

Kati Berninger, Tanja Pihl, Pirkko Kasanen, Anna Mikola, Oras Tynkkynen ja Riku Vahala

## **Jätevesien fosfori hyötykäyttöön – teknologioita ja ohjauskeinoja**

**Syyskuu 2017**

Valtioneuvoston selvitys-  
ja tutkimustoiminnan  
julkaisusarja 62/2017

# KUVAILULEHTI

<b>Julkaisija ja julkaisuaika</b>	Valtioneuvoston kanslia, 15.9.2017		
<b>Tekijät</b>	Kati Berninger, Tanja Pihl, Pirkko Kasanen, Anna Mikola, Oras Tynkynen ja Riku Vahala		
<b>Julkaisun nimi</b>	Jätevesien fosfori hyötykäyttöön – teknologioita ja ohjauskeinoja		
<b>Julkaisusarjan nimi ja numero</b>	Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 62/2017		
<b>Asiasanat</b>	Jätevesi, fosfori, puhdistamoliete, jätevedenpuhdistamo, ravinteiden kierrätys, fosforin talteenotto, ohjauskeino, lainsäädäntö		
<b>Julkaisun osat/ muut tuotetut versiot</b>	-		
<b>Julkaisuaika</b>	Syyskuu 2017	<b>Sivuja</b> 70	<b>Kieli</b> suomi

## Tiivistelmä

Fosfori on tärkeä ravinne, jonka louhittavat varannot ovat rajalliset. Jätevesien fosforivirrat ovat pienempiä kuin esimerkiksi lannassa, mutta ne ovat keskittyneisyytensä vuoksi kiinnostavia fosforin kierrätyksen näkökulmasta.

Jäteveden sisältämän fosforin kierrättämiseksi on olemassa erilaisia teknisiä ratkaisuja – fosfori kiertää olemassa olevilla lietteenkäsittelymenetelmillä lietteen mukana tai se voidaan ottaa talteen eri osista jätevesi- ja liete-prosessia. Fosforin talteenottomenetelmistä osa sopisi Suomen oloihin kohtuullisilla muutoksilla nykyiseen infrastruktuuriin ja prosesseihin. Osa menetelmistä taas vaatisi suuria muutoksia. Tällä hetkellä mikään menetelmä ei ole vielä täysin kilpailukykyinen kustannuksiltaan, ja meille niistä parhaiten soveltuvat ovat vielä varsin kehittymättömiä.

Jäteveden sisältämän fosforin kierrätykseen kannustavia ohjauskeinoja on eri Euroopan maissa käytössä varsin niukasti. Lainsäädännöllisten ohjauskeinojen nouseva ilmiö on jäteveden sisältämän fosforin talteenottovelvoite, joka on jo käytössä Sveitsissä ja Saksassa. Talteenotetun fosforin käyttö on kuitenkin vielä ratkaisematta. Fosforin kierrätyksen taloudellisia ohjauskeinoja on käytössä hyvin vähän. Informaatio-ohjauksesta hyvä esimerkki on Ruotsin jätevesilietteen sertifiointijärjestelmä. Alankomaiden fosforin arvoketjua koskeva vapaaehtoinen sopimus on kannustava esimerkki alan omasta toiminnasta kierrätetyn fosforin käytön edistämiseksi.

Jäteveden fosforin kierrätyksen edistämiseksi tarvitaan useiden erilaisten ohjauskeinojen yhdistelmää eri tavoitteita ja kehityskaaren eri vaiheita varten. *Kansallinen vuoropuhelu* luo yhteisymmärrystä suunnasta ja hyväksyntää harkittaville ohjauskeinoille sekä kasvattaa luottamusta eri toimijoiden välillä. Julkishallinnon on syytä neuvotella lannoitevalmistean kanssa *vapaaehtoinen sopimus* kierrätysravinteiden käytön edistämiseksi. Uusien ratkaisujen kehittämiseen ja käyttöönottoon tarvitaan *julkista rahoitusta*, joka kohdennetaan vaikuttavasti. Kierrätyslannoitteille tarvitaan *kansallinen laatujärjestelmä* takaamaan tuotteiden puhtaus ja turvallisuus. Muiden toimenpiteiden toteuduttua on syytä harkita *kierrätysravinteiden sekoitevelvoitetta*, joka takaisi lannoitteisiin vaiheittain kasvavan osuuden kierrätysravinteita. Tietopohjan vahvistaminen ja toimenpiteiden kohdentaminen edellyttävät myös lisää *tutkimusta*.

Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston vuoden 2017 selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa (tietokayttoon.fi).

Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

# PRESENTATIONSBLAD

<b>Utgivare &amp; utgivningsdatum</b>	Statsrådets kansli, 15.9.2017		
<b>Författare</b>	Kati Berninger, Tanja Pihl, Pirkko Kasanen, Anna Mikola, Oras Tynkynen och Riku Vahala		
<b>Publikationens namn</b>	Fosfor i avloppsvatten till nytta - teknologier och styrmedel		
<b>Publikationsseriens namn och nummer</b>	Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 62/2017		
<b>Nyckelord</b>	Avloppsvatten, fosfor, avloppsslam, reningsverk, återvinning av näringsämnen, återvinning av fosfor, styrmedel, lagstiftning		
<b>Publikationens delar /andra producerade versioner</b>	-		
<b>Utgivningsdatum</b>	September, 2017	<b>Sidantal</b> 70	<b>Språk</b> finska

## Sammandrag

Fosfor är ett viktigt näringsämne med begränsade geologiska reserver. Fosforflödena i avloppsvatten är mindre än i t.ex. kreatursgödsel, men är på grund av sin geografiska koncentration intressanta ur ett återvinningsperspektiv. Det finns olika tekniska lösningar för att återvinna fosfor ur avloppsvatten: fosfor återvinns som en del av avloppsslammet med nuvarande slambehandlingsmetoder och kan också tas tillvara i olika skeden av reningsprocessen för avloppsvatten eller -slam. Med skäliga förändringar i den nuvarande infrastrukturen och processerna kunde en del av återvinningsteknikerna för fosfor anpassas till finska förhållanden. Resten skulle dock kräva stora förändringar. I dag är ingen av teknikerna fullkomligt konkurrenskraftiga kostnadsmässigt, och de som skulle vara bäst anpassade är ännu rätt utvecklade.

Styrmedel som sporrar till återvinning av fosfor ur avloppsvatten används relativt sällan i europeiska länder. Förpliktelsen att ta tillvara fosfor ur avloppsvatten har blivit allt vanligare och är redan i bruk i Schweiz och Tyskland. Oklart är dock ännu hur den tillvaratagna fosfor skall användas. Det finns bara ett fåtal ekonomiska styrmedel för fosforåtervinning i bruk. Ett bra exempel på informativ styrning är Sveriges certifieringssystem för avloppsslam. Nederländernas överenskommelse om fosfors värdekedja är ett exempel på hur industrin frivilligt gynnar användningen av återvunnen fosfor.

För en förbättrad fosforåtervinning ur avloppsvatten krävs en kombination av flera styrmedel. *En nationell dialog* skapar samförstånd om riktning och acceptans för de övervägda styrmedlen samt ökar tilliten mellan de olika aktörerna. Den offentliga förvaltningen bör med gödningsmedelsindustrin förhandla fram *en frivillig överenskommelse* för ökad användning av återvunna näringsämnen. Det behövs effektivt riktad *offentlig finansiering* för att stöda utvecklandet och ibruktagandet av nya lösningar. *Ett nationellt kvalitetssystem* för återvunna näringsämnen ska garantera produkternas renhet och säkerhet. När andra åtgärder har förverkligats är det skäl att överväga *en skyldighet att blanda in* återvunna näringsämnen för att garantera en stegvis ökande mängd återvunna näringsämnen i gödningsmedel. Vidare *forskning* är nödvändigt för att stärka kunskapsbasen och effektivt rikta åtgärderna.

Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan för 2017 (tietokaytoon.fi/sv).

De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

## DESCRIPTION

<b>Publisher and release date</b>	Prime Minister's Office, 15.9.2017		
<b>Authors</b>	Kati Berninger, Tanja Pihl, Pirkko Kasanen, Anna Mikola, Oras Tynkynen and Riku Vahala		
<b>Title of publication</b>	Phosphorus recycling from waste water – technologies and policy instruments		
<b>Name of series and number of publication</b>	Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 62/2017		
<b>Keywords</b>	Waste water, phosphorus, sewage sludge, sewage treatment plant, nutrient recycling, phosphorus recovery, policy instrument, legislation		
<b>Other parts of publication/ other produced versions</b>	-		
<b>Release date</b>	September, 2017	<b>Pages</b> 70	<b>Language</b> Finnish

### Abstract

Phosphorus is an important nutrient with limited geological reserves. Phosphorus flows from waste water are smaller than those from manure, for example, but they are interesting from the point of view of recycling because they are geographically more concentrated.

Different technical solutions exist for phosphorus recycling from waste water – phosphorus is recycled in sludge using existing sewage sludge treatment or it can be recovered from different parts of the wastewater or sludge treatment process. Some phosphorus recovery methods would suit Finnish conditions with moderate changes into existing infrastructure or processes. The rest would require larger changes. No method is currently fully cost-competitive, and the most suitable ones are not yet mature.

In Europe, few policy instruments are in use encouraging phosphorus recycling from waste water. Among legal instruments, phosphorus recovery obligation from waste water or sludge is increasing, and already in use in Switzerland and Germany. However, the use of recovered phosphorus still needs to be solved. There are very few economic instruments supporting phosphorus recycling. A good example of information tools is the Swedish sewage sludge certification system. The Dutch phosphate value chain agreement exemplifies how the industry voluntarily works towards the use of recycled phosphorus.

To improve phosphorus recycling from waste water, a mix of different policy instruments is needed. *National dialogue* creates mutual understanding of direction and acceptance for policy instruments under consideration as well as increases trust among different actors. The public sector should negotiate a *voluntary agreement* with the fertilizer product industry to advance the use of recycled nutrients. Efficiently targeted *public funding* is needed to support the development and use of new solutions. Recycled fertilizers need a *national quality system* to ensure the purity and safety of products. After implementation of other measures an *obligation to use recycled nutrients* should be considered. It would ensure a gradually growing proportion of recycled nutrients in fertilizers. Also more *research* is needed in order to improve the knowledge base and to efficiently target measures.

This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research for 2017 ( [tietokayttoon.fi/en](http://tietokayttoon.fi/en)).

The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.




# SISÄLLYS

<b>1. JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Hankkeen taustaa .....	1
1.2 Hankkeen tavoitteet ja osakokonaisuudet .....	2
<b>2. FOSFORITASEET</b> .....	<b>2</b>
2.1 Johdanto .....	2
2.1.1 Yleistä fosforikierrosta .....	2
2.1.2 Menetelmät .....	3
2.2 Fosforivirrat .....	3
2.2.1 Globaalit fosforivirrat .....	3
2.2.2 Maailman fosforivarastot .....	4
2.2.3 Fosforivirrat Suomessa .....	5
2.2.4 Fosforin käyttö Suomessa .....	6
2.2.5 Fosfori jätteissä Suomessa .....	7
2.3 Yhteenveto ja johtopäätökset .....	8
2.4 Lähteet .....	8
<b>3. KANSAINVÄLINEN KATSAUS OHJAUSKEINOISTA</b> .....	<b>10</b>
3.1 Johdanto .....	10
3.1.1 Ohjauskeinoista yleisesti .....	10
3.1.2 Menetelmät .....	11
3.2 Kansainväliset ja EU-tason puitteet .....	11
3.2.1 EU:n lannoiteasetus .....	11
3.2.2 Jätevesilietedirektiivi .....	12
3.2.3 Jätedirektiivi .....	12
3.2.4 REACH-asetus .....	13
3.2.5 HELCOMin suositus puhdistamolietteiden käsittelystä .....	14
3.3 Belgian Flanderin alue .....	14
3.3.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot .....	14
3.3.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot .....	15
3.3.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä .....	16
3.4 Ruotsi .....	16

3.4.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot.....	16
3.4.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot .....	17
3.4.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä.....	17
3.4.4 Muut fosforin kierrätykseen liittyvät ohjauskeinot.....	17
3.5 Saksa .....	18
3.5.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot.....	18
3.5.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot .....	19
3.5.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä.....	19
3.5.4 Muut fosforin kierrätykseen liittyvät ohjauskeinot.....	19
3.6 Tanska .....	20
3.6.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot.....	20
3.6.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot .....	20
3.6.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä.....	21
3.7 Viro.....	21
3.7.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot.....	21
3.7.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot .....	22
3.7.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä.....	22
3.8 Sveitsi .....	22
3.8.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot.....	22
3.8.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot .....	22
3.8.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä.....	23
3.8.4 Muut fosforin kierrätykseen liittyvät ohjauskeinot.....	23
3.9 Suomi.....	23
3.9.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot.....	23
3.9.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot .....	24
3.9.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä.....	24
3.9.4 Muut fosforin kierrätykseen liittyvät ohjauskeinot.....	25
3.10 Muut maat .....	25
3.10.1 Itävaltaan suunnitteilla fosforin talteenottovelvoite.....	25
3.10.2 Alankomaiden lannoitelaki sisältää talteenotetun fosforin .....	25
3.10.3 Alankomaissa fosforin arvoketjua koskeva sopimus ja yhteistyöalusta .....	25
3.11 Yhteenveto ja johtopäätökset.....	26

3.11.1 Yhtymäkohdat Suomen lainsäädäntöön ja ohjauskeinoihin.....	26
3.11.2 Johtopäätöksiä.....	28
3.12 Lähteet.....	29
3.12.1 Asiantuntijat.....	29
3.12.2 Kirjalliset lähteet.....	29
<b>4. KÄSITTELYTEKNIIKAT.....</b>	<b>34</b>
4.1 Johdanto.....	34
4.1.1 Fosfori jätevedessä.....	34
4.1.2 Menetelmät.....	35
4.2 Lietteenkäsittely- ja talteenottotekniikat.....	35
4.2.1 Lietteenkäsittelytekniikat.....	36
4.2.2 Fosforin talteenotto.....	38
4.2.3 Virtsan erilliskeräys/erottelu lähteellä.....	40
4.3 Talteenottomenetelmien fosforiloppuotteiden lannoitesoveltuvuus.....	41
4.4 Lietteenkäsittely- ja talteenottotekniikoiden arviointi.....	43
4.5 Kyselytutkimuksen tekniikkakysymykset.....	46
4.6 Yhteenveto ja johtopäätökset.....	48
4.7 Lähteet.....	50
4.7.1 Asiantuntijat.....	50
4.7.2 Kirjalliset lähteet.....	50
<b>5. OHJAUSKEINOJEN ARVIOINTI.....</b>	<b>52</b>
5.1 Johdanto.....	52
5.2 Menetelmät.....	52
5.2.1 Sidosryhmäkysely.....	52
5.2.2 Työpaja.....	53
5.2.3 Haastattelut.....	53
5.2.4 Arvioinnin viimeistely.....	53
5.3 Sidosryhmäkyselyn tuloksia.....	54
5.3.1 Tavoitteena luoda markkinoita lietepohjaisille lannoitevalmisteille.....	54
5.3.2 Tavoitteena edistää fosforin talteenottoa puhdistamolietteestä ja jätevesistä.....	57
5.3.3 Tavoitteena mahdollistaa erilliskerätyn virtsan hyödyntäminen.....	59
5.3.4 Tavoitteena luoda markkinoita talteenotetulle fosforille.....	60
5.4 Ohjauskeinojen arviointi.....	62
5.5 Yhteenveto ja johtopäätöksiä.....	66



5.5 Lähteet .....	68
<b>6. POLITIIKKASUOSITUKSET .....</b>	<b>69</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>71</b>
I Sanasto .....	71
II Lyhenteet .....	72
III Sidosryhmäkysely .....	73
IV Työpajan osanottajat .....	80



# 1. JOHDANTO

Tämä julkaisu on valtioneuvoston tutkimus- ja selvitystoimintaan kuuluvan hankkeen ”Jäteveden sisältämän fosforin talteenotto ja kierrättäminen: Taloudelliset ja lainsäädännölliset ohjauskeinot eri maissa ja niiden soveltuminen Suomeen” loppuraportti. Hankkeen toteuttivat Aalto-yliopisto ja Tyrsky-Konsultointi Oy helmikuusta elokuuhun 2017.

Hanketta ohjasi hankeryhmä, johon kuuluivat Ari Kangas ympäristöministeriöstä ja Pirjo Salminen maa- ja metsätalousministeriöstä. Hankeryhmän kommentaattoreina olivat Erja Fagerlund (TEM), Tarja Haaranen (YM) ja Jenni Oksanen (VM). Hankkeella oli yhteinen ohjausryhmä kahden muun kiertotalouteen liittyvän hankkeen kanssa, jotka liittyvät materiaalihokkuusohjelman arviointiin ja kiertotalouden taloudellisiin ohjauskeinoihin. Ohjausryhmään kuuluivat hankeryhmän jäsenien lisäksi Jarmo Muurman, (pj., YM) , Erja Fagerlund (TEM), Tarja Haaranen (YM), Mika Honkanen (TEM), Matti Kahra (VM), Pekka Kettunen (VNK), Matti Kuittinen (YM), Jenni Oksanen (VM), Susanna Perko (VNK), Veli-Pekka Reskola (MMM), Merja Saarnilehto (YM), Marja-Liisa Tapio-Biström (MMM), Birgitta Vainio-Mattila (MMM), Anne Vehviläinen (MMM), ja Laura Höijer (siht., YM). Tekijät kiittävät hankeryhmää ja ohjausryhmää hyödyllisistä keskusteluista ja kommentteista työhön liittyen.

## 1.1 Hankkeen taustaa

Yhdyskuntajätevesi sisältää typpeä, fosforia, orgaanista ainesta ja mikroravinteita. Jäteveden ravinteiden kierrättämisellä lannoitekäyttöön voidaan vähentää perinteisten väkilannoitteiden käyttöä. Lannoitevalmistelaki ja -asetus säätelevät jätevesistä ja jätevesilietteistä tuotettavia lannoitevalmisteita siten, että mm. varmistetaan niiden lannoite- ja/tai maanparannusvaikutus sekä niiden hygieeninen laatu. Lisäksi käytettäville fosforin ja typen levitysmäärille, levityspaikoille ja -ajankohdille on rajoituksia ympäristönsuojelullisista syistä. Jätevesipohjaisten lannoitteiden käyttöä aikaisemmin rajoittaneet raskasmetallipitoisuudet ovat laskeneet huomattavasti vuosien saatossa. Nykyään kuitenkin uudeksi huolenaiheeksi ovat nousseet jätevesiin päätyvät orgaaniset haitta-aineet ja mikromuovit. Näillä on todettu olevan haitallisia vaikutuksia eliöihin ja monet ovat erittäin pysyviä ympäristössä. Lisäksi tuotteet kärsivät imagohaitasta. Tällä hetkellä jäteveden sisältämät ravinteet eivät kierrä tehokkaasti. Tulevaisuudessa saatetaan rajoittaa orgaanisten haitta-aineiden pitoisuuksia.

Arviot nykyteknologialla käytettävissä olevien neitseellisten mineraalifosforivarantojen riittävyydestä vaihtelevat, mutta yleisesti niiden on arvioitu riittävän seuraaviksi 60–400 vuodeksi nykyisellä kulutuksella. Nykyisin ravinteet kulkeutuvat maaperään ja vesistöihin ja ovat osin hyvin vaikeasti käytettävissä tarkoituksenmukaisissa kohteissa. Suomessa yli 95 % jäteveden fosforista poistetaan jätevedestä lietteeseen. Hallitusohjelman yhtenä tavoitteena on lisätä ravinteiden talteenottoa erityisesti Itämeren ja muiden vesistöjen kannalta herkillä alueilla siten, että vähintään 50 prosenttia lannasta ja yhdyskuntajätevesilietteestä saadaan kehittyneen prosessoinnin piiriin vuoteen 2025 mennessä. Kehittynyttä prosessointia on mm. erottaa fosfori jätevedestä ja jalostaa se edelleen lannoitevalmisteksi.

Tässä raportissa tarkastellaan erilaisia lietteenkäsittelymenetelmiä, joiden avulla muutetaan prosessin eri osista poistetun lietteen ominaisuuksia mm. sen hygieenisen laadun parantamiseksi, sekä fosforin talteenottomenetelmiä, joilla erotetaan fosfori mahdollisimman puhtaana fosforipitoisena yhdisteenä lietteestä. Fosforin kierrätys ymmärretään tässä työssä

fosforin uudelleenkäyttönä siten, että sillä korvataan louhittua fosforia. Siksi keskitytään erityisesti lannoitekäyttöön.

Jätevedestä erotettujen kierrätysfosforituotteiden käyttöä louhitun mineraalifosforin korvaajana voidaan edistää ohjauskeinoilla. Kierrätysfosforin tuotteistamisella parannetaan varastoitavuutta ja markkinoitavuutta. Toistaiseksi kuitenkin sen hinta on poikkeuksetta suurempi kuin louhitusta mineraalifosforista tehtyjen lannoitevalmisteiden.

## 1.2 Hankkeen tavoitteet ja osakokonaisuudet

Hankkeen päätavoitteena oli arvioida taloudellisia ja lainsäädännöllisiä ohjauskeinoja jätevesien fosforin kierrätyksen edistämiseksi. Hankkeessa oli neljä kokonaisuutta, joiden tulokset esitetään seuraavissa luvuissa. Ensimmäisessä kartoitettiin fosforitaseet kansallisesti ja kansainvälisesti. Toisessa osassa selvitettiin eri maissa käytössä olevia fosforin kierrätyksen ohjauskeinoja ja arvioitiin niiden yhtymäkohtia Suomen lainsäädäntöön ja ohjauskeinoihin. Hankkeen kolmannessa osassa tarkasteltiin vaihtoehtoisia tapoja fosforin kierrättämiseksi teknisestä näkökulmasta – fosfori kiertää olemassa olevilla lietteenkäsittelymenetelmillä lietteen mukana tai se voidaan ottaa talteen varsinaisilla fosforin talteenottomenetelmillä eri osista jätevesi- ja lieteprosessia. Menetelmien eroja tarkasteltiin erityisesti fosforin kierrätyksen kannalta. Lopuksi arvioitiin ohjauskeinojen soveltumista Suomeen ja niiden vaikuttavuutta eri tavoitetilanteissa.

## 2. FOSFORITASEET

### 2.1 Johdanto

#### 2.1.1 Yleistä fosforikierrosta

Fosfori on alkuaine numero 15, ja se kuuluu typpiryhmään jaksollisessa järjestelmässä. Fosforia on kaikissa eliöissä, ja se on yksi tärkeimmistä kasviravinteista. Fosforin suurimmat varastot ovat maan kuoressa, merien ja makeiden vesien pohjilla syntyneissä sedimenteissä. Lyhyellä aikavälillä tarkasteltuna fosforin virta on yksisuuntainen: maaperän mineraalikiiven rapautumisen jälkeen fosfori kulkeutuu valunnan mukana jokiin, järviin ja lopulta meriin, jossa se laskeutuu merenpohjaan ja asettuu pohjassa syntyviin sedimentteihin. Kun fosfori on päätynyt merenpohjan sedimentteihin, se on hyvin vaikeasti ihmisen hyödynnettävissä. Suurin osa ihmisen hyödyntämästä fosforista tulee fosfaattikivestä maaperästä. Luonnollisessa tilassa fosforin rapautuminen fosfaattikivestä on hyvin hidasta, mutta fosforia louhitetaan ja hyödynnetään paljon luonnollista nopeampaan tahtiin. Suurinta osaa maailman louhitusta kivennäisfosforista (90%) käytetään lannoitteiden raaka-aineena.

Arviot siitä, kuinka kauan taloudellisesti käyttökelpoiset, nykYTEKNIKALLA hyödynnettävissä olevat fosforivarannot kattavat ihmiskunnan tarpeet, vaihtelevat suuresti. Arviot ovat 60 ja 1500 vuoden välillä, yleisimpien arvioiden ollessa satojen vuosien luokkaa. Arvioiden suuri aikahaitari johtuu siitä, että varantojen kokoluokista ei ole varmaa tietoa, ja myös ennusteet ihmisten fosforintarpeiden kehityksestä tulevaisuudessa ovat epävarmoja. (MMM 2011, Marttinen ym. 2017, Liu ym. 2008, Desmidt ym. 2015)

Kun fosfori joutuu vesistöihin, se rehevöittää makeita vesiä ja osittain myös meriä. Lisääntynyt ravinteiden saatavuus lisää vihreiden kasvien perustuotantoa ja sitä kautta lisää koko biologista aktiivisuutta vesistöissä. Tämä johtaa esimerkiksi eliölajiston yksipuolistumiseen, sinileväkukintoihin, vesien samenemiseen ja paikallisiin hapettomiin oloihin vesistöjen pohjissa. Nämä muutokset alentavat vesistöjen kalastus- ja virkistysarvoa. Myös luonnon monimuotoisuus kärsii liiallisesta fosforikuormasta. Koska fosfori vahingoittaa vesiekosysteemejä joutuessaan niihin liian suurina määrinä, on tarpeen pohtia, miten jo maasta louhittu fosfori saataisiin kiertämään yhteiskunnassa niin, että neitseellisen fosforin tarve vähenisi ja vesiekosysteemit eivät olisi niin suuren rasituksen kohteena.

### 2.1.2 Menetelmät

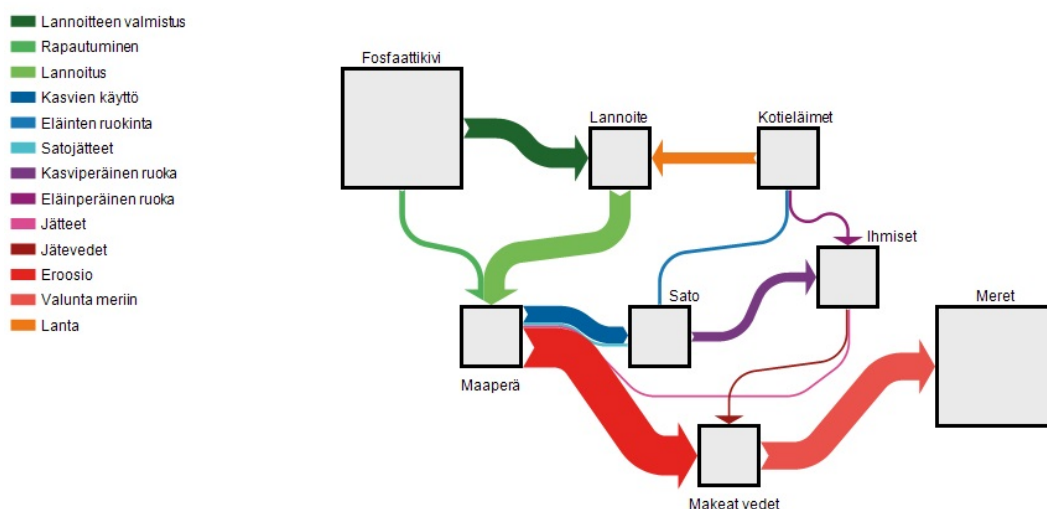
Selvitys on tehty kirjallisuustutkimana, ja lähteinä on käytetty esimerkiksi Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) materiaaleja.

## 2.2 Fosforivirrat

### 2.2.1 Globaalit fosforivirrat

Fosforin pääasiallinen kierto maapallolla on hyvin hidaskierto, missä fosfori ensin rapautuu fosfaattikivestä ja päättyy ennen pitkään mereen, josta se nousee takaisin mantereille tektonisen maankohoamisen myötä, kuluu aikaa keskimäärin 10 miljoonasta vuodesta 100 miljoonaan vuoteen. Fosforin pienempi kierto, joka on elämän perusedellytys, on paljon nopeampi. Siinä fosfori kulkeutuu maaperästä kasveihin ja sitä kautta eläimiin ja ihmisiin ja takaisin maaperään. Kuva 2.1 esittää ihmisen toimista johtuvia fosforin virtoja maapallolla. Nuolten koko on suhteessa fosforin määrään virrassa. Kaikki arvot kuvassa 2.1 ovat samasta lähteestä poimittuja arvioita.

### Fosforivirrat



Kuva 2.1. Fosforin ihmisestä johtuvat virrat maapallolla yksinkertaistettuna. Virta fosfaattikivestä lannoitteeksi on 1/10 todellisesta koosta, jotta muut virrat erottuisivat paremmin. (Smil 2000)

Suurimmat fosforin virrat vesiekosysteemeihin johtuvat maaperän eroosiosta. Ihmistoiminta lisää eroosiota maankäytön muutoksilla, esimerkiksi metsien hakkuilla, jolloin maaperää

juurillaan sitovien kasvien määrä vähenee. Vaikka eroosion aiheuttamat fosforivirrat ovat huomattavia, ne ovat erittäin laajalle jakaantuneita ja kattavat koko maailman, eli niitä on käytännössä hyvin vaikeasti hallita. Tällaista suurelle pinta-alalle sijoittuvaa kuormitusta ekosysteemeihin kutsutaan hajakuormitukseksi. Eroosiosta johtuvat fosforivirrat eivät hel-  
posti ole ihmisten talteenotettavissa ja hyödynnettävissä, ja niiden sisältämiin fosforimääriin puututaan parhaiten ennaltaehkäisevästi.

Fosforivirrat, joissa fosfori on suurena pitoisuutena, sopivat paremmin fosforin talteenottoon. Tällaisia virtoja ovat esimerkiksi jätevesivirrat, jotka keräävät laajemmalta alueelta fosforin yhteen pisteeseen, jätevedenpuhdistamoille. Vaikka ihmisten jätevesien fosforin materiaali-  
virrat ovat melko pieniä verrattuna muihin virtoihin, on fosfori niissä suurehkoina pitoisuuksi-  
na ja fosforin määrä puhdistamoilla suuri.

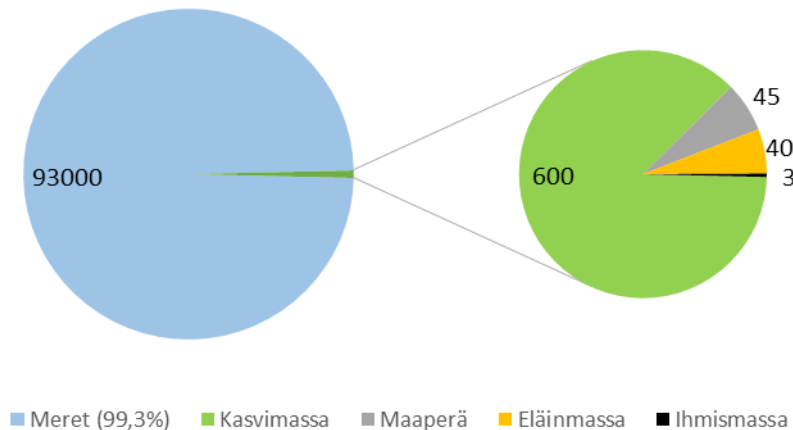
Materiaalivirta fosfaattikivestä lannoitteeksi on kuvassa vain kymmenesosa todellisesta koostaan, jotta muut materiaalivirrat olisivat paremmin näkyvissä. Absoluuttista fosforitaset-  
ta on vaikea hahmottaa puutteellisten tietojen vuoksi. Tarkimmat arviot ovat fosfaattikiven louhinnasta ja mineraalilannoitteen valmistuksesta, kun taas esimerkiksi maailmanlaajuista eroosiota ja meriin päätyvää fosforin määrää on hyvin vaikea mitata.

Huomionarvoinen asia kuvassa on sellaisen fosforin suuri määrä, joka ei päädy kasveihin ja sitä kautta ihmisten ja eläinten ruoaksi, vaan liikkuu fosfaattikivestä maaperän ja makeiden vesien kautta maailman meriin ja sieltä sedimentteihin. Lannoitteena toimivien kivennäisfos-  
forin ja eläinperäisen fosforin virrat ovat huomattavasti suuremmat kuin ihmisten jätteiden fosforivirrat. Jos ihmisten vesistöihin päätyvää jätevirtaa käytettäisiin lannoitteena, sen osuus kokonaislannoitemäärästä olisi noin 6 %.

### 2.2.2 Maailman fosforivarastot

Fosforia on eniten litosfäärissä, jossa sitä on jopa  $4 \times 10^{15}$  tonnia (Smil 2000). Vain hyvin pieni osa tästä, noin 0,0075 %, eli  $3 \times 10^{11}$  tonnia, on ihmisen ulottuvilla. Nykyisellä tekniikal-  
la tästä määrästä on taloudellisesti kannattavasti ihmisen ulottuvilla noin  $6,8 \times 10^7$  tonnia. Vuonna 2016 fosforia louhittiin maailman kaivoksista 261 miljoonaa tonnia. (U.S. Geological Survey 2017) Fosforia on myös merissä, pieni määrä ilmakehässä, ja kaikissa eliöissä. Alla oleva kuva 2.2 kuvaa fosforin jakaantumista eri eliölajien kesken. Huomionarvoista on, että merissä on melkein kaikki eliöissä oleva fosfori, muiden varastojen sisältäessä vain murto-  
osan biosfäärin fosforimäärästä.

## Biosfäärin fosforivarastot [Mt]

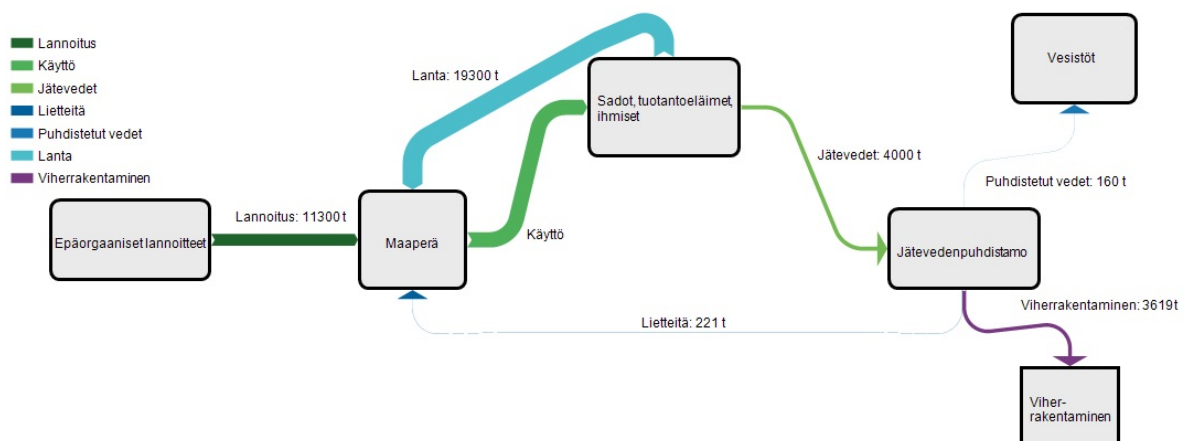


Kuva 2.2. Eliöihin varastoitunut fosforimäärä maailmassa (Smil 2000).

### 2.2.3 Fosforivirrat Suomessa

Kuvassa 2.3 on hyvin yksinkertaistetusti esitetty fosforivirrat Suomessa. Fosforin virrat Suomessa ovat melko samanlaisia kuin maailmassa yleensä. Kuvassa ei ole otettu huomioon Suomen rajojen yli liikkuvaa fosforivirtaa, esimerkiksi ruoan ja rehun mukana Suomeen saapuvaa fosforikuormaa, tai vientiin menevää fosforilannoitetta. Luvut ovat kahdesta eri lähteestä, ja perustuvat melko tarkkoihin tietoihin ja arvioihin fosforin määristä. Koska kaikki luvut eivät ole samasta lähteestä, ne eivät aina ole täysin vertailukelpoisia, johtuen esimerkiksi taustaotetuksien erilaisuudesta.

### Fosforivirrat Suomessa



Kuva 2.3. Fosforin ihmisestä johtuvat virrat (tonneina) Suomessa yksinkertaistettuna. Lannoitus ja lantamäärät ovat lähteestä Marttinen ym. (2017), muut luvut lähteestä Säylä (2015).

Jätevedessä oleva fosfori on pääosin peräisin ihmisten virtsasta ja pesuaineista. Jätevesissä päättyy puhdistamoille noin 4000 tonnia fosforia vuodessa. Tästä määrästä suurin osa poistetaan puhdistamolla lietteisiin, mutta kuitenkin fosforia päättyy vesistöihin vuosittain noin 160 tonnia. Puhdistamolieteteissä olevan, lannoitteena käytettävän fosforin määrä on 221 tonnia vuodessa. Lannoitekäyttöön menevän lietteen fosforipitoisuus on keskimäärin 3,1%. (Säylä 2015) Koska fosfori erotetaan puhdistamoilla lietejakeeseen, missä sen pitoi-

suus on suurempi kuin jätevedessä, olisi sen erottelu vielä väkevämpään muotoon mielekäästä. Lietteestä erotettuna fosfori olisi myös helpommin kierrätettävässä muodossa.

Kuvassa 2.3 oleva lantamäärää kuvaava virta on otettu kuvaan mukaan antamaan ymmärrystä sen kokoluokasta suhteessa muihin virtoihin. Vuodelta 2016 Luonnonvarakeskus arvioi lannoitekäyttöön päätyneen lannan määräksi 19 300 tonnia (Marttinen ym. 2017)

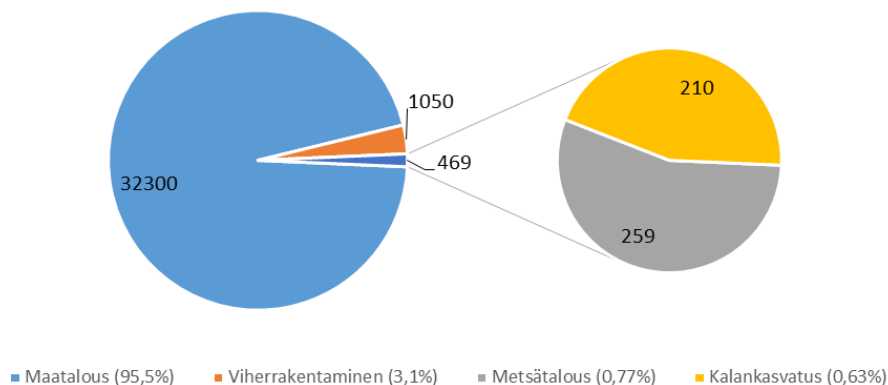
Viherrakentamiseen päätyvä määrä fosforia on laskettu sen perusteella, että jätevedenpuhdistamolle tulee fosforia yhtä paljon kuin sieltä lähtee. Suurimman osan jätevesien fosforista sisältävät puhdistamolietteet päätyvät nykyisin pääosin maisemointiin ja viherrakentamiseen, esimerkiksi puistoihin ja vanhojen kaatopaikkojen täyttöön. Vuoden 2013 tietojen mukaan määrä oli noin 3 600 t vuodessa, eli noin 95 % kaikesta puhdistamolietteen fosforista. Noin 5 % puhdistamolietteiden fosforista käytetään siis lannoitteena maataloudessa. Eri lähteiden välillä on eroja arvioissa, ja suurimpien arvioiden mukaan maatalouskäyttö olisi joitakin kymmeniä prosentteja. Syitä siihen, että määrä on näinkin pieni, ovat huoli lietteen orgaanisten haitta-aineiden ja raskasmetallien pitoisuuksista sekä yleinen lietteen huono julkisuuskuva. Kemiallisesti saostetun lietteen fosfori on myös heikosti kasveille käyttökelpoisessa muodossa eli siksi tehotonta lannoitetta.

Myös Suomessa suurin osa fosforista käytetään lannoitteiden raaka-aineena. Suomessa on 1900-luvun aikana käytetty suurempia määriä fosforilannoitteita kuin maaperä on tarvinnut, mikä on johtanut siihen, että Suomen peltomailla on keskimäärin enemmän fosforia kuin mitä niissä luonnollisesti olisi. Nykyään fosforia ei lisätä yhtä paljon maaperään, koska tietoisuus fosforin vesistöjä rehevöittävästä vaikutuksesta on kasvanut. On myös huomattu, että fosforilisä ei paikoin enää kasvata satoa koska maaperässä on jo valmiiksi korkea fosforipitoisuus.

## 2.2.4 Fosforin käyttö Suomessa

Suurin osa Suomessa käytetystä fosforista käytetään maataloudessa, niin kuin maailmalla yleensä. Maatalouskäyttö sisältää fosforin käytön sekä lannoitteena että eläinten rehussa. Muita käyttökohteita fosforille ovat viherrakentaminen ja maisemointi, metsätalous ja kalan kasvatusta, joihin kaikkiin käytetty fosforimäärä on alle 5 % kokonaismäärästä. Kuvissa 2.5, ja 2.6 olevat jotkin arvot ovat erilaisia kuin kuvassa 2.3, koska niillä on osittain eri lähteet.

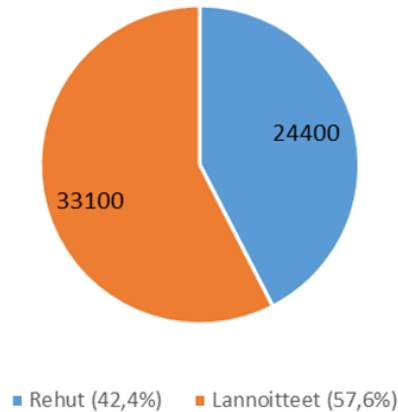
### Fosforin käyttö 2014-2016 [t]



Kuva 2.4. Fosforin käyttömäärät eri kohteissa Suomessa vuosina 2014-2016 (Marttinen ym. 2017).

Maataloudessa rehuna käytetystä fosforista suurin osa, 77 %, on peräisin Suomessa kasvatetuista kasveista, 3 % on peräisin lihaluujauhosta ja 20 % on peräisin muista lähteistä, suomalaisen elintarviketeollisuuden sivutuotteista, kivennäisfosforista ja ulkomailta tuoduista raaka-aineista (MMM 2011)

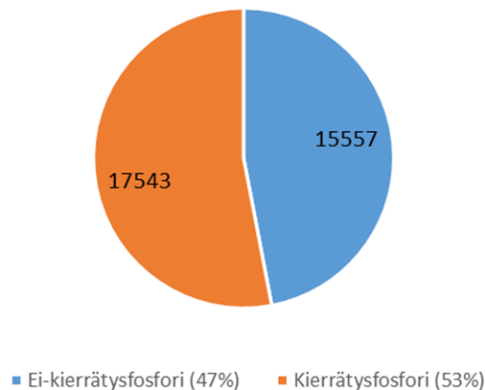
### Maatalouden fosforin käyttö 2011 [t]



Kuva 2.5. Maataloudessa käytetyn fosforin jakaantuminen rehu- ja lannoitekäyttöön Suomessa vuonna 2011 (MMM 2011).

Lannoitteena käytetystä fosforista hieman yli puolet on kierrätysfosforia, eli muuta kuin fosfaattikivestä tehtyä lannoitetta. Suurin osa tästä on eläinten lantaa, vuosina 2005–2009 vain 0,3 % oli muuta kierrätysfosforia kuin lantaa (MMM 2011).

### Kierrätysfosforin osuus lannoitteissa 2011 [t]



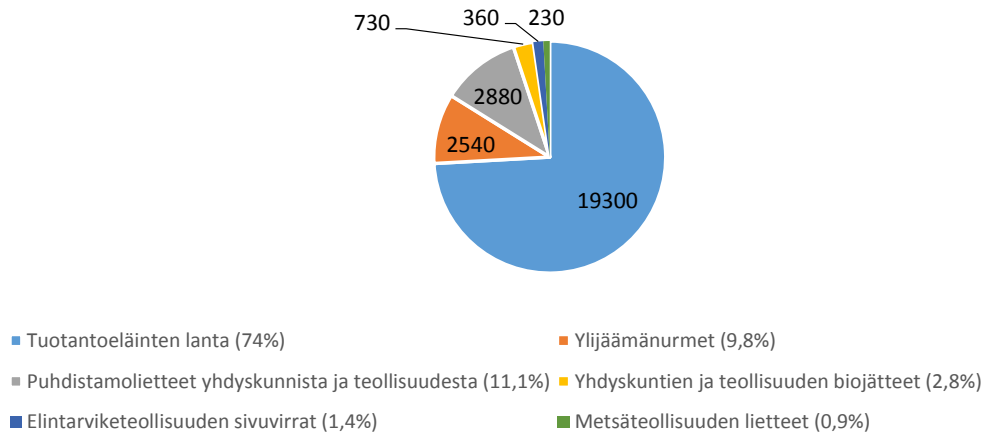
Kuva 2.6. Lannoitteissa käytetyn fosforin jakaantuminen kierrätettyyn fosforiin ja epäorgaanisista lannoitteista peräisin olevaan fosforiin Suomessa vuonna 2011 (MMM 2011).

### 2.2.5 Fosfori jätteissä Suomessa

Suurin osa fosforista Suomen biomassavirroissa on eläinten lannassa (kuva 2.7). Puhdistamolietteen yhdyskunnista ja teollisuudesta ovat toiseksi suurin fosforivirta 2 880 tonnilla vuodessa vuosina 2014-2016, kolmanneksi on melkein yhtä suuri määrä fosforia ylijäämänurmista, 2 540 tonnia vuodessa. Ylijäämänurmet ovat esimerkiksi suojavyohykkeiden ja luonnonhoitopeltojen nurmia, joita ei voida käyttää eläinten rehuna. Luonnonhoitopellot ovat hoidettuja, viljelemättömiä peltoja, jotka on perustettu vähentämään pellolta tulevaa ravin-

nekuormitusta sekä lisäämään luonnon ja maiseman monimuotoisuutta. Niitä niitetään säännöllisesti. (Maaseutuverkosto 2010). Paljon pienempiä fosforivirtoja on yhdyskuntien ja teollisuuden biojätteissä (730 tonnia/vuosi), elintarviketeollisuuden sivuvirroissa (360 tonnia/vuosi) ja metsäteollisuuden lietteissä (230 tonnia/vuosi).

### Fosfori biomassoissa 2014-2016 [t]



Kuva 2.7. Fosforin määrä eri biomassoissa Suomessa vuosina 2014-2016 (Marttinen ym. 2017).

## 2.3 Yhteenveto ja johtopäätökset

Ihmiset tarvitsevat fosforia moneen toimintoon yhteiskunnassa. Tärkein käyttökohte on ravinnotuotanto. Mikään muu alkuaine ei pysty korvaamaan fosforia, joten louhittavan fosforin vähentyessä on kierrätettävä jo olemassa olevia fosforivirtoja. Yhdyskuntien jätevesien fosforivirrat ovat keskittyneisyytensä vuoksi kierrätyksen kannalta kiinnostavia. Jätevesijärjestelmät toimivat fosforin kerääjinä ja keskittäjinä suurelta alueelta jätevedenpuhdistamoille. Kun fosfori on erotettu jätevesistä lietteeseen, liete ja sen mukana fosfori voidaan kierrättää käsittelyn jälkeen. Fosfori voidaan myös erottaa lietteestä tai aiemmin jätevedenpuhdistamolla muodostuneesta väkevästä sivuvirtasta ja kierrättää. Nykyään käytetään pientä osaa puhdistamolietteistä lannoitevalmisteina (maanparannusaineina sellaisenaan käytetyt sivutuotteet), joten aivan uudelta ajatukselta ei ole kysymys, vaan lietteiden lannoitevalmistekäytöstä on käytännön kokemuksia. Lannoitekäytön lisääminen edellyttää fosforin käyttökelpoisuuden parantamista ja lietteen raaka-aineiden raskasmetallipitoisuuksien, haitallisten orgaanisten aineiden ja mikromuovien seuraamista.

## 2.4 Lähteet

Desmidt, E., Ghyselbrecht, K., Zhang, Y., Pinoy, L., Van der Bruggen, B., Verstraete, W., Rabaey, K. & Meesschaert, B. 2015. Global phosphorus scarcity and full-scale P-recovery techniques: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(4), pp. 336-384.

Liu, Y., Villalba, G., Ayres, R.U. & Schroder, H. 2008. Global phosphorus flows and environmental impacts from a consumption perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 12(2), pp. 229-247.

Maaseutuverkosto. 2010. Vaihtoehtoja pellon käyttöön. Maaseutuverkoston esite. Saatavilla osoitteessa: [https://www.maaseutu.fi/fi/maaseutuohjelma/viestinta/.../Peltojen\\_kaytto\\_2901.pdf](https://www.maaseutu.fi/fi/maaseutuohjelma/viestinta/.../Peltojen_kaytto_2901.pdf) Viitattu 25.8.2017.



Marttinen, S., Venelampi, O., Iho, A., Koikkalainen, K., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E. & Ylivainio, K., 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksenläpimurtoa: Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki.

MMM. 2011. Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa. Työryhmämuistio MMM 2011/5. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. Saatavilla osoitteessa: [http://mmm.fi/documents/1410837/1724539/trm2011\\_5.pdf/6ce8eaf4-63d0-4f1d-9379-60ff6896214d](http://mmm.fi/documents/1410837/1724539/trm2011_5.pdf/6ce8eaf4-63d0-4f1d-9379-60ff6896214d) Viitattu 14.4.2017.

Ruttenberg, K.C. 2003. The global phosphorus cycle. Treatise on geochemistry, 8, p.682.

Smil, V. 2000. Phosphorus in the environment: natural flows and human interferences. Annual review of energy and the environment, 25(1), pp. 53-88.

Säylä, J. 2015. Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2013. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 34/2015. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

U.S. Geological Survey. 2017. Mineral Commodity Summaries 2017. U.S. Department of the Interior. Saatavilla osoitteessa: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2017/mcs2017.pdf> Viitattu 23.3.2017.

Villalba, G., Liu, Y., Schroder, H. & Ayres, R.U. 2008. Global phosphorus flows in the industrial economy from a production perspective. Journal of Industrial Ecology, 12(4), pp. 557-569.

Ympäristöministeriö. 2014. Taustaselvitys – Lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden kierrätyksen valtakunnallinen hanke. Loppuraportti. Saatavilla osoitteessa: <http://www.ymp.fi/download/noname/%7B01CBA8C7-FD0F-4511-AEEB-9DEEE2DD173B%7D/103971> Viitattu: 3.5.2017

# 3. KANSAINVÄLINEN KATSAUS OHJAUSKEINOISTA

## 3.1 Johdanto

### 3.1.1 Ohjauskeinoista yleisesti

Ohjauskeinot voidaan jakaa karkeasti hillitseviin ja kannustaviin, keppeihin ja porkkanoihin. Niitä voidaan ryhmitellä myös neljään tyyppiin: 1) normiohjaukseen, 2) taloudelliseen ohjaukseen, 3) informaatio-ohjaukseen ja 4) vapaaehtoiisiin sopimuksiin. Aina rajanveto ei ole selkeä, ja ohjauskeinossa voi olla piirteitä useasta eri ryhmästä. (ks. esim. OECD 2008)

Normiohjaukseen voidaan luokitella erilaiset kiellot, rajoitukset ja kiintiöt sekä tehokkuus- ja päästönormit. Haitallisimmat toiminnot voidaan yksinkertaisesti kieltää tai niitä voidaan rajoittaa määrällisesti, ajallisesti tai muilla perusteilla. Toiminnolta voidaan edellyttää vähimmäistehokkuustasoa tai enimmäispäästötasoa. Vastaavasti normeja keventämällä voidaan edistää toivottuja toimintoja. Normeja voidaan soveltaa esimerkiksi markkinoille saattamisessa, kaavoituksessa, luvituksessa ja tontinluovutusehdoissa.

Taloudellinen ohjaus jakautuu ennen kaikkea veroihin ja maksuihin, tukiin sekä erilaisiin kauppajärjestelmiin. Vero-ohjaus sisältää mm. haitallisten toimintojen verottamista, verotuksen porrastamista vaikutusten mukaan sekä edistettävien toimintojen verohelpotuksia ja -kannustimia. Tukiin voidaan lukea verotukien ohella esimerkiksi investointi- ja tuotantotuet (kuten syöttötariffit), korkotuet lainat ja lainatakuut. Tavoiteltujen toimintojen tukemisen ohella voidaan karsia haitallisten toimintojen tukia. Kauppajärjestelmät taas voivat koskea päästöjen lisäksi mm. kalastuskiintiöitä ja uusiutuvan energian tukia (vihreät sertifikaatit ja uusiutuvahuutokauppa).

Eräänlaiseksi taloudelliseksi ohjaukseksi voidaan lukea myös julkisten hankintojen kohdentaminen. Erilaisia taloudellisen ohjauksen muotoja puolestaan yhdistävät bonus-malus- ja fee and dividend -järjestelmät, joissa haitallisista toiminnoista perittävät varat ohjataan suoraan tavoiteltavien toimintojen tukemiseen tai tulonsiirtona kaikille kansalaisille tai yrityksille.

Informaatio-ohjaus kattaa laajan kirjon erilaisia tapoja tiedottaa. Kyseessä voivat olla viestintäkampanjat, kasvatus ja koulutus tai opastus ja neuvonta. Informaatio-ohjaukseen voidaan luokitella myös erilaiset sertifikaatit, selosteet ja merkit, kuten asuntojen ja kodinkoneiden energiatehokkuusluokitukset, ravintoselostet sekä Reilun kaupan ja luomumerkit. Eräänlaista informaatio-ohjausta ovat myös kilpailut, joissa parhaat ratkaisut palkitaan.

Vapaaehtoisilla sopimuksilla toiminnanharjoittajat sitoutuvat toimenpiteisiin usein välttääkseen velvoittavampaa ohjausta. Sopimuksia on sovellettu mm. eri alojen energiatehokkuuden edistämiseen ja muovikassien käytön vähentämiseen.

Ohjauskeinon tyyppin valinnan ohella vaikuttaa olennaisesti sen toteutus. Hyvin suunniteltu ja toteutettu heikompi keino voi tuottaa paremmat tulokset kuin huiloiden suunniteltu ja toimeenpantu sinänsä hyväkin keino. Joissakin tapauksissa ohjauskeinoa kannattaa ensin kokeilla rajallisessa laajuudessa ja muokata saatujen kokemusten perusteella.

Ohjaukeinoja sovelletaan usein kansallisella tasolla. Monia keinoja voi kuitenkin hyödyntää myös paikallisesti, EU-tasolla tai jopa kansainvälisesti.

Vaikuttava ja tehokas ohjaus on usein ennakoitavaa, pitkäjänteistä, johdonmukaista, selvää, tasapuolista, teknologianeutraalia ja mahdollisimman markkinaehtoista. Usein keinojen punninnassa painavat myös yleiset yhteiskunnalliset tavoitteet kuten eriarvoisuuden hillitseminen, kilpailukyvyyn turvaaminen ja julkisten menojen karsinta.

Ohjaukeinoja kannattaa usein ottaa käyttöön vaiheittain niin, että toimijoilla on mahdollisuus niihin sopeutua. Keinoja kannattaa usein myös yhdistellä, koska niiden yhteisvaikutus voi olla suurempi kuin tekijöidensä summa.

### 3.1.2 Menetelmät

Tämä selvitys tehtiin keväällä ja kesällä 2017 pääosin kirjallisuuskatsauksena, jossa lähtökohtana olivat eri maiden tilannetta käsittelevät kokoomaraportit ja Euroopan fosforifoorumin aineisto. Sen lisäksi käytiin läpi maakohtaisia tietoja, jotka koostuivat internetsivuista, raporteista ja lainsäädännöstä sekä niitä selittävästä katsauksista. Kirjallisuuskatsausta täydennettiin ottamalla henkilökohtaisesti yhteyttä alan kansainvälisiin asiantuntijoihin. Lista käytetyistä asiantuntijoista on lähdeluettelon alussa.

Selvitykseen valittiin joukko maita, joiden puhdistamolietteen käsittelymenetelmät ja lainsäädäntö vaihtelevat. Mukaan otettiin sekä sellaisia maita, joiden tilanne muistuttaa Suomea, että maita, joiden ohjaukeinoista oletettiin löytyvän uusia ja mielenkiintoisia ratkaisuja. Mukana selvityksessä olivat EU-maista Belgia (Flanderin alue), Ruotsi, Saksa, Tanska ja Viro. EU:n ulkopuolisista maista mukana oli Sveitsi. Näiden lisäksi käsitellään Itävallan ja Alankomaiden tilannetta niiltä osin kuin maissa on mielenkiintoisia ohjaukeinoja.

Selvityksessä tarkastellaan erityisesti puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen sekä lannoitevalmisteisiin liittyvää lainsäädäntöä ja ohjaukeinoja. Lisäksi tarkastellaan maatalouden ympäristökijärjestelmää ja muita aiheeseen liittyviä ohjaukeinoja. Ohjaukeinoista ovat mukana lainsäädännölliset ja taloudelliset ohjaukeinot sekä informaatio-ohjaus ja vapaaehtoiset sopimukset.

## 3.2 Kansainväliset ja EU-tason puitteet

### 3.2.1 EU:n lannoiteasetus

EU:n voimassa oleva lannoiteasetus (EY 2003/2003) koskee vain epäorgaanisia lannoitteita ja osaa kalkitusaineista. Se ei tällä hetkellä kata orgaanisia lannoitevalmisteita lainkaan. Voimassa oleva lannoiteasetus takaa asetuksen piiriin kuuluvien lannoitteiden vapaan liikkuvuuden sisämarkkinoilla. Orgaanisten lannoitevalmisteiden kauppa jäsenmaiden välillä vaatii tällä hetkellä jäsenmaiden vastavuoroista tunnustamista. (Euroopan komissio 2016)

Maaliskuussa 2016 laadittu lannoiteasetuksen uudistusluonnos sisältää sekä orgaanisia että epäorgaanisia lannoitevalmisteita. Asetusluonnoksessa on määritelty neljä orgaanisten lannoitteiden luokkaa: kiinteä orgaaninen lannoite, nestemäinen orgaaninen lannoite, kiinteä orgaaninen kivennäislannoite ja nestemäinen orgaaninen kivennäislannoite. Lisäksi asetusluonnoksessa on omina luokkinaan orgaaniset maanparannusaineet, kasvualustat ja lannoitevalmisteiden mekaaniset seokset. Uuden lannoiteasetuksen liitteessä määritellään hyväk-

syttävät ainesosat, esimerkiksi komposti, mädäte ja lanta. Puhdistamoliete on tällä hetkellä rajattu pois sallituista ainesosista eikä se myöskään ole kompostin ja mädätteen sallittujen raaka-aineiden joukossa. (Euroopan komissio 2016) Lannoiteasetuksen ainesosalistaa täydennetään tulevaisuudessa sen jälkeen, kun komission tutkimusosasto JRC on arvioinut niiden turvallisuuden. Struviitti, biohiili ja tuhkapohjaiset materiaalit kuuluvat tälle täydennyslistalle, jos arvio niistä on positiivinen ja komissio tekee niistä muutosehdotuksen. (Jalava 2017) Keskustelu struviitin, biohiilen ja tuhkan hyväksyminen kriteereistä ja siitä, hyväksytäänkö puhdistamoliete näiden ja erityisesti tuhkan raaka-aineeksi, on elokuun lopussa 2017 vielä kesken (ESPP 2017g).

Lannoiteasetuksen uudistus oli keväällä 2017 Euroopan parlamentin valiokuntien käsittelyssä (sisämarkkinoiden toiminnasta ja kuluttajansuojasta vastaava valiokunta IMCO, ympäristöasioista vastaava valiokunta ENVI ja maatalousasioista vastaava valiokunta AGRI). Syksyllä 2017 uudistusta käsitellään parlamentin täysistunnossa. Tämän jälkeen asia siirtyy jäsenmaiden ministereistä koostuvalle maatalousneuvostolle. (ESPP 2017e, Jalava 2017)

Asetusehdotuksessa eri tuoteluokille on määritelty haitallisten aineiden enimmäispitoisuuksien raja-arvot ja orgaanisille lannoitevalmisteille myös hygieniakriteerit. (Euroopan komissio 2016) Komissio edellyttää, että puhdistamolietteen käsittelyssä on tapahduttava kehitystä ja uusia teknologioita on saatava käyttöön, jotta puhdistamoliete saataisiin ainesosaluokissa sallituksi raaka-aineeksi. Myös orgaaniset haitalliset aineet, lääkkeet, hormonit ja mikro-muovit on tällöin otettava huomioon ja niille on mahdollisesti tultava raja-arvot. Uusien menetelmien arviointi tapahtuu JRC:n asiantuntijakäsittelyn kautta. (Salminen 2017)

Keskustelua käydään mm. asteittain tiukkenevasta kadmiumin raja-arvosta, joka olisi komission ehdotuksen mukaan asetuksen voimaan astuttua 60 mg/kg  $P_2O_5$  (fosforipentoksidi), 3 vuoden kuluttua 40 mg/kg  $P_2O_5$  ja 12 vuoden kuluttua 20 mg/kg  $P_2O_5$ . (Jalava 2017) Käytännössä se sulkisi pois paljon kadmiumia sisältävät fosfaattilannoitteet, joiden raaka-aine on peräisin mm. Marokosta, tai sitten ne pitäisi puhdistaa. Voimassa olevassa lannoiteasetuksessa ei ole määritelty raskasmetalleille raja-arvoja.

### 3.2.2 Jätevesilietedirektiivi

Jätevesilietedirektiivi (Neuvoston direktiivi ympäristön, erityisesti maaperän, suojelusta käytettäessä puhdistamolietettä maanviljelyssä 86/278/ETY) säätelee puhdistamolietteen käyttöä maataloudessa. Liete on käsiteltävä ennen sen käyttöä maanviljelyssä. Jäsenmaat voivat sallia käsittelemättömän lietteen käytön tietyn ehdoin, jos liete muokataan heti maahan. Direktiivin liitteissä on määritelty raskasmetallien raja-arvot sekä levitettävälle lietteelle ja vuotuiselle levitysmäärälle että vastaanottavalle maaperälle. Monet jäsenmaat ovat säätäneet direktiiviä tiukempia käyttörajoituksia ja raja-arvoja (ks. luku 3.11.1).

### 3.2.3 Jätedirektiivi

Jätedirektiivin (Direktiivi 2008/98/EY jätteistä) periaate kierrätyksen mahdollistamiseksi on, että jäte voidaan prosessoida niin, että se ei enää ole jätettä, vaan tuote, erityisten jätteen luokittelun päättymisen kriteerien mukaan (End-of-Waste, EoW). Nämä kriteerit määritellään joko EU:n tai kansallisella tasolla. Jätteen luokittelun päättymisen kriteerien asettaminen edellyttää, että tuotteelle on markkina tai kysyntä, tuotetta käytetään yleisesti tiettyyn tarkoitukseen ja tuote täyttää tietyn tarkoituksen tekniset vaatimukset. (ESPP 2013, 3) Hyödyntämisen määritelmä jätedirektiivin 6.1 artiklassa kattaa kaikenlaisen kierrätyksen ja eloperäisen materiaalin uudelleen käsittelyn. (ESPP 2013, 5)

Jätteeksi luokittelun päättymisen periaate helpottaa tuotteeksi määritellyn käsitellyn jätteen kauppaa ja käyttöä. Käsitteilylaitokselta edellytetään tarkkaa dokumentointia, mutta valmista tuotetta voidaan myydä ilman dokumentointia alkuperästä.

Läheisyysperiaate (subsidiariteetti) mahdollistaa sen, että eri maissa on erilaisia jätteeksi luokittelun päättymisen kriteerejä. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa jätteeksi luokittelun päättymisen laatukriteerit biokaasun mädätysjäännökselle sulkevat pois jätevesilietteen. Ranskassa taas on omat jätteeksi luokittelun päättymisen kriteerit komposteille, joiden raaka-aineena on kokonaan tai osittain jätevesiliete. Se, mikä määritellään tuotteeksi yhdessä maassa, on jätettä toisessa maassa, mikä haittaa maiden välistä kauppaa. (ESPP 2013, 3) Jätteeksi luokittelun päättymisen status koskee materiaalin tiettyä käyttötapaa, ja tämänkin vaihtelee maittain. (ESPP 2013, 2)

Jätteeksi luokittelun päättymisen kriteerien perustana oleva haitattoman hyödyntämisen periaate tarkoittaa, että tuote on turvallinen, siihen ei liity riskiä haitoista ihmisille, ympäristönsuojelu varmistetaan eikä terveyshaittoja tule. Kun haittojen välttäminen on ensisijainen periaate, arvokkaiden resurssien kierrätyksen helpottamiseen ei ole kiinnitetty erityistä huomiota (ESPP 2013, 3). EU:n uuden lannoiteasetuksen luonnoksen artikla 18 määrittelee jätteeksi luokittelun päätyneeksi, jos ravinteiden talteenotto-prosessin tuloksena tuotettu lannoitotuote on CE-merkitty ja täyttää asetuksen vaatimukset. (Euroopan komissio 2016) Tätä kautta siis voidaan myös täyttää jätedirektiivin artiklan 6.1 vaatimukset.

### 3.2.4 REACH-asetus

EU:n kemikaaliasetus REACH (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista 1907/2006) on suoraan jäsenmaita sitovaa lainsäädäntöä (Tukes 2016a).

REACH-asetus velvoittaa kemikaaleja valmistavat ja maahantuovat yritykset arvioimaan aineiden käytöstä aiheutuvat riskit ja ohjeistamaan niiden turvalliseen käyttöön. Kemialliset aineet on rekisteröitävä Euroopan kemikaalivirastossa ennen yhden tonnin vuosituotannon aloittamista tai välittömästi tuotannon alettua. (MMM 2008) REACH-asetus ei koske jätettä, joten sen piiriin kuuluvat vain aineet, jotka ovat jätedirektiivin mukaisesti lakanneet olemasta jätettä (Tukes 2016b). Lannoitevalmistesektorilla asetus koskee epäorgaanisten lannoitevalmisteiden raaka-aineiden lisäksi sellaisia orgaanisia lannoitevalmisteita, jotka on käsitelty siten, että ne ovat valmistusprosessin aikana muuttuneet kemiallisesti. Käsitteilyksi ei lueta esimerkiksi konsentroitua tai epäpuhtauksien poistamista. (MMM 2008)

Komposti ja biokaasu on vapautettu rekisteröintivelvollisuudesta (REACH-asetuksen Liite V, kohta 12). Biokaasun käsittelyjäännös (määdäte) kuuluu vielä REACH-rekisteröintivelvoitteen piiriin, mutta sitä luopumista valmistellaan komissiossa (Salminen 2017). Biohiili ja orgaanisten jätteiden poltosta syntyvä tuhka ja niistä valmistetut tuotteet on sitä vastoin rekisteröitävä. Rekisteröintivelvoite koskee myös talteen otettua fosforia ja siitä valmistettuja tuotteita. (ESPP 2013)

Talteen otettujen aineiden osalta sovelletaan REACHissa poikkeusta, jonka mukaan ei ole tarpeen rekisteröityä, jos joku muu on jo rekisteröinyt saman aineen. Tässä tapauksessa ainetta hyödyntävällä laitoksella on oltava rekisteröidystä aineesta riittävät tiedot. Aineen on sovittava rekisteröidyn aineen määritelmään (aineen samuus). (Tukes 2016b) Esimerkiksi struviitti on hyväksytty niiden aineiden joukkoon, joihin tätä poikkeusta sovelletaan. Berlin Wasserbetrieb on rekisteröinyt struviitin, ja rekisteröinti kattaa mistä tahansa jätevirrasta,

millä tahansa prosessilla tuotetun struviitin, jonka puhtausaste on vähintään 80 %. Muiden struviitin tuottajien ei siten tarvitse tehdä rekisteröintiä, mutta heidän on osoitettava aineen samuus riittävillä analyyseilla. (ESPP 2013, ESPP 2017d)

### 3.2.5 HELCOMin suositus puhdistamolietteen käsittelystä

Itämeren suojelukomissio HELCOM antoi maaliskuussa 2017 suosituksen puhdistamolietteen käsittelystä. Suosituksen tavoitteena on tarjota sopimusmaiden hallituksille suuntaviivoja puhdistamolietteen sisältämien arvokkaiden aineiden ja energiasisällön hyödyntämiseen samalla kuin haitallisten aineiden ympäristö- ja terveysvaikutukset minimoidaan. Suosituksen on tarkoitus tukea kansainvälistä yhteistyötä ja taloudellisten ohjauskeinojen käyttöönottoa. Suositus ottaa vahvasti kantaa fosforin talteenoton puolesta. Tämä pitäisi ottaa huomioon lietteen käsittelyssä, uusien laitosten suunnittelussa ja poltetun lietteen tuhkan käsittelyssä. (HELCOM 2017) HELCOMin osapuolten tulee raportoida säännöllisesti säädös- ja muista toimenpiteistä, joiden avulla suosituksia toteutetaan, sekä niiden vaikuttavuudesta (ESPP 2017a).

Kyseessä on fosforin hyödyntämisen lähtölaukaus ja keskustelunavaus tilanteessa, jossa on vielä teknisiä rajoituksia. HELCOMin on tarkoitus tämän suosituksen myötä alkaa kerätä tietoa ja käynnistää raportointi puhdistamolietteen käsittelystä. Tiedonkeruu ja raportointi sisältää myös fosforin talteenoton jätevesistä, puhdistamolietteestä ja tuhkasta. (Kaasinen 2017)

## 3.3 Belgian Flanderin alue

Tässä selvityksessä käsitellään Belgian liittovaltion tason ohjauskeinoja sekä Flanderin alueen ohjauskeinoja.

### 3.3.1 Puhdistamolietteen käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot

Puhdistamoliettedirektiivi on Flanderin alueella toimeenpantua materiaalikierron ja jättemateriaalien kestävän hallinnan asetuksen eli VLAREMAN kautta. VLAREMAssa määritellään epäorgaanisten ja orgaanisten haitta-aineiden raja-arvot jäteperäisille lannoitteille ja kasvu-alustoille. (ARBOR 2015) Raskasmetallien raja-arvoja on esitetty taulukossa 3.1. Lisäksi on käytössä raja-arvot useille orgaanisille yhdisteille (taulukko 3.2.). Puhdistamoliete kuuluu tähän kategoriaan, ja raja-arvojen lisäksi puhdistamolietteen käsittelystä ennen maatalouskäyttöä on tarkat määräykset. (VLAREMA 2012)

Flanderin alueella puhdistamolietteen suora käyttö maataloudessa on kielletty. Käsiteltyä lietettä voi levittää vain maille, jotka alittavat raskasmetallien enimmäispitoisuudet, joiden asettamisessa voidaan ottaa huomioon maaperän pH, orgaanisen aineksen määrä ja saven määrä. Lietettä saa levittää vain maille, joiden pH ylittää 6, ellei lietteen haponsidonta-arvo (acid binding value) ole yli 25. Arseenin määrä ei saa myöskään ylittää arvoa 22 mg/kg kuiva-ainetta. (European Commission 2012)

Käsittelyyn hyväksytään aerobinen stabilointi, mesofiilinen mädätys 15 päivän ajan, fermentointi, terminen kuivaus ja kalkkistabilointi. Lietettä ei saa levittää alle kuuden viikon sisällä

siitä, kun maata käytetään laiduntamiseen tai rehun korjaamiseen. (European Commission 2012)

### Taulukko 3.1. Raskasmetallien raja-arvot maataloudessa käytettävälle puhdistamolietteelle Flanderin alueella (European Commission 2012).

	Maaperässä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lietteessä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lisäys maaperään kg/ha/v (direktiivi)
kadmium	0,9 (1–3)	6 (20–40)	0,012 (0,15)
kupari	49 (50–140)	375 (1 000–1 750)	0,75 (12)
nikkeli	18 (30–75)	50 (300–400)	0,1 (3)
lyijy	56 (50–300)	300 (750–1 200)	0,6 (15)
sinkki	162 (150–300)	900 (2 500–4 000)	1,8 (30)
elohopea	1,3 (1–1,5)	5 (16–25)	0,01 (0,1)
kromi	46 (-)	250 (-)	0,5 (-)

### Taulukko 3.2. Orgaanisten haitta-aineiden raja-arvot jäteperäisille lannoitteille ja kasvualustoille Flanderin alueella. Raja-arvot koskevat mm. maataloudessa käytettävää puhdistamolietettä (VLAREMA 2012).

Pitoisuus mg/kg kuiva-ainetta, jollei toisin mainita	
Monosykliset aromaattiset hiilivedyt: bentseeni, etyylibentseeni, styreeni, tolueni ja ksyloleeni	1,1 kutakin ainetta
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH):	
Bentso(a)antraseeni	0,68
Bentso(a)pyreeni	1,1
Bentso(ghi)peryleeni	1,1
Bentso(b)fluoranteeni	2,3
Benzo(k)fluoranteeni	2,3
Kryseiini	1,7
Fenantreeni	0,9
Fluoranteeni	2,3
Indeno(1,2,3cd)pyreeni	1,1
Naftaleeni	2,3
Monosykliset aromaattiset hiilivedyt: Mono-, di-, tri-, tetra-, penta- ja heksaklooribentseeni, 1,2-dikloorietaani, di-, tri- ja tetra-kloorimetaani, tri- ja tetrakloorieteeni, vinyylkloridi, 1,1,1 ja 1,1,2 -trikloorietaani, cis+trans-1,2 -dikloorietaani	4,6 µg/kg tuorepainosta, kutakin ainetta
Muut orgaaniset aineet:	
Heksaani, heptaani, oktaani	110 µg/kg tuorepainosta
Polyklooratut bifenyylit (PCB 7 kongeneerin summa)	16 µg/kg tuorepainosta
Mineraaliöljy C10-C20	11,2 mg/kg tuorepainosta
Mineraaliöljy C20-C40	112 mg/kg tuorepainosta

### 3.3.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot

Belgian liittovaltion tason laki lannoitteiden, maanparannusaineiden ja kasvualustojen kaupasta vuodelta 2013 sääntelee maan sisäistä lannoitekauppaa. Vain lain liitteessä I mainitut lannoitteet hyväksytään kaupalliseen käyttöön. Liitteessä on myös lannoitteiden ominaisuuksiin liittyviä vaatimuksia. Jos lannoite ei ole mukana listalla, liittovaltion Kansanterveys-, ruokaturvallisuus- ja ympäristöministeriö voi myöntää poikkeusluvan. Liittovaltion ruokaturvallisuusvirasto valvoo lannoitekauppaa ja säädöksiä noudattamista. (ARBOR 2015) Liitteessä I on lueteltu myös orgaanisia lannoitteita ja omana kategorianaan jätevesiliete. Orgaanisten lannoitteiden joukossa ei ole muita korkean fosforipitoisuuden (yli 2 % P) kierrätyslannoitteita kuin luujauho. Liitteessä määritellään myös laatuvaatimukset kullekin lannoite-

tetyypille. Jätevesilietteen osalta vaatimukset eivät ole yhtä tiukkoja kuin Flanderin alueella. (Le gouvernement belge 2013)

Flanderin alueella VLAREMA määrittelee hyväksyttävät jäteperäiset lannoitteet ja kasvu-alustat. Jätevirasto OVAM voi myöntää tähän poikkeuslupia, mutta VLAREMAssa olevia raja-arvoja ei saa ylittää. OVAM on myöntänyt poikkeuslupia perunanjalostuksen jätevesistä jalostetulle struviitille. (De Clercq ym. 2015)

### 3.3.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä

Flanderin alueen kauden 2014–2020 maatalouden ympäristökorvausjärjestelmässä ei ole ravinteiden kierrätykseen tai kierrätysravinteiden käyttöön liittyviä toimenpiteitä (Flemish Government 2015).

## 3.4 Ruotsi

### 3.4.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot

Ruotsissa asetetaan ympäristöasioissa välitavoitteita (etappmål), joiden kautta tavoitellaan laajempia ympäristötavoitteita (miljömålen) ja sukupolvitavoitetta (generationsmålet). Osana ympäristötavoitteiden asettamista Ruotsi asetti vuonna 2005 välitavoitteen, että vuoteen 2015 mennessä vähintään 60 % jäteveden sisältämästä fosforista kierrätettäisiin tuottavalle maalle, vähintään puolet siitä maatalousmaalle. Fosforin kierrätys lisääntyi, mutta tavoitetta oli vaikea toteuttaa ja jätevesilietteen maatalouskäytön turvallisuudesta käytiin keskustelua. (Abdulai ym. 2015, Sveriges regering 2012)

Tämän keskustelun perusteella osana ympäristötavoitteiden uusimistyötä laadittiin uusi, realistisempi ja riskit paremmin huomioiva välitavoite-ehdotus, jonka mukaan vuoteen 2018 mennessä vähintään 40 % jäteveden sisältämästä fosforista otetaan talteen ja käytetään kasviraavinteena viljelymaalla, ilman että ihmisiä tai ympäristöä altistetaan epäpuhtauksille, joihin liittyy haitallisuusriski (Naturvårdsverket 2013, 127). Tätä tavoitetta Ruotsin hallitus ei ole kuitenkaan hyväksynyt, eikä se ole mukana ympäristöön liittyvien välitavoitteiden joukossa (Naturvårdsverket 2017).

### Taulukko 3.3. Raskasmetallien raja-arvot maataloudessa käytettävälle lietteelle Ruotsissa (European Commission 2012).

	Maaperässä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lietteessä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lisäys maaperään kg/ha/v (direktiivi)
kadmium	0,4 (1–3)	2 (20–40)	0,00075 (0,15)
kupari	40 (50–140)	600 (1 000–1 750)	0,3 (12)
nikkeli	30 (30–75)	50 (300–400)	0,0025 (3)
lyijy	40 (50–300)	100 (750–1 200)	0,0025 (15)
sinkki	100 (150–300)	800 (2 500–4 000)	0,6 (30)
elohopea	0,3 (1–1,5)	2,5 (16–25)	0,0015 (0,1)
kromi	60 (-)	100 (-)	0,04 (-)



Ruotsin kansallisen lainsäädännön mukaiset raja-arvot maataloudessa käytettävälle puhdistamolietteelle on esitetty taulukossa 3.3. Ruotsissa, toisin kuin Suomessa ja Tanskassa, käsittelemätöntä lietettä voi käyttää maataloudessa, jos se sekoitetaan maahan 24 tunnin kuluessa levittämisestä eikä käyttö aiheuta haittaa paikallisille asukkaille. Maata saa käyttää laitumena ja rehusadon korjaamiseen aikaisintaan kymmenen kuukauden kuluttua lietteen levittämisestä. (European Commission 2012)

Ruotsissa on luotu jätevedenpuhdistamoille REVAQ-sertifiointijärjestelmä, jonka tarkoituksena on vähentää jätevedenpuhdistamoille tulevien haitallisten aineiden määrää ja lisätä turvallista ravinteiden kierrätystä. Järjestelmä on toiminut vuodesta 2008 lähtien. Nykyisin sitä ylläpitävät Svenskt Vatten, viljelijäjärjestö LRF, elintarvikeyritysten liitto Livsmedelsföretagen ja päivittäistavara-kaupan liitto Svensk Dagligvaruhandel. Järjestelmä asettaa tiukat vaatimukset sekä jätevedenpuhdistamoille että niistä tulevan lietteen laadulle. Sertifioidun puhdistamon pitää tietää sisään tulevan jäteveden koostumus ja siinä olevien haitta-aineiden mahdolliset lähteet sekä tehdä aktiivista työtä näiden lähteiden kontrolloimiseksi. Tähän kuuluu mm. yritysten ja mm. sairaaloiden kanssa tehtävä työ ja kotitalouksien neuvonta. (Svenskt vatten 2017)

Lietteen laatua valvotaan sertifiointijärjestelmän mukaisesti ja vain ne erät, jotka täyttävät laatukriteerit, hyväksytään sertifioituna maatalouskäyttöön. Levityksen maksimimäärä on vuoden 2017 säännöissä 738 kg kuiva-ainetta vuodessa hehtaaria kohden, jotta kriittisten alkuaineiden raja-arvot eivät ylitä. Järjestelmässä mukana olevat organisaatiot haluavat rajoittaa lietteen maatalouskäytön vain sertifioinnin piiriin kuuluviin lietteisiin. Noin puolet Ruotsissa tuotettavasta jätevesilietteestä on sertifioinnin piirissä. (REVAQ 2017, Svenskt vatten 2017) Sertifiointijärjestelmä parantaa lietteen laatua ja hälventää pelkoja.

### **3.4.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot**

Ruotsissa ei ole kansallista lannoitevalmistelainsäädäntöä. Ruotsin kemikaaliasetuksessa (1998:944) säädetään fosforia sisältävien lannoitevalmisteiden kadmiumpitoisuuden enimmäismäärä. (Sundin 2017)

### **3.4.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä**

Ruotsin kauden 2014–2020 maatalouden ympäristökorvausjärjestelmässä ei ole ravinteiden kierrätykseen tai kierrätysravinteiden käyttöön liittyviä toimenpiteitä (Regeringskansliet 2016).

### **3.4.4 Muut fosforin kierrätykseen liittyvät ohjauskeinot**

Ruotsissa oli vuodesta 1984 vuoteen 1994 käytössä kaupallisen lannoitteen fosforipitoisuuden perustunut maksu. Vuonna 1994 fosforimaksu poistettiin ja sen sijaan alettiin periä fosforilannoitteen kadmiumpitoisuuteen perustuvaa veroa. Vuonna 2003 se oli suuruudeltaan 0,30 SEK per kadmiumgramma lannoitteesta, jonka kadmiumpitoisuus ylitti 5 g fosforitonnin kohden. Vero koski vain epäorgaanisia lannoitteita. Verovelvollisia olivat lannoitteiden jakelijat, valmistajat ja maahantuojat. (Sveriges regering 2003, Sveriges regering 2016) Tämä vero poistettiin vuonna 2010 yhdessä typpilannoitteisiin kohdistuneen veron kanssa siksi, että lannoiteveron ohjausvaikutus katsottiin rajalliseksi ja sen katsottiin haittaavan ruotsalaisen maatalouden kilpailukykyä. Kadmiumveron on kuitenkin todettu vähentäneen

kadmiumin joutumista peltomaahan. Erilaisia raskasmetallien ja muiden haitallisten aineiden verotusmalleja selvitetään parhaillaan. (ATL 2015, Sveriges regering 2016)

## 3.5 Saksa

### 3.5.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjaukset

Saksan liittovaltion parlamentti hyväksyi 24.5.2015 uuden jätevesilietteasetuksen, joka velvoittaa fosforin talteenottoon puhdistamolietteestä kaikissa puhdistamoissa, jotka vastaavat kooltaan yli 50 000 henkilön jätevesiä. Velvoite koskee noin 500 puhdistamoita, joissa syntynyt liete sisältää noin 66 % kaikesta Saksassa syntyvän jätevesilietteen fosforista. Asetus antaa puhdistamoille 12–15 vuoden siirtymäkauden velvoitteen täyttämiseksi. Vuoteen 2023 mennessä niiden puhdistamoiden, joita fosforin talteenottovelvoite koskee, tulee kehittää talteenottokonsepti. Vain asetettua rajaa pienemmät puhdistamot voivat jatkossa levittää lietettä maaperään ja uusi asetus tiukentaa näiden lietteiden orgaanisten haitta-aineiden raja-arvoja. (BMUB 2017, ESPP 2017b, ESPP 2017f)

#### Taulukko 3.4. Raskasmetallien raja-arvot maataloudessa käytettävälle lietteelle Saksassa (European Commission 2012).

	Maaperässä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lietteessä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lisäys maaperään kg/ha/v (direktiivi)
kadmium	1,5 (1–3)	10 (20–40)	- (0,15)
kupari	60 (50–140)	800 (1 000–1 750)	- (12)
nikkeli	50 (30–75)	200 (300–400)	- (3)
lyijy	100 (50–300)	900 (750–1 200)	- (15)
sinkki	200 (150–300)	2 500 (2 500–4 000)	- (30)
elohopea	1 (1–1,5)	8 (16–25)	- (0,1)
kromi	100 (-)	900 (-)	- (-)

#### Taulukko 3.5. Orgaanisten haitta-aineiden raja-arvot maataloudessa käytettävälle puhdistamolietteelle Saksassa (Mininni & Dentel 2013).

	mg/kg kuiva-ainetta
AOX	500
PCBt	0.2 kullekin kongeneerille
PCDD/F <sup>1</sup>	100 ng/kg kuiva-ainetta

<sup>1</sup>=polyklorinoidut dibentsodioksiinit ja dibentsofuraanit.

Saksan kansallisen lainsäädännön mukaiset puhdistamolietteen maatalouskäytön raskasmetallien raja-arvot on esitetty taulukossa 3.4. Saksassa on käytössä raja-arvoja myös joillekin orgaanisille haitta-aineille (Taulukko 3.5). Saksassa puhdistamolietettä voidaan levittää maa- ja puutarhatalouskäytössä oleville maille enintään viisi tonnia hehtaaria kohti kolmen vuoden aikana (kuiva-aineksen painolla mitattuna), siis 1,66 t/ha/v. Käsittelemättömän lietteen käyttö on kielletty. Lietettä ei saa levittää niityille ja laidunmaille. Jos maaperän pH on alle 6, kadmiumille asetettu raja-arvo on 1 mg/kg ja sinkille 150 mg/kg kuiva-ainetta. (European Commission 2012)

Lietettä käsitellään yleensä yhdistämällä eri menetelmiä, joita ovat mm. mädätys, vanhentaminen, kemiallinen stabilointi ja terminen käsittely. Velvoitteista on vapautettu puhdistamot, joiden kapasiteetti vastaa alle tuhatta henkilöä. (European Commission 2012)

### 3.5.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot

Saksassa lannoitteiden ja lannoitevalmisteiden valmistamista, kauppaa ja käyttöä säätelee kansallinen lannoitelaki (Düngegesetz, DG) ja sen alainen lannoitevalmisteasetus (Düngemittelverordnung, DüMV), joka on vuodelta 2008 ja jota on muutettu vuonna 2012. Se määrittelee kriteerit lannoitevalmisteiden markkinoille saattamiselle. Talteen otettu fosfori (mukaan lukien struviitti) on luokiteltu asetuksen liitteessä II luokkaan 6.2.4. ”fosfaattisaosteet” (Phosphatfällung).

Vuonna 2008 liittovaltion ruoka- ja maatalousministeriö hyväksyi Berliinin Waßmannsdorfin jätevedenpuhdistamolta peräisin olevan struviitin lannoitevalmisteasetuksen mukaiseksi epäorgaaniseksi fosforilannoitteeksi. Muiden struviittituotteiden tulee täyttää samat kriteerit. (De Clercq ym. 2015)

### 3.5.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä

Saksassa maaseudun kehittämissuunnitelmat, joiden osa maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä on, on laadittu osavaltiotasolla. Kansallisella tasolla on määritelty puitteet ja joitakin yhteisiä toimenpiteitä, joita osavaltiot toteuttavat halutessaan. Saksassa ei kansallisella tasolla ole kauden 2014–2020 maatalouden ympäristökorvausjärjestelmässä ravinteiden kierrätykseen tai kierrätysravinteiden käyttöön liittyviä toimenpiteitä. (NRR 2014)

Osavaltiotasolla tässä selvityksessä käytiin läpi Brandenburgin ja Berliinin sekä Schleswig-Holsteinin ympäristökorvaussuunnitelmat. Niistä ei kummastakaan löytynyt ravinteiden kierrätykseen tai kierrätysravinteiden käyttöön liittyviä toimenpiteitä. (Land Brandenburg 2015, Land Schleswig-Holstein 2016)

### 3.5.4 Muut fosforin kierrätykseen liittyvät ohjauskeinot

Saksassa Baden-Württembergin osavaltion EAKR-ohjelman puitteissa tuetaan fosforin kierrätystä erityisesti puhdistamolietteilistä ja lietteen poltosta syntyvästä tuhkasta. Tuki kohdistuu käyttökelpoisten ja taloudellisesti kannattavien prosessien kehittämiseen. Tukea voi saada koelaitoksiin ja suuren mittakaavan teknisiin pilotteihin. Tukea voivat saada yritykset, kunnat, kuntayhtymät tai kunnalliset liikelaitokset. Yksityisten yritysten tukitaso on 50 % hyväksyttävistä kustannuksista, enintään 800 000 €/projekti. Kuntien, kuntayhtymien ja kunnallisten liikelaitosten tukitaso on enintään 80 % hyväksyttävistä kustannuksista: 50 % ja enintään 4 000 000 € EAKR-varoista ja 30 % kansallista rahoitusta. (Umweltministerium Baden-Württemberg 2015) Tämän tuen haku oli auki syksyllä 2016. (Land Baden-Württemberg 2016) Tähän tarkoitukseen on käytettävissä 8 miljoonaa euroa EAKR-rahaa ja lisäksi 4–6 miljoonaa euroa osavaltion rahaa. Maaliskuussa 2017 oli saatu kuusi hakemusta ja tavoitteena oli rahoittaa neljää suurta fosforinkierrätyslaitosta. (Laux 2017)

## 3.6 Tanska

### 3.6.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjaukset

Tanskan kansallinen jätehuoltostrategia asettaa tavoitteeksi, että 80 % jätevesilietteen fosforista kierrätetään vuoteen 2018 mennessä joko lietteenä tai tuhkana. Nykyisin 50–55 % lietteestä kierrätetään. Strategiassa yhtenä keinona mainitaan lietteestä tapahtuvan fosforin talteenoton teknologioiden kehittämisen, testauksen ja demonstroinnin rahoitus. (Danish Government 2013)

Tanskassa jätevesiliettedirektiivi on toimeenpantu asetuksella jätteen käyttämisestä maataloudessa (Miljø- og Fødevareministeriet 2006). Puhdistamolietettä saa levittää enintään 7 tonnia kuiva-ainetta hehtaarille. Lietettä ei saa levittää pellolle käsittelemättömänä, vaan se on ensin stabiloitava, kompostoitava tai pastöroitava. (Riiko & Hari 2016) Tanskan kansalliset raja-arvot maataloudessa käytettävälle puhdistamolietteelle on esitetty taulukossa 3.6. Tanskassa on määritelty raja-arvoja myös useille orgaanisille haitta-aineille (Taulukko 3.7) ja hygieeniselle laadulle. Hygieenisen laadun raja-arvot koskevat vain pastöroitua lietettä. Pastöroinnin jälkeen salmonellaa ei saa esiintyä lainkaan ja kolibakteereja (*Escherichia coli*) tai enterokokkeja saa esiintyä alle 100 pmy/g (pmy = pesäkettä muodostava yksikkö) tuorepainoa. (Miljø- og Fødevareministeriet 2006)

**Taulukko 3.6. Raskasmetallien raja-arvot maataloudessa käytettävälle käsitelylle lietteelle Tanskassa (European Commission 2012).**

	Maaperässä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lietteessä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lisäys maaperään kg/ha/v (direktiivi)
kadmium	0,5 (1–3)	0,8 (20–40)	0,01 (0,15)
kupari	40 (50–140)	1 000 (1 000–1 750)	7 (12)
nikkeli	15 (30–75)	30 (300–400)	0,21 (3)
lyijy	40 (50–300)	120 (750–1 200)	0,84 (15)
sinkki	100 (150–300)	4 000 (2 500–4 000)	28 (30)
elohopea	0,5 (1–1,5)	0,8 (16–25)	0,01 (0,1)
kromi	30 (-)	100 (-)	0,7 (-)

**Taulukko 3.7. Orgaanisten haitta-aineiden raja-arvot maataloudessa käytettävälle puhdistamolietteelle Tanskassa (Miljø- og Fødevareministeriet 2006).**

	Pitoisuus mg/kg kuiva-ainetta
Lineaariset alkyylibentseenisulfonaatit (LAS)	1 300
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) <sup>1</sup>	3
Nonyylifenoli ja nonyyliifenolietoksylaatit (NPE)	10
Di(2-ethylhexyl)ftalaatti (DEPH)	50

<sup>1</sup>=asenaftenin, fenatreenin, fluoreenin, fluoranteenin, pyreenin, bentsofluoranteenin (b+j+k), bentso(a)pyreenin, bents(ghi)peryleenin ja indeno(1,2,3-cd)pyreenin summa.

### 3.6.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjaukset

Tanskassa lannoitevalmisteiden valmistusta ja kauppaa säätelevät kansallisesti laki lannoitteista ja maanparannusaineista ym. (Bekendtgørelse af lov... 2017) sekä asetus lannoitteis-

ta ja maanparannusaineista ym. Asetuksessa on lista kaupalliseen käyttöön hyväksytyistä lannoitteista, eikä talteenotettu fosfori kuten struviitti ole tällä listalla. Määräyksistä on kuitenkin mahdollista anoa poikkeusta. (Bekendtgørelse om handel... 1977, Foged 2017)

Struviitti on kansallisesti hyväksytty lannoitteeksi Tanskassa. Sitä tuottavat Aarhus sewage works, Herning water (Suez Phosphogreen -prosessi) ja Helsingør (Véolia Struvia -prosessi) (2017d)

### 3.6.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä

Tanskan kauden 2014–2020 maatalouden ympäristökorvausjärjestelmässä ei ole ravinteiden kierrätykseen tai kierrätysravinteiden käyttöön liittyviä toimenpiteitä (Miljø- og Fødevarereministeriet 2016).

## 3.7 Viro

### 3.7.1 Puhdistamolietteen käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjaukeinot

Viron puhdistamolietteen käyttöä maataloudessa koskevassa kansallisessa asetuksessa muutoksineen määritellään käytön ehdot (Riigi Teataja 2015a). Virossa käytössä olevat raskasmetallien raja-arvot on esitetty taulukossa 3.8. Maan maaperässä on luonnostaan raskasmetalleja niukasti, joten raja-arvoja ei ole tarvinnut laskea paikallisesti maaperän metallipitoisuuksien takia. Happamille maille (pH <6) ei ole asetettu tiukempia raja-arvoja. Viro ei ole myöskään rajoittanut levitettävän lietteen enimmäismäärää. (European Commission 2012) Kolibakteeria (*Escherichia coli*) tulee olla alle 1 000 pmy/g lietettä ja loismatoja vähemmän kuin 1 kpl/10 g lietettä (Kärmas 2017).

Viro ei salli käsittelemättömän lietteen maatalouskäyttöä. Käsittelemätöntä lietettä voi käyttää viherrakentamisessa, jos se muokataan maahan tai peitetään kahden päivän sisällä. (European Commission 2012) Lietteen käsittelyssä pitää käyttää ainakin yhtä seuraavista menetelmistä: 1) aerobinen tai anaerobinen stabilointi, myös kompostointi; 2) kemiallinen tai lämpökäsittely; ja 3) mineralisaatio (Riigi Teataja 2015a).

**Taulukko 3.8. Raskasmetallien raja-arvot maataloudessa käytettävälle lietteelle Virossa (European Commission 2012, Kärmas 2017).**

	Maaperässä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lietteessä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lisäys maaperään kg/ha/v (direktiivi)
kadmium	3 (1–3)	20 (20–40)	0,15 (0,15)
kupari	50 (50–140)	1 000 (1 000–1 750)	12 (12)
nikkeli	50 (30–75)	300 (300–400)	3 (3)
lyijy	100 (50–300)	750 (750–1 200)	15 (15)
sinkki	300 (150–300)	2 500 (2 500–4 000)	30 (30)
elohopea	1,5 (1–1,5)	16 (16–25)	0,1 (0,1)
kromi	100 (-)	1 000 (-)	4,5 (-)

### 3.7.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot

Viron lannoitelaisissa (Riigi Teataja 2015b) säädetään lannoitteiden laatuvaatimuksista. Lain piiriin eivät kuulu prosessoimattomat orgaaniset lannoitteet eikä jätevesiliete sellaisenaan tai kompostoituna. Lannoitteen pitää olla rekisteröity lannoiterekisteriin tai olla merkitty EU-lannoitemerkinnällä. Vaatimukset lannoitteiden koostumuksesta on määritelty maatalousministeriön asetuksessa. (Riigi Teataja 2014) Struviittia tai puhdistamolietepohjaisia tuotteita ei ole rekisteröity Viron lannoiterekisteriin. Viron lannoitelaisissa ei ole määritelty orgaanisten lannoitteiden laatuvaatimuksia eikä orgaanisia lannoitteita siksi rekisteröidä. (Laud 2017)

### 3.7.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä

Viron kauden 2014–2020 maatalouden ympäristökorvausjärjestelmässä ei ole ravinteiden kierrätykseen tai kierrätysravinteiden käyttöön liittyviä toimenpiteitä (Estonian Government 2016).

## 3.8 Sveitsi

### 3.8.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot

Orgaanisten materiaalien sijoittaminen kaatopaikkaan on ollut kiellettyä Sveitsissä vuodesta 2000. Puhdistamolietettä ei ole käytetty maataloudessa vuoden 2006 jälkeen. Runsas neljännes lietteestä käytetään kuivatuksen jälkeen sementin tuotannossa, noin viidennes poltetaan sekajätteen mukana ja loput poltetaan erikseen. Poltosta tuleva tuhka sijoitetaan kaatopaikalle. Fosforia ei siis ole aiemmin kierrätetty.

Sveitsin jäteasetus vuodelta 2015 (VVEA, Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen) määrää, että fosfori on otettava talteen puhdistamolietteestä sekä liha- ja luujauhosta. Asetus tuli voimaan vuoden 2016 alussa. Tässä Sveitsi on ensimmäinen maa maailmassa (Nättorp & Hukari 2016). Toimeenpanolle on 10 vuoden siirtymäaika (Nättorp 2017, Nättorp 2016). Toisin kuin Saksassa ja Itävallassa, tämä säädös koskee kaikkia puhdistamoita.

Zürichin kantonissa on päätetty vuonna 2007, että puhdistamolietteestä on otettava talteen fosfori ja lietteen hyvä energiakäyttö on varmistettava (Nättorp 2016). Pelkkää lietettä polttava polttolaitos on aloittanut toimintansa vuonna 2015. Zürichin polttolaitoksen tuhkaa varastoidaan jo nyt tulevaa käyttöä varten.

### 3.8.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot

Sveitsin lannoiteasetuksessa (Dünger-Verordnung, DüV 2001) puhdistamoliete on määritelty kierrätyslannoitteeksi.

Sveitsin kemikaaliasetuksessa (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV 2005) kielletään puhdistamolietteen suora käyttö. Asetuksessa on myös säädetty tiukat rajat kierrätyslannoitteiden raskasmetallipitoisuudelle (ks. taulukko 3.10, johon on koottu useiden maiden raja-arvoja). Ne täyttävää kaupallista prosessia fosforin talteenottoon ei vielä ole. (Nättorp 2016) Kemikaaliasetuksessa määritelty epäorgaanisen fosforilannoitteen kadmiumin raja-arvo on huomattavasti korkeampi (50 g/t P) kuin kierrätyslannoitteille määritelty

raja-arvo (1 g/t lannoitetta). (ChemRRV 2015) Tämä asettaa korkean fosforipitoisuuden (yli 2 % P) kierrätyslannoitteen eriarvoiseen asemaan epäorgaanisen fosforilannoitteen kanssa. (Nättorp 2017)

Vuodelle 2018 onkin suunnitteilla kierrätettyjen epäorgaanisten lannoitteiden kategoria. Potentiaalisia materiaaleja on tuhka puhdistamolietteen, lihan, luun ja puun poltosta. Tärkeimpänä tavoitteena on rajoittaa raskasmetallien päätymistä maaperään. Tarkoituksena on helpottaa talteenotetun fosforin lannoitekäyttöä. (Nättorp 2016)

### 3.8.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä

Sveitsin maatalouden ympäristötukijärjestelmässä ei ole ravinteiden kierrätykseen tai kierrätysravinteiden käyttöön liittyviä toimenpiteitä (Zimmermann 2017).

### 3.8.4 Muut fosforin kierrätykseen liittyvät ohjauskeinot

Taloudellisia ohjauskeinoja fosforin kierrätykseen ei ole.

Informaatio-ohjausta käynnistellään: Fosforin talteenotolle on tulossa opas (implementation aid) Sveitsin liittovaltion ympäristökeskukselta (Federal Office for the Environment, FOEN). Sen sisältöä suunnitellaan tänä vuonna, ja se on todennäköisesti käytettävissä vasta vuonna 2018. (Nättorp 2016, Nättorp 2017)

Ammattikorkeakoulu Fachhochschule Nordwestschweiz organisoii tiedon jakoa ja yhteistyötä eri toimijoiden kesken, jätevedenpuhdistamoista maatalouteen, järjestämällä tapaamisia noin kaksi kertaa vuodessa alkaen 2017 (Nättorp 2017).

## 3.9 Suomi

### 3.9.1 Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot

Suomessa EU:n puhdistamolietedirektiivi on toimeenpanttu lannoitevalmistelaisissa (539/2006) ja sen nojalla annetuissa maa- ja metsätalousministeriön asetuksissa lannoitevalmisteista (24/11, muutettu 12/12 ja 7/13), lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja valvonnasta (11/12) sekä jäteasetuksessa (179/12). Ravinnetuotteen liittyviä levitysmääriä sekä levitystapaa ja -ajankohtia säädellään ns. nitraattiasetuksessa (Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014). Suomessa puhdistamolietteen tulee olla käsitelty ja sen tulee täyttää maanparannusaineiden tyyppinimikategorian laatuvaatimukset. Puhdistamolietteen maatalouskäyttö on sallittu vain sellaisella viljelymaalla, jolla kasvatetaan viljaa, sokerijuurikasta tai öljykasveja tai kasveja, joita ei yleensä käytetä ihmisravinnoksi tuoreena, syömällä maanalainen osa tai eläinten rehuksi. Nurmilevitys on sallittu vain, jos nurmi perustetaan suojaviljan kanssa ja liete mullataan huolellisesti. (Laitinen ym. 2015, MMM 2011, Vesilaitosyhdistys 2016)

Suomessa käytössä olevat raskasmetallien raja-arvot on esitetty taulukossa 3.9. Sen lisäksi Suomessa on määritelty taudinaiheuttajien enimmäismäärät. Salmonellaa ei saa olla todettavissa 25 g näytteessä ja kolibakteerin (*Escherichia coli*) määrän tulee olla alle 1 000 pmy/g lietettä ja alle 100 pmy/g ammattimaiseen kasvihuoneviljelyyn tarkoitetuissa kasvu-

alustoissa, joissa syötävät kasvinosat ovat suoraan kosketuksissa kasvualustaan. (MMM 2011)

### Taulukko 3.9. Raskasmetallien raja-arvot maataloudessa käytettävälle puhdistamolietteelle Suomessa (European Commission 2012).

	Maaperässä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lietteessä mg/kg kuiva-ainetta (direktiivi)	Lisäys maaperään kg/ha/v (direktiivi)
kadmium	0,5 (1–3)	1,5 (20–40)	0,003 (0,15)
kupari	100 (50–140)	600 (1 000–1 750)	0,6 (12)
nikkeli	60 (30–75)	100 (300–400)	0,1 (3)
lyijy	60 (50–300)	100 (750–1 200)	0,15 (15)
sinkki	150 (150–300)	1 500 (2 500–4 000)	1,5 (30)
elohopea	0,2 (1–1,5)	1 (16–25)	0,002 (0,1)
kromi	200 (-)	300 (-)	0,3 (-)

#### 3.9.2 Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot

Suomessa lannoitevalmistelaki (539/2006) säätelee yleiset lannoitevalmisteita koskevat laatuvaatimukset, jotta niitä saa valmistaa, markkinoida, käyttää ja tuoda maahan. Markkinoilla olevien lannoitevalmisteiden pitää olla joko kansallisessa tyyppimiluettelossa tai Euroopan yhteisön lannoitetyyppiluettelossa. Lain mukaisia tyyppimiryhmiä ovat epäorgaaniset lannoitteet, orgaaniset lannoitteet, kalkitusaineet, maanparannusaineet, kasvualustat, mikrobi-valmisteet ja lannoitevalmisteena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet. Tällä hetkellä rekisteröidyt puhdistamolietepohjaiset lannoitevalmisteet kuuluvat maanparannusaineiden ja sellaisenaan käytettävien sivutuotteiden tyyppimiryhmiin. (MMM 2008, Laitinen ym. 2014)

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteista (24/11, muutettu 12/12 ja 7/13) on tarkemmat lannoitevalmisteille asetettavat vaatimukset sekä tyyppimikohtaisia erityisvaatimuksia. Asetuksessa on raja-arvot raskasmetalleille ja taudinaiheuttajille (ks. kohta 3.9.1). (MMM 2008)

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja valvonnasta (11/12) säädetään tarkemmin toiminnanharjoittamiseen liittyvistä velvoitteista ja valvonnasta. Lannoitevalmisteisiin liittyvillä toiminnanharjoittajilla on ilmoitusvelvollisuus toiminnan aloittamisesta, muutoksista ja toiminnan lopettamisesta sekä omavalvontavelvollisuus, joka perustuu omavalvontasuunnitelmaan. Omavalvonnan näytteenotto ja analyysit tehdään kriittisissä valmistus- ja käsittelyvaiheissa laadun ja turvallisuuden varmistamiseksi. (MMM 2012)

#### 3.9.3 Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä

Suomen ohjelmakauden 2014–2020 maatalouden ympäristökorvausjärjestelmässä on lohkokohtainen toimenpide ravinteiden ja orgaanisen aineksen kierrättäminen, jossa peltolohkelle lisätään ravinnepitoista orgaanista materiaalia. Lisättävän materiaalin orgaanisen aineksen kuiva-ainepitoisuuden on oltava vähintään 20 %. Materiaaliksi hyväksytään vain lannoitevalmistelain mukaisia orgaanisia lannoitteita, maanparannusaineita tai kasvualustoja, toiselta tilalta hankittavaa kuivalantaa tai lannasta erotettua kuivajaetta. Lisättävän määrän on oltava vähintään 15 m<sup>3</sup>/ha/a. Levitettävän orgaanisen aineksen sisältämät typpi- ja fosforimäärät on otettava huomioon lohkon lannoitusmäärien laskennassa. Korvaustaso on



40 €/ha/a peltoalalle, jolle orgaanisia materiaaleja on levitetty. Tätä korvausta voidaan maksaa enintään 60 prosentille yhden tilan korvauskelpoisesta pinta-alasta. (MMM 2017)

Tästä puuttuu ympäristökorvauksessa oleva rajoite puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden fosforin arvostuksesta lannoituksessa (60 % kokonaisfosforista otetaan huomioon).

### **3.9.4 Muut fosforin kierrätykseen liittyvät ohjaukset**

Suomessa on erilaista hanke- ja innovaatorahoitusta ravinteiden kierrätyksen edistämiseksi. Tätä rahoitusta voidaan hyödyntää myös puhdistamolietteen sisältämän fosforin kierrätystä edistäviin hankkeisiin. Ympäristöministeriön ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskevasta Raki-ohjelmasta rahoitetaan hankkeita, jotka edistävät ravinteiden kierrätystä ja vähentävät Itämeren ravinnekuormitusta. (Ympäristöministeriö 2017) Hallituksen kärkihankkeeseen kuuluva ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelma tuo yli 12 miljoonaa euroa innovatiivisten teknologioiden ja logististen ratkaisujen kehittämiseen ja kokeiluun. Rahoitusta koordinoi Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus. (Etelä-Pohjanmaan ELY 2017) Myös TEKESin bio- ja kiertotalousteeman alla rahoitetaan ravinteiden kierrätykseen liittyviä hankkeita. Esimerkiksi BioNets-ohjelman alla on syntynyt Baltic Sea Action Groupin (BSAG) koordinoima Ravinteiden kierrätyksen läpimurto -ekosysteemi. (Tekes 2017)

## **3.10 Muut maat**

### **3.10.1 Itävaltaan suunnitteilla fosforin talteenottovelvoite**

Itävallan liittovaltion jätesuunnitelman 2017 luonnos (Bundes-Abfallwirtschaftsplan) asettaa tavoitteeksi seuraavan kymmenen vuoden aikana lopettaa sellaisen jätevesilietteen maalle levittämisen ja kompostoinnin, joka tulee kooltaan vähintään 20 000 henkilön jätevesiä vastaavista puhdistamoista. Näiden puhdistamoiden olisi otettava lietteen sisältämä fosfori talteen joko suoraan lietteestä tai polton jälkeen tuhkasta. Suunnitteilla oleva säädös koskisi 90 % Itävallan kunnallisten jätevedenpuhdistamoiden käsittelemästä fosforista. Jätesuunnitelman luonnos oli julkisesti kuultavana kevään 2017 aikana. (ESPP 2017c, Ministerium für ein Lebenswertes Österreich 2017)

### **3.10.2 Alankomaiden lannoitelaki sisältää talteenotetun fosforin**

Alankomaiden lannoitelaisissa on vuoden 2015 alusta lähtien ollut talteenotetun fosforin kategoria. Sen myötä jätevesiprosessista peräisin olevat struviitti, magnesiumfosfaatti ja dikalsiumfosfaatti hyväksytään lannoitekäyttöön, jos ne täyttävät mineraalilannoitteille asetetut raskasmetallien ja orgaanisten haitta-aineiden raja-arvot. (De Clercq ym. 2015)

Laki ei kuitenkaan takaa näille aineille jätteen luokittelun päättymistä, mikä vaikeuttaa rajan ylittävää kauppaa ja käyttöä lannoiteteollisuuden raaka-aineena (ESPP 2017d).

### **3.10.3 Alankomaissa fosforin arvoketjua koskeva sopimus ja yhteistyöalusta**

Alankomaissa on tehty vuonna 2011 fosforin arvoketjua koskeva sopimus, jossa 20 eri sidosryhmiä edustavaa organisaatiota on sitoutunut erilaisiin fosforin kierrätykseen ja markkinan

luomista edistäviin tavoitteisiin. Yksi kumppaneista edustaa valtiovaltaa. Lannoitteiden myyjä ja viejä edustaa kaksi organisaatiota, jotka ovat sitoutuneet muun muassa käyttämään kasvavan, sataa prosenttia tavoittelevan osuuden kierrätettyä fosforia tuotantoprosesseissaan (yritysten arviot sopimuksessa olivat 15–30 % vuonna 2013 ja 15 % vuonna 2015). (Phosphate Value Chain Agreement 2011.)

Osapuolten yhteistyötä organisoivalla Nutrient Platformilla on 36 jäsentä eri sektoreilta. Sen puitteissa yritykset, tutkimuslaitokset, kolmannen sektorin organisaatiot sekä julkinen valta tekevät yhteistyötä fosforin ottamiseksi talteen jätevirroista ja sen kierrättämiseksi. Alankomaiden fosforiylijäämä pyritään kääntämään ongelmasta mahdollisuudeksi.

Tavoitteena on luoda kierrätetylle fosforille markkinat, joilla

1. Mahdollisimman paljon ravinteita otetaan talteen jätevirroista (jätevesi, liete, lanta, biojäte) ja kierrätetään arvokkaiksi tuotteiksi (lannoitteet, rehut, kemikaalit).
2. Talteenotetut ravinteet viedään maan ulkopuolelle edesauttamaan maanparannusta ja ruokahuollon varmuutta, mikäli Alankomaiden markkinoilla on ylijäämää.

Käytännössä Nutrient Platformin jäsenet saavuttavat näitä tavoitteita

- Kehittämällä innovatiivisia sektorien välisiä business caseja ravinteiden kierrätyksestä
- Kehittämällä Alankomaiden ja Euroopan lainsäädäntöä, joka auttaa ”jätteen” muuttamisessa resurssiksi
- Luomalla tietoisuutta kestävästä ravinteiden hallinnasta
- Liittämällä tiedon tuottamisen kaupalliseen kysyntään

Nutrient Platform on tehnyt aloitteen European Sustainable Phosphorus Platformin (ESPP) perustamiseksi. Tämä tuo yhteen yrityksiä ja muita sidosryhmiä pohtimaan fosforihaastetta ja sen mahdollisuuksia. (Nutrient Platform NL 2017)

## 3.11 Yhteenveto ja johtopäätökset

### 3.11.1 Yhtymäkohdat Suomen lainsäädäntöön ja ohjauskeinoihin

#### **Puhdistamolietteiden käsittelyyn ja levitykseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjauskeinot**

Useat tarkastellut maat pyrkivät entistä tehokkaampaan jätevesilietteiden sisältämän fosforin kierrätykseen tai talteenottoon. Tanskassa jätehuoltostrategiaan on kirjattu tavoite, että 80 % jätevesilietteen fosforista kierrätetään vuoteen 2018 mennessä. Sveitsin lainsäädäntö velvoittaa kymmenen vuoden siirtymäajalla ottamaan fosforin talteen puhdistamolietteistä ja tuhkasta, Saksassa vastaavanlainen säädös hyväksyttiin vuonna 2017, ja Itävallassa asia on valmisteilla. Suomessa erityistä fosforinkierrätystavoitetta ei ole asetettu, vaan tavoitteena on saada puolet puhdistamolietteestä kehittyneen prosessoinnin piiriin.

Puhdistamolietteiden maatalouskäyttöön suhtaudutaan eri maissa hyvin eri lailla. EU:n jätevesilietedirektiivin (86/278/ETY) kansallinen täytäntöönpano vaihtelee. Suomessa tähän

liittyvät säädökset ovat osa lannoitevalmistelainsäädäntöä, kun taas esimerkiksi Belgian Flanderin alueella ne kuuluvat jätelainsäädäntöön ja Ruotsissa ympäristölainsäädäntöön. Useilla mailla on direktiiviä tiukempia rajoja lietteiden sisältämille raskasmetalleille (Taulukko 3.10). Suomessa kadmiumin, elohopean ja lyijyn raja-arvot ovat tiukkoja verrattuna muihin maihin ja muiden raskasmetallien osalta raja-arvot ovat keskitasoa.

**Taulukko 3.10. Raskasmetallien raja-arvoja puhdistamolietteen maatalouskäytölle muutamissa EU-maissa mg/kg kuiva-ainetta (ChemRRV 2005, European Commission 2012, Lannoitevalmisteasetus 2011, Mininni & Dentel 2013).**

	Kadmium	Kromi	Kupari	Elohopea	Nikkeli	Lyijy	Sinkki	Arseeni
Direktiivi	20–40	-	1 000– 1 750	16–25	300– 400	750– 1 200	2 500– 4 000	-
Itävalta	2–10	50–500	300–500	2–10	25–100	100– 500	1 500– 2 000	20
Belgia (Flanderin alue)	6	250	375	5	50	300	900	150
Tanska	0,8	100	1 000	0,8	30	120	4 000	25
Suomi	1,5	300	600	1	100	100	1 500	25
Puola	10	500	800	5	100	500	2 500	-
Ranska	20	1 000	1 000	10	200	800	3 000	-
Saksa	10	900	800	8	200	900	2 500	-
Alankomaat	1,25	75	75	0,75	30	100	300	15
Ruotsi	2	100	600	2,5	50	100	800	-
Viro	20	100	1 000	16	300	750	2 500	-
Sveitsi	1	-	100	1	30	120	400	-

Jotkut maat ovat asettaneet raja-arvoja myös orgaanisille haitta-aineille (Flanderin alue Belgiassa, Itävalta, Saksa, Ranska, Tanska ja Tšekki) sekä hygieeniselle laadulle (Tanska, Ranska, Suomi, Italia, Luxemburg, Viro ja Puola), mitä direktiivi ei kata. Belgian Flanderin alueella, Alankomaissa ja osassa Itävaltaa raskasmetallirajat ovat niin alhaiset, että ne sulkevat pois jätevesilietteen levityksen maaperään ja käytännössä ainoaksi käsittelyvaihtoehdoksi jää lietteen poltto (Kärmas 2017, Mininni & Dentel 2013, VLAREMA 2012). Myös EU:n ulkopuolisella Sveitsillä on tiukat raja-arvot raskasmetalleille ja sielläkin lietettä käsitellään polttamalla. Toisaalta esimerkiksi Ruotsissa on myös käsittelemättömän puhdistamolietteen käyttö sallittua direktiivin asettamissa rajoissa.

Ruotsissa on käytössä jätevesilietteen sertifiointijärjestelmä, jonka avulla pyritään parantamaan maataloudessa käytettävän lietteen puhtautta.

### Lannoitevalmisteisiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjaukset

Tarkastelluissa maissa on hyvin erilaisia lainsäädännöllisiä ratkaisuja liittyen puhdistamolietepohjaisiin lannoitevalmisteisiin. Puhdistamolietepohjaiset lannoitevalmisteet sisältyvät esimerkiksi Saksan lannoitevalmisteasetukseen, mutta esimerkiksi Virossa lannoitelainsäädäntö ei kata orgaanisia lannoitevalmisteita eikä Ruotsissa ole kansallista lannoitevalmistelainsäädäntöä lainkaan. Belgian liittovaltion laki lannoitteiden, maanparannusaineiden ja kasvualustojen kaupasta sallii puhdistamolietteen käytön, mutta Flanderin alueen haitallisten ainoiden raja-arvot ovat niin tiukat, että lietteen tai lietepohjaisten lannoitevalmisteiden käyttö ei ole käytännössä mahdollista. Suomessa puhdistamolietepohjaiset lannoitevalmisteet luokitellaan lannoitevalmistelain mukaisesti maanparannusaineisiin tai sellaisenaan käytettäviin sivutuotteisiin.

Useat tarkastellut maat ovat muuttaneet tai muuttamassa lannoitevalmisteisiin liittyviä sää-döksiä talteenotetun fosforin lannoitekäytön helpottamiseksi. Alankomaiden lannoitelaisissa on nykyisin talteenotetun fosforin kategoria. Saksan lannoitevalmisteasetuksessa talteen-otettu fosfori on luokiteltu fosforisaosteiden luokkaan. Struviitti on Saksassa rekisteröity epäorgaaniseksi fosforilannoitteeksi. Sveitsissä taas on valmistelussa vuodelle 2018 kierrä-tettyjen epäorgaanisten lannoitteiden kategoria, jonka materiaaliksi hyväksyttäisiin mm. puhdistamolietteiden poltosta syntyvä tuhka. Talteenotetun fosforin tuotteista ei ole Suo-messa valmiita tyyppinimiä, vaan tuotteiden rekisteröimiseksi on tehtävä tyyppinimihakemus, joka käy läpi normaalin hyväksymisprosessin.

### **Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä**

Suomessa on maatalouden ympäristökorvausjärjestelmässä ravinteiden ja orgaanisen ai-neksen kierrättämiseen kannustava toimenpide, ja selvityksen tekijät olettivat, että vastaavia tukimuotoja voisi olla muissakin maissa. Tarkasteltujen muiden EU-maiden tai Sveitsin maa-talouden ympäristökorvausjärjestelmistä ei kuitenkaan löytynyt ravinteiden kierrätykseen liittyviä toimenpiteitä.

### **Muut ohjauskeinot**

Suoraan jätevesilietteen sisältämän fosforin kierrättämiseen liittyviä taloudellisia ohjauskei-noja löytyi tässä selvityksessä hyvin vähän. Ainoaksi käytössä olevaksi kansainväliseksi esimerkiksi jää Saksan Baden-Württembergin osavaltion EAKR-tuki koelaitoksiin ja suuren mittakaavan teknisiin pilotteihin, jotka kierrättävät fosforia puhdistamolietteistä tai lietteen poltosta syntyvästä tuhkasta.

Kaikissa maissa on sellaisia rahoitusinstrumentteja, joiden kautta fosforin kierrätykseen liittyviä hankkeita, pilotteja tai investointeja voidaan tukea, mutta korvamerkittyä rahaa niissä ei välttämättä ole. Näihin instrumentteihin lukeutuvat EU:n aluekehitysohjelmat (erityisesti EAKR) ja maaseudun kehittämissuunnitelmat (joiden osia maatalouden ympäristökorvausjärjes-telmät ovat) sekä T&K-ohjelmat. Suomessa on selkeästi ravinteiden kierrätykseen korva-merkittyä hankerahoitusta saatavilla ja osa tästä rahoituksesta ohjautuu myös puhdistamo-lietteiden sisältämän fosforin kierrätystä tukeviin hankkeisiin.

Informaatio-ohjausta fosforin kierrätykseen tarjoaa kansainvälinen European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP). Kansallisesti esimerkiksi Sveitsi valmistelee fosforin talteenot-toon liittyvää opasta.

Alankomaissa alan toimijat ovat solmineet vapaaehtoisen sopimuksen fosforin kierrätyksen ja kierrätetyn fosforin käytön edistämiseksi.

### **3.11.2 Johtopäätöksiä**

Lainsäädännöllisten ohjauskeinojen joukossa nouseva ilmiö näyttäisi olevan fosforin tal-teenottovelvoite lietteestä tai jätevedestä. Velvoite on jo käytössä Sveitsissä ja Saksassa ja on valmisteilla Itävallassa. Tämä ratkaisee kuitenkin vasta talteenottovaiheen, mutta tuleva käyttö on vielä ratkaisematta. Velvoite kuitenkin kannustaa kehittämään uusia menetelmiä sekä talteenottoon että käyttöön, ja säädösten tyypillisesti sallima pitkä siirtymäaika antaa teknologian kehitykselle aikaa ja mahdollisuuksia. Tällaisen ohjauskeinon soveltuvuus Suomen olosuhteisiin riippuu mm. siitä, onko fosforin talteenotto puhdistamolietteestä tai jätevedestä vartenotettava teknologiavaihto ja onko syntyvälle valmisteelle kysyntää.

Taloudellisia ohjauskeinoja fosforin kierrätyksen kannustamiseksi on käytössä hyvin vähän. Oikeastaan ainoa esimerkki on Baden-Württembergin EAKR-tuki. Lisäksi mm. Ruotsissa on aiemmin ollut käytössä mineraalifosforilannoitteen verotus. Tutkimus-, kehitys- ja investointituilla on merkitystä fosforin talteenoton ja kierrätyksen edistämiseksi, mutta olisi myös tarvetta kehittää instrumentteja, joiden avulla luotaisiin kierrätysfosforille markkinoita.

Informaatio-ohjauksesta mielenkiintoinen esimerkki on Ruotsin jätevesilietteen sertifiointijärjestelmä, joka mm. tähtää jätevedenpuhdistamoille tulevien haitallisten aineiden määrän vähentämiseen. Tällainen sertifiointijärjestelmä voisi olla yksi keino lisätä turvallista puhdistamolietteiden ravinteiden kierrätystä ja lietteen maatalouskäytön hyväksyttävyyttä.

Alankomaiden fosforin arvoketjua koskeva vapaaehtoinen sopimus on taas kannustava esimerkki alan omasta toiminnasta fosforin kierrätyksen edistämiseksi ja erityisesti kierrätetyn fosforin käytön edistämiseksi. Lannoitteiden myyjiä ja viejiä edustavat organisaatiot sioutuvat siinä mm. käyttämään tietyn kasvavan osuuden kierrätettyä fosforia tuotantoprosesseissaan. Tämänkaltaisen sopimusmenettely voisi hyvin olla mahdollinen myös Suomessa.

## 3.12 Lähteet

### 3.12.1 Asiantuntijat

Henning Lyngsø Foged, WP6 Leader - policies and markets Baltic Slurry Acidification, enAgro, Denmark

Katrin Laud, Chief specialist, Registration Bureau, Plant Protection and Fertilizer department, Agricultural Board, Estonia.

Daniel Laux, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Referat 25 - Kommunale Kreislaufwirtschaft, Abfalltechnik, Deutschland.

Anders Nättorp, University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland School of Life Sciences, Institute for Ecopreneurship, Switzerland.

Susanna Kaasinen, Agri-environment Coordinator, HELCOM.

Raili Kärmas, Counsellor, Water Department, Ministry of the Environment of Estonia.

Pirjo Salminen, Neuvotteleva virkamies, Maa- ja metsätalousministeriö.

Anna Maria Sundin, Handläggare, Naturvårdsverket, Samhällsavdelningen, Hållbarhetsenheten, Sverige

Michael Zimmermann, Scientific Officer, Federal Department of Economic Affairs, Education and Research EAER, Federal Office for Agriculture FOAG, Agro-environmental Systems and Nutrients Unit, Switzerland.

### 3.12.2 Kirjalliset lähteet

Abdulai, M., Kuokkanen, A., Plank, B., Virtanen, E. & Zha, G. 2015. Circular economy of phosphorus flow. HENVI workshop 2015: Circular economy and sustainable food systems.

ARBOR. 2015. Case study report Nutrient recovery from digestate. Saatavilla osoitteessa: [http://www.vcm-mestverwerking.be/publicationfiles/ARBOR\\_Digestate\\_CaseStudyReport1.pdf](http://www.vcm-mestverwerking.be/publicationfiles/ARBOR_Digestate_CaseStudyReport1.pdf) Viitattu 13.3.2017.

ATL. 2015. Skatt på handelsgødning återförs inte. Lantbrukets Affärstidning 21.9.2015.  
<http://www.atl.nu/lantbruk/skatt-pa-handelsgodning-aterfors-inte/> Viitattu 13.3.2017.

Bekendtgørelse af lov om gødning og jordforbedringsmidler m.v. 2017. LBK nr 16 af 04/01/2017 Gældende.

Bekendtgørelse om handel med gødning og grundforbedringsmidler m.m. 2017. BEK nr 664 af 15/12/1977 Gældende

BMUB. 2017. Neue Verordnung verpflichtet zur Rückgewinnung von Phosphor. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Tiedote 18.1.2017.  
[http://www.bmub.bund.de/pressemitteilung/deutschland-soll-phosphor-aus-klaerschlammgewinnen/?tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=82](http://www.bmub.bund.de/pressemitteilung/deutschland-soll-phosphor-aus-klaerschlammgewinnen/?tx_ttnews%5BbackPid%5D=82) Viitattu 28.4.2017.

ChemRRV. 2005. Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung) SR 814.81 muutoksineen.

Danish Government. 2013. Denmark without Waste. Recycle more, incinerate less. 2013/14:8.

De Clercq, L., Michels, E., Meers, E., Buysse, J. & Haumont, A. 2015. Legal framework of recovered phosphorous (struvite) as fertiliser in North-Western Europe. Biorefine Project. Document number: BIOREFINE – WP5 – A19 – P1 – D.

ESPP. 2017a. Helcom specifies phosphorus recycling from sewage sludge. ESPP phosphorus eNews no 9.

ESPP. 2017b. New sewage sludge ordinance passed the German cabinet. Uutinen 18.1.2017.  
<http://www.phosphorusplatform.eu/scope-in-print/news/1395-new-sewage-sludge-ordinance-passed> Viitattu 8.3.2017.

ESPP. 2017c. Austria opts for mandatory phosphorus recovery from sewage sludge. Uutinen 26.1.2017. <http://www.phosphorusplatform.eu/scope-in-print/news/1396-austria-mandatory-p-recovery> Viitattu 8.3.2017.

ESPP. 2017d. Authorisation status of recovered struvite as a fertilizer. Scope newsletter 124, p. 3.

ESPP. 2017e. EU fertiliser regulation proposal progressing through Parliament. ESPP phosphorus eNews no 12.

ESPP. 2017f. Germany passes law making phosphorus recycling obligatory. ESPP phosphorus eNews no 12.

ESPP. 2017g. ESPP regulatory activities, STRUBIAS EU fertilisers regulation criteria for struvite, biochars, ashes. Internet-sivu <http://phosphorusplatform.eu/2016-11-29-03-29-00/regulatory-activities> Viitattu 17.8.2017.

ESPP. 2013. ESPP technical meeting on regulatory issues relating to the use of recycled phosphates in agriculture Meeting record summary. The Farmers' Club, London, 24th September 2013.

Estonian government. 2016. Eesti maaelu arengukava 2014-2020.

Etelä-Pohjanmaan ELY. 2017. Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelma. Internetsivut. <http://www.ely-keskus.fi/web/ely/ravinteiden-kierratyksen-kokeiluohjelma> Viitattu 26.4.2017.

Euroopan komissio. 2016. Kiertotalouspaketti. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus CE-merkittyjen lannoitevalmisteiden asettamista saataville markkinoilla koskevien sääntöjen vahvistamisesta ja asetusten (EY) N:o 1069/2009 ja (EY) N:o 1107/2009 muuttamisesta. 17.3.2016. COM(2010) 157 final. 2016/084 (COD). + liitteet

Euroopan komissio. 2013. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Kuulemista koskeva tiedonanto fosforin kestävästä käytöstä. 8.7.2013. COM(2013) 517 final.

European Commission. 2012. Final implementation report for the sewage sludge directive 86/278/EEC. 30 January 2012. Preparation of implementation reports on waste legislation, including the Waste Shipment Regulation. Service request under the framework contract No. ENV.G.4/FRA/2007/0066. Consortium ESWI Expert Team to Support Waste Implementation. Saatavilla osoitteessa: <http://ec.europa.eu/environment/archives/waste/reporting/pdf/Annex%20-1%20Sewage%20Sludge.pdf> Viitattu 15.3.2017.

Flemish Government. 2015. Rural Development Programme Flanders 2014-2020. RDP III. Brochure. Flemish Government, Department of Agriculture and Fisheries. Saatavilla osoitteessa: <https://www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/rural-development-programme-flanders-2014-2020-rdp-iii> Viitattu 3.3.2017.

Foged, H.L. 2017. Henkilökohtainen kontakti 27.3.2017.

Lannoitevalmisteasetus. 2011. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11 muutoksineen.

Laud, K. 2017. Henkilökohtainen kontakti 3.4.2017.

Le gouvernement belge. 2013. Arrêté royal relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des engrais, des amendements du sol et des substrats de culture. C-2013/24068. 28 janvier 2013.

HELCOM. 2017. HELCOM Recommendation 38/1. Sewage sludge handling. Adopted 1 March 2017 having regard to Article 20, Paragraph 1 b of the Helsinki Convention.

Jalava, E. 2017. Euroopan parlamentin lausunnot EU:n uudesta lannoiteasetuksesta. Tilannekatsaus. BSAG.

Kaasinen, S. 2017. Henkilökohtainen kontakti 15.3.2017.

Land Brandenburg. 2015. Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum Brandenburgs und Berlins 2014-2020. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft. Saatavilla osoitteessa: [http://www.eler.brandenburg.de/media\\_fast/4055/Programme\\_2014DE06RDRP007\\_2\\_1\\_de.pdf](http://www.eler.brandenburg.de/media_fast/4055/Programme_2014DE06RDRP007_2_1_de.pdf) Viitattu 15.3.2017.

Kärmas, R. 2017. Henkilökohtainen kontakti 22.3.2017.

Laitinen, J., Alhola, L., Manninen, K. & Säylä, J. 2014. Puhdistamolietteen ja biojätteen käsittely ravinteita kierrättäen. Hankeraportti. Suomen ympäristökeskus.

Land Baden-Württemberg. 2016. Aufruf Phosphor-Rückgewinnung. <https://efre-bw.de/foerderaufruf/foerderung-von-versuchsanlagen-und-grosstechnischen-pilotanlagen-zur-phosphor-rueckgewinnung/> Viitattu 24.3.2017.

Land Schleswig-Holstein. 2016. Landesprogramm ländlicher Raum des Landes Schleswig-Holstein für Programmplanungszeitraum 2014-2020. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume. Saatavilla osoitteessa: <http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/F/foerderprogramme/MELUR/LPLR/veroeffentlichungen.html> Viitattu 15.3.2017.

Laux, D. 2017. Henkilökohtainen kontakti 27.3.2017.

Miljø- og Fødevareministeriet. 2016. Det danske landdistriktsprogram 2014-2020.

Miljø- og Fødevareministeriet. 2006. Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål (Slambekendtgørelsen). BEK nr 1650 13/12/2006. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=13056> Viitattu 24.3.2017.

Mininni, G. & Dentel, S. 2013. Highlights of current legislation on sludge and bio-waste in EU member states and in the United States. Esitelmä konferenssissa ” Gestion innovante des boues d'épuration a l'échelle européenne”, Charleroi Belgia 22.10.2013.



Ministerium für ein Lebenswertes Österreich. 2017. Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017. Teil 1. Saatavilla osoitteessa: <https://www.bmlfuw.gv.at/greentec/bundes-abfallwirtschaftsplan/BAWP2017.html> Viitattu 8.3.2017.

MMM. 2017. Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelma 2014-2020. Versio 4.

MMM. 2012. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja valvonnasta (11/12).

MMM. 2011. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista (24/11) muutoksineen.

MMM. 2008. Lannoitevalmistesektorin tulevaisuuskatsaus vuosille 2009-2013. Työryhmämuistio MMM 2009:1.

Naturvårdsverket. 2013. Hållbar återföring av fosfor. Naturvårdsverket Rapport 6580.

Naturvårdsverket. 2017. <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Etappmal/>. Viitattu 13.3.2017.

NRR. 2014. Nationale Rahmenregelung der Bundesrepublik Deutschland 2020. Saatavilla osoitteessa: [http://www.bmel.de/DE/Laendliche-Raeume/03\\_Foerderung/Europa/texte/Foerderung2014-2020.html?docId=5806660](http://www.bmel.de/DE/Laendliche-Raeume/03_Foerderung/Europa/texte/Foerderung2014-2020.html?docId=5806660) Viitattu 15.3.2017.

Nutrient Platform NL. 2017. <https://www.nutrientplatform.org/en/>. Viitattu 14.3.2017.

Nättorp, A. 2017. Henkilökohtainen kontakti 13.3.2017.

Nättorp, A. 2016. New policy measures for phosphorus recycling in Switzerland. An applied researcher's perspective. Presentation in Helsinki in April 2016.

Nättorp, A. & Hukari, S. 2016. Phosphor aus Klärschlamm. Rückgewinnungsszenarien – Technologien, Kosten und Umweltauswirkungen. Aqua & Gas No 1, 2016. 66/ Fachartikel

OECD. 2008. An OECD Framework for Effective and Efficient Environmental Policies. Meeting of the Environment Policy Committee (EPOC) at Ministerial Level. 28-29 April 2008. Environment and Global Competitiveness. Saatavilla osoitteessa: <https://www.oecd.org/env/tools-evaluation/41644480.pdf> Viitattu 17.4.2017.

Phosphate Value Chain Agreement. 2011. Signed 4.10.2011. Saatavilla osoitteessa: [http://www.phosphorusplatform.eu/images/download/Dutch\\_phosphate\\_value\\_chain\\_agreement\\_-\\_Oct\\_4th\\_2011.pdf](http://www.phosphorusplatform.eu/images/download/Dutch_phosphate_value_chain_agreement_-_Oct_4th_2011.pdf) Viitattu 31.3.2017.

Regeringskansliet. 2016. Landsbygdsutvecklingsprogram 2014-2020, Sverige.

REVAQ. 2017. Regler för certifieringssystemet. Utgåva 4.1. 2017-01-01. Saatavilla osoitteessa: <http://www.svensktvatten.se/globalassets/avlopp-och-miljo/uppstomsarbete-och-kretslopp/revaq-certifiering/revaq-regler-2017-4.01.pdf> Viitattu 8.3.2017.

Riigi Teataja. 2015a. Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded. Keskkonnaminister määrus. Vastu võetud 30.12.2002 nr 78 RTL 2003, 5, 48 jõustumine 01.02.2003. Hetkel kehtiv (ajantasainen versio). <https://www.riigiteataja.ee/akt/119122015008>. Viitattu 24.3.2017.

Riigi Teataja. 2015b. Fertilisers Act. Passed 11.06.2003 RT I 2003, 51, 352. Consolidated version. Translation published 12.1.2015. <https://www.riigiteataja.ee/en/eli/512012015007/consolide> Viitattu 24.3.2017.

Riigi Teataja. 2014. Nõuded väetise koostisele väetise liikide kaupa. Põllumajandusminister määrus. Vastu võetud 17.11.2014 nr 101. Hetkel kehtiv (ajantasainen versio). <https://www.riigiteataja.ee/akt/121112014014> Viitattu 24.3.2017.

Riiko, K. & Hari, L. 2016. Ravinnekierätyksen eurokiemuroita. BSAG, Helsinki. Saatavilla osoitteessa: [http://jarki.fi/sites/default/files/dokumentit/ravinnekierätyksen\\_eurokiemuroita-raportti\\_web.pdf](http://jarki.fi/sites/default/files/dokumentit/ravinnekierätyksen_eurokiemuroita-raportti_web.pdf) Viitattu 8.3.2017.



Salminen, P. 2017. Henkilökohtainen kontakti 10.4.2017.

Seppälä, T., Häkkinen, E., Munne, P., Vikström, L., Pyy, O., Jouttijärvi, T., Mehtonen, J. & Johansson, M. 2012. Pysyviä orgaanisia yhdisteitä koskevan Tukholman yleissopimuksen velvoitteiden kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2012.

Svenskt Vatten. 2017. Aktivt uppströmsarbete med Revaq-certifiering. Internet-sivut <http://www.svenskvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/kretslopp-och-uppstomsarbete/revaq-certifiering/> Viitattu 7.3.2017.

Sveriges regering. 2016. Kommitédirektiv. Skatt på ungmeter och andra häso- och miljofarliga ämnen samtöversyn av bekämpningsmedelsskatten. Dir. 2016:53. <http://www.regeringen.se/49dada/contentassets/b6b4549cf2ca44c3ac1562a75b2a4cc0/skatt-pa-tungmetaller-och-andra-halso--och-miljofarliga-amnen-samt-oversyn-av-bekampningsmedelsskatten-dir.-201653> Viitattu 13.3.2017.

Sveriges regering. 2012. Uppdrag om hållbar återföring av fosfor. Regeringsbeslut I:9. 02.02.2012. M2012/313/Ke. <http://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2012/02/m2012317ke/> Viitattu 24.3.2017.

Sveriges regering. 2003. Skatt på handelsgödsel och bekämpningsmedel? Finansdepartementet. SOU 2003:9. <http://www.regeringen.se/rattsdokument/statens-offentliga-utredningar/2003/02/sou-20039/> Viitattu 13.3.2017.

Sundin, A.M. 2017. Henkilökohtainen kontakti 28.4.2017.

Tekes. 2017. Ravinteiden kierrätys. Internetsivu. <https://www.tekes.fi/ohjelmat-ja-palvelut/ohjelmat-ja-verkostot/SmartGreen-Growth/bionets/ravinteiden-kierratys/> Viitattu 26.4.2017.

Tukes. 2016a. REACH-astus. Internet-sivu <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Teollisuus--ja-kuluttajakemikaalit/REACH---asetus/> Viitattu 24.3.2017.

Tukes. 2016b. Jätteestä kierrätetyt aineet ja REACH. Esite. Saatavilla osoitteessa: [http://www.kemikaalineuvonta.fi/Documents/reach/esitteet/J%c3%a4tteest%c3%a4Kierr%c3%a4tetytAineet\\_ja\\_REACH.pdf](http://www.kemikaalineuvonta.fi/Documents/reach/esitteet/J%c3%a4tteest%c3%a4Kierr%c3%a4tetytAineet_ja_REACH.pdf) Viitattu 24.3.2016.

Umweltministerium Baden-Württemberg. 2015. Verwaltungsvorschrift EFRE des Umweltministeriums Baden-Württemberg über die Förderung von Versuchsanlagen und großtechnischen Pilotanlagen zur Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm und Klärschlammasche 2014-2020 (VwV EFRE- Phosphor 2014-2020). 30.9.2015.

Vesilaitosyhdistys. 2016. Puhdistamoliiteopas. Saatavilla osoitteessa: [https://www.vvy.fi/files/3870/Puhdistamoliiteopas\\_2013\(20032014s\).pdf](https://www.vvy.fi/files/3870/Puhdistamoliiteopas_2013(20032014s).pdf) Viitattu 22.6.2017.

VLAREMA. 2012. Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van het Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen.. 17.2.2012. Flanderin alueen ympäristöön liittyvät säädökset löytyvät internetpalvelusta osoitteesta: <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator> Viitattu 14.3.2017.

Ympäristöministeriö. 2017. Ravinteiden kierrätystä ja Saaristomeren tilan parantamista koskeva ohjelma. Internetsivut. <http://www.ym.fi/ravinteidenkierratys> Viitattu 26.4.2017.

Zimmermann, M. 2017. Henkilökohtainen kontakti 3.4.2017.

## 4. KÄSITTELYTEKNIIKAT

### 4.1 Johdanto

#### 4.1.1 Fosfori jätevedessä

Fosforia päätyy Suomessa jätevedenpuhdistamoille noin 4000 tonnia vuodessa jäteveden mukana (Säylä 2015). Jäteveden fosfori on pääasiassa lähtöisin virtsasta ja pesuaineista. Fosforia pitää poistaa vedestä, ennen kuin puhdistettu vesi voidaan johtaa puhdistamolta vesistöihin. Fosforia voidaan poistaa jätevedestä kemiallisesti, jolloin fosfori saostetaan rauta- tai alumiinisuoloilla, tai biologisesti, jolloin bakteerit sitovat fosforia vedestä soluihinsa. Kummassakin tapauksessa fosfori päätyy lietteeseen, joka erotetaan puhdistettavasta vedestä. Kemiallisesta saostuksesta syntyy kemiallista lietettä ja biologisesta poistosta biologista lietettä. Lisäksi jäteveden kiintoaineeseen sitoutunutta fosforia poistuu mekaanisessa selkeytyksessä raakalietteeseen. Näiden lietteiden ominaisuudet ovat erilaisia, ja fosfori on niissä eri muodoissa.

Suomessa fosforin poistoon jätevedestä käytetään lähes yksinomaan kemiallista saostusta, koska kylminä vuodenaikoina varsinkaan yhdistettynä kokonaistypenpoistoon biologinen prosessi ei aina takaa tarpeeksi tehokasta fosforinpoistoa. Kemiallisessa saostuksessa fosfori sitoutuu tiukasti alumiini- tai rautayhdisteisiin ja on kasveille heikosti käyttökelpoisessa muodossa. Koska fosforin käyttökelpoisuus maaperässä on riippuvainen myös lietteen ja maaperän ominaisuuksista, voidaan näitä ominaisuuksia muuttamalla parantaa fosforin käyttökelpoisuutta. Esimerkiksi maaperän happamuutta säätämällä voidaan vaikuttaa kasveille käyttökelpoisen fosforin määrään (Krogstad ym. 2005). Lisäksi Suomessa useimmilla puhdistamoilla tarvittaisiin biologisen fosforinpoiston lisäksi joka tapauksessa kemiallinen prosessiyksikkö, jotta saavutettaisiin vaadittu fosforin poistotehokkuus. Maailmalla biologinen fosforinpoisto on yleisesti käytössä.

Suomessa jätevedenpuhdistuksessa syntyvät lietteet käsitellään eri puhdistamoilla eri tavoilla, ja suurin osa lietteistä, ja siten myös lietteissä olevasta fosforista, päätyy viherrakentamiseen ja maisemointiin (Säylä 2015). Näihin samoihin lietteisiin päätyy jätevedenpuhdistamoilla jätevedestä myös raskasmetalleja, orgaanisia haitta-aineita, esimerkiksi lääkettäjämiä ja hormoneja, sekä erilaisia patogeenisiä mikrobeja. Lietettä käsitellään eri menetelmin jotta se saataisiin lannoitteena tai maanparannusaineena hyötykäyttöön soveltuvaan muotoon. Niillä parannetaan lietteen hygieenistä laatua, varastoitavuutta, käsiteltävyyttä ja levitettävyyttä ja vähennetään hajuhaittoja.

Käsittelymenetelmien lisäksi on olemassa fosforin talteenottotekniikoita, joissa fosfori erotetaan lietejakeesta. Päämääränä on lisäksi lietteen haitta-aineiden välttäminen ja fosforin olomuodon parantaminen. Fosforin talteenottoon puhdistamolietteistä tai jätevedestä on olemassa monia eri tekniikoita ja prosesseja, joista osa on vielä kokeiluvaiheessa, osa pilotivaiheessa ja osa jo täysimittaisessa käytössä. Fosforin kierrätyksen ja sen käyttökelpoisuuden kannalta on tärkeää, missä muodossa talteen otettu fosfori on. Myös tekniikan monimutkaisuudella ja hinnalla on suuri merkitys siihen, kuinka todennäköisesti ja nopeasti talteenottotekniikoita otetaan käyttöön.

Riippuen siitä, onko puhdistamolla käytetty kemiallista vai biologista fosforinpoistoa, on fosfori eri muodossa lietteissä. Kemialliselle lietteelle ja biologiselle lietteelle soveltuvat eri tal-

teenottotekniikat. Koska Suomessa käytetään pääsääntöisesti kemiallista fosforinpoistoa ja koska suurinta osaa fosforista käytetään maanviljelyssä, olisi fosforin kierrätyksen kannalta paras vaihtoehto löytää tekniikoita, jotka ottaisivat talteen jätevedestä kemiallisesti saostetun fosforin sellaisessa muodossa, jota voisi käyttää maataloudessa kasvien lannoitteena mahdollisimman tehokkaasti, ja turvallisesti ja laajamittaisesti.

#### 4.1.2 Menetelmät

Tämä tekniikkakartoitus tehtiin keväällä ja kesällä 2017 pääosin kirjallisuuskatsauksena, jossa lähtökohtana olivat fosforin talteenottoa käsittelevät tutkimusraportit ja erityisesti EU:n P-Rex–alustan aineistot. SWOT-analyysijä, eli vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja riskejä kartoittavaa menetelmää varten, selvitettiin suomalaisten vesilaitosten näkemyksiä puhelinhaastatteluilta ja sähköposteilla. Lista käytetyistä asiantuntijoista on lähdeluettelon alussa.

Kappaleen 4.5 tekniikka-arvioinnin tulokset perustuvat luvussa 5 tarkemmin kuvattuun sähköiseen kyselyyn, jolla selvitettiin vesilaitosten edustajien näkemyksiä erilaisista fosforin käsittelytekniikoista sekä erilaisista fosforin kierrätyksen keinoista maataloudessa. Käsittelytekniikat oli jaoteltu seuraavasti:

- poltetun tuhkan suora hyötykäyttö, jolloin fosfori on hyvin hitaasti kasveille käyttökelpoisessa muodossa
- tekniikat, joilla fosfori erotetaan tuhkasta
- tekniikat, joissa biologisesti vedestä poistettu fosfori otetaan talteen lietteestä tai rejektistä
- fosforin erottaminen jälkisaostuksella ja lietteen hyötykäyttö
- tekniikat, joissa saostetusta lietteestä erotetaan fosfori

## 4.2 Lietteenkäsittely- ja talteenottotekniikat

Jätevedenpuhdistamoilla syntyvässä lietteessä on yleensä noin 2–4 % fosforia kuivapainosta. Siinä on myös muita kasviraavinteita, erilaisia patogeenejä sekä vaihtelevasti – yleensä alhaisina pitoisuuksina – orgaanisia haitta-aineita ja raskasmetalleja. Jotta lietettä voitaisiin levittää pelloille ja käyttää lannoitteena, se pitää käsitellä niin, etteivät lietteessä olevat haitta-aineet aiheuta vaaraa ympäristölle, ihmisille tai eläimille. Lannoitevalmistelaki edellyttää lietetuotteilta todennettua lannoitevaikutusta sekä hygieenisen laadun varmistamisen E. coli ja Salmonella-määrityksillä. Lisäksi on raja-arvot raskasmetallipitoisuuksille (ks. Luku 3.9). Toistaiseksi ei ole raja-arvoja lietteen orgaanisten haitta-aineiden pitoisuuksille. Lietteitä käsitellään monella eri tapaa, ja yleensä tarvitaan monen askeleen käsittelyketjuja, jotta liete saadaan käyttökelpoiseen ja nykyisen lainsäädännön edellyttämään muotoon. (Turunen 2016)

## 4.2.1 Lietteenkäsittelytekniikat

### Lietteiden esikäsittely

Lietteiden esikäsittelyyn kuuluu tyypillisesti sakeutus, kuivaus ja mesofiilinen mädätys energiasäällön hyödyntämiseksi. Sakeutus tai tiivistys nostaa lietteen kuiva-ainepitoisuutta ja liete sakeutetaan yleensä ennen kuin sitä käsitellään muuten. Sakeutus voidaan tehdä joko laskeuttamalla lietehiukkaset käsittelyaltaan pohjalle, tai nostamalla hiukkaset lietteen pinnalle ilmakuplien avulla.

Kuivauksessa lietteestä poistetaan ylimääräistä nestettä ja siten pienennetään lietteen tilavuutta. Kuivaus voidaan suorittaa koneellisesti, esimerkiksi lingolla.

Mesofiilisessä mädätyksessä liete suljetaan hapettomaan reaktoriin, jossa bakteerit hajottavat lietteen orgaanista ainetta ja tuottavat metaania eli biokaasua. Bakteerit muuntavat lietteen ravinteet orgaanisista muodoista epäorgaanisiin muotoihin, joita kasvit pystyvät helpommin hyödyntämään. Mesofiilinen mädätys tapahtuu noin 37 asteen lämpötilassa. Suurin osa Suomessa toimivista mädättämöistä mädättää lietteitä mesofiilisesti. (Pöyry Environment 2007)

Ennen mädätystä liete yleensä esikäsitellään. Sakeutuksella poistetaan vettä, jolloin tarvittava reaktoritilavuus pienenee. Termisellä tai kemiallisella hydrolyysillä saadaan lietteelle helpommin mädätykseen sopiva koostumus. Mädätys tuhoaa lietteestä patogeenejä ja tekee siitä stabiilin ja helpommin kuivattavan. Joidenkin orgaanisten haitta-aineiden pitoisuudet pienenevät mädätyksen aikana jossain määrin, mutta ei kaikkien. Mädätyksen jälkeen liete kuivataan, ja siitä irtoava reaktivesi johdetaan yleensä takaisin jätevedenpuhdistusprosessin alkuun. Mesofiilisesti mädätetty liete pitää jatkokäsitellä esimerkiksi jälkikompostoinnilla tai kalkkistabiloinnilla. Mädätys ei paranna kemiallisessa lietteessä olevan saostetun fosforin käyttökelpoisuutta kasveille, vaan se säilyy alhaisena. (Metcalf & Eddy 2003)

### Lietteiden loppukäsittely

#### Kompostointi

Kompostoinnissa bakteerit hajottavat lietteen orgaanista ainetta hapellisissa oloissa. Ennen kompostointia liete yleensä sakeutetaan ja kuivataan. Sen jälkeen lietteeseen sekoitetaan tukiaineita ja säädetään kosteutta, niin että lieteseoksessa on sopiva kosteus ja se on tarpeeksi ilmavaa. Perinteisesti kompostointi tehdään aumakompostointina mutta myös erilaisia kompostointireaktoreita on käytössä. Kompostoinnissa häviää orgaanista ainetta ja siitä aiheutuu hiilidioksidipäästöjä.

Kompostointi voidaan tehdä vaiheittain niin, että ensimmäinen vaihe (esikompostointi) tehdään esim. reaktorissa ja toinen vaihe on jälkikypsytyks aumoissa. Kompostointi tehdään hapellisissa oloissa, joten kompostia joko ilmastetaan tai käännellään niin että ilma vaihtuu kompostissa. Kompostoinnin jälkeen kompostiin voi lisätä erilaisia mineraaleja, esimerkiksi hiekkaa, riippuen siitä, mihin kompostia halutaan käyttää.

Lannoitevalmistelain tyyppinimi hyväksynnän ehdot täyttävää kompostia voi käyttää esimerkiksi maanparannusaineena. Kompostointi ei merkittävästi lisää fosforin saatavuutta kasveille. Kompostointi poistaa orgaanisia haitta-aineita tehokkaammin kuin mädätys, mutta se ei

kuitenkaan poista niitä täysin, eikä kompostointi tehoa kaikenlaisiin orgaanisiin haitta-aineisiin (Smith 2009).

### **Termofiilinen mädätys**

Termofiilisen mädätyksen toimintaperiaate on sama kuin mesofiilisen mädätyksen, paitsi että termofiilinen mädätys suoritetaan noin 55 asteessa. Termofiilisesti mädätetty liete on kuivauksen jälkeen lannoitevalmistelain vaatimukset täyttävää lopputuotetta, joka soveltuu esimerkiksi maanparannusaineeksi. Sekä orgaanisten haitta-aineiden kohtalo että fosforin käyttökelpoisuuden muutos ovat molemmat epävarmoja termofiilisesti mädätetyssä lietteessä.

### **Kemiallinen käsittely**

Lietettä voidaan käsitellä kemiallisesti esimerkiksi hapettavilla kemikaaleilla tai kalkkistabiloinnilla. Hapetuskäsittelyn jälkeen liete on hygieenistä ja sitä voidaan käyttää lannoitevalmisteena. Kemiallisia käsittelymenetelmiä ovat mm. peretikkahappokäsittely ja Kemicond-käsittely rikkihapolla ja vetyperoksidilla. Kemiallisesti käsitellyn lietteen voi myös jatkokäsitellä kompostoimalla. Käsittelyn vaikutuksista fosforin saatavuuteen tai orgaanisten haitta-aineiden pitoisuuksiin ei ole vielä täysin kiistatonta tietoa. Viitteitä on siitä, että Kemicond-käsittely parantaisi fosforin saatavuutta (MTT 2013).

Kalkkistabiloinnissa lietteeseen lisätään kalsiumyhdisteitä, jotka nostavat lietteen pH:ta niin että biologinen aktiviteetti loppuu ja liete hygieenisoituu (Metcalf & Eddy 2003). Kalkkistabilointua lietettä voidaan käyttää viherrakentamisessa tai maataloudessa lannoitteena. Kalkkistabilointi heikentää fosforin käyttökelpoisuutta kasveille yleisesti, mutta voi lisätä sen saatavuutta happamassa maaperässä. Kalkkistabiloinnilla ei ole juurikaan vaikutusta orgaanisten haitta-aineiden pitoisuuksiin. Sekä em. kemiallisesti käsitelty liete että kalkkistabiloitu liete kuuluvat lannoitevalmistelain mukaiseen kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon.

### **Terminen kuivaus**

Termisellä kuivauksella tarkoitetaan lietteessä olevan veden haihduttamista lämmön avulla. Lopputuotteena saadaan hygieenisoitua lietettä, jota voidaan käyttää lannoitevalmisteena tai polttoaineena. Myös termisesti kuivattu liete on tyyppinimihyväksytty lannoitevalmiste. Terminen kuivaus huonontaa fosforin saatavuutta kasveille, eikä se vaikuta orgaanisten haitta-aineiden pitoisuuksiin. (Smith ym. 2002)

### **Poltto**

Liete voidaan myös polttaa kuivauksen jälkeen. Lieite voidaan polttaa erikseen tai muiden materiaalien, esimerkiksi energiapuun kanssa. Riippuen siitä, minkä materiaalin kanssa liete poltetaan ja kuinka suurissa määrissä, sen sisältämän veden määrä voi vaihdella. (Metcalf & Eddy 2003). Polton jälkeen lopputuloksena syntyvää tuhkaa ei voi ottaa hyötykäyttöön, koska se ei nykyisen lainsäädännön mukaan ole tyyppinimihyväksytty lannoitevalmiste. Tuhkassa oleva fosfori on myös hyvin huonosti kasveille käyttökelpoista. Poltto tuhoaa tehokkaasti lietteen orgaanisia haitta-aineita. Samalla poltossa kuitenkin poistuu myös lietteen sisältämä orgaaninen aines, joka parantaa maaperän laatua. Tuhka on nykyisen lainsäädännön mukaan jätettä, joka tulee sijoittaa asianmukaisesti jätteenkäsittelylaitokselle.

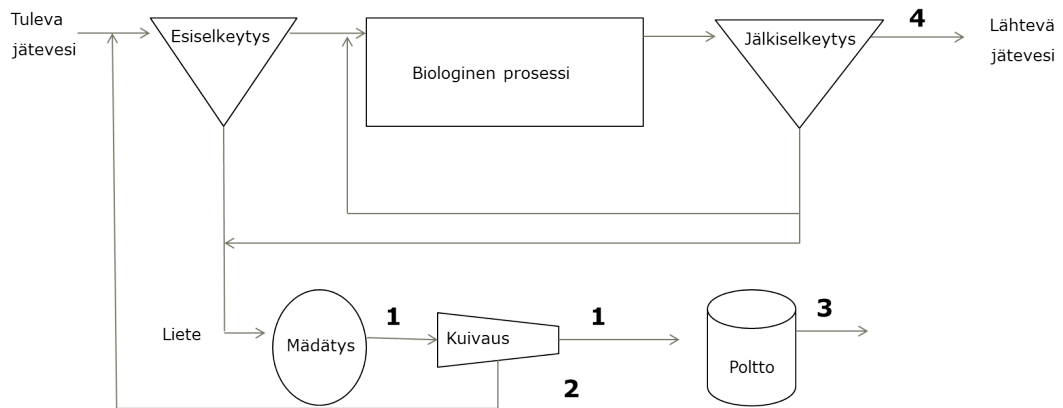
## 4.2.2 Fosforin talteenotto

Puhdistamoliete on sekoitus monia eri aineita, joista osa on ympäristölle, eläimille ja ihmisille haitallisia. Jos lietteessä olevat hyödylliset yhdisteet ja aineet, tässä tapauksessa fosfori, halutaan erottaa haitallisista aineista, voidaan käyttää talteenottotekniikoita. Talteenotto voidaan siis ymmärtää fosforin erottamisena haitallisista aineista omaan jakeeseensa. Fosforia voidaan ottaa talteen puhdistamolietteestä (3,1 % P, (Säylä 2015)), puhdistamon rejektivesistä (20–100 mg/l P, (VVY 2016)), poltetun lietteen tuhkasta (6–11 % P, (Adam et al. 2008)) tai puhdistamalla jo muuten puhdistetusta lähtevästä vedestä (5 mg/l P, (VVY 2016)). Näin saadaan yhdisteitä, jotka sisältävät fosforia mahdollisimman suuren määrän ja haitallisia aineita mahdollisimman pienen määrän. Taulukoihin 4.1 ja 4.2 on koottu tietoa lopputuotteen laadusta ja arvioita talteenottopotentialista eri tekniikoille sekä kustannusarvioita talteenotetulle fosforille.

### Fosfori lietteestä

Fosforin talteenottoon puhdistamolietteestä on olemassa monenlaisia tekniikoita. Tekniikoita voidaan käyttää jätevedenpuhdistusprosessissa kohdissa 1 kuvassa 4.1. Kuvassa puhdistettava vesi liikkuu puhdistusprosessin läpi esiselkeytyksestä aktiivilieteprosessin kautta jälkiselkeytykseen. Kohdissa 1 fosfori on puhdistusprosessista tulleen lietteen joukossa lietteen mädätyksen jälkeen ja mädätetyn lietteen kuivauksen jälkeen. Alla on esitelty eri tekniikoita lyhyesti:

- Mephrec, jossa kuivataan liete hyvin kuivaksi, puristetaan kuivattu liete briketeiksi ja kuumennetaan brikettejä niin että niistä poistuu raskasmetalleja joko haihtumalla tai nesteenä ja orgaaniset haitta-aineet tuhoutuvat. Lopputuotteena on 10–25 % fosfaattia ( $P_2O_5$ ) sisältäviä brikettejä, joissa fosfori on mineraalimuodossa. Tekniikka sopii käytettäväksi kemiallisesti saostetulle lietteelle. Mephrec on kokeiluvaiheessa vuodesta 2016 yhdellä laitoksella Saksassa. (VVY 2016)
- Airprex-menetelmässä fosforia poistetaan lietteestä ammoniumionien kanssa, ja ne muodostavat lisättävän magnesiumin kanssa struviittia, joka poistetaan muusta lietevirrasta ja pestään. Menetelmää voi käyttää vain biologiseen lietteeseen. Airprexiä käytetään maailmalla kahdeksalla täysimittaisella laitoksella. (Nieminen 2010)
- Pyrolyysissä liete kuumennetaan korkeaan lämpötilaan hapettomissa oloissa. Lopputuotteina saadaan biohiiltä, kaasua ja öljyä (Fonts ym. 2012). Fosfori päättyy pyrolyysissä hiilijakeeseen. Biohiilessä fosforin pitoisuus voi olla melko korkea, tosin suurin osa fosforista on hitaasti kasveille vapautuvassa muodossa. Orgaaniset haitta-aineet tuhoutuvat pyrolyysissä, mutta raskasmetallit kertyvät biohiileen. Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY aikoo mahdollisesti pilotoida lietteen pyrolyysiä.



Kuva 4.1. Fosforin talteenottoaikat jätteen puhdistusprosessissa.

### Fosfori rejektivesistä

Kun puhdistamoliete on mädätetty, siitä pääsääntöisesti poistetaan ylimääräistä vettä ennen kuin se menee jatkokäsittelyyn. Tätä ylijäämävettä kutsutaan rejektivedeksi. Varsinkin biologisen fosforinpoiston ja mädätyksen jälkeen rejektivedessä on suuria pitoisuuksia fosforia. Fosforin talteenotto rejektivesistä voidaan puhdistusprosessissa sijoittaa kohtaan 2 (kuva 4.1)

Rejektivedestä fosforia talteen ottavia tekniikoita on monia, ja ne kaikki on kehitetty biologiselle lietteelle. Osa tekniikoista kiteyttää fosforin ja rejektiveden sisältämän ammoniumin magnesiumin lisäyksen jälkeen struviitiksi. Tällaisia tekniikoita ovat esimerkiksi ANPHOS, PHOSPAQ, PHOSNIX ja Ostara Pearl. Kaikilla tekniikoilla paitsi Phosnixilla on täyden mittakaavan laitoksia toiminnassa maailmalla, mm. Hollannissa, USA:ssa ja Iso-Britanniassa.

Rejektivedestä voidaan kiteyttää fosforia myös kalsiumfosfaatiksi lisäämällä veteen kalsiumhydroksidia karbonaattien poistamisen jälkeen (VVY 2016).

### Fosfori lietteen tuhkasta

Kun liete poltetaan, siinä olevat orgaaniset haitta-aineet tuhoutuvat, mutta tuhkaan jää fosforin lisäksi yleensä paljon raskasmetalleja. Jos fosforia halutaan käyttää lannoitteena, raskasmetallit pitää erottaa tuhkasta tai fosfori pitää erottaa omaksi yhdisteekseen tuhkasta. Fosforin talteenotto tuhkasta tapahtuisi kohdassa 3 (kuva 4.1).

- PAKU-menetelmällä liete poltetaan 850 asteessa ja raskasmetallit pyritään ohjaamaan omaan pieneen tuhkakakeeseensa, joten suurinta osaa tuhkasta voidaan käyttää fosforilannoitteena. Tuhkassa oleva fosforiyhdiste on kasveille hyvin hitaasti käyttökelpoiseksi vapautuvassa muodossa. (VVY 2016)
- Ash Dec prosessissa lietteen poltosta saatavaan tuhkaan lisätään magnesium- ja kalsiumkloridia ja lämmitetään seos noin 1 000 asteeseen. Raskasmetallit haihtuvat tuhkasta ja tuhkassa oleva fosfori reagoi mm. magnesiumin kanssa ja muodostaa kasveille hyvin käyttökelpoisia yhdisteitä. Menetelmä soveltuu myös käytettäväksi kemiallisesti saostetuille lietteille. (Havukainen ym. 2012)
- PASH-menetelmällä tuhkasta uutetaan fosforia suolahapolla ja sen jälkeen saostetaan uutettu fosfori kalsiumilla. PASH-menetelmää on vasta kokeiltu laboratorio- ja pilottikokeilla. (Nieminen 2010)

## Fosfori lähtevästä vedestä

Fosfori voidaan poistaa puhdistamolta vasta lähtevästä vedestä jälkisaostuksella lisäämällä veteen fosforia saostavia yhdisteitä esimerkiksi rauta- tai alumiinisuoloja. Vastaavanlainen saostus rauta- tai alumiinisuoloilla tehdään yleisesti puhdistuslaitoksilla aikaisemmassa prosessin vaiheessa. Talteenoton ollessa kyseessä luovutaan näistä nykyisin yleensä käytössä olevista esi- ja rinnakkaissaostuksesta ja fosforia pidättyy puhdistuksen primääri- ja sekundäärivaiheissa vain biologiseen kasvuun sitoutuva osuus. Tätä tekniikkaa on kokeiltu maailmalla, mutta se ei ole missään täysimittaisessa käytössä.

Myös Suomessa jälkisaostusta on kokeiltu HSY:llä RAVITA-tekniikalla. Niin ikään on kokeiltu adsorptiota, eli fosforin kiinnittymistä erilaisiin adsorptiomateriaaleihin ja nanosuodatusta, eli veden suodatusta todella pienihuokoisen suodattimen läpi. Kumpaakaan ei ole otettu käyttöön suuremmissa mittakaavoissa. Talteenotto tapahtuisi lähtevästä vedestä kohdassa 4 (kuva 4.1)

### 4.2.3 Virtsan erilliskeräys/erottelu lähteellä

Yksi ongelma fosforin talteenotossa jätevedestä on jäteveden laimeus, eli fosforin pieni konsentraation vedessä. Jätevedessä olevasta fosforista 50% on peräisin virtsasta, joten mahdollinen ratkaisu olisi virtsan syntylähteellä tapahtuva erottelu, eli virtsan erottelu ja talteenotto suoraan käymälästä. Tämä vaatisi kiinteän ja nestemäisen osan erottelun mahdollistavan WC-istuimen, erillisen virtsan keräävän säiliön ja virtsan kuljetuksen käsittelylaitokselle. Kuljetuksen voisi hoitaa joko putkia pitkin tai esimerkiksi keräysautolla. Viemäriputkia pitäisi kiinteistöillä olla kaksi, jotta virtsa voitaisiin johtaa omiin erillissäiliöihin. Putkikuljetusjärjestelmä taas vaatisi uusien rinnakkaisten viemäriputkien asentamisen vanhojen rinnalle. Kaikki infrastruktuuri virtsan erilliskeräyksen mahdollistamiseksi kuitenkin puuttuu. Investointien ja rakentamisen toteuttaminen edellyttää selvittämistä, samoin kuljetusten ja käsittelyn organisointi sekä ennen kaikkea WC-käyttäjien valmius toimintamuutoksiin.

Virtsan laajamittainen erilliskeräys olisi Suomen nykytilanteessa suuri ja kallis muutos. Virtsan erilliskeräyksen voisi aloittaa pienemmässä mitassa esimerkiksi suurissa yleisötapahtumissa, haja-asutusalueilla ja uusilla asuinalueilla. Haja-asutusalueilta on mahdollista saada virtsan erilliskeräyksellä talteen ja kierrätykseen neljä kertaa enemmän fosforia kuin nykyisin. (Viskari ym. 2017) Erilliskeräystä edistäisi, jos käytössä olisi virtsan hajua estäviä tai vähentäviä aineita. Toinen kehittämiskohde olisi virtsanvarastointitekniikka.

Virtsaa voitaisiin WHO:n mukaan oikein käsiteltynä ja säilytettynä käyttää sellaisenaan lannoitteena. Tosin ongelmaksi muodostuvat virtsassa mahdollisesti olevat haitta-aineet, esimerkiksi hormonit ja lääkeaineet (WHO 2006). Näille ei ole nykyään mitään raja-arvoja, eikä virtsalla ole lainmukaista lannoitestatusta. Käytännössä se tarkoittaa, ettei virtsaa saa käyttää lannoitteena. Virtsan voisi käsitellä myös niin, että fosfori saataisiin talteen, esimerkiksi struviittina. Fosforin talteenottoon virtsasta soveltuvat pääosin samat fosforin talteenottotekniikat, joita jätevesille käytetään. Pilottina on kokeiltu myös mm. virtsan ammoniumin nitrifikaatiota ja haihdutusta, jossa lopputuotteena saadaan tiivistettyä fosfori-typpi-ravintonestettä kasveille (Fumasoli ym. 2016).



### 4.3 Talteenottomenetelmien fosforilopputuotteiden lannoiteseoveltuvuus

Kasvit voivat hyödyntää fosforia vain tietyissä muodoissa. Lannoiteteollisuus on kiinnostunut mahdollisimman helposti kasvien hyödynnettävissä olevista, paljon fosforia sisältävistä yhdisteistä. Myös saman yhdisteen sisältämät muut kasviravinteet, esimerkiksi typpi ja kalium, nostavat lannoitevalmisteen arvoa. (Levlin ym. 2014) Taulukossa 4.1 on kerättyä tietoa eri lannoiteteollisuuden käyttämistä lannoiteyhdisteistä, sekä fosforin talteenottomenetelmillä saatavista yhdisteistä.

**Taulukko 4.1. Fosforin eri yhdisteitä lannoitetuotannossa ja fosforin talteenottoprosesseissa\*.**

Yhdiste	Lyhenne	Kaava	Fosforipitoisuus (%)
Monokalsiumfosfaatti/ tavallinen superfosfaatti	MCP/OCP	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	8-9 (26)
Dikalsiumfosfaatti	DCP	CaHPO <sub>4</sub> * H <sub>2</sub> O	17 (20)
Kolmoissuperfosfaatti	TSP	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	19-20 (26)
Monoammoniumfosfaatti	MAP	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	21-24 (27)
Diammoniumfosfaatti	DAP	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	20-23 (23)
Kaliumdivetyfosfaatti	MKP	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	17 (23)
Magnesiumammoniumfosfaatti	Struviitti	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub> *6H <sub>2</sub> O	13 (13)
Kalsiumfosfaatti	-	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	13-17 (20)
Fosforihappo	-	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	(32)
Natriumfosfaatti	-	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	(19)
Magnesiumfosfaatti	-	Mg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	(24)
Rautafosfaatti	-	FePO <sub>4</sub>	(21)
Alumiinifosfaatti	-	AlPO <sub>4</sub>	(25)
Zeoliitit	-	Mineraaliryhmä, alumiinilikaaatteja	vaihtelee

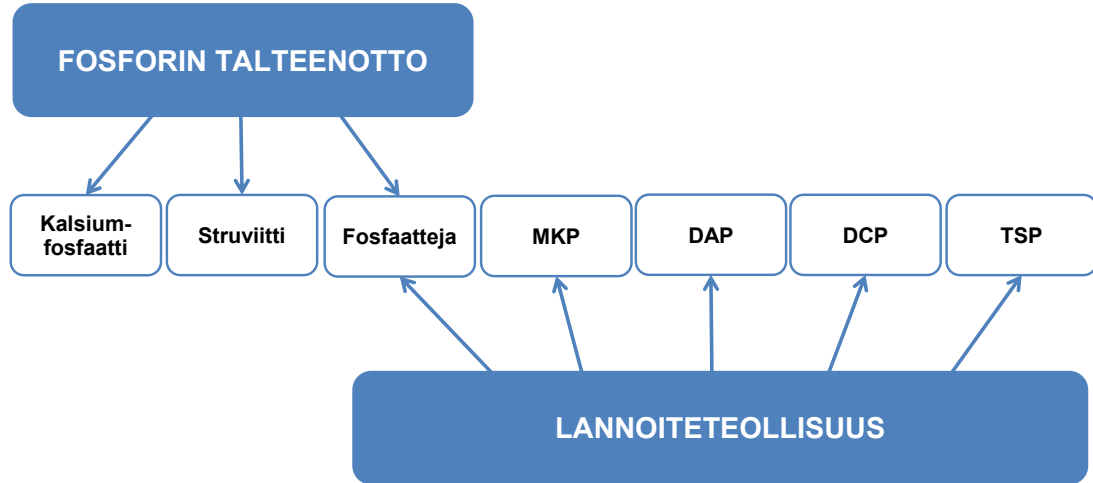
\*= Ensimmäiset kuusi yhdistettä ovat lannoiteteollisuudessa käytettäviä yhdisteitä. Loput yhdisteet ovat eri fosforin talteenottomenetelmistä saatavia yhdisteitä. Suluissa olevat luvut on teoreettisia fosforimääriä täysin puhtaassa tuotteessa. Käytännössä harvoin on täysin puhtaita aineita, prosenttiluvut kuvaavat miten paljon fosforia tuotteista on mitattu. Talteenottoprosesseissa lopputuotteen puhtaus voi vaihdella. Prosenttiluku ei kerro fosforin käyttökelpoisuudesta kasveille.

Myös lopputuotteen olomuodolla on lannoitteen käytettävyyden kannalta merkitystä, sillä lannoitetta pitää pystyä levittämään maataloudessa helposti mahdollisimman pienellä ravinteiden hävikillä (Levlin ym. 2014). Taulukossa 4.2 on esitetty eri talteenottomenetelmillä tuotettujen lopputuotteiden tietoja sekä niiden tuotteistamisaste lannoitekäyttöä ajatellen.

**Taulukko 4.2. Fosforin talteenottomenetelmien lopputuotteiden olomuodot (Egle ym. 2016).**

Raekoko/ulkomuoto	Menetelmä
Pellettejä/Raekoko 2-5 (myyntivalmis)	Ostara, AscDec rakeistettuna, RecoPhos, lannoiteteollisuuden mineraalilannoite
Karkearakeinen (myyntivalmis)	PRISA, AirPrex, P-Roc
Kiteinen, jauheinen (ei myyntivalmis)	Aqua Reci, PHOXNAN, Gifhorn, LEACHPHOS, PASCH käsittelemätön AshDec, poltetun lietteen tuhka
Nestemäinen (myyntivalmis)	EcoPhos
Kiinteä (myyntivalmis)	Thermphos

Kuvassa 4.2 on havainnollistettu, että lannoiteteollisuuden käyttämät fosforyhdisteet eivät ole aivan samoja kuin fosforin talteenottomenetelmistä saatavat fosforyhdisteet. Jotkin yhdisteet ovat samoja, mutta suurinta osaa lannoiteteollisuuden tuottamista yhdisteistä ei voida ainakaan toistaiseksi talteenottomenetelmillä tuottaa.



Kuva 4.2. Lannoiteteollisuuden käyttämät ja talteenottomenetelmistä yleisimmin saatavat fosforyhdisteet.

Taulukko 4.3 esittelee eri menetelmillä talteen otetun fosforikilon hintoja, sekä sitä kuinka monta prosenttia mahdollisesta talteenotettavasta fosforista voidaan ottaa talteen eri menetelmillä. Vertailukohtana voidaan käyttää kaivoksesta louhitun mineraalifosforin hintaa, joka vuonna 2016 oli  $0,9 \pm 0,3$  €/ kg (Egle ym. 2016). Nähdään, että talteenottomenetelmillä tuotetun fosforin hinta vaihtelee huomattavasti. Edullisinkin talteenottotekniikoilla tuotettu fosforikilo maksaa toistaiseksi noin kaksi kertaa enemmän kuin louhittu fosfori.

**Taulukko 4.3. Fosforin hinta ja talteenottopotentiali eri teknologioilla.**

Talteenottomenetelmä	Euro/kg P	% P talteen	Lähde
Pash ( <i>kalsiumfosfaattia</i> )	5	76	Egle ym. 2016
Crystalactor ( <i>struviittia</i> )	7	45	Egle ym. 2016
Phosnix ( <i>struviittia</i> )	7,7-9	tieto puuttuu	Pinnekamp ym. 2011
P-Roc ( <i>kalsiumfosfaattia</i> )	6	15	Egle ym. 2016
Fix-Phos ( <i>kalsiumfosfaattia</i> )	2,0-7	tieto puuttuu	Pinnekamp ym. 2011
Phoxnan ( <i>fosforihappo</i> )	27	45	Egle ym. 2016
SesalPhos ( <i>kalsiumfosfaattia</i> )	7,5-9	tieto puuttuu	Pinnekamp ym. 2011
Ostara ( <i>struviittia</i> )	10	15	Egle ym. 2016
Berlin/ Airprex ( <i>struviittia</i> )	8	15	Egle ym. 2016
Seaborne ( <i>struviittia</i> )	46	tieto puuttuu	Nieminen 2010
Asc Dec ( <i>fosfaatteja</i> )	2	91	Egle ym. 2016
Mephrec ( <i>fosfaatteja</i> )	13	45	Egle ym. 2016
Jälkisaostus	10-40	tieto puuttuu	HSY 2017

## 4.4 Lietteenkäsittely- ja talteenottotekniikoiden arviointi.

Nykyisillä lietteenkäsittelymenetelmillä ja erilaisilla fosforin talteenottotekniikoilla on sekä hyviä että huonoja puolia. Keräsimme vedenpuhdistuksen asiantuntijoiden arvioita siitä mitä ovat eri menetelmien vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat (eli strengths, weaknesses, opportunities and threats = SWOT-analyysi). Alla taulukoissa 4.4. – 4.11. on esitetty asiantuntijoiden arvioiden yhteenvedot. Analyysiä on käytetty myös kuvan 4.16 tietojen pohjana.

### Taulukko 4.4. Mädätyksen SWOT-analyysi

Lietteen mädätys	
<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- menetelmästä paljon käytännön kokemusta</li><li>- yhdistettynä biologiseen fosforinpoistoon fosforin talteenottotekniikoita olemassa</li><li>- kattava verkosto olemassa olevia biokaasulaitoksia, joihin liete voidaan toimittaa käsiteltäväksi</li><li>-</li><li>- melko edullinen</li></ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- korkeatasoinen kierrätys vaikeaa</li><li>- vain termofiilinen mädätys tyyppinihiväksytty</li><li>- liete lopputuotteella huonosti käyttöä</li><li>- kemiallisesti saostetun fosforin käyttökelpoisuus kasveille heikko</li></ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- yleinen tekniikka, johon mahdollisesti kehitetään uusia tehokkaampia ratkaisuja lopputuotteiden laadun parantamiseksi</li><li>- parantaa lietteen kuivattavuutta</li></ul>	<b>Riskit</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- orgaaniset haitta-aineet</li><li>- käyttökohteet lietteelle loppuvat täysin</li></ul>

### Taulukko 4.5. Kompostoinnin SWOT-analyysi

Lietteen kompostointi	
<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- paljon käytännön kokemusta</li><li>- kattava verkosto kompostointilaitoksia jo olemassa</li><li>- sopii hyvin viherrakentamiseen</li><li>- lopputuotteen tasainen laatu</li><li>- edullinen</li></ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- ei kelpaa kaikkeen viherrakentamiseen, mm. liikaa fosforia</li><li>- korkeatasoinen kierrättäminen vaikeaa</li><li>- suuri tilantarve</li><li>- hajuhaitat</li><li>- kemiallisesti saostetun fosforin käyttökelpoisuus kasveille heikko</li></ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-</li><li>- orgaaninen aines maanparannukseen</li></ul>	<b>Riskit</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- rajoitteet lietekompostin käytöstä maanviljelyyn</li><li>- huono imago voi myös siirtyä viherrakentamisen puolelle</li><li>- orgaaniset haitta-aineet</li></ul>

## Taulukko 4.6. Fosforin jälkisaostuksen SWOT-analyysi

Fosforin jälkisaostus	
<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sopii moniin prosesseihin ja kokoluokan laitoksiin</li> <li>- saostuskemikaalit voi kierrättää</li> <li>- ei sisällä orgaanisia haitta-aineita eikä raskasmetalleja</li> <li>- ei vaadi biologista fosforinpoistoa</li> <li>- saostusprosessista paljon kokemuksia</li> </ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- veden matala fosforipitoisuus</li> <li>- ei sovellu esisaostuksen kanssa</li> <li>- mahdollista ottaa talteen vain noin 50 % fosforista</li> <li>- vasta kehitysvaiheessa</li> <li>- vaatii tehokkaan kiintoaineen poiston ennen saostusta</li> </ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- joustavasti yhdistettävissä monenlaisiin prosesseihin</li> </ul>	<b>Riskit</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sovellus pilottivaiheessa, ei vielä kypsää markkinoille</li> <li>- Jos kemiallisesta lietteestä ei eroteta fosforia, lopputuote ei ole puhdas eikä sen kysynnästä ole varmuutta</li> <li>- saostuskemikaalin saatavuus</li> </ul>

## Taulukko 4.7. Biologisen fosforin poiston ja fosforin talteenoton SWOT-analyysi

Biologinen fosforinpoisto ja fosforin talteenotto	
<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tekniikasta on hyviä käytännön kokemuksia</li> <li>- olisi toteutettavissa monilla puhdistamoilla, joilla on kapasiteettia ja hiililähde pienillä muutoksilla prosessiin</li> <li>- lietemäärä vähenisi ja sen käsittelykustannukset myös</li> </ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- joillain puhdistamoilla liian vähän tilaa biologiselle fosforinpoistolle</li> <li>- pienempi biokaasutuotanto kuin kemiallisella lietteellä</li> <li>- vaatisi monessa paikassa Suomessa myös kemiallisen saostuksen ja orgaanisen aineen lisäyksen</li> <li>- ei sovellu ihan pienille puhdistamoille</li> <li>- herkkä häiriöille</li> </ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- struviitille mahdollinen lannoitestatus EU:ssa</li> <li>- yleinen tekniikka muualla, joten tekniikoiden kehitys oletettavasti aktiivista</li> <li>- suuremmat mahdollisuudet saada myös muille lopputuotteille hyväksyntä</li> </ul>	<b>Riskit</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vaikea saavuttaa stabiili prosessi</li> <li>- pieniä jäämiä haitta-aineesta mahdollisesti lopputuotteessa</li> <li>- muutosherkkyys</li> <li>- kustannukset riippuvat talteenottomenetelmästä</li> </ul>

## Taulukko 4.8. Poltetun lietteen tuhkan hyötykäytön SWOT-analyysi

Lietteen tuhkan hyötykäyttö	
<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- massa pienenee</li> <li>- orgaaniset haitta-aineet hajoavat</li> <li>- edullista</li> </ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tuhkaa ei voi toistaiseksi hyötykäyttää</li> <li>- vaatii keskitetyn polttolaitoksen ja monen tahon yhteistyötä</li> <li>- fosforin käyttökelpoisuus kasveille erittäin huono</li> </ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tuhkan käyttö metsälannoitukseen</li> </ul>	<b>Riskit</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tuhkan käyttöä ei sallita lannoitteena</li> </ul>

## Taulukko 4.9. Tuhkasta talteenoton SWOT-analyysi

Lietteen tuhkasta talteenotettu fosfori	
<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- puhdas riskitön lopputuote</li><li>- poltto yleinen mm. Keski-Euroopassa</li></ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- kallis hinta</li><li>- vaatii keskitettyä polttolaitosta</li><li>- ei toimivia referenssejä, on vain pilotoitu</li></ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- uusien menetelmien kehittäminen todennäköistä, koska poltto yleistä</li></ul>	<b>Riskit</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- prosessin haitta-aineet sisältävää ongelmallista rejektiä</li><li>- mahdollisesti ongelmallisia siviutuotteita prosessista</li></ul>

## Taulukko 4.10. Lietteen pyrolyysin SWOT-analyysi

Lietteen pyrolyysi	
<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- mahdollistaa myös hiilen hyödyntämisen</li><li>- orgaaniset haitta-aineet pääosin hajoavat</li></ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- kuluttaa paljon energiaa</li><li>- liikaa fosforia lannoitekäyttöön</li><li>- lietteen osalta tekniikka vasta kehitteillä</li></ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- biohiileen paljon tutkimuskiinnostusta, joka voi johtaa tekniikan yleistymiseen</li><li>- tulevaisuuden mahdollisuus</li></ul>	<b>Riskit</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- lopputuotteille ei löydy käyttöä</li><li>- raskasmetallit</li></ul>

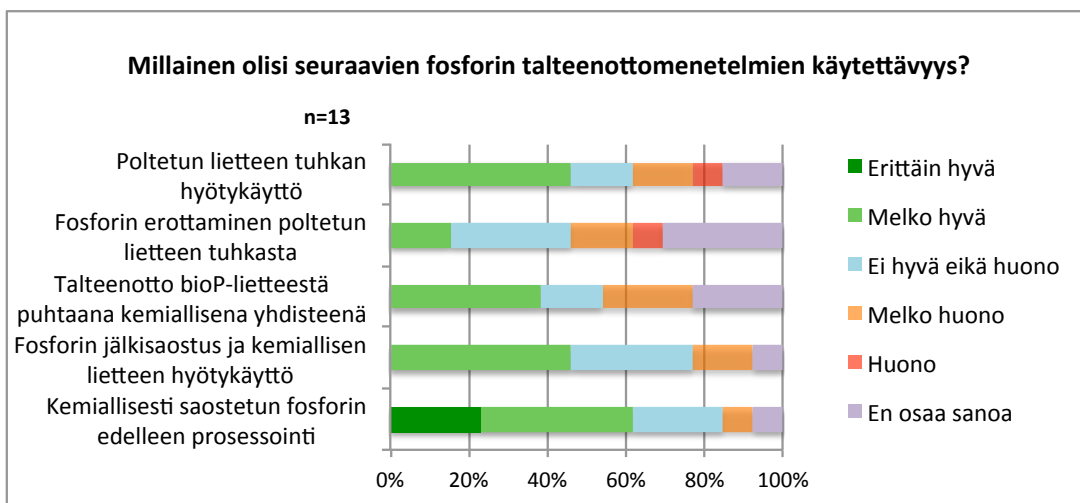
## Taulukko 4.11. Virtsan erilliskeräyksen SWOT-analyysi

Virtsan erilliskeräys	
<b>Vahvuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- fosforin talteenotto kustannustehokkaampaa kuin jätevedestä</li></ul>	<b>Heikkoudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- liian monta epävarmuustekijää siitä miten käytännössä toimisi</li><li>- kokonaisvaltainen muutos, joka vaatisi ihmisten sitoutumista</li><li>- vain pieni osa jätevesien fosforista talteen</li></ul>
<b>Mahdollisuudet</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- mahdollistaisi myös typen talteenoton</li></ul>	<b>Riskit</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- ovatko määrät tarpeeksi suuria kannattaviin prosesseihin?</li><li>- kiinteistöt maksavat ja päättävät, eivät puhdistamot</li><li>- suuri alkuinvestointi</li><li>- haitta-aineet virtsassa</li><li>- syntyykö tarvittavaa palvelutuotantoa?</li></ul>

## 4.5 Kyselytutkimuksen tekniikkakysymykset

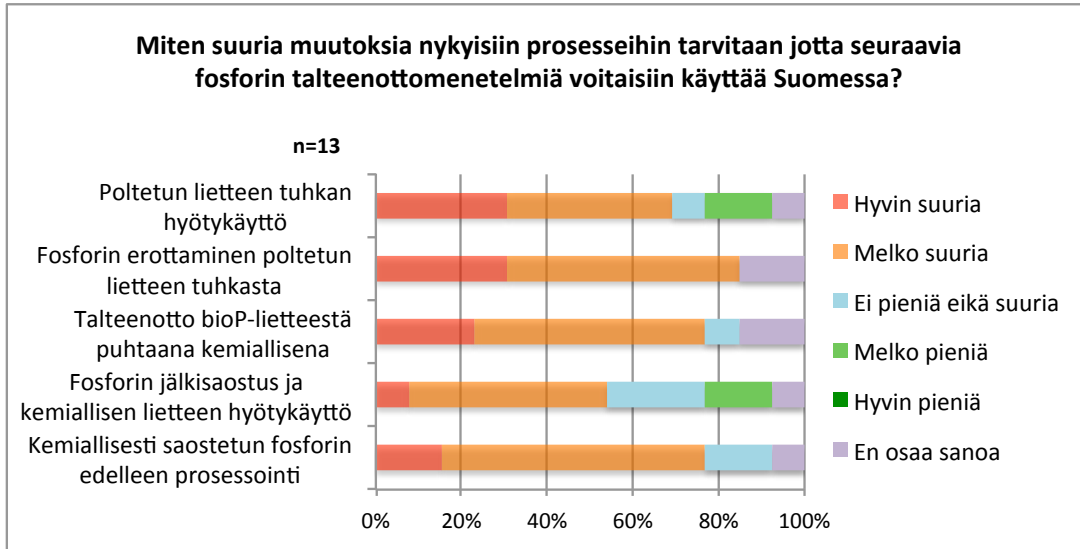
Fosforin talteenottotekniikoiden osalta selvitettiin vesilaitosten edustajien näkemystä tekniikoiden käytettävyydestä ja siitä, kuinka suuria muutoksia vaadittaisiin Suomessa nykyiseen järjestelmään, jos talteenottomenetelmä otettaisiin käyttöön. Kyselytutkimuksen vastauksia on käytetty myös kuvassa 4.7 esitettyjen muutosten ja niiden suuruuden arvioinnin pohjana.

Kuvassa 4.3. on esitetty tulokset käytettävyydestä. Käytettävyydellä tässä tarkoitettiin tekniikan kypsyttä ja käyttökelpoisuutta. Vastaajat olivat kuitenkin mahdollisesti tulkinneet kysymyksen niin, että arvioitiin vesilaitosten halukkuutta ottaa tekniikoita käyttöön. Parhaan arvioon käytettävyydestä sai jälkisaostetun fosforin erottaminen. Tälle vaihtoehdolle ei vielä ole täyden mittakaavan ratkaisuja. Fosforin erottaminen tuhkasta arvioitiin käytettävyydeltään huonoimmaksi. Tämä saattaa johtua siitä, että Suomessa ei ole käytössä lietteen polttoa.



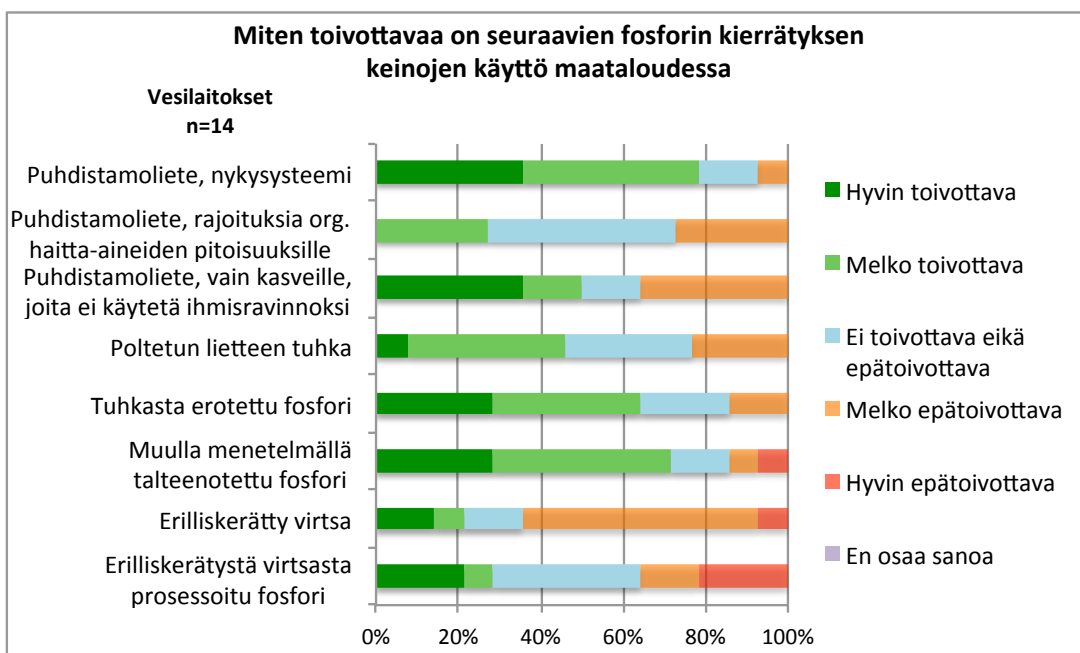
Kuva 4.3 Vesilaitosten edustajien vastaukset (13 kpl) fosforin talteenottomenetelmien käytettävyydestä.

Kuvassa 4.4 on esitetty tulokset tarvittavista muutoksista. Suurimmat muutokset vaadittaisiin lietteen polton ja fosforin tuhkasta erottamisen tapauksessa. Myös saostetun fosforin erottaminen lietteestä vaatisi suuria muutoksia. Kaikkien menetelmien arvioitiin kuitenkin aiheuttavan varsin suuria muutoksia.

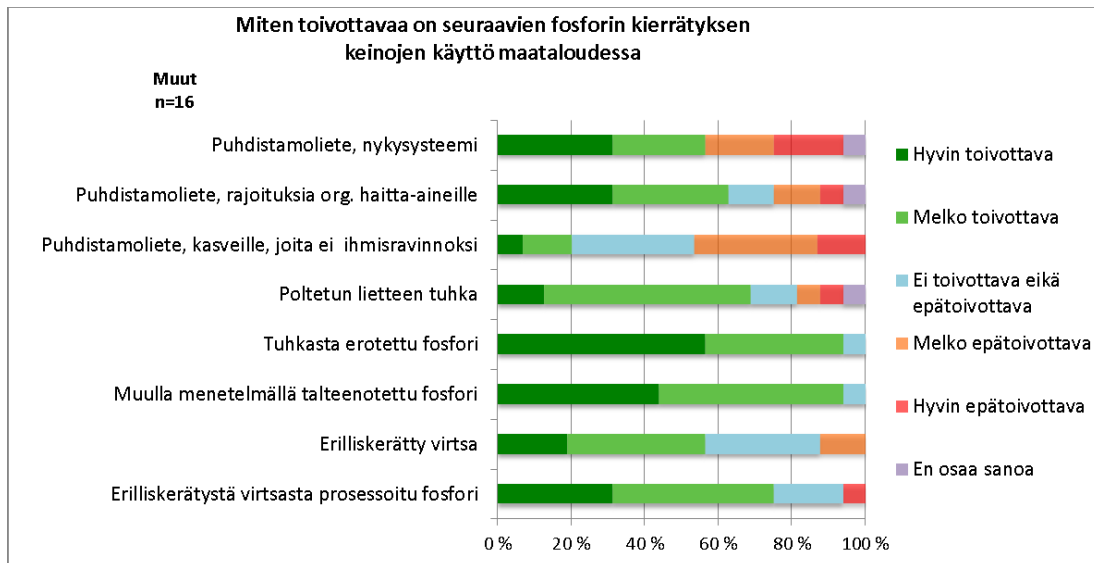


Kuva 4.4. Vesilaitosten edustajien vastaukset (13 kpl) fosforin talteenottomenetelmien vaatimista muutoksista.

Kuvassa 4.5 on esitetty vesilaitosten edustajien ja kuvassa 4.6 muiden vastaajien näkemyksiä (lisätietoja muista vastaajista ks. taulukko 5.1. luvussa 5.2.1) siitä, mitkä fosforin kierrätyskeinot olisivat toivottavia. Kaikkein toivottavampana vesilaitosten edustajien keskuudessa pidettiin nykyjärjestelmiä. Virtsan erilliskeräystä pidettiin vähiten toivottavana. Muista vastaajista nykyjärjestelmiä piti toivottavana hieman runsas puolet. Erilliskerätyn virtsan käyttö suoraan tai prosessoituna sai myös enemmän kannatusta muiden vastaajien joukossa. Kaikkein toivotuimpana muiden kuin vesilaitosten joukossa pidettiin tuhkan erottamista fosforista, joka tarkoittaisi lietteen polton aloittamista Suomessa. Tätä vaihtoehtoa pidettiin toivottavana myös vesilaitosvastaajien parissa (64 %). Muulla menetelmällä talteenotettu fosfori nähtiin myös toivottavana kierrätyskeinona molemmissa ryhmissä.



Kuva 4.5. Vesilaitosten edustajien (14 kpl) vastaukset fosforin kierrätyksen keinoista.



Kuva 4.6. Muiden vastaajien (16 kpl) näkemykset fosforin kierrätyksen keinoista.

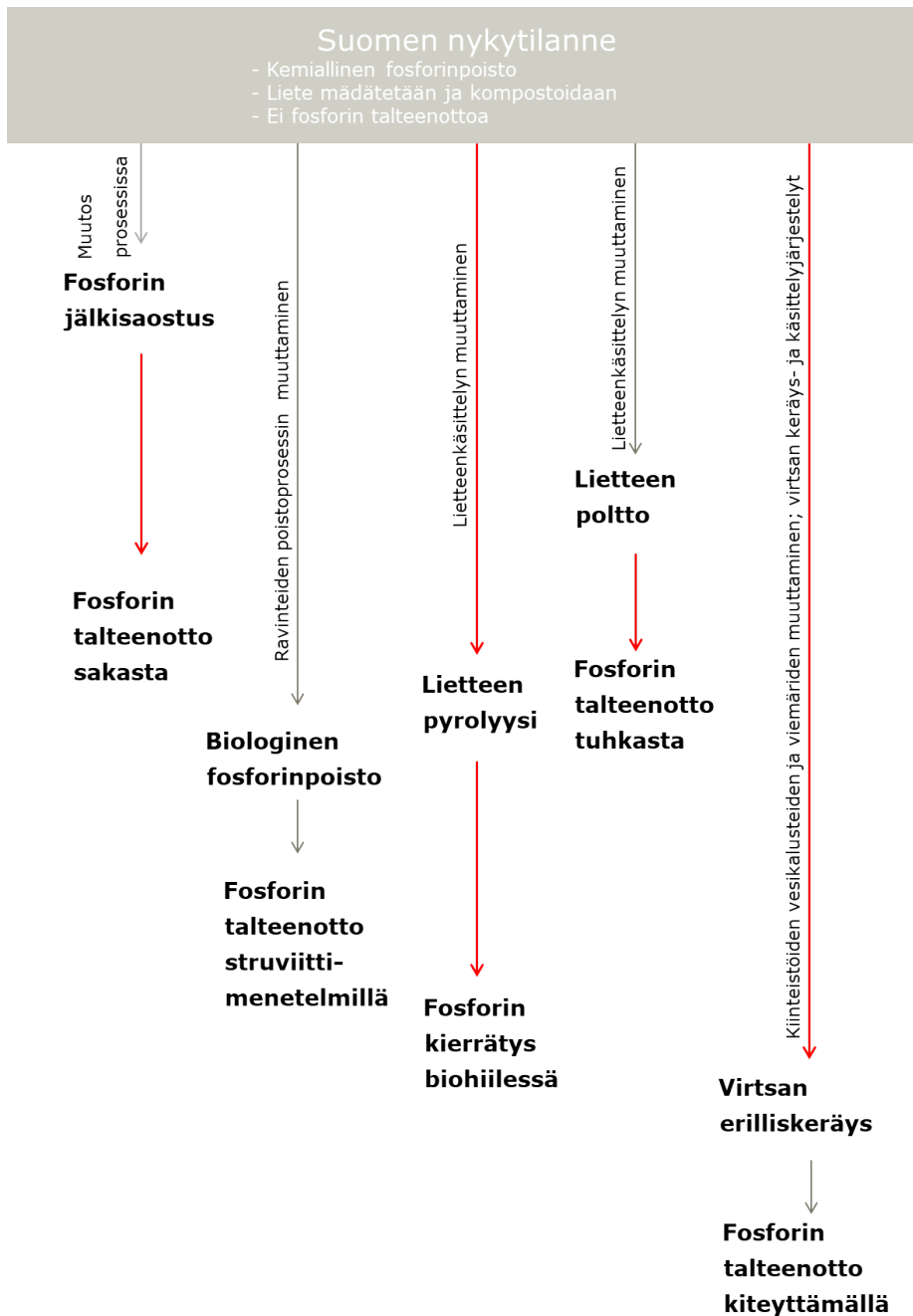
## 4.6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Suomessa tällä hetkellä fosfori saostetaan jätevedenpuhdistamoilla suurimmaksi osaksi kemiallisesti rauta- tai alumiinisuoloilla. Suurin osa fosforista päättyy lietteeseen ja käsitellyn lietteen seassa maisemointiin tai viherrakentamiseen. Lietettä käytetään vähän maataloustarkoituksiin, koska lietteen fosfori on tiukasti sitoutuneena rauta- tai alumiiniyhdisteisiin ja siten heikosti käyttökelpoista kasvien tarpeeseen nähden. Nykyisin käytössä oleviin tekniikoihin, joissa fosfori kiertää lietteen mukana, liittyy paljon heikkouksia lopputuotteen imagon ja kysynnän osalta. Lisäksi riskinä nähdään, että kysyntä tyrehtyy kokonaan ja että lainsäädännön kiristykset edelleen vähentävät mahdollisia käyttökohteita. Mitään fosforin talteenotomenetelmää ei käytetä tällä hetkellä Suomessa. Suomessa ei kerätä merkittävässä määrin virtsaa ja suurin osa käymälöistä on yhdistetty vesiviemäriin ja sitä kautta suuriin puhdistamoyksiköihin.

Kuvassa 4.7 nähdään eri vaihtoehdot parempaan fosforin kierrätyksen tilaan Suomessa ja eri vaihtoehtojen tekninen valmiusaste sekä tarvittavat tekniset muutokset Suomessa. Jotkin talteenottovaihtoehdot vaativat pienemmän muutoksen nykytilaan, kun taas muut, esimerkiksi virtsan erilliskeräys, vaativat jo suurempia muutoksia yhdyskuntien infrastruktuurissa.

Fosforin talteenottotekniikoista osa sopisi Suomen oloihin varsin kohtuullisilla muutoksilla jo olemassa olevaan infrastruktuuriin ja prosesseihin. Osa niistä vaatisi Suomessa toimiakseen suuria muutoksia joko jätevedenpuhdistamoiden toiminnassa, fosforia sisältävien jakeiden jatkokäsittelyn hoitavissa laitoksissa tai ihmisten arkipäiväisissä rutiineissa. Fosforin talteenottotekniikoista suurin osa on vielä teknisesti kypsymättömiä. Erityisesti kemialliseen lietteeseen soveltuviin menetelmiin liittyy vielä epävarmuuksia toteutettavuuden ja kustannustehokkuuden osalta.





Kuva 4.7. Fosforin nykytilaa tehokkaamman kierrätyksen mahdollistavat prosessi- ja rakennemuutokset. Nuolien pituus kuvastaa muutoksen suuruutta ja punaisella merkityt nuolet osoittavat vaihtoehtoja, joissa teknistä kehitystä tarvitaan vielä ennen laitosmittakaavan toteutuksia.

Vesilaitosten edustajien keskuudessa nykysysteemiä, jossa fosfori voitaisiin kierrättää lietteen mukana yleisimmin mädätys- ja kompostointikäsittelyn jälkeen, pidettiin pääosin toivottavana myös jatkossa. Muista vastaajista nykysysteemiä piti toivottavana kuitenkin vain noin puolet. Vesilaitosten edustajat pitivät talteenottoa tuhkasta ja biologiseen fosforinpoistoon siirtymistä ongelmallisempina kuin talteenottotekniikoita, jotka voitaisiin helpommin yhdistää nykyisiin käsittelymenetelmiin. Vesilaitosten edustajien mukaan kaikki talteenottotekniikat vaativat kuitenkin varsin paljon muutoksia nykyisiin laitosratkaisuihin. Teknisten muutosten lisäksi tarvitaan myös asennemuutosta ja tottumista uusiin menetelmiin.

## 4.7 Lähteet

### 4.7.1 Asiantuntijat

Heinonen, Mari. Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY. Puhelinkeskustelu 16.6.2017

Kakkonen, Pasi. Joensuun vesi. Sähköposti 14.7.2017

Mikola, Anna. Aalto-yliopisto. Sähköposti 11.7.2017

Nikulainen, Anu. Parikkalan kunta. Sähköposti 6.7.2017

Sandelin, Heikki. Tampereen Vesi. Puhelinkeskustelu 14.6.2017

### 4.7.2 Kirjalliset lähteet

Adam, C., Peplinski, B., Michaelis, M., Kley, G. & Simon, F.G. 2009. Thermochemical treatment of sewage sludge ashes for phosphorus recovery. *Waste Management* 29(3), pp. 1122-1128.

Egle, L., Rechberger, H., Krampe, J. & Zessner, M. 2016. Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies. *Science of the Total Environment* 571, pp. 522-542.

Fonts, I., Gea, G., Azuara, M., Ábrego, J. & Arauzo, J. 2012. Sewage sludge pyrolysis for liquid production: a review. *Renewable and sustainable energy reviews* 16(5), pp. 2781-2805.

Fumasoli, A., Etter, B., Sterkele, B., Morgenroth, E. & Udert, K.M. 2016. Operating a pilot-scale nitrification/distillation plant for complete nutrient recovery from urine. *Water Science and Technology* 73(1), pp. 215-222

Havukainen, J., Horttanainen, M. & Linnanen, L. 2012. Feasibility of ASH DEC-process in treating sewage sludge and manure ash in Finland. Lappeenranta University of Technology, Faculty of Technology. LUT Energy/Research report.

HSY. 2017. Koekohde ravinteiden talteenottoon jätevedestä ja lietteenkuivauksen rejektistä. Helsingin seudun ympäristöpalvelu —kuntayhtymä

Krogstad, T., Sogn, T.A., Asdal, Å. and Sæbø, A., 2005. Influence of chemically and biologically stabilized sewage sludge on plant-available phosphorous in soil. *Ecological Engineering*, 25(1), pp.51-60

Levlin, E., Tjus, K., Fortkamp, U., Ek, M., Baresel, C., Ljung, E. & Palm, O., 2014. Metoder för fosforåtervinning ur avloppsslam.

MTT. 2013. Fosfori talteen ja kiertoon. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Uutinen 5.8.2013. <http://www.kemira.com/fi/uutishuone/ajankohtaista/sivut/fosfori-talteen-ja-kiertoon.aspx> Viitattu 3.8.2017.

Metcalf & Eddy Inc. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, New York. 1848 s.

Nieminen, J. 2010. Phosphorus recovery and recycling from municipal wastewater sludge. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Tieteiden ja tekniikan korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Espoo. 96 s.

Pinnekamp, J., Everding, W., Gethke, K., Montag, D., Weinfurter, K., Sartorius, C. ym. 2011. Phosphorrecycling – Ökologische und Wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines Strategischen Verwertungskonzepts für Deutschland (PhoBe). *Gewässerschutz, Wasser, Abwasser*. Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Pöyry Environment Oy. 2007. Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky -selvitys. Sitra. 45 s.

Smith, S.R. 2009. Organic contaminants in sewage sludge (biosolids) and their significance for agricultural recycling. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1904), pp. 4005-4041.

Smith, S.R., Triner, N.G. & Knight, J.J. 2002 Phosphorus Release and Fertilizer Value of Enhanced Treated and Nutrient Removal Biosolids. *Water and Environment Journal*. Vol 16:2. S. 127-134. DOI: 10.1111/j.1747-6593.2002.tb00383.x

VVY. 2016. Teknis- taloudellinen tarkastelu jätevesien käsittelyn tehostamisesta Suomessa. Suomen vesilaitosyhdistys ry.

Säylä, J. 2015. Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2013. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 34/2015. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Turunen, V. 2016. Lietteenkäsittelymenetelmän vaikutus lietteen hyöty- käyttömahdollisuuksiin ja sen valinta arvopuuanalyysin avulla. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo. 119 s.

Victor, R., Kotter, R., O'Brien, G., Mitropoulos, M. & Panayi, G., 2008. WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta & Greywater, Volumes 1–4.

Viskari, E-L., Vilpas, R., Lehtoranta, S., Pakula, S. & Tuukkanen, K. 2017. BIOUREA, Erilliskerätyn virtsan lannoitepotentiaali, kokeelliset tutkimukset ja elinkaaritarkastelu. Loppuraportti.

## 5. OHJAUSKEINOJEN ARVIOINTI

### 5.1 Johdanto

Ohjauskeinojen arvioinnin tavoitteena oli löytää fosforin talteenottoa ja kierrätystä puhdistamolietteestä tai jätevesistä edistäviä ohjauskeinoja, jotka olisivat vaikuttavuudeltaan, kustannustehokkuudeltaan, käytettävyydeltään ja hyväksyttävyydeltään Suomeen sopivia. Koska ohjauskeinon vaikuttavuutta voidaan arvioida ainoastaan suhteessa asetettuun tavoitteeseen, arvioitavat ohjauskeinot ryhmiteltiin neljän eri tavoitteen alle:

- Markkinoiden luominen lietepohjaisille lannoitevalmisteille
- Fosforin talteenoton edistäminen puhdistamolietteestä ja jätevesistä
- Erilliskerätyn virtsan hyödyntämisen mahdollistaminen
- Markkinoiden luominen talteenotetulle fosforille ja/tai talteenotetun fosforin kilpailuaseman parantaminen mineraalifosforiin verrattuna

Nämä tavoitteet johdettiin käytettävissä olevista tai kehitteillä olevista teknologioista (ks. luku 4) sekä luvussa 3 esitellyn kansainvälisen ohjauskeinonselvityksen yhteydessä esiin nousseista näkökohdista.

Arvioitavat ohjauskeinot valittiin kansainvälisen ohjauskeinonselvityksen, ravinteiden kierrätyksestä käytävän yleisen keskustelun ja hanketiimin oman asiantuntemuksen pohjalta. Sidosryhmäkyselyssä ja työpajassa pyrittiin löytämään myös uusia, esitetyjä ohjauskeinoja täydentäviä ehdotuksia.

### 5.2 Menetelmät

#### 5.2.1 Sidosryhmäkysely

Fosforin talteenoton ja kierrättämisen teknologioiden ja ohjauskeinojen arvioimiseksi toteutettiin kysely sidosryhmille. Kysely lähetettiin 103 henkilölle, jotka edustavat vesilaitoksia, biokaasulaitoksia, lannoiteteollisuutta, teknologian kehittäjiä, tutkijoita, elintarviketeollisuutta, viljelijöitä ja viljelijäjärjestöjä, luonnonsuojelu- ja kuluttajajärjestöjä, poliittisia päättäjiä sekä muita ravinteiden kierrätyksen alalla aktiivisia toimijoita.

Vastauksia saatiin yhteensä 32, joista vesilaitoksilta tai jätevedenpuhdistamoilta 16 ja muilta ryhmiltä yhteensä 16 (vastaajien edustamat tahot on tiivistetty taulukkoon 5.1). Kyselyllä ei tavoiteltu tilastollista edustavuutta, vaan haluttiin kerätä näkemyksiä mahdollisimman kattavasti erilaisilta sidosryhmiltä.

Kysely koostui kysymyksistä, joihin oli valmiit vastausvaihtoehdot, sekä avoimista kysymyksistä. Osa kysymyksistä oli suunnattu pelkästään vesilaitosten ja jätevedenpuhdistamojen edustajille. Kysely on liitteenä III.

## Taulukko 5.1. Sidosryhmäkyselyn vastaajien taustaa, muut kuin kunnallisten vesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden edustajat.

Edustaa lähinnä	Vastaajia
Biokaasun tuotanto	6
Teknologian kehittäjä	3
Etujärjestö	2
Laitetoimittaja/urakoitsija	1
Maataloustuottaja	1
Tutkimuslaitos tai yliopisto	1
Kansalaisjärjestö	1
Poliittinen päättäjä	1
Yhteensä	16

### 5.2.2 Työpaja

12.6.2017 järjestettiin puolen päivän asiantuntijatyöpaja, jonka tavoitteena oli esitellä keskeisille sidosryhmille hankkeen alustavia tuloksia sekä arvioida esitettyjä ohjauskeinoja. Ohjauskeinoja arvioitiin ensin yksilötyönä lomakkeella vaikuttavuuden, kustannustehokkuuden, julkishallinnon tehokkuuden, yritysten hallinnon tehokkuuden (alhaiset transaktiokustannukset) ja poliittisen toteuttamiskelpoisuuden kannalta ja sen jälkeen ryhmätyönä. Työpajaan osallistui yhteensä 17 henkilöä. Osanottajalista on liitteenä IV.

Työpajasta saatiin 13 käyttökelpoista arviointilomaketta. Kaikki vastaajat eivät vastanneet kaikkiin kysymyksiin. Lomakkeisiin kerättiin myös sanallisia kommentteja, joita saatiin runsaasti. Arviointilomakkeiden analysointi tapahtui siten, että ensin poistettiin ne ohjauskeinot, joiden vaikuttavuus oli huono eli jotka saivat vaikuttavuuden keskiarvoksi alle 0,7 asteikolla ++, +, 0, -, -- (pisteiksi muunnettuna 2, 1, 0, -1, -2). Tämä tarkoittaa sitä, että vähintään neljä vastaajaa arvioi, ettei ohjauskeinolla olisi vaikuttavuutta ollenkaan. Toisaalta kiistanalainen ehdotus lannoiteverosta, jonka vaikuttavuuden keskiarvo oli vain hieman yli 0,7, haluttiin mukaan seuraavan tason tarkasteluun. Sen jälkeen jäljelle jääneille ohjauskeinoille laskettiin keskiarvot kaikkiin arvioinnin näkökulmiin.

Ryhmätyössä työstettiin valittuja ohjauskeinoehdotuksia eteenpäin. Ryhmätyön tulokset otettiin huomioon lopullisessa arvioinnissa.

### 5.2.3 Haastattelut

Sidosryhmäkyselyssä ja työpajassa kerättyä aineistoa täydennettiin vielä poliittisen toteutavuuden osalta haastatteleamalla eduskunnan ympäristövaliokunnan ja maa- ja metsätalousvaliokunnan valiokuntaneuvoksia Marja Ekroosia ja Jaakko Autiota.

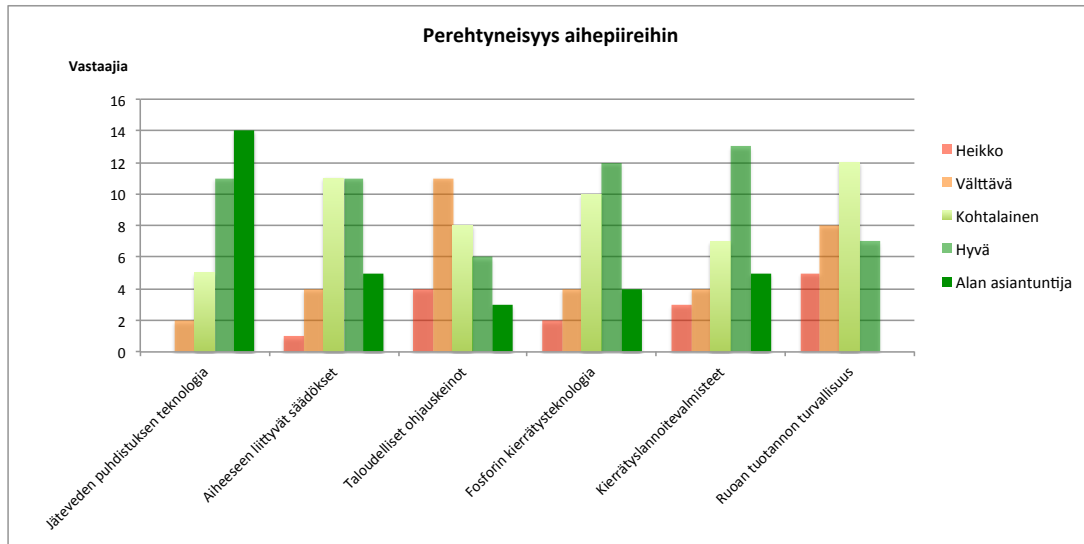
### 5.2.4 Arvioinnin viimeistely

Ohjauskeinojen arviointi viimeisteltiin työpajan, sidosryhmäkyselyn ja haastatteluiden sekä alalla käytävän kotimaisen keskustelun perusteella. Aluksi tarkasteltavien ohjauskeinojen joukosta poistettiin ne, joiden poliittinen hyväksyttävyyys on huono (negatiivinen pistemäärä). Lisäksi poistettiin yksi ohjauskeino, joka sai vaikuttavuuspistemääräksi 0,8, mutta sen vaikuttavuus arvioitiin sanallisten kommenttien perusteella vaatimattomaksi.

Sen jälkeen tarkasteltiin jäljelle jääneitä ohjauskeinoja kerätyn tiedon perusteella ja annettiin suosituksia.

### 5.3 Sidosryhmäkyselyn tuloksia

Sidosryhmäkyselyyn vastaajien tiedon taso kyselyn aihepiiristä oli hyvä ja mukana oli useita eri aihepiirien asiantuntijoita (Kuva 5.1).



Kuva 5.1. Vastaajien oma näkemys tiedon tasostaan kyselyn aihepiireistä.

Sidosryhmäkyselyn tulokset esitetään erikseen vesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden edustajien osalta, koska heillä on tässä työssä erityinen, muista poikkeava intressi ja heitä oli vastaajista puolet.

#### 5.3.1 Tavoitteena luoda markkinoita lietepohjaisille lannoitevalmisteille

Sidosryhmäkyselyssä suurinta kannatusta tämän kategorian ohjauskeinoista saivat investointituki lietteen prosessoinnille ja lannoitevalmisteiden valmistukselle sekä suurten koe-hankeiden rahoitus (Kuva 5.2). Myös tiedotuskampanja siitä, mitä viemäriin saa laittaa, ja lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus saivat paljon kannatusta. Vesilaitosten osalta eniten vastustusta herätti mineraalifosforiin kohdistuva lannoitevero ja jätevesimaksun mää- räytyminen huomioiden haitta-aineiden pitoisuudet. Muiden vastaajien joukossa eniten vastustusta herätti kierrätysravinteiden sekoitevelvoite.

Avoimissa vastauksissa nostettiin esille se, että näkemykset lietepohjaisten lannoitevalmis- teiden käytöstä ovat polarisoituneita. Toisaalta fosfori halutaan korvaamaan mineraalilan- noitteita, toisaalta lietepohjaisten lannoitevalmisteiden puhtaus ja turvallisuus herättävät huolta.

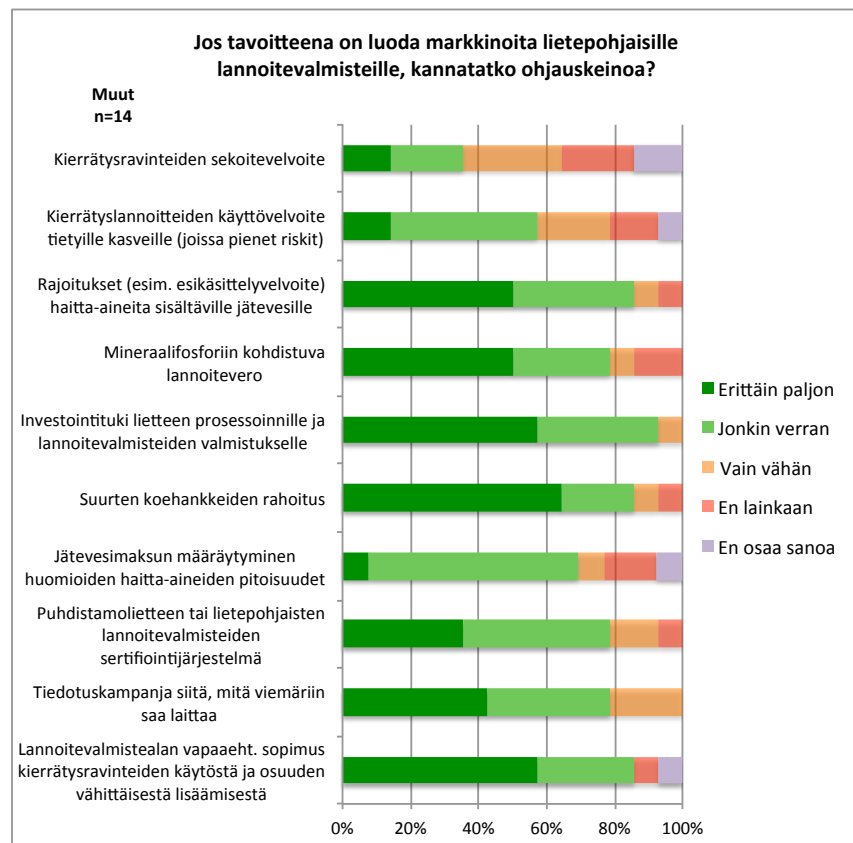
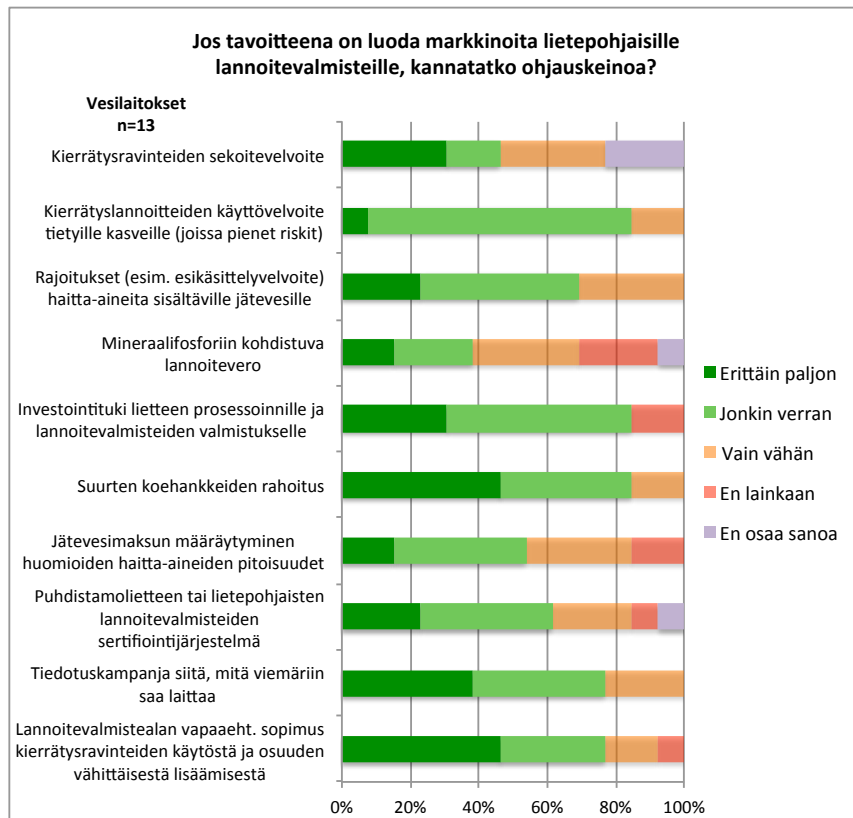
Esimerkiksi kierrätyslannoitteen sekoitevelvoitteesta vastaajat totesivat seuraavaa:

- Jos voidaan taata kierrätyslannoitteiden puhtaus, sekoittamisvelvoite ei ole ongel- ma, kunhan se ei nosta lannoitteiden hintoja.
- Lietteen sekoittaminen mineraalilannoitteiden kanssa huonoa, koska asiakkaalla ei ole enää valinnan mahdollisuutta erilaisten tuotteiden välillä

Lisäksi todettiin, että asetettavien rajoitusten on perustuttava tutkimukseen ja esikäsittelyn tulee tuottaa raja-arvot alittavaa tuotetta. Tässä ongelmana on orgaanisten haitta-aineiden suuri määrä.

Vastaajat ehdottivat seuraavia uusia ohjauskeinoja:

- Sidosryhmien yhteistyötä ja vuoropuhelua edistävät uudet tilaisuudet
- Lietteiden laadun parantaminen rajoittamalla lääkeaineiden markkinoille pääsyä
  - Esim. diklofenaakkia sisältävät tuotteet reseptille
- Energiakasvien tuotannon tukeminen
- Jätevesimaksun nostaminen, jotta laitokset ottavat uutta puhdistusteknologiaa käyttöön.



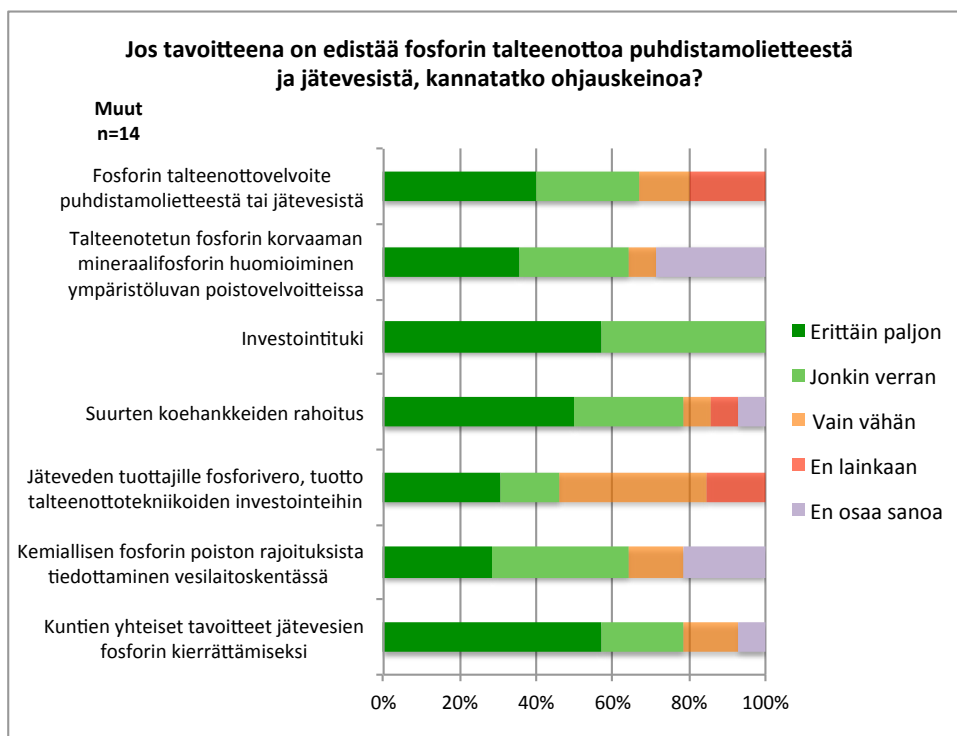
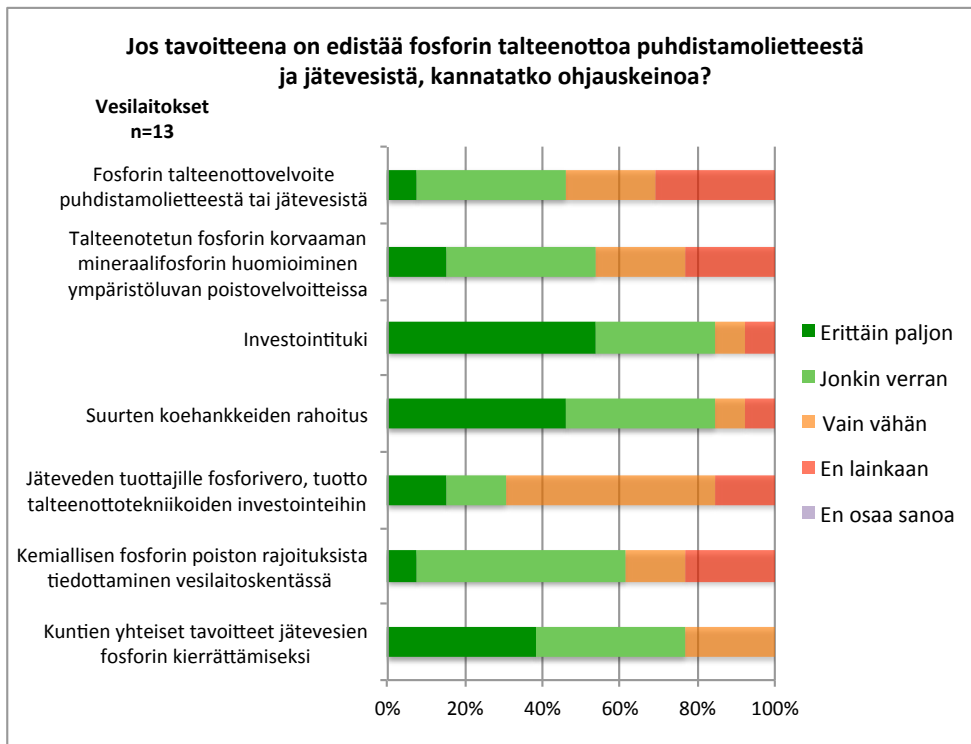
Kuva 5.2. Vesilaitosten edustajien ja muiden kyselyyn vastanneiden näkemykset ohjaukeinoista, jotka liittyvät lietepohjaisten lannoitevalmisteiden markkinoiden luomiseen.



### **5.3.2 Tavoitteena edistää fosforin talteenottoa puhdistamolietteestä ja jätevesistä**

Tässäkin kategoriassa suurinta kannatusta saaneet ohjaukeinat olivat (Kuva 5.3) investointituki ja suurten koehankkeiden rahoitus. Myös kuntien yhteiset tavoitteet jätevesien fosforin kierrättämiseksi saivat paljon kannatusta. Jäteveden tuottajiin kohdistettava fosforivero sai paljon vastustusta, samoin fosforin talteenottovelvoite puhdistamolietteistä ja jätevesistä.

Avoimissa vastauksissa nousi esille se, että fosforin talteenottovelvoite ei toimi, jos markkinoita ei ole velvoitettu ottamaan kierrätysfosforia käyttöön tai kierrätysfosforin kustannus on liian korkea. Tätä varten tarvitaan markkinoita tukevia ohjaukeinoja (ks. luku 5.3.4).

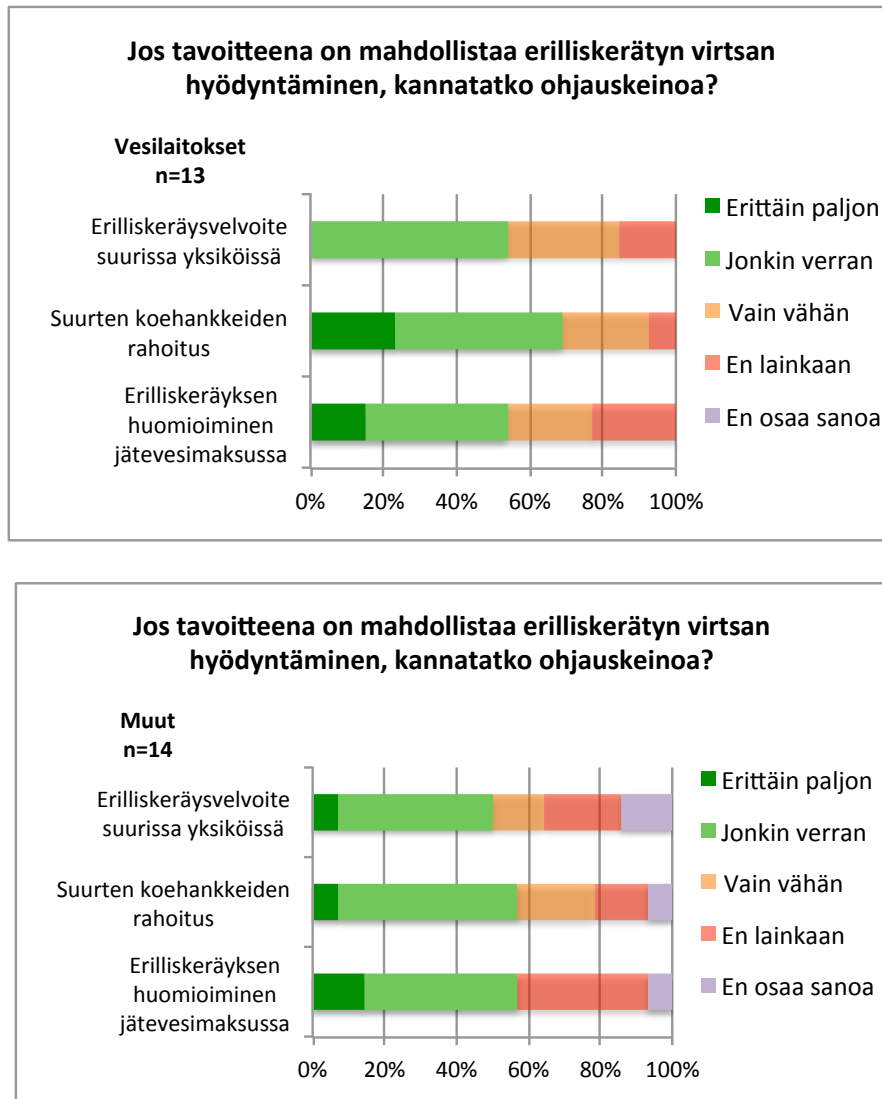


Kuva 5.3. Vesilaitosten edustajien ja muiden kyselyyn vastanneiden näkemykset ohjauskeinoista, jotka liittyvät fosforin talteenoton edistämiseen puhdistamolietteestä ja jätevesistä.

### 5.3.3 Tavoitteena mahdollistaa erilliskerätyn virtsan hyödyntäminen

Erilliskerätyn virtsan hyödyntämiseen liittyviin vastauksiin vaikutti se, etteivät vastaajat aina pitäneet virtsan erilliskeräystä toivottavana esimerkiksi virtsan sisältämien lääkeaineiden tai erilliskeräyksen aiheuttamien investointikustannusten takia. Erilliskeräyksen huomioiminen jätevesimaksussa todettiin liian monimutkaiseksi ohjauskeinoksi.

Mikään ohjauskeinoista ei saanut varauksetonta kannatusta. Eniten kannatusta sai suurten koehankkeiden rahoitus. (Kuva 5.4)



Kuva 5.4. Vesilaitosten edustajien ja muiden kyselyyn vastanneiden näkemykset ohjauskeinoista, jotka liittyvät erilliskerätyn virtsan hyödyntämisen mahdollistamiseen.

Vastaajat ehdottivat seuraavia uusia ohjauskeinoja:

- Resursseja kerätyn virtsan vastuulliseen jalostamiseen
- Suurissa yleisötapahtumissa erilliskeräys pitäisi olla velvoitteena tapahtumien järjestäjille, tarvittava teknologia ja palvelut ovat jo olemassa.

### 5.3.4 Tavoitteena luoda markkinoita talteenotetulle fosforille

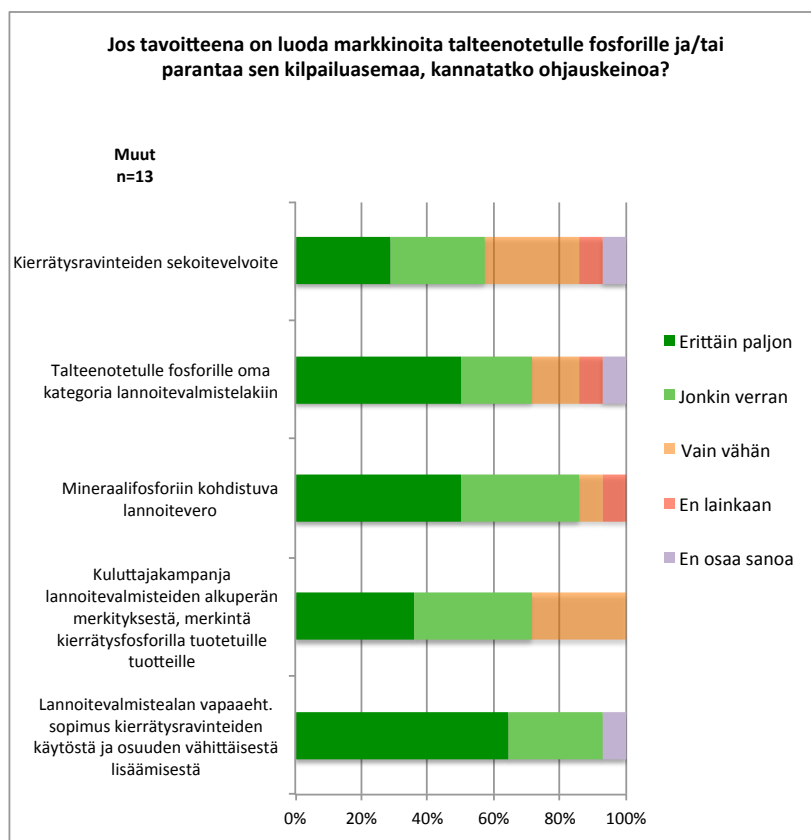
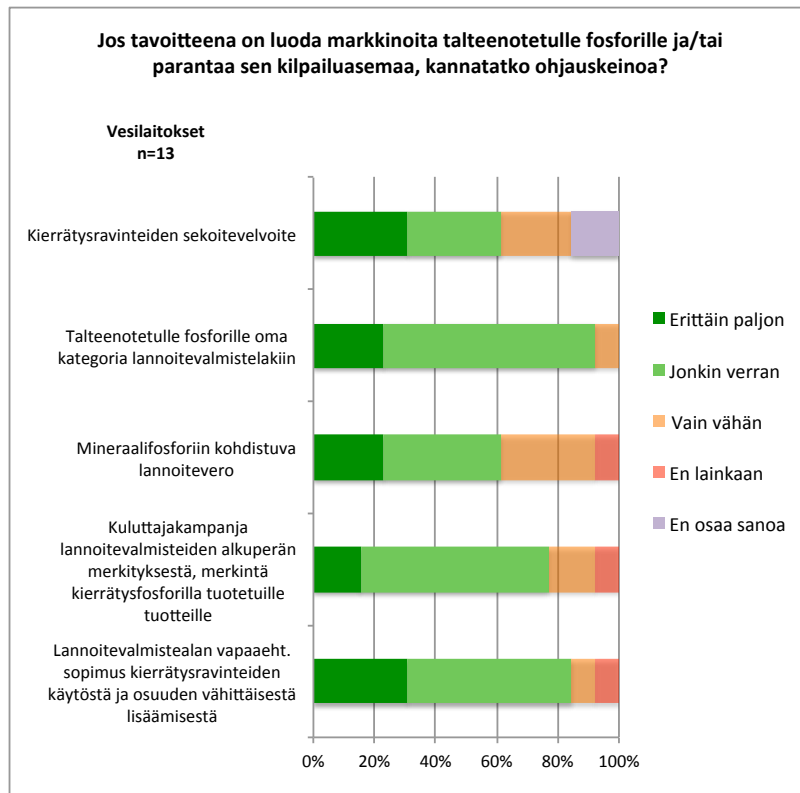
Tämän kategorian ohjauskeinoista eniten kannatusta sai lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytöstä ja osuuden vähittäisestä lisäämisestä (Kuva 5.5). Eniten vastustusta herätti kierrätysravinteiden sekoitevelvoite, mutta toisin kuin puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden osalta (luku 5.3.1), sitä kannatti kuitenkin yli puolet vastaajista.

Vastaajien näkökohtia:

- Fiskaalitoimet ohjaavat aina myös tekniikan kehittymistä: raippa täällä onkin porkkana tuolla
- Raha on hyvä piiska. Siis niin, että menetät, jos et tee mitään ja voitat, jos satsaat uuteen.
- Kannatan marssijärjestystä ensin vapaaehtoinen sopimus ja toiminnan kokeilut, siten muutamaa vuotta myöhemmin säädöksiä, jos asiat niin vaativat.
- Kierrätysfosforimerkintä arveluttaa, koska erilaisia alkuperä- ja muita merkintöjä on niin paljon.

Vastaajat ehdottivat seuraavia uusia ohjauskeinoja:

- Verohelpotuksia "edelläkävijäorganisaatioille" ja niille takaraja, jotta insentiivinä on kaikille halukkaille toimia nopeasti.
- Talteenotetun fosforin imagon kirkastaminen ja kokonaisvaltaisten hyötyjen esille tuominen (vertailu mineraalifosforin tuotannon vaikutusten kanssa).



Kuva 5.5. Vesilaitosten edustajien ja muiden kyselyyn vastanneiden näkemykset ohjaukeinoista, jotka liittyvät talteenotetun fosforin markkinoiden luomiseen ja kilpailuaseman parantamiseen.

## 5.4 Ohjauseinojen arviointi

Työpajassa tehdyn yksilötyön perusteella seuraavat ohjauseinot poistettiin lähemmästä tarkastelusta huonon vaikuttavuuden perusteella:

Tavoitteena luoda markkinoita lietepohjaisille lannoitevalmisteille

- Rajoitukset (esim. esikäsitteilyvelvoite) haitta-aineita sisältäville jätevesille
- Jätevesimaksujen määräytyminen huomioiden haitta-aineiden pitoisuudet
- Tiedotuskampanja siitä, mitä viemäriin saa laittaa

Tavoitteena edistää fosforin talteenottoa puhdistamolietteestä ja jätevesistä

- Talteenotetun fosforin korvaaman mineraalifosforin huomioiminen ympäristöluvan poistovelvoitteissa
- Kemiallisen fosforin poiston rajoituksista tiedottaminen vesilaitoskentässä
- Kuntien yhteiset tavoitteet jätevesien fosforin kierrättämiseksi

Tavoitteena erilliskerätyn virtsan hyödyntäminen

- Erilliskeräysvelvoite suurissa yksiköissä (kauppakeskukset, kampukset, lentokentät jne.)
- Suurten koehankkeiden rahoitus
- Erilliskeräyksen huomioiminen jätevesimaksuissa

Tavoitteena luoda markkinoita talteenotetulle fosforille ja/tai parantaa talteenotetun fosforin kilpailuasemaa mineraalifosforiin verrattuna

- Talteenotetulle fosforille oma kategoria lannoitevalmistelakiin

Taulukossa 5.2. on yhteenveto jäljelle jääneiden ohjauseinojen arviointitiedoista. Taulukon yhteenvetotietojen perusteella voidaan todeta, että seuraavien ohjauseinojen poliittinen toteuttamiskelpoisuus on huono:

- Mineraalifosforiin kohdistuva lannoitevero
- Jäteveden tuottajille fosforivero, jonka tuotto ohjattaisiin talteenottotekniikoiden investointeihin

Lisäksi kommenttien perusteella ohjauseino, joka koostuu lannoitevalmisteiden alkuperästä kertovasta kuluttajakampanjasta ja merkinnästä kierrätysfosforilla tuotetuille tuotteille jää vaikuttavuudeltaan varsin vaatimattomaksi, koska sen avulla voisi vaikuttaa vain kuluttajan omiin lannoitevalmisteostoksiin. Suuret lannoitevalmistemäärät liikkuvat muualla.

**Taulukko 5.2. Ohjauskeinojen arviointi työpajassa, arviointilomake yksilötyönä\*.**

Ohjauskeino	Vaikuttavuus	Kustannus- tehokkuus	Hallinnon tehokkuus julkishallinto	Hallinnon tehokkuus yritykset	Poliittinen toteuttamis- kelpoisuus
<b>Tavoitteena luoda markkinoita lietepohjaisille lannoitevalmisteille</b>					
Kierrätysravinteiden sekoite- velvoite	1,8	0,5	0,4	-0,3	0,4
Mineraalifosforiin kohdistuva lannoitevero	1,1	-0,4	0,4	0,4	-0,9
Investointituki lietteen proses- soinnille ja lannoitevalmistei- den valmistukselle tai suurten koehankkeiden rahoitus	1,4	0,5	0	0,8	1,1
Puhdistamolietteen tai liete- pohjaisten lannoitevalmistei- den sertifiointijärjestelmä	0,8	0,6	0,4	0,4	0,9
Lannoitevalmistealan vapaa- ehtoinen sopimus kierrätysra- vinteiden käytöstä ja osuuden vähittäisestä lisäämisestä	1,2	0,8	1,1	1,0	1,1
<b>Tavoitteena edistää fosforin talteenottoa puhdistamolietteestä ja jätevesistä</b>					
Fosforin talteenottovelvoite puhdistamolietteestä tai jäte- vesistä	1,4	-0,7	0,3	0	0,7
Investointituki tai suurten koehankkeiden rahoitus	1,2	0,5	-0,2	0,6	1,1
Jäteveden tuottajille fosforive- ro, tuotto talteenottotekniikoi- den investointeihin	1,1	0,7	0,2	-0,2	-0,2
<b>Tavoitteena luoda markkinoita talteenotetulle fosforille ja/tai parantaa talteenotetun fosforin kilpailuasemaa mineraalifosforiin verrattuna</b>					
Kierrätysravinteiden sekoite- velvoite	1,5	0,5	0	0,3	0,1
Mineraalifosforiin kohdistuva lannoitevero	0,8	0,1	0,2	0	-1,1
Kuluttajakampanja lannoite- valmisteiden alkuperän merki- tyksestä, merkintä kierrätys- fosforilla tuotetuille tuotteille	0,8	0,6	0,3	0,3	1
Lannoitevalmistealan vapaa- ehtoinen sopimus kierrätysra- vinteiden käytöstä ja osuuden vähittäisestä lisäämisestä	1,6	1,2	0,6	0,4	1

\*= Arvioinnin asteikko oli ++, +, 0, -, --. Eri vastaajien arviot on muutettu lukuarvoiksi (2, 1, 0, -1, -2) ja niistä on laskettu keskiarvo. Vaaleansinisellä on merkitty ne ohjauskeinot, jotka on huonon poliittisen toteuttamiskelpoisuuden tai huonon vaikuttavuuden takia jätetty pois tarkemmasta arvioinnista.

Alan kotimaisen keskustelun, sidosryhmäkyselyn ja työpajan tulosten perustella on ilmeistä, että puhdistamolietteen ja puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden käyttöön ja sen riskeihin liittyvät käsitykset ovat polarisoituneet eivätkä suuret elintarvikkealan yritykset halua, että niitä käytetään elintarviketuotannossa. EU-tason kannat ja keskustelu tuotteiden turvallisuudesta aiheuttavat varovaisuutta ja jopa kielteisiä kantoja elintarviketeollisuudessa, joka suuntaa myös kansainvälisille markkinoille. Tarvitaan uusia ratkaisuja. *Puhdistamolle saapuvien jätevesien haitta-ainepitoisuuksien alentaminen yhdistettynä lannoitevalmisteiden sertifiointijärjestelmään* on yksi keino, joka saattaa lisätä ostajien luottamusta lannoitevalmisteiden laatuun. Se kuitenkin ainoastaan tukee nykyistä toimintaa, muttei varmista markkinoiden vetoa.

Vesilaitosyhdistys, Suomen biokaasuyhdistys ja Biolaitosyhdistys ovat yhteistyössä valmistelemassa *kansallista laatujärjestelmää kierrätyslannoitevalmisteille*, jotka on prosessoitu suomalaisissa biokaasu- tai kompostointilaitoksissa tai muissa vastaavissa laitoksissa. Tarkoituksena on ottaa huomioon jättemateriaalien laatuun vaikuttavat tekijät jätteen synnyn alkulähteillä. (Toivikko 2017)

Kyselyssä nousi esille mahdollisena ohjauskeinona *lietteen laadun parantaminen* rajoittamalla lääkeaineiden markkinoille pääsyä. Tämä on varmasti yksittäisten lääkeaineiden osalta tehokas keino. Toisaalta erilaisia lääkeaineita ja kemikaaleja on paljon, eikä useimpien aineiden esiintymisestä jätevesissä ja lietteessä eikä haitallisuudesta ole riittävästi tietoa. Lisätutkimus on tarpeen, mutta sen avulla ei ratkaista lietteen käytettävyyteen liittyviä nykyongelmia. Kysymys kytkeytyy yleiseen kemikalisoitumisen ja haitallisten aineiden käytön torjuntaan.

Toisaalta esimerkiksi *sairaaloiden jätevedet voitaisiin käsitellä erikseen* siten, etteivät niiden sisältämät lääkeaineet joudu muun lietteen joukkoon. Tämä voisi olla tehokas keino vähentää lääkeaineiden aiheuttamaa kuormitusta siitäkkin huolimatta, että suurin osa lääkeaineista joutuu viemäriin kotitalouksista. Tarvitaan kuitenkin lisätietoa siitä, miten hyvin tällä tavoin saataisiin haitallisia aineita pois lietteestä ja mikä olisi erilliskäsittelyn kustannustehokkuus.

Tällä hetkellä tarvitaan lisää *eri tahojen rakentavaa keskustelua* seminaarien ja työpaikkojen muodossa, jotta löydettäisiin hyviä uusia keinoja lietteen käyttöön. Lietepohjaisia lannoitevalmisteita voidaan käyttää esimerkiksi energiakasvien viljelyssä. Esimerkiksi Sitra voisi olla tällaisen vuoropuhelun järjestäjänä (vrt. Sitra & SYKE 2017). Avainasemassa tässä kysymyksessä on energiakasvien viljelyn kannattavuus.

Fosforin talteenotto ja talteenotetun fosforin lannoituskäyttö on hyvä keino, mutta talteenotto on kallista ja sen kustannusten alentaminen on välttämätöntä asian edistämiseksi. Fosforin talteenotosta tarvitaan myös paljon tietoa ja ennen kaikkea puolueetonta tiedon jakoa. Lisäksi tarvitaan *puolueetonta tietoa* kaikista eri lannoitevalmisteista sekä niiden ominaisuuksista ja vaikutuksista.

*Investointituet ja suurten koehankkeiden rahoitus* todettiin arvioinnissa tehokkaiksi keinoiksi vauhdittaa alan kehitystä. Rahaa on kuitenkin rajallisesti, joten olisi hyvä keskittyä vaikuttavimpaan osaan ketjusta eli fosforin talteenoton teknologioihin jätevedenpuhdistamoilla. Voisi olla tarpeen etsiä myös uusia rahoituskeinoja.

Yksi mahdollinen uuden teknologian rahoituskeino kunnallisilla jätevedenpuhdistamoilla voisi olla *jätevesimaksun korotus*. Pienelläkin korotuksella voisi suurella väestöpohjalla rahoittaa suuria investointeja. Sveitsissä kansallinen hanke jätevedenpuhdistamoiden tehostamiseksi lääkeaineita poistaviksi maksaa henkeä kohti 5 - 20 euroa vuodessa (Joss ym. 2008). Toisaalta asumiskustannusten nostaminen ei ole poliittisesti kovin hyväksyttävää ja jätevesimaksujen korotukselle on paineita myös vesi- ja viemäriverkoston suuren korjausvelan takia.

*Kierrätysravinteiden sekoitevelvoite* olisi vaikuttava ohjauskeino, joka suuntaisi toimintaa tehokkaasti. Se on kuitenkin ongelmallinen, koska EU-tason säädöksiä ei ole toisin kuin biopolttoaineiden osalta. Myös velvoitteen valvonta voi aiheuttaa ongelmia. Sekoitevelvoitteen soveltaminen puhdistamolietepohjaisiin lannoitevalmisteisiin aiheuttaa huolta lannoitevalmisteiden puhtaudesta ja turvallisuudesta. Talteenotetun fosforin osalta tätä ongelmaa ei ole.

*Lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytöstä ja osuuden vähittäisestä lisäämisestä* on potentiaalisesti vaikuttava keino, jos ala lähtee tarpeeksi suurella rintamalla mukaan toimintaan. Tämä keino on yleisesti hyväksytty ja nauttii laajaa kannatus-



ta sidosryhmien keskuudessa. Toimenpiteeseen voisi yhdistää kierrätysravinteiden markkinointikampanjan.

*Fosforin talteenottovelvoite* puhdistamolietteestä tai jätevesistä on tehokas ohjauskeino, mutta siitä ongelmallinen, että erityisesti Suomeen soveltuvat talteenottotekniikat ovat vielä kehittymättömiä. Talteenottovelvoite ei yksinään riitä, vaan tarvitaan myös velvoite tai kannuste käyttää talteenotettua fosforia.

Virtsan erilliskeräys ei sinänsä herättänyt suurta vastustusta vaikka erilliskerätyn virtsan maatalouskäyttö herättää huolia lääkainejäämistä. Tämä ongelma poistuu jos virtsaa jalostetaan eteenpäin esimerkiksi struviitiksi (Ks. luku 4). Esitettyjen ohjauskeinojen arvioitu huono vaikuttavuus johtuu pitkälti siitä, että virtsan erilliskeräys vaatisi hyvin suuria ja kalliita muutoksia kiinteistöihin. Suurissa yleisötapahtumissa erilliskeräys on kohtalaisen helppo järjestää ja tarvittava teknologia ja palvelut ovat jo olemassa. Kyselyssä nousi esille ajatus *virtsan erilliskeräysvelvoitteesta tapahtumien järjestäjille*. Kierrätysimagoa voisi myös hyödyntää tapahtumien markkinoinnissa.

On ilmeistä, ettei mikään yksittäinen ohjauskeino ole riittävä, vaan tarvitaan erilaisia ohjauskeinojen yhdistelmiä. Olennaista on tuotteiden hyvä kysyntä markkinoilla. Yhdistelmän osat voivat olla eri prosessointi-käyttöketjun vaiheisiin kohdistuvia ohjauskeinoja, esimerkiksi talteenottovelvoitteen tai -kannusteen yhdistäminen sekoitevelvoitteeseen tai -kannusteeseen. Tähän yhdistelmään voidaan myös lisätä investointituki vesilaitosten ja lannoitevalmistajien yhteishankkeelle, jossa jalostetaan suoraan lannoitevalmistukseen sopivia lopputuotteita. Ohjauskeinojen yhdistelmä voi olla myös aikasarja alan ja teknologian eri kehitysvaiheisiin sopivia ohjauskeinoja: aluksi tukia teknologioiden kehittämiseen ja investointeihin, alan vapaaehtoiset sopimukset kun on olemassa käyttökelpoista teknologiaa ja sitten kierrätys- tai sekoitevelvoitteet, jos vapaaehtoiset toimet eivät riitä. Kierrätys- ja sekoitevelvoitteet johtavat markkinaehtoisesti kehittyviin teknologioihin ja kierrätysfosforin markkinahintaan. Fosfori otetaan sieltä, mistä sitä kustannustehokkaimmin saadaan.

Ohjauskeinojen vaikutukset kohdentuvat eri tavoin eri kohderyhmiin (Taulukko 5.3). Yleisen hyväksyttävyyden ja siten poliittisen toteuttamiskelpoisuuden kannalta on tärkeää, että vaikutusten jakautuminen koetaan riittävän reiluksi eivätkä mitkään toimijat joudu kokemaan kohtuuttomia suuria haittoja.

Lannoitevalmistean alan toimijoihin kohdentuvat erityisesti kierrätysravinteiden sekoitevelvoite, alan vapaaehtoinen sopimus ja tuet lannoitteiden valmistukseen tai kehitystyöhön. Koska lannoitteiden markkinat ovat kansainväliset, ohjauskeinot eivät saisi kohtuuttomasti heikentää kotimaisen tuotannon kilpailukykyä.

Lannoitteiden käyttäjiin – erityisesti maatalouteen – kohdistuvat toimet, jotka vaikuttavat suoraan tai epäsuorasti lannoitteiden saatavuuteen tai hintaan. Kierrätysravinteiden sekoitevelvoite ei saisi nostaa lannoitteiden hintaa liikaa tai heikentää kuluttajien luottamusta ruoan puhtauteen. Sekoitevelvoite ei saa myöskään aiheuttaa peltomaiden laadun heikkenemistä.

**Taulukko 5.3. Tahot, joihin eri ohjauskeinot kohdistuvat ja arvio vaikutuksesta näihin tahoihin.**

Ohjauskeino	Kohdistuminen	Vaikutus
<b>Tavoitteena luoda markkinoita lietepohjaisille lannoitevalmisteille</b>		
Kierrätysravinteiden sekoitevelvoite	Lannoiteteollisuus, lannoitteiden käyttäjät	Aiheuttaa kustannuksia yrityksille, mutta toisaalta kannustaa edelläkävijöitä. Saattaa nostaa lannoitteiden hintoja.
Investointituki lietteen prosessoinnille ja lannoitevalmisteiden valmistukselle tai suurten koehankkeiden rahoitus	Lietettä prosessoivat tahot, lannoitevalmisteiden valmistajat, teknologian kehittäjät	Kompensoi prosessoinnin aiheuttamia lisäkustannuksia, tukee uuden teknologian testausta
Puhdistamolietteen tai lietepohjaisen lannoitevalmisteiden sertifiointijärjestelmä	Suuret kunnalliset jätevedenpuhdistamot, lietettä prosessoivat tahot, lannoitevalmisteiden valmistajat	Onnistuessaan lisää luottamusta lietepohjaisiin lannoitevalmisteisiin ja niiden menekkiä
Lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytöstä ja osuuden vähittäisestä lisäämisestä	Lannoitevalmistealan toimijat	Luo alalle yhtenäisiä käytäntöjä, mikä parantaa ennustettavuutta. Saattaa nostaa lannoitteiden hintoja.
<b>Tavoitteena edistää fosforin talteenottoa puhdistamolietteestä ja jätevesistä</b>		
Fosforin talteenottovelvoite puhdistamolietteestä tai jätevesistä	Suuret kunnalliset jätevedenpuhdistamot	Lisää kustannuksia, osa kustannuksista siirtyy kuluttajille
Investointituki tai suurten koehankkeiden rahoitus	Suuret kunnalliset jätevedenpuhdistamot, teknologian kehittäjät	Kompensoi talteenoton aiheuttamia lisäkustannuksia
<b>Tavoitteena luoda markkinoita talteenotetulle fosforille ja/tai parantaa talteenotetun fosforin kilpailusemaa mineraalifosforiin verrattuna</b>		
Kierrätysravinteiden sekoitevelvoite	Lannoiteteollisuus, lannoitteiden käyttäjät	Muuttaa lannoitevalmistuksen raaka-ainepohjaa. Aiheuttaa kustannuksia yrityksille, mutta toisaalta kannustaa edelläkävijöitä. Saattaa nostaa lannoitteiden hintoja.
Lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytöstä ja osuuden vähittäisestä lisäämisestä	Lannoitevalmistealan toimijat	Luo alalle yhtenäisiä käytäntöjä, mikä parantaa ennustettavuutta. Saattaa nostaa lannoitteiden hintoja.

Teknologian kehittäjiin kohdistuvat toimet, joilla tuetaan uuden teknologian kehittämistä, kokeilemistä tai käyttöönottoa. Veloitteet, koehankkeet ja tuet kaikki edesauttaisivat alan kotimarkkinoiden syntymistä ja vientiä.

Kuntien jätevedenpuhdistamoihin kohdentuvat lannoitevalmisteiden sertifiointijärjestelmä, fosforin talteenottovelvoite ja tuet teknologian käyttöönottoon. Vesilaitosten investointitarve on mm. korjausvelan ja kiristyvien puhdistusvaatimusten takia joka tapauksessa merkittävä, joten lisärasitteisiin suhtaudutaan penseästi. Toisaalta laitoksilla on mahdollisuus välittää kustannukset edelleen asiakkaille maksujen muodossa, jolloin toimet kohdentuvat myös kotitalouksille ja yrityksille.

Hankkeessa ei ole tehty arviota eri ohjauskeinojen aiheuttamista kustannuksista puhdistamoille, lannoiteteollisuudelle, maatalouselinkeinolle tai muille toimijoille. Myöskään ei ole arvioitu ehdotetuista toimista aiheutuvia hallinnollisia kustannuksia.

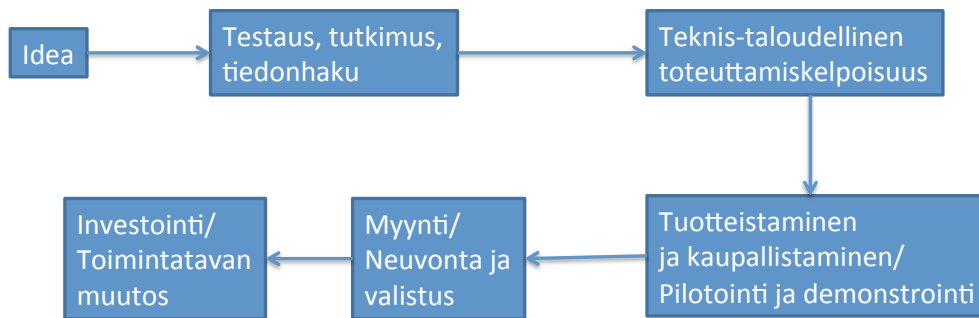
## 5.5 Yhteenvedo ja johtopäätöksiä

Ohjauskeinojen arvioinnin perusteella voidaan todeta, ettei mikään yksittäinen ohjauskeino ole riittävä tukemaan fosforin talteenottoa ja kierrätystä jätevesistä tai puhdistamolietteestä. Tarvitaan useiden erilaisten ohjauskeinojen yhdistelmää osittain eri tavoitteiden edistämiseksi ja osittain kehityskaaren eri vaiheissa.

Puhdistamolietteen ja siitä jalostettujen lannoitevalmisteiden sijaan tulevaisuudessa käytetään yhä enenevässä määrin talteenotettua fosforia. Nykyjärjestelmä kuitenkin tuottaa puhdistamolietettä, jonka fosfori olisi järkevää saada hyötykäyttöön. Siksi tarvitaan sekä ohjauskeinoja, jotka tukevat puhdistamolietteen ja siitä jalostettujen lannoitevalmisteiden turvallista käyttöä, että ohjauskeinoja, jotka edistävät fosforin talteenottoa ja talteenotetun fosforin käyttöä.

Puhdistamolietteen ja puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden osalta tärkeintä on luottamuksen rakentaminen vuoropuhelun, lietteen laadun parantamisen ja laatujärjestelmän keinoin sekä sellaisten lietteen uusien käyttömuotojen etsiminen, joilla pystytään korvaamaan mineraalilannoitteita.

Teknologioiden tai uusien toimintatapojen kehittämisessä on erilaisia vaiheita, jotka pitää käydä läpi ennen kuin ne voidaan ottaa laajamittaisesti käyttöön (Kuva 5.6). Useimmat fosforin talteenottotekniikat (ks. luku 4) ovat vielä teknis-taloudellisen toteuttamiskelpoisuuden osoittamisen tai pilotoinnin ja demonstroinnin vaiheessa. Tällöin niitä voi parhaiten edistää tukemalla suuria koehankkeita. Seuraavassa vaiheessa taas olennaisinta olisi tukea markkinoiden luomista erilaisin ohjauskeinoin.



Kuva 5.6. Teknologian tai uusien toimintatapojen kehittämisen vaiheet. (Muokattu lähteestä Salminen 2015)

Vapaaehtoiset sopimukset on Suomessa todettu tehokkaaksi ja toimivaksi ohjauskeinoksi. Tästä hyvänä esimerkkinä on ympäristöministeriön, Suomen Kuntaliiton ja Suomen Vesiläitosyhdistyksen solmima vapaaehtoinen suositussopimus puhdistaa jätevesiä paremmin kuin ympäristölupa velvoittaa. (Ympäristöministeriö 2017) Sopimuksissa ei määritellä käytettäviä menetelmiä, vaan sovitaan yhteisistä tavoitteista, joihin pyritään. Sopimuksen laatimisen alkuvaiheessa käydään ehkä vaikeita neuvotteluita, mutta kun on päästy yhteisymmärrykseen, saavutetaan keskinäinen luottamus ja osapuolet ovat vahvasti sitoutuneita tavoitteisiin. Lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytöstä voisi olla tehokas ohjauskeino, jos saadaan käyttöön sopivan kunnianhimoiset tavoitteet alan kehittämisen tueksi.

Tiedonsaantia erilaisista kierrätyslannoitevalmisteista voitaisiin myös parantaa ottamalla käyttöön esimerkiksi sähköinen lannoitevalmisterekisteri, johon valmistajat syöttäisivät tuotteidensa tiedot. Käyttäjät tietäisivät tällöin paremmin, mitä on saatavilla ja voisivat ladata tiedot ja käyttää niitä suoraan viljelysuunnitteluohjelmissa. (Joona 2017)

Jos vapaaehtoinen sopimus ei riitä toimivien kierrätysravinteiden markkinoiden luomiseen, voidaan myöhemmin, teknologian ollessa riittävän kehittyntä, harkita fosforin talteenottovelvoitteen ja kierrätysravinteiden sekoitevelvoitteen yhdistelmän käyttöönottoa. Toinen vaihtoehto olisi ottaa käyttöön taloudellisia keinoja, jotka ohjaisivat tähän suuntaan. Vesiläi-

tokset voisivat rahoittaa fosforin talteenottoinvestointeja jätevesimaksujen pienellä korotuksella, mikä voisi olla poliittisesti hyväksyttynä tehokas keino varsinkin jos siihen yhdistettäisiin tietyn suuruinen valtion rahoitus. Maksun voisi yhdistää tiedotukseen, jotta asukkaat saisivat tietoa fosforin talteenoton hyödyistä.

Ohjaukeinojen käyttöönnotto edellyttää, että niiden kustannukset ja kustannustehokkuus arvioidaan.

## 5.5 Lähteet

Joona, J. 2017. Agronomi Juuso Joona Soilfood Oy. Henkilökohtainen kontakti 8.8.2017.

Joss, A., Siegrist, H. & Ternes, T.A. 2008 Are we about to upgrade wastewater treatment for removing organic micropollutants? *Water Science & Technology* 57 (2) 251- 255.

Salminen, A. 2015. Vuosina 2012-2014 toteutettujen Raki-hankkeiden tuloksellisuus ja vaikutukset. Esitys Raki-seurantaryhmän kokouksessa 23.2.2015. Saatavilla osoitteessa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Itameri\\_ja\\_merensuojelu/Ohjelmat\\_ja\\_strategiat/Ravinteiden\\_kierratyksen\\_edistamista\\_ja\\_Saaristomeren\\_tilan\\_parantamista\\_koskeva\\_ohjelma/Hankkeiden\\_tulokset](http://www.ym.fi/fi-FI/Luonto/Itameri_ja_merensuojelu/Ohjelmat_ja_strategiat/Ravinteiden_kierratyksen_edistamista_ja_Saaristomeren_tilan_parantamista_koskeva_ohjelma/Hankkeiden_tulokset) Viitattu 29.6.2017.

Sitra & SYKE. 2017. Suuri lannoitekeskustelu 22.3.2017. Internet-sivu <https://www.sitra.fi/tapahtumat/suuri-lannoitekeskustelu/> Viitattu 7.8.2017.

Toivikko, S. 2017. Vesiasian päällikkö Sajariina Toivikko, Vesilaitosyhdistys. Henkilökohtainen kontakti 15.6.2017.

Ympäristöministeriö. 2017. Vapaaehtoinen suositussopimus vähensi puhdistamojen ravinnekuormitusta. Tiedote 28.6.2017. [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Vapaaehtoinen\\_suosituussopimus\\_vahensi\\_pu\(43760\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Vapaaehtoinen_suosituussopimus_vahensi_pu(43760)) Viitattu 6.7.2017.

## 6. POLITIIKKASUOSITUKSET

Fosforin talteenoton ja kierrätyksen edistämiseksi hyvälaatuisina lannoitevalmisteina Suomessa on syytä ottaa käyttöön uusia ohjauskeinoja. Parhaiten toimii paletti toisiaan tukevia toimenpiteitä. Eri ohjauskeinot myös vaikuttavat ketjun eri vaiheisiin ja eri aikoina. Selvityksen perusteella esitämme harkittavaksi seuraavia suosituksia.

Pohjan toimille muodostaa *kansallinen vuoropuhelu*. Keskustelun tavoitteena on yhteisymmärryksen luominen tarvittavasta suunnasta ja hyväksynnän synnyttäminen harkittaville ohjauskeinoille. Samalla alan toimijoiden välillä on tarpeen kasvattaa luottamusta, jotta esimerkiksi elintarviketeollisuus pystyy hyväksymään kierrätysravinteiden käytön ruuantuotannossa. Myös uusia ideoita ohjauskeinoista on paikallaan koota edelleen.

Julkishallinnon on syytä neuvotella lannoitevalmistealan kanssa *vapaaehtoinen sopimus* kierrätysravinteiden käytön edistämiseksi. Suomessa on saatu sopimuksista hyviä kokemuksia, ja niitä pidetään yleisesti järeämpää sääntelyä helpommin hyväksyttävinä mm. alhaisten hallinnollisten kustannusten takia. Sopimus voi sisältää asteittain nousevia tavoitteita kierrätysravinteiden käytön lisäämiseksi ja tarkistus pisteet etenemisen arvioimiseksi. Jos tavoitteita ei saavuteta, tulee harkita muita ohjauskeinoja.

Uusien ratkaisujen kehittämiseen ja käyttöönottoon on syytä ohjata *julkista rahoitusta*. Tutkimus- ja kehitysrahoituksen ohella voidaan hyödyntää tukea koehankkeille ja uuden teknologian käyttöönotolle. Niukat julkiset varat on tärkeä käyttää tehokkaasti, joten ne kannattaa kohdentaa vaikuttavimpaan osaan ketjusta. Käytännössä voitaisiin tukea esimerkiksi investointeja lietteen käsittelyyn ja kierrätyslannoitteiden valmistukseen. Rahoitettavat kohteet kannattaa kilpailuttaa vaikuttavuuden perusteella.

Kierrätyslannoitteille tarvitaan *kansallinen laatujärjestelmä*, joka takaa tuotteiden puhtauden ja turvallisuuden tutkimustietoon perustuen. Alan toimijoiden kanssa rakennettavan järjestelmän tarkoitus on lisätä luottamusta kierrätyslannoitteisiin ja siten luoda niille markkinoita. Laatu voidaan osoittaa valmisteille myönnettävällä sertifikaatilla.

Muiden toimenpiteiden toteuduttua ja teknologian ollessa riittävän kehittyntä suositellaan harkittavaksi myös *kierrätysravinteiden sekoitevelvoitetta*, jolla lannoitteissa tulisi olla vaihteittain kasvava osuus kierrätysravinteita. Vastaava malli on toiminut menestyksekkäästi biopolttoaineiden käytön edistämisessä. Velvoite edellyttää kuitenkin kierrätysravinteilta korkeaa laatua ja turvallisuutta. Myös velvoitteen sopivuus EU:n yhteismarkkinoille tulee ensin varmistaa.

Tietopohjan vahvistaminen ja toimenpiteiden kohdentaminen edellyttävät myös lisää *tutkimusta*. Tarvitaan mm. kustannustehokkaiden fosforin talteenottomenetelmien kehittämistä sekä lietteenkäsittelymenetelmien kehittämistä niin, että haitta-aineet saadaan poistettua. Lisätietoa tarvitaan myös haitallisimmista aineista, niiden lähteistä ja korvaamisesta vähemmän haitallisilla aineilla. Eri toimijat tarvitsevat puolueetonta tietoa lannoitevalmisteiden ominaisuuksista ja vaikutuksista. Tarvetta on myös ohjauskeinojen vaikuttavuuden ja kustannustehokkuuden perusteellisemmalle selvittämiselle.

Ehdotettujen ohjauskeinojen käyttöönotto edellyttää niiden kustannusten ja kustannustehokkuuden arviointia sekä rahoitusmekanismien selvittämistä.

Tässä selvityksessä on esitelty myös joukko  *muita mahdollisia ohjauskeinoja*, joita tässä vaiheessa ei esitetä toteutettavaksi mm. teknisten haasteiden tai heikon hyväksyttävyyden takia (luku 5). Tilanne voi tulevaisuudessa kuitenkin muuttua olosuhteiden tai tavoitteiden myötä. Kokemukset muista maista voivat myös rohkaista ottamaan käyttöön uusia keinoja, ja kansainvälistä kehitystä onkin syytä seurata tarkkaan.

Suomessa on käytössä pitkälti erilaisia jätevedenpuhdistuksen ja lietteen käsittelyn teknologiaa kuin Keski-Euroopassa. Jätevesien sisältämän fosforin kierrätyksen ratkaisuja etsitään EU:ssa nykyisin kuitenkin pääosin Saksan ja Alankomaiden tyyppisiin järjestelmiin eli talteenottoon poltetun lietteen tuhkasta ja struviitin käytölle. Yllä mainittujen kansallisten ohjauskeinojen lisäksi olisi tärkeää  *vaikuttaa EU:n suuntaan*, jotta tulevat säädökset huomioisivat paremmin myös sellaiset fosforin kierrätyksen muodot, jotka eivät vaadi biologista fosforin poistoa jätevesistä tai lietteen polttoa. Tässä työssä liittoutuminen muiden samankaltaisten maiden kanssa olisi eduksi. Esimerkiksi pohjoismainen yhteistyö voisi tulla kyseeseen.

# LIITTEET

## I Sanasto

aerobinen stabilointi	Käsittely hapellisissa olosuhteissa, sakeutetun lietteen hapettaminen, lahotus
anaerobinen stabilointi	Lietteen käsittely hapettomissa olosuhteissa, mädätys
biohiili	Biomassasta keinotekoisesti tuotettua hiiltä, tuotetaan pyrolyysissä
fermentointi	Käyminen, jäteveden käsittelyssä orgaanisen aineen pilkkoutuminen pienemmiksi yhdisteiksi hapettomissa oloissa
kalkkistabilointi	Kalkkistabiloinnissa lietteeseen lisätään kalsiumyhdisteitä, jotka nostavat lietteen pH:ta niin, että biologinen aktiviteetti loppuu ja liete hygienisoituu
Kemicond-käsittely	Kemicond-käsittelyssä lietteeseen lisätään kemikaaleja niin, että fosfori lietteessä saostuu ja lietteen rakenne muuttuu niin, että vettä pääsee irtoamaan lietteen rakenteesta
kolibakteeri	Bakteerilaji, joka elää tasalämpöisten eläinten ruoansulatuskanavassa, käytetään indikaattorina ulostesaastumisesta
kompostointi	Kompostoinnissa bakteerit hajottavat lietteen orgaanista ainetta hapellisissa oloissa, liete on kuivattua ja lisäksi lisätään tukiainetta
kongeneeri	Kongeneerit ovat rakenteeltaan samankaltaisia yhdisteitä, joissa on kuitenkin esimerkiksi eri määrä klooria
mesofiilinen mädätys	Noin 37 asteen lämpötilassa tehtävä mädätys, vrt. termofiilinen mädätys
mineralisaatio	Tässä yhteydessä aineen muuttuminen kasveille käyttökelpoiseen muotoon hajoamisen seurauksena
mädäte	Mädätyksen käsittelyjäännös
mädätys	Lietteen biologinen käsittely hapettomissa olosuhteissa, jossa bakteerit hajottavat lietteen orgaanista ainetta ja tuottavat metaania eli biokaasua. Käytetään myös termiä biokaasutus.
pastörinti	Lämpökäsittely, joka tuhoaa patogeenejä
patogeeni	Taudinaiheuttaja, sairautta aiheuttava pieneliö
pyrolyysi	Pyrolyysissä liete kuumennetaan korkeaan lämpötilaan hapettomissa oloissa.
salmonella	Suolistobakteerilaji, käytetään indikaattorina ulostesaastumisesta
stabilointi	Lietteen käsittely hajuttomaksi (nyk. myös yleensä haitattomaksi)

struviitti	Magnesiumammoniumfosfaatti, myös lyhenteellä MAP
terminen kuivaus	Lietteessä olevan veden haihduttaminen lämmön avulla
termofiilinen mädätys	Mädätys tapahtuu noin 55 asteen lämpötilassa, vrt. mesofiilinen mädätys
vanhentaminen	Lietteen käsittelymenetelmä, joka perustuu pitkäaikaiseen säilytykseen (yleensä) aumassa

## II Lyhenteet

AGRI	Euroopan parlamentin maatalousasioista vastaava valiokunta
BSAG	Baltic Sea Action Group
EAKR	Euroopan aluekehitysrahasto
ENVI	Euroopan parlamentin ympäristöasioista vastaava valiokunta
EoW	End-of-Waste, siirtynyt käsittelyn jälkeen jätteestä tuotteeksi
ESPP	European Sustainable Phosphorus Platform, Euroopan fosforifoorumi
HELCOM	Itämeren suojelukomissio
IMCO	Euroopan parlamentin sisämarkkinoiden toiminnasta ja kuluttajansuojasta vastaava valiokunta
JRC	Euroopan komission tutkimusosasto



### III Sidosryhmäkysely

#### Kyselyn ja vastaajan taustatiedot

Tämä kysely on osa valtioneuvoston tutkimus- ja selvitystoimintaan kuuluvaa hanketta ”Jäteveden sisältämän fosforin talteenotto ja kierrättäminen: Taloudelliset ja lainsäädännölliset ohjaukeinoet eri maissa ja niiden soveltuminen Suomeen”. Hanketta toteuttavat Aalto-yliopisto ja Tyrsky-Konsultointi Oy.

Kyselyn avulla haluamme kartoittaa eri teknologioiden ja ohjaukeinojen hyväksyttävyyttä sekä ohjaukeinojen vaikutuksia eri toimijaryhmien näkökulmasta.

Kysymme yhteystietojasi sen takia, että voimme tarvittaessa kysyä lisätietoja esittämistäsi vapaamuotoisista ajatuksista, kuten uusista ohjaukeinoideoista. Kyselyssä kerättyjä tietoja käytetään vain tässä projektissa eikä niitä välitetä eteenpäin.

Kyselyyn vastaaminen kestää noin 10-15 minuuttia.

Vastaajan nimi

Organisaatio

Sähköpostiosoite

Edustan lähinnä

Työni liittyy lähinnä

Perehtyneisyyteni seuraaviin aihepiireihin

	Heikko	Välttävä	Kohtalainen	Hyvä	Olen alan asiantuntija
Jäteveden puhdistukseen liittyvä teknologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aiheeseen liittyvät säädökset	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Taloudelliset ohjaukeinot (esim. verot, tuet)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fosforin kierrätykseen liittyvä teknologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kierrätyslannoitevalmisteet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ruuan tuotannon turvallisuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Fosforin talteenottomenetelmien soveltuvuus Suomeen

Tämä osio kohdennetaan vain vesilaitoksille ja jätevedenpuhdistamoille

Millainen on seuraavien fosforin talteenottomenetelmien soveltuvuus Suomeen?

	Erittäin hyvä	Melko hyvä	Ei hyvä eikä huono	Melko huono	Huono	En osaa sanoa
1. Poltetun lietteen tuhkan hyötykäyttö	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Fosforin erottaminen poltetun lietteen tuhasta, esim. AshDec	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Talteenotto bioP-lietteestä puhtaana kemiallisena yhdisteenä esim kiteytys struviitiksi bioP-laitoksen rejektistä tai lietteestä tai ravinteiden saattaminen liukoiseen muotoon hapolla esim. Seaborne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Fosforin jälkisaostus mahdollisimman puhtaana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Kemiallisesti saostetun fosforin edelleen prosessointi esim. RAVITA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Miten suuria muutoksia nykyisiin prosesseihin tarvitaan jotta seuraavia fosforin talteenottomenetelmiä voitaisiin käyttää Suomessa?

	Hyvin suuria	Melko suuria	Ei pieniä eikä suuria	Melko pieniä	Hyvin pieniä	En osaa sanoa
1. Poltetun lietteen tuhkan hyötykäyttö	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Fosforin erottaminen poltetun lietteen tuhasta, esim. AshDec	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Talteenotto bioP-lietteestä puhtaana kemiallisena yhdisteenä esim kiteytys struviitiksi bioP-laitoksen rejektistä tai lietteestä tai ravinteiden saattaminen liukoiseen muotoon hapolla esim. Seaborne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Fosforin jälkisaostus mahdollisimman puhtaana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Kemiallisesti saostetun fosforin edelleen prosessointi, esim. RAVITA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Teknologiat

**Seuraavassa on joukko jätevesien fosforin kierrätyksen keinoja ja teknologioita. Arvioi teknologioiden hyväksyttävyyttä.**

Miten toivottavia ovat seuraavat fosforin kierrätyksen keinot

	Hyvin toivottava	Melko toivottava	Ei toivottava eikä epätoivottava	Melko epätoivottava	Hyvin epätoivottava	En osaa sanoa
1. Nykyisenkaltainen puhdistamolietteen käyttö maataloudessa (käsittelymenetelmänä esim. kompostointi, termofiilinen mädätys, kalkkistabilointi)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa kuten yllä, mutta rajoituksia orgaanisten haitta-aineiden pitoisuuksille	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa kuten yllä, mutta käyttö rajoitetaan kasveille, joita ei käytetä ihmisravinnoksi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Poltetun lietteen tuhkan käyttö maataloudessa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Tuhkasta erotetun fosforin käyttö maataloudessa (puhdas kemiallinen yhdiste)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Muulla menetelmällä talteenotetun fosforin käyttö maataloudessa (puhdas kemiallinen yhdiste)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Erilliskerätyn virtsan käyttö maataloudessa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Erilliskerätystä virtsasta prosessoidun fosforin käyttö maataloudessa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Haluatko perustella vastauksiasi? Voit kirjoittaa tähän vapaamuotoisesti:

Haluatko perustella vastauksiasi? Voit kirjoittaa tähän vapaamuotoisesti:

## Ohjaukeinoet

Seuraavassa on joukko jätevesien sisältämän fosforin kierrätystä edistämään tarkoitettuja ohjaukeinoja, kuten säännöksiä, veroja tai tukia, informaatio-ohjausta ja vapaaehtoisia sopimuksia. Arvioi ohjaukeinojen vaikutuksia ja esitä tarvittaessa uusia ohjaukeinoja. Ohjaukeinoet on jaettu tavoitellun vaikutuksen mukaan neljään ryhmään, joista on kustakin oma kysymyksensä:

1. Markkinoiden luominen lietepohjaisille lannoitevalmisteille
2. Fosforin talteenotto puhdistamolietteestä ja jätevesistä
3. Erilliskerätyn virtsan hyödyntämisen mahdollistaminen
4. Markkinoiden luominen talteenotetulle fosforille ja/tai talteenotetun fosforin kilpailuaseman parantaminen mineraalifosforiin verrattuna

1. Jos tavoitteena on luoda markkinoita lietepohjaisille lannoitevalmisteille, niin kannatatko seuraavien ohjaukeinojen käyttöönnottoa?

	Erittäin paljon	Jonkin verran	Vain vähän	En lainkaan	En osaa sanoa
Kierrätysravinteiden sekoitevelvoite (vrt. Biopolttoaineet)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kierrätyslannoitteiden käyttövelvoite tietyille kasveille (joissa riskien voidaan katsoa olevan pieniä)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rajoitukset (esim. esikäsitteilyvelvoite) haitta-aineita sisältäville jätevesille	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mineraalifosforiin kohdistuva lannoitevero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Investointituki lietteen prosessoinnille ja lannoitevalmisteiden valmistukselle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suurten koehankkeiden rahoitus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jätevesimaksun määräytyminen huomioiden haitta-aineiden pitoisuudet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puhdistamolietteen tai lietepohjaisten lannoitevalmisteiden sertifiointijärjestelmä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiedotuskampanja siitä, mitä viemäriin saa laittaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytöstä ja osuuden vähittäisestä lisäämisestä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Haluatko perustella vastauksiasi? Voit kirjoittaa tähän vapaamuotoisesti:

Onko sinulla mielessä jokin muu tätä tavoitetta edistävä ohjauskeino? Kuvaile sitä tähän:

2. Jos tavoitteena on *edistää fosforin talteenottoa puhdistamolietteestä ja jätevesistä*, niin kannatko seuraavien ohjauskeinojen käyttöönottoa?

	Erittäin paljon	Jonkin verran	Vain vähän	En lainkaan	En osaa sanoa
1. Fosforin talteenottovelvoite puhdistamolietteestä tai jätevesistä tietyn kokoluokan laitoksille	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Talteenotetun fosforin korvaaman mineraalifosforin huomioiminen ympäristöluvan poistovelvoitteissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Investointituki	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Suurten koehankkeiden rahoitus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Jäteveden tuottajille tuotettuun fosforimäärään perustuva fosforivero, jonka tuotto kohdennettaisiin talteenottotekniikoiden investointeihin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Kemiallisen fosforin poiston rajoituksista tiedottaminen vesilaitoskentässä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Kuntien yhteiset tavoitteet jätevesien fosforin kierrättämiseksi, vrt. Ravinneneutraalit kunnat Ranku-hanke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Haluatko perustella vastauksiasi? Voit kirjoittaa tähän vapaamuotoisesti:

Onko sinulla mielessä jokin muu tätä tavoitetta edistävä ohjauskeino? Kuvaile sitä tähän:

3. Jos tavoitteena on *mahdollistaa erilliskerätyn virtsan hyödyntäminen*, niin kannatko seuraavien ohjauskeinojen käyttöönottoa

	Erittäin paljon	Jonkin verran	Vain vähän	En lainkaan	En osaa sanoa
1. Erilliskeräysvelvoite suurissa yksiköissä (kauppakeskukset, kampukset, lentokentät jne.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Suurten koehankeiden rahoitus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Erilliskeräyksen huomioiminen jätevesimaksussa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Haluatko perustella vastauksiasi? Voit kirjoittaa tähän vapaamuotoisesti:

Onko sinulla mielessä jokin muu tätä tavoitetta edistävä ohjauskeino? Kuvaile sitä tähän:

4. Jos tavoitteena on *luoda markkinoita talteenotetulle fosforille ja/tai parantaa talteenotetun fosforin kilpailuasemaa mineraalifosforiin verrattuna*, niin kannatko seuraavien ohjauskeinojen käyttöönottoa?

	Erittäin paljon	Jonkin verran	Vain vähän	En lainkaan	En osaa sanoa
1. Kierrätysravinteiden sekoitevelvoite (vrt. Biopoltoaineet)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Talteenotetulle fosforille oma kategoria lannoitevalmistelakiin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Mineraalifosforiin kohdistuva lannoitevero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Kuluttajakampanja lannoitteiden alkuperän merkityksestä, oma merkintä kierrätysfosforilla tuotetuille tuotteille	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Lannoitevalmistealan vapaaehtoinen sopimus kierrätysravinteiden käytöstä ja osuuden vähittäisestä lisäämisestä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Haluatko perustella vastauksiasi? Voit kirjoittaa tähän vapaamuotoisesti:

Onko sinulla mielessä jokin muu tätä tavoitetta edistävä ohjauskeino? Kuvaile sitä tähän:

## IV Työpajan osanottajat

Mari	Heinonen	HSY
Aino	Kainulainen	HSY
Petri	Kapainen	Luke
Raimo	Kauppila	Yara Suomi
Pirjo	Salminen	MMM
Heikki	Sandelin	Tampereen Vesi Liikelaitos
Titta	Suoniitty	Evira
Sanna	Tikander	Ranku-hanke
Sarianne	Tikkanen	Suomen ympäristökeskus
Saijariina	Toivikko	Vesilaitosyhdistys
Kari	Ylivainio	Luonnonvarakeskus
Lauri	Äystö	Suomen Ympäristökeskus
Anna	Mikola	Aalto-yliopisto
Tanja	Pihl	Aalto-yliopisto
Riku	Vahala	Aalto-yliopisto
Kati	Berninger	Tyrsky-Konsultointi
Pirkko	Kasanen	Tyrsky-Konsultointi





VALTIONEUVOSTON  
SELVITYS- JA TUTKIMUSTOIMINTA

[tietokayttoon.fi](http://tietokayttoon.fi)

ISSN 2342-6799 (pdf)  
ISBN 978-952-287-447-4 (pdf)