

# Marginaalista mainstreamiin – kierrätysravinteita ja maanparannusaineita ihmisperäisistä jätöksistä

Eeva-Liisa Viskari, FT

Tampereen ammattikorkeakoulu

sähköposti: [eeva-liisa.viskari@tuni.fi](mailto:eeva-liisa.viskari@tuni.fi)

Puh. 040 846 9452

BioRaEE- ja BioRaKi 2 seminaari 7.1.2020

# Hieman historiaa ...

- 1800-1900-luvun alussa peltoviljely perustui lannoittamiseen karjanlannalla ja karjaa pidettiin ensisijaisesti lannan vuoksi.
- Makkilanta oli myös arvokas lannoite
- Ruoantuotanto oli paikallisesti omavaraista, ravinteiden kierto oli paikallista ja suljettua.
- Ihmis- ja eläinlannan keräys ja käyttö lannoitteena oli tavallista ja välttämätöntä
- Veden käyttö oli huomattavasti vähäisempää kuin nykyisin eikä sitä suinkaan tarpeettomasti sekoitettu jätteisiin.
- Biojätteitä ei tuolloin edes tunnettu
- Ravinteiden talteenotto oli mainstreamia!



# Nykyinen keskitetty, vedellä kuljettamiseen perustuva jätevesien keräys-, ja käsittelyinfra on rakennettu viimeisen 100-150 vuoden aikana

- Valtioneuvoston asetustalousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 157/2017
- Käymäläjätösten erilliskeräys on ollut mökkiläisten ja joidenkin haja-asutusalueiden omakotiasujien toteuttamaa – marginaalista toimintaa

Uno Winblad & Wen Kilama, 1978. Sanitation without water

- *The Western type of toilet system cannot solve the problems of getting rid of excreta in Third World countries. Nor, indeed, has it solved those problems in the developed world.*
- *To solve the problems we have to consider not only technical but also environmental and human factors.*

1st International Dry Toilet Conference 2003, Tampere  
130 osallistujaa 30 eri maasta

## DRY TOILET 2003

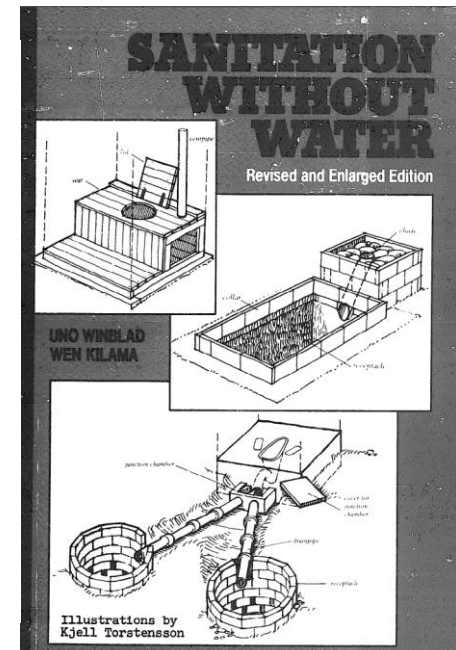
FINAL REPORT



*1st International  
Dry Toilet Conference*

Raini Kiukas and Tittiina Repka

October 2003





# Puhdistamolietteen ravin teet eivät enää kelpaa pelloille

Hallavaaran biokaasulaitos ajetaan alas, koska liettelamotteilla katoksivat yhätkiä markkint. Kiertotalous näyttää tyyssänne elintarviketeollisuuden magogepokoihin ja haitta-aineisiin. Ravinnkierrätys en näkökulmasta kyse on yllättävän isosta asiasta.



**18 Ruusu-Riina Turku**  
 Puhdistamolietteen ravin teet eivät enää kelpaa pelloille. Markkinat eivät enää kelpaa pelloille. Ravin teet eivät enää kelpaa pelloille. Ravin teet eivät enää kelpaa pelloille. Ravin teet eivät enää kelpaa pelloille.



**Maatalous**  
 Viljanostajat panivat puhdistamolietteet pannaan – viranomaiset sallivat peltokäytön  
 Maatalous 17.11.2017  
 Veikko Niittymaa

Viking Malt ei osta ohraa lietteellä lannoitettua pelloille, ja moni muu viljelijöitä on seurannut esimerkkiä. Jätevesilaitokset joutuvat miettimään uusia käyttökohteita lietteelle.

# Suomi saattoi ratkaista koko maailmaa piinaavan ongelman, jonka vuoksi kalat joutuvat käyttämään masennuslääkkeitä – mutta se maksaa

Tutkijat etsivät keinoja vähentää lääkejäämien ympäristökuormitusta. Tutkimus koskee lääkkeen koko elinkaarta.

Lääkkeet 23.5.2019 klo 14:32 | päivitetty 23.5.2019 klo 15:01



Professori Mika Mänttäri pitää kädessään membraanisuodatinta. Tutkimuksessa on todettu, että suodattimen avulla lääketeistä saadaan puhdistettua suurin osa lääkejäämistä.

# Jätevesissä on satoja kiloja särkylääkkeitä ja muita lääkeaineita – lääkejäämien poistaminen vaikeaa

Eva Törnänen 8.4.2019 14:00

## Tekniikka ja talous

Uudessa tutkimushankkeessa on tarkoitus selvittää, onko edullisempaa puhdistaa lääkejäämiä niiden päästölähteessä kuin kunnallisen puhdistamon lietteestä ja juomavedestä.



COLOURBOX  
 f t in @

Kunnalliseen jäteveeten päätyy Suomessa satoja kiloja lääkejäämiä joka vuosi. Puhdistamolle päätyy esimerkiksi särkylääke parasetamolinä 900–3000 kiloa vuodessa. Erityisen korkeita parasetamolin pitoisuudet ovat hoitolaitosten jätevesissä.

Uudessa tutkimushankkeessa on tarkoitus selvittää, onko edullisempaa puhdistaa lääkejäämiä niiden päästölähteessä kuin kunnallisen puhdistamon lietteestä ja juomavedestä.

Vaikka jätevesien puhdistus toimiikin Suomessa, kunnalliset jätevedenpuhdistamot on rakennettu poistamaan jätevedestä kiintoainetta, orgaanista ainesta, fosforia ja typpeä. Ne eivät nykyisellään pysty käsittelemään lääkeaineiden kaltaisia synteettisiä orgaanisia yhdisteitä, Helsingin yliopisto tiedottaa.

# Länsisuomalainen 7.11.2017

Maailmanlaajuisesti...  
 Puhdistamolietteistä saatavien kierrätysravinteiden markkint ovat muuttuneet nopeasti sen jälkeen, kun Viking Malt kertoi rajoituksista. "Markkina heikkeni merkittävästi ja hyvin lyhyessä ajassa", toteaa toimitusjohtaja Eljas Jokinen Soilfoodista.

## Maatalous

# Viljanostajat panivat puhdistamolietteet pannaan – viranomaiset sallivat peltokäytön

Maatalous 17.11.2017  
 Veikko Niittymaa

Viking Malt ei osta ohraa lietteellä lannoitettua pelloille, ja moni muu viljelijöitä on seurannut esimerkkiä. Jätevesilaitokset joutuvat miettimään uusia käyttökohteita lietteelle.

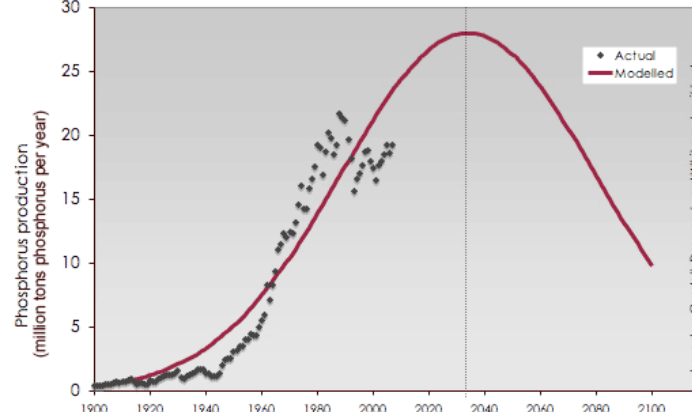


Gasumin Turun biokaasulaitos käsittelee kaupungin ja lähikuntien puhdistamolietteet ja tekee niistä kierrätyslannoitteita viherrakentamiseen ja maatiiloille.

f t in @  
 Jaa Jaa Lähetä Kuuntele Tulosta PDF Avaa

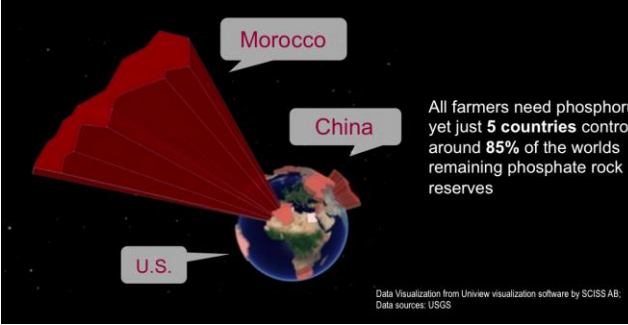
Puhdistamolietteistä saatavien kierrätysravinteiden markkint ovat muuttuneet nopeasti sen jälkeen, kun Viking Malt kertoi rajoituksista. "Markkina heikkeni merkittävästi ja hyvin lyhyessä ajassa", toteaa toimitusjohtaja Eljas Jokinen Soilfoodista.

# Phosphorus production: When will it peak?



Source: Cordell et al. 2009

# Distribution of world phosphate rock reserves



Source: Cordell, 2019

# Pirkanmaan jätehuolto ylitti kriittisen rajan 18-kertaisesti – Yhtiö kertoo, miksi tässä kävi näin

Markkinaoikeus löysi virheen, vaikka sille toimitettu valitus koski muita asioita. Jätehuolto ei valita oikeuden päätöksestä. Se järjestää piakoin uuden kilpailutuksen lietteiden keräyksestä ja kuljetuksesta.



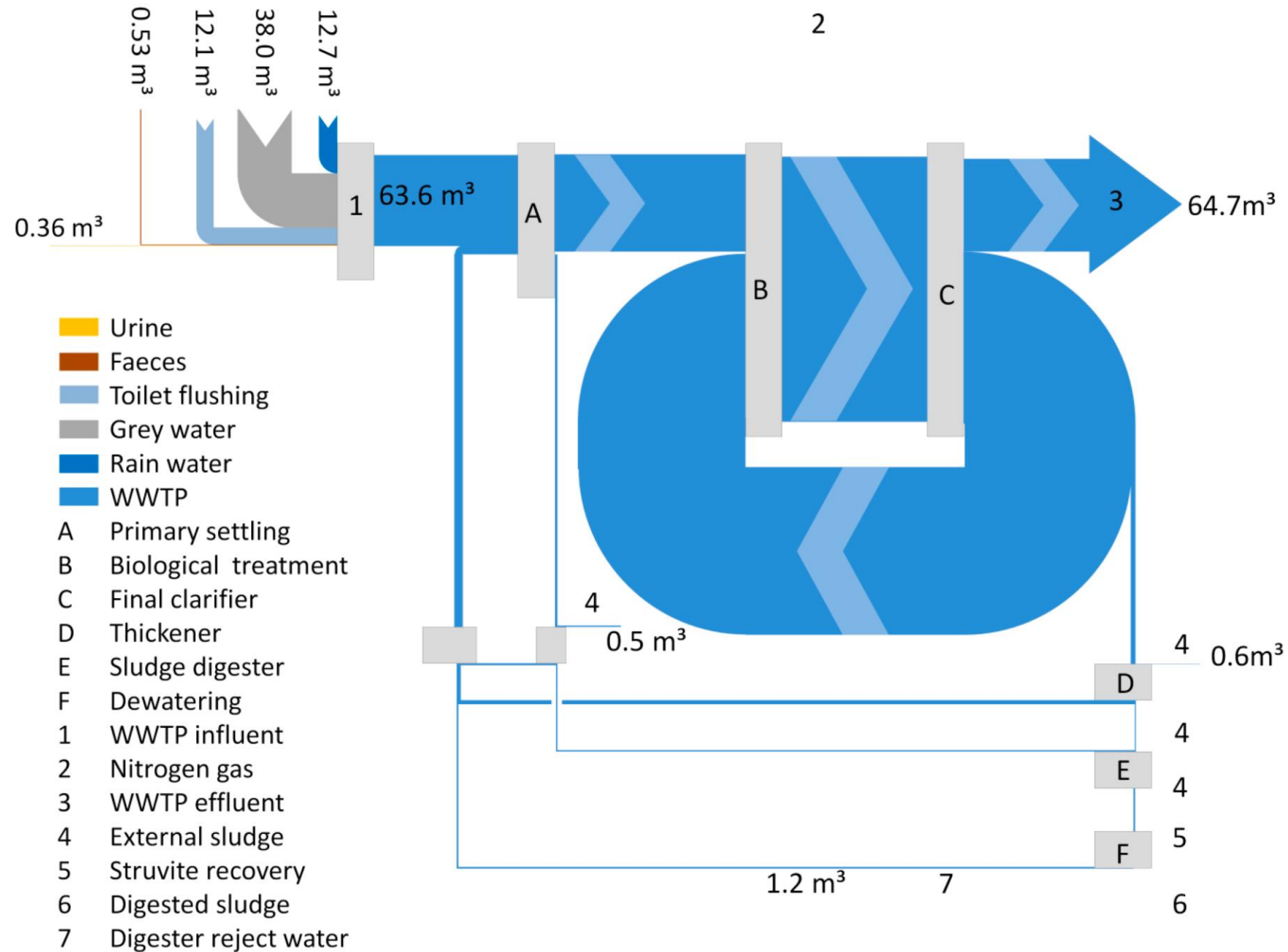
Pirkanmaan jätehuolto pyrki säästämään lietteen keräyksen ja kuljetuksen toivomaansa muotoon viimeistään ensi keväänä. OVI, BODY EYE

Jaana Korola Aamulehti  
 Kiista sako- ja umpikaivoletteiden keräyksen ja kuljetuksen järjestämisestä Pirkanmaan jätehuollon alueella nosti yllättävän päivänvalon virheen kilpailutuksesta. Jätehuolto ei kilpailuttanut hankintaa Euroopan unionin alueella, vaikka silloinen EU-kynnysarvo oli 207 000 euroa, ja hankinnan arvo oli lähes 3,8 miljoonaa euroa. Markkinaoikeus poimi virheen valituksen yhteydessä ja antoi päätöksen lokakuun alkupuolella. Se totei, että lieteilpailutuksessa oli toimitu oikeusohjeiden vastaisesti. Oikeus kielii jätehuoltoja tekemistä hankintasuostusta käsitellyssä olleen päätöksen perusteella. Se määräsi 200 000 euron uhkasakon.

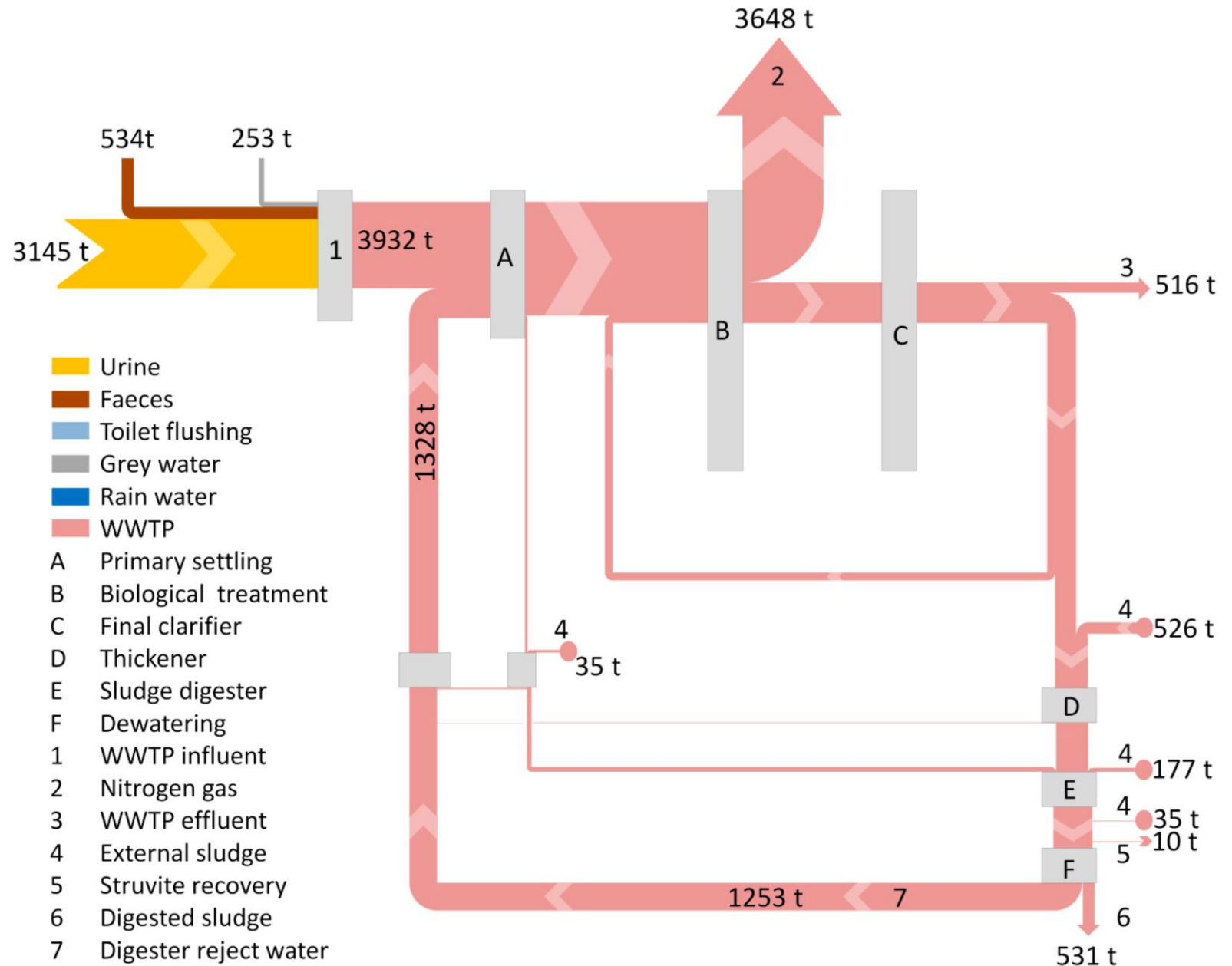
Aamulehti 5 viikkoa vain 27 € (norm. 34 €)

- Luetulmat** Päivä
- Katso videolta koko Tampereen upseeritilaisuus: poikouksellisen näyttävän uuden vuoden show ihoyhtiä taivaan räffässä
  - Lempikäässä tietä välttynyt ja pakettiin tulla jäänyt alkuäänä, paikalla oli myös muuta muoria – Polsi onnentoimustilanteesta: "On ollut ilmeisen yllättävä"
  - Uutta tietoa Lempiään onnentoimudesta: muori nainen yllä tietä ja pakettiin tulla jäänyt alkuäänä – Jopa kymmeniä vahvoja valokuvia yllä Tampereen Lentävienniemessä
  - Himokseilla kadonnut nainen löytyi hyväkuntoisena
- Näytä lisää +
- Tuotteenumerot**

Amsterdam-West  
jätevedenpuhdistamon  
vesitase ( $10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ ).

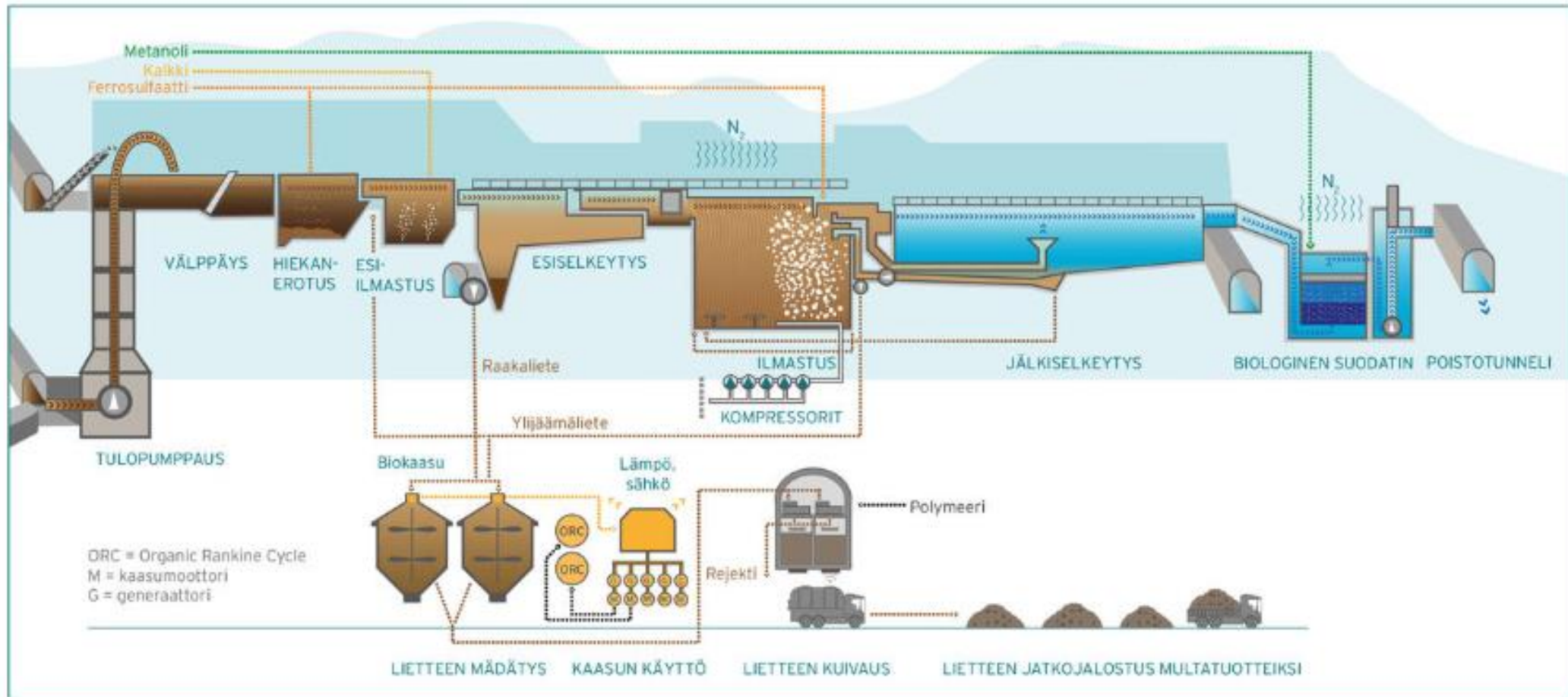


Amsterdam-West  
jätevedenpuhdistamon tyypitase  
(t/a). Myös fosforitase vastaava





# Esimerkkinä Viikinmäen jätevedenpuhdistusprosessi



***“... we mix and dilute wastes that our bodily systems have spent the whole of evolution separating and concentrating.”***

In Halliday, S. (ed.) Sustainable construction (2008)



# Tutkimuksia erilliskerätyn virtsan ominaisuuksista ja lannoitetehosta

- Erilliskerätty virtsa on oikein käsiteltynä tehokas ja turvallinen lannoite (WHO, 2006)
- Haasteena keräys- ja kuljetusjärjestelmät – levitys toimii, kuten lietteilläkin



Kuva: Kari Sipilä



Kuva: Mika Säpyskä/Viestikettu





## Lannoitustaso 100 kg N/ha, heinä- ja elokuu 2017



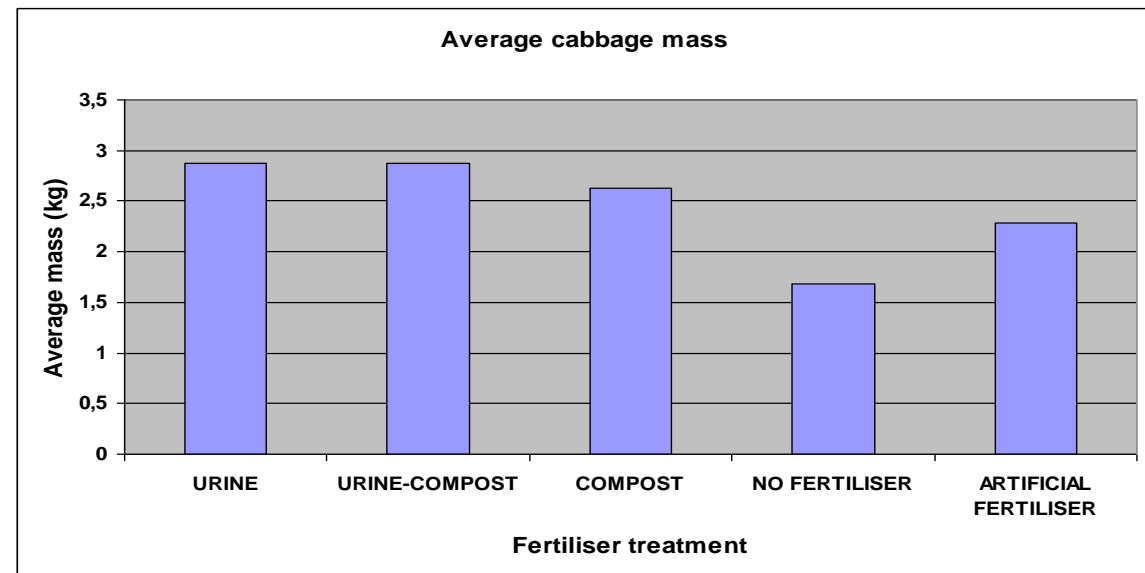


## Lannoitustaso 54 kg N/ha, heinä- ja elokuu 2017





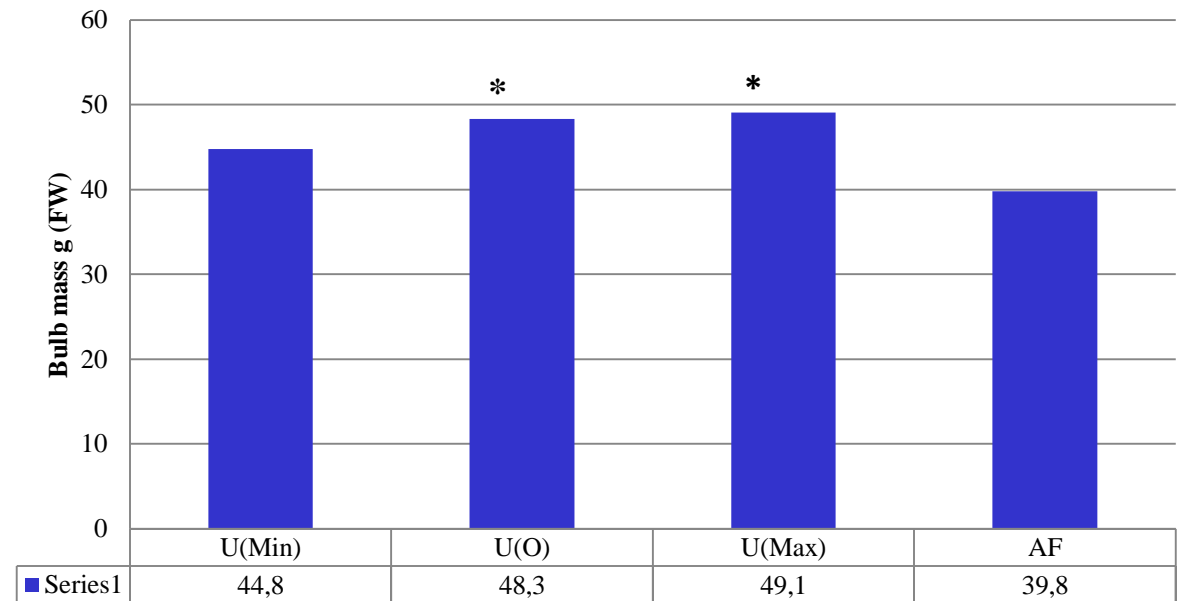
## Käymäläkompostin ja erotellun virtsan lannoitetehto – kaali ja peruna 2007





## Virtsan lannoitetehto sipulilla 2009

Mass of onion bulbs in different urine treatments



# ***No entäs ne lääkeaineet ja hormonit? Huumeet?***

Tällä hetkellä kriteerit ja säädökset sallituille pitoisuuksille, mittaamiselle ja monitoroinnille tai poistamiselle puuttuvat.

Tutkimusta tehdään jätevesiin painottuen

**Taulukko. Lannoitteena käytetyn virtsan lääkeaineiden ja hormodien pitoisuudet (2016-2018).  
Analysoitujen lääkeaineiden ja hormonien kokonaismäärä oli 55.**

Lääkeaine/hormoni	Vaikutus	Pelto1, lannoitustaso 54 kg N ha <sup>-1</sup>			Pelto 2, lannoitustaso 100 kg N ha <sup>-1</sup>		
		2016*)	2017***)	2018***)	2016**)	2017***)	2018***)
Bisoprololi	Betasalpaaja	1,14		12			4,85
Diklofenaakki	Tulehduskipulääke	1,64	6,9	8,3		8	
Fluoksetiini	Masennuslääke			1,4		1,8	
Ibuprofeeni	Tulehduskipulääke	4160	1500	1200	250	1500	985
Karbamatsepiini	Epilepsialääke					0,54	1,1
Ketoprofeeni	Tulehduskipulääke	13,6	8,7	9,2			
Kofeiini	Piriste	852	2400	2400	57	2500	2700
Metyyliprednisoloni	Tulehduskipulääke	8,44	2,3	8,8	18	2,9	9,8
Naprokseeni	Tulehduskipulääke	99,2	390	53	7,9	320	170
Parasetamoli	Särkylääke	36	2200	740	140	83	415
Propanololi	Betasalpaaja	1,52				2,1	5,35
Salbutamoli	Astmalääke		1,3	6,1			1,5
Sitalopraami	Masennuslääke	2,8	8,6	6,1		12	5,65
Tetrasykliini	Antibiootti	36,2				37	4,4
Trimetopriimi	Antibiootti	2,02					
17b-estradioli (E2)	Naissukuhormoni					0,28	0,4
Estrioli (E3)	Naissukuhormoni	0,91	1,1	1,5	29	7,8	1,65
Estroni (E1)	Naissukuhormoni	1,14	1,2	1,2	4,2	3,8	1,1
Progesteroni	Naissukuhormoni	1,62		0,47	52	0,68	

\*) Virtsa kerätty miesten urinaaleista Weekend-festivaalilta elokuussa 2015

\*\*) Virtsa kerätty yksityistaloudesta, jossa erotteleva kuivakäymälä.

\*\*\*) Virtsa kerätty Hiedanrannan erottelevista kuivakäymälöistä



# Takaisin mainstreamiin?

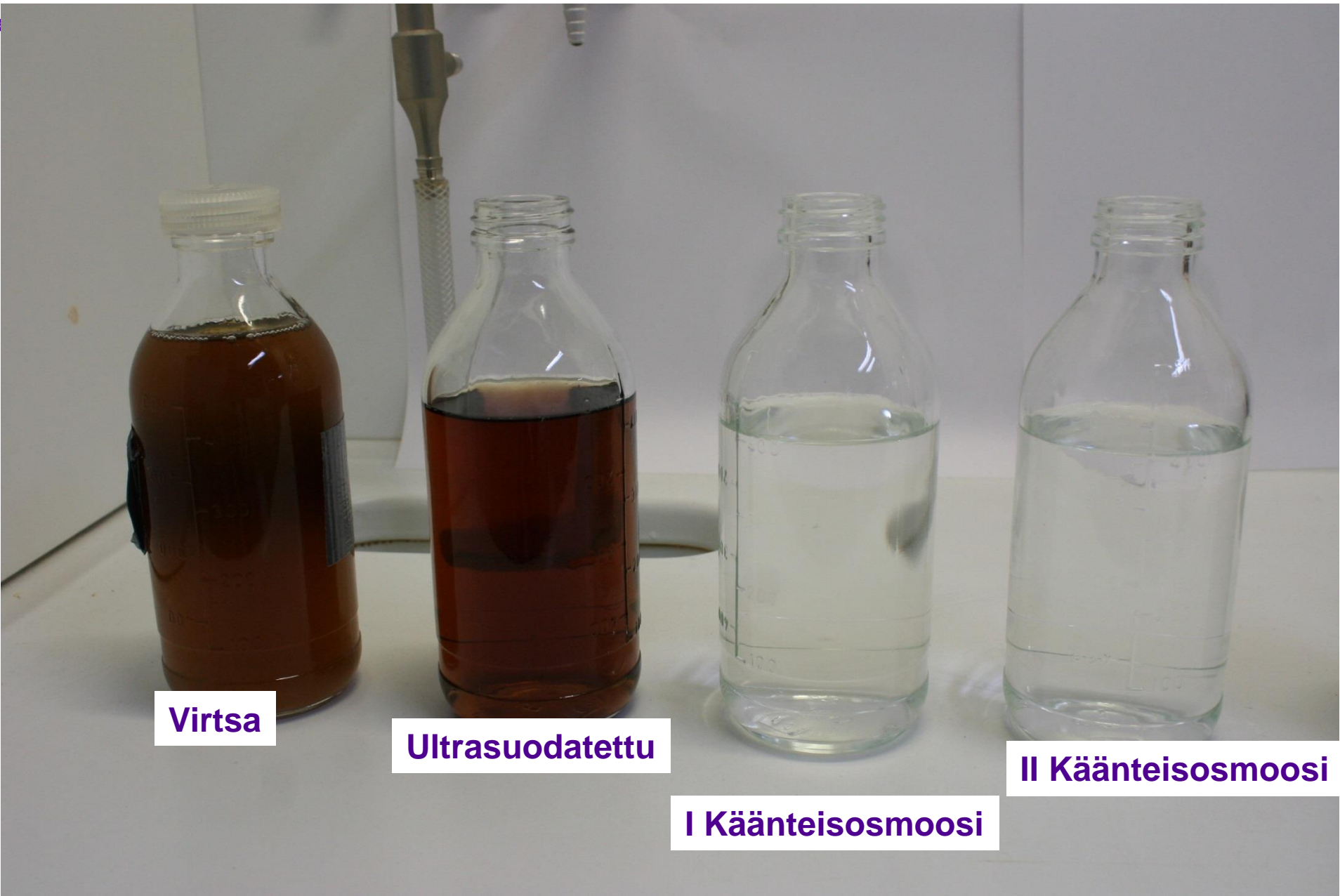
- Erilliskeräyksen, lannoiteteen ja ravinteiden talteenoton tutkimukseen on panostettu
- Pelkän erottelun ja lannoituskäytön sijaan tutkimusta suunnataan tilavuuden pienentämiseen, ravinteiden talteenottoon ja jalostukseen lannoitetuotteiksi ja maanparannusaineiksi.
- Esimerkkejä hankkeista Suomessa
  - [NPHarvest](#) – ravinteiden talteenotto nestemäisistä jakeista (rejektit, virtsa, suotonesteet), Aalto yliopisto
  - [EPIC](#) – Lääkejäämiä sisältävän jäteveden puhdistuksen tehostaminen päästölähteillä ja lääkejätteen tehokkaampi käsittely, SYKE, LUT, HY
  - MORTTI, NutriCity (Hiedanranta)
  - Kansainvälisesti monia muita...



# Ultrasuodatus ja käänteisosmoosi – BioKymppi Oy







**Virtsa**

**Ultrasuodatettu**

**I Käänteisosmoosi**

**II Käänteisosmoosi**

4,447 m<sup>3</sup> virtsaa tuotti  
735 l konsentraattia  
• H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> -kulutus  
11,33 l



**Konsentraatti**

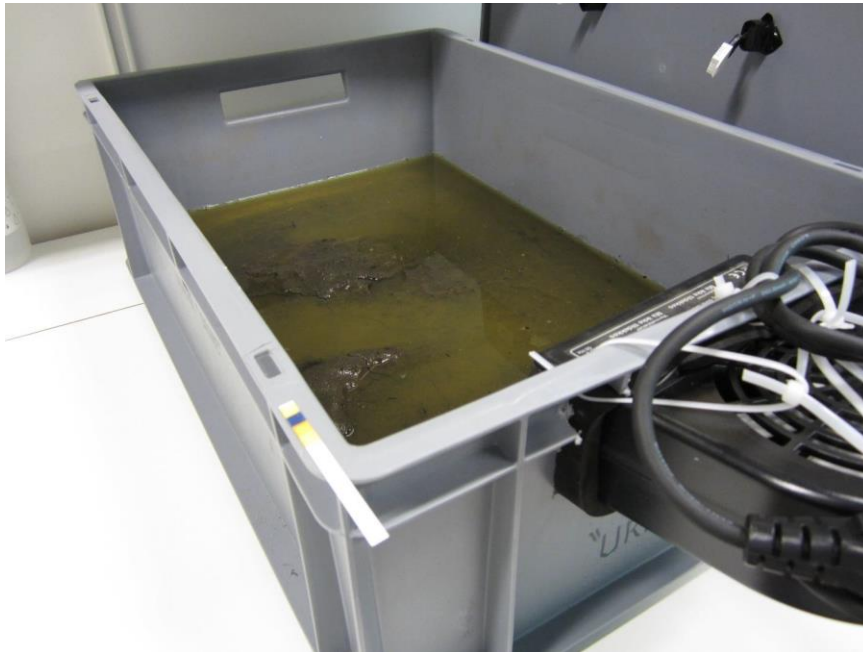


**Retentaatti**



## Virtsan erilliskeräys ja käsittely kenttäolosuhteissa

- Alkalinen dehydraatio: pH:n säätö kalkin ja/tai puutuhkan avulla + haihduttaminen
- Yhdistetään käymäläyksikköön



Simha, 2018:

[http://www.huussi.net/wp-content/uploads/2018/08/Prithvi\\_Simha\\_DT2018.pdf](http://www.huussi.net/wp-content/uploads/2018/08/Prithvi_Simha_DT2018.pdf)





Virtsanäytteiden ravinteiden, suolojen ja mikrobiologisten analyysien tulokset

- NPK –pitoisuudet korkeita
- Suolapitoisuudet korkeita
- Haitallisten metallien määrät pieniä
- Ei patogeeneja (MMa 24/11)

Määrittäminen	Yksikkö	Virtsa
Kloridi	mg/l	3 967
Sulfaatti	mg/l	1 200
Fluoridi	mg/l	61
Kokonaistyyppi	mg/l	8 600
Kokonaistyyppi, liukoinen	mg/l	8 533
Nitraatti- ja nitriittitypen summa	mg/l N	0,27
Fosfori, kokonais	mg/l	637
Fosfori liukoinen (0,45 µm)	mg/l	607
Kalium	mg/l	1 467
Kalsium	mg/l	96
Boori	µg/l	653
Magnesium	mg/l	62
Mangaani	µg/l	21
Arseeni (kokonais)	mg/l	19
Kadmium	mg/l	0,31
Koboltti	mg/l	0,46
Kromi	µg/l	8
Kupari	µg/l	25
Lyijy	mg/l	0,56
Nikkeli	mg/l	2,73
Molybdeeni	mg/l	0,05
Sinkki	µg/l	303
Natrium	mg/l	2 533
Rauta	µg/l	87
Seleeni	mg/l	0,04
E. coli	pmy/g	<10
Salmonella	/25g	Ei todettu

Näyte	Virtsa (µg/l)	Lopputuote (mg/kg ka)
<b>Fenoliset yhdisteet (31)</b>		
1,2-dihydroksibentseeni (pyrokatekoli)	1 766 667	0,20
2-naftoli	2,2	
4-Kloori-2-Metyylifenoli	15,3	
4-Nitrofenoli	1 667	
Fenoli	243	
Hydrokinoni	1 010	0,43
Resorsinoli	7,9	
<b>Kloorifenolit (18)</b>		
<b>Ftalaatit (20)</b>		
Di-isobutyyliftalaatti (DiBP)	8,3	
Dibutyyliftalaatti	127	
Dietyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	5,9	
<b>Alkyylifenolit ja etoksylaatit (12)</b>		
<b>Torjunta-aineet (120)</b>		
Triklosaani	1,3	
<b>Perfluoratut yhdisteet (PFC) (24)</b>		
<b>Lääkeaineet (126)</b>		
Bisoprololi		0,007
Hydrokortisoni	27,3	
Ibuprofeeni	118	18,5
Kofeiini	3 067	3,1
Ksylometatsoliini	6,4	0,90
Naprokseeni	7,4	0,35
Parasetamoli	121	
Setiritsiini	3,8	
Tetrasykliini	12,3	

Näyte	Virtsa (µg/l)	Tuhka-kalkkiseos (mg/kg ka)
<b>Hormonit (8)</b>		
Estradioli (17β-Estradioli)	1,33	
Estrioli	2,21	
Estroni	1,34	
Testosteroni	3,75	

Malila, R., Viskari, E.-L. & Kallio, J. 2019. Virtsan ravinteet kiertoon - MORTTI -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 49/2019. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/307654>









# iTOA – Digi Toilet Systems Oy

Kesäkuu 2019: Ruokavirastolta hyväksyntä maanparannusaineen valmistamiseen DTS-menetelmällä – Hietsun Musta Tietävästi muita vastaavia hyväksyntöjä ei ole vielä olemassa maailmassa.



## Ympäristö

Ihmisen kakkaa kukkapenkkiin tai pellolle – Ruokavirasto hyväksyi uuden maanparannusaineen: "Pitkällä aikavälillä tästä syntyy ihan uudenlaista kiertotaloutta"

Ympäristö 09.09.2019  
Paula Liesmäki

Tamperelaisyriyksen kehittämällä menetelmällä voidaan puhdistaa myös sellunvalmistuksessa syntyynyttä nollakuitua.

DIGI TOILET SYSTEMS OY



Elokuussa Tampereen Hiedanrannassa vieraili muun muassa kansanedustaja Arto Satonen seurueineen. Kuvassa vasemmalta alueen kehitysjohtaja Reijo Väliharju, Arto Satonen, eduskunta-avustajat Noora Kalli ja Kimmo Suoniemi, DTS:n projektipäällikkö Pirjo Niemelä, DTS:n yrittäjä Raini Kiukas ja yrittäjä Jarmo Palukka.



Jaa



Jaa



Lähetä



Kuuntele



Tulosta



Avaa

Ruokavirasto on hyväksynyt ensimmäisen kuivakäymälöiden kiinteästä jätteestä valmistetun maanparannusaineen.

Tamperelaisen Digi Toilet Systems Oy:n sai valmistusluvan maanparannusaineelle laitostarkastuksen jälkeen.

MT 9.9.2019



# Kiitos!

**Eeva-Liisa Viskari**

[eeva-liisa.viskari@tuni.fi](mailto:eeva-liisa.viskari@tuni.fi)

puh. +358 40 846 9452



## Lähteet

- HSY. 2018. Viikinmäki wastewater treatment plant. Available at: <https://www.hsy.fi/en/experts/water-services/wastewater-treatment-plants/viikinmaki/Pages/default.aspx>
- Cordell, D., Drangert, J.-O., White, S. 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*. 19:292–305.
- Cordell, D. 2019. The Story of Phosphorus: 7 reasons why we need to transform phosphorus use in the global food system. <http://phosphorusfutures.net/the-phosphorus-challenge/the-story-of-phosphorus-8-reasons-why-we-need-to-rethink-the-management-of-phosphorus-resources-in-the-global-food-system>
- Malila, R., Viskari, E.-L. & Kallio, J. 2019. Virtsan ravinteet kiertoon - MORTTI - hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 49/2019. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/307654>
- Simha, P. 2018: Alkaline Dehydration Technology for Urine-Diverting Toilets - From liquid waste to dry, commercial-grade fertiliser. 6th International Dry Toilet Conference 24 August 2018 [http://www.huussi.net/wp-content/uploads/2018/08/Prithvi\\_Simha\\_DT2018.pdf](http://www.huussi.net/wp-content/uploads/2018/08/Prithvi_Simha_DT2018.pdf)
- J.P. Van der Hoek, R. Duijff & O. Reinstra 2018. Nitrogen Recovery from Wastewater: Possibilities, Competition with Other Resources, and Adaptation Pathways. *Sustainability* 2018, 10(12), 4605 <https://doi.org/10.3390/su10124605>