

Please note! This is a self-archived version of the original article.

Huom! Tämä on rinnakkaistallenne.

To cite this Article / Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Viskari, E-L. & Peltonen, L. 2018. Yhdessä vai erillään? : kuivasanitaation mahdollisuuksia vesihuollossa ja ravinteiden kierrossa. *Vesitalous* (59:5), s. 28-31. Helsinki: Vesi-  
huoltoliitto.

DOI / URL:

<https://www.vesitalous.fi/vesitalous-lehdet/vesihuollon-resurssitehokkuus/>

# Yhdessä vai erillään?

## – Kuivasanitaation mahdollisuuksia vesihuollossa ja ravinteiden kierrossa

Nykyinen jätevesien käsittely taajamissa perustuu viemärointiin ja vedellä huuhteluun ja kuljettamiseen jätevedenpuhdistamoille käsiteltäväksi. Jätevesi-infran korjausvelka kuitenkin kasvaa koko ajan ja toisaalta ravinteiden kiertoa tulisi tehostaa ja ravinnevalumia ehkäistä entistä tehokkaammin. Artikkelissa pohditaan jätevesien nykyisen käsittelyjärjestelmän ja erottelevien käsittelyjärjestelmien mahdollisuuksia, hyötyjä ja haittoja erityisesti ravinteiden kierrätyksen näkökulmasta. Erityisesti syntypaikkaerotellun virtsan lannoitekäyttöä ja ravinteiden talteenottoa pohditaan sekä tekniseltä, että ympäristöhyötyjen näkökannalta.



**EEVA-LIISA VISKARI**  
FT, yliopettaja, ympäristötekniikka  
Tampereen ammattikorkeakoulu,  
Rakentaminen ja  
ympäristötekniikka –  
yksikkö, Degree Programme in  
Environmental Engineering  
e-mail: eeva-liisa.viskari@hamk.fi  
Erityisalueena opetuksessa ja  
tutkimus- ja kehittämishankkeissa  
on kestävä ja turvallinen sanitaatio,  
ja ravinteiden kierto.



**LAURA PELTONEN**  
Ympäristösuunnittelija (amk)  
e-mail: laura.pelto@suomi24.fi  
Kirjoittaja teki opinnäytetyönsä  
struviitin saostuksesta

**V**ielä 1800-1900-luvun taitteessa valtaosa Suomen väestöstä sai toimeentulonsa maataloudesta. Ruoantuotanto oli silloin paikallisesti omavaraista, ravinteiden kierto oli paikallista ja suljettua. Ihmis- ja eläinlannan keräys ja käyttö lannoitteena maataloudessa oli tavallista ja jopa välttämätöntä. Veden käyttö oli huomattavasti vähäisempää kuin nykyisin eikä sitä suinkaan tarpeettomasti sekoitettu jätteisiin. 1800-luvun loppupuolella alkanut kaupungistuminen ja teollistumiskiehitys toivat tähän muutoksen. Väestön määrä alkoi nopeasti kasvaa ja kaupunkikeihin muutto lisääntyi. Samaan aikaan alkoi kaupunkien vesi- ja viemärilaitoksen kehittyminen (Rasila ym., 2003, Juuti ym., 2017). Sittenkin Suomeen on rakennettu yli 50 000 km jätevesi- ja hulevesien viemäriverkostoa ja yhdyskuntien jätevedet käsitellään jätevedenpuhdistamoilla (VVY, 2018). Sen sijaan haja-asutusalueilla käsittelyjärjestelmät ja niiden taso vaihtelevat, joskin ns. hajajätevesiä koskevan asetuksen (VNa 157/2017) siirtymäkauden päättyessä 2019 pitäisi pohjavesialueilla ja lähellä vesistöjä sijaitsevien järjestelmien olla vaatimusten mukaisia.

Samalla kun vesi- ja jätevesihuolto on kehittynyt, ravinnekierrätyksen ja -taseen kannalta järjestelmä ei enää

ole paikallinen, eikä suljettu, kuten se oli vielä maatalousyhteiskunnassa. Jätevedenpuhdistamoilta sivutuotteena muodostuva ravinnepitoinen liete (n. 900 miljoonaa kg/a) hyödynnetään nykyisin vain osittain maataloudessa. Yli puolet lietteestä käytetään viherrakentamiseen, maisemointiin tai varastoidaan (VVY, 2018). Viimeaikaiset uutiset siitä, että suomalainen viljateollisuus ei enää hyväksy yhdyskuntien jätevesilietteillä lannoitettua viljaa, ei ole omiaan tukemaan ravinteiden kierrätystä. Kuitenkin useat pitkän aikavälin tutkimukset ovat osoittaneet lietteisiin perustuvan lannoituksen olevan turvallista esimerkiksi raskasmetallien suhteen (esim. Magid ym., 2007, López-Rayó, 2016). Virtsan erilliskeräyksellä olisi mahdollista välttää osa haitta-aineista, sillä erilliskerätty virtsa sisältää vain niitä aineita, joita jo saamme ravinnon mukana, käytämme itse esim. lääkityksessä tai muutoin altistumme ihokosketuksen tai hengitysilman kautta. Lisäksi virtsan fosfori on valmiiksi liukoissa muodossa.

Nykyinen jätevesien viemärointijärjestelmä, joka siis perustuu vähintäänkin kymmeniä vuosia vanhoihin rakenteisiin, on kovaa vauhtia rapistumassa ja viemäriverkostojen saneeraustarve ja korjausvelka kasvaa koko ajan. Vesi- ja viemärilaitosyhdistys on arvioinut,

että jopa 12 % viemäriverkostosta on erittäin huonossa kunnossa (Promaint, 2015, VVY, 2018). Lisäksi vanhenevat jätevedenpuhdistamot kamppailevat lisääntyneiden typenpoistovaatimusten ja jätevesilietteen käsittelyn ongelmien kanssa. Näistä syistä on perusteltua miettiä myös muunlaisia ratkaisuja jätevesien käsittelyyn. Yksi vaihtoehto voisi olla siirtyminen putken loppupäähän lisättävistä ratkaisuista erilaisiin syntypaikkaerottelun mahdollistaviin menetelmiin. Nämä mahdollistaisivat paremmin ravinteiden tehokkaamman ja turvallisen talteenoton ja hyödyntämisen. Siirtyminen syntypaikkaerotteluun vaatisi kuitenkin mittavia saneerauksia ja investointeja.

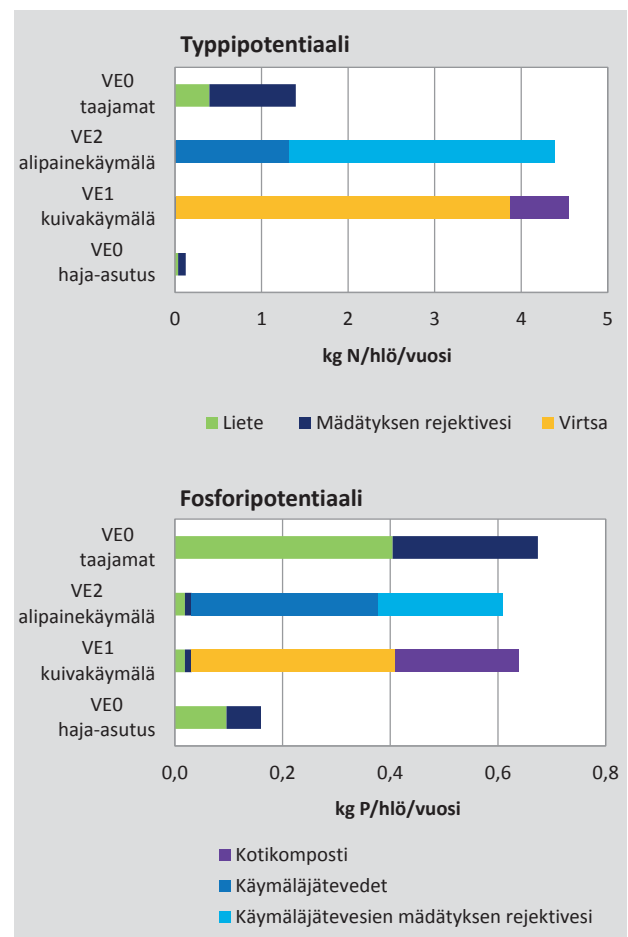
Jo nykyisin markkinoilla olevat ratkaisut, kuten kuivakäymälät ja alipainekäymälät, mahdollistavat syntypaikkaerottelun, mutta mm. logistiikkaan liittyvät haasteet ja infran rakentaminen vaativat vielä uusia ratkaisuja, joita on jo tutkittu mm. Hollannissa (esim. Tervahauta ym., 2013, Wielemaker ym., 2016).

### Vesihuoltoinfran vaihtoehtoja – erilliskeräyksellä ravinteet talteen?

Tampereen ammattikorkeakoulun koordinoimassa, vuonna 2016 päättyneessä BIOUREA-hankkeessa vertailtiin haja-asutusalueella vallitsevan vesihuoltoinfran ja erilliskeräykseen perustuvien vaihtoehtoisten infraratkaisujen elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia. Suomen ympäristökeskuksen toteuttamassa vertailuissa tehtiin elinkaariarviointia ja tarkasteltiin ilmasto-, rehevöitymis- ja happamoitusvaikutuksia. Lisäksi tarkasteltiin haja-asutuksen ja yhdyskuntien ravinnetaseita ja arvioitiin eri vaihtoehtojen potentiaalia lannoitekäyttöön hyödynnettävien jakeiden osalta (Viskari ym., 2017). Tulosten mukaan nykyisin haja-asutuksessa syntyvistä ravinteista kaksi kolmannesta tyyppistä (noin 2 900 t vuodessa) ja kolmannes fosforista (noin 180 t vuodessa) päättyy ympäristöön rehevöittävinä päästöinä. Mikäli haja-asutusalueilla virtsa kerättäisiin erilleen talteen ja käytettäisiin lannoitteena, saataisiin fosforista jopa nelinkertainen määrä ja tyyppistä yli kymmenkertainen määrä enemmän ravinteita talteen nykytilanteeseen verrattuna. Samalla rehevöittävät päästöt pienenisivät viidennekseen. Haja-asutuksen jätevesien käsittelyn merkitys laskisi myös olennaisesti, koska käsiteltäviksi jäisivät ainoastaan harmaat jätevedet. Tällöin täytettäisiin laskennallisesti haja-asutusalueiden jätevesien käsittelyä koskevat vaatimukset typen ja fosforin osalta ja orgaanisen aineksen poistoon riittävät olemassa olevat menetelmät hieman paranneltuina. Virtsan erilliskeräyksellä ehkäistäisiin myös muista jätevesistä peräisin olevien haitta-aineiden päätyminen lannoitekäyttöön. **Kuvassa 1** on esitetty jätevesien käsittelyvaihtoehtojen ravinteiden hyödyntämispotentiaali. Vaihtoehtoisia jätösten käsittely-

vaihtoehtoja – alipainekäymälät (VE1) erottelevat kuivakäymälät (VE2) – verrattiin taajamien (VE0 taajamat) ja haja-asutuksen (VE0 haja-asutus) nykyisiin vallitseviin jätevesien käsittelyjärjestelmiin.

Jos myös kaikki taajamissa ja haja-asutuksessa syntyvä virtsa kerättäisiin erilleen ja hyödynnettäisiin, jätevedenpuhdistamoiden typpikuormitus pienenesi noin neljännekseen ja fosforikuormitus puolittuisi nykyisestä. Samalla typen ja fosforin hyötykäytön potentiaali lisääntyisi selvästi, kun tyyppä ei tarvitsisi poistaa ilmaan jätevedenpuhdistamolla ja fosfori olisi valmiiksi kasveille käyttökelpoisessa, liukoisessa muodossa. Lisäksi erottelemalla yhdyskuntien virtsa omaksi jakeekseen, jäljelle jäävien puhdistamoille johdettavien jätevesien orgaanisen aineen, typen ja fosforin suhde olisi puhdistusprosessin toimivuuden kannalta lähellä optimia, jolloin fosforin kemiallisesta saostuksesta voitaisiin mahdollisesti luopua kokonaan ja typenpoistovaatimukset tulisivat täytettyä nyky menetelmin.



**Kuva 1.** Käymäläjätösten ravinteiden hyödyntämispotentiaalit eri jätevesien käsittelyvaihtoehtojen osalta. Kuvassa esitetyt jätevesien käsittelyvaihtoehtot ovat: VE0 taajamat=taajamien nykytila, VE0 haja-asutus=haja-asutuksen nykytila, VE1=alipainekäymälä, VE2=erotteleva kuivakäymälä (Viskari ym. 2017).

Ympäristövaikutuksiltaan virtsan erilliskeräyksen merkittävin hyöty haja-asutusalueilla, olisi rehevöitymisen väheneminen. Virtsan ja käymäläjätteen lannoitekäyttö puolestaan nostaa happamoitumisriskiä jonkin verran, mutta hiilijalanjälkeen eri käsittelymenetelmillä ei ole merkittävää vaikutusta (Viskari ym. 2017)

### Virtsan ravinteiden lähteenä

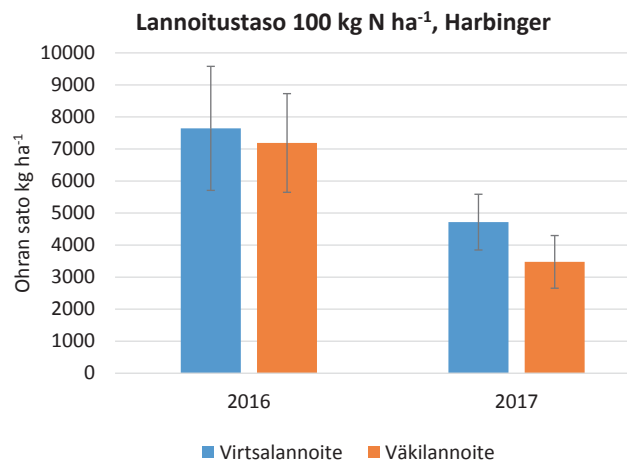
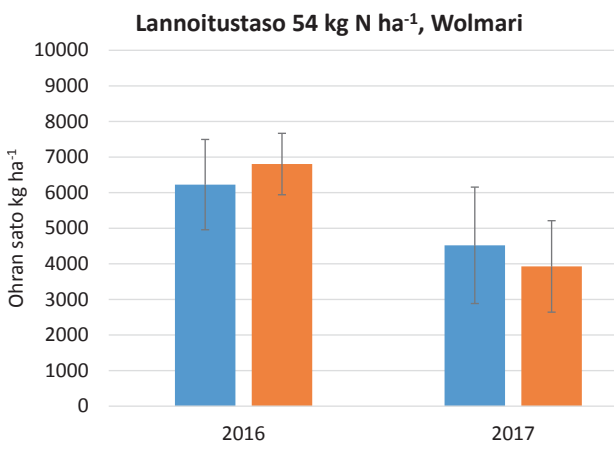
Yksi henkilö tuottaa keskimäärin noin 400–500 l virtsaa ja noin 40–50 kg ulosteita vuodessa. Näissä jätöksissä on typpeä noin 4 kg ja fosforia noin 0,40 kg henkilöä kohden. Koko Suomen tasolla tämä tarkoittaa noin 2,2 miljoonaa m<sup>3</sup> virtsaa ja 220 miljoonaa kiloa ulostetta, jotka sisältävät yhteensä 22 miljoonaa kiloa typpeä ja 2,2 miljoonaa kiloa fosforia. Kun em. määrät jätöksiä sekoitetaan veteen huuhtelun yhteydessä, siitä muodostuu moninkertainen määrä jätevettä, arviolta 60–70 miljoonaa m<sup>3</sup> vuodessa. Virtsassa on pääravinteita, typpeä, fosforia ja kaliumia ja lisäksi mikroravinteita ja erilaisia suoloja, kuten kloridia ja sulfaattia. Virtsa ei sisällä juurikaan haitallisia metalleja (esim. Jönsson ym., 1997, Viskari ym., 2017). Lisäksi lähtökohtaisesti terveen ihmisen virtsa on steriiliä, eikä siinä ole taudinaiheuttajia. WHO:n ohjeiden mukaan säilytettynä ja käsiteltynä virtsa voidaan turvallisesti kiertää lannoitteena.

Tampereen ammattikorkeakoulun koordinoimien BIOUREA- ja HIERAKKA-hankkeiden tulosten perusteella sekä erilliskerätty virtsa että käymäläkomposti ovat osoittautuneet lannoitevalmisteita koskevan asetuksen ehdot täyttäväksi hygieenisen turvallisuuden (taudinaiheuttajaindikaattorit *E. coli* ja *Salmonella* spp.) ja haitallisten metallien pitoisuuksien osalta. Virtsan lannoitekäyttö ei kuitenkaan ole Suomessa tällä hetkellä mahdollista, koska sille ei ole haettu tyyppinimihyväksyntää. Tällä hetkellä lannoitevalmisteita koskeva lainsäädäntö

on uudistuksen alla, joten lannoitehyväksynnän osalta ollaan odottavalla kannalla. Tehtyjen lannoitekoekesien mukaan erilliskerätty virtsa oli lannoiteteholtaan väkilannoitteen veroinen (Kuva 2). Virtsassa on kuitenkin lääkainejäämiä kaikista käyttämistämme lääkaineista. Suurin virtsasta löydetty lääkaineiden ryhmä ovat erilaiset tulehduskipulääkkeet (ibuprofeeni, ketoprofeeni, naprokseeni), kipulääkkeet (parasetamoli) ja kofeiini. Lisäksi virtsassa on pienempiä määriä muita lääkaineita (Viskari ym., 2017). Kahden vuoden seurannassa ei kuitenkaan ole havaittu lääkaineiden kertymistä maaperään tai jyviiin. Virtsassa on lisäksi varsin merkittäviä määriä kloridia ja sulfaattia, jotka voivat aiheuttaa maaperän suolaantumisen riskin.

### Virtsasta voi jalostaa lannoitetuotteita

Virtsan hyötykäytön haasteena on sen suuri tilavuus ja kuljetustarpeet. Virtsasta on mahdollista ottaa ravinteita talteen ja eri menetelmiä tutkitaankin nyt paljon. Yksinkertainen menetelmä on saostaa virtsasta fosfaattimeneraali struviittia, joka sisältää fosforia, typpeä ja magnesiumia. Hämeen ammattikorkeakoulussa on tutkittu saostamista virtsasta, separoidusta lietalannasta sekä rejektivedestä. Tutkimuksen perusteella virtsasta saatiin fosforia talteen eniten, keskimäärin 97,3 % ja virtsa olisi tutkituista syötteistä optimaalisin struviitin tuotantoon (Kuva 3). (Peltonen 2018.) Struviittia saostamalla saadaan talteen kuitenkin vain osa virtsan ravinteista. Elokuussa Tampereella järjestetyssä kuudennessa kansainvälisessä kuivakäymäläkonferenssissa esiteltiin lisäksi useita muita menetelmiä, missä virtsan ravinteet, erityisesti typpi ja fosfori, saadaan talteen (Käymäläseura Huussi ry, 2018). Tällaisia ovat esimerkiksi virtsan sisältämän typen stripaus ammoniakkinä ja talteen otto kaasua läpäisevän kalvon avulla. Virtsa voidaan myös imeyttää imeyttäminen tuhkaan tai kalkkiin ja haihduttaa kuiviin niin, että ravinteet jäävät kiinteään muotoon. Virtsaa voidaan myös



**Kuva 2.** Ohran sato kahdella eri lannoitustasolla ja ohralajikkeella (Viskari ym., 2017, BIOUREA ja HIERAKKA-hankkeet).



**Kuva 3.** Virtsasta saostettua struviittia kuivattuna eri pituisia aikoja +50 °C:ssa. Kuivatusajan pidentyessä struviitista tulee vaaleampaa ja hajuttomampaa.

konsentroida esimerkiksi ultrasuodatuksen ja käänteis-osmoosin avulla. Struviitin saostamista lukuun ottamatta, useat menetelmät ovat kuitenkin vielä kokeiluasteella.

### Kohti erottelua?

Monet tutkimukset ovat osoittaneet virtsan tehokkuuden ja turvallisuuden lannoitteena, joskaan lannoitekäyttö ei ole täysin riskitöntä. Koska ravinteiden entistä tarkempi kierrätys on väestön kasvun vuoksi tulevaisuuden ruoantuotannon kannalta välttämätöntä, on otettava käyttöön kaikki keinot sen edistämiseksi. Näihin kuuluvat myös omien jätöstemme

sisältämät ravinteet. Ravinteiden kierrätys tulee kuitenkin tehdä parhaan käytettävissä olevan tekniikan avulla, turvallisesti. Erityisesti haja-asutusalueilla olisi mahdollisuuksia siirtää ravinteet talteen ottaviin sanitaattoratkaisuihin. Lisäksi Suomessa viemäriverkostojen ja jätevedenpuhdistamoiden saneerausten yhteydessä olisi mahdollista rakentaa erilliskeräyksen mahdollistavia järjestelmiä. Tutkimuksen osalta tämän hetken suuntaus on, että jätöksistä jalostetaan erilaisia lannoitevalmisteita tai otetaan pelkät ravinteet talteen esimerkiksi virtsasta. Edistämällä näitä toimia, Suomessa olisi mahdollista saavuttaa edelläkävijän rooli jätevesien ravinteiden talteenototeknologioiden kehittämisessä ja käyttöönnotossa. 💧

### Kirjallisuus

- Juuti, P.S., Katko, T.-S. & Rajala, R.P. 2017. Sata vuotta vesihuoltoa Suomessa 1917–2017. Suomen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print, Tampere 2017. ISBN 978-952-03-0547-5 (pdf), SBN 978-952-03-0546-8 (painettu). Saatavissa: <http://tampub.uta.fi/handle/10024/102201>.
- Jönsson, H., Stenström, T.A., Svensson, J., Sundin, A. 1997. Source Separated Urine-Nutrient and Heavy Metal Content, Water Saving and Faecal Contamination. *Water Science & Technology* 35(9):145–152, DOI:10.1016/S0273-1223(97)00192-3.
- Käymäläseura Huussi ry. 2018. DT 2018 – 6<sup>th</sup> International Dry Toilet Conference. <http://www.huussi.net/en/activities/dt-2018/dry-toilet-conference-2018/>.
- López-Rayó, S., Laursen, K.H., Lekfeldt, J.D.S., Delle, F.M.G. & Magid, J. 2016. Long-term amendment of urban and animal wastes equivalent to more than 100 years of application had minimal effect on plant uptake of potentially toxic elements. *Agriculture Ecosystems & Environment* 231:44–53. DOI: 10.1016/j.agee.2016.06.019.
- Magid, J., Luxhøi, J., Jensen, L.S., Møller, J. & Bruun, S. 2006. Establishment of a long-term field trial with urban fertilizers – is recycling of nutrients from urban areas to peri-urban organic farms feasible? Teoksessa: Raupp, J., Pekrun C., Oltmanns, M. and Köpke, U. (eds.) 2006. Long-term Field Experiments in Organic Farming. Edited by 2006. International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR), ISOFAR Scientific Series 1, Verlag Dr Köster, Berlin, Germany. 204 p.
- MTV. 2016. Kalat lääkepölyssä myös suomalaisvesissä: Tutkija välyttää ihmisvirtsan erilliskeräämistä. Julkaistu 11.04.2016. <https://www.mtv.fi/uutiset/kotimaa/artikkeli/kalat-laakepollyssa-myos-suomalaisvesissa-tutkija-valayttaa-ihmisvirtsan-erilliskeraamista/5837378#gs.PiFl=s>.
- Rasila, V., Jutikkala, E. & Mäkelä-Alitalo, A. 2003. Suomen maatalouden historia 1. Suomalaisen kirjallisuuden seura. SKS:n toimituksia 914:1. ISBN 9789-517464819.
- Peltonen, L. 2018. Struviitin saostus virtsasta, lietelannasta ja rejektivedestä. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavissa <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018061113506>.
- Promaint. 2015. Kunnossapidon erikoislehti: Korjausvelka kasvaa julkisella sektorilla. *Kunnonvalvonta ja käyttövarmuus*. 30.9.2015. Saatavissa: <https://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Korjausvelka-kasvaa-julkisella-sektorilla>.
- Vesilaitosyhdistys. 2018. Vesihuolto. Saatavissa: <https://www.vvy.fi>.
- Viskari, E.-L., Vilpas, R., Lehtoranta, S., Tuukkanen, K. ja Pakula, S. 2017. BIOUREA - Erilliskerätyn virtsan lannoitepotentiaali, kokeelliset tutkimukset ja elinkaaritarkastelu. Loppuraportti, 79 s. Käymäläseura Huussi ry. ISBN 978-952-68658-1-2 (rengaskirja), ISBN 978-952-68658-2-9 (PDF). Saatavissa: [http://www.huussi.net/wp-content/uploads/2017/01/Huussi\\_loppuraportti\\_net\\_VALMIS.pdf](http://www.huussi.net/wp-content/uploads/2017/01/Huussi_loppuraportti_net_VALMIS.pdf).
- Wielemaker, R.C., Weijima, J. & Zeeman, G., 2016. Harvest to harvest: Recovering nutrients with New Sanitation systems for reuse in Urban Agriculture. *Resour Conserv Recy* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.015>.