

JÄTEVEDEN LAATU HARMAAVESISUODATUKSEN JÄLKEEN

LOPPURAPORTTI

Aino Peltö-Huikko ja Martti Latva

16.12.2021
Luottamuksellinen

Sisällysluettelo

1	Tausta.....	3
2	Perustiedot.....	4
2.1	Biolan Harmaavesisuodatin.....	4
2.2	Sijainti.....	4
2.3	Arvioitu vedenkulutus	5
3	Kokeet.....	5
3.1	Koejärjestelyt ja näytteenotto	5
3.2	Analyysit	6
4	Tulokset.....	8
4.1	Tutkimustulokset.....	8
4.2	Tulosten sekä kuormituksen vähentymien tarkastelu	9
5	Johtopäätökset.....	13
6	Lähdeluettelo	14

1 Tausta

Jätevesien puhdistamisen tavoitteena on vähentää ihmisille ja luonnolle haitallisten aineiden pääsyä luontoon. Haja-asutusalueella tätä vaikutusta voidaan vähentää kiinteistökohtaisella jätevesijärjestelmällä. Jätevesijärjestelmä koostuu harmaan jäteveden ja mustan jäteveden käsittelystä. Harmaa jätevesi kattaa kiinteistössä syntyvän jäteveden lukuun ottamatta ulosteperäisesti saastunutta vettä esimerkiksi vessojen jätevedet (musta jätevesi). Harmaiden jätevesien käsittelyllä vähennetään ravinteiden ja orgaanisen materiaalin päätymistä ympäristöön. Yksi tapa suomalaisen lainsäädännön mukaisesti on käsitellä jätevesi käyttämällä kuivakäymälää ja harmaavesisuodattimia. Vaihtoehtoisesti musta jätevesi voidaan johtaa erilliseen säiliöön myöhempää kuljetusta varten.

Ympäristön suojelemiseksi on olemassa ympäristönsuojelulaki (527/2014 ja sen muutos 19/2017) ja valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (157/2017) (taulukko 1). Puhdistusvaatimukset perustuvat jätevesijärjestelmän tyyppiin ja sijaintialueeseen. Ne on jaettu alueisiin, joita koskevat vähimmäisvaatimukset, ja alueisiin, jotka ovat herkkiä pilaantumiselle. Pilaantumiselle herkillä alueilla on ravinnekuormituksella suurempi luontoon kohdistuva vaikutus. Eri käsittelytavoilla on erilaiset käsittelyvaatimukset käsittelyyn tuleva kokonaiskuormitus huomioiden. Kun musta jätevesi erotellaan harmaista jätevesistä, vaatimus fosforin poistamiselle harmaista jätevesistä on alhaisempi eikä typen poistamiselle harmaista jätevesistä ole vaatimuksia johtuen siitä, että suurin osa fosforista ja timestä muodostuu mustista jätevesistä. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan käsittelemättömien talousjätevesien keskimääräistä kuormitusta vuorokaudessa kiinteistöllä, jossa musta vesi erotellaan harmaista vesistä. Tutkimuksen kohteessa on harmaavesisuodatin yhdistettynä kuivakäymälään. Tutkimusten tuloksia verrataan lainsäädännössä asetettuihin arvoihin ja raja-arvoihin.

Taulukko 1. Ympäristönsuojelulain (527/2014) ja asetuksen (157/2017) mukaiset puhdistusvaatimukset ja raja-arvot kokonaisfosforille, kokonaistypelle ja orgaaniselle materiaalille harmaissa jätevesissä.

Parametri	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	BOD ₇
Perustason puhdistusvaatimus 527/2014 §154b (%)	0	0	67
Ohjeellinen puhdistustaso pilaantumiselle herkillä alueilla 157/2017 §4 (%)	18	0	83
Kuormitus (g/p/d)	0,4	1,0	30

2 Perustiedot

2.1 Biolan Harmaavesisuodatin

Kiinteistöjen jätevedet puhdistetaan harmaavesisuodattimella sekä mekaanisesti että biologisesti. Suodattimen orgaaninen suodatinmateriaali sitoo jäteveden saostunutta kiintoainesta ja ravinteita ja suodatinmateriaalissa elävä pieneliöstö hajottaa niitä. Suodatinmateriaalia voidaan käyttää 100 käyttöpäivän ajan. Kun suodatin on ollut käytössä 100 päivää, tulee suodatinmateriaali korvata puhdistuskyvyn ylläpitämiseksi.

Biolan Harmaavesisuodatin 70 (HVS 70) soveltuu kaikille harmaille vesille. Harmaavesisuodatin asennetaan maahan ja sitä voidaan käyttää myös talvella. Harmaavesisuodatin 70 koostuu kahdesta puhdistusyksiköstä. Jätevesi johdetaan puhdistusyksiköihin muhvihaaran avulla. Puhdistusyksiköt koostuvat viidestä suodatinlaatikosta. Jätevesi johdetaan ylimmäiseen suodatinlaatikkoon, josta se valuu alaspäin painovoiman vaikutuksesta. Biolan Harmaavesisuodattimen 70 kapasiteetti on 500 litraa vuorokaudessa.

Biolan harmaavesisuodatin Light (HVS Light) on lämpöeristämätön suodatin harmaille vesille. Lämpöeristämättömyytensä vuoksi suodatin ei ole talvikäyttöön soveltuva. Suodattimen voi asentaa puoliksi maahan upotetuksi tai kokonaan maan päälle. Suodatin koostuu viidestä päällekkäin olevasta suodatinlaatikosta. Jätevesi johdetaan ensiksi ylimpään laatikkoon, josta se valuu painovoimaisesti alaspäin. Kapasiteetti on 300 litraa vuorokaudessa.

Biolan harmaavesisuodatin 125 (HVS 125) on suodatin, joka on suunniteltu erityisesti vapaa-ajan asuntojen harmaiden vesien puhdistukseen. Se asennetaan maan päälle ja on valmistettu pakkasenkestävästä materiaalista sekä eristetty polyuretaanilla, joten se soveltuu myös talvikäyttöön. Suodatin koostuu kymmenestä päällekkäin olevasta suodatinlaatikosta. Jätevesi johdetaan ensiksi ylimpään laatikkoon, josta se valuu painovoimaisesti alaspäin. Suodattimen kapasiteetti on 500 litraa vuorokaudessa.

Tähän tutkimukseen harmaavesisuodattimien suodatinmassat tulivat laitteen valmistajalta. Vuonna 2021 kaikissa kolmessa kohteessa suodatinmassana käytettiin haapahierrettä (*Populus tremola*). Koejakson pituus on laskettu massanvaihtopäivästä lähtien.

2.2 Sijainti

Tässä tutkimuksessa oli mukana kolme kiinteistöä, jotka sijaitsivat Eurassa ja Raumalla. Lainsäädännön vaatimukset on esitetty taulukossa 1.

2.3 Arvioitu vedenkulutus

Kiinteistöillä käytetään omaa kaivoa veden lähteenä. Kiinteistön A asukasmäärä on kolme henkilöä, kiinteistöllä B neljä henkilöä sekä kiinteistöllä C kaksi henkilöä. Kunkin kiinteistön vedenkulutus arvioitiin vettä käyttävien laitteiden sekä käyttäjämäärän avulla, koska kiinteistöillä ei ole vedenkulutusmittaria.

Tutkimuskohteessa A on suihku ja lämminvesivaraaja (15 l). Lämminvesivaraajaa käytetään ainoastaan keittiössä ja suihkulla on oma lämminvesiverkko. Kohteessa on kuivakäymälä, joten mustia jätevesiä ei synny. Veden kulutuksen arvioitiin olevan 50 litraa/henkilö/päivä. Arvio perustuu Suomen ympäristökeskuksen julkaisuun "Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen" (Vilpas ym. 2005) ottaen huomioon kiinteistön vettä kuluttavat laitteet.

Tutkimuskohteessa B on pyykinpesukone ja lämminvesivaraaja (15 l) keittiövesille, mutta ei suihkua. Kohteessa on kuivakäymälä, joten mustia jätevesiä ei synny. Tutkittavaan harmaavesijärjestelmään johdettiin keittiössä syntyneet jätevedet ja muut kohteen harmaat jätevedet käsiteltiin toisaalla. Jäteveden kuormituksessa arvioitiin puolet kohteen A kulutuksesta eli 25 litraa/henkilö/päivä. Kuormituksen jakaantuminen pesuvesiin ja keittiövesiin vaihtelee kohteen mukaan. Ghaitidakin ja Yadavin (2013) koostaman yhteenvedon mukaan voidaan arvioida keittiöjätevesien orgaanisen aineen kuormituksen olevan suurempi kuin pesuvesien. Tähän tutkimukseen arvioitiin 60 % orgaanisen aineen kuormituksesta tulevan keittiövesien mukana ja fosforin ja typen kuormituksesta 50 %.

Tutkimuskohteessa C on astianpesukone, pyykinpesukone ja lämminvesivaraaja sekä suihku. Kohteessa mustat jätevedet kerätään umpisäiliöön. Veden kulutuksen arvioitiin olevan 70 litraa/henkilö/päivä. Arvio perustuu Suomen ympäristökeskuksen julkaisuun "Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen" (Vilpas ym. 2005) ottaen huomioon kiinteistön vettä kuluttavat laitteet.

3 Kokeet

3.1 Koejärjestelyt ja näytteenotto

Kohteet ja niiden harmaavesisuodattimet olivat normaalissa käytössä tutkimuksen ajan. Koe käynnistyi suodatinmateriaalin vaihdosta ja sen jälkeen kokeen kestoa kuvaava aika laskettiin viikoissa. Normaalit huolto- ja korjaustoimenpiteet sallittiin tutkimusaikana.

Satakunnan ammattikorkeakoulun Vesi-Instituutin WANDERin tutkija DI Aino Pelto-Huikko otti näytteet tutkimuskohteista. Näytteenotto aloitettiin kesäkuussa ja viimeinen näyte otettiin syyskuussa 2021.

Näytteiden otossa käytettiin erityistä näytekäivoä, jonka asennuksesta huolehti Biolan Oy. Näytteet otettiin analyysit tehneen laboratorion toimittamiin muovisiin näytepulloihin.

Näytekäivo puhdistettiin päivää ennen näytteenottoa kaivossa olevan biologisen kasvuston minimoimiseksi. Näytteenottovälineet puhdistettiin ultrapuhdaalla vedellä.

3.2 Analyysit

Näytteet analysoitiin KVVY laboratoriossa, joka on FINAS-akkreditoitu laboratorio.

Kiintoaine tarkoittaa jäteveden pieniä partikkeleita. Korkeat jätevesikuormat lisäävät suspendoituneen kiintoaineksen pitoisuutta vedessä. Huomioitavaa on, että juuri vaihdetusta suodatinmateriaalista saattaa irrota joitain materiaaleja, jotka voivat nostaa ko. pitoisuutta.

pH kuvaa jäteveden happamuutta. Neutraalin veden pH on 7,0. Suodatetun harmaan veden optimaalinen pH on 6–7. Koska suodatinmateriaalina aikaisemmin käytetty turvepohjainen materiaali on luonnostaan melko hapan, on sen vaikutus voinut näkyä mitatussa pH-arvossa käytön alussa. Tällä kertaa suodatinmateriaalina on haapahierre, joka ei vastaavasti vaikuta näytteen pH-arvoon.

Kokonaisfosforilla tarkoitetaan kaikkia orgaanisia ja epäorgaanisia fosforiyhdisteitä, jotka esiintyvät jätevedessä. Fosforia on olemassa kahdessa eri muodossa: orgaaninen fosfori ja fosfaatti (epäorgaaninen fosfori). Harmaan veden ruokaperäinen jäte sisältää orgaanista fosforia ja erilaiset pesuaineet sisältävät fosfaatteja. Luonnossa fosfori aiheuttaa rehevöitymistä.

Kokonaistypellä tarkoitetaan kaikkia orgaanisia ja epäorgaanisia typpiyhdisteitä jätevedessä. Yleisimmin typpi on peräisin orgaanisista yhdisteistä. Keittien jätevedet sisältävät ruokajätettä, joka sisältää typpeä. Osa orgaanisesta tyypestä hajoaa jätevedessä epäorgaaniseen muotoon: ammoniumtyppi, nitraatti ja nitriitti. Ammoniumtyppi on myrkyllistä kaloille. Nitraatti ja nitriitti aiheuttavat luonnossa rehevöitymistä.

BOD₇ (seitsemän päivän biologinen hapenkulutus) tarkoittaa hapen määrää, joka kuluu, kun mikrobit hajottavat vedessä olevaa orgaanista materiaalia seitsemän päivän ajan

vakiolämpötilassa. BOD₇ mittaa näytteessä sitä orgaanisen materiaalin määrää, jonka mikrobit voivat hajottaa.

Laboratoriot ovat määritelleet epätarkkuudet kaikille mitatuille suureille. Epätarkkuudet ovat spesifisiä kullekin mitattavalle analyysille. Analyysissa käytetty menetelmä ja vastaava epätarkkuus on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Analyysien menetelmät ja epätarkkuudet kullekin analyysille. Taulukon näytetunnuksissa vuosiluku tarkoittaa näytteenottovuotta, numero tarkoittaa näytteenottojärjestystä ja kirjaimet näytteenottoaikkaa, näytteenottoaikat laitteittain: A: HVS 70, B: HVS Light ja C: HVS 125.

Analyysi	Menetelmä	Näytteet	Epätarkkuus
Kiintoaines	SFS-EN 872:2005	2021_1–5	± 15 %
		paitsi 2C, 4C, 5C,	± 20 %
pH	SFS 3021:1979	2021_1–5	± 0,2 yksikköä
Kokonaisfosfori	SFS-EN ISO 11885, 2009, SFS-EN ISO 15587-2, 2002	2021_1–5	± 15 %
		paitsi 5C	± 20 %
Kokonaistyyppi	SFS-EN 12260:2005	2021_1–5	± 10 %
		paitsi 2B, 2C, 4C, 5C	0,25 mg/l
BOD ₇	SFS-EN ISO 5815-1:2019	2021_1–5	± 16 %

4 Tulokset

4.1 Tutkimustulokset

Näytteistä tehtiin seuraavat analyysit: kiintoaine, pH, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi ja BOD₇. Tutkimustulokset ja niistä lasketut keskiarvot on esitetty HVS Light -suodattimelle taulukossa 3, HVS 70 -suodattimelle taulukossa 4 ja HVS 125 -suodattimelle taulukossa 5.

Taulukko 3. HVS Light tutkimustulokset vuonna 2021.

Viikko	Kiintoaine	pH	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	BOD ₇
	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l
3	48	6,8	1,5	6,4	140
9	18	7,2	0,35	1,6	14
12	31	7,1	1,50	13	41
14	51	7,1	1,4	6,2	59
16	67	7,0	1,7	12	75
keskiarvo	43	7,0	1,3	7,8	66

Taulukko 4. HVS 70 tutkimustulokset vuonna 2021.

Viikko	Kiintoaine	pH	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	BOD ₇
	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l
3	32	7,3	0,6	3,3	27
9	34	6,8	0,7	6,2	36
12	41	6,3	0,64	2,5	12
14	28	7,4	0,61	4,2	32
16	34	7,0	0,88	6,2	46
keskiarvo	34	7,0	0,69	4,5	31

Taulukko 5. HVS 125 tutkimustulokset vuonna 2021.

Viikko	Kiintoaine mg/l	pH	Kokonaisfosfori mg/l	Kokonaistyyppi mg/l	BOD₇ mg/l
2	42	7,5	0,51	4,7	36
7	5,6	7,4	0,11	2	5,6
10	15	7,5	0,29	3,1	24
12	6	7,6	0,23	2,2	18
14	4	7,6	0,097	1,8	3,8
keskiarvo	14,5	7,5	0,25	2,8	17,5

4.2 Tulosten sekä kuormituksen vähentymien tarkastelu

Kiinteistöltä syntyvää harmaan jäteveden keskimääräistä kuormitusta verrattiin lainsäädännössä annettuihin raja-arvoihin. Kokonaisfosforin, kokonaistypen ja BOD₇ kuormitukset suodattimessa laskettiin käyttämällä lainsäädännön (taulukko 1) mukaisesti arvioitua kuormitusta (g/p/d) sekä arvioitua vedenkulutusta ja asukkaiden lukumäärää kaavalla 1.

$$\text{Kuormitus kohteessa} = \frac{\text{kuormitus (g/(p \cdot d))} \times \text{asukkaiden lukumäärä (p)}}{\text{vedenkulutus (l/d)}} \quad (1)$$

Laskettu kuormitus riippuu kohteen veden kulutuksesta, joka on arvioitu kohdassa 2.3. Tulevan veden ravinnekuormitus arvioitiin lainsäädännön antamien lukujen mukaan, sillä tulevan veden näytettä ei ollut mahdollista ottaa. Kuormituksen vähentymät (%) laskettiin käyttämällä laskettuja kuormituksia ja tutkimustuloksia kaavalla 2.

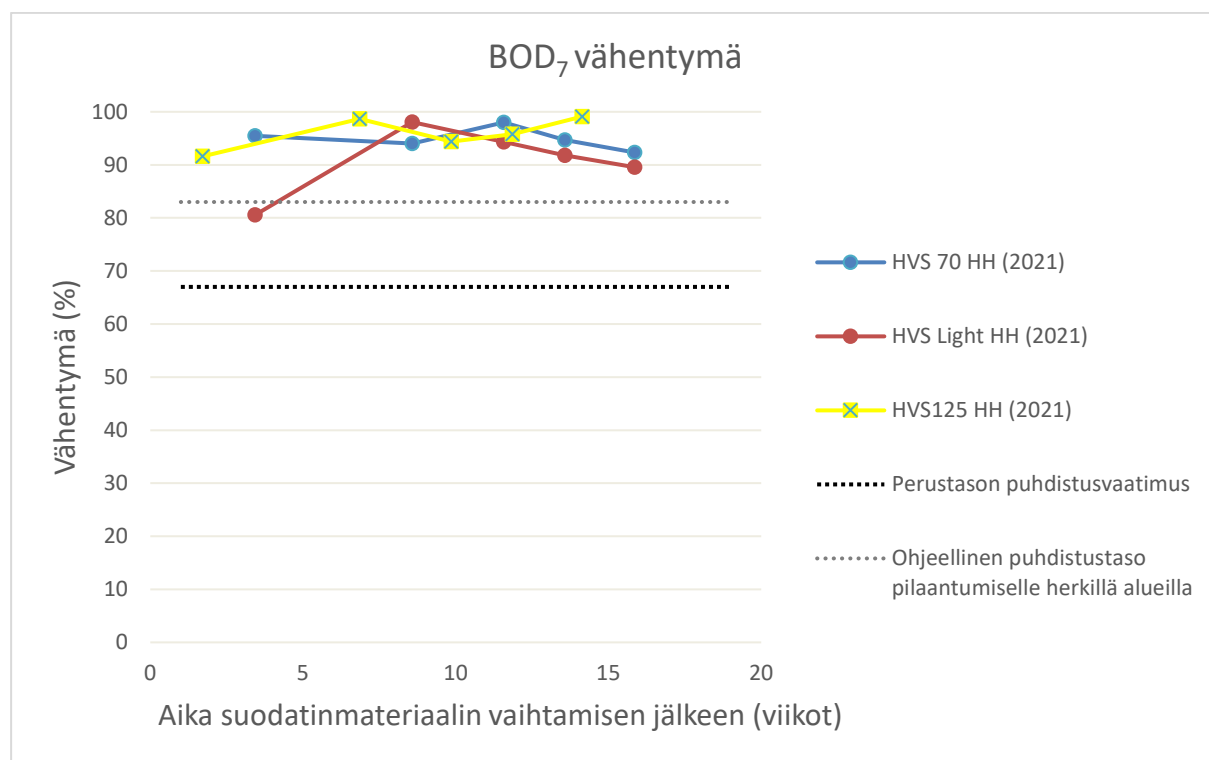
$$\text{Kuormituksen vähentymä} = \frac{\text{laskettu kuormitus} - \text{tutkimustulos}}{\text{laskettu kuormitus}} \times 100\% \quad (2)$$

Kaavoilla lasketut kuormituksen vähentymät vuonna 2021 on esitetty kuvaajissa (kuvat 1-3) yhdessä lainsäädännössä asetettujen puhdistusvaatimusten kanssa. Orgaanisen aineen vähentymän osalta (kuva 1) haapahierre suodatinmassana kaikilla laitteilla täyttää lainsäädännön perusvaatimukset sekä laitteilla HVS 70 ja 125 myös ohjeellisen arvon herkille alueille. HVS Light näytteistä suurin osa (4/5 näytettä) täyttää herkille alueille asetetun vaatimuksen. Ensimmäinen näyte on hieman raja-arvon alapuolella. Kokonaisuudessaan kaikkien suodattimien orgaanisen aineen poistoteho näyttää pysyvän hyvällä tasolla koko kokeen ajan.

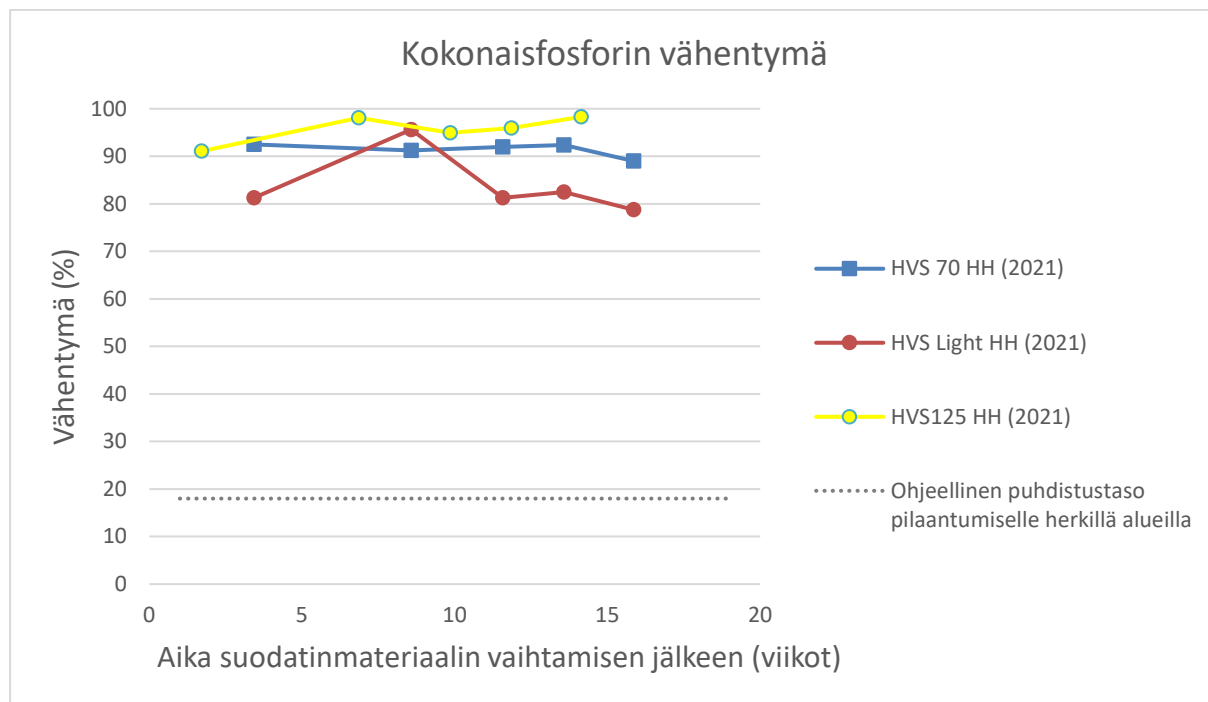
Kaikki suodatintyypit kaikilla suodatinmassoilla täyttivät vaatimukset pilaantumiselle herkällä alueella kokonaisfosfori poistamisen osalta (kuva 2). Kokonaisfosforille ei ole vaatimuksia harmaissa vesissä, jos kohde ei sijaitse herkällä alueilla. Kokonaisfosforin poistoteho pysyi hyvällä tasolla koko kokeen ajan.

Kokonaistypelle ei ole lain asettamia vaatimuksia harmaissa vesissä. Harmaavesisuodatin 70 ja 125 laitteilla (kuva 3) poistoteho oli tasainen koko kokeen ajan. HVS Light laitteella poistoteho (kuva 3) vaihteli kokeen loppupuolella.

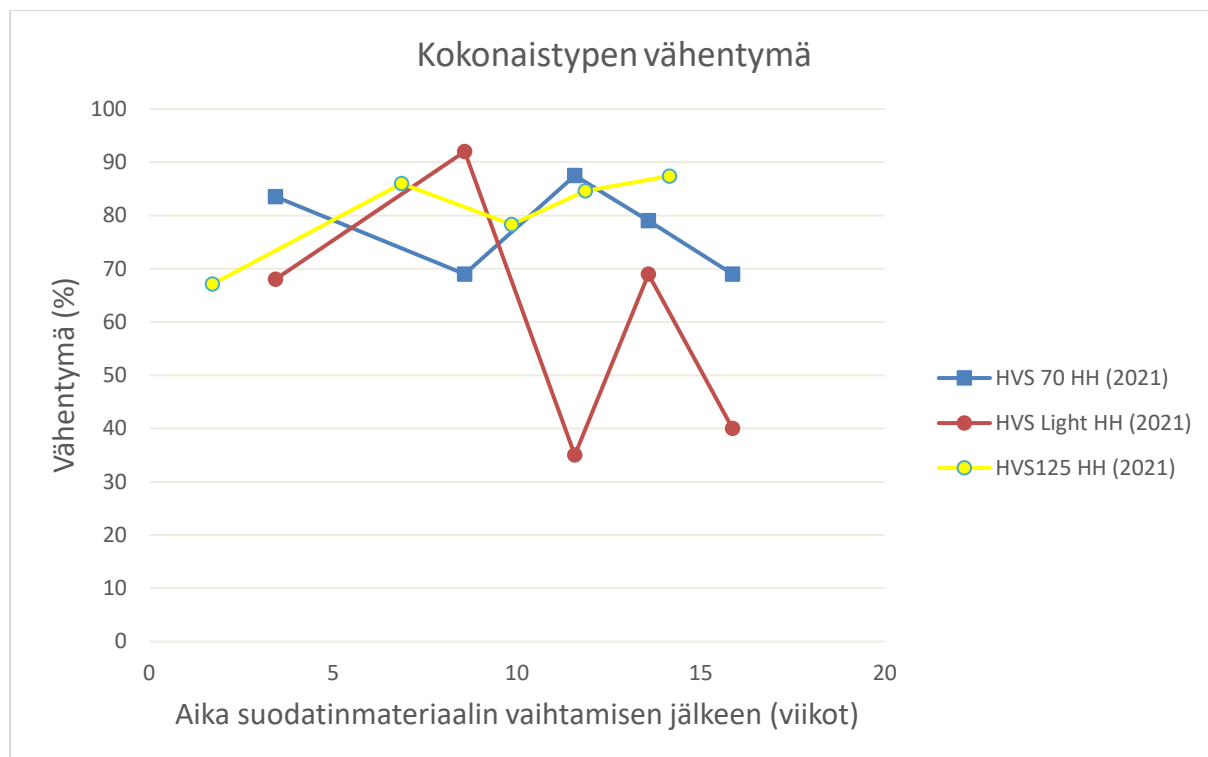
Näytteiden pH-arvo (kuva 4) oli yhtä näytettä (HVS 125 12 vko) lukuun ottamatta tasainen noin 6,5–8 välillä. Yksittäisen poikkeavan tuloksen merkitystä on vaikea tulkita. Kiintoaineen määrä (kuva 5) vaihteli eri näytteenotoissa, eikä näyttänyt muodostavan selkeää suuntaa vuoden 2021 näytteenoton tuloksissa.



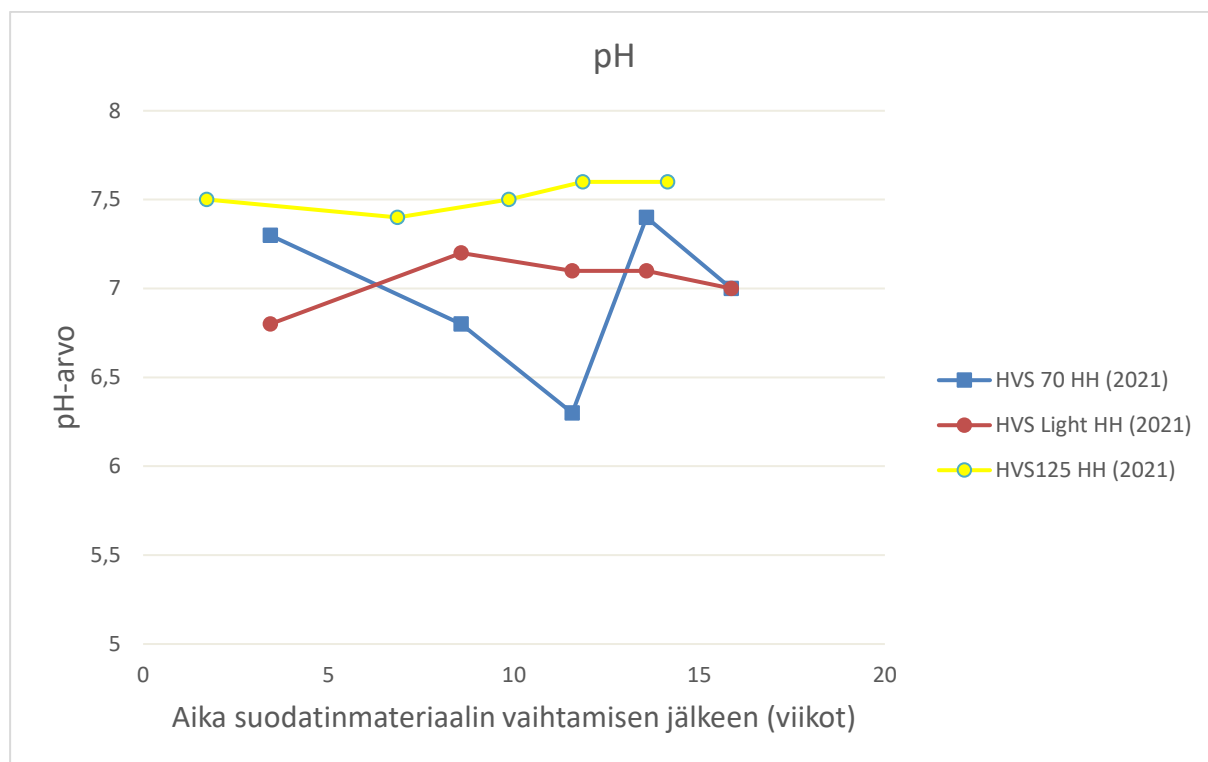
Kuva 1. BOD₇ vähentymä eri harmaavesisuodattimilla vuonna 2021 otetuissa näytteissä. Kuvaajaan on merkitty ympäristönsuojelulain perustason puhdistusvaatimus sekä ohjeellinen puhdistustaso pilaantumiselle herkellä alueilla.



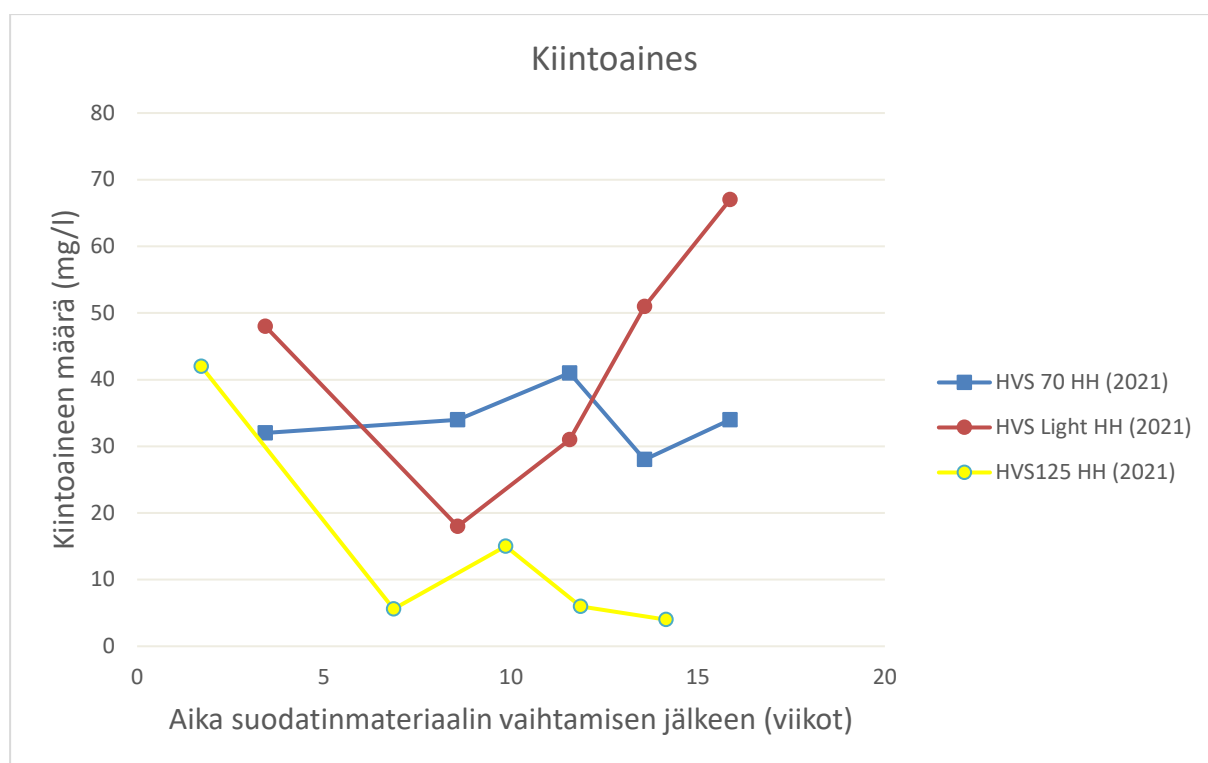
Kuva 2. Kokonaisfosforin vähentymä eri harmaavesisuodattimilla vuonna 2021 otetuissa näytteissä. Kuvaajaan on merkitty ympäristösuojelulain ohjeellinen puhdistustaso pilaantumiselle herkillä alueilla.



Kuva 3. Kokonaistypen vähentymä eri harmaavesisuodattimilla vuonna 2021 otetuissa näytteissä.



Kuva 4. pH-arvot vuonna 2021 otetuissa näytteissä.



Kuva 5. Kiintoaineen määrä vuonna 2021 otetuissa näytteissä.

5 Johtopäätökset

Uuden suodatinmateriaalin puhdistuskapasiteetti lisääntyy sitä mukaan, kun uutta biofilmiä ja kemiallista sedimenttiä muodostuu suodatinmateriaalin pinnalle. Mikrobit sedimentissä hajottavat tyypeä ja orgaanista materiaalia, mikä vaikuttaa puhdistustulokseen positiivisesti. Yksittäiset pistekuormitukset, kuten epätavallisen suuret annokset ruokaperäistä jätettä tai pesuvettä, joka sisältää ulostetta, voivat hetkellisesti nostaa ravinteiden pitoisuutta jätevedessä. Tällä on vaikutusta laskettuun vähentymään.

Käytetyllä näytteenottotavalla on vaikutusta tutkimustuloksiin ja näytteenottotapaa on kehitetty tutkimuksen aikana. Näytteenottoaikaon vaikutusta vähennettiin pesemällä kaivo noin vuorokautta ennen näytteenottoa.

Vähentymät (%) on laskettu käyttäen arvioituja kuormia, koska suodattimeen tulevasta vedestä ei ollut mahdollista ottaa näytettä. Arvioidut kuormitukset perustuvat lainsäädännössä annettuihin raja-arvoihin. Koska arvioidut kuormitukset ovat keskiarvoja, satunnaiset pistekuormat voivat saada vähentymät näyttämään pienemmiltä kuin mitä ne oikeasti ovat.

Suodatinmateriaalia voi valmistajan ohjeen mukaan käyttää 100 päivän ajan. Vapaa-ajan kiinteistöt ovat epäsäännöllisesti asuttuja, joten näytteenottoaikaon varsinainen käyttöpäivien määrää ei tiedetä. Vuoden 2021 näytejakso vaihteli 99 päivästä 111 päivää.

Suomen lainsäädännössä on olemassa orgaanisen aineen määrälle sekä puhdistustason perusvaatimus kaikille alueille että vaatimukset erityisesti pilaantumiselle herkille alueille. Lisäksi fosforin poistolle on olemassa vaatimus erityisen pilaantumiselle herkille alueille. Tutkimustuloksia verrattiin näihin lainsäädännössä esitettyihin arvoihin. Orgaanisen aineen vähentymä täytti kaikilla laitteilla perustason vaatimuksen. Herkkien alueiden vaatimuksen osalta yhden näytteen osalta oli pieni alitus raja-arvoon verrattuna. Fosforin vähentymän osalta kaikki suodatinlaitteet täyttivät herkille alueille asetetun ohjeellisen puhdistustason vaatimuksen.

Tässä tutkimuksessa tuleva kuormitus ei ollut mitattavissa, joten suodatuksen tehokkuus voi poiketa tässä mitattusta. Kuormitukset on laskettu veden kulutuksen ja veden laadun arvioista, jotka lainsäädäntö on asettanut. Oikean suodattimen valintaan vaikuttaa myös kiinteistön veden käyttötavat.

6 Lähdeluettelo

157/2017. Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla.

527/2014. Ympäristönsuojelulaki.

Ghaitidak, D.M., Yadav, K.D. Characteristics and treatment of greywater—a review. *Environmental Science and Pollution Research* 20, 2795–2809 (2013).
<https://doi.org/10.1007/s11356-013-1533-0>

Vilpas, R., Kujala-Räty, K., Laaksonen, T., Santala, E. 2005. Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen. *Suomen ympäristökeskus* 76