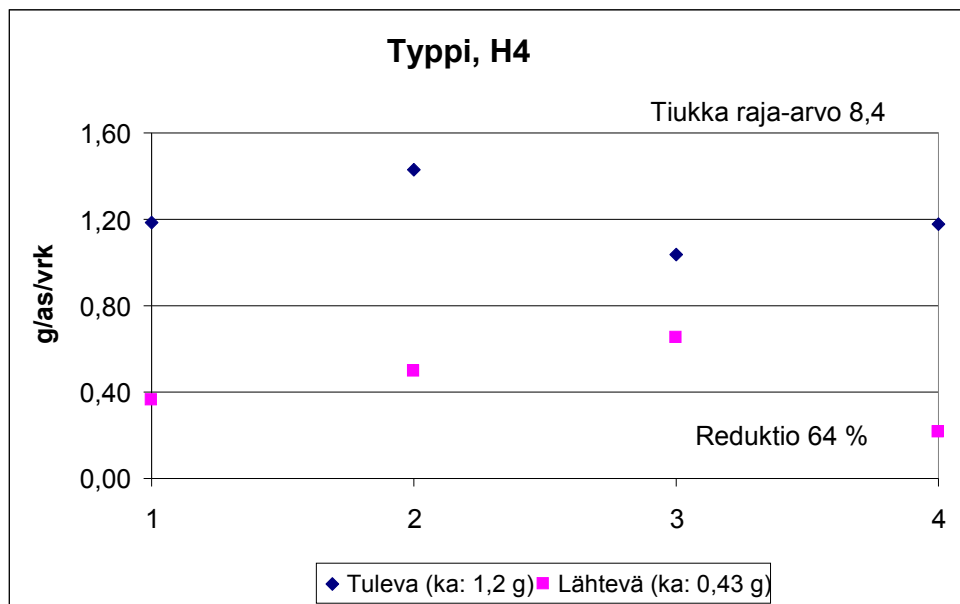
Huom!. Laimennusvesien vaikutus ilmeistä

Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus



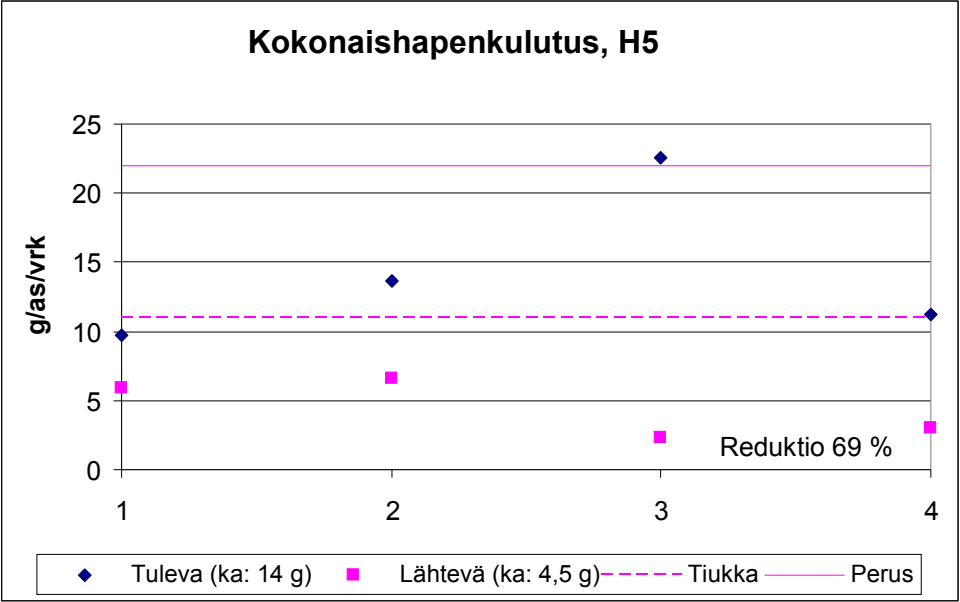
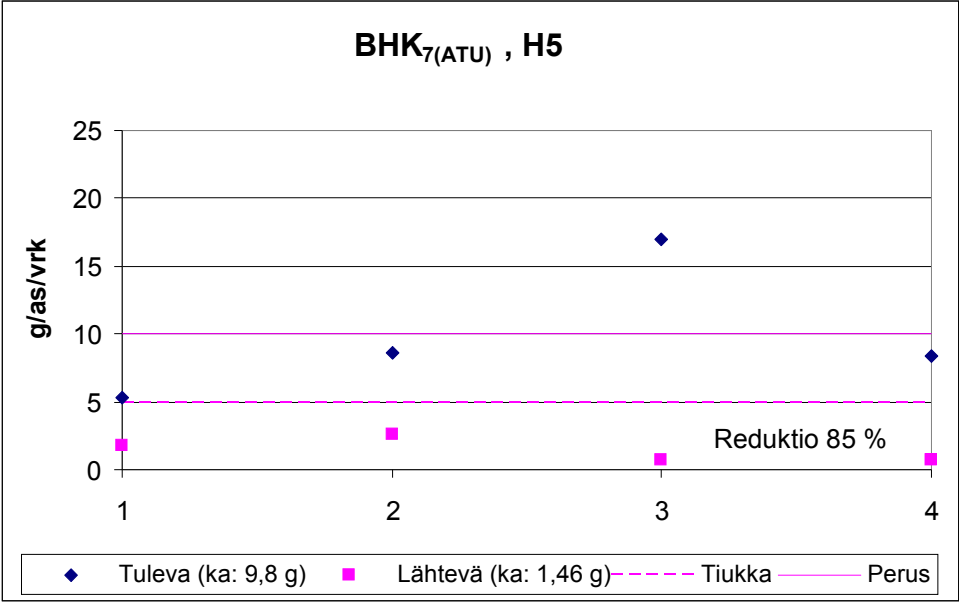
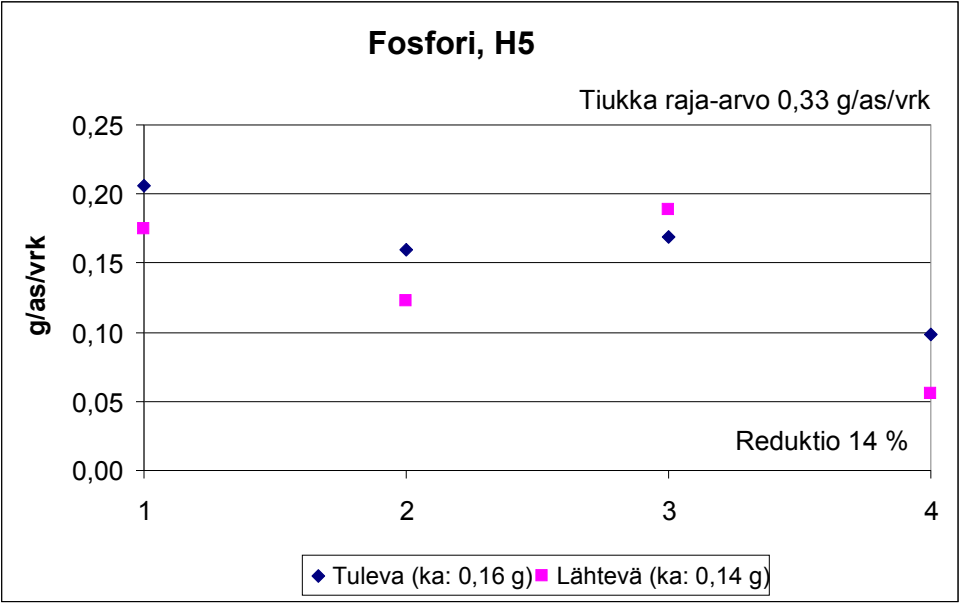
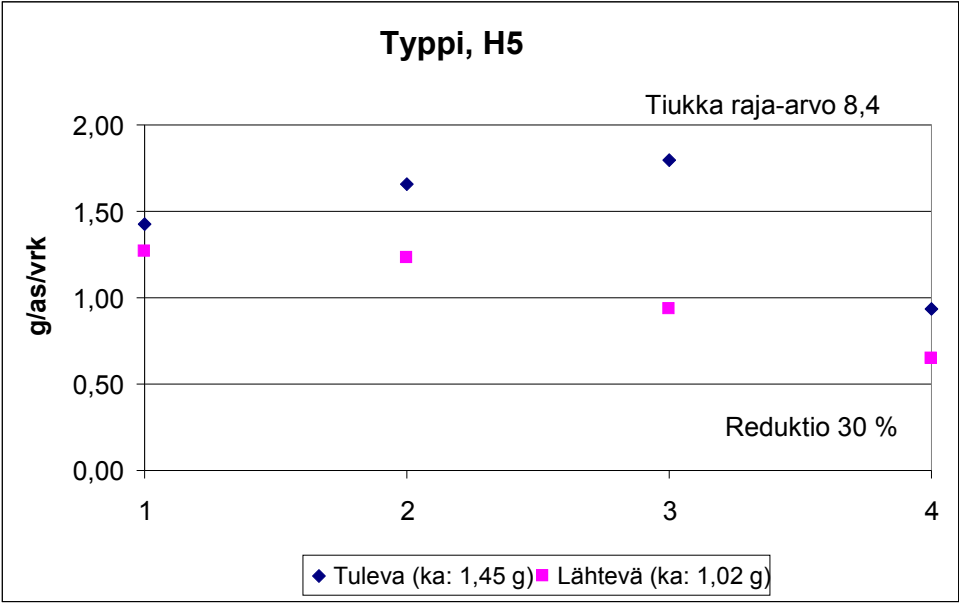
Huom! Toisella ja erityisesti kolmannella näytteenotokerralla mukana myös käymälävesiä)

Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus

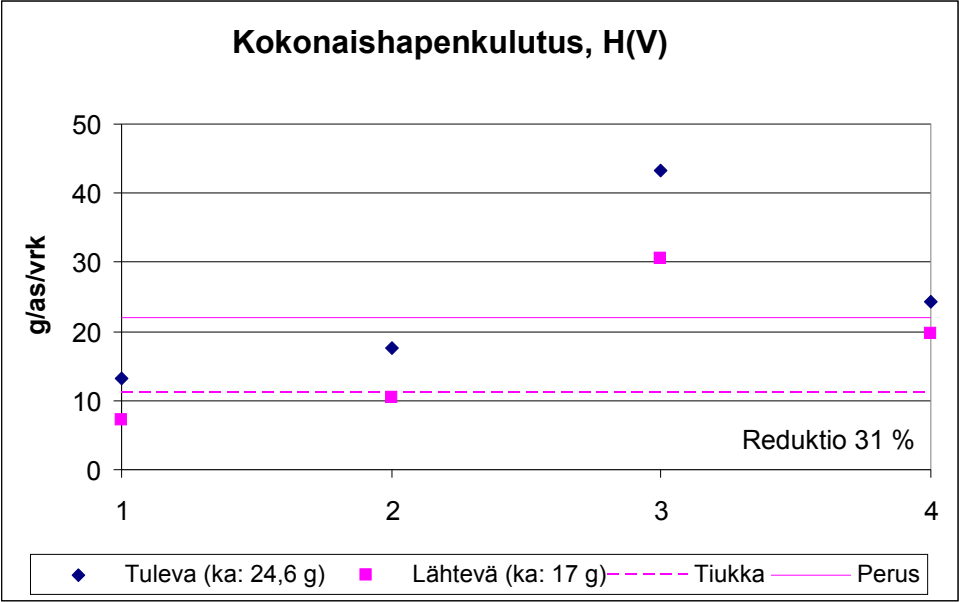
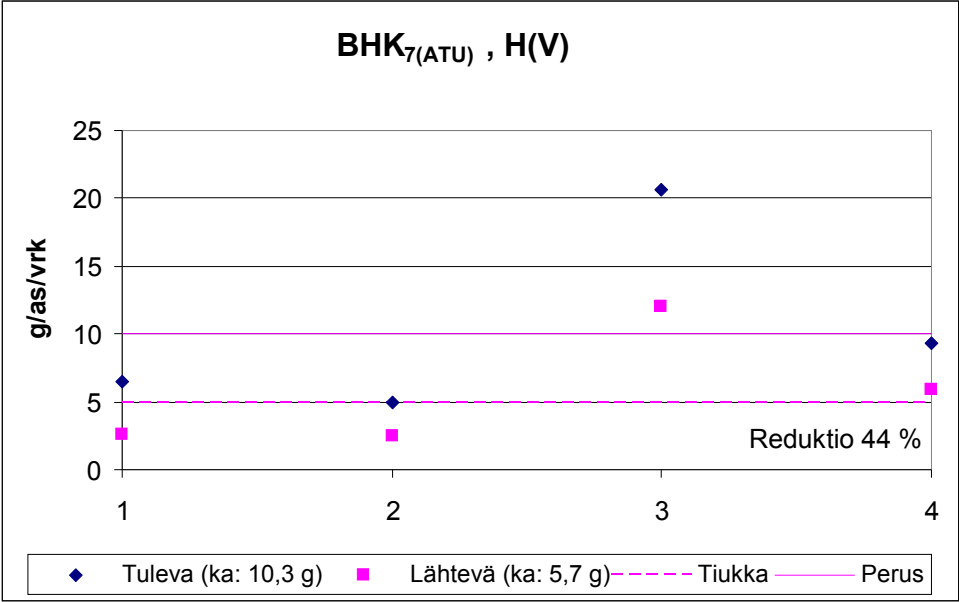
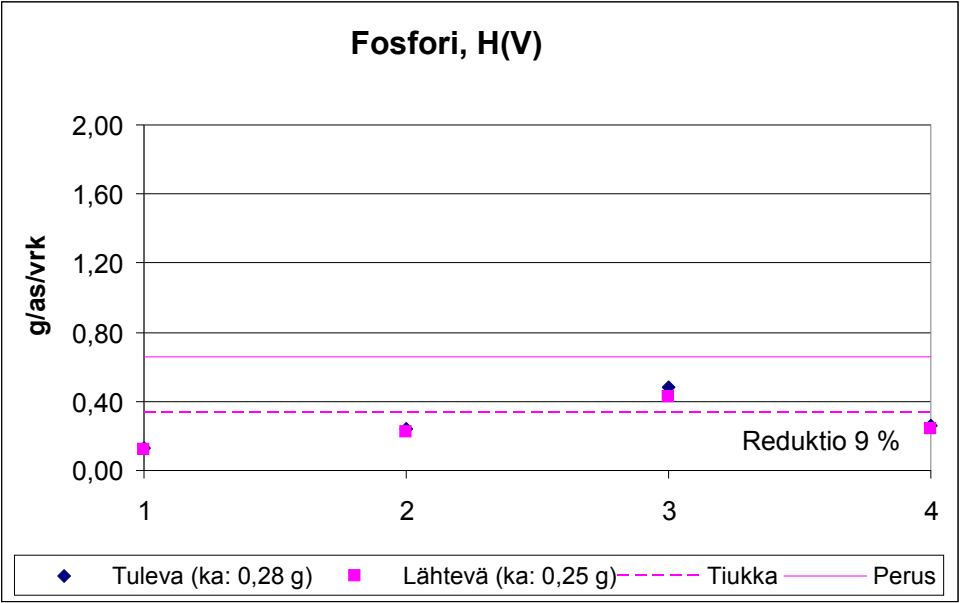
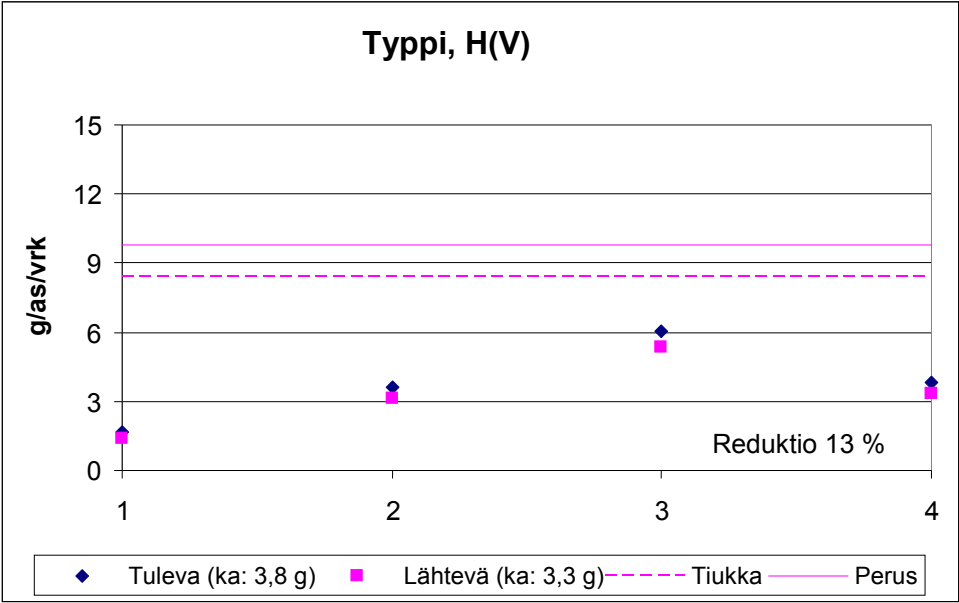


Huom!. Laimennusvesien vaikutus ilmeistä

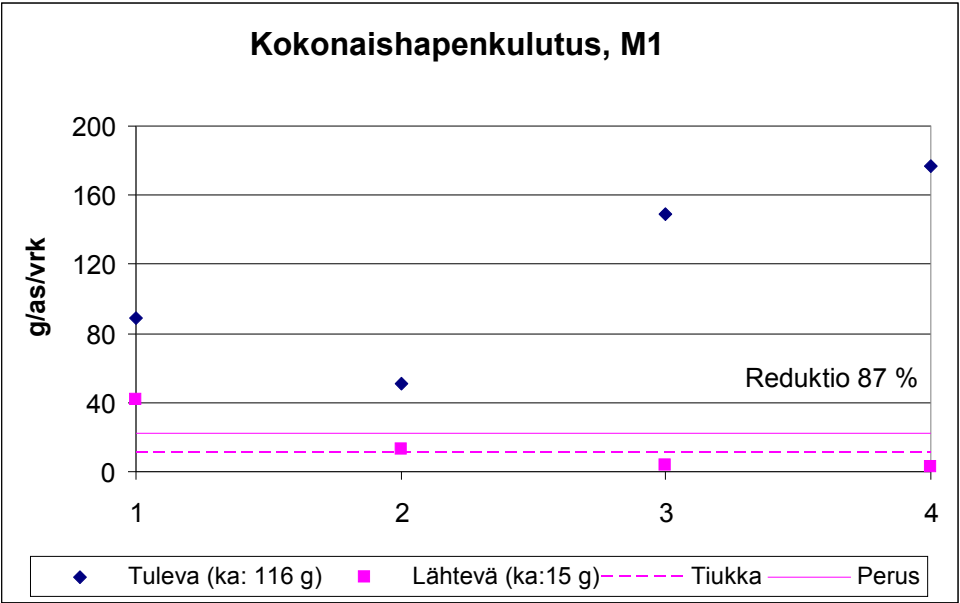
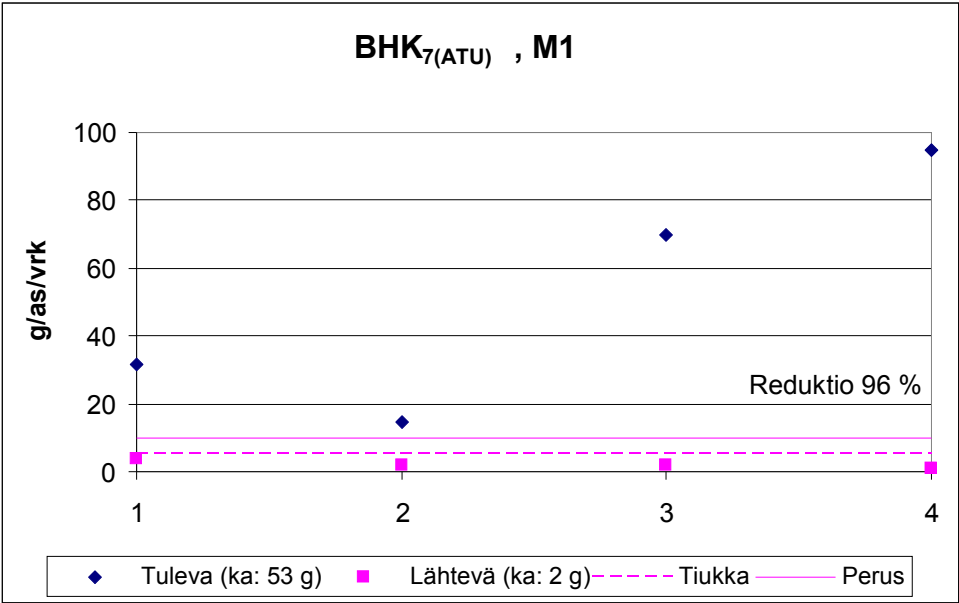
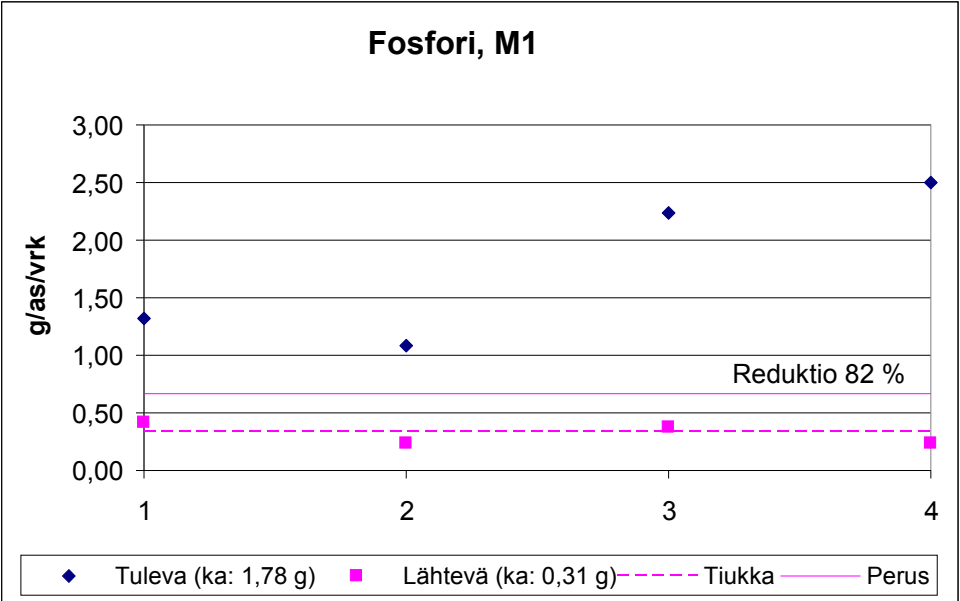
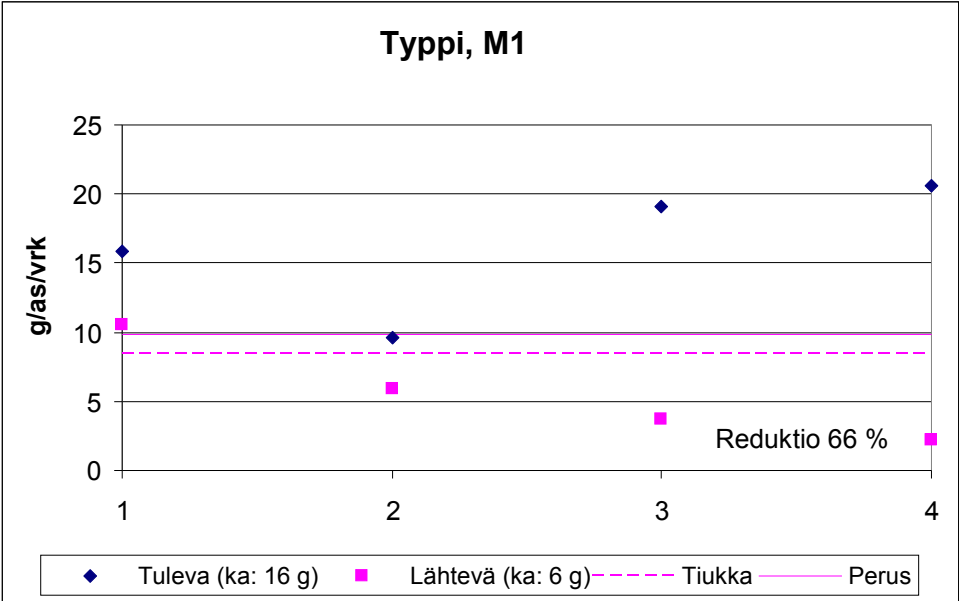
Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus



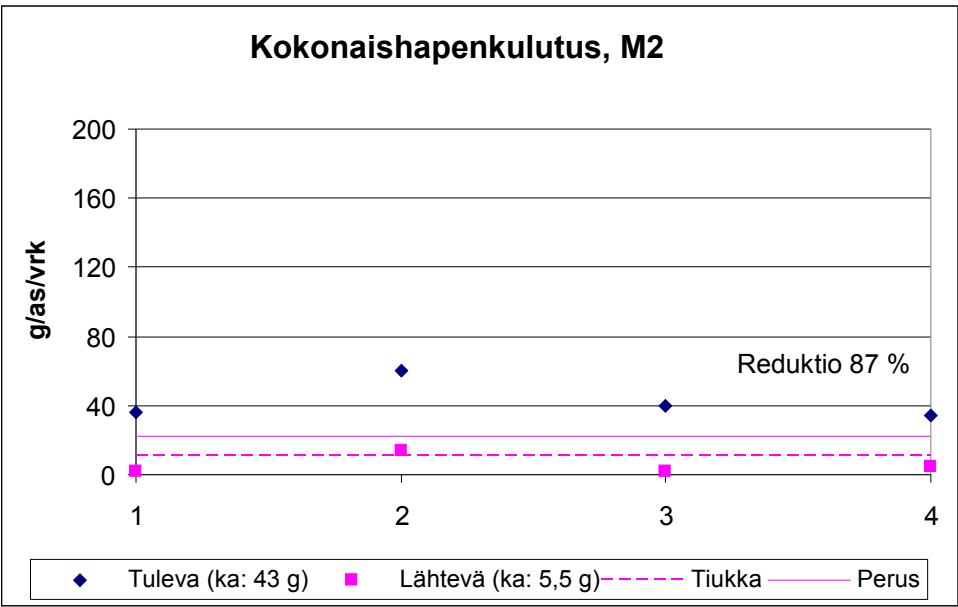
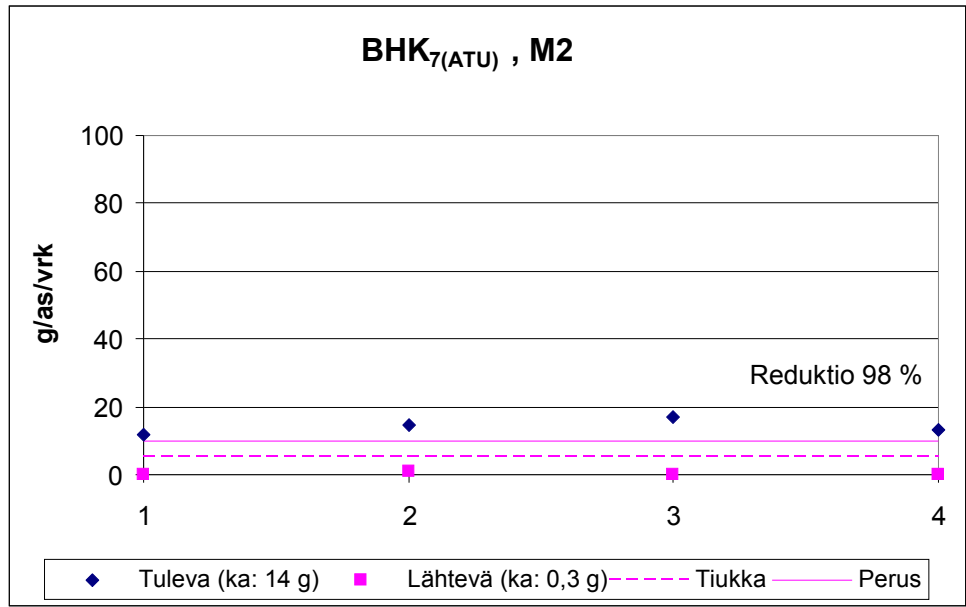
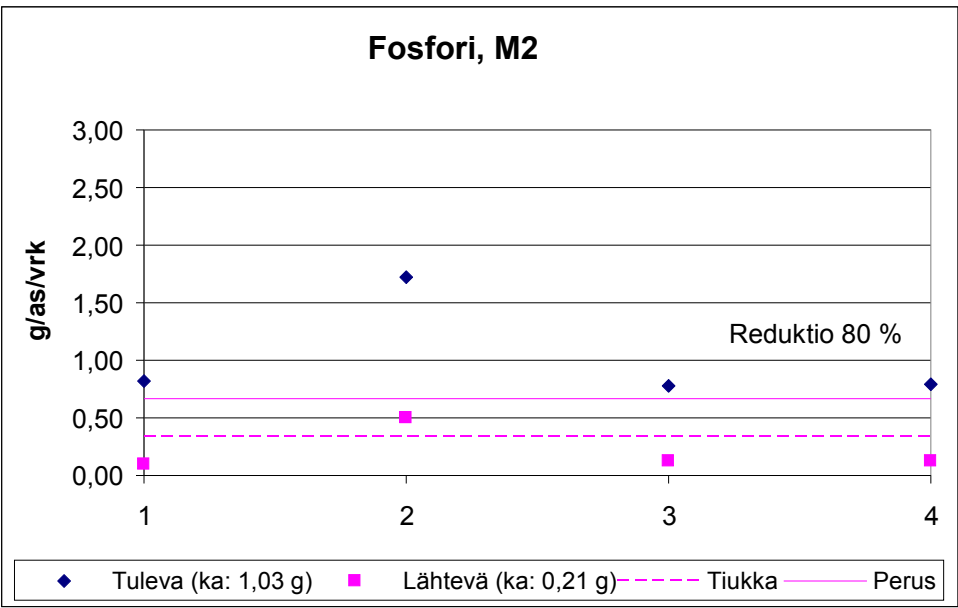
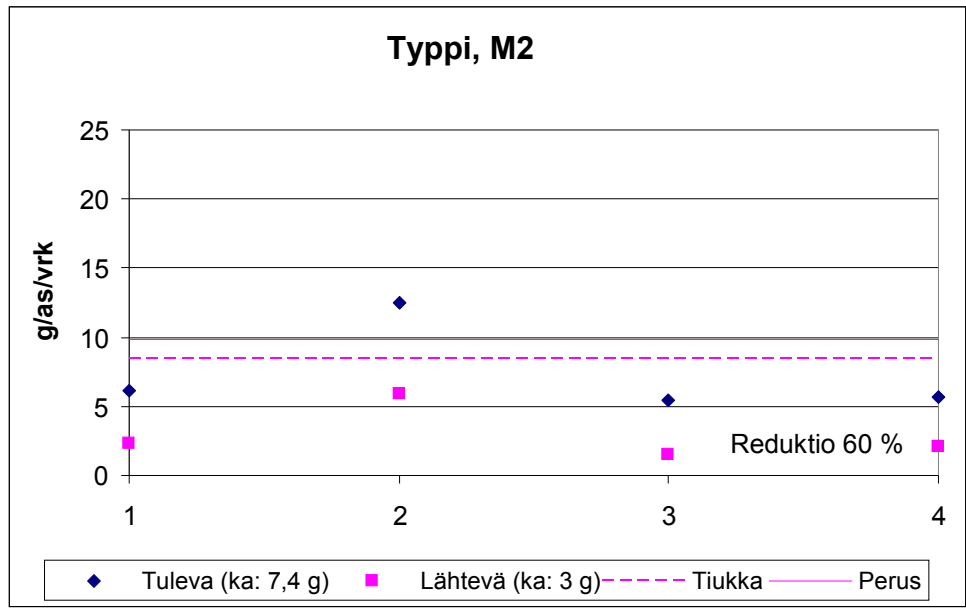
Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus



Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus

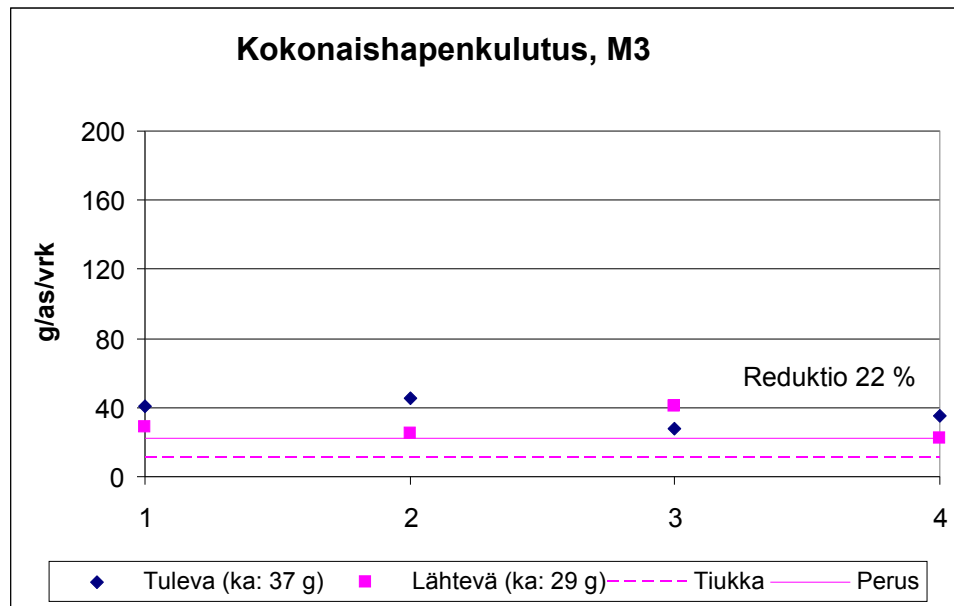
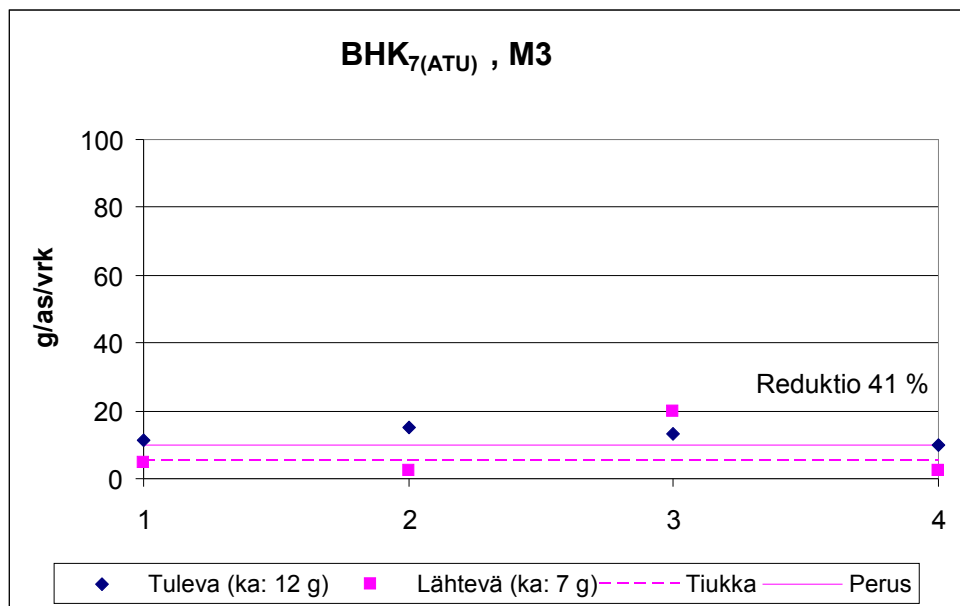
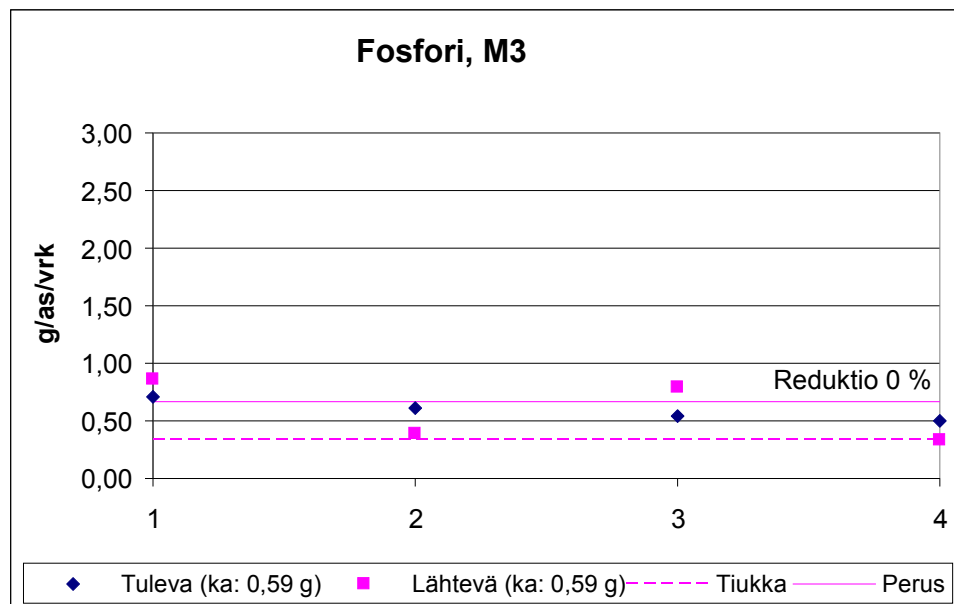
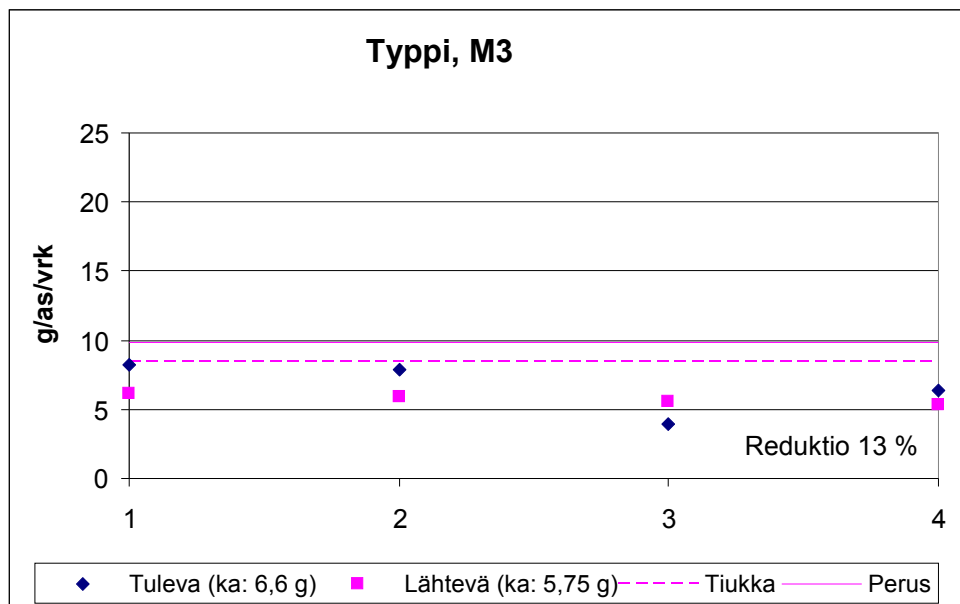


Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus



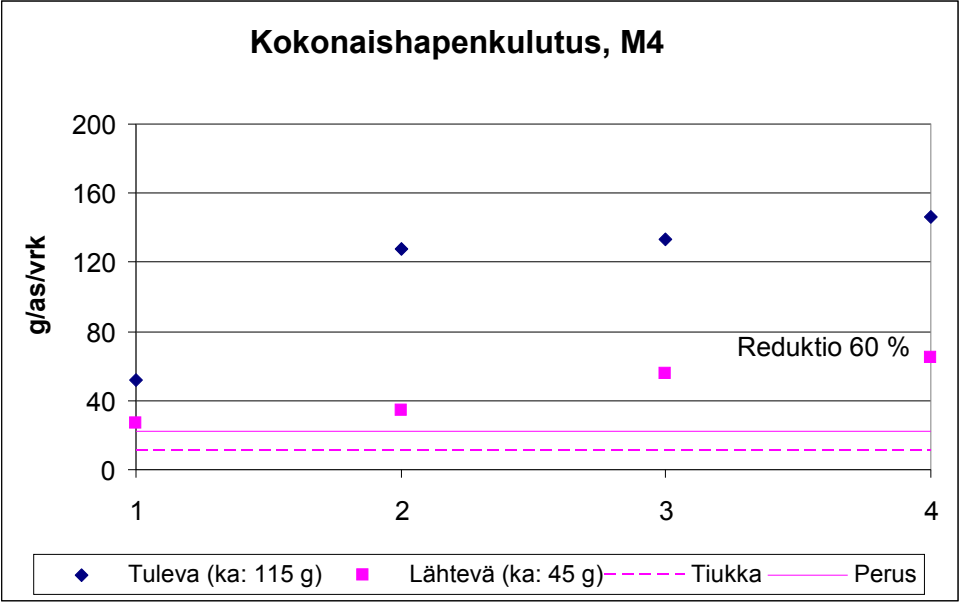
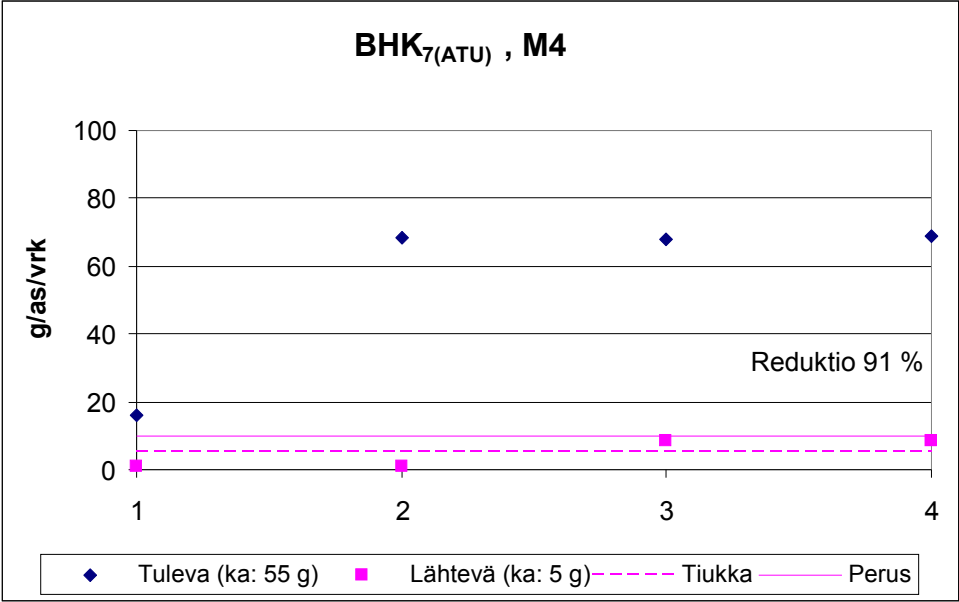
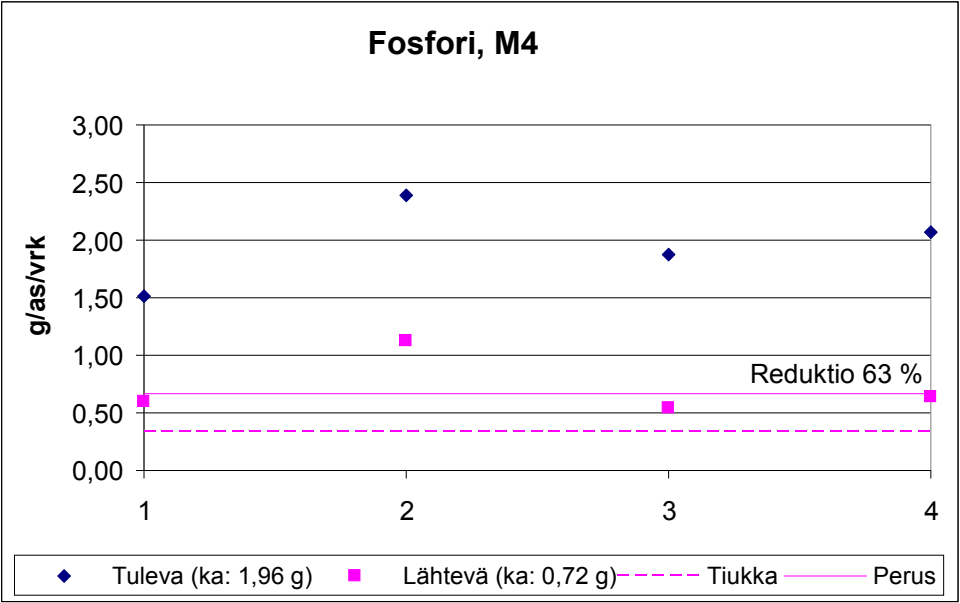
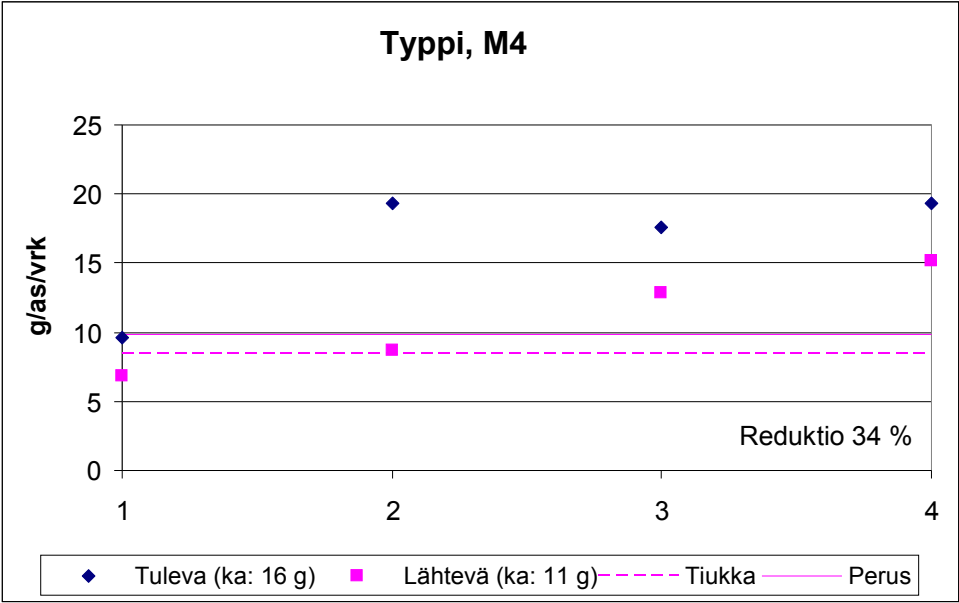
Huom!. Laimennusvesien vaikutus ilmeistä lähtevässä ja myös tulevassa vedessä

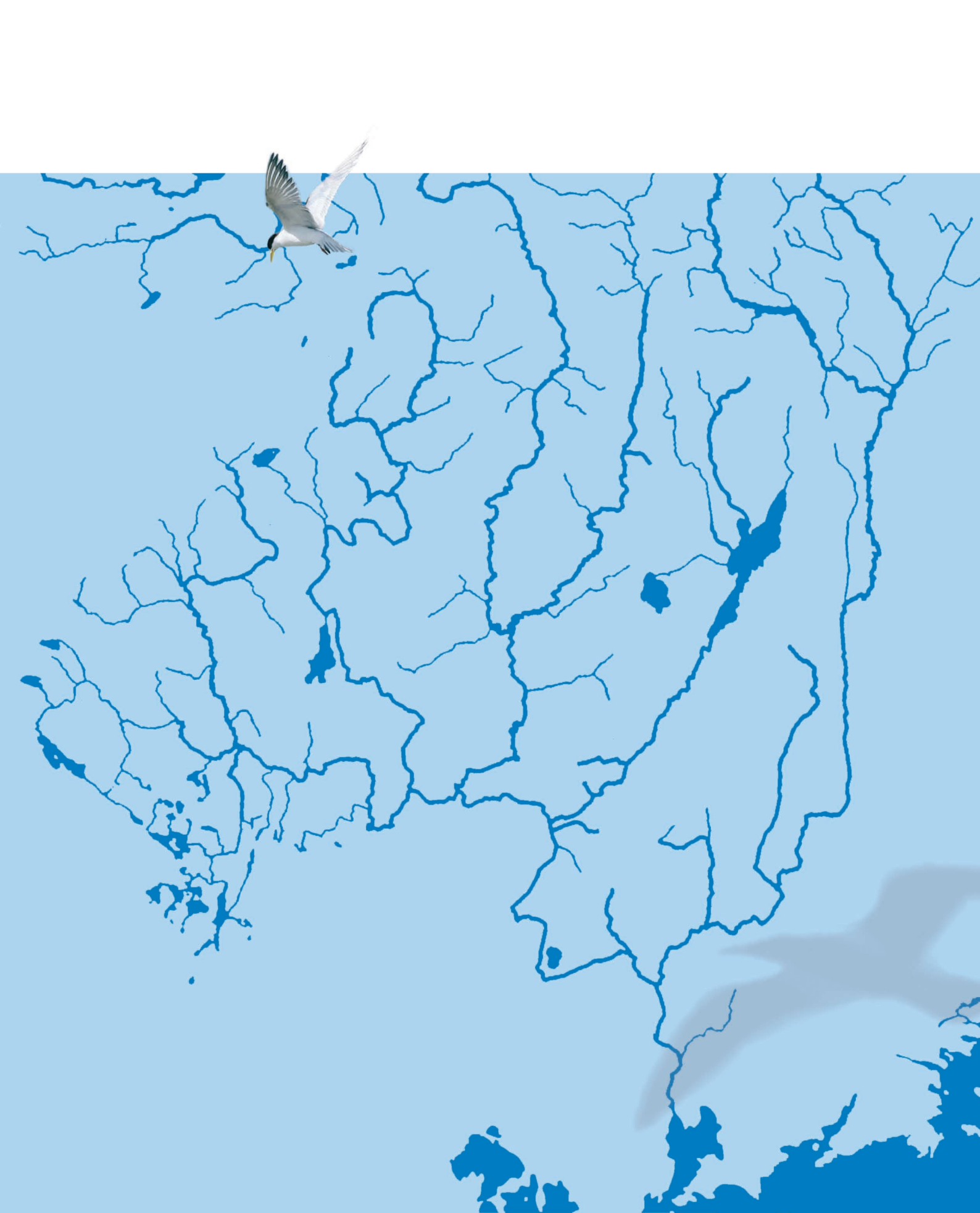
Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus



Huom1 Kemiallinen esisaostus

Liite 3. Tutkimuskiinteistöjen tulevan ja lähtevän veden kuormitus





Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

www.vhvsy.fi
Asemapäällikönkatu 12 B, 00520 Helsinki
puh. (09) 272 7270