

Yhdyskuntien jätevesien ravinteiden talteenoton menetelmäselvitys

28.4.2023



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

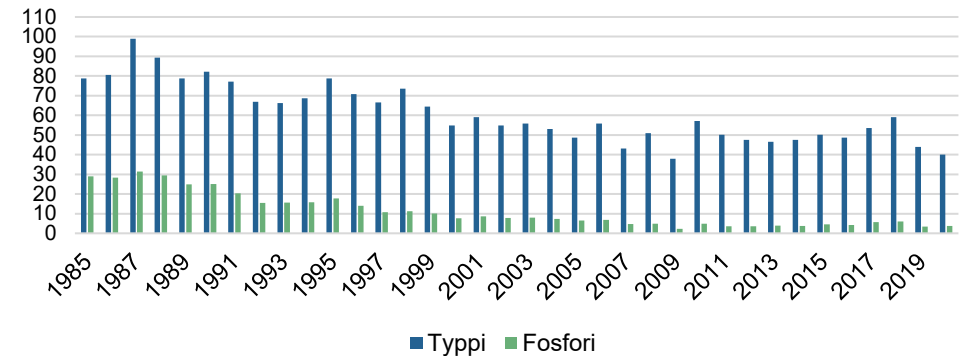
Johdanto & Tavoitteen asettelu

- 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 lannoitevalmisteena
- Selvitys on rajattu fosforin ja typen talteenottoon

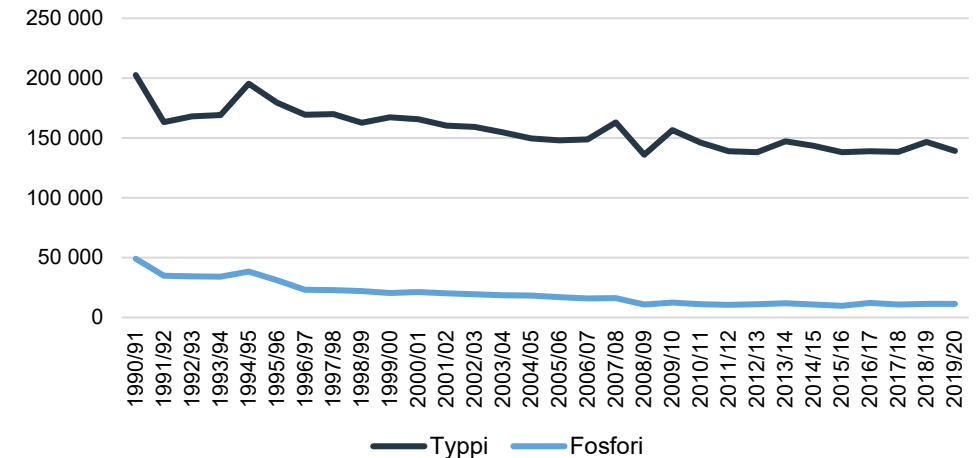
Fosforin ja typen alkuperä ja markkina Suomessa

- Fosfori louhitaan apatiittikaivoksissa, vaikutus mm. alueen biodiversiteettiin
 - Suurimmat tuottajat: Marokko, Kiina, Algeria, Yhdysvallat ja Venäjä.
Suomessa ainoa EU:n kaivos
- Ammoniumtyppi valmistetaan tyypillisesti Haber-Bosch –menetelmällä, joka on energiantensiivinen prosessi
- Fosforin kokonaiskulutus Suomessa oli noin 34 000 tonnia ja typen 235 000 tonnia vuonna 2016
- Vuonna 2019/2020 fosforiravinteita myytiin maataloille noin 11 000 tonnia, ja typpeä vastaavasti 140 000 tonnia

Kuvaaja: Fosfori- ja typpitaseet Suomessa vuosittain (kg/ha)



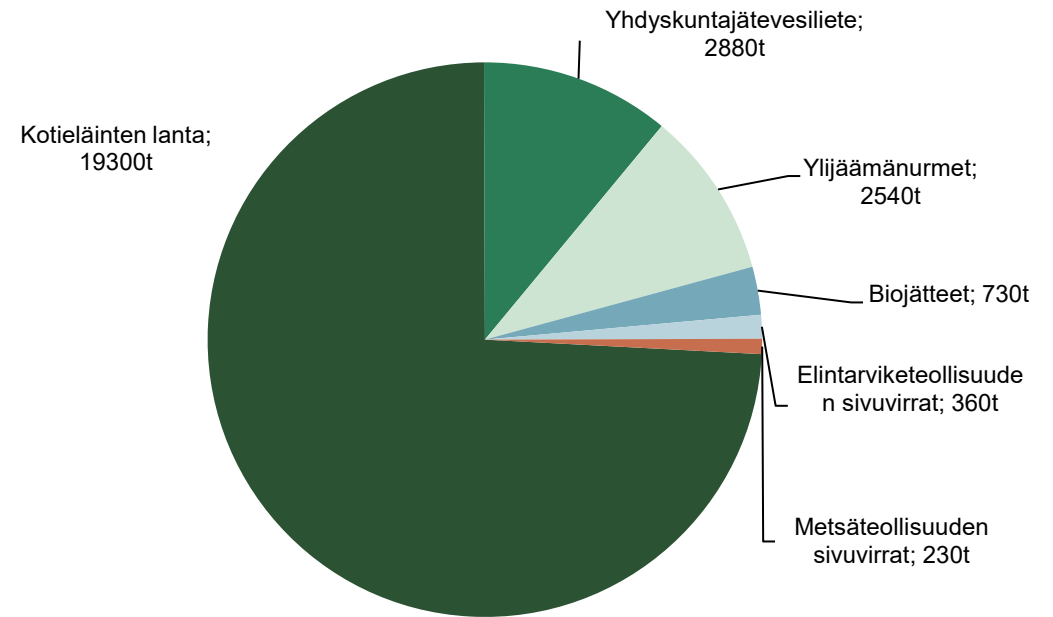
Kuvaaja: Kasviravinteiden myynti maataloille vuosittain (tonnia)



Orgaanisten kierrätysravinteiden lähteet

- Suurimmat haasteet jätevesilietteiden hyödyntämisessä ovat käyttökelpoisuus ja haitta-ainejäämät
- Ruokavirasto vastaa kansallisesta lannoitetuotannon valvonnasta ja ohjeistuksesta
 - Jätevesilietteiden osalta meneillään siirtymäaika
 - Vuoden 2023 loppuun asti voi valmistaa vanhan lainsäädännön mukaisesti
 - Vain käsiteltyä jätevesilietettä saa levittää pellolle

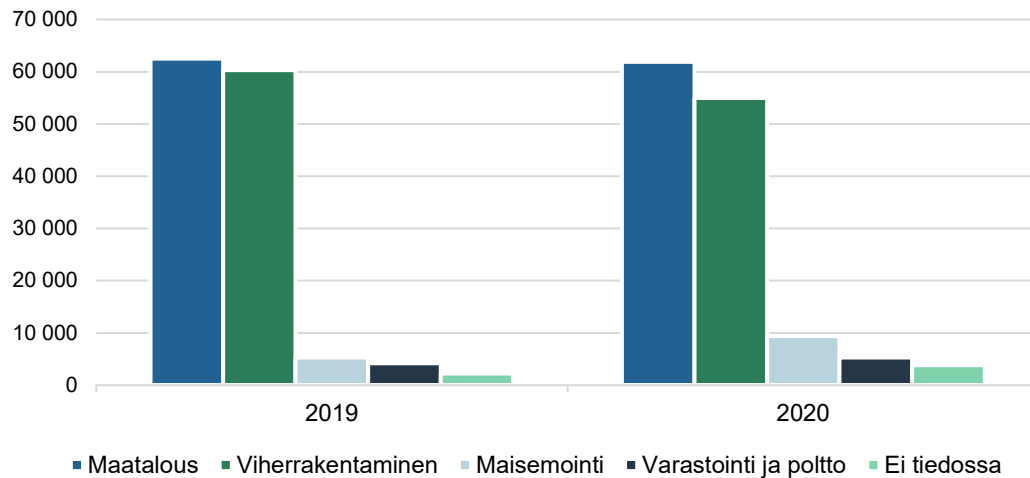
Kuvaaja: Orgaaniset kierrätysfosforin lähteet vuonna 2016 (tonnia)



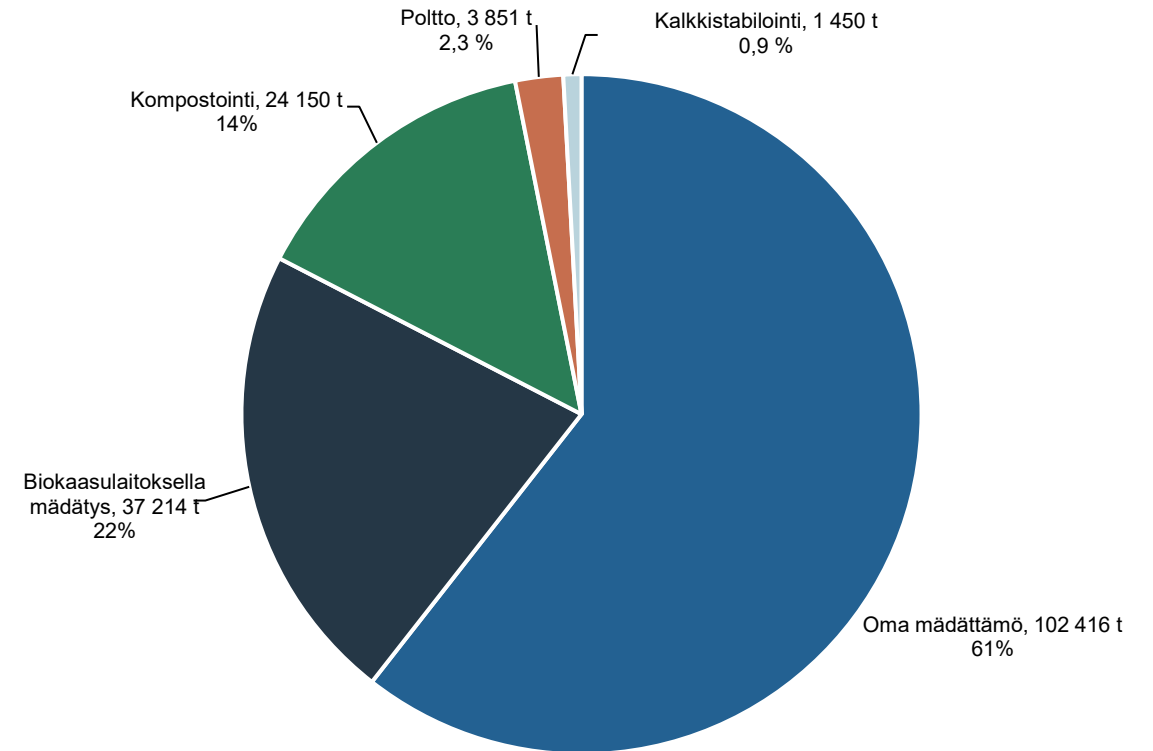
Jätevesilietteiden sisältämien ravinteiden hyödyntämisen nykytilanne 1/3

- Nykyisellään yhdyskuntien jätevesilietteet hyödynnetään sellaisenaan pääasiassa maataloudessa ja viherrakentamisessa
- Haitta-aineet yms.
- Uusi fosforiasetus (1/2023)

Kuvaaja: Eri hyötykäyttökohteisiin toimitetut lietemäärät vuosina 2019 ja 2020 (tonnia)



Kuvaaja: Lietteen käsittely, kuivapaino (yht. 169 081 t)

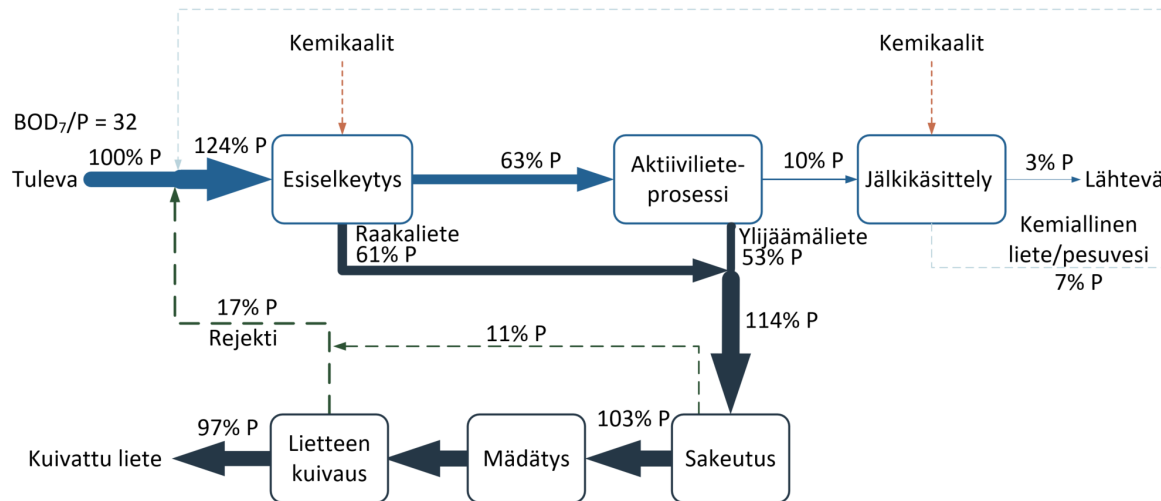


Jätevesilietteiden sisältämien ravinteiden hyödyntämisen nykytilanne 2/3

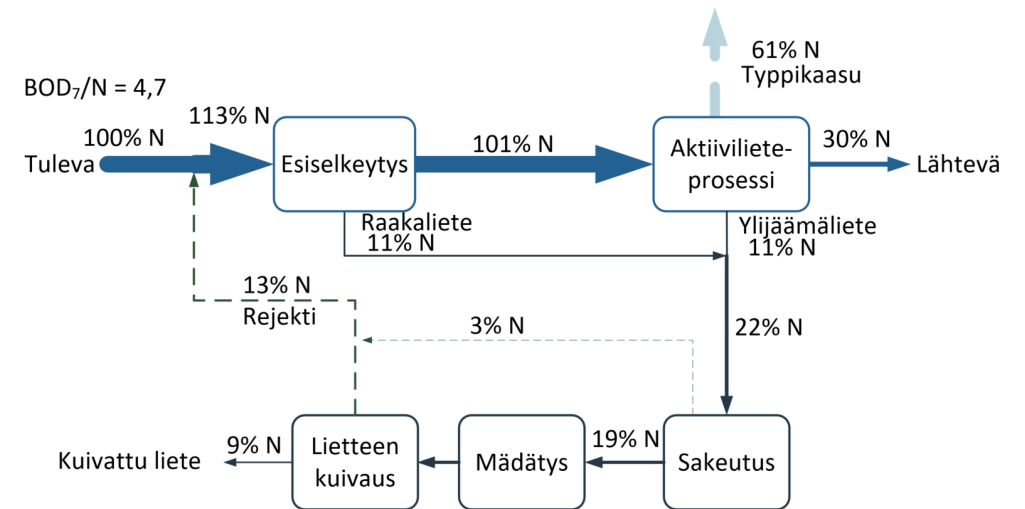
Tyypillisen suomalaisen jätevedenpuhdistamon ravinnevirrat:

- Pääprosessi, rinnakkaissaostus
 - Esiselkeytys
 - Biologinen prosessi, aktiivilieteprosessi
 - Jälkikäsittely
- Lietteen käsittely
 - Sakeutus
 - Mädätys
 - Kuivaus

- Lähes kaikki fosfori sitoutuu lietteeseen
- Suurin osa tuestä haihtuu ilmaan denitrifikaatiossa ja alle neljännes on sitoutuneena lietteeseen



Kuva: Fosforin massatase tyypillisellä jätevedenpuhdistamolla



Kuva: Typen massatase tyypillisellä jätevedenpuhdistamolla

Jätevesilietteiden sisältämien ravinteiden hyödyntämisen nykytilanne 3/3

Ravinteiden talteenoton potentiaali Suomessa
(teoreettinen maksimi edellisten massataseiden mukaan)

- Korkein fosforin talteenottoaste polton ja märkäkemiallisen tuhkan käsittelyn yhdistelmällä
- Typen talteenottoaste mädätteen rejektivedestä strippaamalla ja kalvomenetelmillä erotettuna samaa luokkaa

- Sveitsissä velvoite fosforin talteenotolle tulee voimaan vuonna 2026
- Itävallassa valmisteilla velvoite fosforin talteenotolle
- Ei velvoitteita typen talteenotolle, mutta tutkittu ja edistetty Tanskassa ja Ruotsissa

Ravinteiden talteenoton tilanne kansainvälisesti

- Saksassa velvoite fosforin talteenotolle kaikista puhdistamolietteistä vuodesta 2023, jos fosforin pitoisuus kuiva-aineesta on ≥ 2 %
 - Kiristyy vuonna 2029 koskemaan kaikkia yli 100 000 AVL:n laitoksia ja vuonna 2032 kaikkia yli 50 000 AVL:n laitoksia

Yhdyskuntien jätevesien ravinteiden potentiaalinen talteenottoprosentti saapuvasta ravinnekuormasta ja potentiaali korvamaan epäorgaanisia lannoitteita

	Tulevan jäteveden kuorma, t/v	Max. Talteenottoaste	Talteen saatava määrä, t/v	Epäorg. Lannoite, t/v	Korvauspotentiaali
Fosfori	3 830	86 %	3 275	11 500	28 %
Typpi	28 090	10 %	2 809	139 000	2 %

Jätevesilietteen hyötykäyttöön liittyvät lainsäädännön uudistukset

- Kansallinen lannoitelaki 711/2022
 - Siirrytään EU:n lannoitevalmisteasetuksen (2019/1009) kanssa yhtenevään lannoitevalmisteiden tuoteluokitukseen
 - Yhdyskuntajäteveden käsittelylaitosten jätevesien ja jätevesilietteiden käyttö on sallittu ainesosaluokissa (CMC) 12 saostetut fosfaattisuolat ja – johdannaiset, ainesosaluokassa (CMC) 13 termisessä hapetuksessa muodostuvat materiaalit tai niiden johdannaiset ja (CMC) 15 Hyödynnetyt erittäin puhtaat aineet
- Kansallisen maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista odotetaan valmistuvan kevään 2023 aikana
- Valtioneuvoston asetus fosforia sisältävien lannoitevalmisteiden ja lannan käytöstä 64/2023
 - Määrittelee ylärajat fosforin käytölle hehtaariohtaisesti → voi hankaloittaa tai estää jätevesilietteestä valmistettujen lannoitevalmisteiden käytön viherrakentamisessa
 - Puhdistamolietteen sisältämästä kokonaisfosforista huomioidaan 60 % ja tuhkan ja biohiilen kokonaisfosforista 40 %
- Yhdyskuntajätevesidirektiiviluonnos julkaistu v. 2023
- Puhdistamolietedirektiivi evaluointivaiheessa

Suomen infrastruktuurin ja ympäristöolosuhteiden vaikutukset

Etäisyydet ja logistiikka:

- Ravinteiden jakautuminen maantieteellisesti
 - Peltoalueet, lannan käyttö ym.
- Etäisyydet
 - Lietteen, tuhkan tai lopputuotteiden kuljettaminen
- Keskitetyt ratkaisut
 - JÄRKKI-hanke, HAMK



Ympäristöolosuhteet:

- Lyhyt kasvukausi
- Lannoituksen ajankohdat
- Lietteiden maanparannusvaikutus



Talteenottomenetelmät

Jäteveden nestejakeet

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

Jätevesiliete

- RAVITA (kemiallinen liete jälkikäsittelystä)
- Fosforin talteenotto vivianiittina
- Poltto
- Kaasutus
- Torrefiointi
- Pyrolyysi
- Märkähiilto (Hydrothermal carbonization, HTC)
- Hydroterminen nesteytys (Hydrothermal Liquefaction, HTL)
- Märkä-kemiallinen liuotus ja struviitin/CaP:n saostus
- Ylikriittinen vesikaasutus (Supercritical Water Gasification, SCWG)
- Ylikriittinen vesihapetus (Supercritical Water Oxidation, SCWO)
- Märkähapetuksen (Wet Oxidation, WO) ja nanosuodatuksen yhdistelmä
- Valkofosforin talteenotto

Jätevesilietetuhka

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

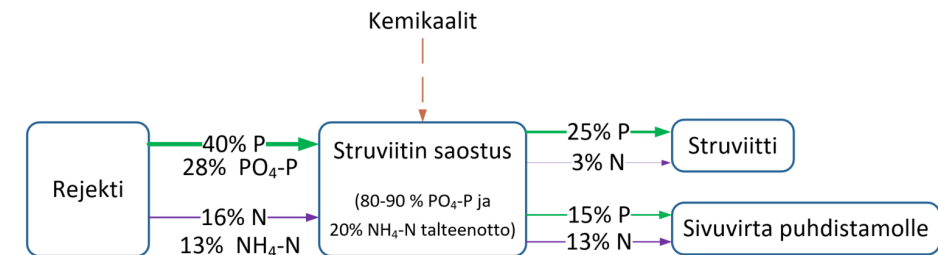
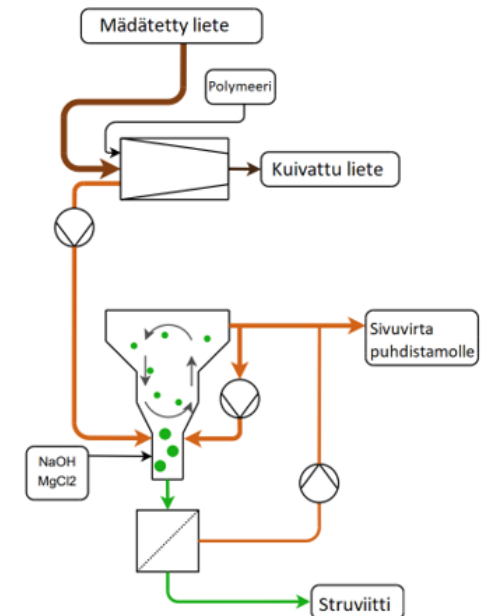
Talteenottomenetelmät: Struviitin saostus

- TRL 9
 - Maailmalla useita täydenmittakaavan laitoksia
 - Kaupallisia menetelmiä esim. Pearl, DHV, PRISA, Struvia, RePhos, PhosPac, eco:P, PhosphoGREEN
 - Suomessa Huittisten puhdistamolla pilotointeja
- Lopputuoteena struviitti (MgNH_4PO_4)
 - Voidaan käyttää hidasliukoisena fosforilannoitteena tai raaka-aineena lannoitevalmistuksessa
 - (CMC) 12 saostetut fosfaattisuolat ja -johdannaiset
- Syöte pääasiassa mädätyksen rejektivesi
- Vaatii biologisen fosforinpoiston
- Talteenottoaste syötteestä < 90 % $\text{PO}_4\text{-P}$ ja < 20 % $\text{NH}_4\text{-N}$
- Lopputuotteen turvallisuus
 - Raskasmetallien pitoisuudet alhaisia, jopa alhaisempia kuin kaupallisten lannoitteiden
 - Orgaanisten haitta-aineiden pitoisuudet hyvin alhaisia tai aineita ei havaittu
 - Mikromuovien määrästä lopputuotteessa ei tietoa



Kuva: Lopputuote struviitti

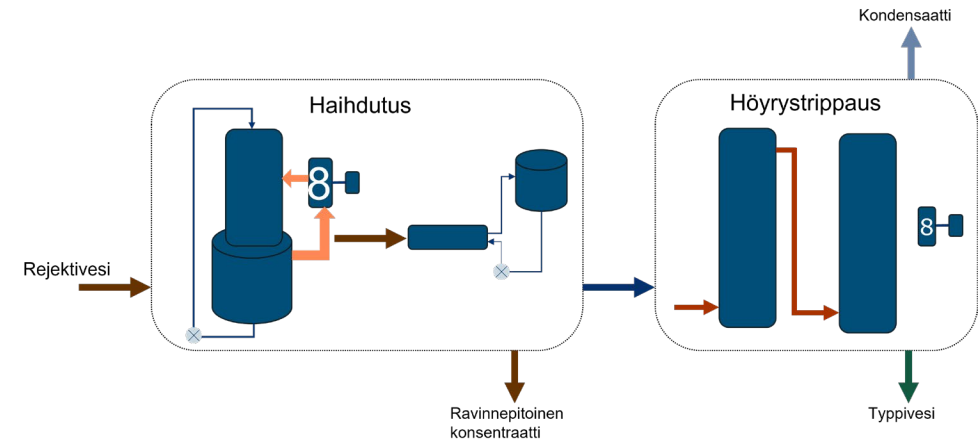
Kuva: Struviitin saostuksen periaate Pearl-menetelmällä



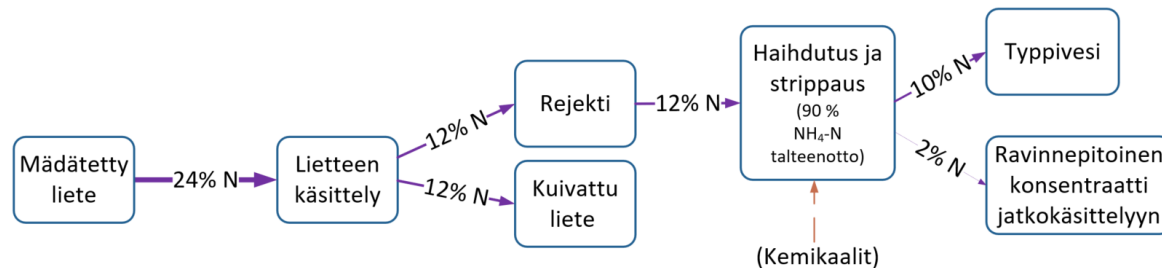
Kuva: Fosforin ja typen massatase struviitin saostuksessa

Talteenottomenetelmät: Strippaus

- TRL 9
 - Suomessa Gasumilla Turussa ja Envorilla Forssassa
- Syötteenä nestejäte, jossa korkea typpipitoisuus (mädätyksen rejektivesi)
- Lopputuote ammoniumsulfaatti, ammonium-nitraatti-liuos tai ammoniumvesi
 - Voidaan käyttää lannoitteena, lannoitevalmistuksessa tai muualla teollisuudessa
- Talteenottoaste syötteen ammoniumtypestä jopa 90 %
- Lopputuotteen turvallisuus
 - KiertoTyppi-hankkeessa havaittu PAH-yhdisteitä, mutta ei orgaanisia haitta-aineita tai lääkeaineita



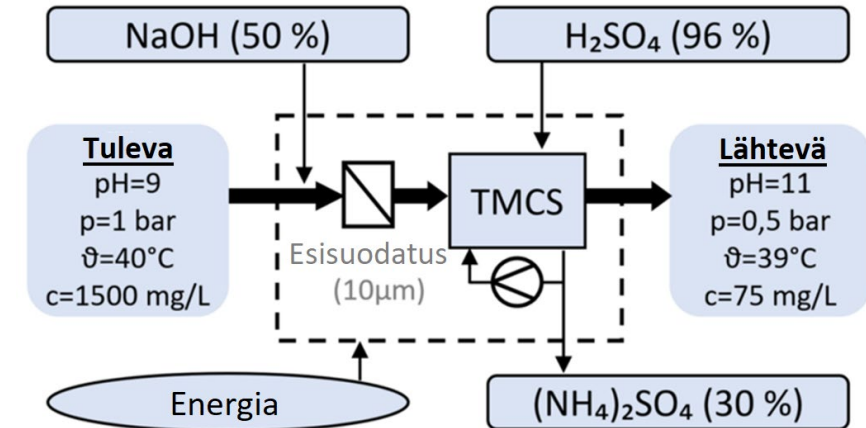
Yläpuolella oleva kuva: Haihdutuksen ja strippauksen toimintaperiaate.



Kuva: Typen massatase haihdutus- ja strippausmenetelmällä.

Talteenottomenetelmät: Kalvomenetelmät

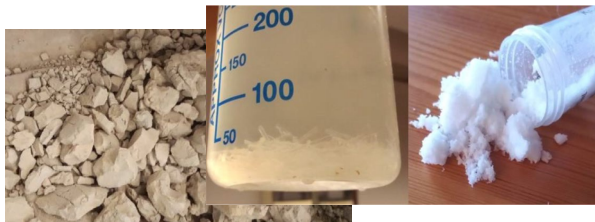
- Kalvomenetelmiä on useita erilaisia
 - hydrofobiset kalvot
 - NPHarvest
 - elektrodialyysi
 - suoraosmoosi (FO)
 - käänteisosmoosi (RO)
 - nanosuodatus (NF)
- Syötteenä nestejäte, kuten mädätyksen rejektivesi
- Mahdollista saavuttaa jopa yli 80 % talteenottoaste syötteen ammoniumtypestä
- Lopputuotteena tyypillisesti ammoniumsulfaatti



Kuva: TMCS-kalvojen toimintaperiaate.

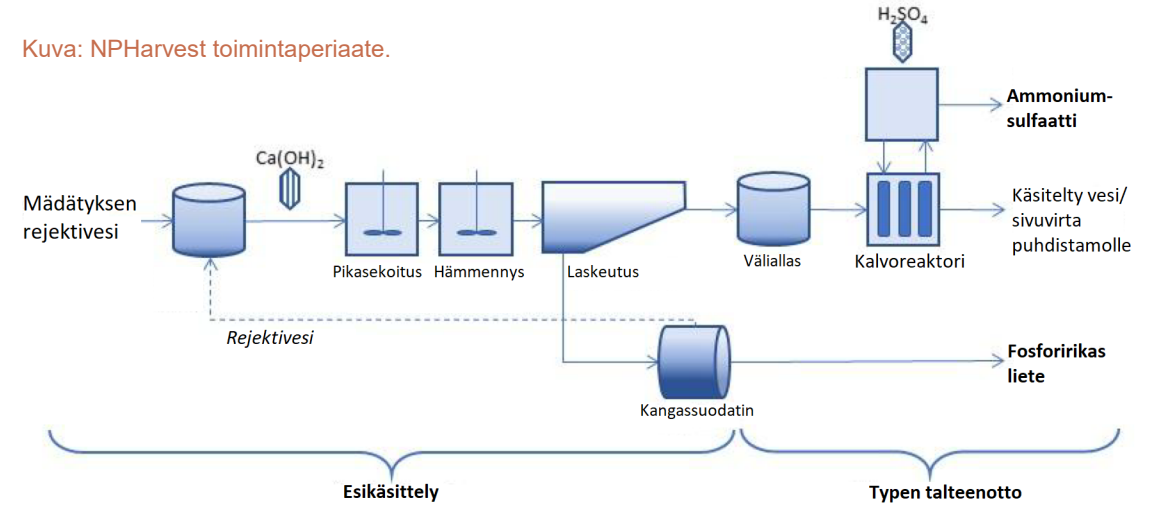
Talteenottomenetelmät: NPHarvest

- TRL ~6-7
- Pilotointeja Viikinmäellä, Ämmäsuolla ja Helsingissä (Recolab)
- Ammoniumtyppi muutetaan ammoniakiksi nostamalla pH:ta kalsiumhydroksidin avulla. Ammoniakki erotetaan hydrofobisen kalvon avulla ja saostetaan rikkihapon avulla ammoniumsulfaatiksi. Fosfori saostetaan kalsiumsuolan avulla.
- Syötteenä mädätyksen rejektivesi
- Lopputuote: ammoniumsulfaatti tai ammoniumfosfaatti ja fosforipitoinen sakka
 - soveltuu lannoiteteollisuuden tai muiden teollisuuden alojen raaka-aineiksi
- Talteenottoaste syötteestä ~70 % $\text{NH}_4\text{-N}$ ja 90 % P (jos Bio-P)
- Lopputuotteen turvallisuus
 - Raskasmetalleista, orgaanisista haitta-aineista ja mikromuoveista ei toistaiseksi tuloksia

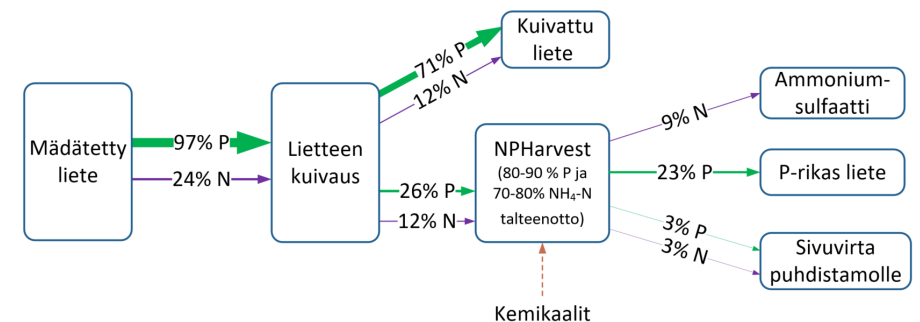


Kuva: NPHarvestin lopputuotteet, vasemmalla fosforipitoinen lopputuote ja oikealla nestemäinen sekä kiinteä ammoniumsulfaatti.

Kuva: NPHarvest toimintaperiaate.



Kuva: Fosforin ja typen massatase NPHarvest menetelmällä.

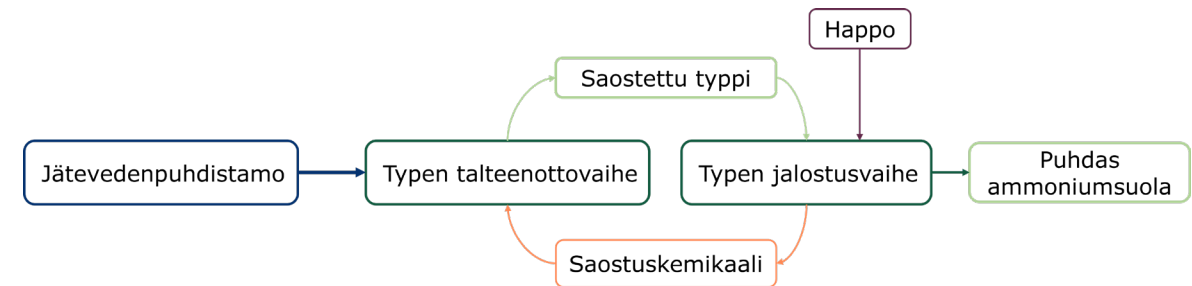


Talteenottomenetelmät: Aqua2N

- TRL ~ 7
 - Pilotointeja tehty Tanskassa Kööpenhaminan Lynetten jätevedenpuhdistamolla
- Syötteenä mädätyksen rejektivesi
- Lopputuotteena ammoniumsuola
 - Voidaan käyttää suoraan lannoitteena tai lannoitetuotannossa
- Saostuskemikaali voidaan kierrättää takaisin puhdistamolle
- Syötteen ammoniumtypestä saadaan yli 95 % $\text{NH}_4\text{-N}$ talteen
- Lopputuotteen turvallisuus
 - Ei tarkempia tietoja saatavilla



Kuva: Aqua2N-menetelmän toimintaperiaate



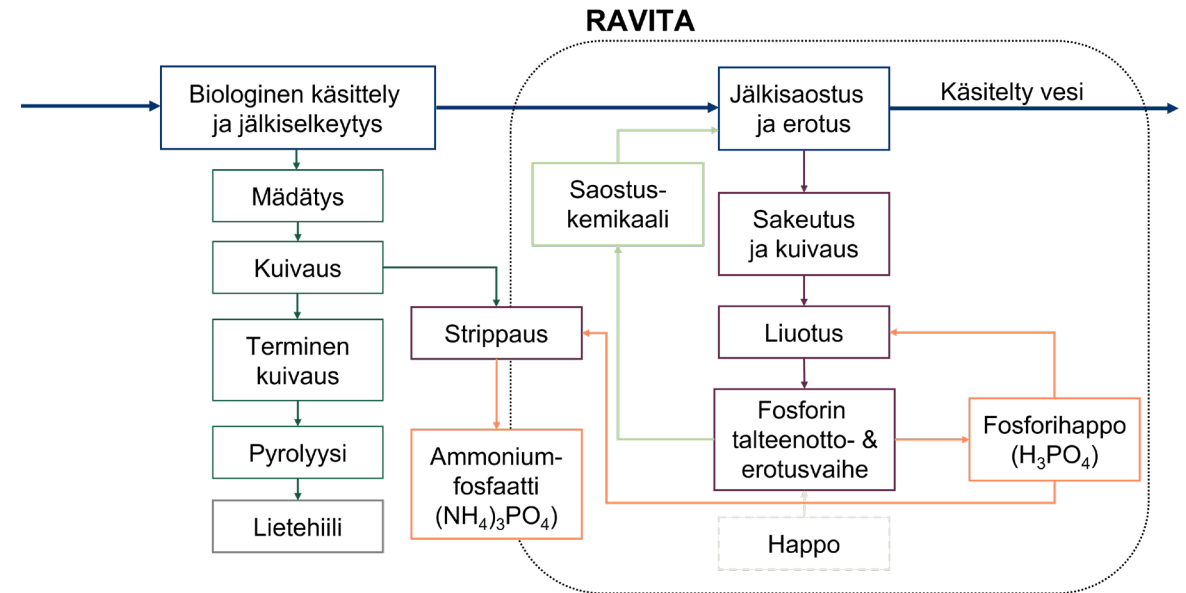
Kuva: Aqua2N lopputuote

Talteenottomenetelmät: RAVITA

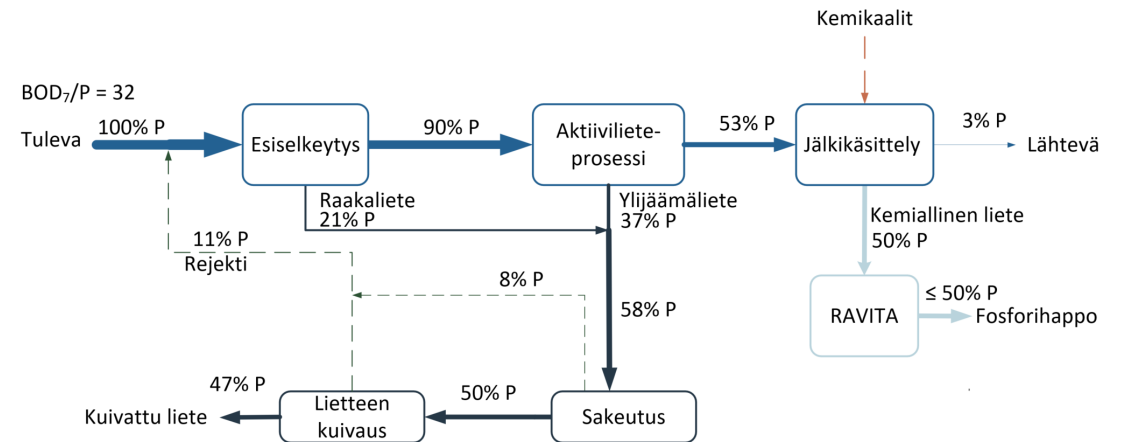
- TRL 6-7
 - Viikinmäen demolaitos (1 000 AVL)
 - Kemiallisen lietteen testaaminen Jyväskylän Nenäinniemessä
 - Liuotus- ja uuttoprosessin skaalausta Porvoon Veden kanssa
 - 30 000 AVL fosforinpoiston esisuunnittelu
 - Lietehiilen hyödyntäminen HAMK kanssa (pyrolyysi)
- Lopputuotteet
 - Fosforihappo (H_3PO_4) → lannoiteteollisuuden raaka-aine tai muut teollisuuden käyttökohteet
 - Ammoniumfosfaatti ($(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$), jos yhdistetty strippausprosessiin
 - Fosforin saostuskemikaali voidaan kierrättää prosessissa
- Talteenottoaste syötteestä jopa 95 % P
- Lopputuotteiden turvallisuus
 - Fosforihapossa alhaiset raskasmetalli- ja haitta-ainepitoisuudet, mikromuoveista ei ole tutkimustietoa



Kuva: RAVITA-menetelmän väli- ja lopputuotteet



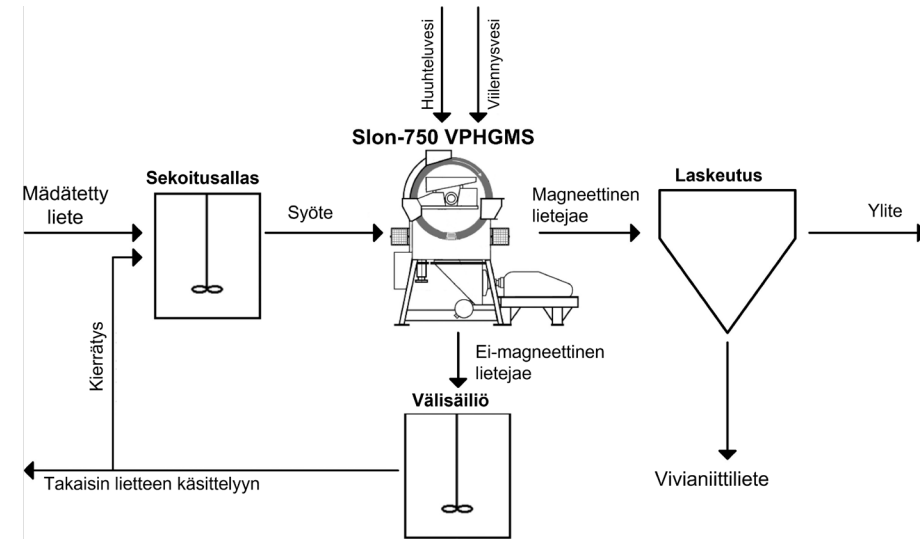
Yläpuolella oleva kuva: RAVITA-menetelmän toimintaperiaate.



Kuva: Fosforin massatase jätevedenpuhdistamolla, jolla on RAVITA

Talteenottomenetelmät: Fosforin talteenotto vivianiittina (ViviMag)

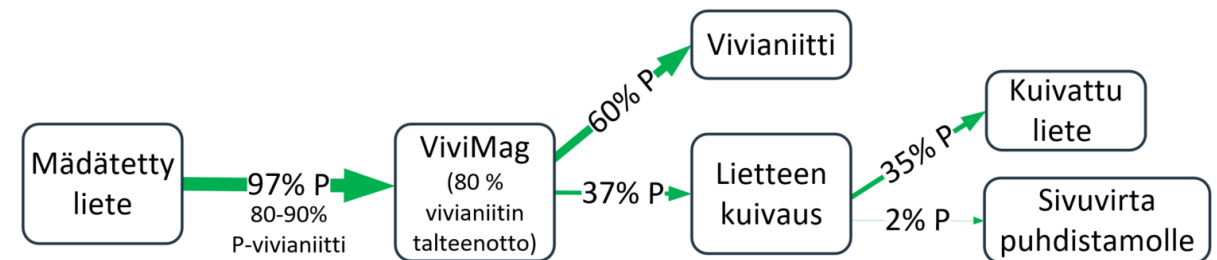
- TRL ~ 6-7
 - Pilot-testi vuonna 2019 (WWTP Nieuwveer, NL)
 - Pilot-laitoskontti heinäkuussa 2022 (WWTP Schönebeck, DE)
 - Kapasiteetti 1 m³/h lietettä (>10 000 AVL)
- Lopputuote
 - Vivianiittiliete, jota voidaan käyttää lannoitetuotannossa
 - Lopputuotteen puhtautta voitaisiin parantaa esim. pesemällä
 - Erottamalla rauta ja fosfori, voitaisiin rauta kierrättää takaisin saostukseen
- Talteenottoaste syötteen vivianiittimuodossa olevasta fosforista jopa 90 %
- Lopputuotteiden turvallisuus
 - Raskasmetallit analysoitu pilot-testin lopputuotteesta
 - Orgaanisia haitta-aineita tai mikromuoveja ei ole tutkittu



Yläpuolella oleva kuva: ViviMag toimintaperiaate



Kuva: Vivianiittiliete



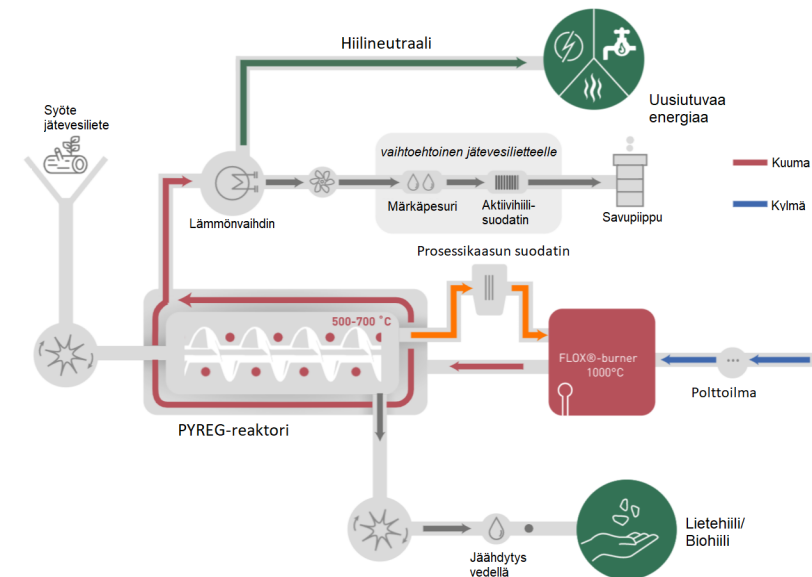
Kuva: Fosforin massatase ViviMag menetelmällä

Talteenottomenetelmät: Pyrolyysi

- TRL 8
- Syötteenä termisesti kuivattu liete
- Lopputuotteena hygieeninen lietehiili, jota voidaan käyttää maanparannusaineena
 - Fosforin liukoisuuteen vaikuttaa saostustapa
- Fosforipitoisuus lopputuotteessa 3-6 %
- Lopputuotteen turvallisuus
 - Orgaaniset haitta-aineiden ja lääkeaineiden pitoisuudet ovat vähäisiä
 - Valtaosa muoveista hajoaa
 - Raskasmetallit rikastuvat lopputuotteeseen, eivät kuitenkaan ylitä lannoitevalmisteen raja-arvoja



Kuva: Lopputuote lietehiili

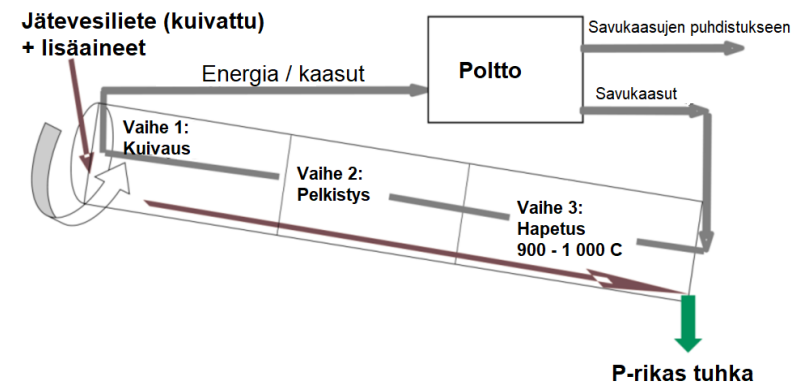
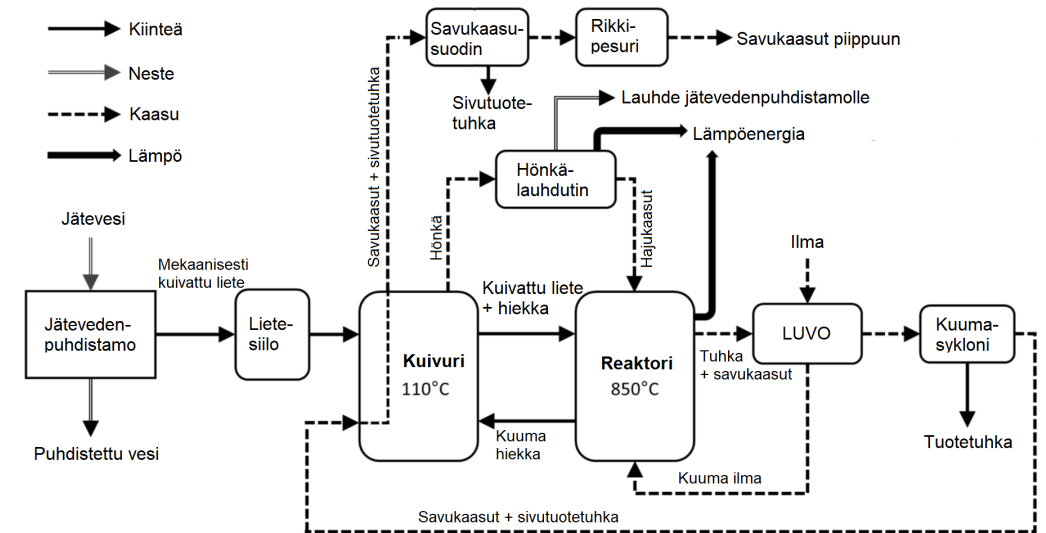


Kuva: Esimerkki lietteen pyrolyysiprosessista

Talteenottomenetelmät: Poltto, Endev & EuPhoRe

- TRL 8-9
 - Laitos Rovaniemellä (Endev)
 - Energiaomavarainen
- Syötteenä mekaanisesti kuivattu tai mädätetty liete
- Lopputuotteena fosforipitoinen tuhka
- Syötteestä ~ 100 % fosforista päätyy tuhkaan
- Lopputuotteen turvallisuus
 - Orgaaniset epäpuhtaudet palavat
 - Raskasmetallien pitoisuus alle EU:n säättämien lannoiterajojen

Vieressä oleva kuva:
Endev-teknologian
toimintaperiaate



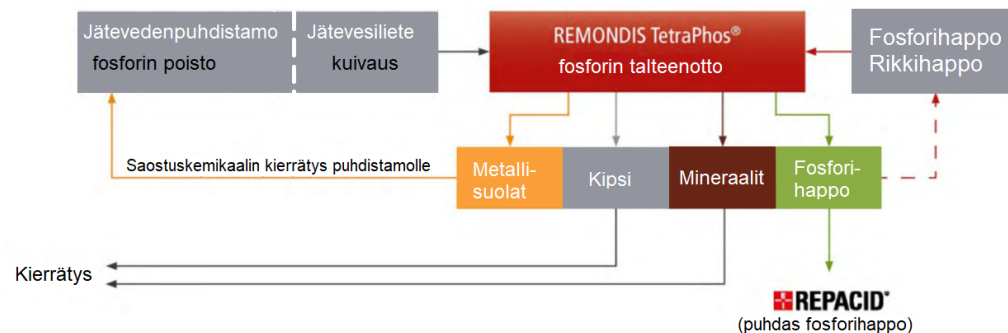
Vieressä oleva kuva:
EuPhoRe-
teknologian toimintaperiaate

Talteenottomenetelmät: Märkäkemialliset talteenottomenetelmät tuhkasta, TetraPhos

- TRL 8
 - Täydenmittakaavan laitos suunnitteilla Saksaan
- Lopputuotteena fosforihappo
 - Voidaan käyttää lannoitetuotannossa
- Saostuskemikaali voidaan kierrättää takaisin puhdistamolle
- Muina lopputuotteina kipsiä ja mineraaleja
- Tuhkan fosforista saadaan talteen jopa yli 90 % lopputuotteeseen
- Lopputuotteen turvallisuus
 - Orgaaniset haitta-aineet ja mikromuovit palavat poltossa
 - Raskasmetallit erotetaan prosessissa



Vieressä oleva kuva:
Lopputuote fosforihappo



Kuva: TetraPhos-menetelmän toimintaperiaate

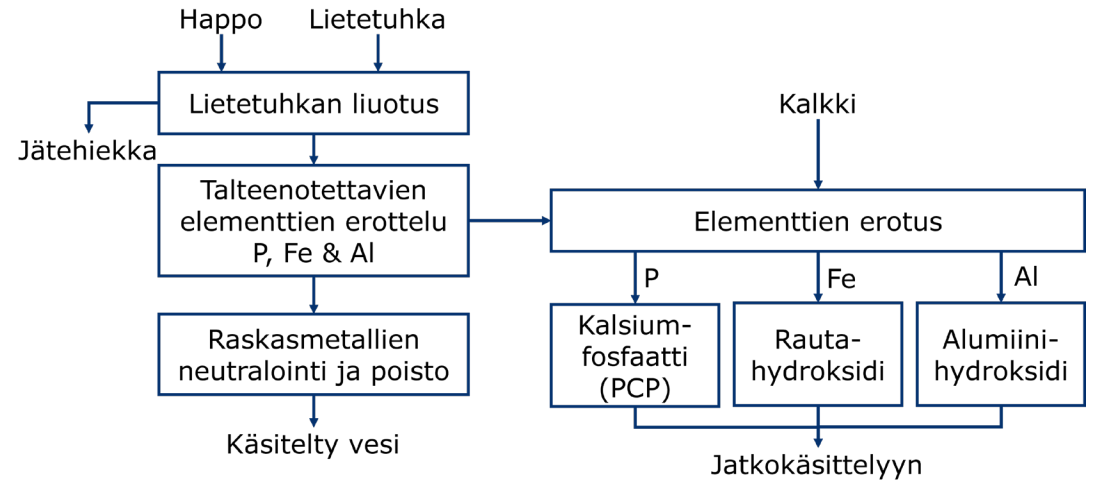
Talteenottomenetelmät: Märkäkemialliset talteenottomenetelmät tuhkasta, Ash2Phos

- TRL 8
 - Täydenmittakaavan laitokset suunnitteilla Saksaan ja Ruotsiin
- Lopputuotteena saostettu kalsiumfosfaatti
 - Voidaan käyttää suoraan lannoitteena tai lannoitetuotannossa
- Saostuskemikaali voidaan kierrättää takaisin puhdistamolle
- Tuhkan fosforista saadaan talteen jopa yli 90 % lopputuotteeseen
- Lopputuotteen turvallisuus
 - Orgaaniset haitta-aineet ja mikromuovit palavat poltossa
 - Raskasmetallit erotetaan prosessissa

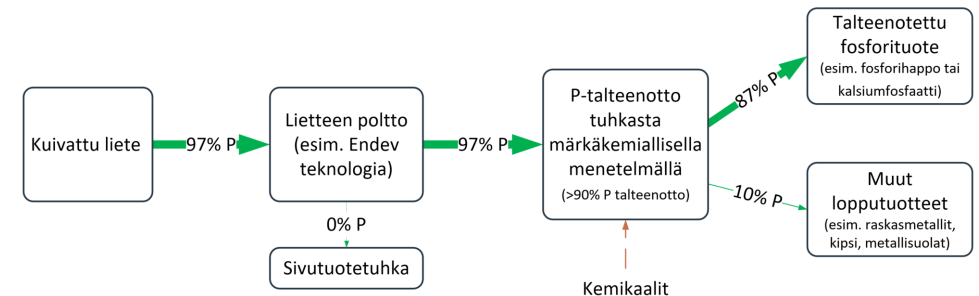


Kuva: Lopputuote saostettu kalsiumfosfaatti

Vieressä oleva kuva: Ash2Phos-menetelmän toimintaperiaate



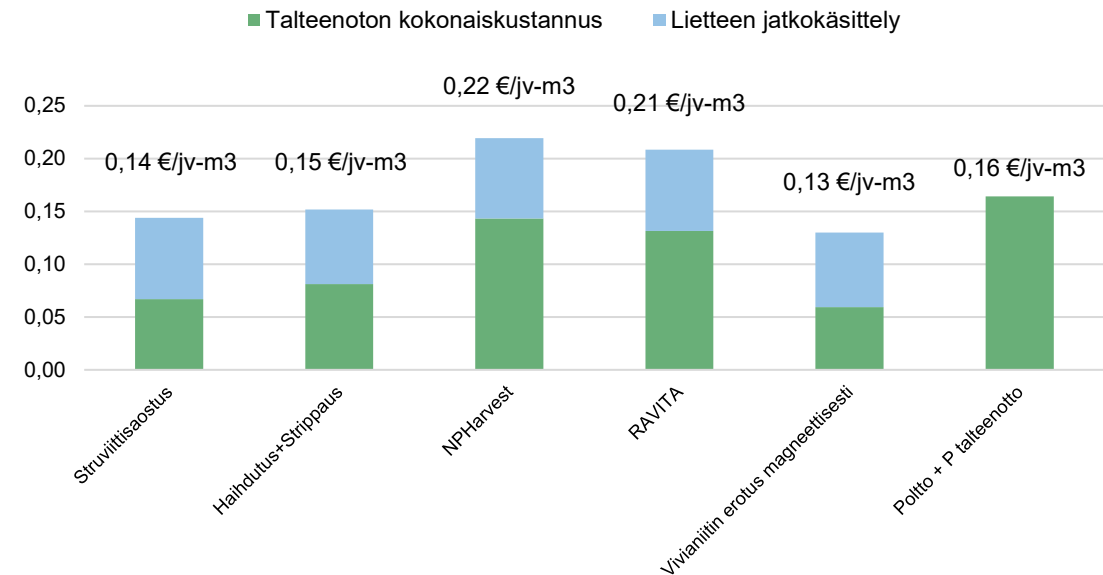
Vieressä oleva kuva: Fosforin massatase polton ja Ash2Phos-menetelmän yhdistelmällä



Teknillistaloudellinen kokonaisanalyysi valittujen prosessien 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 $\pm 50\%$
- Pääomakustannukset:
 - Investoinnin annuiteettikerroin 0,08
 - 20v kuoletusaika
 - 4 % korkotaso

Kuvaaja: Ravinteiden talteenoton ja lietteen jatkokäsittelyn vertailukustannus (€/jv-m³)



Kestävän kehityksen näkökulmat

- Typpilannoitteiden tuotannossa käytetään fossiilisia polttoaineita energian lähteenä sekä siinä syntyy typpioksiduulipäästöjä
- Fosforin louhinta kuormittaa ympäristöä monin tavoin ja vaikuttaa alueen biodiversiteettiin
- Raaka-aineiden ja lannoitteiden kuljetukset lisäävät hiilidioksidipäästöjä
- Kaikista tarkastelluista menetelmistä ei ole vielä riittävästi tietoa esimerkiksi energian ja kemikaalien kulutuksesta, jotta niitä voitaisiin arvioida tarkemmin

Talteenottomenetelmien arviointi kestävän kehityksen näkökulmista

Talteenottomenetelmä	Energia	Kemikaalit	Lopputuotteen kuljetus
RAVITA	-/0	0	?
Vivianiitin talteenotto	-	+	0
Struviitin saostus	+/0	-	+
Haihdutus + Strippaus	-	-/0	-
NPHarvest	+/0	-	-
Poltto, Endev	+	+	0
Märkäkemiallinen käsittely	?	-	+

Suositukset ja toimenpiteet jätevesiperäisten ravinteiden talteenoton ja kierrätyksen edistämisen ohjauseinoiksi

- Lainsäädäntö
 - Kierrätyslannoitteiden rajoituksien poistaminen
 - Velvoite lannoitevalmisteiden kierrätyslannoiteosuudesta
 - Velvoite ravinteiden talteenotolle jätevesistä, jätevesilietteistä tai jätevesilietetuhkasta
- Veroratkaisut
 - Alennettu arvonlisävero tai verovapaus kierrätyslannoitteille
- Laitosinvestointien avustukset
- TKI-panostukset
- Tiedottaminen

Yhteenveto

- Jätevesien fosforilla on potentiaalia korvata epäorgaanisia lannoitteita
- Typen talteenottolla saadaan katkaistua sisäisiä kiertoja ja laskettua puhdistamon kuormitusta
- Lietteen 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
- Yhteismitallistettujen vertailukustannuksien perusteella potentiaalisimmat fosforin talteenottomenetelmät ovat struviitinsaostus, vivianiitin erotus magneettisesti sekä polton ja märkäkemiallinen fosforin talteenotto. Typen osalta talteenotto haihdutuksen ja strippauksen yhdistelmällä on vastaavalla kustannustasolla. Vielä kehitteillä olevat menetelmien NPHarvest:in ja RAVITA:n kustannukset olivat muihin menetelmiin verrattuna korkeammat.
- Toistaiseksi ravinteiden talteenotto ei näytä olevan kannattavaa liiketoimintaa ilman erillistä tukea ja ennustettavan pitkäkestoisen markkinanäkymän luontia lainsäädännön keinoin.
- Keskitetyt ratkaisut ja eri toimijoiden yhteistyö ovat kannattavampia ratkaisuja ravinteiden talteenottoon



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.