



# Yhdyskuntien jätevesien ravinteiden talteenoton menetelmäselvitys

Nanni Aliklaavu  
Ramboll Finland Oy  
22.1.2025



# Sisältö

1. Selvityksen tausta ja tavoitteet
2. Jätevesilietteiden sisältämien ravinteiden hyödyntämisen nykytilanne
3. Ravinteiden talteenottomenetelmät
4. Teknillistaloudellinen analyysi valittujen menetelmien osalta
5. Yhteenveto

# Selvityksen tausta ja tavoitteet

- Ympäristöministeriön ravinteiden kierrätysohjelmaa (Raki) vuodesta 2012 lähtien
- Vuodesta 2020 Raki-avustuksia erityisesti yhdyskuntien jätevesien ravinteiden kierrätykseen
- Suomen kestävän kasvun ohjelmaan sisältyy Euroopan Unionin elpymis- ja palautumistukivälineen rahoitusta ravinteiden kierrätykseen liittyviin hankkeisiin vuosina 2021–2025
- Varautumisen ministerityöryhmän myöntämä tukikokonaisuus (n. 45 milj. €) yhdyskuntien jätevesien ravinne- ja energiapotentiaalin hyödyntämiseen osana maatalouden tukikokonaisuutta
- Menetelmäselvityksen tavoitteena on tutkia jätevesilietteen käsittelyn menetelmiä, joilla saadaan erotettua ja otettua talteen ravinteita ensisijaisesti lannoitevalmistekäyttöä varten
- Tarkastellaan menetelmien teknistä valmiusastetta (TRL), käyttöönotettavuutta Suomen vallitsevassa infrastruktuurissa ja ympäristöolosuhteissa, menetelmän taloudellisia toimintaedellytyksiä vallitsevassa markkinatilanteessa sekä erotetun ja talteen otetun jakeen käytettävyyttä lannoitevalmisteenä
- Selvitys on rajattu fosforin ja typen talteenottoon

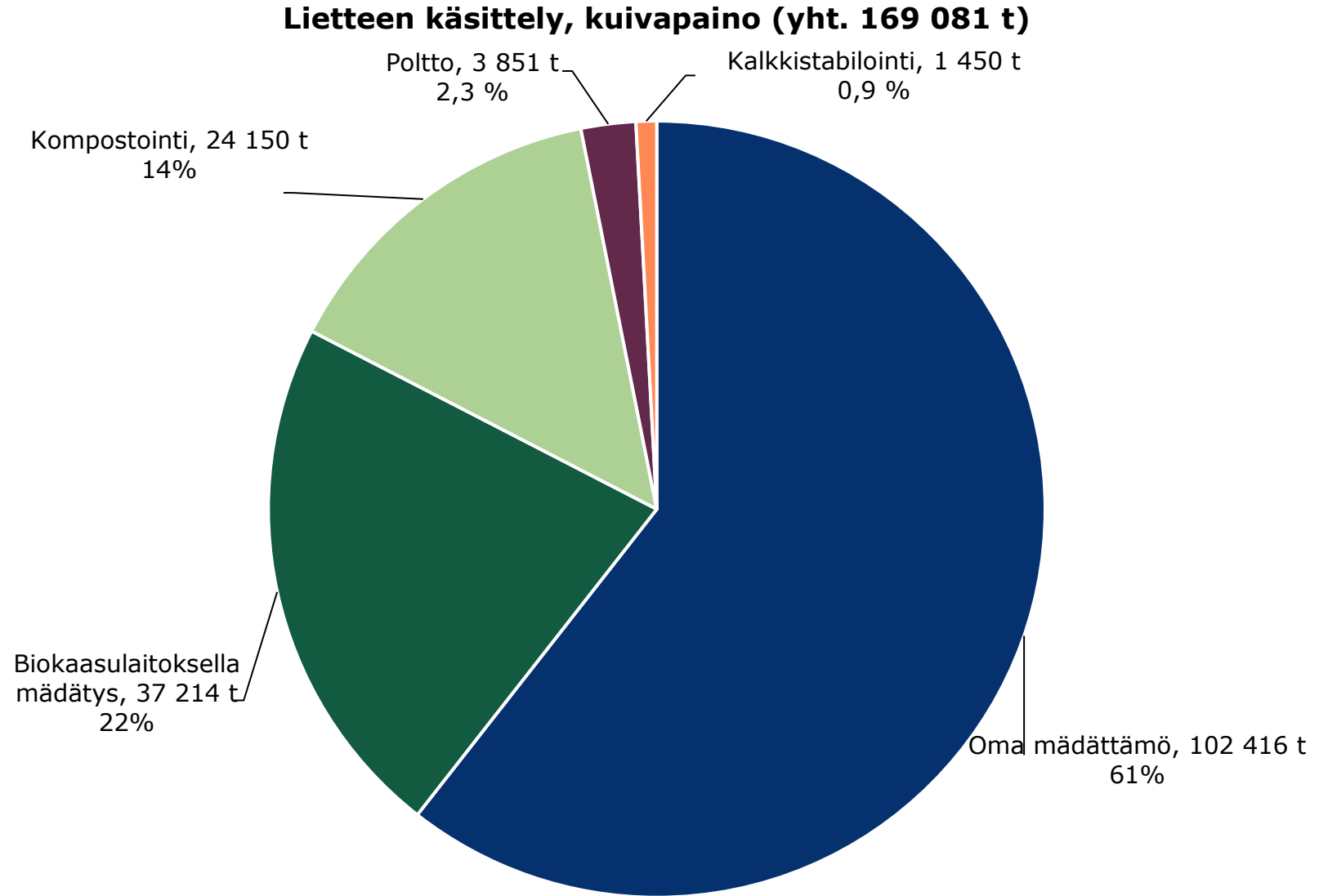


# Jätevesilietteiden sisältämien ravinteiden hyödyntämisen nykytilanne

Nykyisellään yhdyskuntien jätevesilietteet hyödynnetään sellaisenaan pääasiassa maataloudessa ja viherrakentamisessa

- Haitta-aineet yms.
- Uusi fosforiasetus (1/2023)

Tyypillisellä suomalaisella puhdistamolla 97 % fosforista ja 9 % typestä päätyy lietteeseen



# Ravinteiden talteenottomenetelmät

## Jäteveden nestejakeet

- Struviitin *tai kalsiumfosfaatin* saostus
- Strippaus
- Kalvomenetelmät
- NPHarvest
- Aqua2N
- Levä- ja mikrobituotanto

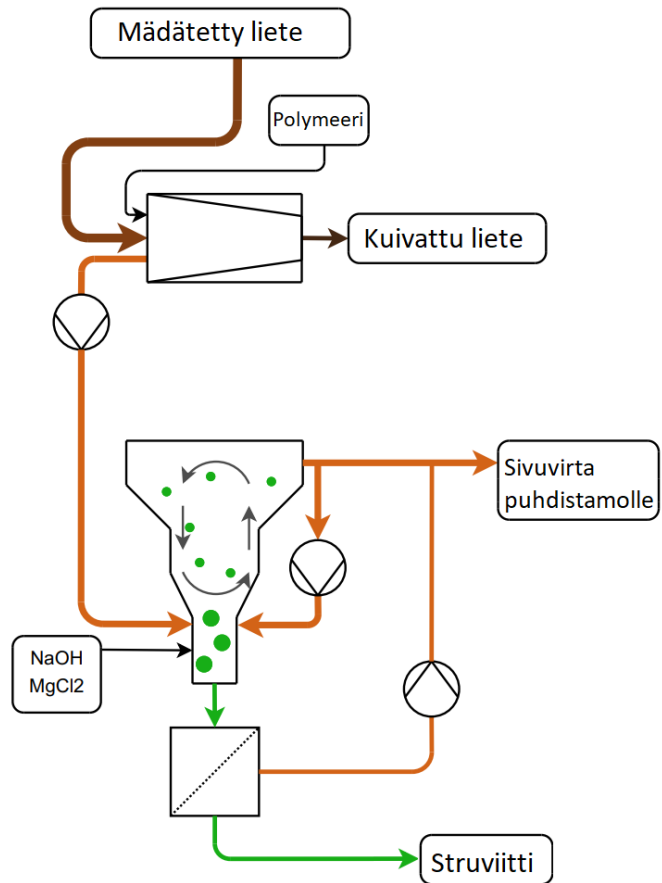
## Jätevesiliete

- RAVITA (kemiallinen liete jälkikäsitteystä)
- Fosforin talteenotto vivianiittina
- Poltto
- Kaasutus
- Torrefiointi
- Pyrolyysi
- Märkähiilto (HTC)
- Hydroterminen nesteytys (HTL)
- Märkä-kemiallinen liuotus ja struviitin/CaP:n saostus
- Ylikriittinen vesikaasutus (SCWG)
- Ylikriittinen vesihapetus (SCWO)
- Märkähapetuksen (WO) ja nanosuodatuksen yhdistelmä
- Valkofosforin talteenotto

## Jätevesilietetuhka

- Märkäkemialliset talteenottomenetelmät
- Terminen käsittely (tai metallurginen käsittely)
- Kemiallisen ja termisen käsittelyn yhdistelmä
- Ioninvaihtoprosessit

# Struviitin saostus



(muokattu, P-REX 2015)



(Balslev 2018)

TRL 9

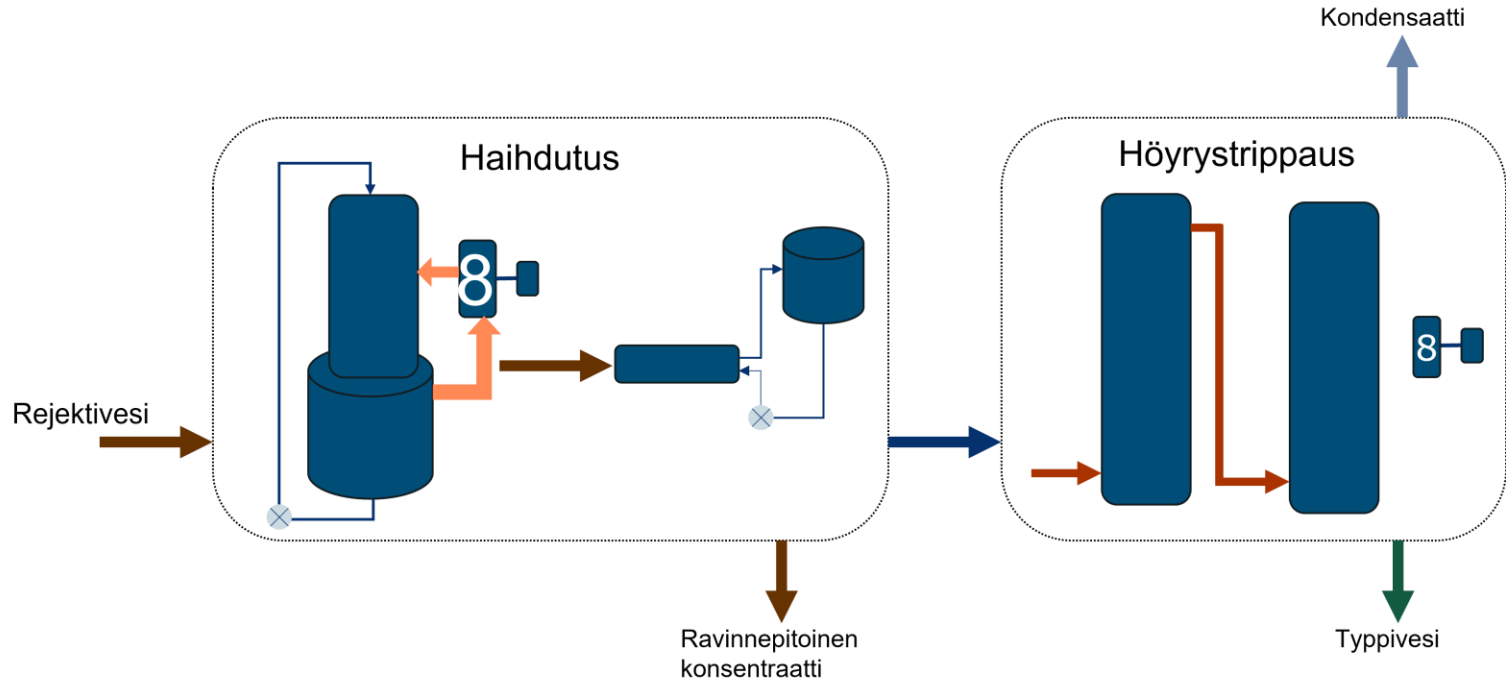
Vaatii biologisen fosforinpoiston

Syöte tyypillisesti mädätyksen rejektivesi

Lopputuotteena struviitti ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ )

Talteenottoaste syötteestä  
< 90 %  $\text{PO}_4\text{-P}$   
< 20 %  $\text{NH}_4\text{-N}$

# Strippaus



(muokattu, Kinnunen 2019)

TRL 9

Syötteenä nestejäte, jossa korkea typpipitoisuus (mädätyksen rejktivesi)

Lopputuotteena ammoniumsulfaatti, ammonium-nitraatti-liuos tai ammoniumvesi

Talteenottoaste syötteestä  $\leq 90\% \text{ NH}_4\text{-N}$



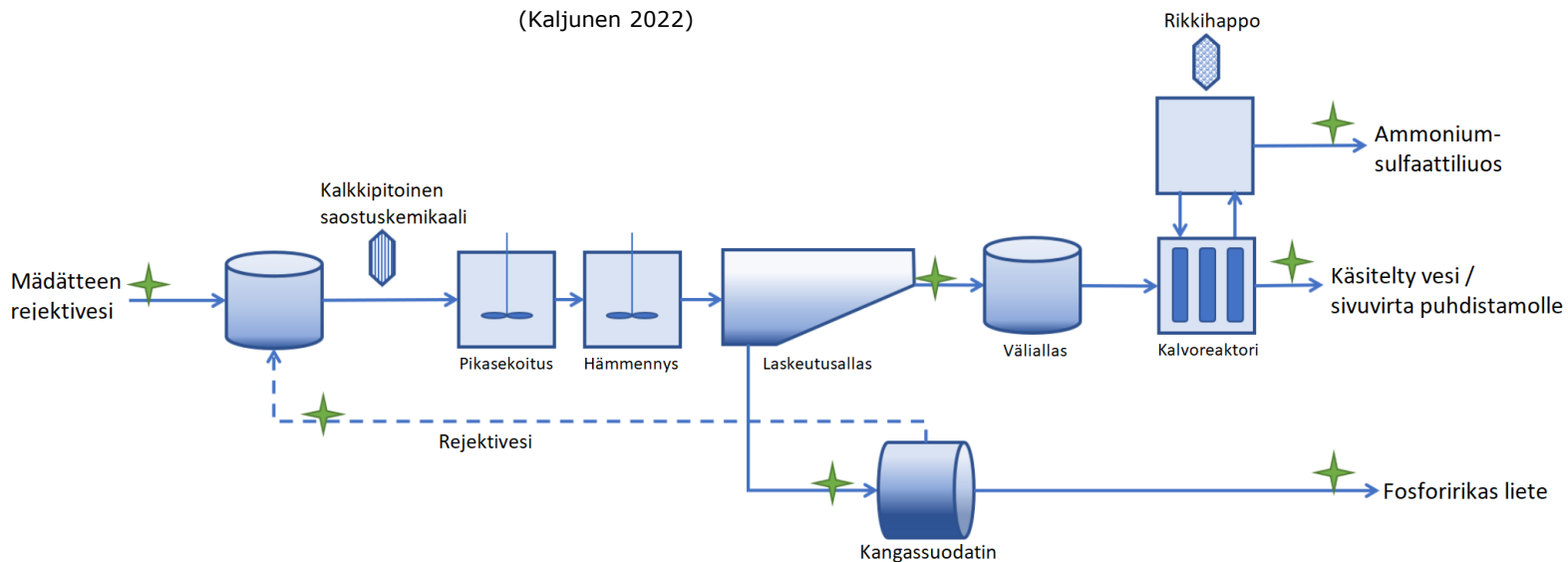
# NPHarvest



(Kaljunen 2022)



(Kaljunen 2022)



(muokattu, Kaljunen 2022)

TRL ~6-7

Syötteenä mädätyksen reiektivesi

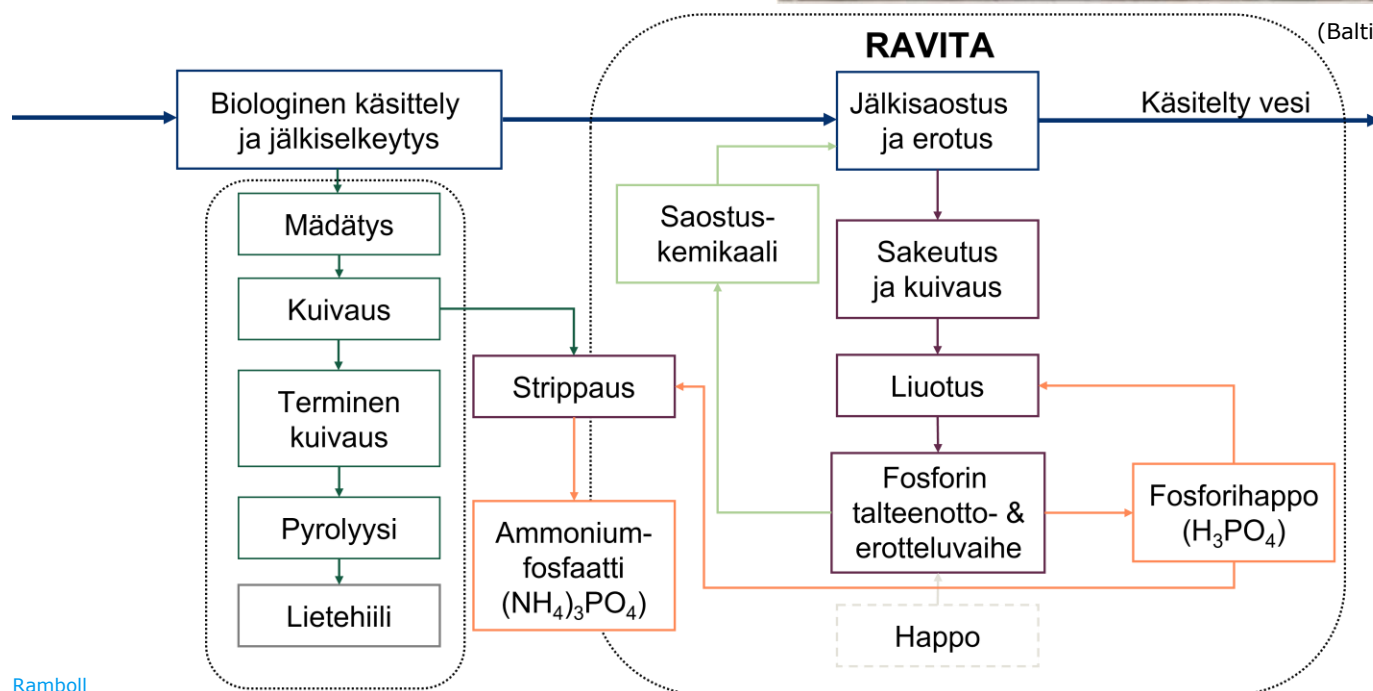
Lopputuotteena ammoniumsulfaatti tai ammoniumfosfaatti ja fosforipitoinen sakka

Talteenottoaste syötteestä  
~ 70 %  $\text{NH}_4\text{-N}$   
 $\leq 90$  % P (jos Bio-P)





(Baltic Smart Water Hub 2020)



(muokattu, Valtari 2022)

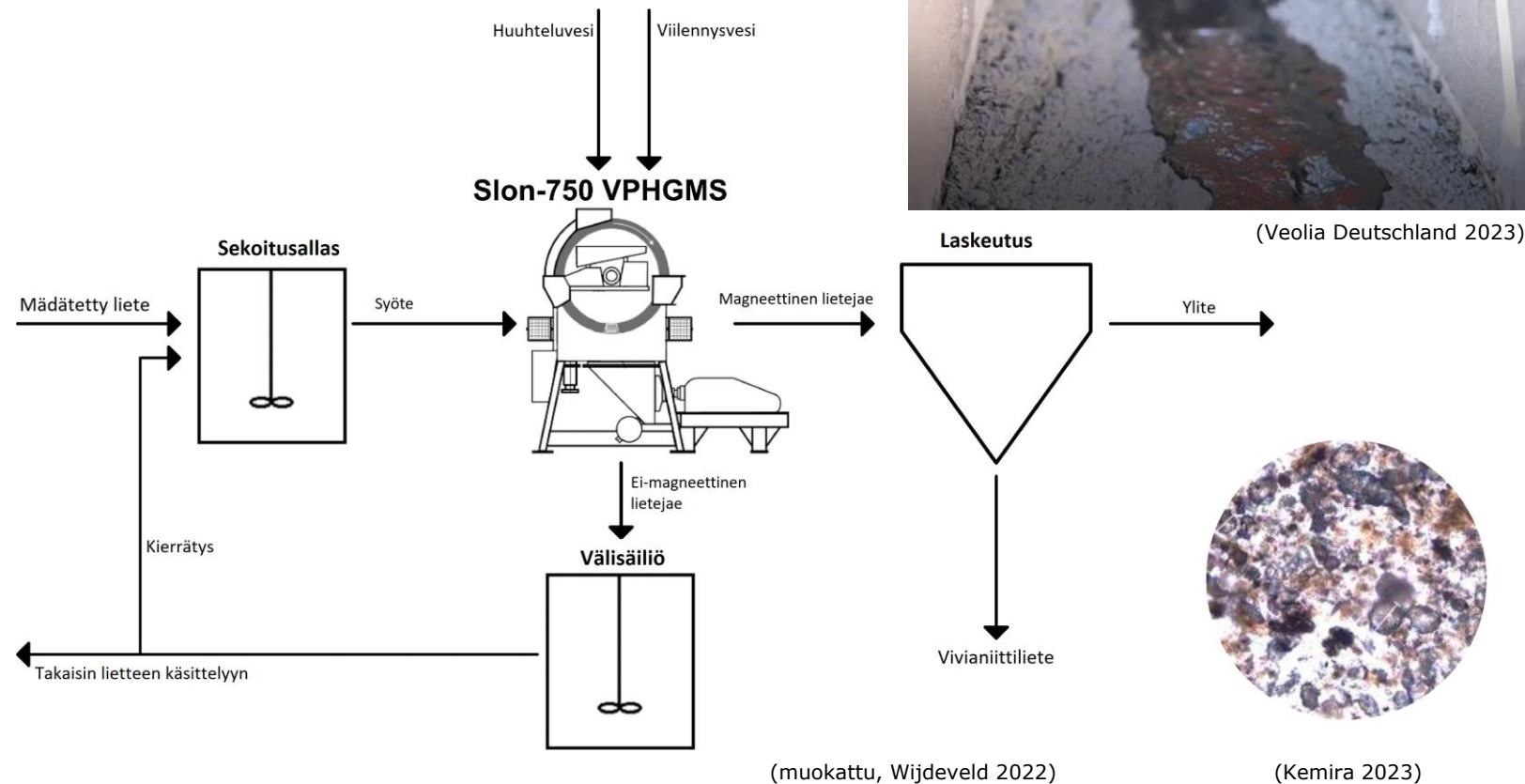
TRL ~6-7

Syötteenä kemiallisesti jälkisaostettu liete

Lopputuotteena fosforihappo ( $H_3PO_4$ ) tai ammoniumfosfaatti ( $(NH_4)_3PO_4$ ), jos yhdistetty strippausprosessin

Talteenottoaste syötteestä  $\leq 95\% P$

# Fosforin talteenotto vivianiittina (ViviMag®)



(Veolia Deutschland 2023)

TRL ~ 6-7

Syötteenä mädätetty liete  
tai mahdollisesti sakeutettu  
liete

Lopputuotteena  
vivianiittiliete

Talteenottoaste syötteestä  
vivianiittimuodossa  
olevasta fosforista jopa  
90 %

# Märkäkemialliset talteenottomenetelmät tuhkasta

TRL 8

TetraPhos®

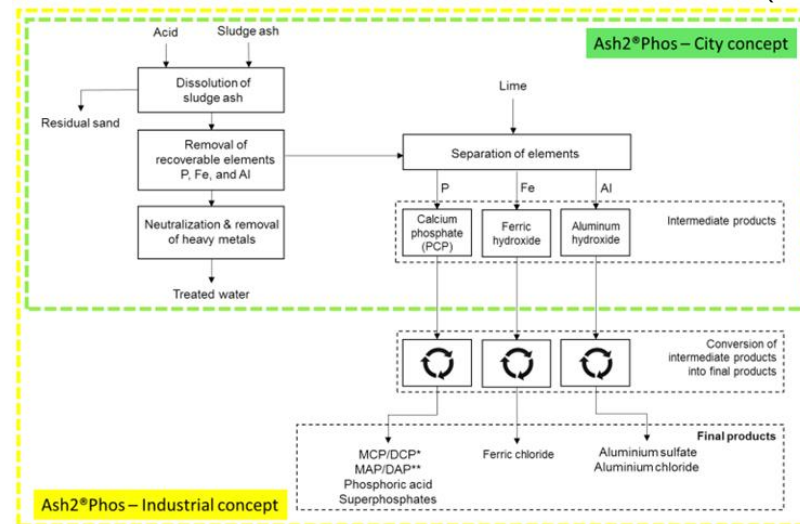
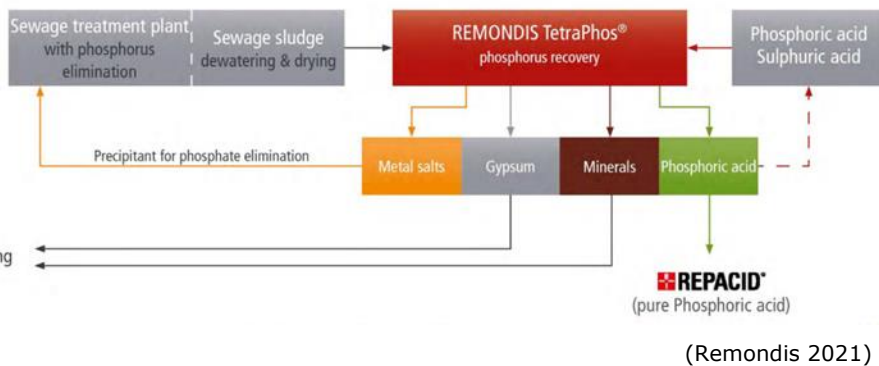


(Remondis 2018)

Ash2Phos®



(EasyMining)



Syötteenä  
jätevesilietetuhka

Lopputuotteina:

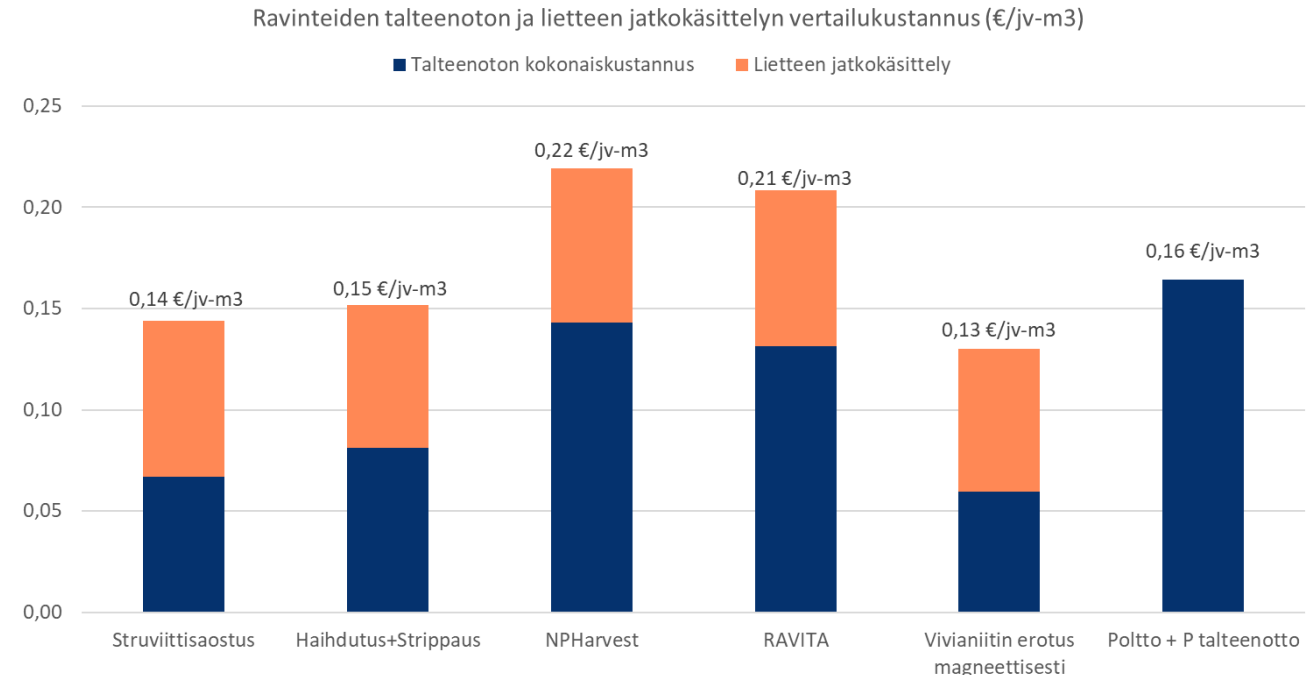
- TetraPhos®  
fosforihappo
- Ash2Phos®  
saostettu  
kalsiumfosfaatti

Tuhkan fosforista  
saadaan talteen  
jopa yli 90 %  
lopputuotteeseen



# Teknillistaloudellinen analyysi valittujen menetelmien osalta

- Kustannusten tarkka arvioiminen on erittäin haastavaa
  - Menetelmien kehityksen vaihe
  - CAPEX & OPEX
  - Yhteismitallistettu 100 000 AVL:n puhdistamolle
- Lopputuotteiden tuottoja tai niiden jatkokäsittelystä aiheutuvia kuluja ei ole huomioitu
- Lietejäännöksen loppukäsittelyn kustannukset laskettu 50 €/t lietettä
- Tarkkuustaso  $\pm 50\%$



# Yhteenveto

- Jätevesien fosforilla on potentiaalia korvata epäorgaanisia lannoitteita
- Typen talteenotolla saadaan katkaistua sisäisiä kiertoja ja laskettua puhdistamon kuormitusta
- Lietteiden mädätys on edellytyksenä monelle talteenottomenetelmälle ja sen osuuden voidaan olettaa kasvavan
- Markkinoilla ja kehitteillä on menetelmiä ravinteiden talteenottoon, jotka sopivat Suomen olosuhteisiin
- Muutokset lainsäädännössä ja markkinatilanteessa luovat toistaiseksi epävarmuutta
- Ravinnepitoiset lopputuotteet vaativat vielä jatkokäsittelyä ennen kuin käytettävissä lannoitteina
- Ravinteiden talteenotto lisää käytännössä aina käsittelykustannuksia
- Keskitetyt ratkaisut ja eri toimijoiden yhteistyö ovat kannattavampia ratkaisuja ravinteiden talteenottoon

# Esityksen lähteet

- Balsev. 2022. Gødning fra renselanlægs-fosfor er nu (tæt på at være) en positive business case. <https://www.kruger.dk/goedning-fra-renselanlaegs-fosfor-er-nu-taet-paa-vaere-en-positiv-business-case>
- Baltic Smart Water Hub. 2020. Piloting phosphorus recovery by RAVITA process. <https://www.balticwaterhub.net/innovation/ravita-process>
- Cohen Y. 2018. Ash2Phos –Clean commercial P products from sludge ash. 3rd European Nutrient Event at Ecomondo 2018. Saatavilla: [https://phosphorusplatform.eu/images/Conference/ESPP\\_Rimini\\_2018/Peesentations/COHEN\\_Yariv\\_EasyMining.pdf](https://phosphorusplatform.eu/images/Conference/ESPP_Rimini_2018/Peesentations/COHEN_Yariv_EasyMining.pdf)
- EasyMining. Ash2Phos. <https://www.easymining.se/technologies/ash2phos/>
- Kaljunen Juho Uz Kurt. 22.6.2022. PERM5 Conference presentation: NPHarvest Calcium based P recovery process as a pre-treatment for N recovery
- Kemira Oyj. 2023. Esitys: ViviMag® Phosphorus recovery, Outi Grönfors.
- Kinnunen, Viljami (Gasum). 2019. Biogas process for enhancing nutrient recovery in centralized sludge treatment. Lieteresurssi tänään ja huomenna - 28.11.2019
- P-REX. 2015. Technical Factsheet.
- REMONDIS Aqua Industrie GmbH & Co. KG. 2018. Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammasche – Das Remondis TetraPhos®-Verfahren. <https://slideplayer.org/slide/17568009/>
- REMONDIS Aqua Industrie GmbH & Co. KG (2021): TetraPhos® process applied to NL and DE sewage sludge ashes. Comparative analysis. Phos4You final conference - Phosphorus recovery from wastewater: approaches developed within Phos4You. Essen, RuhrTurm and online, 9/22/2021. [https://www.nweurope.eu/media/15011/phos4you\\_108\\_rak\\_remondis.pdf](https://www.nweurope.eu/media/15011/phos4you_108_rak_remondis.pdf).
- Valtari Maria. 2022. Raki-hankkeet webinaariesitelmä 7.10.2022: RAHI Jätevesien ravinteiden ja hiilen kokonaisvaltainen talteenotto
- Veolia Deutschland. 2023. Youtube-video: Kemira ViviMag® phosphorus recovery. [https://www.youtube.com/watch?v=CHO0mI6buzU&ab\\_channel=VeoliaDeutschland](https://www.youtube.com/watch?v=CHO0mI6buzU&ab_channel=VeoliaDeutschland)
- Wijdeveld W.K., Prot T., Sudintas G., Kuntke P., Korving L., van Loosdrecht M.C.M.. 2022. Pilot-scale magnetic recovery of vivianite from digested sewage sludge. Water Research 212. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118131>.



# Kiitos!

Nanni Aliklaavu, prosessisuunnittelija

puh. 044 5625 333

email. nanni.aliklaavu@ramboll.fi

**RAMBOLL**

Bright ideas.  
Sustainable change.