

# **Uudet haitalliset aineet suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla**

Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 69

Helsinki 2021



Julkaisun jakelu:

Vesilaitosyhdistys  
Ratamestarinkatu 7 B  
00520 Helsinki

puh. (09) 868 9010  
sähköposti: [vvy@vvy.fi](mailto:vvy@vvy.fi)  
kotisivu [www.vvy.fi](http://www.vvy.fi)

ISSN-L 2242-7279  
ISSN 2242-7279

ISBN 978-952-6697-66-6  
Helsinki 2021

<b>KUVAILEHTI</b>			
<i>Julkaisija</i>	Suomen Vesilaitosyhdistys ry		
<i>Tekijät</i>	Niina Vieno ja Maria Arjonen, Laki ja Vesi Oy		
<i>Julkaisun nimi</i>	Uudet haitalliset aineet suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla		
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 69		
<i>Julkaisun teema</i>			
<i>Saatavuus</i>	Julkaisu on saatavissa Vesilaitosyhdistyksen verkkosivuilta.		
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Uudet haitalliset aineet suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla -hankkeessa tutkittiin sellaisia lainsäädännöllisissä valmistelutöissä esitettyjä uusia haitallisia aineita, joita mahdollisesti tullaan tulevaisuudessa ehdottamaan esimerkiksi EU:n prioriteettiainelistalle. Aineet luokiteltiin lääkeaineisiin ja hormoneihin, torjunta-aineisiin, alkuaineisiin, perfluorattuihin aineisiin, palonestoaineisiin, alkyylifenoleihin ja niiden etoksyylilähteisiin, ftalaatteihin sekä muihin aineisiin (mm. bisfenoli-A ja EDTA). Aineiden lähteet jätevedessä ovat kotitaloudet, teollisuus ja hulevedet. Hankkeen tuloksista on hyötyä, kun EU:ssa ehdotetaan uusia ainelistoja ja ympäristölaatuunormeja, koska tässä hankkeessa saatujen tietojen avulla voidaan etukäteen ennakoida ehdotusten vaikutusta jätevedenpuhdistamoiden toimintaan.</p> <p>Näytteitä otettiin kahdeksantoista (18) jätevedenpuhdistamon tulevista ja käsitellyistä jätevesistä. Analyysilaboratoriot kilpailutettiin julkisten hankintojen normien mukaisesti avoimella tarjouskilpailulla. Hankkeessa saatiin arvokasta tietoa siitä, missä määrin haitallisten aineiden analytiikkaa on saatavilla Suomessa ja miten se soveltuu jätevesien analyysiin. Tietoa saatiin myös saavutettavista määritysrajoista sekä analyysikustannuksista.</p> <p>Tulosten perusteella voitiin sanoa, että suurin osa tutkituista haitta-aineista poistui jätevedenpuhdistuksessa siinä määrin, että niiden aiheuttama riski vesistöissä oli vähäinen. Mallinnuksella todettiin kuitenkin, että useat aineet todennäköisesti sitoutuivat merkittävässä määrin puhdistamolla syntyvään lietteeseen. Vesistöjen osalta tutkituista aineista potentiaalisesti haitallisimmiksi Suomessa tunnistettiin venlafaksiini, diklofenaakki, 17-alfa-etinyyliestradioli ja sinkki. Lisäksi edelleen on tarpeen kehittää analyysimetelmiä, sillä joidenkin aineiden kohdalla analyysien määritysrajat olivat liian korkeita, jotta aineiden aiheuttama riski ympäristössä olisi voitu sulkea pois.</p>		
<i>Avainsanat</i>	Haitalliset aineet, vaaralliset aineet, jätevesi		
<i>Toimeksiantaja</i>	Suomen Vesilaitosyhdistys ry		
	<i>ISBN</i> ISBN 978-952-6697-66-6	<i>ISSN</i> 2242-7279	
	<i>Sivuja</i> 147	<i>Kieli</i> suomi	<i>luottamuksellisuus</i> julkinen
<i>Julkaisun jakelu</i>	Vesilaitosyhdistys, www.vvy.fi		
	Tekijät vastaavat julkaisun sisällöstä eikä julkaisun sisältöä voida tulkita Vesilaitosyhdistyksen kannanotoksi.		

<b>BESKRIVNINGSBLAG</b>			
<i>Publicerat av</i>	Finlands Vattenverksförening r.f.		
<i>Författare</i>	Niina Vieno och Maria Arjonen, Law and Water Ltd		
<i>Publikationens titel</i>	Nya skadliga ämnen i finska reningsverk		
<i>Publikationsseriens titel och nummer</i>	Vattenverksföreningens duplikatserie nr 69		
<i>Publikationens tema</i>			
<i>Tillgänglighet</i>	Publikationen finns på Vattenverksföreningens webbsida.		
<i>Sammanfattning</i>	<p>Under ett projekt för nya skadliga ämnen i finska reningsverk undersöktes för sådana i beredningsarbetet av lagstiftning anförda nya skadliga ämnen som framdeles eventuellt blir föreslagna till exempelvis EU:s lista över prioriterade ämnen. Ämnena klassificerades som läkemedel, hormoner, bekämpningsmedel, grundämnena, perfluorerade ämnen, flamskyddsmedel, alkylfenoler och deras etoxylater, ftalater samt andra ämnen (bl.a. bisfenol-A och EDTA). Ämnena i avloppsvattnet härör från privata hushåll, industrin och dagvatten. Resultaten från projektet är till nytta när nya ämneslistor och miljö kvalitetsnormer förslås i EU, eftersom man på basis av data från projektet i förväg kan förutse inverkan av förslagen på verksamheten vid reningsverken.</p> <p>Prover togs av avloppsvattnet till aderton (18) reningsverk respektive av renat avloppsvatten från dessa verk. Laboratorierna för analyserna konkurrensutsattes enligt normerna för offentlig upphandling genom ett öppet anbuds förfarande. Projektet gav värdefull information om i vilken utsträckning analyser för skadliga ämnen finns tillgängliga i Finland och om deras lämplighet för analys av avloppsvatten. Man fick även uppgifter om uppnåeliga kvantifieringsgränser och om analyskostnader.</p> <p>På basis av resultaten kunde man säga att största delen av de skadliga ämnena försvann vid avloppsreningen i så pass stor utsträckning att risken från dem för sjöar och vattendrag var ringa. Vid modelleringar kunde man dock fastställa att många ämnen sannolikt i stor omfattning binds i slammet från reningsverket. I fråga om vattendrag och sjöar faställdes för vissa undersökta ämnen att venlafaxin, diklofenak, 17-alfa-etinylestradiol och zink är potentiellt mest skadliga i Finland. Det finns även alltjämt behov av att utveckla analysmetoder då kvantifieringsgränserna för vissa ämnen var för höga för att man skulle ha kunnat utesluta riskerna från dem för miljön.</p>		
<i>Nyckelord</i>	Skadliga ämnen, farliga ämnen, avloppsvatten		
<i>Uppdragsgivare</i>	Finlands Vattenverksförening r.f.		
	<i>ISBN</i> ISBN 978-952-6697-66-6	<i>ISSN</i> 2242-7279	
	<i>Sidantal</i> 147	<i>Språk</i> finska	<i>Konfidentialitet</i> offentlig
<i>Distribution av publikationen</i>	Vattenverksföreningen, www.vvy.fi		
	Författarna är ensamt ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Vattenverksföreningens ståndpunkt.		

<b>DESCRIPTION SHEET</b>			
<i>Publisher</i>	Finnish Water Utilities Association		
<i>Authors</i>	Niina Vieno and Maria Arjonen, Law and Water Ltd		
<i>Title of publication</i>	New hazardous substances in Finnish wastewater treatment plants		
<i>Name and number of publication series</i>	Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 70		
<i>Subject of publication</i>			
<i>Availability</i>	The publication is available online: <a href="http://www.vvy.fi">www.vvy.fi</a> .		
<i>Abstract</i>	<p>The project "New hazardous substances in Finnish wastewater treatment plants" investigated new substances, which in the future may be proposed for the EU priority list. The substances were classified into pharmaceuticals and hormones, pesticides, elements, perfluorinated substances, flame retardants, alkylphenols and their ethoxylates, phthalates and other substances (including bisphenol-A and EDTA). Sources of substances in wastewater are households, industry and urban runoff. The results of the project will be useful when new lists of priority substances and environmental quality standards is proposed in the EU. Information obtained in this project will make it possible to anticipate the impact of the proposals on the operation of wastewater treatment plants.</p> <p>Incoming wastewater and treated effluents from eighteen (18) wastewater treatment plants were sampled. The analytical laboratories were put out to tender for the analysis of the substances. The project provided valuable information on the extent to which commercial laboratory services are available in Finland to analyse the new hazardous substances in wastewaters. Information was also obtained on the analytical detection limits and the costs of analyses.</p> <p>Based on the results, it could be said that most of the studied substances were removed in wastewater treatment plants to such an extent that the risk they posed in the receiving water bodies was low. However, the modeling showed that several substances were likely to bind significantly to the sewage sludge formed during the treatment process. Out of the studied substances venlafaxine, diclofenac, 17-alpha-ethinylestradiol and zinc were identified as the most potentially harmful in Finland. For some substances the analytical detection limits were too high to exclude the risk of the substances to the environment. Thus, there is a need to further develop analytical methods.</p>		
<i>Key words</i>	Harmful substances, hazardous substances, wastewater		
<i>Sponsored by</i>	Finnish Water Utilities Association		
	<i>ISBN</i> ISBN 978-952-6697-66-6	<i>ISSN</i> 2242-7279	
	<i>Sivuja</i> 147	<i>Kieli</i> suomi	<i>luottamuksellisuus</i> julkinen
<i>Distribution</i>	Finnish Water Utilities Association, <a href="http://www.vvy.fi">www.vvy.fi</a>		
	The authors are responsible for the content of the publication and the content of the publication cannot be interpreted as a statement of the Finnish Water Utilities Association.		

## Esipuhe

Tässä raportissa esitellään Uudet haitalliset aineet suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla -hankkeen tuloksia. Ympäristöministeriö on rahoittanut hanketta vesiensuojelun tehostamisohjelmasta. Hankkeessa olivat mukana rahoittajina myös viisitoista vesihuoltolaitosta.

Hankkeen ohjausryhmään kuuluivat Anni Meiseri (Lahti Aqua Oy), Ari Kangas (Ympäristöministeriö), Ari Mikkela (Kouvola Vesi Oy), Eija Lehtinen (Helsingin seudun ympäristöpalvelut kuntayhtymä HSY), Elina Lehtinen (Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy), Esa Pekonen (Etelä-Savon ELY), Irma Hyry (Vaasan Vesi -liikelaitos), Ismo Lindfors (Porin Vesi liikelaitos), Jarkko Virta (Napapiirin Energia ja Vesi Oy), Jarmo Hiltunen (Kuopion Vesi Oy), Jarmo Lahtinen (Oulun Vesi liikelaitos), Juha Korpi (Seinäjoen Energia Oy), Jukka Mehtonen (Suomen ympäristökeskus), Milla Vesala (Vaasan Vesi -liikelaitos), Mirva Levomäki (Turun seudun puhdistamo Oy), Paula Lindell (Suomen Vesilaitosyhdistys ry), Petri Tuominen (Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy), Riitta Kettunen (Tampereen Vesi Liikelaitos), Riitta Moisio (Lappeenrannan Energia Oy), Ritva Huusko-Helminen (Kymen Vesi Oy), Saijariina Toivikko (Suomen Vesilaitosyhdistys ry), Sonja Pyykkönen (Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy), Tapio Kilponen (Lahti Aqua Oy), Tiina Oksanen (Riihimäen Vesi), Tiiu Vuori (Tampereen Vesi Liikelaitos) ja Veera Pikkarainen (Napapiirin Energia ja Vesi Oy).

Lämpimät kiitokset rahoittajille, ohjausryhmän jäsenille sekä puhdistamojen henkilökunnalle osallistumisesta hankkeeseen.

Turussa 10.3.2021

Niina Vieno ja Maria Arjonen  
Laki ja Vesi Oy

# Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	1
2	Aineiden valinta ja lainsäädäntö lyhyesti .....	2
2.1	Valitut aineet .....	3
3	Menetelmät .....	7
3.1	Näytteenottokehteiden kuvaus .....	7
3.2	Näytteenotto .....	9
3.3	Laboratoriopalveluiden hankinta .....	11
3.3.1	Tarjouspyyntö esiselvitystä varten .....	12
3.3.2	Tarjouspyyntö epoksikonatsolin ja eräiden muiden haitta-aineiden määrittämiseksi .....	13
3.3.3	Tarjouspyyntö toisen vaiheen kilpailutusta varten .....	14
3.3.4	Tarjouspyyntö eräiden muiden haitta-aineiden määrittämiseksi .....	17
3.4	Aineiden käyttäytymisen mallintaminen .....	18
3.5	Riskinarviointi .....	20
4	Tulokset .....	21
4.1	Analyysit .....	21
4.1.1	Esiselvitysvaihe .....	21
4.1.2	Toinen vaihe .....	23
4.2	Aineiden tulokset ja niiden tarkastelu .....	25
4.2.1	Tulosten tarkastelumenetelmät .....	25
4.2.2	Lääkeaineet ja hormonit .....	26
4.2.3	Torjunta-aineet .....	32
4.2.4	Alkuaineet .....	35
4.2.5	Perfluoratut aineet .....	39
4.2.6	Palonestoaineet .....	42
4.2.7	Alkyyliifenolit ja niiden etoksylaatit .....	46
4.2.8	Ftalaatit .....	50
4.2.9	Muut aineet .....	53
4.3	Vanhojen haitta-aineiden tulosten vertailu .....	57
4.4	Riskinarviointi .....	61
5	Yhteenveto .....	66
5.1	Näytteenotto ja analysointi .....	66
5.2	Haitta-aineiden pitoisuudet jätevesinäytteissä .....	67
5.3	Haitta-aineiden poistotehot ja käyttäytyminen jätevedenpuhdistamoilla .....	69
5.4	Haitta-aineiden tulo- ja vesistökuormat .....	72
5.5	Riskinarviointi .....	74
6	Lähteet .....	76
	Liitteet .....	80

LIITE 1 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN KÄYTTÖTARKOITUS

LIITE 2 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN PITOISUUSMITTAUSTEN YHTEENVETO

LIITE 3 NÄYTTEENOTTO-OHJEET

LIITE 4 NÄYTTEENOTTOPOYTÄKIRJA

LIITE 5 LABORATORIOPALVELUJEN KILPAILUTTAMISEN ESISELVITYSVAIHE

LIITE 6 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN PNEC- JA EQS-ARVOT

LIITE 8 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN OMINAISUUKSIA

LIITE 9 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN TULO- JA VESISTÖKUORMAT  
LIITE 10 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN ASUKASKOHTAISET KUORMAT  
LIITE 11 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN BOD-KOHTAISET KUORMAT  
LIITE 12 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN RISKIOSAMÄÄRÄT  
LIITE 13 MITATTUJEN AINEIDEN PITOISUUDET TUTKITUILLA  
JÄTEVEDENPUHDISTAMOILLA (EI SAATAVILLA TÄSSÄ VERSIOSSA)  
LIITE 14 MUIDEN AINEIDEN MITTAUSTULOKSET (EI SAATAVILLA TÄSSÄ  
VERSISSA)



# 1 JOHDANTO

Vesilaitosyhdistys toteutti vuosina 2013–2014 Haitalliset aineet jätevedenpuhdistamoilla -hankkeen, joka oli lajissaan laajin Suomessa koskaan toteutettu hanke. Siinä mitattiin 42 vesiympäristölle haitalliseksi tai vaaralliseksi luokiteltua tai luokitelluksi ehdotettua ainetta 64 jätevedenpuhdistamolta sekä arvioitiin niiden hajoamisen ja lietteeseen sitoutumisen osuuksia puhdistamoilla. Hankkeesta julkaistiin raportti Vesilaitosyhdistyksen monistesarjassa (VVY 2014). Jätevesistä yleisimmin löydetty aineet olivat peräisin kuluttajatuotteista tai olivat ns. ubikvitäarisia eli kaikkialla läsnä olevia aineita. Joidenkin aineiden osalta ympäristöön purettavissa jätevesissä mitattiin osalla puhdistamoita lainsäädännössä asetettuja ympäristölaatonormeja (EQS, *engl.* environmental quality standard) korkeampia pitoisuuksia. Hankkeessa tuotettua aineistoa on hyödynnetty muun muassa Ympäristöministeriön ohjeessa ja hyvien menettelytapojen kuvauksessa liittyen vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan lainsäädännön soveltamiseen (Ympäristöministeriö 2018). Ohjeen mukaan arvioinnissa yhdyskuntajätevedenpuhdistamoiden laitospäätö tarkkailuun sisällytettävistä aineista tulee kartoituksiin sisällyttää muun muassa VVY (2014) raportissa esiinnousseet aineet. Tutkimushankkeella oli siis merkittävää vaikutusta vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten toteuttamisessa yhdyskuntajätevedenpuhdistamoilla.

Haitalliset aineet jätevedenpuhdistamoilla -hankkeen jälkeen on selvityksissä ja lainsäädännöllisissä valmistelutöissä esitetty uusia haitallisia aineita, joita mahdollisesti tullaan tulevaisuudessa ehdottamaan esimerkiksi Euroopan Unionin prioriteettiainelistalle prioriteettiaineiksi. Tällöin myös kansallisessa lainsäädännössä näillä aineilla olisi ympäristölaatonormit, jotka huomioitaisiin vesimuodostumien kemiallisen tilan arvioinnissa. Uusien haitta-aineiden esiintymistä suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla ei ole kootusti tutkittu. Tässä hankkeessa oli tarkoituksena tutkia uusia haitallisia aineita ja niiden esiintymistä suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla. Selvitykseen otettiin lisäksi mukaan joitakin sellaisia aineita, joiden suhteen on edellisessä selvityksessä (VVY 2014) havaittu ympäristölaatonormin ylityksiä tai joita tuolloin esiintyi yleisesti jätevesissä. Näiden aineiden suhteen tavoitteena oli seurata pitoisuuden ja kuormituksen kehityssuuntaa.

Hankkeen tarkempina tavoitteina oli:

1. lisätä tietoa uusien haitallisten aineiden esiintymisestä viemäroidyissä jätevesissä sekä käsitellyissä jätevesissä,
2. verrata yhdyskuntajätevedenpuhdistamoilta vesistöön johdettavan haitta-ainekuorman osuutta muihin lähteisiin,
3. todentaa jäteveden käsittelyprosessien tehokkuus haitallisten aineiden kannalta käytössä olevissa puhdistusprosesseissa,
4. arvioida aineiden hajoamisen ja lietteeseen sitoutumisen osuuksia puhdistamoilla,
5. arvioida vesiympäristölle aiheuttavia riskejä jätevedenpuhdistamoiden purkuvesistöissä, ja
6. selvittää uusien haitallisten aineiden analyysien tarkkuutta jätevesimatriisissa erityisesti määritysrajojen osalta.

## 2 AINEIDEN VALINTA JA LAINSÄÄDÄNTÖ LYHYESTI

Tämän hankkeen ensisijaisena tavoitteena oli selvittää ns. uusien haitta-aineiden pitoisuuksia suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla. Kyseisiä aineita ei aiemmin ole laajamittaisesti mitattu suomalaisilta jätevedenpuhdistamoilta. Uusiksi haitallisiksi aineiksi katsottiin seuraavat kriteerit täyttäneet aineet:

- EU:n tarkkailulistoilla olevat tai olleet aineet
- EU:n prioriteettiaineiksi ehdotetut tai ehdolla olleet aineet, jotka arvioitiin jätevedenpuhdistamoiden kannalta relevanteiksi. Valinnan ulkopuolelle jätettiin aineet, joiden osalta tiedettiin, ettei niitä käytetä Suomessa tai niiden esiintyminen jätevedenpuhdistamoilla merkittävässä määrin on epätodennäköistä.
- Kansallisiksi haitallisiksi aineiksi ehdotetut tai ehdolla olleet tai tarkkailulistalle III ehdotetut aineet, jotka katsottiin jätevedenpuhdistamoiden kannalta relevanteiksi. Valinnan ulkopuolelle jätettiin aineet, joiden osalta tiedettiin, ettei esiintyminen jätevedenpuhdistamoilla merkittävässä määrin on epätodennäköistä.

Osa tutkittaviksi valituista aineista on ollut mukana aiemmissa tutkimushankkeissa ja niitä saatetaan myös puhdistamoilla tutkia rutiininomaisesti. Joillekin aineille on ehdotettu muutoksia (yleensä tiukennuksia) ympäristölaatumormeihin (*engl.* environmental quality standard eli EQS) ja tästä syystä oli tarpeen tutkia vallitseva tilanne puhdistamoilla. Jotkin aineet valittiin, jotta voitiin selvittää, onko aineiden pitoisuus- tai kuormitustasoissa tapahtunut muutoksia aiemmassa vuonna 2013–2014 tehdyssä haitta-aineita jätevedenpuhdistamoilla tutkineessa hankkeessa mitattuun verrattuna (VVY 2014). Aineiden pitoisuuksien pienentyminen olisi tärkeää, sillä EU:n vesien pilaantumisen ehkäisemiseksi tehtävien toimenpiteiden tulisi prioriteettiaineiden osalta johtaa päästöjen asteittaiseen häviämiseen ja vaarallisten prioriteettiaineiden osalta päästöjen lopettamiseen kerralla tai vaiheittain (2000/60/EY artikla 16, kohta 1).

Seuraavaksi on lyhyesti esitetty taustatietoa sille, miten vesiympäristölle haitallisia ja vaarallisia aineita tällä hetkellä säädetään sekä tarkennettu haitta-aineiden valintaperusteita. Tällä hetkellä voimassa olevat EU:n prioriteettiaineet sekä aineille määrätyt EQS-arvot on listattu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2013/39/EU liitteessä II. Suomen lainsäädäntöön lista on implementoitu valtioneuvoston asetukseen (liite 1, kohta C2) vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006) ja tähän asetukseen vuonna 2015 tehdyllä muutoksella (1308/2015). Vuoden 2013 direktiivimuutoksen 8 b artiklassa säädetään lisäksi, että komission tulee laatia luettelo tarkkailtavista aineista, joista kerätään unionin laajuisesti seurantatietoja tulevien priorisointien tueksi. Tätä luetteloa kutsutaan tarkkailulistaksi (*engl.* watch list). Euroopan komissio on tähän mennessä tehnyt päätökset kolmesta tarkkailulistasta, joilla listatut aineet on esitetty taulukossa 1. Viimeisin eli tarkkailulista III on julkaistu elokuussa 2020 eikä sen sisältämiä aineita ole vielä monitoroitu vesistöistä. Aiempien tarkkailulistojen sisältämien aineiden pitoisuustuloksia on Euroopan laajuisesti esitetty julkaisussa Loos ym. (2018). Suomen tuloksia on esitetty julkaisuissa Siimes ym. (2016) ja Junttila ym. (2020). Kaikkien tarkkailulistojen aineita on valikoidusti otettu mukaan tutkittavaksi tässä hankkeessa. Valinnan ulkopuolelle on jätetty aineet, joiden osalta tiedetään, ettei niitä käytetä Suomessa tai niiden esiintyminen jätevedenpuhdistamoilla merkittävässä määrin on epätodennäköistä. Tällaisia olivat esimerkiksi torjunta-aineet, joita ei ole Suomessa käytössä. Osa valituista aineista on sellaisia, että ne olivat ehdolla kolmannelle tarkkailulistalle, mutta eivät päätyneet lopulliselle listalle. Näitä aineita on mukana, sillä päätös lopullisesta listasta tuli siinä vaiheessa, kun hanke ja analyysilaboratorioiden kilpailutus oli jo aloitettu.

Taulukko 1. Euroopan komission päätökset tarkkailulistoille I–III listatuista aineista.

Tarkkailulista I (v. 2015)	Tarkkailulista II (v. 2018)	Tarkkailulista III (v. 2020)
17-alfa-Etinyyliestradioli (EE2)	17-alfa-Etinyyliestradioli (EE2)	Metaflumitsoni
17-beta-Estradioli (E2)	17-beta-Estradioli (E2)	Amoksisilliini
Estroni (E1)	Estroni (E1)	Siprofloksasiini
Diklofenaakki	Erytromysiini	Sulfametoksatsoli
2,6-di-tert-butyyl-4-metyylifenoli	Klaritromysiini	Trimetoprimi
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnameatti (EHMC)	Atsitromysiini	Venlafaksiini ja O-desmetyylivenlafaksiini
Erytromysiini	Metiokarbi	Klotrimatsoli
Klaritromysiini	Imidaklopridi	Flukonatsoli
Atsitromysiini	Tiaklopridi	Imatsaliili
Metiokarbi	Tiametoksaami	Ipkonatsoli
Imidaklopridi	Klotianidiini	Metkonatsoli
Tiaklopridi	Asetamipridi	Mikonatsoli
Tiametoksaami	Metaflumitsoni	Penkonatsoli
Klotianidiini	Amoksisilliini	Prokloratsi
Asetamipridi	Siprofloksasiini	Tebukonatsoli
Oksadiatsoni		Tetranonatsoli
Triallaatti		Dimoksisitrobiini
		Famoksadoni

Tässä hankkeessa on valittu tutkittavien aineiden joukkoon myös sellaisia aineita, jotka ovat tai ovat tämän hankkeen valmistelun aikaan olleet ehdolla EU:n prioriteettiaineiksi. Euroopan komissio tekee koko ajan työtä prioriteettinelistan päivittämisen kanssa. Direktiivin 2000/60/EY artiklan 16 kohdan 2 mukaan komission tulee tehdä ehdotus luetteloksi prioriteettiaineista, jotka on valittu niiden aineiden joukosta, joista aiheutuu merkittävä riski vesiympäristölle tai vesiympäristön välityksellä. Aineet asetetaan toimia varten tärkeysjärjestykseen niiden vesiympäristölle tai vesiympäristön välityksellä aiheuttaman riskin mukaan, mikä määritetään tekemällä riskinarviointi tai kohdennettu riskiin perustuva arviointi. Komission tulee tarkistaa annettu prioriteettiluettelo vähintään neljän vuoden välein (artikla 16 kohta 4). Lisäksi komissio tekee ehdotuksia aineiden EQS-arvoiksi (artikla 16 kohta 7).

Vesipuidedirektiivin mukaisten prioriteettiaineiden lisäksi Suomen lainsäädännössä on kansallisessa menettelyssä määritetty vesiympäristölle haitallisia aineita (1022/2006, liite 1, kohta D). Myös tätä ns. kansallista prioriteettinelistaa päivitetään ajoittain. Tässä hankkeessa on mukana joitakin aineita, joita on ehdotettu kansallisiksi prioriteettiaineiksi.

## 2.1 VALITUT AINEET

Tutkimukseen valitut aineet ja valinnan peruste on esitetty taulukossa 2. Tarkemmin aineiden käyttötarkoituksesta ja käyttömääristä Suomessa on esitetty liitteessä 1. Taulukossa esitetyn lisäksi näytteistä analysoitiin BOD<sub>7(atu)</sub>, COD<sub>Cr</sub>, ammoniumtyppi, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori ja kiintoaine. Taulukossa on esitetty tieto siitä, kuuluuko valittu aine lopulliseen analysointiohjelmaan eli sen analysoimiseksi löydettiin kilpailutuksella analyysilaboratorio ja analyysin hinta oli sellainen, että se mahtui

hankkeen budjettiin. Taulukkoon on merkitty myös ne aineet, jotka olivat mukana VVY (2014) hankkeessa ja niitä on tuolloin mitattu suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla.

Taulukko 2. Tutkimukseen valitut aineet jaoteltuna pääkäyttökohteen mukaan, valinnan peruste, aineen kuuluminen analyysiohjelmaan sekä tieto, oliko aine mukana VVY (2014) tutkimuksessa. PS= prioriteettiaine (*engl.* priority substance)

Tutkimukseen valittu aine	Valinnan peruste	Aine mukana analyysiohjelmassa	Aine mukana VVY (2014) tutkimuksessa
<b>LÄÄKEAINEET JA HORMONIT</b>			
17-alfa-etinyyliestradioli (EE2)	Tarkkailulista II	x	x
17-beta-estradioli (E2)	Tarkkailulista II	x	x
Amoksisilliini	Tarkkailulista II ja III	x	
Atsitromysiini	Tarkkailulista II	x	
Diklofenaakki	Tarkkailulista I, mahdollinen unionin PS-aine	x	
Erytromysiini	Tarkkailulista II	x	
Estroni (E1)	Tarkkailulista II	x	
Fentanyyli	Ehdolla tarkkailulistalle III		
Flukonatsoli	Tarkkailulista III	x	
Gemfibrotsiili	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Ibuprofeeni	Mahdollinen unionin PS-aine	x	x
Karbamatsepiini	Mahdollinen unionin PS-aine	x	x
Klaritromysiini	Tarkkailulista II	x	
Klotrimatsoli	Tarkkailulista III	x	
Lansopratsoli	Ehdolla tarkkailulistalle III		
Mebendatsoli	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Mikonatsoli	Tarkkailulista III	x	
Mikonatsolinitraatti	Raportoidaan mikonatsolina	x	
Noretisteroni	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Omepratsoli	Ehdolla tarkkailulistalle III		
Permetriini	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Siprofloksasiini	Tarkkailulista II ja III	x	
Sulfametoksatsoli	Tarkkailulista III	x	
Triklosaani	Mahdollinen unionin PS-aine	x	x
Trimetopriimi	Tarkkailulista III	x	
Venlafaksiini	Tarkkailulista III	x	
O-desmetyylivenlafaksiini	Tarkkailulista III		
<b>TORJUNTA-AINEET</b>			
1,2,4-Triatsoli	Ehdolla tarkkailulistalle III		
Asetamipridi	Tarkkailulista II	x	
Atsoksitrobiini	Mahdollinen kansallinen PS-aine	x	
Bifentriini	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Deltametriini	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Diklofluaniidi	Ollut ehdolla PS-aineeksi	x	
Dimetooatti	Ollut ehdolla PS-aineeksi	x	
Dimoksistrobiini	Tarkkailulista III	x	
Diuroni	Unionin PS-aine, jolle mahdollisesti uusi EQS-arvo	x	x

Tutkimukseen valittu aine	Valinnan peruste	Aine mukana analyysiohjelmassa	Aine mukana VVY (2014) tutkimuksessa
Epoksikonatsoli	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Esfenvaleraatti	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Famoksadoni	Tarkkailulista III	x	
Imatsaliili	Tarkkailulista III	x	
Imidaklopridi	Tarkkailulista I ja II	x	
Ipkonatsoli	Tarkkailulista III		
Klotianidiini	Tarkkailulista I ja II	x	
Malationi	Mahdollinen unionin PS-aine	x	
Metaflumitsoni	Tarkkailulista II ja III	x	
Metiokarbi	Tarkkailulista I ja II	x	
Metkonatsoli	Tarkkailulista III	x	
Nikosulfuroni	Mahdollinen unionin PS-aine	x	
Oksadiatsoni	Tarkkailuainelista I	x	
Ometoaatti	Mahdollinen unionin PS-aine	x	
Penkonatsoli	Tarkkailulista III	x	
Prokloratsi	Tarkkailulista III	x	
Propikonatsoli	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Tebukonatsoli	Tarkkailulista III	x	
Tetrakonatsoli	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Tiaklopridi	Tarkkailulista I ja II	x	
Tiametoksaami	Tarkkailulista I ja II	x	
Tolyylifluanidi	Ollut ehdolla PS-aineeksi	x	
Triallaatti	Tarkkailulista I	x	
Triasulfuroni	Mahdollinen kansallinen PS-aine	x	
<b>ALKUAINEEET</b>			
Hopea	Mahdollinen unionin PS-aine	x	
Kadmium	Unionin PS-aine	x	x
Kokonaiskromi	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Kromi (III)	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Kromi (VI)	Ehdolla tarkkailulistalle III	x	
Nikkeli	Unionin PS-aine	x	x
Seleeni	Mahdollinen unionin PS-aine	x	
Sinkki	Ollut ehdolla PS-aineeksi	x	x
Uraani	Mahdollinen unionin PS-aine		
<b>PERFLUORATUT AINEET</b>			
PFOA	Mahdollinen unionin PS-aine	x	
PFOS	Unionin PS-aine	x	x
<b>PALONESTOAINEEET</b>			
BDE-28	Unionin PS-aine	x	x
BDE-47	Unionin PS-aine	x	x
BDE-99	Unionin PS-aine	x	x
BDE-100	Unionin PS-aine	x	x
BDE-153	Unionin PS-aine	x	x
BDE-154	Unionin PS-aine	x	x
α-HBCD	Unionin PS-aine	x	x

Tutkimukseen valittu aine	Valinnan peruste	Aine mukana analyysiohjelmassa	Aine mukana VVY (2014) tutkimuksessa
β-HBCD	Unionin PS-aine	x	x
γ-HBCD	Unionin PS-aine	x	x
<b>ALKYYLIFENOLIT JA NIIDEN ETOKSYLAATIT</b>			
4-nonyylifenoli	Unionin PS-aine	x	x
4-nonyylifenolimonoetoksyalaatti	Unionin PS-aine	x	x
4-nonyylifenolidietoksyalaatti	Unionin PS-aine	x	x
Oktyylifenoli	Unionin PS-aine	x	x
Oktyylifenolimonoetoksyalaatti	Liittyy oktyylifenoliin	x	x
Oktyylifenolidietoksyalaatti	Liittyy oktyylifenoliin	x	x
<b>FTALAATIT</b>			
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	Unionin PS-aine	x	x
Bentsyylibutyyliftalaatti (BBP)	Kansallinen PS-aine	x	x
Dibutyyliftalaatti (DBP)	Kansallinen PS-aine	x	x
<b>MUUT AINEET</b>			
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnameatti (EHMC)	Tarkkailulista I	x	
2,6-di-tert-butyli-4-metyylifenoli (BHT)	Tarkkailulista I	x	
Bisfenoli-A	Mahdollinen unionin ja kansallinen PS-aine	x	
EDTA	Ollut ehdolla unionin PS-aineeksi	x	
Keskipitkäketjuiset (C14-C17) klooratut parafiinit, MCCP	Ollut ehdolla unionin PS-aineeksi		
Lyhytketjuiset (C10-C13) klooratut parafiinit, SCCP	Unionin PS-aine	x	

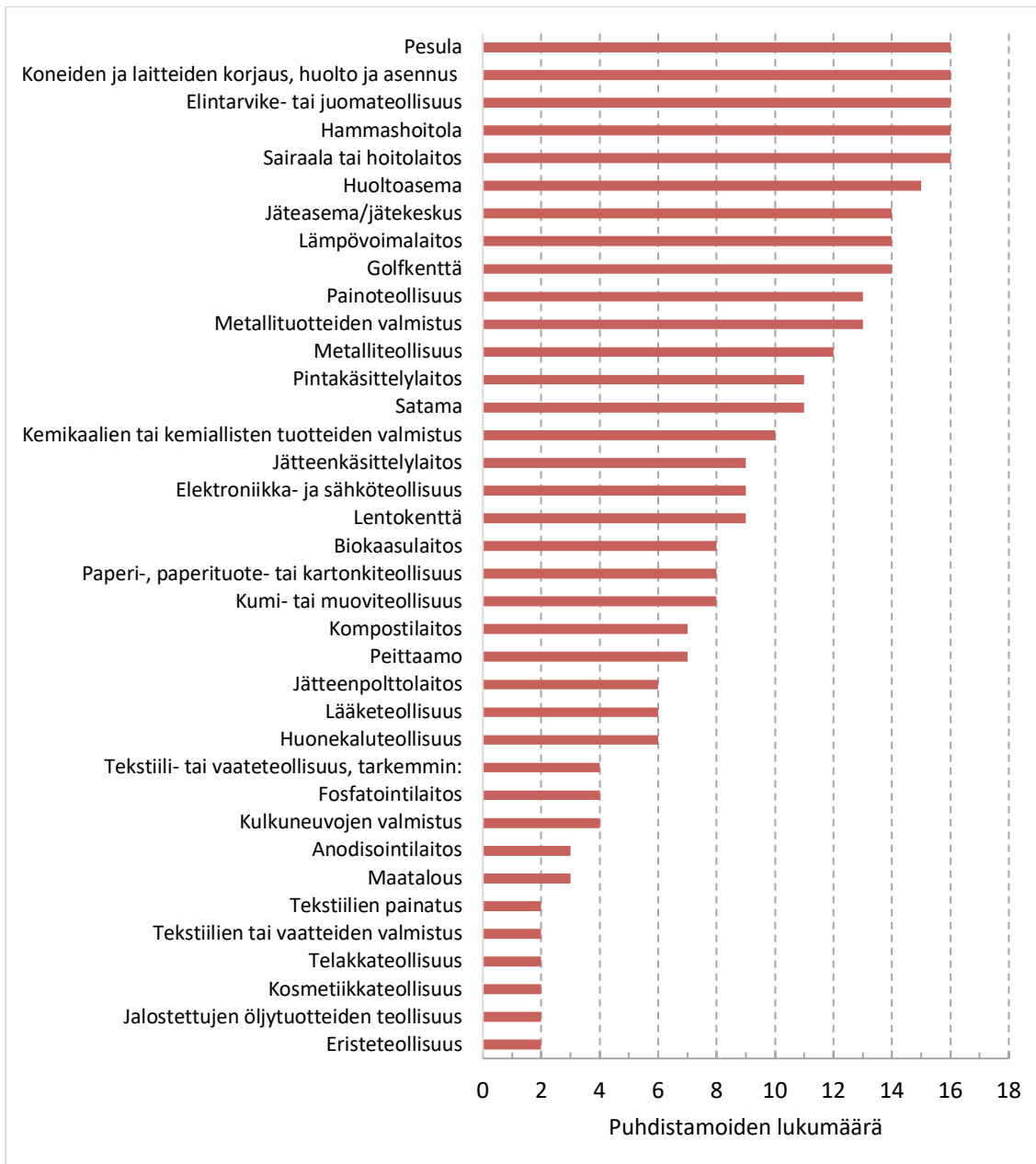
Taulukosta 2 nähdään, että lähes kaikille valituille aineille oli mahdollisuus löytää analyysipalvelun tuottaja. Seuraavat aineet eivät kuitenkaan olleet mukana analyysiohjelmassa: fentanyyli, lansopratsoli, omepratsoli, o-desmetyylivenlafaksiini, 1,2,4-triatsoli, ipkonatsoli ja keskipitkäketjuiset (C14-C17) klooratut parafiinit (MCCP). Fentanyylille, lansopratsolille, omepratsolille ja MCCP:lle oli Suomessa kaupallisesti tarjolla analyysipalveluja, mutta ne eivät mahtuneet hankkeen budjettiin. Muiden aineiden osalta ei ole tiedossa, onko aineita mahdollista analysoida ainakaan Suomessa. Tarkemmin laboratoriopalvelujen kilpailuttamisesta on kerrottu kappaleessa 3.3.

## 3 MENETELMÄT

Tutkittaviksi valittujen aineiden esiintymistä tutkittiin suomalaisten jätevedenpuhdistamojen tulevissa ja ympäristöön purettavissa käsitellyissä jätevesissä. Näytteenottokohteita on tarkemmin kuvattu kappaleessa 3.1. Tutkimuksessa mukana olleilta jätevedenpuhdistamoilta otetut näytteet lähetettiin tutkittavaksi kaupallisiin analyysilaboratorioihin. Näytteenotto on tarkemmin kuvattu kappaleessa 3.2 ja analyysilaboratorioiden kilpailutusta kappaleessa 3.3. Kilpailuttamisen yhteydessä saatiin tietoa myös siitä, mikä on tutkittavien aineiden analyysimenetelmien tarkkuus tällä hetkellä erityisesti määrittämissuhteiden suhteen. Tulevan ja käsitellyn jäteveden analyysituloksista arvioitiin nykyisten puhdistusprosessien tehokkuutta poistaa tutkittuja haitta-aineita jätevedestä. Aineiden hajoamista ja sitoutumista lietteeseen mallinnettiin kyseiseen tarkoitukseen kehitetyllä ohjelmistolla. Mallinnuksesta on kerrottu tarkemmin kappaleessa 3.4. Kappaleessa 3.5 on esitetty menetelmät, joiden avulla arvioitiin aineiden vesiympäristölle aiheuttamia riskejä jätevedenpuhdistamoiden purkuvesistöissä. Kirjallisuudesta etsittiin tietoa aineiden käyttömääristä ja käyttötavoista Suomessa, joiden avulla pyrittiin vertaamaan jätevedenpuhdistamoiden osuutta kuormituslähteenä.

### 3.1 NÄYTTEENOTTOKOHTEIDEN KUVAUS

Hankkeessa oli mukana 17 isoa suomalaista jätevedenpuhdistamoa ja yksi pieni asumajätevettä käsittelevä puhdistamo (Oulun Veden Yli-lin puhdistamo, asukasvastineluku, AVL= n. 600). Isojen puhdistamojen asukasvastineluvut vaihtelivat välillä 55 000–1 322 486 ja ne käsittelivät 2 702 500 asukkaan jätevedet eli noin puolet kaikista Suomessa syntyvistä asumajätevesistä. Yhteensä puhdistettu jätevesimäärä hankkeen puhdistamoilla oli näytteenottovuorokausien arvot yhteenlaskettuna n. 696 000 m<sup>3</sup>/d. Liitteessä 13 on esitetty puhdistamoittain näytteenottovuorokauden puhdistettu jätevesimäärä.



Kuva 1. Toiminnot, joista vastaanotettiin jätevesiä vähintään yhdelle hankkeessa mukana olleelle puhdistamolle.

Puhdistamot vastaanottivat asumajätevesien lisäksi jätevesiä erilaisista toiminnoista (kuva 1). Keskimäärin puhdistamoiden vuotovesiprosentti oli 32 %. Teollisuusjätevesien osuus tulovirtaamasta oli keskimäärin n. 10 %. Viemärintialueilla oli myös muuta kuin kuvassa listattua teollisuutta. Puhdistamot ilmoittivat tällaisiksi aloiksi meijerin, sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätyksen, kuumasinkityksen, turkisvalmistamon ja teurastamon.

Pieneksi referenssipuhdistamoksi valittiin Oulun Veden Yli-lin puhdistamo. Puhdistamolla käsitellään 650 asukkaan jätevedet sekä alueen sako- ja umpikaivolietettä. Viemärintialueella on lisäksi kauppa, peruskoulu, kahvila, polttonesteen kylmä jakeluasema sekä osan viikosta auki oleva hyvinvointipiste. Puhdistamolle saapuu myös runsaasti vuotovesiä ja v. 2020 vuotovesiprosentti oli lähes 70 %. Näytteenottovuorokauden aikana puhdistamon tulovirtaama oli 227 m<sup>3</sup>/d. Vuonna 2019 keskimääräinen virtaama oli 186 m<sup>3</sup>/d ja velvoitetarkkailun näytteenottovuorokausien virtaamien vaihteluväli oli 119–327 m<sup>3</sup>/d. Puhdistamo on



prosessiltaan aktiivilietelaitos, jossa fosfori saostetaan ferrosulfaatilla. Kemikaali annostellaan ennen ilmastusaltaita. Käsitellyt jätevedet johdetaan purkuputkea pitkin lijokeen.

Puhdistamoilta otetuista näytteistä mitattiin haitta-aineiden lisäksi ns. perusanalyysit. Taulukossa 3 on esitetty yhteenveto tuloksista. Kaikki mittaustulokset on esitetty liitteessä 13.

Taulukko 3. Hankkeessa mukana olleiden puhdistamoiden perusanalyysien tulosten yhteenveto.

	Kiintoaine (mg/l)	BOD7 (mg/l)	COD (mg/l)	Kokonaistyyppi (mg/l)	Ammoniumtyppi (mg/l)	Fosfori (mg/l)
<b>Tuleva jätevesi</b>						
Yli-lin puhdistamo						
	83	120	290	35	34	4,4
Isot puhdistamot (n= 17)						
Keskiarvo	349	317	686	57	51	7,9
Mediaani	340	260	680	56	52	7,4
Min	110	93	190	32	29	3,3
Max	570	590	1100	75	71	12
<b>Käsitelty jätevesi</b>						
Yli-lin puhdistamo						
	11	5,8	62	33	41	0,29
Isot puhdistamot (n= 17)						
Keskiarvo	4,5	17,9	59,1	15,9	<2	0,2
Mediaani	4,8	2,6	35	9,6	<2	0,16
Min	<1	1,2	19	2,7	<2	0,06
Max	7,8	250	370	47	58	0,28

## 3.2 NÄYTTEENOTTO

Esiselvitysvaiheessa otettiin tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteet Jyväskylän Seudun Puhdistamo Oy:n Nenäinniemen jätevedenpuhdistamolta 24-h virtaamapainotteisena kokoomanäytteenä ajanjaksolla 8.–9.6.2020. Hankkeen toisessa vaiheessa näytteet otettiin kaikilta hankkeessa mukana olleilta puhdistamoilta sekä tulevasta että käsitellystä jätevedestä. Näytteet otettiin viikoilla 41 ja 42 (yhdellä puhdistamolla viikolla 44). Kaikki puhdistamot raportoivat, ettei näytteenottoaikana esiintynyt voimakkaita saateita, jotka olisivat laimentaneet jätevedettä merkittävästi. Yksi puhdistamo raportoi, että prosessihäiriön vuoksi tulevassa jätevedessä on mahdollisesti normaalia enemmän kiintoainetta. Muut puhdistamot eivät raportoineet prosessihäiriöistä näytteenoton aikana.

Näytteenotto suoritettiin alkuvuokosta, jotta näytteet varmasti saapuisivat analyysilaboratorioihin ennen viikonloppua. Molemmissa vaiheissa näytteet otti puhdistamohenkilökunta tai heidän valitsemansa konsultti. Liitteenä 3 on puhdistamoille

lähetetty näytteenotto-ohje ja liitteenä 4 näytteenottopöytäkirja. Näiden lisäksi analyysilaboratoriot lähettivät nimikoidut näytteenottoastiat puhdistamoille sekä tarkempia ohjeita mm. näytteenottotapaan, täyttöasteeseen ja laboratorioon toimittamiseen liittyen. Taulukkoon 4 on koottu tutkittujen haitta-aineiden sekä perusparametrien näytteenotossa käytettyjen pullojen materiaalit.

Taulukko 4. Haitta-aineiden ja perusparametrien näytteenotossa käytettyjen näytteenottopullojen materiaalit aineryhmittäin.

Aineryhmä	Näytepullon materiaali
Lääkeaineet ja hormonit	Lasi
Torjunta-aineet	Lasi
Alkuaineet	Muovi
Perfluoratut aineet	PP-muovi
Palonestoaineet	Lasi
Alkyyliifenolit ja niiden etoksylaatit	Lasi
Ftalaatit	Lasi
Bisfenoli-A	Lasi
EHMC ja BHT	Lasi
EDTA	Muovi tai lasi
SCCP	Lasi
BOD, COD, ammoniumtyppi, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori ja kiintoaine	Muovi

Näytteen edustavuuden kannalta hankkeessa suositeltiin kokoomanäytteen ottamista. Näytteet otettiin pääosin 24-h kokoomanäytteinä (taulukko 5). Yhdellä puhdistamolla näyte otettiin käsikokoomana työpäivän aikana. Tulevan jäteveden näyte otettiin tulevasta jätevedestä ennen mitään käsittelyvaiheita, karkeavälppäyksen jälkeen, välppäyksen jälkeen tai välppäyksen ja hiekanerotuksen jälkeen (taulukko 6). Käsitellyn jäteveden näytteet otettiin ympäristöön purettavasti käsitelystä jätevedestä tai ennen puhdistamolla käytössä ollutta tertiäärikäsittelyä (taulukko 7).

Taulukko 5. Näytteenottotapa

	Puhdistamot (kpl)
24-h virtaamapainotteinen kokoomanäyte	13
24-h aikapainotteinen kokoomanäyte	4
Käsikokooma	1 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> näyte kerättiin käsikokoomana viitenä osanäytteenä kahden tunnin välein klo 8–16

Taulukko 6. Tulevan jäteveden näytteenottoaika.

	Puhdistamot (kpl)
Tuleva jätevesi ennen prosessivaiheita	11 <sup>1)</sup>
Karkeavälppäyksen jälkeen	2
Välppän jälkeen	3
Välppäyksen ja hiekanerotuksen jälkeen	2

<sup>1)</sup> yhdelle puhdistamoista tulee jätevesi kolme tulolinjaa pitkin. Näyte on otettu linjasta, jonka virtaama näytteenottovuorokauden aikana puhdistamolle oli 86 % koko virtaamasta.

Taulukko 7. Käsitellyn jäteveden näytteenottoaika.

	Puhdistamot (kpl)
Laitokselta ympäristöön purettava käsitelty jätevesi	14
Ennen tertiäärikäsittelyä	4

### 3.3 LABORATORIOPALVELUIDEN HANKINTA

Hankkeessa kilpailutettiin laboratoriopalveluja haitta-aineiden analysoimiseksi yhdyskuntien jätevesissä ja ympäristöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä. Kilpailutus toteutettiin kahdessa osassa. Taulukossa 8 on esitetty aikajana kaikista kilpailutustoimenpiteistä. Ensimmäisessä vaiheessa kilpailutettiin palveluntuottajat laboratoriopalvelujen esiselvitykseen, jonka tavoitteena oli määrittää toisen vaiheen kilpailutusta varten lopullinen tutkittavien aineiden lista ja selvittää aineiden analyysien määritysrajat jätevesimatriisissa. Esiselvityksessä tutkittiin yksi tulevan jäteveden ja yksi käsitellyn jäteveden näyte kahdessa eri laboratoriossa. Esiselvityksen tulosten perusteella toisessa vaiheessa kilpailutettiin laboratoriopalvelujen tuottajat haitta-aineiden analysoimiseksi kaikkien hankkeessa mukana olleiden jätevedenpuhdistamoiden tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteistä. Ennen näitä kilpailutuksia julkaistiin myös ennakoilmoitus hankinnasta, jonka tarkoitus oli mahdollistaa varsinaisissa kilpailutuksissa tarjousten jättämisen määräajan lyhentäminen. Hankintamenettelyinä käytettiin avointa menettelyä.

Taulukko 8. Aikajana laboratoriopalveluiden hankinnoista haitta-aineiden määrittämiseksi yhdyskuntajätevedenpuhdistamoilla

Kilpailutustoimenpiteet	Ajankohta
Ennakoilmoitus hankinnoista	23.2.2020, TED 25.2.2020
Kansallinen hankintailmoitus esiselvityksestä	17.4.2020
Tarjouspyyntöön liittyvät kysymykset	24.4.2020
Lisäkirje	30.4.2020
Tarjousten jättäminen	4.5.2020
Hankintapäätös esiselvityksestä	15.5.2020
Tarjouspyyntö epoksikonatsolin määrittämiseksi	20.5.2020
Tarjousten jättäminen	29.5.2020
Hankintapäätös	1.6.2020
Tarjouspyyntö eräiden haitta-aineiden määrittämiseksi	20.5.2020
Tarjousten jättäminen	29.5.2020
Hankintapäätös	1.6.2020
EU-hankintailmoitus toisen vaiheen kilpailutusta varten	18.7.2020, TED 20.7.2020
Tarjouspyyntöön liittyvät kysymykset	7.8.2020
Lisäkirje	11.8.2020
Tarjousten jättäminen	19.8.2020
Hankintapäätös	26.8.2020
Jälki-ilmoitus	11.1.2021
Tarjouspyyntö eräiden haitta-aineiden määrittämiseksi	27.8.2020
Tarjousten jättäminen	4.9.2020
Hankintapäätös	14.9.2020
Jälki-ilmoitus	13.1.2021, TED 15.1.2021

Kaikissa hankinnoissa tarjoajan ja hänen käyttämänsä alihankkijan laboratorio tuli olla akkreditoitu ja toimia standardin SFS-EN ISO/IEC 17025 mukaisesti. Tarjoajalla oli myös oltava riittävät taloudelliset, tekniset ja muut edellytykset hankinnan toteuttamiseksi. Hankintaan oli mahdollista osallistua ryhmittymänä.

Kaikissa hankinnoissa laboratoriopalvelun tuli täyttää seuraavat vähimmäisvaatimukset:

1. Määritykset tuli tehdä standardoiduilla menetelmillä tai vastaavilla validoiduilla menetelmillä.
2. Käytettyjen menetelmien laajennetun mittausepävarmuuden ( $U= 2u$ ) määritysrajan tasolla oli oltava  $\leq 50 \%$ .

Kaikissa hankinnoissa hinnan tuli sisältää tutkittavien aineiden analyysien lisäksi seuraavat palvelut:

1. Näytepullojen toimittaminen puhdistamolle.
2. Suomenkielisen kirjallisen ohjeen toimittaminen puhdistamon henkilökunnalle näytteenotosta sekä näytteiden toimittamisesta tarjoajalle. Puhdistamohenkilökunta otti näytteet ja toimitti ne ohjeiden mukaisesti palveluntuottajalle.
3. Otettujen näytteiden toimittaminen palveluntuottajalle.
4. Näytetulosten lähettämisen tilaajalle.

Tarjottujen tutkittavien aineiden analyysitulokset tuli olla valmiina viimeistään kahdenkymmenen vuoden vuorokauden kuluttua näytteiden saapumisesta laboratorioon. Analyysitodistuksessa oli ilmoitettava vähintään analysoitu aine, mittaustulos, analyysin määrittäjä, mittausepävarmuus ja käytetty analyysimenetelmä. Lisäksi analyysitodistuksessa tuli ilmoittaa kaikki samasta näytteestä analysoitujen aineiden tulokset riippumatta siitä, oliko aine tutkittavien aineiden listalla.

Ensimmäisen vaiheen kilpailutuksessa vaadittiin lisäksi, että näytettä otettiin niin paljon, että osa siitä voitiin pakastaa mahdollista uusinta-analyysiä varten. Toisen vaiheen kilpailutuksessa tätä vaatimusta ei ollut, sillä näytemäärä olisi kasvanut liian isoksi.

### 3.3.1 Tarjouspyyntö esiselvitystä varten

Ensimmäinen hankinta koski hankintaa, jossa kilpailutettiin palveluntuottajat laboratoriopalvelujen esiselvitykseen. Esiselvityksessä tutkittiin yksi tulevan jäteveden ja yksi käsitellyn jäteveden näyte kahdessa eri laboratoriossa. Esiselvityksen tavoitteena oli määrittää toisen vaiheen kilpailutusta varten lopullinen tutkittavien aineiden lista ja selvittää aineiden analyysien määrittäjäjä jätvesimatriisissa.

Laboratoriopalvelujen esiselvitykseen valittiin kaksi kokonaistaloudellisesti edullisinta tarjousta. Hankinta ei ylittänyt EU-kynnysarvoja. Vertailuperusteena käytettiin tutkittavien aineiden lukumäärää erikseen ilmoitetun määrittäjäjä perusteella eri prioriteettiluokissa ja hintaa. Hankinnalle oli asetettu erikseen hintakatto. Kummankin tarjouksen hankinnasta maksettava arvonnalisävero kokonaishinta sai olla enintään 4700,00 euroa (alv 0 %) per yksi näyte.

Vertailuperusteista laadun painoarvo oli 95 prosenttia ja hinnan painoarvo oli 5 prosenttia. Laadun painoarvon laskennassa huomioitiin aineiden prioriteettiluokka siten, että prioriteettiluokan 1 painoarvo oli 70 %, prioriteettiluokan 2 painoarvo oli 15 %, prioriteettiluokan 3 painoarvo oli 10 % ja prioriteettiluokan 4 painoarvo oli 5 %.

Aineet oli jaettu neljään prioriteettiluokkaan niin, että ensimmäisessä prioriteettiluokassa oli hankkeen kannalta tärkeimmiksi luokitellut aineet. Aineet prioriteettiluokittain sekä puhtaan veden määrittäjäjä vähimmäisvaatimuksiksi asetetut maksimi-arvot (µg/l) on lueteltu liitteessä 5. Määrittäjäjä rajojen asettamisessa huomioitiin aineiden EQS- tai PNEC-arvot (liite 6) vesistöissä sekä tieto aineiden yleisistä esiintymispitoisuuksista jätvesissä ja/tai ympäristössä.

Halvimman hinnan tarjonnut sai 5 pistettä. Muiden tarjousten hinnat pisteytettiin seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan hintapisteytys} = 5 \times \frac{\text{halvin hinta}}{\text{tarjottu hinta}}$$

Laatupisteitä laskettaessa laskettiin ensin prioriteettiluokittain yhteen niiden aineiden lukumäärät, joiden analyysit tarjoaja tarjosi ja joiden määräysraja ei ylittänyt aineelle esitettyä korkeinta mahdollista puhtaan veden määräysrajaa. Lukumäärästä laskettiin laatupisteet siten, että laskennassa painotettiin prioriteettiluokan 1 aineiden lukumäärää painoarvolla 70 %, prioriteettiluokan 2 aineiden lukumäärää painoarvolla 15 %, prioriteettiluokan 3 aineiden lukumäärää painoarvolla 10 % ja prioriteettiluokan 4 aineiden lukumäärää painoarvolla 5 % seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan laatupisteet} = 95 \times \left[ \left( \frac{a}{17} \times 0,7 \right) + \left( \frac{b}{21} \times 0,15 \right) + \left( \frac{c}{20} \times 0,1 \right) + \left( \frac{d}{16} \times 0,05 \right) \right]$$

Jossa:

a= tarjoajan ilmoittama aineiden lukumäärä prioriteettiluokassa 1

b= tarjoajan ilmoittama aineiden lukumäärä prioriteettiluokassa 2

c= tarjoajan ilmoittama aineiden lukumäärä prioriteettiluokassa 3

d= tarjoajan ilmoittama aineiden lukumäärä prioriteettiluokassa 4

Hankkeen esiselvitykseen vastaanotettiin määräajassa kolme tarjousta: KVVY Tutkimus Oy, Eurofins Environment Testing Finland Oy ja Metropolilab Oy, joista palveluntuottajiksi valittiin Eurofins Environment Testing Finland Oy ja Metropolilab Oy.

### 3.3.2 Tarjouspyyntö epoksikonatsolin ja eräiden muiden haitta-aineiden määrittämiseksi

Hankkeen esiselvitykseen valittujen tarjoajien tarjouksissa ei tarjottu epoksikonatsolin analyysiä. Tarjouksia ei saatu myöskään seuraaviin aineisiin tarjouspyynnön mukaisin ehdoin: O-desmetyylivenlafaksiini, kromi (III), kromi (VI), ipkonatsoli, tetrakonatsoli, fentanyyli, lansopratsoli, omepratsoli ja keskipitkäketjuiset (C14-C17) klooratut parafiinit, MCCP.

Epoksikonatsolista ja edellä luetelluista haitta-aineista tehtiin erilliset tarjouspyynnöt. Tarjouspyyntö lähetettiin sähköpostilla viidelle laboratoriopalvelujen tuottajalle. Molempien tarjouspyyntöjen tarjousten valintaperusteena oli kokonaistaloudellinen edullisuus. Kokonaistaloudellisen edullisuuden vertailuperusteet asetettiin siten, että laadun painoarvo oli 50 prosenttia ja hinnan painoarvo 50 prosenttia. Tarjoajalla oli mahdollisuus saada maksimissaan 100 pistettä niin, että hinnasta saattoi saada maksimissaan 50 pistettä ja laadusta 50 pistettä. Laadussa huomioitiin aineelle esitetty puhtaan veden määräysraja.

Tarjoajalle laskettiin aineittain hintapisteet seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan hintapisteet} = 50 \times \frac{\text{halvin hinta}}{\text{tarjottu hinta}}$$

Tarjoajalle laskettiin aineittain laatupisteet seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan laatupisteet} = 50 \times \frac{\text{alhaisin määräysraja}}{\text{tarjottu määräysraja}}$$

Hinta- ja laatupisteet laskettiin yhteen. Lisäksi tarjouspyynnöissä ilmoitettiin, että aineen analyysi tilattaisiin tarjoajalta, jonka kokonaispisteet ovat korkeimmat siinä tapauksessa, että hankkeen esiselvitysvaiheelle esitetty budjetti ei ylittyisi ja aineen analyysin

arvioitaisiin olevan hinta-laatusuhteeltaan sellainen, että sen tulos toisi lisäarvoa hankkeen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Epoksikonatsolin puhtaan veden määritysraja ei saanut olla korkeampi kuin 0,05 µg/l. Lisäksi tarjoajan ja tarjouksen tuli täyttää aiemmin kohdassa 3.3 kuvatut ehdot. KVVY Tutkimus Oy tarjosi ainoana tarjoajana epoksikonatsolin analyysiä. Samalla analyysillä saatiin analysoituja 69 muuta ainetta, joista seuraavat olivat hankkeessa mukana: deltametriini, esfenvaleraatti, malationi, metiokarbi, permetriini, prokloratsi ja triklosaani. Hankinta tehtiin KVVY Tutkimus Oy:ltä.

Haitta-aineiden O-desmetyylivenlafaksiini, kromi (III), kromi (VI), ipkonatsoli, tetrakonatsoli, fentanyl, lansopratsoli, omepratsoli ja keskipitkäketjuiset (C14-C17) klooratut parafiinit, MCCP saatiin tarjoukset Eurofins Environment Testing Finland Oy:ltä ja KVVY Tutkimus Oy:ltä, mutta siten, että tarjoajat tarjosivat ainoastaan kolmenarvoisen kromin (CrIII) ja kuudenarvoisen kromin (CrVI) analyysiä. Puhtaan veden määritysrajalle ei ollut asetettu maksimiarvoa (µg/l), mutta tarjoajan ja tarjouksen tuli täyttää aiemmin kohdassa 3.3 kuvatut ehdot. Molemmat tarjoajat tarjosivat analyysijä siten, että CrIII- ja CrVI-analyysien puhtaan veden määritysraja oli 5 µg/l. Näistä tehtiin analyysien hankinta Eurofins Environment Testing Finland Oy:ltä ja KVVY Tutkimus Oy:ltä.

### 3.3.3 Tarjouspyyntö toisen vaiheen kilpailutusta varten

Toisen vaiheen tarjouspyyntö oli EU-kynnysarvot ylittävä hankinta. Kilpailutusta varten tutkittavat aineet jaettiin kolmeen (3) osa-alueeseen liitteessä 7 esitetyn mukaisesti. Tarjouksia oli mahdollista antaa yhteen tai useampaan osa-alueeseen, mutta osa-alueista 2 ja 3 oli tarjottava kaikki pyydettyjen aineiden analyysit.

Tarjousten valintaperusteena osa-alueissa 1, 2 ja 3 oli kokonaistaloudellinen edullisuus. Kokonaistaloudellisen edullisuuden vertailuperusteet asetettiin eri tavoin osa-alueisiin 1, 2 ja 3. Osa-alueessa 1 laadun painoarvo oli 95 prosenttia ja hinnan painoarvo 5 prosenttia. Osa-alueissa 2 ja 3 laadun painoarvo oli 50 prosenttia ja hinnan painoarvo 50 prosenttia.

#### Osa-alue 1

Osa-alueen 1 osalta tarjoajalla oli mahdollisuus saada maksimissaan 100 pistettä niin, että hinnasta sai maksimissaan 5 pistettä ja laadusta 95 pistettä edellyttäen, että arvonlisäveroton kokonaishinta oli enintään 4525,00 euroa (alv 0 %) per yksi näyte. Pisteet laskettiin erikseen hinnalle ja laadulle ja laskettiin lopuksi yhteen.

Osa-alueen 1 osalta halvimman hinnan tarjonnut sai 5 pistettä. Muiden tarjousten hinnat pisteytettiin seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan hintapisteet} = 5 \times \frac{\text{halvin hinta}}{\text{tarjottu hinta}}$$

Laadun painoarvon laskennassa huomioitiin se, ettei puhtaan veden määritysraja eikä analyysimenetelmän mittausepävarmuus saanut ylittää aineelle esitettyä korkeinta mahdollista arvoa. Lisäksi huomioitiin aineiden prioriteettiluokka siten, että prioriteettiluokan 1 painoarvo oli 70 %, prioriteettiluokan 2 painoarvo oli 15 %, prioriteettiluokan 3 painoarvo oli 10 % ja prioriteettiluokan 4 painoarvo 5 %. Aineiden prioriteettiluokat on ilmoitettu liitteessä 7.

Laatupisteitä laskettaessa laskettiin ensin prioriteettiluokittain yhteen niiden aineiden lukumäärät, joita tarjoaja oli tarjouspyynnön mukaisesti tarjonnut. Lukumääristä laskettiin laatupisteet siten, että laskennassa painotettiin prioriteettiluokan 1 aineiden lukumäärää painoarvolla 70 %, prioriteettiluokan 2 aineiden lukumäärää painoarvolla 15 %, prioriteettiluokan 3 aineiden lukumäärää painoarvolla 10 % ja prioriteettiluokan 4 aineiden lukumäärää painoarvolla 5 % seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan laatupisteet} = 95 \times \left[ \left( \frac{a}{17} \times 0,7 \right) + \left( \frac{b}{21} \times 0,15 \right) + \left( \frac{c}{20} \times 0,1 \right) + \left( \frac{d}{25} \times 0,05 \right) \right]$$

Jossa:

a= tarjoajan ilmoittama aineiden lukumäärä prioriteettiluokassa 1

b= tarjoajan ilmoittama aineiden lukumäärä prioriteettiluokassa 2

c= tarjoajan ilmoittama aineiden lukumäärä prioriteettiluokassa 3

d= tarjoajan ilmoittama aineiden lukumäärä prioriteettiluokassa 4

## Osa-alue 2

Osa-alueen 2 osalta tarjoajalla oli mahdollisuus saada maksimissaan 100 pistettä niin, että hinnasta sai maksimissaan 50 pistettä ja laadusta 50 pistettä. Pisteet laskettiin erikseen hinnalle ja laadulle ja laskettiin lopuksi yhteen.

Osa-alueen 2 osalta halvimman hinnan tarjonnut sai 50 pistettä. Muiden tarjousten hinnat pisteytettiin seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan hintapisteet} = 50 \times \frac{\text{halvin hinta}}{\text{tarjottu hinta}}$$

Laatupisteiden osalta tarjoajalle laskettiin aineittain laatupisteet seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan laatupisteet aineittain} = 5,55 \times \frac{\text{alhaisin määräysraja}}{\text{tarjottu määräysraja}}$$

Tämän jälkeen aineittain lasketut laatupisteet laskettiin yhteen.

## Osa-alue 3

Osa-alueen 3 osalta tarjoajalla oli mahdollisuus saada maksimissaan 100 pistettä niin, että hinnasta sai maksimissaan 50 pistettä ja laadusta 50 pistettä. Pisteet laskettiin erikseen hinnalle ja laadulle ja laskettiin lopuksi yhteen.

Osa-alueen 3 osalta halvimman hinnan tarjonnut sai 50 pistettä. Muiden tarjousten hinnat pisteytettiin seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan hintapisteet} = 50 \times \frac{\text{halvin hinta}}{\text{tarjottu hinta}}$$

Laatupisteiden osalta tarjoajalle laskettiin aineittain laatupisteet seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan laatupisteet aineittain} = 5,55 \times \frac{\text{alhaisin määräysraja}}{\text{tarjottu määräysraja}}$$

Tämän jälkeen aineittain lasketut laatupisteet laskettiin yhteen.

Tarjouspyynnössä toisen vaiheen kilpailutusta varten osa-alueelle 1 asetettiin hintakatto 4525 euroa / näyte (alv. 0 %) ja samalla todettiin, että jos kokonaishinta osa-alueesta 1 alittaa 4525 euroa / näyte (alv 0 %), vertaillaan osa-alueisiin 2 ja 3 annetut tarjoukset. Tarjouspyynnön ehtona oli lisäksi se, että tilaaja valitsee laboratoriopalvelujen tuottajaksi osa-alueeseen 2 ja 3 molempiin yhden kokonaistaloudellisesti edullisimman tarjouksen antaneen tarjoajan, mutta hankintasopimusten tekeminen osa-alueista 2 ja/tai 3 riippuivat siitä, mikä olisi osa-alueista annettujen analyysien kokonaishinta.

Tarjouspyynnössä ilmoitettiin, että tilaaja tekisi hankintasopimuksen osa-alueista 1 ja 2, jos voittaneiden tarjousten analyysien kokonaishinta osa-alueista 1 ja 2 olisi yhteensä korkeintaan 4525 eur/näyte (alv 0 %). Samalla ilmoitettiin, että tilaaja tekisi hankintasopimuksen vain osa-alueesta 1 ja 3, jos voittaneiden tarjousten analyysien kokonaishinta osa-alueesta 1 ja 2 ylittäisi 4525 eur/näyte (alv 0 %), mutta voittaneiden tarjousten analyysien kokonaishinta osa-alueesta 1 ja 3 olisi korkeintaan 4525 eur/näyte (alv 0 %).

Tarjouspyynnössä ilmoitettiin myös, että tilaaja tekee hankintasopimuksen osa-alueista 1, 2 ja 3, jos voittaneiden tarjousten analyysien kokonaishinta osa-alueista 1, 2 ja 3 on yhteensä korkeintaan 4525 eur/näyte (alv 0 %). Näin saatiin varmistettua hankkeen tavoitteiden toteutuminen.

Toisen vaiheen tarjouspyyntöön vastaanotettiin määräajassa osa-alueittain taulukossa 9 esitetyt tarjoukset. Tarjoajan pisteet on esitetty, mikäli tarjouksia annettiin enemmän kuin yksi.

Taulukko 9. Toisen vaiheen tarjouspyyntöön saatujen tarjousten pisteytys.

Tarjoaja	Hintapisteet	Laatupisteet	Yhteensä
<b>Osa-alue 1.</b>			
ALS Finland Oy	2,02	49,83	51,85
Eurofins Environment Testing Finland Oy	1,64	88,03	89,68
KVVY Tutkimus Oy	1,87	52,00	53,88
MetropoliLab Oy	5,00	32,04	37,04
<b>Osa-alue 2.</b>			
Eurofins Environment Testing Finland Oy			
<b>Osa-alue 3.</b>			
ALS Finland Oy	18,95	38,85	57,80
Eurofins Environment Testing Finland Oy	22,81	36,45	59,26
KVVY Tutkimus Oy	24,52	38,85	63,37
MetropoliLab Oy	50,00	25,90	75,90

Toisen vaiheen tarjouspyynnön palveluntuottajiksi osa-alueisiin 1 ja 3 valittiin korkeimmat pisteet saaneet tarjoajat eli Eurofins Environment Testing Finland Oy ja MetropoliLab Oy ja osa-alueeseen 2 ainoa tarjouksen jättänyt tarjoaja Eurofins Environment Testing Finland Oy.

Tarjouksia ei saatu seuraaviin aineisiin tarjouspyynnön mukaisin ehdoin:

- O-desmetyylivenlafaksiini (prioriteettiluokka 1)
- ipkonatsoli (prioriteettiluokka 4, tarkkailuainelista III)
- lansopratsoli (prioriteettiluokka 4)
- omepratsoli (prioriteettiluokka 4)



Lisäksi voittaneiden tarjoajien tarjousten analyysivalikoimassa ei ollut eräitä analyysijä tarjouspyynnön mukaisin ehdoin, mutta nämä analyysit sisältyivät muiden tarjouksen jättäneiden tarjoajien tarjouksiin.

### 3.3.4 Tarjouspyyntö eräiden muiden haitta-aineiden määrittämiseksi

Lopuksi päätettiin vielä laatia tarjouspyyntö eräiden toisessa vaiheessa analyysivalikoimaan päätyttä jätteiden haitallisten aineiden analysoimiseksi. Nämä tutkittavat aineet jaettiin kolmeen osa-alueeseen ja tarjouksia oli mahdollisuus antaa yhteen tai useampaan osa-alueeseen. Osa-alueen 3 osalta oli mahdollista tarjota yhtä tai useampaa ainetta. Lisäksi tarjoajan ja tarjouksen tuli täyttää aiemmin kohdassa 3.3 kuvatut ehdot.

#### Osa-alue 1

- Uraani

#### Osa-alue 2

- Keskipitkäketjuiset (C14-C17) klooratut parafiinit (MCCP)

#### Osa-alue 3

- Imatsaliili
- Tetrakonatsoli
- Dimoksisstrobiini
- Ipkonatsoli

Tarjousten valintaperusteena osa-alueissa 1, 2 ja 3 oli kokonaistaloudellinen edullisuus. Kokonaistaloudellisen edullisuuden vertailuperusteet asetettiin eri tavoin osa-alueisiin 1, 2 ja 3. Osa-alueissa 1 ja 2 laadun painoarvo oli 30 prosenttia ja hinnan painoarvo 70 prosenttia. Osa-alueessa 3 laadun painoarvo oli 70 prosenttia ja hinnan painoarvo 30 prosenttia, mutta tarjoajalle laskettiin ensin aineittain laatupisteet seuraavasti:

$$\text{Tarjoajan laatupisteet aineittain} = 7,5 \times \frac{\text{alhaisin puhtaan veden määräysraja}}{\text{tarjottu puhtaan veden määräysraja}}$$

Jos tarjoaja ei tarjonnut ainetta, ainekohtainen laatupiste oli tällöin 0. Aineittain lasketut laatupisteet laskettiin yhteen. Lopuksi hinta- ja laatupisteet laskettiin yhteen.

Jokaisen osa-alueen osalta oli myös erikseen ilmoitettu, että aineiden analyysit tilataan tarjoajalta, jonka kokonaispisteet ovat korkeimmat siinä tapauksessa, että hankkeelle esitetty budjetti ei ylitä ja tilaaja arvioi aineen analyysin olevan hinta-laatusuhteeltaan sellainen, että sen tulos tuo lisäarvoa hankkeen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Tarjouspyyntö lähetettiin sähköpostilla viidelle laboratoriopalvelujen tuottajalle. Määräajassa vastaanotettiin osa-alueittain alla luetellut tarjoukset.

#### Osa-alue 1:

1. ALS Finland Oy
  - a. hintapisteet 6,30, laatupistesijoitus 3, kokonaispistesijoitus 4
2. Eurofins Environment Testing Finland Oy
  - a. hintapisteet 70,00, laatupistesijoitus 3, kokonaispistesijoitus 1
3. KVVY Tutkimus Oy

- a. hintapisteet 7,08, laatupistesijoitus 2, kokonaispistesijoitus 3
- 4. MetropoliLab Oy
  - a. hintapisteet 8,75, laatupistesijoitus 1, kokonaispistesijoitus 2

**Osa-alue 2:**

- 1. ALS Finland Oy
- 2. MetropoliLab Oy

**Osa-alue 3:**

- 1. ALS Finland Oy

Tarjoajan kokonaispisteet on esitetty tarjoajan nimen jälkeen osa-alueen 1 osalta, mutta laatupisteiden osalta on ilmoitettu ainoastaan laatupistesijoitus. Laatupisteitä ei esitetä tarkemmin, jotta tarjoajien luottamukselliseksi ilmoittamat tiedot eivät vaarantuisi. Tämän vuoksi osa-alueen 1 osalta yhteenvetona on esitetty ainoastaan kokonaispistesijoitus eikä alhaisimpia ainekohtaisia määritysrajoja ole tältä osin esitetty liitteessä 7. Osa-alueen 1 palveluntuottajaksi valittiin Eurofins Environment Testing Finland Oy.

Osa-alueeseen 2 saatiin kaksi tarjousta, mutta molempien tarjousten hinnat ylittivät hankkeessa jäljellä olevan analyysiin käytettävissä olevan budjetin eikä tarjouksia vertailtu. Osa-alueen 3 palveluntuottajaksi valittiin ainoa tarjouksen jättänyt tarjoaja ALS Finland Oy, koska tarjous alitti hankkeessa jäljellä olevan analyysiin käytettävissä olevan budjetin.

### **3.4 AINEIDEN KÄYTTÄYTYMISEN MALLINTAMINEN**

Aineiden käyttäytymistä yhdyskuntajätevedenpuhdistamolla mallinnettiin SimpleTreat -ohjelmiston avulla. Mallin avulla voi arvioida aineen haihtumista, sitoutumista lietteeseen ja biologista hajoamista prosessin eri vaiheissa. Mallin prosessivaiheet ovat esiselkeytys, aktiivilieteprosessi (vain aerobinen käsittely) ja jälkiselkeytys. Malli on ilmaiseksi saatavilla Alankomaiden terveys- ja ympäristöviranomaisen (RIVM) kotisivuilla. Malli on alkujaan vuodelta 1992 ja siitä on julkaistu päivitetty versio vuonna 2013. Tarkemmat tiedot mallista ja sen toiminnasta löytyvät lähteestä Struijs (2014).

Mallissa on mahdollista muokata joitakin jätevedenpuhdistamon prosessiparametreja. Nämä parametrit määritettiin tässä hankkeessa mukana olleiden puhdistamoiden tietojen perusteella. Tiedoista laskettiin keskiarvot. Pienenä referenssipuhdistamona toimineen Oulun Veden Yli-lin puhdistamon tietoja ei käytetty arvojen laskemisessa. Taulukossa 10 on esitetty tiedot niiden parametrien osalta, jotka mallissa on mahdollista itse määrittää. Lisäksi on esitetty mallin oletusarvot.

Taulukko 10. SimpleTreat -mallinnusohjelman prosessiparametrit, joita on mahdollista itse muokata. Taulukossa on esitetty sekä mallin oletusarvo että arvo, jota mallinnuksessa käytettiin. Tämä on laskettu hankkeessa mukana olleiden puhdistamoiden tiedoista.

Muuttuja	Symboli	Yksikkö	Mallin oletusarvo	Mallinnuksessa käytetty arvo
Sewage flow	Q	m <sup>3</sup> *d <sup>-1</sup> *PE-1	0,2	0,18
Mass of sewage solids	SO	kg*d <sup>-1</sup> *PE-1	0,09	0,06
Mass of O <sub>2</sub> binding material in sewage	BOD	kg BOD*d <sup>-1</sup> *PE-1	0,06	0,05
Sludge loading rate (food to mass ratio)	kslr	kg O <sub>2</sub> *kg <sup>-1</sup> *d <sup>-1</sup>	0,1	0,1 <sup>1)</sup>
Aeration mode: surface (s) or bubble (b)	M	-	s	b
Concentration suspended solids effluent	-	kg*m <sup>-3</sup>	0,0075	0,0075 <sup>2)</sup>
Temperature environment (water/air) STP	-	K	288,15	288,15
Wind speed	-	m*S <sup>-1</sup>	3	3
pH	-	-	7	7

<sup>1)</sup> Käytetty mallin oletusarvoa, sillä kaikkien puhdistamoiden osalta arvoa ei ollut käytettävissä.

<sup>2)</sup> Hankkeessa mukana olleiden puhdistamoiden tietojen perusteella laskettu arvo oli 0,0045. Mallin mukaan kuitenkin 0,0075 on pienen mahdollinen arvo.

Mallinnettavien aineiden ominaisuuksista malliin syötettiin seuraavat fysikaalis-kemialliset sekä adsorptioon ja hajoamiseen liittyvät tiedot:

- Molekyylipaino
- Oktanoli-vesisuhde
- Höyrynpaine
- Vesiliukoisuus
- Dissosiaatiovakio (pKa) (mikäli aine on dissosioituva)
- Jakautumiskerroin orgaaniseen hiileen
- Kiintoaine-vesi jakautumiskerroin jätevedessä
- Kiintoaine-vesi jakautumiskerroin aktiivilietteessä
- Biologinen hajoamisvakio

Tutkittaville aineille etsittiin vaaditut tiedot kirjallisuudesta. Tiedot on esitetty liitteessä 8. Joillekin aineille on kirjallisuudessa esitetty useita arvoja erityisesti jakautumiskertoimille kiinteään aineeseen ja biologiselle hajoamisvakiolle. Tällöin on esitetty löydettyjen tietojen vaihteluväli. Mallinnuksessa on käytetty pienintä ja suurinta arvoa ja tuloksissa esitetty lietteeseen sitoutumisen ja biohajoamisen osalta keskiarvot. Jos aineelle ei löydetty jakautumiskerrointa kiinteään aineeseen, malli laski jakautumiskertoimen automaattisesti aineen oktanoli-vesisuhteesta. Jotkin aineet ovat vesiliuoksissa dissosioituvia eli esiintyvät ionisoituneessa muodossa. Ionisoituneen muodon määrä riippuu liuoksen pH-arvosta ja aineen pKa-arvosta. Tällaisten aineiden osalta malli oletti, että ainoastaan se osuus aineesta, joka on varauksettomassa muodossa, osallistuu adsorptioprosessiin. Tämä ei kaikkien aineiden kohdalla pidä paikkaansa vaan erityisesti positiivisesti varautunut yhdiste voi sitoutua negatiivisen pintavarausten omaavaan lietteeseen. Tästä syystä malli saattaa joidenkin aineiden osalta osoittaa lietteeseen sitoutumisen osuuden liian vähäiseksi.

Kaikille aineille ei kirjallisuudesta löydetty biologisia hajoamisvakioita jätevedenpuhdistamoilla. Biohajoamisen osalta SimpleTreat -mallissa oli myös mahdollista arvioida biologista hajoamisvakioita OECD:n standardisoitujen biohajoavuustestien (OECD 301-sarja, 310 ja 302-sarja) tulosten perusteella seuraavasti:

- Readily biodegradable 1 hr<sup>-1</sup>
- Readily biodegradable, failing 10-d window 0,3 hr<sup>-1</sup>
- Inherently biodegradable, fulfilling specific criteria 0,1 hr<sup>-1</sup>
- Inherently biodegradable, not fulfilling specific criteria 0 hr<sup>-1</sup>
- Not biodegradable 0 hr<sup>-1</sup>

Tästä syystä liitteen 8 taulukossa on mahdollinen tieto aineen biohajoavuustestin tuloksesta englanniksi esitettynä.

### 3.5 RISKINARVIOINTI

Riskiä ympäristön eliöille voidaan arvioida niin kutsutun riskiosamäärän, RQ (engl., risk quotient), avulla. Riskiosamäärä perustuu arvioon, jossa aineen ei katsota aiheuttavan riskiä ympäristölle, jos sen pitoisuus jää alle ns. haitattoman pitoisuustason. Haitattomana pitoisuustasona pidetään joko lainsäädännössä asetettua aineen ympäristölaatumnormia (EQS) tai ekotoksikologisten testien perusteella määritettyä aineen PNEC-arvoa (engl., predicted no effect concentration). Riskiosamäärä ympäristössä lasketaan siis kaavalla:

$$RQ_{\text{vesistö}} = \frac{\text{Aineen vesistöpitoisuus}}{\text{Aineen EQS- tai PNEC-arvo}} \quad (1)$$

Tässä hankkeessa riskiosamäärät laskettiin käsitellyn jäteveden pitoisuuksille ( $RQ_{\text{effluentti}}$ ), joten osamäärä ei suoraan kuvaa aineen ympäristöriskiä.  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvoa voidaan pitää myös arviona laimentumiskertoimesta eli siitä, kuinka suureen vesimäärään ympäristöön purettavan käsitellyn jäteveden on vähintään laimennuttava, jotta RQ-arvo ympäristössä olisi  $\leq 1$  eli riskiä ei katsota esiintyvän:

$$RQ_{\text{effluentti}} = \text{laimentumiskerroin, jotta } RQ_{\text{vesistö}} \leq 1 = \frac{\text{Aineen pitoisuus käsitellyssä jätevedessä}}{\text{Aineen EQS- tai PNEC-arvo}} \quad (2)$$

Tutkituille aineille etsittiin lainsäädännöstä voimassa olevat EQS-arvot. Aineille, joille EQS-arvoa ei ole asetettu, etsittiin kirjallisuudesta PNEC-arvot. Kirjallisuuslähteistä priorisoiitiin EU:n julkaisuissa esitetyt arvot. EQS- ja PNEC-arvot sekä kirjallisuuslähteet on esitetty liitteessä 6.

## 4 TULOKSET

### 4.1 ANALYYSIT

#### 4.1.1 Esiselvitysvaihe

Hankkeen esiselvitysvaiheessa oli tavoitteena määrittää toisen vaiheen kilpailutusta varten lopullinen tutkittavien aineiden lista ja selvittää aineiden analyysien määritysrajat jätevesimatriisissa. Tässä vaiheessa kilpailutettiin 74 aineen analyysit, mutta tarjouksia ei saatu seuraaville hankkeeseen valituille aineille:

- O-desmetyylivenlafaksiini
- ipkonatsoli
- tetrakonatsoli
- fentanyyli
- lansopratsoli
- omepratsoli
- keskipitkäketjuiset (C14-C17) klooratut parafiinit, MCCP

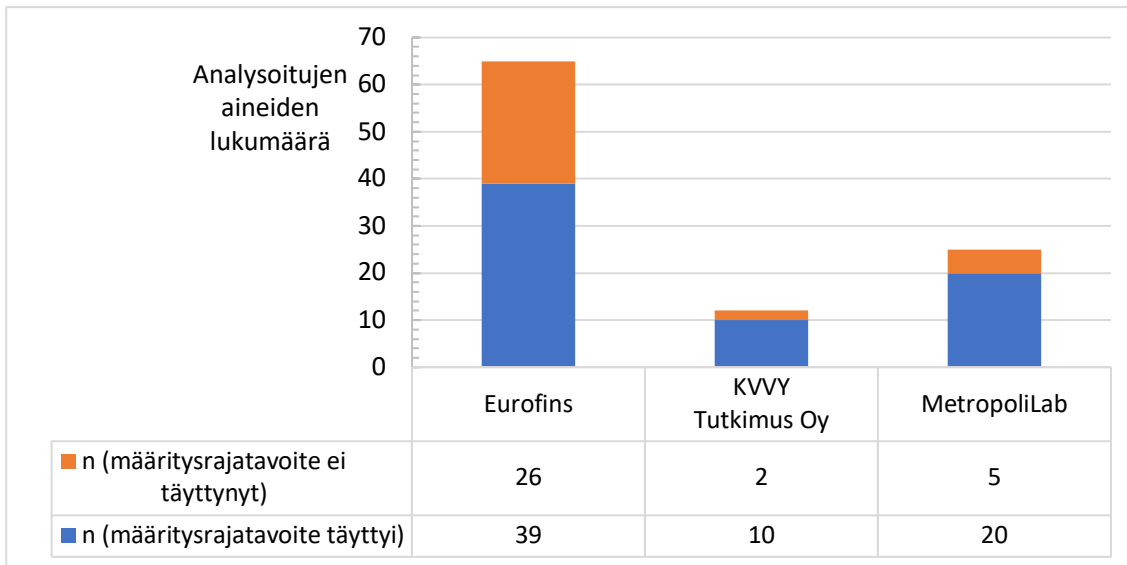
Tarjousten puuttuminen ei johtunut liian tiukoista määritysrajavaatimuksista vaan siitä, etteivät aineet kuuluneet laboratorioden ainevalikoimaan.

Esiselvitysvaiheessa analysoitiin yksi tulevan ja yksi käsitellyn jäteveden näyte kahdessa analyysilaboratoriossa. Analyysien tulokset on esitetty liitteessä 5. Tuloksia tarkasteltaessa todettiin asiantuntija-arviona, että toisen laboratorion tuloksista seuraavien aineiden kohdalla analyysitulokset tulevan jätevesinäytteen osalta olivat liian alhaiset: siprofloksasiini, sulfametoksatsoli, trimetopriimi, ibuprofeeni, karbamatsepiini, kokonaiskromi ja hopea. Näiden aineiden osalta vaadittiin uusinta-analyysia pakastetusta näytteestä. Laboratorio toteutti metallien osalta uusinta-analyysin. Tuloksissa on esitetty sekä alkuperäinen että uusinta-analyysin tulos. Lääkeaineiden osalta uusinta-analyysia ei voitu toteuttaa näytteen riittämättömyyden vuoksi. Siprofloksasiinin, sulfametoksatsolin, trimetopriimin, ibuprofeenin ja karbamatsepiinin osalta tulevan jätevesinäytteen analyysitulokset on täten toisen laboratorion osalta epävarma.

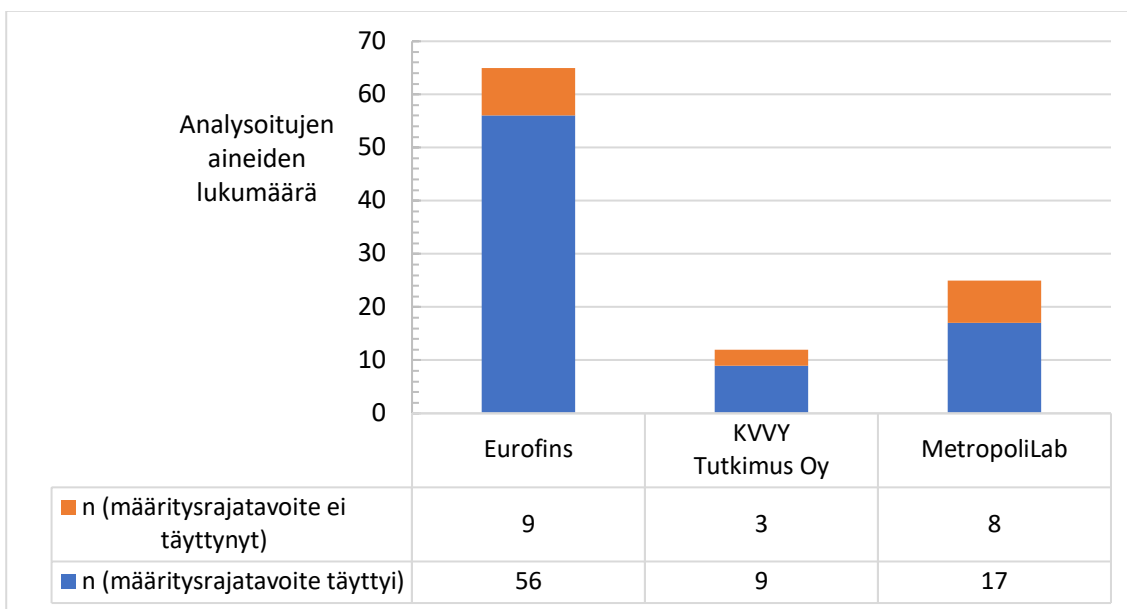
Laboratoriopalvelujen kilpailuttamisessa asetettiin aineille vähimmäisvaatimukseksi puhtaan veden määritysrajan maksimiarvot (liite 5). Määritysrajojen asettamisessa huomioitiin aineiden EQS- tai PNEC-arvot, mutta vaadittuja määritysrajojen maksimiarvoja ei kaikkien aineiden osalta asetettu EQS- tai PNEC-arvojen tasolle. Hankkeessa haluttiin varmistua siitä, että kilpailutukseen saadaan tarjouksia. Joidenkin aineiden osalta taas vaadittiin EQS- tai PNEC-arvoja tiukempia määritysrajoja, koska tiedettiin niiden esiintyvän jätevesissä hyvin matalissa pitoisuuksissa. Molemmat voittaneet tarjoukset täyttivät määritysrajoille asetetut vaatimukset.

On yleisesti tiedossa, että jätevesimatriisissa haitallisten aineiden analyysimenetelmien määritysrajat ovat puhtaampia vesiä korkeammat. Tämä todettiin myös tämän hankkeen esiselvityksen tuloksia tarkasteltaessa (kuvat 2 ja 3). Tulevan jäteveden osalta määritysrajatavoite täyttyi harvemmin kuin käsitellyn jäteveden osalta. Tulevassa jätevedessä on yleensä käsiteltyä jätevettä runsaammin haitallisten aineiden analyysisejä häiritseviä komponentteja. Tuloksista voidaan kuitenkin todeta, että tarjouspyynnössä asetetut maksimiarvot puhtaan veden määritysrajoille olivat suurimmaksi osin sellaisia, että analyysimenetelmiä aineille on kaupallisesti saatavilla. Erityisen haasteellista oli saavuttaa hormoneille vaaditut hyvin alhaiset määritysrajat jätevesimatriisissa. Tulevassa jätevedessä suurin ero puhtaan veden ja jäteveden välillä oli hormoneilla EE2

ja E2 (100–500-kertainen), kun muiden aineiden osalta ero oli keskimäärin korkeintaan kymmenkertainen. Käsitellyssä jätevedessä EE2:n osalta ero puhtaan veden ja jäteveden määräysrajojen välillä oli suurin (20-kertainen). Muiden aineiden osalta ero oli korkeintaan kymmenkertainen. Toisen vaiheen kilpailutukseen päätettiin käyttää samoja määräysrajavaatimuksia muiden paitsi kokonaiskromin, kromi(III):n, kromi(VI):n ja epoksikonatsolin osalta. Kromien määräysrajavaatimus nostettiin arvosta 0,5 µg/l arvoon 5 µg/l ja epoksikonatsolin arvosta 0,05 µg/l arvoon 0,1 µg/l. Näin haluttiin varmistua tarjousten saaminen toisen vaiheen kilpailutukseen.



Kuva 2. Määritysrajatavoitteen täytyminen tulevan jäteveden analyysien osalta hankkeen esiselvitysvaiheessa.



Kuva 3. Määritysrajatavoitteen täytyminen käsitellyn jäteveden analyysien osalta hankkeen esiselvitysvaiheessa.

#### 4.1.2 Toinen vaihe

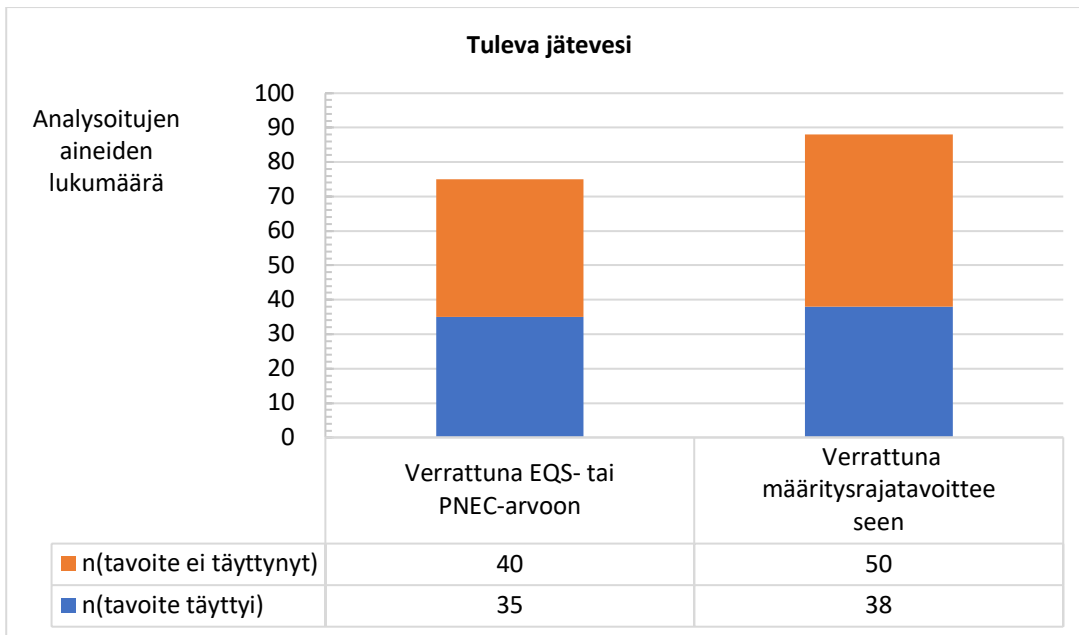
Hankkeen toisessa vaiheessa kilpailutettiin palveluntuottajat haitallisten aineiden analysoimiseksi kaikkien hankkeessa mukana olleiden jätevedenpuhdistamoiden tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteistä. Aineiden määrä oli esiselvitysvaihetta suurempi ja yhteensä kilpailutettiin analyysipalvelut 93 aineelle. Näistä kuusi (6) oli ns. perusanalyysiä (BOD, COD, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, kokonaisfosfori ja kiintoaine) ja loput haitallisia aineita. Tarjouksia ei saatu seuraaville hankkeeseen valituille aineille:

- O-desmetyylivenlafaksiini
- ipkonatsoli
- fentanyyli
- lansopratsoli
- omepratsoli
- 1,2,4-triatsoli

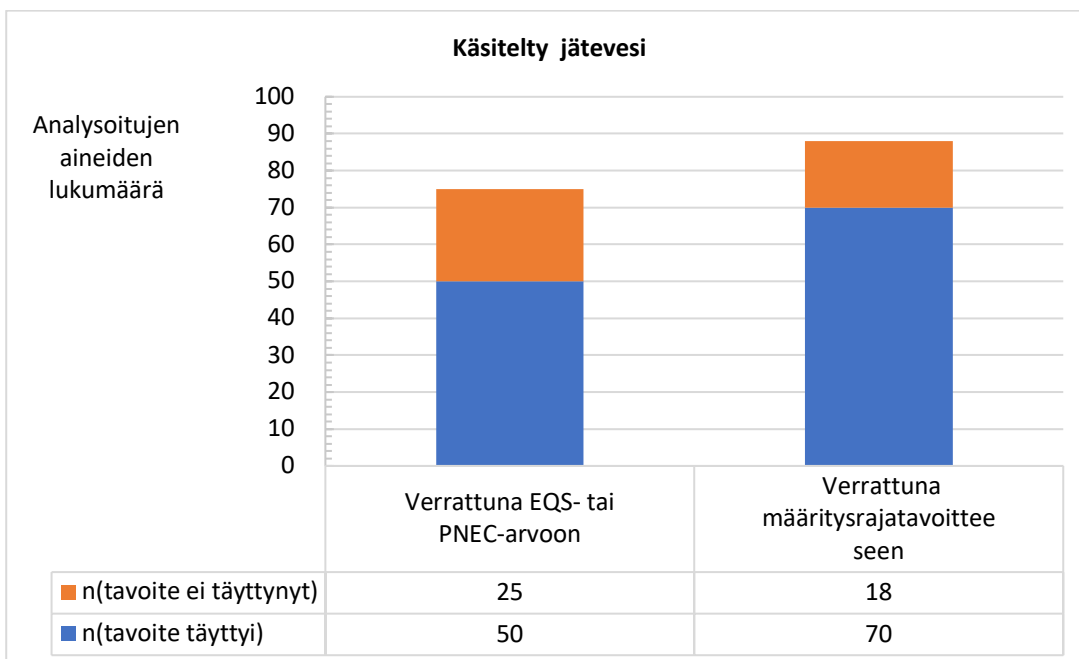
Keskipitkäketjuisten (C14-C17) kloorattujen parafiinien (MCCP) osalta saatiin tarjous ALS Finland Oy:ltä, mutta sen hinta ylitti hankkeessa käytössä olleen budjetin.

Joillekin aineille saatiin analyysitulokset useammasta laboratorioista. Näiden aineiden osalta tuloksissa on esitetty korkein raportoitu tulos. Alkyylifenolien ja niiden etoksylaattien osalta esitetyt tulokset ovat täten Eurofins Environment Testing Finland Oy:n raportoimia ja imidaklopidin osalta ALS Finland Oy:n raportoimia.

Aineille asetettiin esiselvitysvaiheen tapaan laboratoriopalvelujen kilpailuttamisessa vähimmäisvaatimukseksi puhtaan veden määritysrajan maksimiarvot (liite 7). Jatkossa tästä arvosta käytetään nimitystä tavoitemääritysraja. Kaikki voittaneet tarjoukset täyttivät määritysrajoille asetetut vaatimukset. Tuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että myös toisessa vaiheessa aineiden määritysrajat olivat jätevesinäytteissä usein puhtaan veden määritysrajoja korkeampia (liite 7). Määritysrajat vaihtelivat myös eri näytteiden välillä. Tämä johtuu näytteissä olevien analyysijä haittaavien komponenttien erilaisista määristä. Toteutuneita määritysrajoja verrattiin tulevan ja käsitellyn jäteveden osalta aineiden EQS- tai PNEC-arvoihin sekä kilpailutuksessa asetettuihin määritysrajatavoitteisiin (kuvat 4 ja 5). Koska joillekin aineille (BDE-aineet, HBCD sekä nonyylifenolit) on annettu vain summapitoisuuksien EQS-arvot tai EQS-arvoa tai PNEC-arvoa ei ole kirjallisuudessa esitetty, on kuvissa esitettyjen aineiden kokonaislukumäärä vain 75. Tulevan jäteveden näytteiden osalta 53 %:lle kaikista aineista analyysien määritysrajat olivat korkeampia kuin aineen EQS/PNEC-arvo ainakin yhdessä näytteessä ja 57 %:lle aineista määritysrajat oli korkeampia kuin aineelle kilpailutuksessa esitetty tavoitemääritysraja ainakin yhdessä näytteessä. Käsitellyn jäteveden osalta vastaavat prosenttiosuudet olivat 33 % ja 20 % eli määritysrajat olivat lähempänä EQS/PNEC-arvoja ja kilpailutuksen tavoitemääritysrajoja. Merkittävin ero esiselvitysvaiheeseen oli se, että hormonien EE2 ja E2 analyysien määritysrajat olivat erityisesti käsitellyn jäteveden näytteissä selvästi esiselvitysvaihetta matalampia. Osassa näytteistä päästiin jopa aineiden PNEC-arvojen tasolle. Suurimmat erot EQS/PNEC-arvojen ja tavoitemääritysrajojen osalta havaittiin permetriinille, deltametriinille, esfenvaleraatille, metaflumitsonille, bifentriinille, malationille, nikosulfuronille, ometoaatille, prokloratsille, dimoksisitrobinille, famoksadonille, amoksisilliinille, noretisteronille ja hopealle.



Kuva 4. Toisessa vaiheessa toteutuneet aineiden määräysrajat kaikkien aineiden osalta verrattuna EQS- tai PNEC-arvoon sen määräysrajatavoitteen tulevan jäteveden näytteiden osalta. Vertailu on tehty käyttäen liitteessä 7 esitettyjä aineiden korkeimpia tulevan jäteveden määräysrajoja.



Kuva 5. Toisessa vaiheessa toteutuneet aineiden määräysrajat kaikkien aineiden osalta verrattuna EQS- tai PNEC-arvoon sen määräysrajatavoitteen käsitellyn jäteveden näytteiden osalta. Vertailu on tehty käyttäen liitteessä 7 esitettyjä aineiden korkeimpia tulevan jäteveden määräysrajoja.

Kaikista tutkituista aineista uusia haitallisia aineita oli 58 kappaletta. Tulevan jäteveden osalta analyysimenetelmien toteutuneet määräysrajat olivat PNEC-arvoja korkeampia 34:lle (59 %) aineelle ainakin yhdessä näytteessä. Verrattuna määräysrajatavoitteen, toteutuneet määräysrajat tulevassa jätevedessä olivat ainakin yhden näytteen osalta tavoitetta korkeampia 32:lle (55 %) aineelle. Vastaavat aineiden lukumäärät ja



prosenttiosuudet käsitellyssä jätevedessä olivat 22 kpl (38 %) ja 14 (24 %). Yhteenvetona voidaan todeta, että suurimmalle osalle uusista haitta-aineista on kaupallisesti saatavilla laboratoriopalveluja Suomessa, mutta analyysimenetelmien määrittämisrajat ovat useiden aineiden osalta sekä tulevan että käsitellyn jäteveden näytteissä korkeampia kuin aineiden PNEC-arvot. Jos aineen analyysimenetelmän määrittämisraja on PNEC-arvoa korkeampi, on silti mahdollista, että ainetta esiintyy käsitellyssä jätevedessä PNEC-arvot ylittäviä pitoisuuksia. Analyysijä ostettaessa on pidettävä huolta, että aineiden määrittämisrajat ovat riittävän matalalla tasolla. Tästäkin huolimatta on varauduttava siihen, että määrittämisrajat jätevesinäytteissä ovat laboratorion ilmoittamia arvoja korkeammat. On tärkeää, että analyysimenetelmiä kehitetään niin, että myös jätevesinäytteiden osalta päästäisiin jatkossa riittävän alhaisiin määrittämisrajoihin. Määrittämisrajan tavoitteeksi tulisi asettaa vähintään aineen PNEC-arvo. Prioriteettiaineiden osalta määrittämisraja saisi olla korkeintaan 0,3 x EQS-arvo (Vna 868/2010, liite 3).

## 4.2 AINEIDEN TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 4.2.1 Tulosten tarkastelumenetelmät

Analyysilaboratoriot raportoivat aineiden kokonaispitoisuudet näytteissä. Pitoisuustulokset sisältävät siis liuenneen ja kiintoaineseen sitoutuneen aineen yhteispitoisuuden. Alla on esitetty tarkemmin tulosten tarkastelumenetelmiä. Kaikki tulokset on erikseen raportoitu hankkeessa mukana olleille isoille puhdistamoille (n= 17) sekä pienelle asumajätevetettä käsittelevälle puhdistamolle (Oulun Veden Yli-lin puhdistamo).

Raportoiduista pitoisuustuloksista laskettiin jokaiselle aineelle keskiarvot ja mediaanit sekä minimi- ja maksimiarvot. Jos mittausulos oli alle määrittämisrajan, käytettiin laskennassa määrittämisrajan puolikasta. Jos keskiarvo tai mediaani oli alle määrittämisrajan, tuloksen merkittiin olevan alle määrittämisrajan. Jos analyysillä on ollut eri määrittämisraja, on alle määrittämisrajan olevien keskiarvon tai mediaanin ilmoittamisessa huomioitu korkein määrittämisraja.

Tutkittujen aineiden puhdistusteho prosentteina (%) laskettiin kaavalla 3 niille puhdistamoille, joilla tutkittu aine analysoitiin sekä tulevassa että lähtevässä jätevedessä ja tulevan jäteveden pitoisuus oli määrittämisrajaa korkeampi. Jos lähtevän jäteveden pitoisuus oli alle määrittämisrajan, käytettiin laskuissa määrittämisrajan puolikasta.

$$\text{Puhdistusteho (\%)} = \frac{c_{\text{tuleva}} - c_{\text{käsitelty}}}{c_{\text{tuleva}}} \quad (3)$$

, jossa  $c_{\text{tuleva}}$  = aineen pitoisuus puhdistamolle tulevassa jätevedessä  
 $c_{\text{käsitelty}}$  = aineen pitoisuus puhdistamolta ympäristöön purettavassa käsitellyssä jätevedessä

Mitatuista pitoisuuksista sekä puhdistamoiden ilmoittamista virtaamatiedoista laskettiin aineiden kuormat puhdistamoille (tulokuorma) ja vesistöön (vesistökuorma). Puhdistamot ilmoittivat näytteenottopöytäkirjassaan näytteenottopäivän virtaaman laitokselle. Aineiden tulo- ja vesistökuormat laskettiin kaavalla 4.

$$\text{Tulo- tai vesistökuorma (g/d)} = \frac{Q \times c}{1000} \quad (4)$$

, jossa  $Q =$  jäteveden virtaama ( $\text{m}^3/\text{d}$ )  
 $c =$  aineen pitoisuus tulevassa tai käsitellyssä jätevedessä

Jos lähtevän jäteveden pitoisuus oli alle määrittämysrajan, merkittiin kuorman arvoksi nolla. Lisäksi laskettiin asukaskohtainen ja BOD-kohtainen tulo- ja vesistökuorma. Asukaskohtainen kuorma laskettiin jokaiselle puhdistamolle erikseen jakamalla tulo- ja vesistökuorma viemäriverkostoon liittyneiden asukkaiden määrällä. Puhdistamokohtaisista kuormista laskettiin keskiarvot ja minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälit. BOD-kohtainen kuorma laskettiin jokaiselle puhdistamolle erikseen jakamalla tulokuorma tulevan jäteveden BOD-kuorman arvolla ja jakamalla vesistökuorma käsitellyn jäteveden BOD-kuorman arvolla. Puhdistamokohtaisista kuormista laskettiin keskiarvot ja minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälit.

Aineiden tulokuorman arvoista laskettiin lisäksi arvio tulokuormasta yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille Suomessa kaavalla 5.

$$\text{Tulokuorma}_{\text{Suomi}} (\text{kg/v}) = \frac{\sum_1^n \text{tulokuorma puhdistamolle (g/d)}}{1000 \text{ g/kg} \times \text{Asukkaat (viemärointi)}} \times 365 \text{ d/v} \times \text{Asukkaat (taajama)} \quad (5)$$

, jossa  $n =$  hankkeessa mukana olleiden puhdistamoiden lukumäärä  
 $\text{Asukkaat (viemärointi)} =$  tutkittujen puhdistamojen viemärointiverkostoon liittyneiden asukkaiden määrä (2 702 456)  
 $\text{Asukkaat (taajama)} =$  taajama-asukkaiden määrä (4 773 852)

Aineiden vesistökuorman arvio jätevedenpuhdistamoilta Suomessa laskettiin kaavalla 5 niin, että tulokuorman tilalla oli vesistökuorma.

Laboratorioanalyysien kilpailuttamisessa veloitettiin palveluntuottajia ilmoittamaan analyysitodistuksessa kaikki samasta näytteestä analysoitujen aineiden tulokset riippumatta siitä, oliko aine tutkittavien aineiden listalla. Tässä raportissa tällaisten aineiden tuloksia ei ole tarkemmin käsitelty, mutta tulokset on esitetty liitteessä 14.

Seuraavissa kappaleissa on aineryhmittäin esitetty pitoisuus-, puhdistusteho- ja kuormatulokset. Lisäksi on esitetty SimpleTreat -mallinnuksella tehty arvio aineiden käyttäytymisestä jätevedenpuhdistamolla.

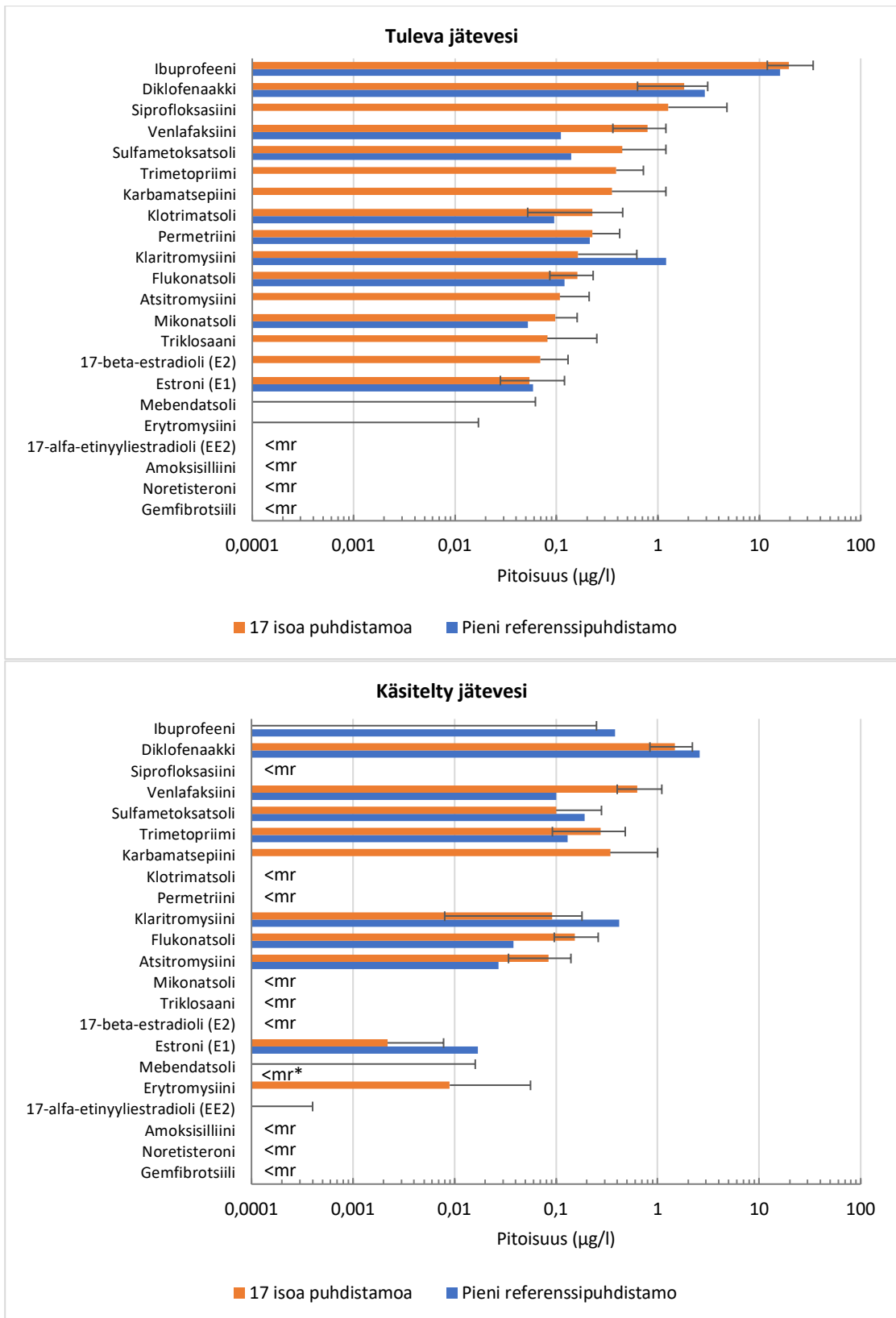
#### 4.2.2 Lääkeaineet ja hormonit

Tutkituista aineista lääkeaineiksi tai hormoneiksi luokiteltavia oli 25 kappaletta. Näiden lisäksi listalla oli yhden aineen metaboliatuote. Näistä aineista 20 luokiteltiin uusiksi haitallisiksi aineiksi. Aineiden tarkemmat käyttötarkoitukset ja arviot käyttömääristä Suomessa on esitetty liitteessä 1. Kahdella aineista on myös muuta kuin lääkkeellistä käyttöä. Permetriiniä käytetään myös biosidinä ja aiemmin sitä on käytetty myös kasvinsuojeluaineena. Triklosaania käytetään pääasiassa säilöntä- ja antimikrobisena aineena kosmetiikassa ja Suomessa sillä ei ole lääkkeellistä käyttöä. Maailman terveysjärjestön WHO:n mukaan triklosaani voidaan kuitenkin luokitella lääkeaineeksi ja sitä voidaan käyttää antiseptisenä ja desinfiointiaineena.

Tutkittavaksi listatuista aineista fentanyylille, lansopratsolille, omepratsolille ja O-desmetyylivenlafaksiinille ei saatu analyysilaboratorioiden kilpailutuksessa tarjouksia.

Tulokset esitetään seuraavassa lopuille 22 aineelle. Tuloksissa mikonatsolinitraatin tulokset sisältyvät mikonatsolin tuloksiin. Pitoisuustulosten yhteenveto on esitetty kuvassa 6 erikseen pienelle referenssipuhdistamolle (Oulun Veden Yli-lin puhdistamo) sekä 17 isolle puhdistamolle. Tuloksille lasketut keskiarvot, mediaanit sekä minimi- ja maksimiarvot on lukuina esitetty liitteessä 2. Liitteessä on esitetty myös aineiden havaitsemistiheys. Kaikkien puhdistamojen tulokset on esitetty liitteessä 13.

Kaikissa tulevan jäteveden näytteissä esiintyi diklofenaakkia, estronia, flukonatsolia, ibuprofeenia, klotrimatsolia ja venlafaksiinia. Amoksisilliinin, 17-alfa-etinyyliestradiolin (EE2), gemfibrotsiilin ja noretisteronin pitoisuudet olivat kaikissa näytteissä alle määritysrajojen. Suurin keskiarvo- ja maksimipitoisuus tulevassa jätevedessä mitattiin ibuprofeenille (19,6 ja 34 µg/l). Pienen referenssipuhdistamon tulevan jäteveden tulokset olivat isojen puhdistamojen osalta pääosin isoilta puhdistamoilta mitattujen pitoisuuksien vaihteluvälin sisällä. Joitain poikkeuksiakin oli. Venlafaksiinin (masennuslääke) pitoisuus oli lähes 90 % isojen puhdistamojen keskiarvopitoisuutta pienempi. Klaritromysiinin (antibiootti) pitoisuus taas oli referenssipuhdistamon tulevassa jätevedessä kaksi kertaa niin suuri kuin isoilta puhdistamoilta mitattu maksimipitoisuus. Lääkkeiden kulutuksella on Suomen lääketilaston (2018) mukaan merkittävää maantieteellistä vaihtelua, mikä saattaa heijastua tämänkin hankkeen tuloksiin. Toisaalta lääkkeiden käytöllä on myös ajallista vaihtelua riippuen esimerkiksi erilaisten tartuntatautiepidemioiden ajankohdasta. Tiettyjä lääkeaineita, kuten antibiootteja, voi siis esiintyä yhdyskuntien jätevesissä merkittäisesti korkeina pitoisuuksina.



Kuva 6. Lääkeaineiden pitoisuustulosten yhteenveto. Isojen puhdistamojen osalta palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin. Jos minimiarvoa ei ole esitetty, se on ollut alle määrittysrajan (mr). \*= tulos oli alle määrittysrajan, mutta yli toteamisrajan. Huom. x-akseli on logaritminen.

Kaikissa käsitellyn jäteveden näytteissä esiintyi atsitromysiiniä, diklofenaakkia, flukonatsolia, klaritromysiiniä, trimetopriimiä ja venlafaksiinia. Amoksisilliinin, 17-beta-estradiolin, gemfibrotsiilin, mikonatsolin, noretisteronin, permetriinin, siprofloksasiinin ja triklosaanin pitoisuudet olivat kaikissa näytteissä alle määritysrajojen. Suurin keskiarvo ja maksimipitoisuus käsitellyssä jätevedessä mitattiin diklofenaakille (1,5 ja 2,2 µg/l). Pienen referenssipuhdistamon käsitellyssä jätevedessä oli isojen puhdistamojen näytteisiin verrattuna korkeampi pitoisuus klaritromysiiniä (antibiootti) ja estronia (luonnollinen hormoni). Klaritromysiinin korkeampi pitoisuus johtuu todennäköisesti tulevassa jätevedessä olleesta muista puhdistamoista korkeammasta pitoisuudesta. Estronin korkeampi pitoisuus voi johtua aineen heikommasta poistotehosta pienellä referenssipuhdistamolla (taulukko 11).

Käsitellyssä jätevedessä lääkeaineiden ja hormonien pitoisuudet olivat yleensä tulevaa jätevettä matalampia. Aina näin ei ollut, vaan pitoisuudet olivat tulevan jäteveden tasolla tai jopa korkeampia. Pitoisuusarvoista lasketut poistotehot on esitetty taulukossa 11. Poistotehon ollessa negatiivinen, on aineen pitoisuus käsitellyssä jätevedessä ollut tulevaa jätevettä korkeampi. Käsitellyn jäteveden korkeammat pitoisuudet voivat johtua useasta syystä:

1. Tulevassa jätevedessä analyysin määritysraja saattaa olla käsitellyn jäteveden analyysiä korkeampi. Tällöin on mahdollista, että ainetta havaitaan ainoastaan käsitellyssä jätevedessä. Tässä hankkeessa esimerkiksi erytromysiinin pitoisuudet tulevassa jätevedessä olivat lähes aina alle määritysrajan (0,01 µg/l). Käsitellyssä jätevedessä ainetta kuitenkin löytyi lähes kaikista näytteistä keskimäärin pitoisuudessa 0,009 µg/l. Todennäköisesti ainetta esiintyi myös tulevassa jätevedessä, mutta sitä ei havaittu korkean määritysrajan vuoksi. Toinen esimerkki on 17-alfa-etinyliestradioli, jota ei havaittu tulevan jäteveden näytteissä, mutta sitä löytyi hieman määritysrajaa korkeampi pitoisuus (0,0004 µg/l) yhdestä käsitellyn jäteveden näytteestä.
2. Analyysimenetelmien mittausepävarmuudet erityisesti lähellä määritysrajaa olevissa pitoisuuksissa ovat usein kymmeniä prosentteja. Jos aine ei poistu puhdistamolla tai poistuu vain vähän, voivat käsitellyn jäteveden korkeammat pitoisuudet johtua analyysien mittausepävarmuudesta.
3. Lääkeaineiden pitoisuudet jätevedessä vaihtelevat eri vuorokauden aikoina. Tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteenotossa ei yleensä huomioida jäteveden viipymää puhdistamolla. Tällöin tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteet eivät täysin vastaa toisiaan. Jos aine ei poistu puhdistamolla tai poistuu vain vähän, voivat käsitellyn jäteveden korkeammat pitoisuudet johtua tästä syystä.
4. Lääkkeitä käytettäessä ne muuntuvat eli metaboloituvat ihmisen läpi kulkiessaan. Jäteveteen erittyä siis vaikuttavien lääkeaineiden lisäksi erilaisia metaboliatuotteita. Jotkin niistä ovat rakenteeltaan sellaisia, että jätevedenpuhdistamon mikrobit voivat muuntaa aineita takaisin vaikuttaviksi lääkeaineiksi. Tällöin käsitellyssä jätevedessä aineen pitoisuus saattaa olla tulevaa jätevettä korkeampi erityisesti, jos aine ei prosessissa sitoudu lietteeseen tai hajoa.

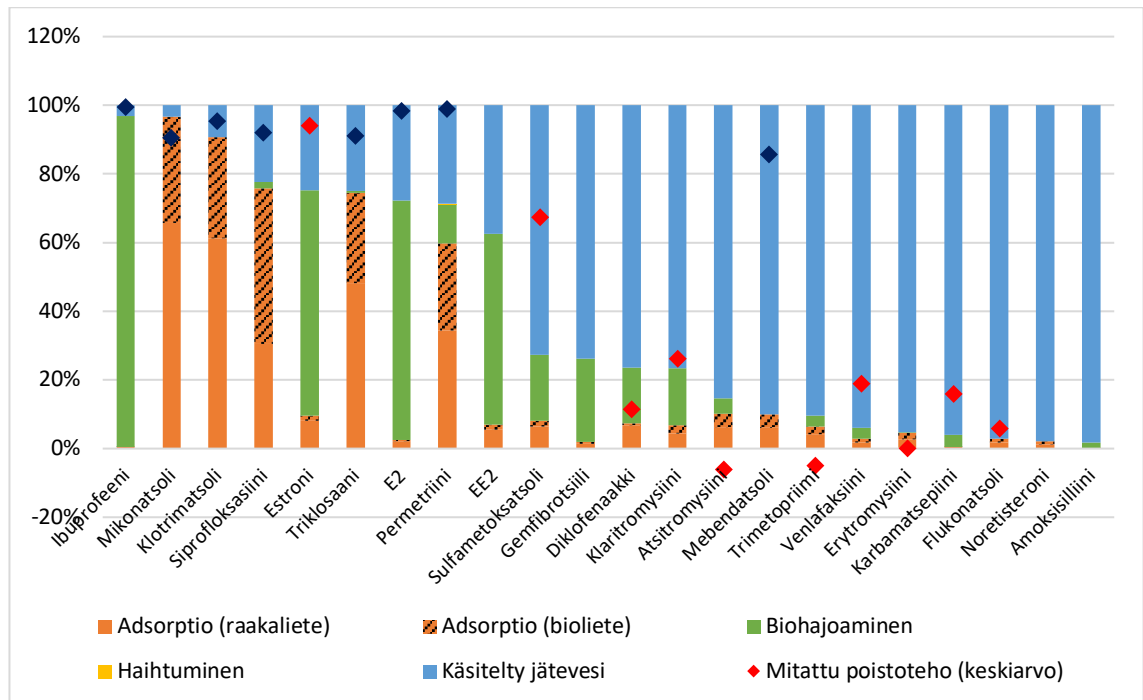
Taulukko 11. Lääkeaineiden ja hormonien poistoteho tutkituilla jätevedenpuhdistamoilla. Jos kaikkien tulosten osalta pitoisuudet käsitellyssä jätevedessä olivat alle määritysrajan, on poistotehon merkitty olleen '>xx %'.

Aine	Pieni referenssipuhdistamo	17 isoa puhdistamo		
		Keskiarvo	Min	Max
Ibuprofeeni	98 %	99,6 %	99 %	99,9 %
Permetriini	99 %	>99 %	98 %	99 %
17-beta-estradioli (E2)	-	>98 %	96 %	99,8 %
Klotrimatsoli	87 %	>96 %	85 %	99 %
Estroni (E1)	71 %	95 %	76 %	99,6 %
Siprofloksasiini	-	>92 %	72 %	99 %
Triklosaani	-	>91 %	87 %	95 %
Mikonatsoli	76 %	>91 %	64 %	97 %
Mebendatsoli	-	>86 %	79 %	92 %
Sulfametoksatsoli	-36 %	76 %	38 %	90 %
Klaritromysiini	65 %	24 %	-157 %	77 %
Venlafaksiini	9 %	20 %	-11 %	46 %
Diklofenaakki	10 %	12 %	-46 %	50 %
Karbamatsepiini	-	11 %	-44 %	51 %
Flukonatsoli	68 %	2 %	-51 %	31 %
Trimetopriimi	-	-5 %	-366 %	83 %
Atsitromysiini	-	-6 %	-483 %	66 %

Parhaiten tutkituilla puhdistamoilla poistui ibuprofeeni, jonka poistuma oli keskimäärin 99,6 %. Seitsemän aineen pitoisuudet olivat kaikissa käsitellyn jäteveden näytteissä alle määritysrajojen, eli niiden poistuminen puhdistamoilla oli tehokasta. Seitsemän aineen osalta keskimääräiset poistotehot olivat kuitenkin <25 %. Erityisen huonosti poistui flukonatsoli, trimetopriimi ja atsitromysiini.

Aineiden käyttäytymistä jätevedenpuhdistamolla mallinnettiin SimpleTreat -ohjelmistolla (kuva 7). Mallinnuksella arvioitiin myös sellaisten aineiden käyttäytymistä, joiden pitoisuudet näytteissä olivat alle määritysrajojen (permetriini, gemfibrotsiili, noretisteroni ja amoksisilliini). Vain muutama aineista (ibuprofeeni, estroni, E2 ja EE2) näyttäisivät olevan jätevedenpuhdistamoilla helposti biohajoavia. Useat aineista (mikonatsoli, klotrimatsoli, siprofloksasiini ja permetriini) sitoutuvat mallinnuksen mukaan tehokkaasti puhdistamolietteeseen. Useimmat niistä aineista, jotka mittauksin todettiin olevan heikosti puhdistamoilla poistuvia, olivat sitä myös mallinnuksen perusteella. Mebendatsolille mitattiin selvästi mallinnusta korkeampi keskimääräinen poistoteho tutkituilla puhdistamoilla. Tulos perustuu kuitenkin vain kahden puhdistamon tuloksiin, sillä muilla puhdistamoilla aineen pitoisuus tulevassa jätevedessä oli alle määritysrajan. Lisäksi aineen pitoisuudet näissä kahdessa näytteessä olivat lähellä määritysrajoja. On siis mahdollista, että aineen todellinen poistoteho puhdistamoilla on mitattua alhaisempi. Kirjallisuuden perusteella mebendatsolin on raportoitu olevan heikosti biohajoava (Nyirenda ym. 2020) ja poistuvan jätevedenpuhdistamolla vähäisessä määrin (n. 30 %, Mhuka ym. 2020), mikä tukee mallinnuksen tulosta. Myös sulfametoksatsolin poistoteho oli mittauksissa mallinnusta korkeampi, vaikka mitatuissa poistotehoissa olikin laaja vaihteluväli. Kirjallisuuden mukaan sulfametoksatsolille on jätevedenpuhdistamoilla muissakin tutkimuksissa mitattu hyvin vaihtelevia poistotehoja. Ek Henning (2020) mukaan aineen poistoteho vaihteli välillä -31–98 % (mittausten määrä oli 24). Kyseisessä

tutkimuksessa tehdyn kirjallisuusselvityksen mukaan aineen poistoteho on vaihdellut välillä 4–92 %.



Kuva 7. SimpleTreat -ohjelmiston mallinnustulos lääkeaineille ja hormoneille (pylväät). Poistoteho on merkitty tummansinisellä (♦), kun pitoisuus käsitellyssä jätevedessä on ollut alle määritysrajan ja poistotehon tulos '>xx %'.

Tutkituille aineille laskettiin pitoisuus- ja virtaamatiedoista erilaisia kuormien arvoja. Taulukossa 12 on esitetty mitattujen lääkeaineiden ja hormonien kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa. Tarkempi yhteenveto aineiden kokonaiskuormista puhdistamoille ja vesistöön on esitetty liitteessä 9.

Taulukko 12. Mitattujen lääkeaineiden ja hormonien kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa.

	Puhdistamolle	Vesistöön
Kuorma yhteensä hankkeen puhdistamojen osalta (g/d)	15 779	2 228
Kuorma yhteensä Suomessa (kg/v)	10 174	1 436

Asukaskohtaiset kuorma-arvot aineittain on esitetty liitteessä 10 ja BOD-kohtaiset kuorma-arvot liitteessä 11. Taulukossa 13 on esitetty aineiden keskimääräiset kuormat sekä vaihteluvälit. Aineiden asukaskohtainen kokonaiskuorma referenssipuhdistamolle ja isoille puhdistamoille oli melko samalla tasolla. Lääkkeiden kulutuksella on Suomen lääketilaston (2018) mukaan merkittävää maantieteellistä vaihtelua. Olemassa olevan aineiston perusteella ei kuitenkaan voida sanoa, johtuvatko tässä hankkeessa mitatut erilaiset pitoisuus- ja kuorma-arvot eri puhdistamoilla lääkkeiden käytön maantieteellisestä vaihtelusta. Vähäiset erot pienen referenssipuhdistamon ja isojen puhdistamojen asukaskohtaisissa kuormissa oli odotettavaa, koska tutkittuja lääkeaineita ja hormoneita päätyy jätevesiin pääasiassa kotitalouksista tavanomaisen käytön seurauksena eikä esimerkiksi (ainakaan merkittävästi) teollisuuden tai hulevesien mukana (Äystö ym. 2020b). Käsitellyssä jätevedessä suhteellinen ero

referenssipuhdistamon ja isojen puhdistamoiden välillä oli hieman suurempi. Tämä saattaa johtua joidenkin aineiden hieman heikommasta puhdistustehosta referenssipuhdistamolla verrattuna isoihin puhdistamoihin.

Taulukko 13. Mitattujen lääkeaineiden ja hormonien asukas- ja BOD-kohtaiset kokonaiskuormat. Isoille puhdistamoille on esitetty keskiarvot vaihteluväleineen.

	Puhdistamolle	Vesistöön
<b>Asukaskohtainen kuorma yhteensä (µg/as/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	7 370	1 363
17 isoa puhdistamoa	6 760 (4 215–14 996)	822 (584–1 079)
<b>BOD-kohtainen kuorma yhteensä (mg/kg BOD/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	176	673
17 isoa puhdistamoa	108 (44–360)	1 217 (434–2 798)

BOD-kohtaisista kuormista voidaan arvioida, kuinka paljon puhdistamoille tulee tai vesistöön päätyy mitattuja lääkeaineita ja hormoneita suhteessa orgaaniseen kuormaan. Osuudet ovat hyvin alhaisia. Puhdistamoille tulevassa jätevedessä oli mitattuja lääkeaineita tai hormoneita vain n. 0,01 % koko orgaanisesta kuormasta. Vesistöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä osuus on suurempi (n. 0,1 %). Tämä johtuu siitä, että BOD poistuu puhdistamoilla paremmin suhteessa lääkeaineisiin ja hormoneihin. BOD-kohtaisissa kuormissa ei ollut merkittäviä eroja referenssipuhdistamon ja isojen puhdistamojen välillä, jos huomioidaan isojen puhdistamojen kokonaiskuorman vaihteluväli (Taulukko 13).

#### 4.2.3 Torjunta-aineet

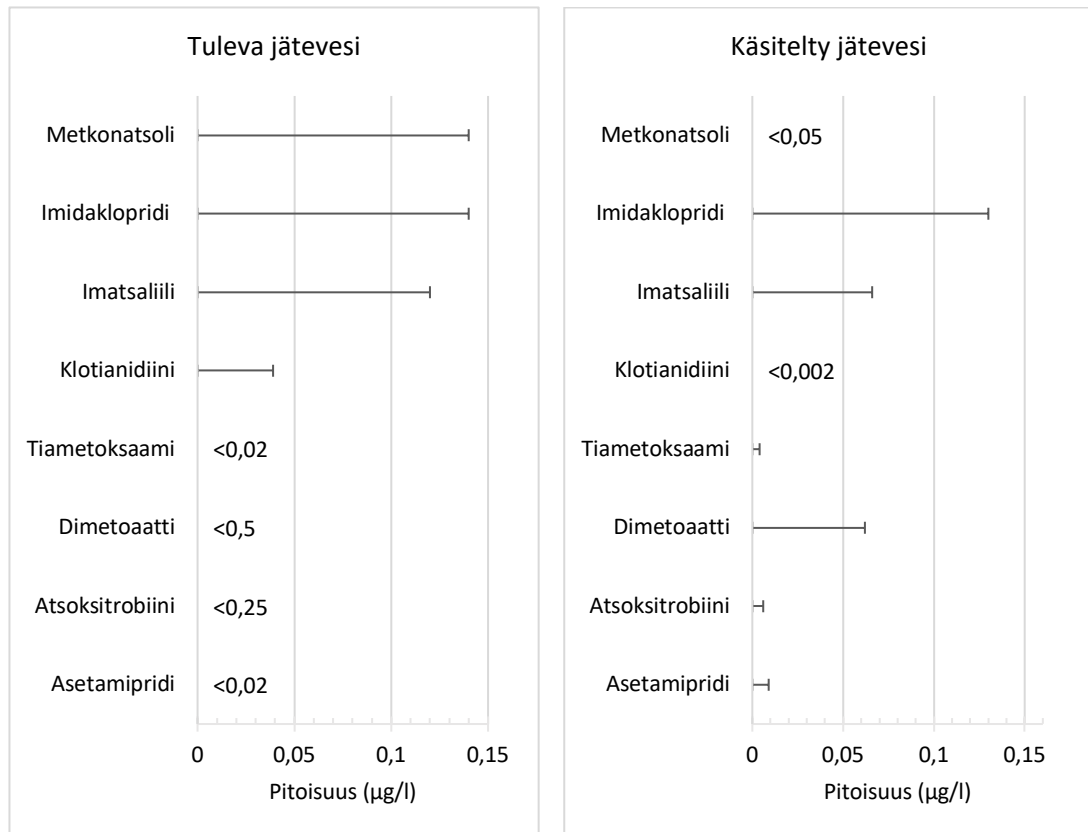
Tutkituista aineista torjunta-aineiksi luokiteltavia oli 33 kappaletta, joista 32 oli voitiin luokitella uusiksi haitallisiksi aineiksi. Aineiden tarkemmat käyttötarkoitukset ja arviot käyttömääristä Suomessa on esitetty liitteessä 1. Useimmille aineille ei ollut mahdollista saada ainekohtaisia käyttömäärätietoja, sillä Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) voi luovuttaa ainekohtaisia käyttömääriä vain, jos samaa ainetta sisältäviä tuotteita myy useampi toimija. Tästä syystä aineille on pääosin saatavilla vain useiden aineiden kokonaiskäyttömääriä. Lisäksi monia aineita käytetään sekä kasvinsuojeluaineena että biosidinä, jolloin aineita sisältävät tuotteet on listattu sekä kasvinsuojeluaine- että biosidirekisteriin.

Tutkittavaksi listatuista aineista 1,2,4-triatsolille ja ipkonatsolille ei saatu analyysilaboratorioiden kilpailutuksessa tarjouksia. Tulokset esitetään seuraavassa lopuille 31 aineelle. Pitoisuustulosten yhteenveto on esitetty kuvassa 8. Tuloksille lasketut keskiarvot, mediaanit sekä minimi- ja maksimi-arvot on lukuina esitetty liitteessä 2. Liitteessä on esitetty myös aineiden havaitsemistiheys. Kaikkien puhdistamojen tulokset on esitetty liitteessä 13.

Kaikkien mitattujen torjunta-aineiden pitoisuudet olivat pienellä referenssipuhdistamolla (Oulun Veden Yli-lin puhdistamo) alle määritysrajojen. Isojen puhdistamojen jätevesissä kahdeksan aineen osalta aineiden pitoisuuksista lasketut keskiarvot olivat kaikille aineille alle määritysrajojen. Pääosin torjunta-aineita löytyi jätevesistä vain yksittäisistä näytteistä. Yleisimmin jätevesistä löytyi imidaklopridia, jonka pitoisuus ylitti määritysrajan tulevassa jätevedessä kuudella ja käsitellyssä jätevedessä kahdeksalla puhdistamolla. Imidaklopridin pitoisuudet olivat lähellä määritysrajaa, ja kahdella puhdistamolla imidaklopridia löytyi vain käsitellystä jätevedestä. Huomionarvoista oli myös, että imidaklopridi kuului kahden laboratorion analyysivalikoimaan, mutta toinen laboratorio raportoi kaikkien tulosten olleen alle määritysrajan (0,05 µg/l). Imidaklopridia käytetään



Suomessa mm. tuhohyönteisten torjuntaan kasvihuoneviljelyssä ja biosidinä kotitalouksissa muurahaisten ja torakoiden torjuntaan. Suomen kasvinsuojeluainerekisterissä on tällä hetkellä yksi valmiste ja biosidirekisterissä seitsemän valmistetta ja vuonna 2015–2016 sen käyttömäärä Suomessa on ollut 200–300 kg/v (ks. liite 1). On siis mahdollista, että ainetta päätyy yhdyskuntajätevesiin. Myös muilla jätevesistä löydettyillä torjunta-aineilla on edelleen käyttöä Suomessa tai niiden käyttöä on rajoitettu vasta hiljattain (ks. tarkemmin liite 1). Todennäköisin torjunta-aineiden lähde on hulevedet, mutta osa voi päätyä jätevesiin myös esimerkiksi kotitalouksista tai teollisuudesta.



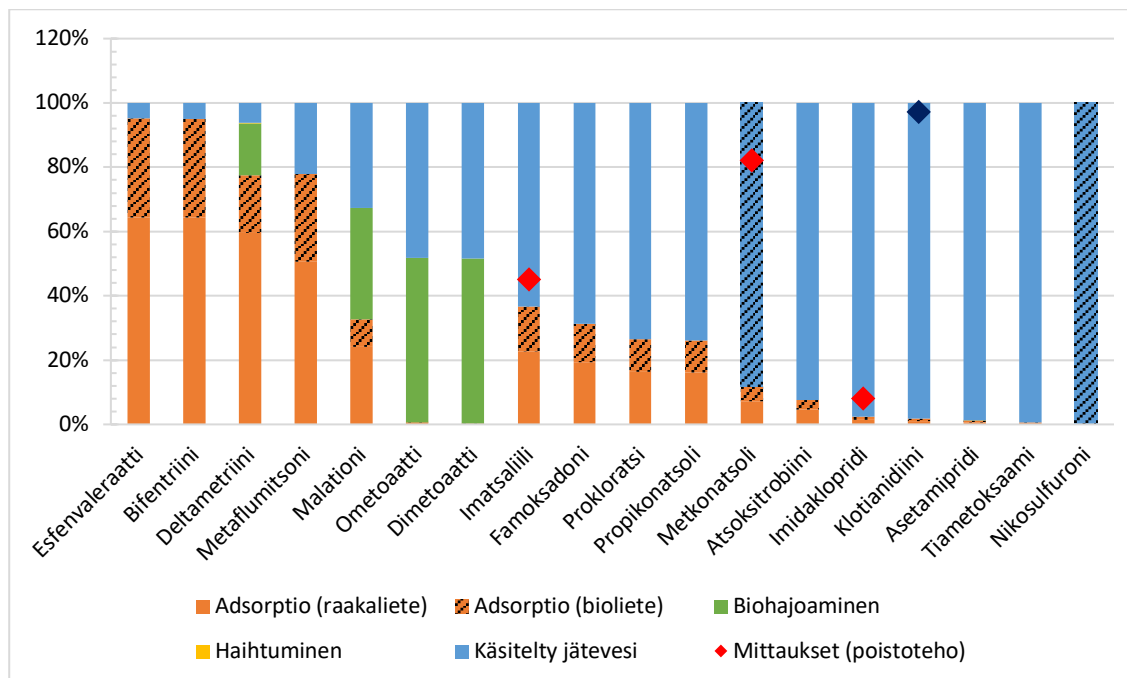
Kuva 8. Torjunta-aineiden pitoisuustulosten yhteenveto. Referenssipuhdistamolla kaikkien aineiden pitoisuudet olivat alle määritysrajojen. Isojen puhdistamojen osalta keskiarvotulokset olivat kaikki alle määritysrajojen ja viiva kertoo mittausten maksimiarvon.

Pitoisuusarvoista lasketut poistotehot on esitetty taulukossa 14. Poistotehon ollessa negatiivinen, on aineen pitoisuus käsitellyssä jätevedessä ollut tulevaa jäteveettä korkeampi. Poistotehoa jätevedenpuhdistamoilla voitiin arvioida vain neljälle aineelle. Kahdelle aineelle (imatsaliili ja metkonatsoli) poistoteho perustuu yhden ja klotianidiinille kahden puhdistamon tuloksiin. Neljän torjunta-aineen (tiametoksaami, dimetoaatti, atsoksitrobiini ja asetamipridi) pitoisuudet olivat tulevassa jätevedessä kaikissa näytteissä alle määritysrajojen, mutta käsitellyssä jätevedessä niitä löytyi joillakin puhdistamoilla. Aineille ei voitu laskea poistotehoa. Todennäköisin syy aineiden löytymiseen vain käsitellyistä jätevesistä oli se, että tulevan jäteveden analyysien määritysrajat olivat käsiteltyä jäteveettä noin kymmenen kertaa korkeammat. Koska kyseisten aineiden pitoisuudet olivat käsitellyssäkin jätevedessä hyvin alhaisia, on todennäköistä, että niitä esiintyi myös tulevassa jätevedessä, mutta niitä ei käytetyin analyysimenetelmin kyetty havaitsemaan.

Taulukko 14. Torjunta-aineiden poistoteho tutkituilla jätevedenpuhdistamoilla. Jos kaikkien tulosten osalta pitoisuudet käsitellyssä jätevedessä olivat alle määritysrajan, on poistotehon merkitty olleen '>xx %'.

Aine	Pieni referenssipuhdistamo	17 isoa puhdistamo		
		Keskiarvo	Min	Max
Imatsaliili	-	-	-	45 %
Imidaklopridi	-	8 %	-45 %	>34 %
Klotianidiini	-	>97 %	>96 %	>97 %
Metkonatsoli	-	-	-	82 %

Aineiden käyttäytymistä jätevedenpuhdistamolla mallinnettiin SimpleTreat -ohjelmistolla (kuva 9). Mallinnus tehtiin myös sellaisille aineille, joiden pitoisuudet näytteissä olivat alle määritysrajojen, mutta joiden analyysien jäteveden määritysraja on korkeampi kuin aineen PNEC-arvo. Vain muutamat aineista (malationi, ometoaatti ja dimetoaatti) ovat mallinnuksen mukaan jätevedenpuhdistamoilla jossain määrin biohajoavia. Osa aineista (esfenvaleraatti, bifentriini, deltametriini ja metaflumitsoni) sitoutuvat mallinnuksen mukaan merkittävässä määrin puhdistamolietteeseen. Useimmat torjunta-aineet eivät kuitenkaan mallinnuksen mukaan poistu jätevedenpuhdistamoilla kovin tehokkaasti. Imatsaliilin ja imidaklopridin osalta mallinnettu poistoteho oli varsin lähellä mitattua poistotehoa. Metkonatsolin ja klotianidiinin osalta mitatut poistotehot olivat selvästi mallinnettua korkeampia. Ero mittausten ja mallinnuksen välillä voi johtua siitä, että aineita löytyi hyvin harvoilta puhdistamoilta ja pitoisuudet olivat lähellä määritysrajoja. Tämä lisää mitatun poistotehon arvion epävarmuutta. Toisaalta taas erityisesti metkonatsolin osalta mallinnuksessa jouduttiin käyttämään vajavaisia tietoja, mikä lisää mallinnuksen tuloksen epävarmuutta.



Kuva 9. SimpleTreat -ohjelmiston mallinnustulos torjunta-aineille (pylväät). Poistoteho on merkitty tummansinisellä (♦), kun pitoisuus käsitellyssä jätevedessä on ollut alle määritysrajan ja puhdistustehon tulos '>xx %'. Metkonatsolin ja nikosulfuronin mallinnustulokset ovat epävarmoja, koska tietoa aineiden biohajoavuudesta ei löydetty.

Tutkituille torjunta-aineille laskettiin pitoisuus- ja virtaamatiedoista erilaisia kuormien arvoja. Taulukossa 15 on esitetty mitattujen torjunta-aineiden kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa. Tarkempi yhteenveto aineiden kokonaiskuormista puhdistamoille ja vesistöön on esitetty liitteessä 9.

Taulukko 15. Mitattujen torjunta-aineiden kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa.

	Puhdistamolle	Vesistöön
Kuorma yhteensä hankkeen puhdistamojen osalta (g/d)	51,3	50,4
Kuorma yhteensä Suomessa (kg/v)	33,1	32,5

Asukaskohtaiset kuorma-arvot aineittain on esitetty liitteessä 10 ja BOD-kohtaiset kuorma-arvot liitteessä 11. Taulukossa 16 on esitetty aineiden keskimääräiset kuormat sekä vaihteluvälit.

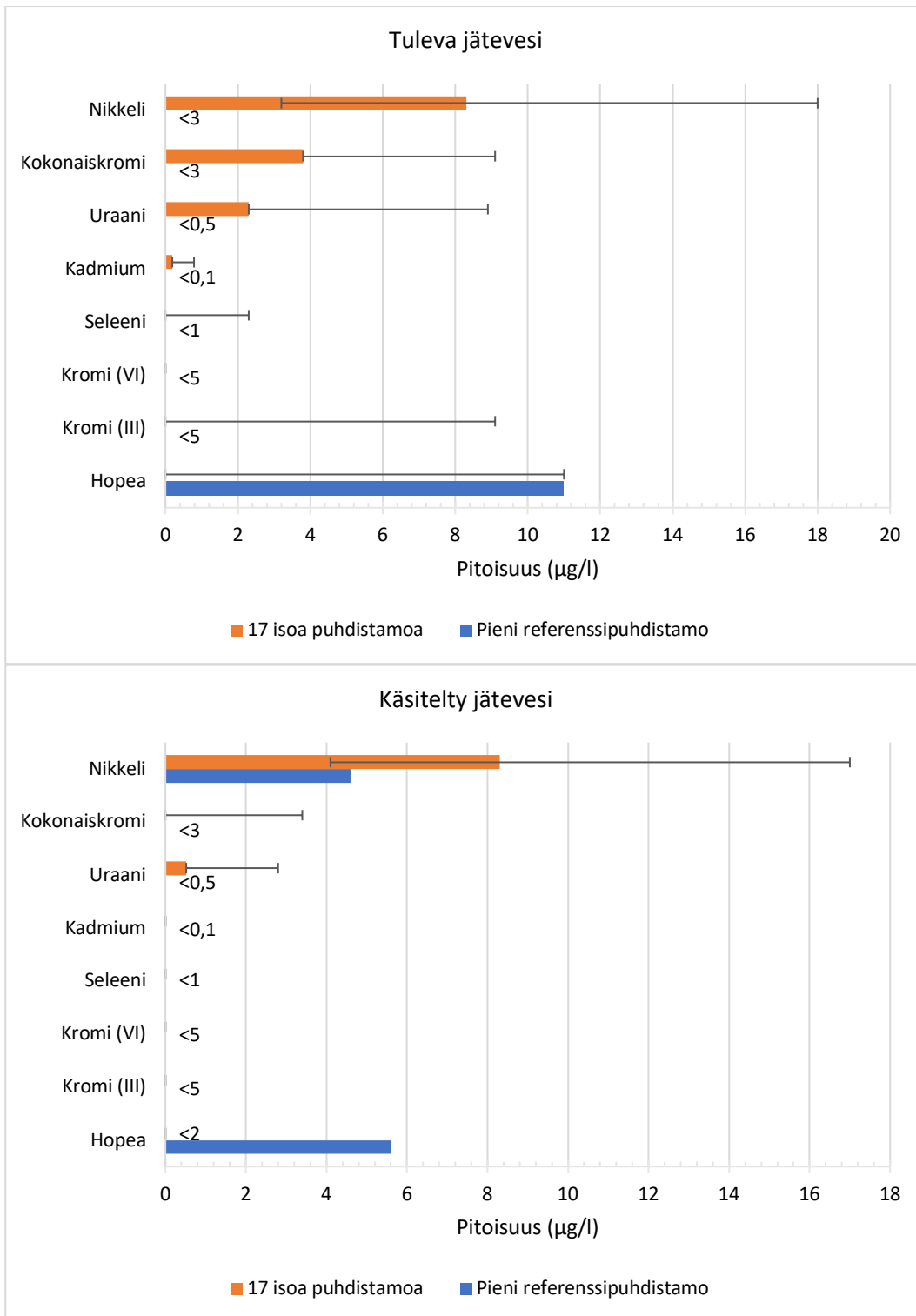
Taulukko 16. Mitattujen torjunta-aineiden asukas- ja BOD-kohtaiset kokonaiskuormat. Isoille puhdistamoille on esitetty keskiarvot vaihteluväleineen.

	Puhdistamolle	Vesistöön
<b>Asukaskohtainen kuorma yhteensä (µg/as/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	0	0
17 isoa puhdistamoa	17,9 (0–120)	11,3 (0–41,9)
<b>BOD-kohtainen kuorma yhteensä (mg/kg BOD/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	0	0
17 isoa puhdistamoa	0,14 (0–0,52)	15,1 (0–50)

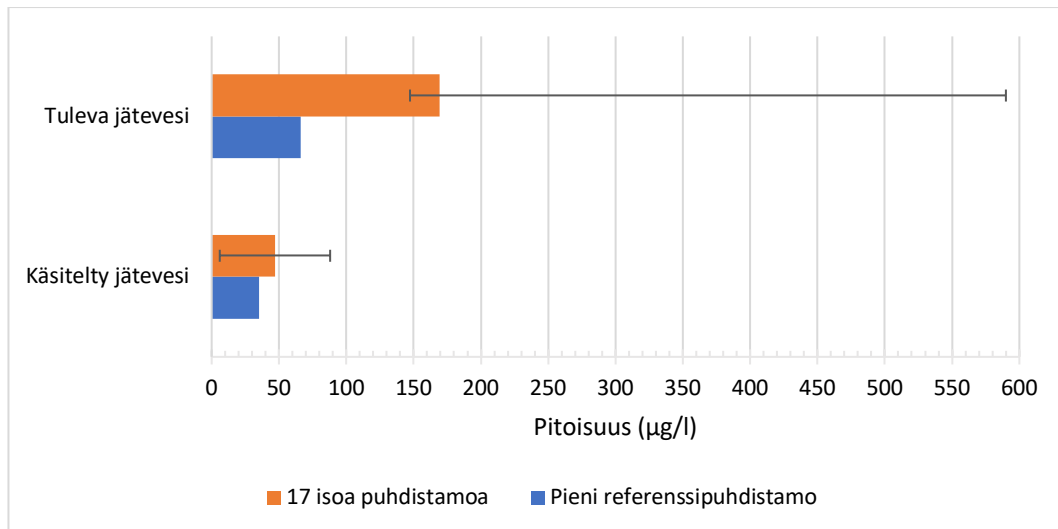
BOD-kohtaisista kuormista voidaan arvioida, kuinka paljon puhdistamoille tulee tai vesistöön päätyy mitattuja torjunta-aineita suhteessa orgaaniseen kuormaan. Osuudet ovat hyvin alhaisia. Puhdistamoille tulevassa jätevedessä oli mitattuja torjunta-aineita vain n. 0,00001 % koko orgaanisesta kuormasta. Vesistöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä osuus on suurempi (n. 0,002 %). Tämä johtuu siitä, että BOD poistuu puhdistamoilla suhteessa mitattuja torjunta-aineita paremmin.

#### 4.2.4 Alkuaineet

Tutkituista aineista alkuaineiksi luokiteltavia oli seitsemän (7) kappaletta, joista 4 voitiin luokitella uusiksi haitallisiksi aineiksi. Kromista mitattiin lisäksi sekä kolmen- että kuudenarvoisen kromin pitoisuutta. Aineitä oli täten yhteensä yhdeksän kappaletta. Aineiden tarkemmat käyttötarkoitukset ja arviot käyttömääristä Suomessa on esitetty liitteessä 1. Alkuaineiden osalta on hyvä muistaa, että niitä esiintyy ympäristössä myös luontaisesti. Pitoisuustulosten yhteenveto on esitetty kuvassa 10 (sinkin osalta kuvassa 11). Tuloksille lasketut keskiarvot, mediaanit sekä minimi- ja maksimiarvot on lukuina esitetty liitteessä 2. Liitteessä on esitetty myös aineiden havaitsemistiheys. Kaikkien puhdistamojen tulokset on esitetty liitteessä 13.



Kuva 10. Alkuaineiden (paitsi sinkki, ks. kuva 11) pitoisuustulosten yhteenveto. Isojen puhdistamojen osalta palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin. Jos minimiarvoa ei ole esitetty, se on ollut alle määrittärajän.



Kuva 11. Sinkin pitoisuustulosten yhteenveto. Isojen puhdistamojen osalta palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin.

Kaikista jätevesinäytteistä löydettiin sinkkiä. Sen pitoisuus oli myös kaikista alkuaineista korkein. Tulevassa jätevedessä sinkkiä mitattiin keskimäärin 175 µg/l ja käsitellyssä jätevedessä keskimäärin 47 µg/l. Pienen referenssipuhdistamon tulevan jäteveden sinkkipitoisuus oli selvästi isoja puhdistamoja matalampi. Nikkeliä esiintyi kaikissa muissa näytteissä paitsi pienen referenssipuhdistamon tulevan jäteveden näytteessä, jossa pitoisuus oli alle määrittämissä. Seuraavaksi yleisimmät aineet olivat kadmium, kokonaiskromi ja uraani. Seleenä ja hopeaa löytyi vain yksittäisistä näytteistä. Pienellä referenssipuhdistamolla hopean pitoisuus oli tulevassa jätevedessä melko korkea ja käsitellyssä jätevedessä kaikista mittauksista korkein. Hopean lähde jätevedessä on epäselvä, sillä selvityksen mukaan puhdistamon viemärintialueella ei ole sellaista toimintaa, josta yleensä voidaan olettaa hopeaa päätyvän jätevesiin. Tällaisia toimintoja ovat autopesula, terveyspalvelut, hammashoitolat ja pesulat. Hopeaa käytetään kuitenkin yhä enenevässä määrin kuluttajatuotteissa sen antimikrobisen ominaisuutensa vuoksi (Amneklev 2014). Hopeaa sisältäviä kuluttajatuotteita ovat mm. tekstiilit, puhdistusaineet, maalit, kosmetiikka ja hygieniatuotteet. Myös ihmisten virtsassa ja ulosteessa voi olla ravinnosta, juomavedestä ja kosmetiikasta sekä amalgaamipaikoista lähtöisin olevaa hopeaa. Jätevesiin voi päätyä hopeaa myös koruista ja hopeaesineistä.

Pitoisuusarvoista lasketut poistotehot on esitetty taulukossa 17. Poistotehon ollessa negatiivinen, on aineen pitoisuus käsitellyssä jätevedessä ollut tulevaa jätevettä korkeampi. Erityisesti nikkelin osalta käsitellyn jäteveden pitoisuudet olivat usein tulevaa jätevettä korkeammat. Tämä on todettu aiemmissakin tutkimuksissa (VVY 2014) ja sen on esitetty mahdollisesti johtuvan puhdistamoilla käytetystä saostuskemikaalista. Kemikaalissa voi olla epäpuhtautena nikkeliä, josta osa voi siirtyä jäteveteen. Koska nikkeli ei juuri poistu puhdistamoilla, voi nikkelin pitoisuus puhdistuksen aikana nousta. Alkuaineille ei tehty mallinnusta niiden poistumiseksi jätevedenkäsittelyssä. Aineet eivät puhdistamoilla biohajoa tai haihdu, joten niiden pitoisuuden pienentyminen johtuu sitoutumisesta puhdistamolietteeseen.

Taulukko 17. Alkuaineiden poistoteho tutkituilla jätevedenpuhdistamoilla. Jos kaikkien tulosten osalta pitoisuudet käsitellyssä jätevedessä olivat alle määritysrajan, on poistotehon merkitty olleen '>xx %'.

Aine	Pieni referenssipuhdistamo	17 isoa puhdistamo		
		Keskiarvo	Min	Max
Hopea	49 %	-	-	71 %
Kadmium	-	>72 %	>55 %	>94 %
Kokonaiskromi	-	62 %	19 %	>84 %
Kromi(III)	-	-	-	-
Kromi(IV)	-	-	-	-
Nikkeli	-	-29 %	-431 %	53 %
Seleen	-	>67 %	>50 %	>78 %
Sinkki	47 %	66 %	-22 %	96 %
Uraani	-	76 %	58 %	>90 %

Tutkituille alkuaineille laskettiin pitoisuus- ja virtaamatiedoista erilaisia kuormien arvoja. Taulukossa 18 on esitetty mitattujen alkuaineiden kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa. Tarkempi yhteenveto aineiden kokonaiskuormista puhdistamoille ja vesistöön on esitetty liitteessä 9.

Taulukko 18. Mitattujen alkuaineiden kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa.

	Puhdistamolle	Vesistöön
Kuorma yhteensä hankkeen puhdistamojen osalta (g/d)	132 627	35 792
Kuorma yhteensä Suomessa (kg/v)	85 525	23 078

Asukaskohtaiset kuorma-arvot aineittain on esitetty liitteessä 10 ja BOD-kohtaiset kuorma-arvot liitteessä 11. Taulukossa 19 on esitetty aineiden keskimääräiset kuormat sekä vaihteluvälit. Pienelle referenssipuhdistamolle päätyvä alkuainekuorma on alhainen verrattuna isoihin puhdistamoihin. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että useiden alkuaineiden pääasialliset päästölähteet ovat teollisuus tai sellainen toiminta (kuten lentokenttä tai satama), joita referenssipuhdistamon viemäröntialueella ei ole. Käsitellyssä jätevedessä ero referenssipuhdistamon ja isojen puhdistamojen välillä oli pienempi johtuen erityisesti korkeasta hopean asukaskohtaisesta kuormasta verrattuna isoihin puhdistamoihin.

Taulukko 19. Mitattujen alkuaineiden asukas- ja BOD-kohtaiset kokonaiskuormat. Isoille puhdistamoille on esitetty keskiarvot vaihteluväleineen.

	Puhdistamolle	Vesistöön
<b>Asukaskohtainen kuorma yhteensä (µg/as/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	26 891	15 785
17 isoa puhdistamo	49 457 (25 159–127 822)	15 461 (6 837–41 139)
<b>BOD-kohtainen kuorma yhteensä (mg/kg BOD/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	642	7 793
17 isoa puhdistamo	731 (283–1 890)	19 836 (5 684–42 417)

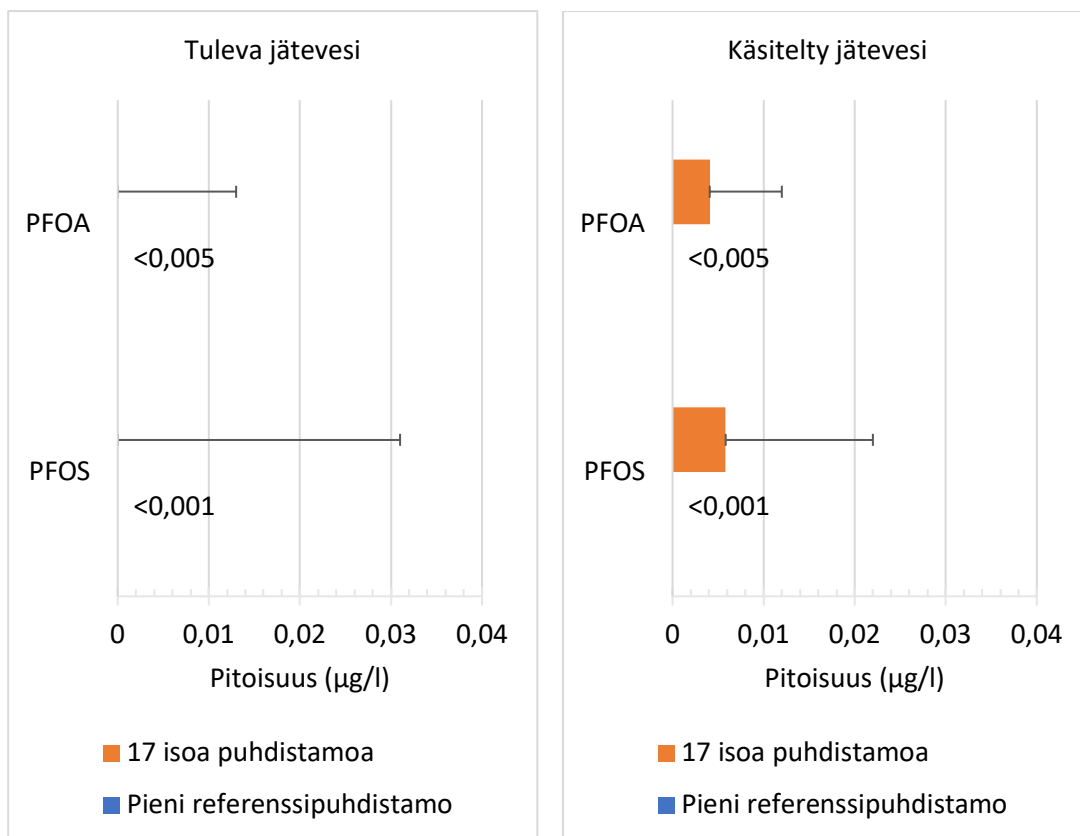
BOD-kohtaisista kuormista voidaan arvioida, kuinka paljon puhdistamoille tulee tai vesistöön päätyy mitattuja alkuaineita suhteessa orgaaniseen kuormaan.

Puhdistamoille tulevassa jätevedessä oli mitattuja alkuaineita n. 0,07 % orgaanisesta kuormasta. Vesistöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä osuus on suurempi (n. 2 %). Tämä johtuu siitä, että BOD poistuu puhdistamoilla suhteessa mitattuja alkuaineita paremmin.

#### **4.2.5 Perfluoratut aineet**

Tutkituista aineista perfluoratuiksi aineiksi luokiteltavia oli kaksi (2) kappaletta, joista PFOS on ns. vanha haitallinen aine eli sitä on aiemmin puhdistamoilla mitattu. Aineiden tarkemmat käyttötarkoitukset ja arviot käyttömääristä Suomessa on esitetty liitteessä 1. Pitoisuustulosten yhteenveto on esitetty kuvassa 12. Tuloksille lasketut keskiarvot, mediaanit sekä minimi- ja maksimi-arvot on lukuina esitetty liitteessä 2. Liitteessä on esitetty myös aineiden havaitsemistiheys. Kaikkien puhdistamojen tulokset on esitetty liitteessä 13.

Pienellä referenssipuhdistamolla perfluorattujen aineiden pitoisuudet olivat alle määräysrajojen. Isojen puhdistamojen tulevissa jätevesissä aineiden pitoisuudet olivat pääosin alle määräysrajojen ja tästä johtuen myös keskiarvopitoisuudet olivat alle määräysrajojen. Aineiden havaitsemistiheys käsitellyssä jätevedessä oli tulevaa jätevettä korkeampi. PFOA ylitti määräysrajan 15 ja PFOS 16 näytteessä. Myös aiemmissa tutkimuksissa on havaittu käsitellyissä jätevesissä tulevaa jätevettä korkeampia PFOS- ja PFOA-pitoisuuksia (Coggan ym. 2019, VVY 2014). Tämän on esitetty johtuvan siitä, että jätevesissä on paljon sellaisia aineita, jotka voivat puhdistamolla hajotessaan muodostaa PFOS:ia tai PFOA:aa.



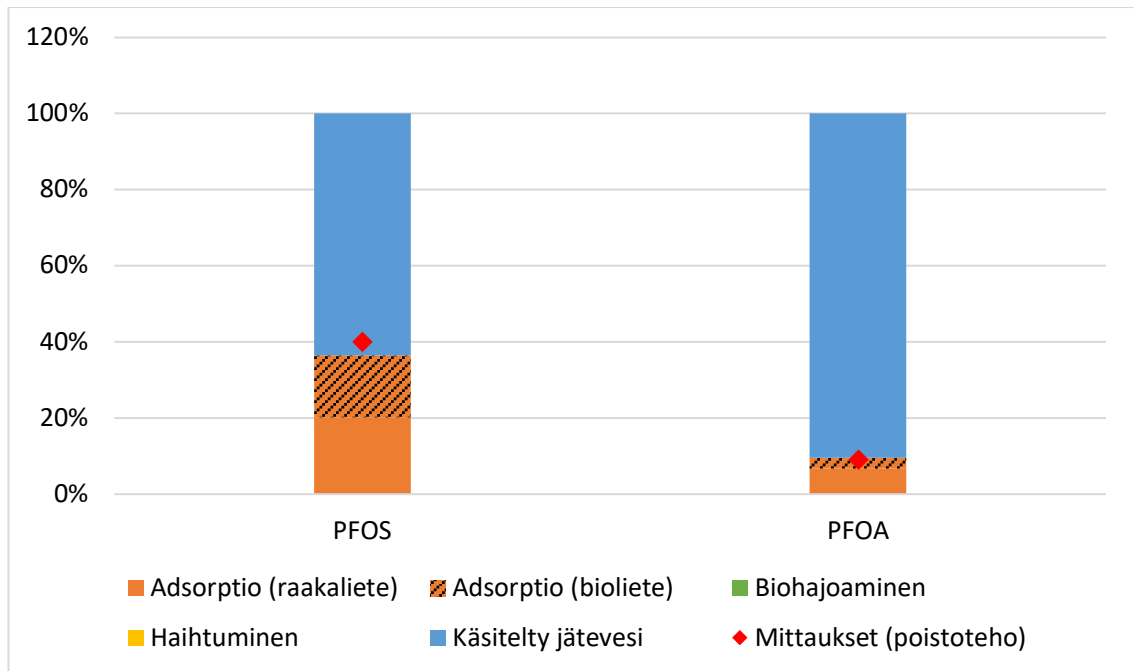
Kuva 12. Perfluorattujen aineiden pitoisuustulosten yhteenveto. Isojen puhdistamojen osalta palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin. Jos minimiarvoa ei ole esitetty, se on ollut alle määritysrajan.

Pitoisuusarvoista lasketut poistotehot on esitetty taulukossa 20. Poistoteho voitiin laskea PFOA:lle vain kahden ja PFOS:lle vain neljän puhdistamon osalta. Laskelmissa ei ole mukana niitä puhdistamoja, joiden käsitellyssä jätevedessä oli tulevaa jätevettä korkeampi ainepitoisuus. Aineiden todellinen poistoteho on siis taulukossa 20 esitettyä matalampi. Aineiden muodostumista puhdistamoilla ei myöskään otettu huomioon mallinnettaessa PFOA:n ja PFOS:in käyttäytymistä puhdistamoilla SimpleTreat -ohjelmistolla (kuva 13). Mallin mukainen poistoteho oli melko samalla tasolla kuin aineiden mitatut keskimääräiset poistotehot puhdistamoilla. Aineet poistuvat mallinnuksen mukaan puhdistamoilla sitoutumalla lietteeseen eivätkä ne biohajoa.

Taulukko 20. Perfluorattujen aineiden poistoteho tutkituilla jätevedenpuhdistamoilla. Jos kaikkien tulosten osalta pitoisuudet käsitellyssä jätevedessä olivat alle määritysrajan, on poistotehon merkitty olleen '>xx %'.

Aine	Pieni referenssipuhdistamo	17 isoa puhdistamoja		
		Keskiarvo	Min	Max
PFOA	-	9 %	8 %	10 %
PFOS	-	40 %	18 %	71 %





Kuva 13. SimpleTreat -ohjelmiston mallinnustulos perfluoratuille aineille (pylväät).

Tutkituille perfluoratuille laskettiin pitoisuus- ja virtaamatiedoista erilaisia kuormien arvoja. Taulukossa 21 on esitetty mitattujen perfluorattujen aineiden kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa. Tarkempi yhteenveto aineiden kokonaiskuormista puhdistamoille ja vesistöön on esitetty liitteessä 9.

Taulukko 21. Mitattujen perfluorattujen aineiden kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa.

	Puhdistamolle	Vesistöön
Kuorma yhteensä hankkeen puhdistamojen osalta (g/d)	1,9	1,2
Kuorma yhteensä Suomessa (kg/v)	7,4	4,8

Asukaskohtaiset kuorma-arvot aineittain on esitetty liitteessä 10 ja BOD-kohtaiset kuorma-arvot liitteessä 11. Taulukossa 22 on esitetty aineiden keskimääräiset kuormat sekä vaihteluvälit. Perfluorattujen aineiden lähteet jätevedessä ovat pääasiassa teollisuus, kotitaloudet ja hulevedet (Gercken ym. 2018, VVY 2014). Lisäksi kotitalouksissa voidaan käyttää sellaisia tuotteita, jotka sisältävät PFOA:n ja PFOS:n esiasteita, jotka puhdistuksen aikana hajoavat näiksi yhdisteiksi.

Taulukko 22. Mitattujen perfluorattujen aineiden asukas- ja BOD-kohtaiset kokonaiskuormat. Isoille puhdistamoille on esitetty keskiarvot vaihteluväleineen.

	Puhdistamolle	Vesistöön
<b>Asukaskohtainen kuorma yhteensä (µg/as/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	0	0
17 isoa puhdistamo	1,9 (0–13,3)	2,7 (0–10,2)
<b>BOD-kohtainen kuorma yhteensä (mg/kg BOD/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	0	0
17 isoa puhdistamo	0,023 (0–0,13)	3,4 (0–10,8)

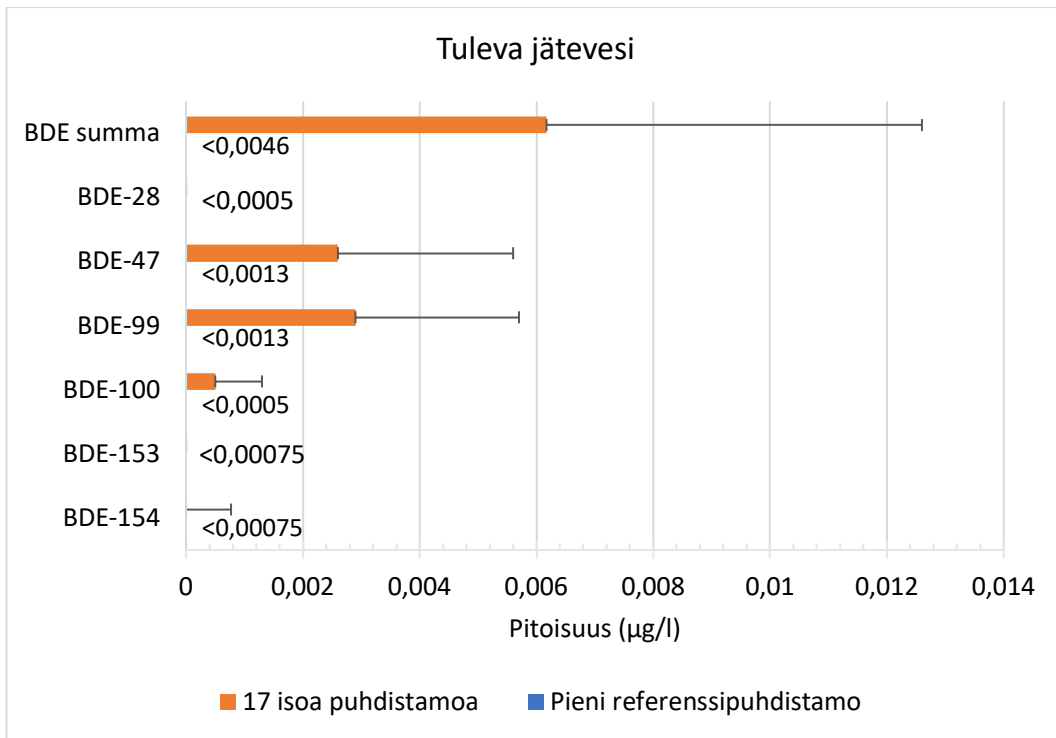
BOD-kohtaisista kuormista voidaan arvioida, kuinka paljon puhdistamoille tulee tai vesistöön päätyy mitattuja perfluorattuja aineita suhteessa koko orgaaniseen kuormaan. Puhdistamoille tulevassa jätevedessä oli mitattuja perfluorattuja aineita häviävän pieni määrä (0,000002 %) verrattuna koko orgaaniseen kuormaan. Vesistöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä osuus on hieman suurempi (0,0003 %). Tämä johtuu siitä, että BOD poistuu puhdistamoilla suhteessa mitattuja perfluorattuja aineita paremmin.

#### 4.2.6 Palonestoaineet

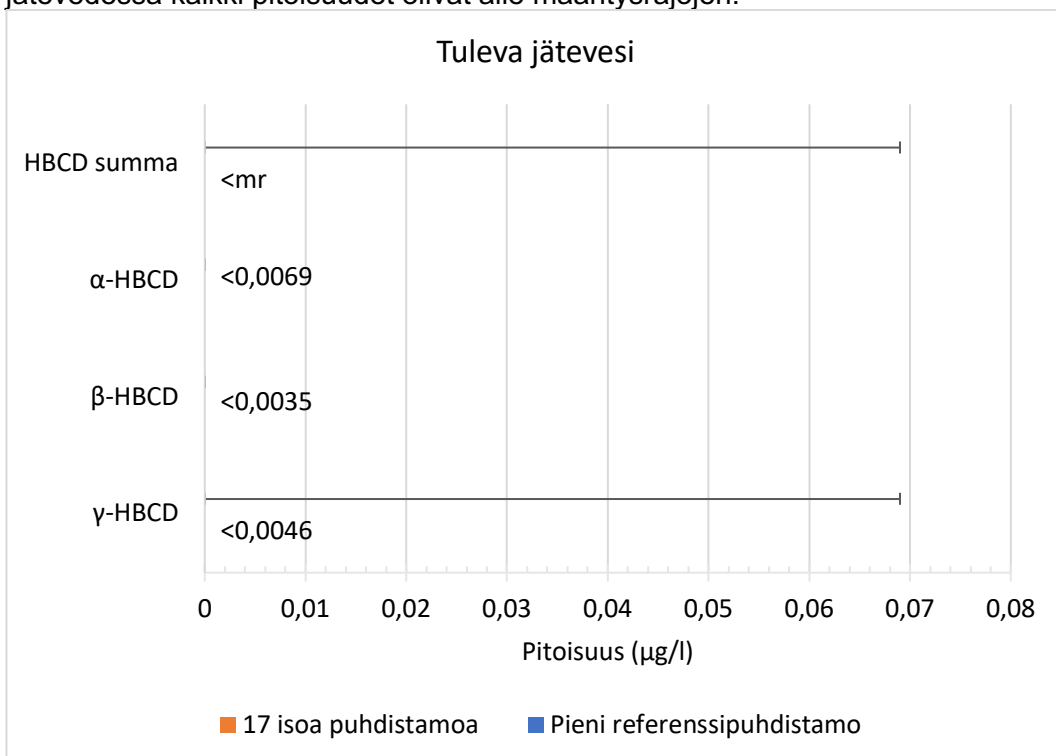
Tutkituista aineista palonestoaineiksi luokiteltavia oli yhdeksän (9) kappaletta, joista kaikki olivat ns. vanhoja haitallisia aineita eli niitä on aiemmin suomalaisilla puhdistamoilla mitattu. Aineiden tarkemmat käyttötarkoitukset ja arviot käyttömääristä Suomessa on esitetty liitteessä 1. Pitoisuustulosten yhteenveto on esitetty BDE-aineiden osalta kuvassa 14 ja HBCD-aineiden osalta kuvassa 15. Kaikkien puhdistamojen tulokset on esitetty liitteessä 13.

Käsitellyissä jätevesissä pitoisuudet olivat kaikkien aineiden osalta alle määräysrajojen. Oulun Yli-lin referenssipuhdistamolla myös tulevan jäteveden osalta kaikkien aineiden pitoisuudet olivat alle määräysrajojen. Tuloksille lasketut keskiarvot, mediaanit sekä minimi- ja maksimiarvot on lukuina esitetty liitteessä 2. Liitteessä on esitetty myös aineiden havaitsemistiheys. Kaikkien puhdistamojen tulokset on esitetty liitteessä 13.

BDE-aineista yleisimmin tulevissa jätevesissä esiintyivät kongeneerit 47 ja 99 (16 näytteessä). Myös niiden pitoisuudet myös olivat BDE-aineista korkeimmat. BDE-100 kongeneeria esiintyi kahdeksassa näytteessä. BDE-28 ja -153 pitoisuudet olivat kaikissa näytteissä alle määräysrajojen. HBCD-aineiden osalta suurin osa mittaustuloksista oli alle määräysrajojen. Kolmen puhdistamon tulevassa jätevedessä mitattiin yli määräysrajan olleita pitoisuuksia  $\lambda$ -HBCD:ta. Tämä on loogista, sillä HBCD-aineiden kaupallinen seos sisältää HBCD-isomeereistä eniten juuri  $\gamma$ -isomeeria (79–95 %) (3–30 %) (lähde: ymparisto.fi/pop).



Kuva 14. BDE-aineiden pitoisuustulosten yhteenveto. Isojen puhdistamojen osalta palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin. Jos minimiarvoa ei ole esitetty, se on ollut alle määrittäysrajan. Käsitellyssä jätevedessä kaikki pitoisuudet olivat alle määrittäysrajojen.



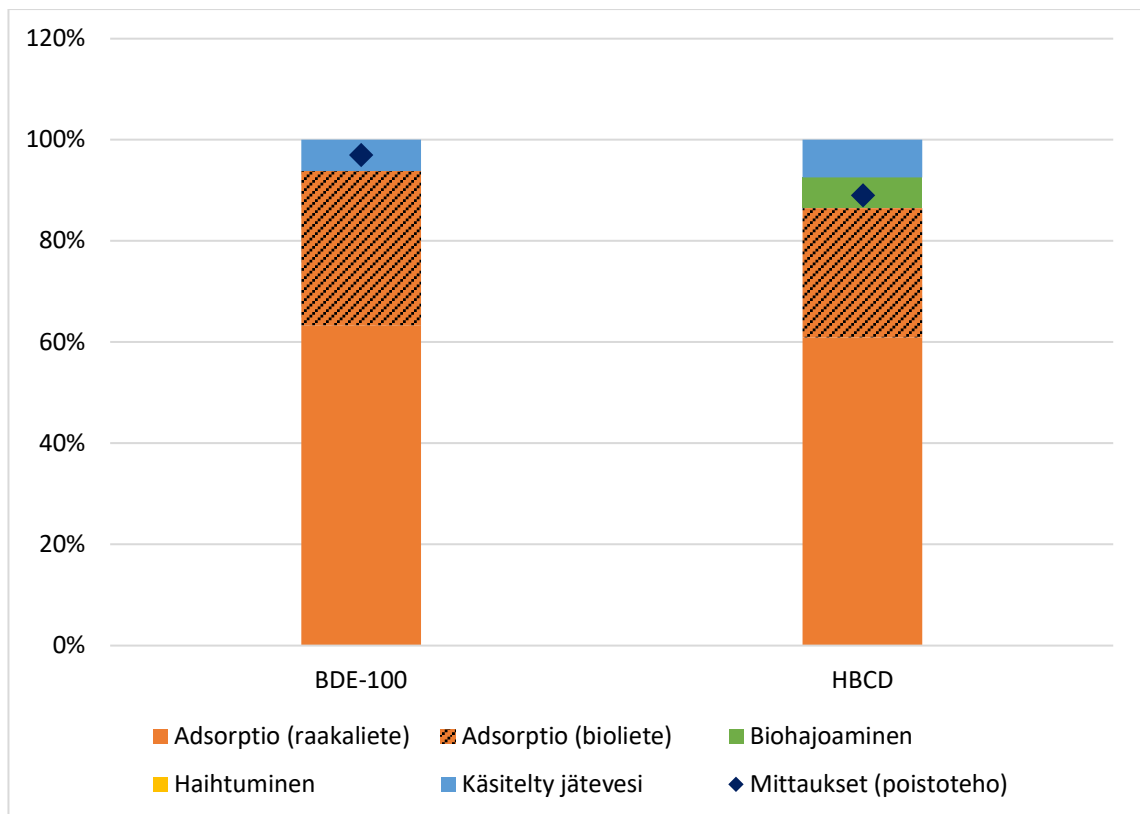
Kuva 15. HBCD-aineiden pitoisuustulosten yhteenveto. Isojen puhdistamojen osalta keskiarvotulokset olivat kaikki alle määrittäysrajojen ja viiva kertoo mittausten maksimiarvon. Käsitellyssä jätevedessä kaikki pitoisuudet olivat alle määrittäysrajojen.

Pitoisuusarvoista lasketut poistotehot on esitetty taulukossa 23. Koska kaikkien aineiden osalta pitoisuudet käsitellyissä jätevesissä olivat alle määritysrajojen, olivat aineiden poistotehot puhdistamoilla korkeat.

Taulukko 23. Palonestoaineiden poistoteho tutkituilla jätevedenpuhdistamoilla. Jos kaikkien tulosten osalta pitoisuudet käsitellyssä jätevedessä olivat alle määritysrajan, on poistotehon merkitty olleen '>xx %'.

Aine	Pieni referenssipuhdistamo	17 isoa puhdistamo		
		Keskiarvo	Min	Max
BDE-summa	-	>95 %	>93 %	>98 %
BDE-28	-	-	-	-
BDE-47	-	>97 %	>96 %	>99 %
BDE-99	-	>98 %	>97 %	>99 %
BDE-100	-	>97 %	>95 %	>98 %
BDE-153	-	-	-	-
BDE-154	-	-	-	> 51 %
HBCD-summa	-	>89 %	>75 %	>98 %
α-HBCD	-	-	-	-
β-HBCD	-	-	-	-
γ-HBCD	-	>97 %	>92 %	>99 %

Aineiden käyttäytymistä jätevedenpuhdistamolla mallinnettiin SimpleTreat -ohjelmistolla (kuva 16). BDE-aineille ei juuri löydetty tarvittavia lähtötietoja, joten mallinnus on tehty käyttäen BDE-100:n tietoja. Sekä BDE-100 että HBCD sitoutuvat mallinnuksen mukaan pääosin puhdistamolietteeseen. HBCD saattaa mallinnuksen mukaan myös biohajota jossain määrin. Mallinnuksella saatu poistotehon arvo vastaa melko hyvin mittauksilla todettuja poistotehoja.



Kuva 16. SimpleTreat -ohjelmiston mallinnustulos torjunta-aineille (pylväät). Poistoteho on merkitty tummansinisellä (♦), kun pitoisuus käsitellyssä jätevedessä on ollut alle määritysrajan ja puhdistustehon tulos '>xx %'.

Tutkituille palonestoaineille laskettiin pitoisuus- ja virtaamatiedoista erilaisia kuormien arvoja. Taulukossa 24 on esitetty mitattujen palonestoaineiden kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa. Tarkempi yhteenvedo aineiden kokonaiskuormista puhdistamoille ja vesistöön on esitetty liitteessä 9. Vesistöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä kaikki mittaustulokset olivat alle määritysrajojen, jolloin kuorman arvoksi tulee nolla.

Taulukko 24. Mitattujen palonestoaineiden kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa.

	Puhdistamolle	Vesistöön
Kuorma yhteensä hankkeen puhdistamojen osalta (g/d)	5,17	0
Kuorma yhteensä Suomessa (kg/v)	3,34	0

Asukaskohtaiset kuorma-arvot aineittain on esitetty liitteessä 10 ja BOD-kohtaiset kuorma-arvot liitteessä 11. Taulukossa 25 on esitetty aineiden keskimääräiset kuormat sekä vaihteluvälit. Oulun Yli-lin referenssipuhdistamolla palonestoaineiden pitoisuudet olivat aina alle määritysrajojen. Kotitaloudet eivät siis todennäköisesti ole aineiden ensisijaisia lähteitä, vaikka esimerkiksi huonepölyssä tai ravinnon epäpuhtautena palonestoaineita voi esiintyä (VVY 2014). Tutkitut BDE- aineet ja HBCD ovat ubkviitäärisiä ja kaukokulkeutuvia aineita, joiden tuotanto ja käyttö on tullut Tukholman sopimuksen mukaan lopettaa. Ennen kieltoa BDE-aineita on käytetty palonsuoja-aineina erilaisissa muoveissa, sähkölaitteiden piirilevyissä ja joustavien polyuretaanivaahtojen palosuojauksessa, kuten esimerkiksi huonekalujen ja autojen pehmusteissa. HBCD:tä

on käytetty palonestoaineena paisutetussa (EPS) ja suulakepuristetussa (XPS) polystyreenituotteissa, joita käytetään lämmöneristeinä. Ainetta on käytetty myös elektroniikkatuotteissa ja tekstiileissä, kuten istuinten verhoiluissa. Myös pakkausmateriaaleina käytettävä EPS voi sisältää HBCD:a. Pysyvyytensä vuoksi aineita esiintyy ympäristössä ja tuotteissa vielä pitkään. Puhdistamoille aineita voi päätyä hulevesien mukana, kierrätysmateriaaleja valmistavan tai käyttävän teollisuuden jätevesien mukana, aineita sisältävien tuotteiden hävittämisestä tai aineita sisältävien tuotteiden muusta kulumisesta johtuen.

Taulukko 25. Mitattujen palonestoaineiden asukas- ja BOD-kohtaiset kokonaiskuormat. Isoille puhdistamoille on esitetty keskiarvot vaihteluväleineen.

	Puhdistamolle	Vesistöön
<b>Asukaskohtainen kuorma yhteensä (µg/as/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	0	0
17 isoa puhdistamo	3,7 (0–34)	0
<b>BOD-kohtainen kuorma yhteensä (mg/kg BOD/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	0	0
17 isoa puhdistamo	0,052 (0–0,48)	0

BOD-kohtaisista kuormista voidaan arvioida, kuinka paljon puhdistamoille tulee tai vesistöön päätyä mitattuja palonestoaineita suhteessa koko orgaaniseen kuormaan. Puhdistamoille tulevassa jätevedessä oli mitattuja palonestoaineita vain 0,0004 % verrattuna koko orgaaniseen kuormaan. Vesistöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä kaikki mittaustulokset olivat alle määritysrajojen, jolloin kuorman arvoksi tulee nolla.

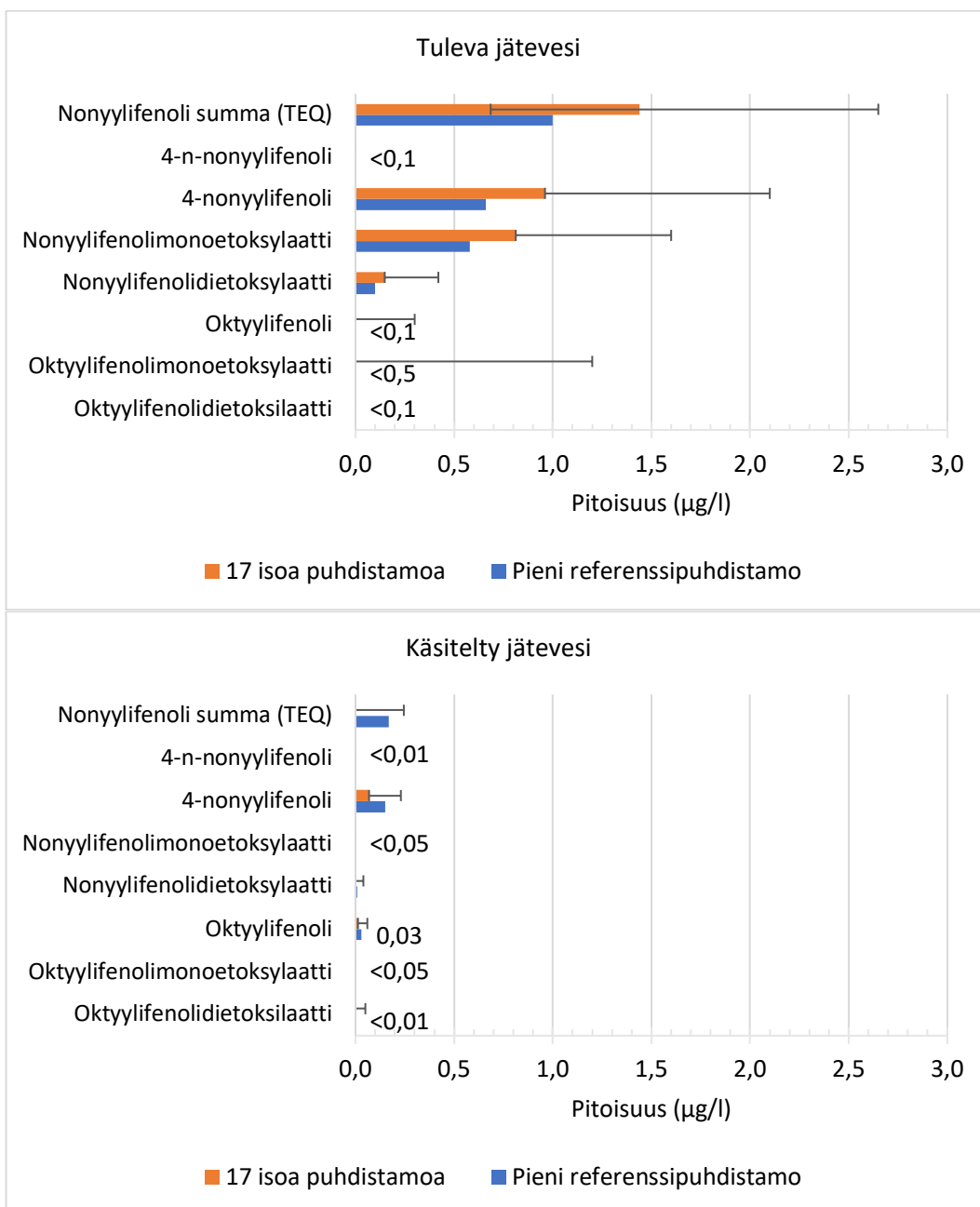
#### 4.2.7 Alkyyliifenolit ja niiden etoksylaatit

Tutkituista aineista alkyylifenoleiksi ja niiden etoksylaateiksi luokiteltavia oli kuusi (6) kappaletta. Kaikki aineet olivat ns. vanhoja haitallisia aineita eli niitä on aiemmin mitattu suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla. Nonyyliifenolista on mitattu kahta isomeeria, haaroittunutta 4-nonyyliifenolia (CAS 84852-15-3) sekä 4-n-nonyyliifenolia (nonyyliifenolisisomeeri, jossa fenolin hiileen nro 4 on liittynyt suoraketjuinen hiilivetyketju, CAS 104-40-5). Tämä nostaa mitattujen aineiden kokonaismäärän seitsemään. Lisäksi nonyylifenoleille ja sen etoksylaateille on laskettu summa kaavalla:  $\sum (C_x \times \text{TEF})$ , jossa TEF on toksisuusekvivalenttikerroin (nonyyliifenoli= 1, nonyyliifenolimono- ja dietoksylaatti= 0,5) ja  $C_x$ = kunkin nonyylifenolisen yhdisteen pitoisuus.

Aineiden tarkemmat käyttötarkoitukset ja arviot käyttömääristä Suomessa on esitetty liitteessä 1. Pitoisuustulosten yhteenveto on esitetty kuvassa 17. Tuloksille lasketut keskiarvot, mediaanit sekä minimi- ja maksimiarvot on lukuina esitetty liitteessä 2. Liitteessä on esitetty myös aineiden havaitsemistiheys. Kaikkien puhdistamojen tulokset on esitetty liitteessä 13.

Tulevan jäteveden näytteissä useimmin yli määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia mitattiin nonyyliifenolietoksylaatteja (14 näytteessä). 4-Nonyyliifenolia löytyi yhdeksästä näytteestä, mutta etoksylaatteihin verrattuna sen pitoisuudet näytteissä olivat korkeammat (keskimäärin 0,96 µg/l). Oktyyliifenolia löytyi vain kolmesta tulevan jäteveden näytteestä, oktyyliifenolimonoetoksylaattia yhdestä ja oktyyliifenolidietoksylaattia ei yhdestäkään näytteestä. Pienen referenssipuhdistamon (Oulun Veden Yli-lin puhdistamo) näytteessä aineiden pitoisuudet olivat isojen puhdistamojen keskimääräisiä arvoja matalammat, mutta kuitenkin isoilla puhdistamoilla mitattujen pitoisuuksien vaihteluvälillä.

Käsitellyssä jätevedessä kaikkien alkyylifenolien ja niiden etoksyylaattien pitoisuudet olivat selvästi tulevaa jätevettä matalampia ja aineita löydettiin vain harvoista näytteistä. Kuten tulevassa jätevedessä, myös käsitellyssä jätevedessä korkein keskiarvopitoisuus mitattiin 4-nonyylifenolille (0,07 µg/l). 4-Nonyylifenolin ja oktyylifenolin pitoisuudet olivat joissain tapauksissa alle määritysrajan tulevassa jätevedessä, mutta käsitellyssä jätevedessä aineita löytyi. Tämä saattaa johtua siitä, että tulevan jäteveden määritysrajat olivat käsiteltyyn jäteveeseen verrattuna kymmenkertaiset ja tästä syystä aineita ei tulevassa jätevedessä havaittu.



Kuva 17. Alkyylifenolien ja niiden etoksyylaattien pitoisuustulosten yhteenveto. Isojen puhdistamojen osalta palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin. Jos minimiarvoa ei ole esitetty, se on ollut alle määritysrajan.

Pitoisuusarvoista lasketut poistotehot on esitetty taulukossa 26. Kaikkien aineiden poistotehot olivat yli 70 %. Kuten yllä on kerrottu, muutamassa näytteessä aineita löydettiin käsitellystä jätevedestä, mutta ei tulevasta. Näitä tuloksia ei ole huomioitu poistotehon laskemisessa. Pienellä referenssipuhdistamolla aineiden puhdistusteho oli hieman isoja puhdistamoja matalampi. Oktyylifenolin pitoisuus oli tulevassa jätevedessä alle määritysrajan, mutta ainetta löytyi käsitellystä jätevedestä. Todennäköisin syy aineen löytymiseen vain käsitellystä jätevedestä oli se, että tulevan jäteveden analyysin määritysraja olivat käsiteltyä jätevettä korkeampi. Koska oktyylifenolin pitoisuus oli käsitelyssäkin jätevedessä hyvin alhainen, on todennäköistä, että ainetta esiintyi myös tulevassa jätevedessä, mutta sitä ei kyetty käytetyn analyysimenetelmän avulla havaitsemaan.

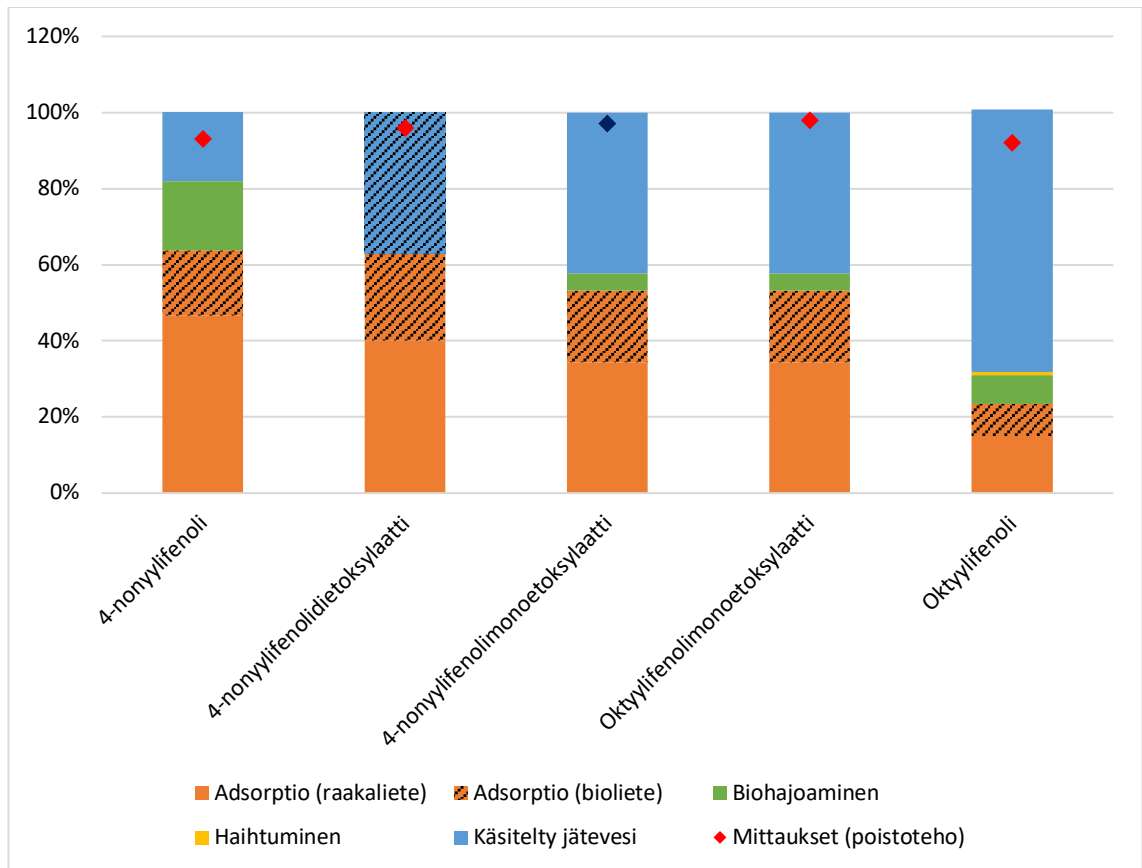
Taulukko 26. Alkyyylifenolien ja niiden etoksyylaattien poistoteho tutkituilla jätevedenpuhdistamoilla. Jos kaikkien tulosten osalta pitoisuudet käsitellyssä jätevedessä olivat alle määritysrajan, on poistotehon merkitty olleen '>xx %'.

Aine	Pieni referenssipuhdistamo	17 isoa puhdistamoja		
		Keskiarvo	Min	Max
Nonyylifenolien summa (TEQ)	83 %	93 %	79 %	>98 %
4-n-nonyylifenoli	-	-	-	-
4-nonyylifenoli	77 %	95 %	84 %	>98 %
Nonyylifenolimonoetoksyylaatti	>96 %	>97 %	>95 %	>98 %
Nonyylifenolidietoksyylaatti	90 %	97 %	96 %	>99 %
Oktyylifenoli	-*	98 %	80 %	>98 %
Oktyylifenolimonoetoksyylaatti	-	-	-	>98 %
Oktyylifenolidietoksyylaatti	-	-	-	-

\*Aineen pitoisuus oli tulevassa jätevedessä alle määritysrajan, mutta ainetta löytyi käsitellystä jätevedestä. Poistotehoa ei voitu laskea.

Aineiden käyttäytymistä jätevedenpuhdistamolla mallinnettiin SimpleTreat -ohjelmistolla (kuva 18). Oktyylifenolidietoksyylaatile ei löydetty riittäviä lähtötietoja, jotta mallinnus olisi voitu tehdä. Nonyylifenolidietoksyylaatile ei löydetty tietoa biohajoavuudesta, joten mallinnus on tältä osin epävarma. Mallinnuksen mukaan aineiden biohajoavuus jätevedenpuhdistuksessa on vähäistä ja niiden poistuma johtuu pääosin sitoutumisesta lietteeseen. Puhdistamoilla mitatut poistotehot olivat kuitenkin selvästi mallinnettua korkeammat. Oktyylifenolimonoetoksyylaatin osalta mittaustulos kuitenkin perustuu vain yhden ja oktyylifenolin osalta kolmen puhdistamon tuloksiin. 4-Nonyylifenolin osalta ero mallinnuksen ja mittausten välillä ei ole niin merkittävä kuin 4-nonyylifenolidietoksyylaatin tai oktyylifenolien osalta. Aineelle on kirjallisuudessa saatavilla selvästi muita alkyyylifenoleita enemmän tietoa sitoutumisesta lietteeseen ja biohajoamisesta, jotka todennäköisesti parantavat mallinnuksen tarkkuutta. On tosin mahdollista, että aineet todellisuudessa poistuivat hankkeen jätevedenpuhdistamoilla mallinnettua tehokkaammin.





Kuva 18. SimpleTreat -ohjelmiston mallinnustulos alkyylifenoleille ja niiden etoksyalaateille (pylväät). Poistoteho on merkitty tummansinisellä (♦), kun pitoisuus käsitellyssä jätevedessä on ollut alle määrittärajän ja puhdistustehon tulos '>xx %'. Nonyylifenolidietoksyalaatille ei löydetty tietoa biohajoavuudesta, joten mallinnus on tältä osin epävarma.

Tutkituille alkyylifenoleille ja niiden etoksyalaateille laskettiin pitoisuus- ja virtaamatiedoista erilaisia kuormien arvoja. Taulukossa 27 on esitetty mitattujen alkyylifenoleiden ja niiden etoksyalaattien kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa. Tarkempi yhteenveto aineiden kokonaiskuormista puhdistamoille ja vesistöön on esitetty liitteessä 9.

Taulukko 27. Mitattujen alkyylifenoleiden ja niiden etoksyalaattien kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa. Nonyylifenolit on laskettu erikseen (ei TEQ-summana).

	Puhdistamolle	Vesistöön
Kuorma yhteensä hankkeen puhdistamojen osalta (g/d)	1082	16
Kuorma yhteensä Suomessa (kg/v)	698	10

Asukaskohtaiset kuorma-arvot aineittain on esitetty liitteessä 10 ja BOD-kohtaiset kuorma-arvot liitteessä 11. Taulukossa 28 on esitetty aineiden keskimääräiset kuormat sekä vaihteluvälit. Pienelle referenssipuhdistamolle tuleva asukaskohtainen kuorma on samalla tasolla kuin isojen puhdistamojen keskimääräinen kuorma. Koska referenssipuhdistamo käsittelee pääosin asumajätevesiä, voidaan olettaa, että alkyylifenolien pääasiallinen lähde jätevedessä ovat kotitaloudet. Nonyylifenolin ja sen etoksyalaattien lähteiksi jätevesissä on esitetty erilaiset teollisuudenalat, kotitaloudet (tekstiilien pesu ja kosmetiikka), pesulat ja autopesulat (ks. liite 1). Oktyylifenolin

lähteitä ovat maalit ja niiden valmistus, tekstiilien valmistus ja pesu sekä autonrenkaat. Todennäköisesti alkyylifenoleita ja niiden etoksylaatteja sisältävien tekstiilien pesu tai kosmetiikka ovat aineiden merkittävät lähteet jätevesissä. Kotitalouksien lisäksi myös hulevedet erityisesti vilkkaasti liikennöidyiltä alueilta tai teollisuusalueilta voivat sisältää alkyylifenoleita ja niiden etoksylaatteja (Gercken ym. 2018). Nonyylifenoli on EU:ssa joitain käyttökohteita lukuun ottamatta ollut kielletty jo vuonna 2003. Aineelle ei kuitenkaan ole globaaleja käyttökieltoja. Vuonna 2016 Euroopan Unioni on kuitenkin kieltänyt, ettei 3.2.2021 jälkeen EU:n alueella saa olla myynnissä nonyyllifenolietoksylaateilla käsiteltyjä tekstiilejä (EU 2016/26). Tämä koskee myös EU:n ulkopuolelta tuotavia tuotteita.

Taulukko 28. Mitattujen alkyylifenoleiden ja niiden etoksylaattien asukas- ja BOD-kohtaiset kokonaiskuormat. Isoille puhdistamoille on esitetty keskiarvot vaihteluväleineen. Nonyylifenolit on laskettu erikseen (ei TEQ-summana).

	Puhdistamolle	Vesistöön
<b>Asukaskohtainen kuorma yhteensä (µg/as/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	468	66
17 isoa puhdistamoa	444 (25–792)	14 (0–106)
<b>BOD-kohtainen kuorma yhteensä (mg/kg BOD/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	11	33
17 isoa puhdistamoa	6,4 (0–13,3)	9,5 (0–54,8)

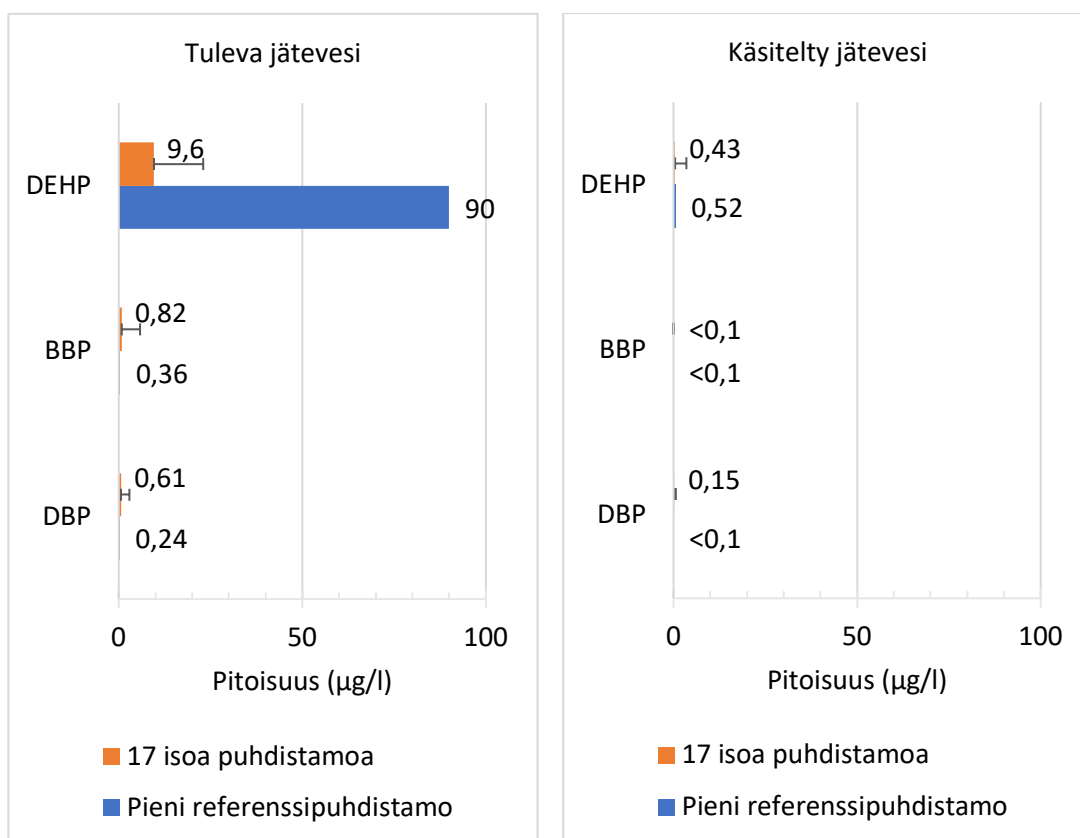
BOD-kohtaisista kuormista voidaan arvioida, kuinka paljon puhdistamoille tulee tai vesistöön päätyy mitattuja alkyylifenoleita ja niiden etoksylaatteja suhteessa koko orgaaniseen kuormaan. Puhdistamoille tulevassa jätevedessä oli mitattuja aineita n. 0,0006 % verrattuna koko orgaaniseen kuormaan. Vesistöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä osuus on vain vähän suurempi (0,001 %), mikä kertoo, että alkyylifenolit ja niiden etoksylaattit poistuvat puhdistamoilla lähes yhtä tehokkaasti kuin BOD.

#### 4.2.8 Ftalaatit

Tutkituista aineista ftalaateiksi luokiteltavia oli kolme (3) kappaletta, joista kaikki olivat ns. vanhoja haitallisia aineita eli niitä on aiemmin mitattu suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla. Aineiden tarkemmat käyttötarkoitukset ja arviot käyttömääristä Suomessa on esitetty liitteessä 1. Pitoisuustulosten yhteenveto on esitetty kuvassa 19. Tuloksille lasketut keskiarvot, mediaanit sekä minimi- ja maksimiarvot on lukuina esitetty liitteessä 2. Liitteessä on esitetty myös aineiden havaitsemistiheys. Kaikkien puhdistamojen tulokset on esitetty liitteessä 13.

Tulevan jäteveden näytteistä löytyi useimmin di-2-etyyliheksyyliftalaattia (DEHP), jota mitattiin 17 näytteestä. Dibutyyliftalaattia (DBP) löytyi 16:sta ja bentsyylibutyyliftalaattia (BBP) 13:sta näytteestä. DEHP:n pitoisuudet olivat näytteissä korkeimmat ja erityisen korkea pitoisuus (90 µg/l) mitattiin pienen referenssipuhdistamon (Oulun Veden Yli-lin puhdistamo) jätevedessä. Aineen tulos on tarkastettu analyysilaboratoriolta. On epäselvää, mistä jätevedeen on voinut päätyä näin merkittävä määrä DEHP:ta ja on mahdollista, että kyseessä on virhe näytteenkäsittelyssä ja/tai analysoinnissa.

Käsitellyssä jätevedessä aineita löytyi tulevaa jätevettä harvemmin ja pääosin alhaisemmissa pitoisuuksissa. Useimmin löytyi DBP:tä (8 näytteestä) ja DEHP:tä (4 näytteestä). BBP:n pitoisuudet olivat kaikissa näytteissä alle määrittämissä rajojen. Pienen referenssipuhdistamon käsitellyn jäteveden näyte ei tulevan jäteveden tavoin sisältänyt muihin puhdistamoihin verrattuna merkittävän suurta pitoisuutta DEHP:tä.



Kuva 19. Ftalaattien pitoisuustulosten yhteenveto. Isojen puhdistamojen osalta palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin. Jos minimiarvoa ei ole esitetty, se on ollut alle määräysrajan.

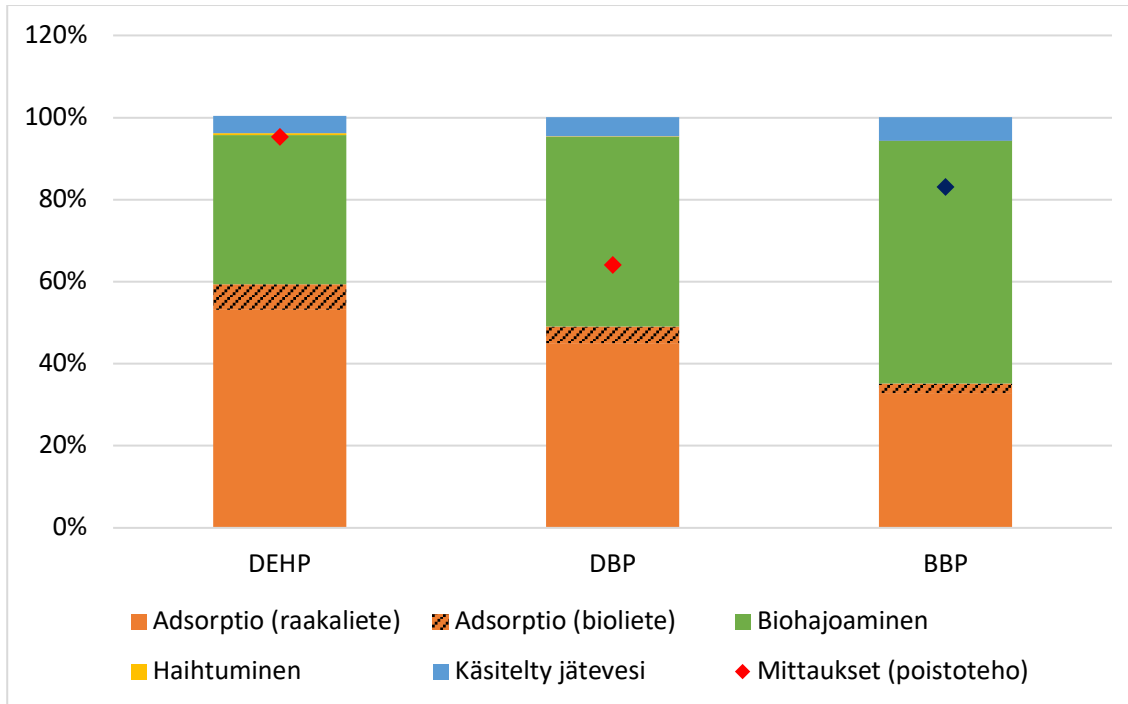
Pitoisuusarvoista lasketut poistotehot on esitetty taulukossa 29. Ftalaattien poistotehot olivat keskimäärin puhdistamoilla korkeat, tosin DBP:lle mitattiin kahdella puhdistamolla myös negatiivisia poistotehoja, sillä käsitellyssä jätevedessä aineen pitoisuus oli tulevaa jätevettä korkeampi. Syitä negatiiviseen poistotehoon on esitetty aiemmin lääkeaineiden ja hormonien yhteydessä kappaleessa 4.2.2. Kyseisillä kahdella puhdistamolla DBP:n pitoisuudet olivat lähellä määräysrajoja sekä tulevan että käsitellyn jäteveden näytteissä. On mahdollista, että analyysien mittauserpävarmuudet lähellä määräysrajaa olevissa pitoisuuksissa ovat syynä negatiiviseen poistotehoon.

Taulukko 29. Ftalaattien poistoteho tutkituilla jätevedenpuhdistamoilla. Jos kaikkien tulosten osalta pitoisuudet käsitellyssä jätevedessä olivat alle määräysrajan, on poistotehon merkitty olleen '>xx %'.

Aine	Pieni referenssipuhdistamo	17 isoa puhdistamoa		
		Keskiarvo	Min	Max
DEHP	99 %	95 %	75 %	>99 %
BBP	>86 %	>83 %	>55 %	>99 %
DBP	>79 %	64 %	-60 %	>95 %

Aineiden käyttäytymistä jätevedenpuhdistamolla mallinnettiin SimpleTreat -ohjelmistolla (kuva 20). Mallinnuksen mukaan ftalaatit poistuvat jätevedenpuhdistuksessa tehokkaasti osin biohajoamalla ja osin sitoutumalla puhdistamolietteeseen. DEHP:n ja BBP:n osalta malli ennusti melko hyvin aineiden poistotehoa puhdistamolla. Erityisesti DEHP:n kohdalla mittauksin saatu keskimääräinen poistoteho vastasi hyvin mallinnettua

poistotehoa. DPB:n osalta malli ennusti selvästi korkeampaa poistotehoa, mitä puhdistamoilla on mitattu. Tosin aineen poistoteho vaihteli puhdistamoilla huomattavasti (vaihteluväli -60– >95 %).



Kuva 20. SimpleTreat -ohjelmiston mallinnustulos ftalaateille (pylväät). Poistoteho on merkitty tummansinisellä (♦), kun pitoisuus käsitellyssä jätevedessä on ollut alle määritysrajan ja puhdistustehon tulos '>xx %'.

Tutkituille ftalaateille laskettiin pitoisuus- ja virtaamatiedoista erilaisia kuormien arvoja. Taulukossa 30 on esitetty mitattujen ftalaattien kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa. Tarkempi yhteenveto aineiden kokonaiskuormista puhdistamoille ja vesistöön on esitetty liitteessä 9.

Taulukko 30. Mitattujen ftalaattien kokonaismäärät hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa.

	Puhdistamolle	Vesistöön
Kuorma yhteensä hankkeen puhdistamojen osalta (g/d)	7 588	262
Kuorma yhteensä Suomessa (kg/v)	4 893	169

Asukaskohtaiset kuorma-arvot aineittain on esitetty liitteessä 10 ja BOD-kohtaiset kuorma-arvot liitteessä 11. Taulukossa 31 on esitetty aineiden keskimääräiset kuormat sekä vaihteluvälit. Johtuen erittäin korkeasta DEHP-pitoisuudesta, oli pienen referenssipuhdistamon tulevassa jätevedessä merkittävästi enemmän ainetta myös asukaskohtaisena kuormana laskettuna verrattuna isoihin puhdistamoihin. Käsitellyssä jätevedessä ero on selvästi pienempi ja referenssipuhdistamon tulos on isojen puhdistamojen kuormien vaihteluvälillä. DEHP:tä käytetään pääasiassa pehmittimenä ja stabilisaattorina kumissa ja PVC-muoveissa. Muita käyttökohteita ovat pinnoitteet ja tiivisteet sekä paperin, muovin ja tekstiilien painomusteet. BBP:tä käytetään PVC-muovien pehmittimenä erityisesti lattiamateriaaleissa sekä nahän ja tekstiilien pintakäsittelyaineena. Muita käyttökohteita ovat tiivisteet, liimat, maalit, painomusteet ja pinnoitteet. Myös DPB:tä käytetään PVC-muovien pehmittimenä, pehmittimenä lakoissa ja maaleissa sekä kumi- ja

muovituotteiden valmistuksessa. Ainetta on käytetty myös kosmetiikassa esimerkiksi kynsilakoissa, hajuvesissä ja hiuslakassa. Ftalaattien lähteitä jätevesissä ovat siis kotitaloudet sekä tietynlainen teollisuus (maali- ja muoviteollisuus). Myös hulevesien on todettu sisältävän usein ftalaatteja (Gercken ym. 2018).

Taulukko 31. Mitattujen ftalaattien asukas- ja BOD-kohtaiset kokonaiskuormat. Isoille puhdistamoille on esitetty keskiarvot vaihteluväleineen.

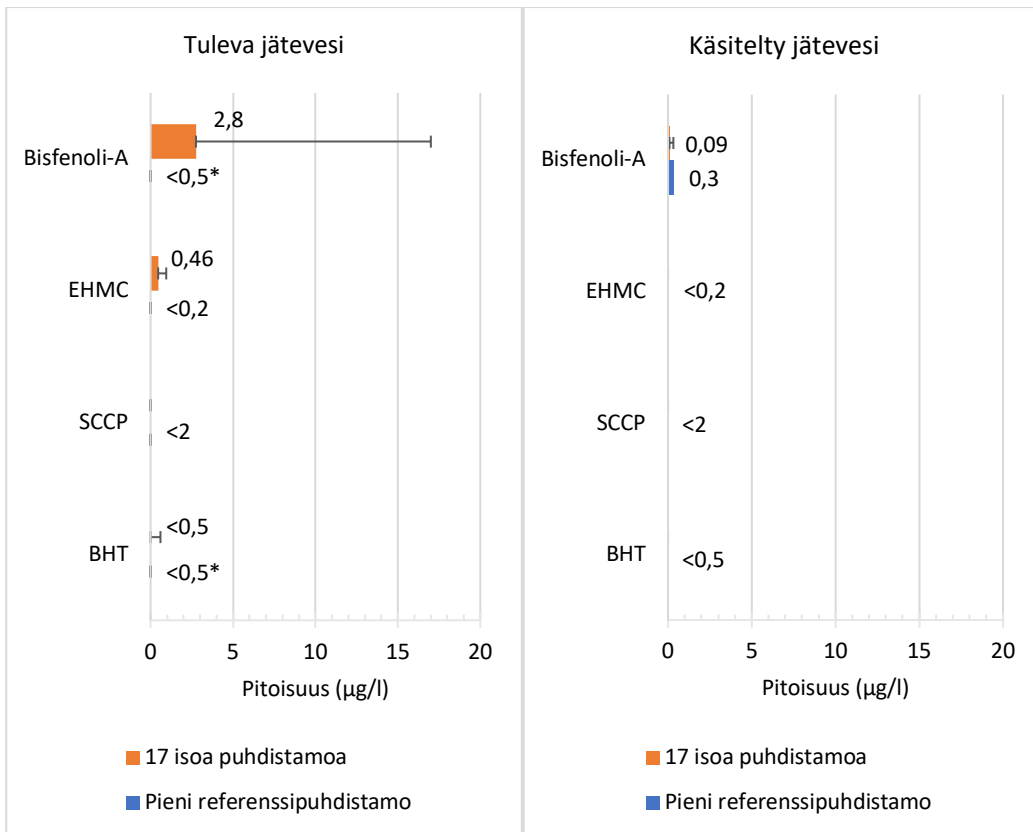
	Puhdistamolle	Vesistöön
<b>Asukaskohtainen kuorma yhteensä (µg/as/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	31 640	182
17 isoa puhdistamo	2 994 (133–8 448)	106 (0–769)
<b>BOD-kohtainen kuorma yhteensä (mg/kg BOD/d)</b>		
Pieni referenssipuhdistamo	755	90
17 isoa puhdistamo	44 (3–128)	149 (0–1 223)

BOD-kohtaisista kuormista voidaan arvioida, kuinka paljon puhdistamoille tulee tai vesistöön päätyy mitattuja ftalaatteja suhteessa koko orgaaniseen kuormaan. Puhdistamoille tulevassa jätevedessä oli mitattuja aineita n. 0,004 % verrattuna koko orgaaniseen kuormaan. Vesistöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä osuus on vain vähän suurempi (0,02 %). Tämä johtuu siitä, että BOD poistuu puhdistamoilla suhteessa mitattuja ftalaatteja paremmin.

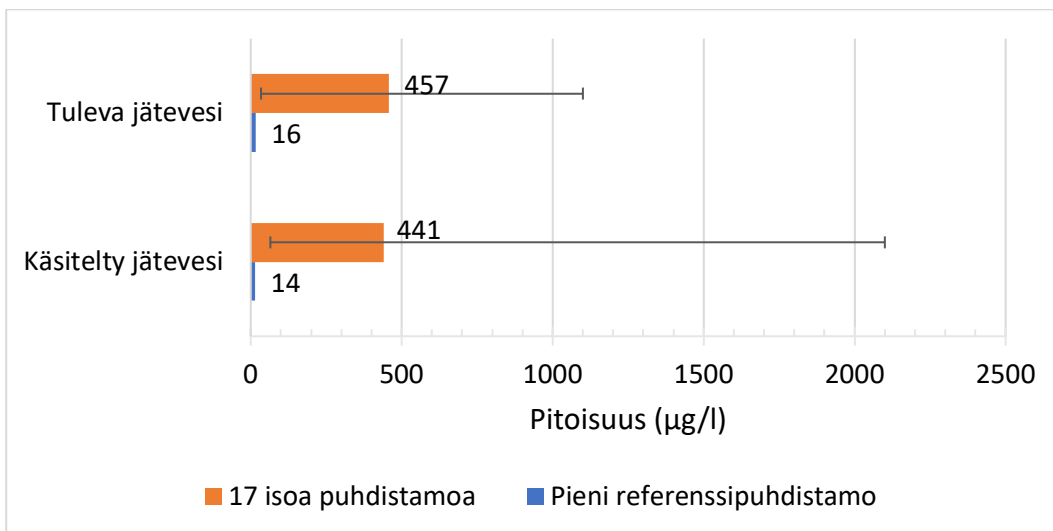
#### 4.2.9 Muut aineet

Tutkituista aineista muiksi aineiksi luokiteltavia oli kuusi (6) kappaletta, joista kaikki voitiin luokitella uusiksi haitallisiksi aineiksi. Aineiden tarkemmat käyttötarkoitukset ja arviot käyttömääristä Suomessa on esitetty liitteessä 1. Pitoisuustulosten yhteenveto on esitetty kuvissa 21 ja 22. Tuloksille lasketut keskiarvot, mediaanit sekä minimi- ja maksimi-arvot on lukuina esitetty liitteessä 2. Liitteessä on esitetty myös aineiden havaitsemistiheys. Kaikkien puhdistamojen tulokset on esitetty liitteessä 13.

Keskipitkäketjuisille (C14-C17) klooratuille parafiineille (MCCP) löytyy analyysilaboratorioiden kilpailutuksen perusteella kaupallisesti saatavilla olevia analyysipalveluita. Analyysien hankinta ei kuitenkaan mahtunut tämän hankkeen budjettiin, joten aineelle ei ole esitetty tuloksia. Kaikista tulevan jäteveden näytteistä löytyi määritysrajat ylittäviä pitoisuuksia EDTA:ta. 2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnamaattia (EHMC) löytyi 17:sta, bisfenoli-A:ta 16:sta ja 2,6-di-tert-butyyl-4-metyylifenolia (BHT) viidestä (5) näytteestä. SCCP:n pitoisuudet olivat kaikissa tulevan jäteveden näytteissä alle määritysrajan. Käsitellyssä jätevedessä EDTA:ta löydettiin edelleen kaikista näytteistä. Muita aineita löydettiin harvemmin. BHT:n ja SCCP:n pitoisuudet olivat kaikissa käsitellyn jäteveden näytteissä alle määritysrajojen.



Kuva 21. Muiden haitta-aineiden (paitsi EDTA, ks. kuva 22) pitoisuustulosten yhteenveto. Isojen puhdistamojen osalta palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin. Jos minimiarvoa ei ole esitetty, se on ollut alle määrittäysrajan.



Kuva 22. EDTA:n pitoisuustulosten yhteenveto. Isojen puhdistamojen osalta palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin.

Pitoisuusarvoista lasketut poistotehot on esitetty taulukossa 32. Pienellä referenssipuhdistamolla (Oulun Veden Yli-lin puhdistamo) bisfenoli-A:n pitoisuus oli alle määrittäysrajan tulevassa jätevedessä, mutta käsitellyssä jätevedessä ainetta löytyi. Poistotehoa ei siis voitu laskea. Bisfenoli-A:n analyysimenetelmän määrittäysraja oli

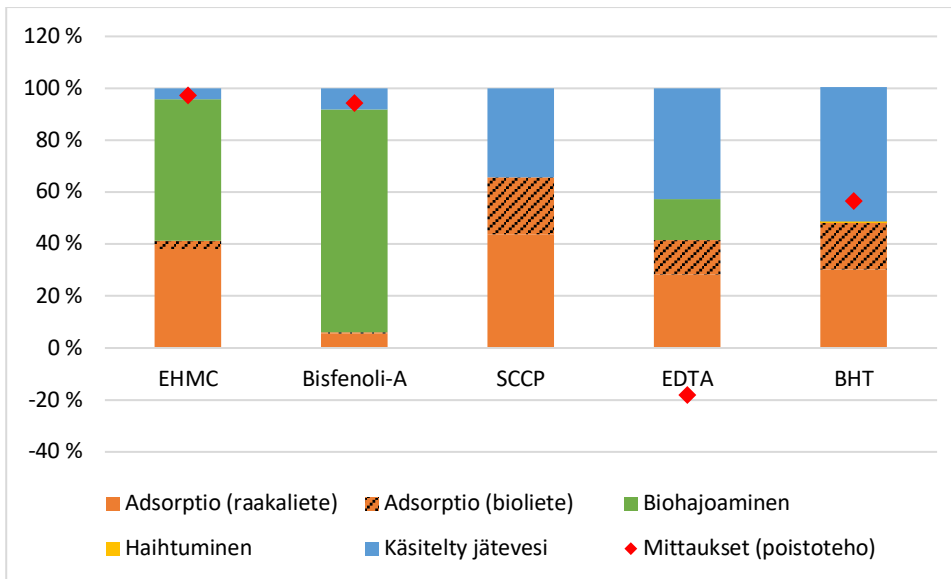
tulevassa jätevedessä kymmenkertainen käsiteltyyn jäteveeseen verrattuna. On mahdollista, että referenssipuhdistamolla bisfenoli-A:ta esiintyi myös tulevassa jätevedessä, mutta korkean määritysrajan vuoksi ainetta ei havaittu. EDTA:lle mitattiin viidellä puhdistamolla negatiivinen poistoteho eli käsitellyssä jätevedessä aineen pitoisuus oli tulevaa jätevettä korkeampi. Syitä negatiiviseen poistotehoon on esitetty aiemmin lääkeaineiden ja hormonien yhteydessä kappaleessa 4.2.2. Yhden puhdistamon osalta on tiedossa, että puhdistamolle tulee näytteenottolinjasta erillistä linjaa pitkin kuormitusta meijeriteollisuudesta ja tätä kautta merkittävä määrä EDTA:ta. Aineen korkea pitoisuus käsitellyssä jätevedessä todennäköisesti johtuu tästä kuormituksesta. Tutkimusten mukaan EDTA ei ole nopeasti biohajoava, mutta voi biohajota, jos puhdistamolle on rikastunut ainetta hajottava bakteerikanta ja erityisesti, jos veden pH > 7,5 (ECHA 2004). Puhdistamoiden olosuhteet voivat siis vaikuttaa suuresti aineen hajoamiseen ja voivat olla yksi syy aineen suureen poistotehon vaihteluväliin isoilla puhdistamoilla.

Taulukko 32. Muiden haitta-aineiden poistoteho tutkituilla jätevedenpuhdistamoilla. Jos kaikkien tulosten osalta pitoisuudet käsitellyssä jätevedessä olivat alle määritysrajan, on poistotehon merkitty olleen '>xx %'.

Aine	Pieni referenssipuhdistamo	17 isoa puhdistamo		
		Keskiarvo	Min	Max
EHMC	-	97 %	91 %	>99 %
BHT	-	>57 %	>50 %	>58 %
Bisfenoli-A	-	94 %	72 %	>99,9 %
EDTA <sup>1)</sup>	13 %	12 %	-100 %	51 %

<sup>1)</sup> HUOM. Laskelmassa ei ole huomioitu yhden jätevedenpuhdistamon käsitellyn jäteveden tulosta, koska puhdistamolle tulevasta EDTA-kuormasta merkittävä määrä tulee meijeriteollisuudesta. Meijeriteollisuuden osuus ei ole mukana puhdistamon tulevan jäteveden kuormassa, joten poistotehoa ei voi varmuudella määrittää.

Aineiden käyttäytymistä jätevedenpuhdistamolla mallinnettiin SimpleTreat -ohjelmistolla (kuva 23). Myös SCCP:lle tehtiin mallinnus, koska aineen analyysien määritysraja oli korkeampi kuin aineen EQS-arvo. Mallinnus ennustaa EDTA:lle selvästi korkeampaa poistotehoa kuin mitä mittauksissa keskimäärin todennettiin. Yllä esitetyn mukaisesti EDTA:n poistuma voi vaihdella puhdistamoilla suurestikin, vaikka kirjallisuudessa on yleensä todettu aineen olevan puhdistamoilla heikosti poistuva (ECHA 2004). Lopuille kolmelle aineelle mitatut keskimääräiset poistotehot olivat samalla tasolla mallin ennustaman kanssa. Erityisesti bisfenoli-A näyttäisi biohajoavan puhdistamolla tehokkaasti ja EHMC:kin osittain. SCCP ja BHT taas sitoutuisivat mallinnuksen mukaan pääasiassa puhdistamolietteeseen. Myös merkittävä osa EHMC:stä sitoutuu mallin mukaan lietteeseen.



Kuva 23. SimpleTreat -ohjelmiston mallinnustulos muille haitta-aineille (pylväät). Poistoteho on merkitty tummansinisellä (♦), kun pitoisuus käsitellyssä jätevedessä on ollut alle määrittäysrajan ja puhdistustehon tulos '>xx %'.

Tutkituille muille aineille laskettiin pitoisuus- ja virtaamatiedoista erilaisia kuormien arvoja. Taulukossa 33 on esitetty aineiden kuormat hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa.

Taulukko 33. Mitattujen muiden aineiden kuormat hankkeen puhdistamojen osalta sekä arvioituna koko Suomessa.

	Puhdistamolle	Vesistöön
Kuorma yhteensä hankkeen puhdistamojen osalta (g/d)		
EHMC	340	9,9
BHT	74	0
Bisfenoli-A	1 590	98
EDTA	400 100	282 800
Kuorma yhteensä Suomessa (kg/v)		
EHMC	220	6,4
BHT	48	0
Bisfenoli-A	1 020	63
EDTA	257 900	182 362

Taulukossa 34 on esitetty aineiden asukaskohtaiset ja taulukossa 35 BOD-kohtaiset kuormat. EHMC:tä käytetään kosmetiikassa UV-suoja-aineena ja sen pääasiallinen lähde on todennäköisesti asumajätevesi. BHT:ta käytetään antioksidanttina mm. ruuan lisäaineena, metalliteollisuudessa, kosmetiikassa ja lääkkeissä. Sen lähteitä ovat todennäköisesti asumajätevedet ja tietynlainen teollisuus. Bisfenoli-A:ta käytetään laajasti polykarbonaatti- ja epoksihartsimuovien rakennusaineena sekä lämpöpapereissa kuten kuittipaperissa. Bisfenoli-A:n pitoisuudet olivat tässä hankkeessa erityisen korkeat kahdella puhdistamolla, joille tulee merkittävää jätevesikuormitusta kartonkitehtailta. Myös hulevesien on todettu sisältävän bisfenoli-A:ta (Gercken ym. 2019). EDTA:lla on paljon erilaisia käyttökohteita. Sitä käytetään sellu- ja paperiteollisuudessa ja meijeriteollisuudessa. Ainetta käytetään myös pesu- ja puhdistusaineissa. EDTA:n lähteet yhdyskuntien jätevesissä ovat todennäköisesti enemmän teollisuus- tai meijeritoiminta, sillä asumajätevesiä käsittelevälle referenssipuhdistamolle tullut asukaskohtainen EDTA-kuorma oli selvästi isoja puhdistamoja



matalampi. Kuten aiemmin on kerrottu, erityisen korkea EDTA-pitoisuus on mitattu merijerteollisuuden jätevesissä.

Taulukko 34. Mitattujen muiden haitta-aineiden asukaskohtaiset kuormat ( $\mu\text{g}/\text{as}/\text{d}$ ). Isoille puhdistamoille on esitetty keskiarvot vaihteluväleineen.

Aine		Pieni referenssipuhdistamo	17 isoa puhdistamoa
EHMC	Puhdistamolle	0	119 (67–220)
	Vesistöön	0	0,68 (0–12)
BHT	Puhdistamolle	0	38 (0–181)
	Vesistöön	0	0
Bisfenoli-A	Puhdistamolle	0	756 (0–4 488)
	Vesistöön	105	23 (0–125)
EDTA	Puhdistamolle	5 590	111 277 (13 321–258 750)
	Vesistöön	4 890	83 069 (25 467–164 489) <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> HUOM. Laskelmassa ei ole huomioitu yhden jätevedenpuhdistamon käsitellyn jäteveden tulosta, koska puhdistamolle tulevasta EDTA-kuormasta merkittävä määrä tulee meijerteollisuudesta. Meijerteollisuuden osuus ei ole mukana puhdistamon tulevan jäteveden kuormassa, joten käsitellyn jäteveden mittaustulos ei asukaskohtaisissa kuormissa anna vertailukelpoista tulosta.

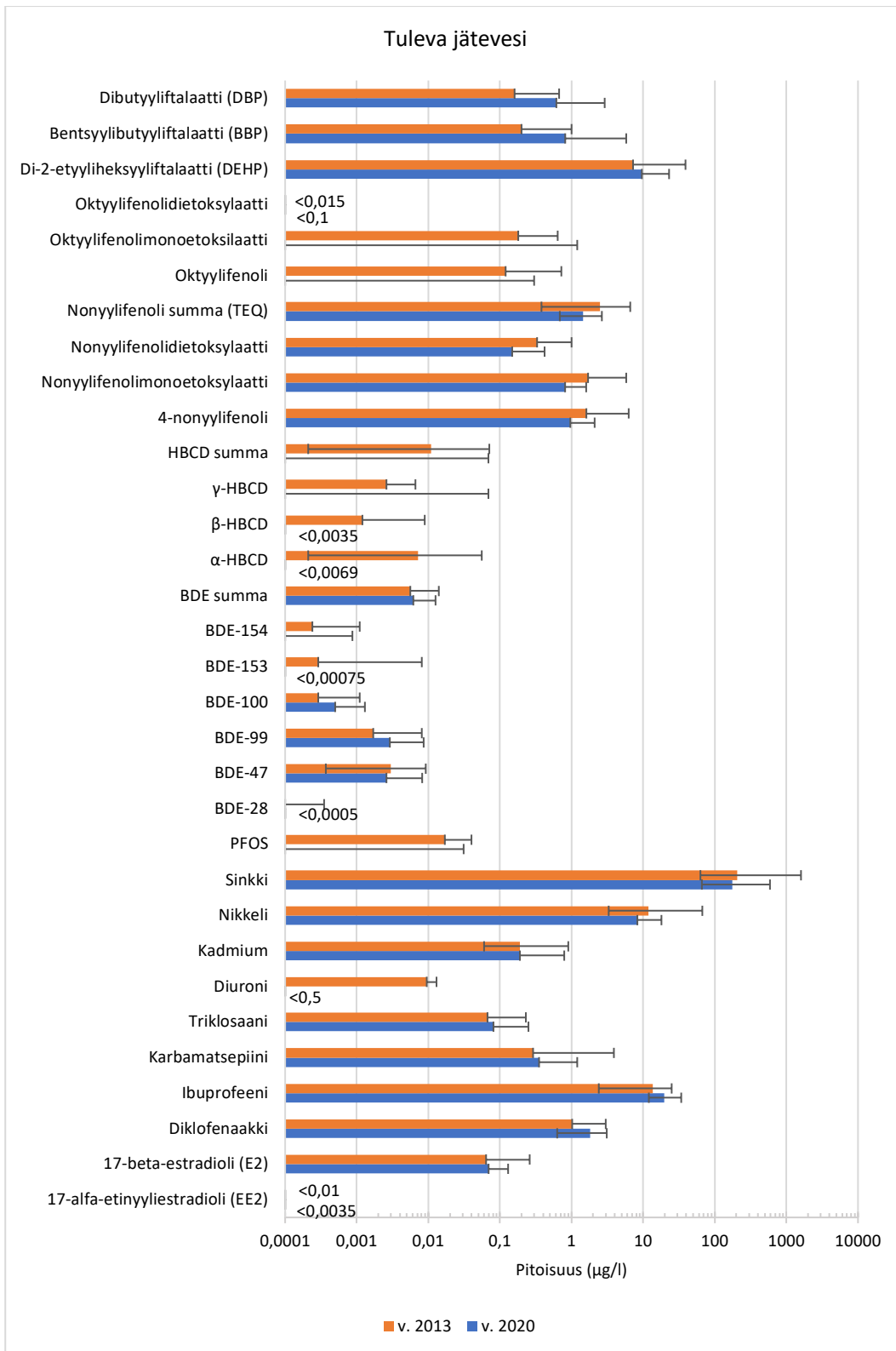
Taulukko 35. Mitattujen muiden haitta-aineiden BOD-kohtaiset kuormat ( $\text{mg}/\text{kg BOD}/\text{d}$ ). Isoille puhdistamoille on esitetty keskiarvot vaihteluväleineen.

Aine		Pieni referenssipuhdistamo	17 isoa puhdistamoa
EHMC	Puhdistamolle	0	1,9 (0,61–6,3)
	Vesistöön	0	0,6 (0–10)
BHT	Puhdistamolle	0	0,43 (0–1,8)
	Vesistöön	0	0
Bisfenoli-A	Puhdistamolle	0	7,9 (0–35)
	Vesistöön	52	19 (0–104)
EDTA	Puhdistamolle	133	1 644 (309–4 301)
	Vesistöön	2 410	172 155 (13 000–913 043)

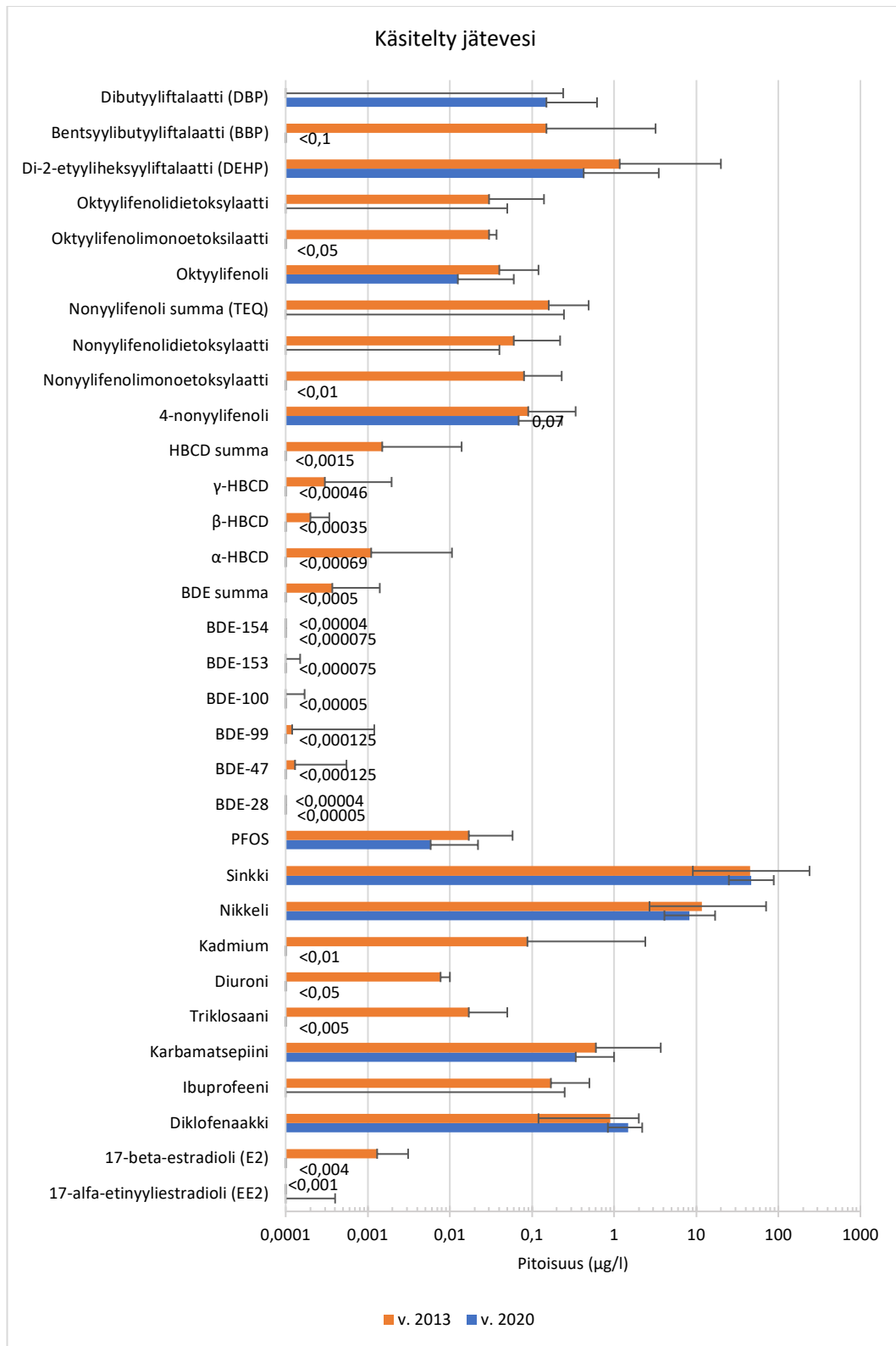
BOD-kohtaisista kuormista voidaan arvioida, kuinka paljon puhdistamoille tulee tai vesistöön päätyy mitattuja haitta-aineita suhteessa orgaaniseen kuormaan. Puhdistamoille tulevassa jätevedessä oli EHMC:tä, BHT:ta, bisfenoli-A:ta ja EDTA:ta 0,0002%, 0,004 %, 0,0008 % ja 0,2 % verrattuna koko orgaaniseen kuormaan. Vesistöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä osuudet olivat 0,0001 %, 0 %, 0,002 % ja 17 %. Erityisesti EDTA:n osuus orgaaniseen kuormaan verrattuna on käsitellyssä jätevedessä merkittävä. BOD poistui tutkituilla puhdistamoilla pääosin hyvin tehokkaasti, kun taas EDTA:n poistoteho oli alhainen ja sen pitoisuus käsitellyssä jätevedessä melko korkea.

### 4.3 VANHOJEN HAITTA-AINEIDEN TULOSTEN VERTAILU

Osa tutkituista aineista oli ns. vanhoja haitta-aineita eli niitä on aiemmin mitattu suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla. Näiden aineiden osalta oli tavoitteena selvittää, onko pitoisuustasoissa tapahtunut muutoksia verrattuna aiempaan v. 2013 toteutettuun tutkimukseen (VVY 2014). Tutkituista aineista 30 oli sellaisia, joita mitattiin myös aiemmassa hankkeessa. Tulevan jäteveden osalta aineiden keskimääräiset v. 2013 ja v. 2020 mitatut pitoisuudet sekä vaihteluväli on esitetty kuvassa 24 ja lähtevän jäteveden osalta kuvassa 25.



Kuva 24. Haitta-aineiden pitoisuudet tulevassa jätevedessä v. 2013 ja 2020 toteutetuissa tutkimuksissa. Palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin. Jos minimiarvoa ei ole esitetty, se on ollut alle määritysrajan. Huom. x-akseli on logaritminen.



Kuva 25. Haitta-aineiden pitoisuudet käsitellyssä jätevedessä v. 2013 ja 2020 toteutetuissa tutkimuksissa. Palkkien pituus kertoo tulosten keskiarvon ja viiva minimi- ja maksimiarvojen vaihteluvälin. Jos minimiarvoa ei ole esitetty, se on ollut alle määrittärajän. Huom. x-akseli on logaritminen.

Eri vuosien tulosten vertailussa on hyvä huomioida se, että v. 2013 tutkimuksessa oli mukana selvästi isompi joukko jätevedenpuhdistamoita (64 kpl) kuin v. 2020

tutkimuksessa (18 kpl). Tästä eroavaisuudesta huolimatta voidaan sanoa, että tulevan jäteveden keskiarvopitoisuuksia tarkasteltaessa v. 2020 mitattiin matalampia pitoisuuksia alkyylifenoleille ja niiden etoksylaateille, HBCD:lle, PFOS:lle, sinkille ja nikkelle. Muiden aineiden osalta keskimääräiset pitoisuudet olivat tulevassa jätevedessä vuoteen 2013 verrattuna korkeampia. Erityisesti ftalaattien DBP ja BBP pitoisuudet olivat v. 2020 mittauksissa moninkertaiset aiempaan verrattuna. Pitoisuustulosten vertailua vaikeutti jonkin verran se, että aineiden määrittämisrajat ovat olleet erilaiset eri mittausvuosina. Esimerkiksi diuronin maksimipitoisuus v. 2013 mittauksissa oli tulevassa jätevedessä 0,013 µg/l ja käsitellyssä jätevedessä 0,01 µg/l. V. 2020 mittauksissa diuronin analyysin määrittämisraja oli tulevassa jätevedessä pienimmilläänkin 0,1 µg/l ja käsitellyssä jätevedessä 0,01 µg/l. Diuronia on siis voinut esiintyä jätevesissä myös v. 2020 mittauksissa samalla tasolla kuin v. 2013. Myös BDE-aineiden ja HBCD:n analyysien määrittämisrajat olivat v. 2020 mittauksissa aiempaa korkeammat. Tällöin siis alle määrittämisrajan oleva tulos v. 2020 ei välttämättä tarkoita, että aineen pitoisuustasot ovat alentuneet. Diuronin, BDE-aineiden ja HBCD:n osalta on pitoisuustasojen pienentymiseen suhtauduttava varauksella.

Matalammat pitoisuudet johtivat yleensä myös matalampiin arvioituihin tulokuormiin puhdistamoille (taulukko 36). Joidenkin aineiden osalta v. 2020 tulokuormat olivat v. 2013 matalampia vaikka keskimääräiset pitoisuudet olivat korkeampia. Erot johtuvat todennäköisesti hieman erilaisesta kuormien laskutavasta. Tässä hankkeessa kuorman arvoksi merkittiin nolla (0), jos aineen pitoisuus oli alle määrittämisrajan. V. 2013 kuorma laskettiin tällaisissa tapauksissa määrittämisrajan puolikkaasta. Niiden aineiden osalta, joilla pitoisuudet olivat v. 2020 selvästi alempia (esim. PFOS, alkyylifenolit ja niiden etoksylaatit, sinkki ja nikkeli) myös tulokuormat olivat matalammat. Toisaalta ftalaattien pitoisuudet olivat korkeammat v. 2020 mikä heijastuu myös selvästi korkeampina tulokuormien arvoina. Kaikkien aineiden yhteenlaskettu kuorma puhdistamoille oli v. 2020 n. 30 % pienempi kuin v. 2013.

Taulukko 36. Haitta-aineiden tulo- ja vesistökuormat arvioituna suomalaisille jätevedenpuhdistamolle.

Aine	Tulokuorma (kg/v)		Vesistökuorma (kg/v)	
	v. 2013	v. 2020	v. 2013	v. 2020
17-alfa-etinyyliestradioli (EE2)	0	0	0	0,0056
17-beta-estradioli (E2)	29	34	0,7	0
Diklofenaakki	895	800	845	688
Ibuprofeeni	8000	7566	130	0,06
Karbamatsepiini	165	157	190	127
Triklosaani	25	4	8	0
Diuroni	8	0	7,6	0
Kadmium	97	70	18	0
Nikkeli	5400	3160	4920	3397
Sinkki	117500	77952	24500	19371
PFOS	11	0,95	11,9	3,1
BDE summa	3	2,3	0,25	0
α-HBCD	3,6	0	0,48	0
β-HBCD	0,6	0	0,08	0
γ-HBCD	1,4	1,1	0,14	0
HBCD summa	5,6	1,1	0,7	0
4-nonyylifenoli	1245	188	38	6,6
Nonyylifenolimoetoksylaatti	984	417	29	0

Aine	Tulokuorma (kg/v)		Vesistökuorma (kg/v)	
	v. 2013	v. 2020	v. 2013	v. 2020
Nonyylifenolidietoksyylaatti	164	68	29	0,56
Oktyylifenoli	63	13	13	2,2
Oktyylifenolimonoetoksilaatti	175	11	9	0
Oktyylifenolidietoksyylaatti	-	0	10	0,69
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	2475	4250	520	141
Bentsyylibutyyliftalaatti (BBP)	110	388	28	0
Dibutyyliftalaatti (DBP)	72	255	16	28
YHTEENSÄ	137 430	95 340	31 320	23 765

Käsitellyssä jätevedessä lähes kaikkien aineiden keskimääräiset pitoisuudet olivat v. 2020 aiempaa tutkimusta matalampia. Vain DBP:n, sinkin ja diklofenaakin pitoisuudet olivat aiempaa korkeammat. Kuitenkin vesistökuormien osalta (taulukko 36) sinkin ja diklofenaakin kuormat olivat v. 2020 aiempaa matalampia. Vain DBP:n ja 17-alfa-etinyyliestradiolin vesistökuormat olivat aiempaa korkeammat. Huomioitavaa on, että vaikka DEHP:n ja BBP:n tulokuormat olivat v. 2020 merkittävästi aiempaa suurempia, niiden vesistökuormat olivat kuitenkin aiempaa matalammat. Kaikkien aineiden kokonaiskuorma vesistöön oli v. 2020 n. 24 % pienempi kuin v. 2013.

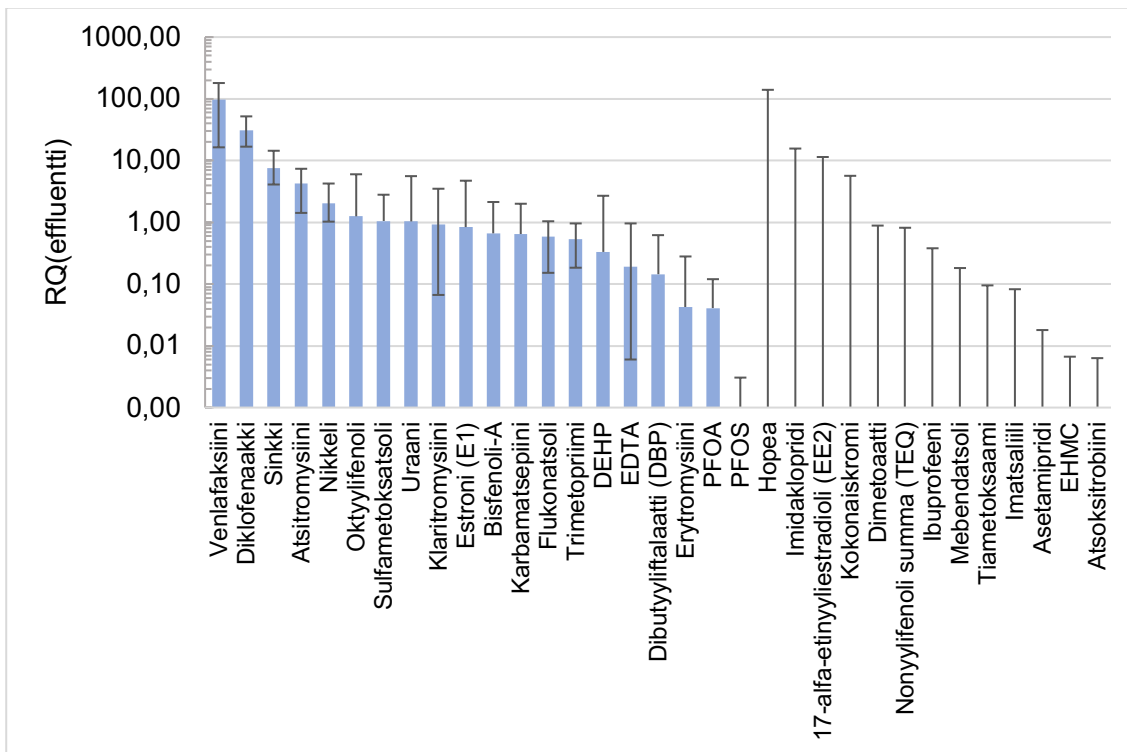
#### 4.4 RISKINARVIOINTI

Tutkittujen aineiden ympäristöriskejä arvioitiin laskemalla aineiden riskiosamääriä. Riskiosamäärät laskettiin kappaleessa 4.2 esitettyjä käsitellyn jäteveden keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuuksia sekä liitteessä 6 esitettyjä aineiden alimpia EQS- tai PNEC-arvoja käyttäen kahta poikkeusta lukuunottamatta. PFOS:ille ja HBCD:lle käytettiin laskennassa Suomen lainsäädännön mukaista alinta EQS-arvoa. Näille kahdelle yhdisteelle on EU:n ympäristönlaatuohjelmassa (2013/39/EU) asetettu vuosikeskiarvoihin perustuvat EQS-arvot, joita ei kuitenkaan ole implementoitu Suomessa valtioneuvoston asetukseen vesiympäristölle haitallisista ja vaarallisista aineista (1022/2006). Riskiosamäärät käsitellyssä jätevedessä ( $RQ_{\text{effluentti}}$ ) on esitetty liitteessä 12.  $RQ_{\text{effluentti}}$  ei suoraan kerro aineen ympäristöriskistä, koska ympäristöön purettava käsitelty jätevesi yleensä laimentuu vastaanottavaan vesimassaan pienentäen aineen pitoisuutta.  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvoa voidaan pitää myös arviona laimentumiskertoimesta eli siitä, kuinka suureen vesimäärään ympäristöön purettavan käsitellyn jäteveden on vähintään laimennuttava, jotta  $RQ_{\text{vesistö}}$ -arvo olisi  $\leq 1$  ja riskiä ei katsota esiintyvän.

Laimentumiskerroin on aina puhdistamokohtainen ja riippuu käsitellyn jäteveden määrästä ja vastaanottavan vesistön tyypistä (joki, järvi, meri) ja vesimäärästä. Riskinarviointimenetelmissä käytetään yleensä laimentumiskerrointa, jolla laskennallisesti huomioidaan käsitellyn jäteveden laimentuminen vastaanottavassa vesistössä. Esimerkiksi Euroopan kemikaaliviraston REACH-asetukseen liittyvässä ohjeistuksessa aineiden ympäristöriskinarvioinnissa käytetään laimentumiskerrointa 10, jos jätevedet puretaan sisämaan pintavesiin ja kerrointa 100, jos jätevedet puretaan mereen (ECHA 2016). On kuitenkin mahdollista, että laimentumiskerroin vastaanottavassa vesistössä on pienempi kuin 10. Tästä syystä tässä hankkeessa on varovaisuusperiaatetta noudattaen arvioitu, että kaikki aineet, joiden  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvo  $> 1$  aiheuttavat potentiaalisesti riskin vesistössä.

Kuvassa 26 ja taulukossa 37 on esitetty keskiarvopitoisuuksista lasketut  $RQ_{\text{effluentti}}$  -arvot aineille, joiden pitoisuudet ylittivät määrittämisen rajan ainakin yhdessä käsitellyn jäteveden näytteessä. Lisäksi on esitetty minimi- ja maksimiarvoista lasketut

riskiosamäärän vaihteluvälit. Jos aineen keskiarvopitoisuus oli alle määrittämissä, on se kuvaajassa esitetty arvona 0. Lisäksi, jos aineen minimipitoisuus oli alle määrittämissä, ei  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvon alarajaa ole esitetty.



Kuva 26. Tutkittavien aineiden keskiarvopitoisuuksista lasketut  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvot sekä vaihteluväli (minimi- ja maksimiarvot).

Taulukko 37. Ne aineet, joiden pitoisuus oli vähintään yhdessä näytteessä niin korkea, että  $RQ_{\text{effluentti}}$  oli  $> 1$ . Korkein  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvo on esitetty suluissa.

$RQ_{\text{effluentti}} > 100$	$RQ_{\text{effluentti}} > 10$	$RQ_{\text{effluentti}} > 1$
Venlafaksiini (180) Hopea (140) <sup>1)</sup>	Diklofenaakki (52) Sinkki (14) <sup>4)</sup> Imidaklopridi (16) 17-alfa-etinyyliestradioli (11)	Atsitromysiini (7,4) Oktyylifenoli (6) <sup>2)</sup> Kokonaiskromi (5,7) Nikkeli (4,3) <sup>3)</sup> Uraani (5,6) Estroni (4,7) Klaritromysiini (3,5) Sulfametoksatsoli (2,8) DEHP (2,7) Bisfenoli-A (2,1) Karbamatsepiini (2) Flukonatsoli (1,04)

<sup>1)</sup> Arvo on saatu käyttämällä sisämaan pintavesille käytettyä EQS-arvoa.

<sup>2)</sup> Arvo on saatu käyttämällä muille kuin sisämaan pintavesille käytettyä EQS-arvoa.

<sup>3)</sup> Nikkelin EQS-arvo on aineen liukoiselle ja biosaatavalle osuudelle.

<sup>4)</sup> Sinkin PNEC-arvot on annettu aineen liukoiselle osuudelle.

Kahdeksantoista ainetta ylitti  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvon 1 ainakin yhdessä näytteessä. Keskiarvopitoisuuksista laskettuna seitsemän aineen  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvo oli  $> 1$ , mutta arvo 100 ei ylittänyt yhdellekään aineelle. Korkein keskiarvopitoisuuksista laskettu  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvo oli 98 (venlafaksiini) ja toiseksi korkein 31 (diklofenaakki). Muiden aineiden keskiarvopitoisuuksista lasketut  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvot olivat  $< 10$ . Lisäksi on hyvä huomioida,

että jos PFOS:in RQ-arvon laskennassa olisi käytetty EU:n ympäristölaatu normidirektiivin mukaista alinta AA-EQS-arvoa, olisi keskiarvopitoisuudesta laskettu RQ-arvo ollut 45. Suomen lainsäädännön mukaisesta MAC-EQS-arvosta laskettuna RQ-arvo on 0,0008.

Venlafaksiinille mitattiin sekä korkein keskimääräinen että korkein yksittäinen  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvo (180). Joidenkin aineiden osalta keskimääräiset  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvot oli  $<1$ , mutta käsitellyissä jätevesinäytteissä esiintyi yksittäisiä korkeita pitoisuuksia, jotka johtivat korkeisiin maksimi- $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvoihin. Esimerkiksi hopean pitoisuus oli yhdessä näytteessä niin korkea, että  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvo kohosi 140:een. 17-alfa-etinyyliestradiolin pitoisuus ylitti määritysrajan vain yhdessä näytteessä, josta mitattu pitoisuus johti  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvoon 11. Maksimipitoisuusarvoista laskettuna myös imidaklopridi (16) ja sinkki (14) ylittivät  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvon 10. Sinkin osalta laskennassa käytettiin Euroopan kemikaaliviraston määrittämiä PNEC-arvoja, jotka on annettu sinkin liukooselle muodolle. Sinkin kokonaispitoisuudelle on myös asetettu näitä arvoja korkeammat ympäristölaatu normit kalojen elämän turvaamiseksi makeissa vesissä tähtävässä EU-direktiivissä 2006/44 (ks. liite 6). Käsitellyistä jätevesistä on mitattu sinkin kokonaispitoisuutta. SYKE (2014) mukaan sinkin liukoinen pitoisuus on n. 90 % kokonaispitoisuudesta.

Taulukkoon 38 on koottu laskennallisesti suurimman riskin (korkein  $RQ_{\text{effluentti}} > 10$ ) vesiympäristölle aiheuttavien aineiden mahdollisia haittavaikutuksia ympäristössä, aineiden esiintymistiheys käsitellyn jäteveden näytteissä, PNEC-arvot vesistöissä sekä aineiden pitoisuuksia Suomen pintavesissä. Huomioiden  $RQ_{\text{effluentti}}$ -arvot ja taulukossa 38 esitetyt tiedot, voidaan todeta, että tutkituista aineista potentiaalisesti haitallisimmat Suomessa erityisesti jätevedenpuhdistamoilta vesistöihin päätyvät aineet ovat venlafaksiini, diklofenaakki, 17-alfa-etinyyliestradioli ja sinkki. Venlafaksiinia, diklofenaakkaa ja sinkkiä mitattiin kaikissa käsitellyn jäteveden näytteissä ja niiden vesistöpitoisuudet ylittävät usein aineiden PNEC-arvot. Sinkin osalta on tosin huomioitava, että PNEC-arvot on annettu aineen liukooselle osuudelle. 17-alfa-etinyyliestradiolin pitoisuus käsitellyissä jätevesinäytteissä oli usein alle määritysrajan, joka kuitenkin oli lähes aina PNEC-arvoa korkeampi. Koska ainetta on mitattu PNEC-arvoa korkeampia pitoisuuksia Suomen pintavesistä, luokitellaan se mahdollisesti ympäristössä haittaa aiheuttavaksi aineeksi. Hopean osalta pitoisuudet ovat Suomen vesistöissä olleet paikoin hyvinkin korkeita. On huomioitava, että vesistöpitoisuuksien mittaamisessa määritysraja on usein ollut aineen PNEC-arvoa korkeampi. Myös käsitellyissä jätevesissä hopean määritysraja oli korkeampi kuin matalin PNEC-arvo, joten alle määritysrajan olleet tulokset eivät välttämättä sulje pois haittavaikutusten esiintymistä. Hopea saattaa paikallisesti aiheuttaa ympäristössä haittaa, joten sen pitoisuustaso jätevedessä on hyvä mittauksin selvittää. Imidaklopridin pitoisuudet ovat ympäristössä yleensä olleet alle määritysrajojen, joten on epätodennäköistä, että sen kuormitus kunnallisilta jätevedenpuhdistamoilta johtaisi laajoihin PNEC-arvojen ylityksiin vesistöissä.

Taulukko 38. Suurimman riskin ( $RQ_{\text{effluentti}} > 10$ ) vesiympäristölle aiheuttavien aineiden potentiaalisia haittavaikutuksia ympäristössä, esiintymistiheys käsitellyn jäteveden näytteissä, aineiden  $PNEC_{\text{vesistö}}$ -arvot sekä aineiden pitoisuuksia Suomen pintavesissä.

Yhdiste	Potentiaalinen haittavaikutus ympäristössä	Esiintymistiheys	PNEC	Esiintyminen Suomen pintavesissä
Venlafaksiini	Venlafaksiini on masennuslääke. Aineen on arvioitu olevan pysyvä ja toksinen ympäristössä sekä olevan lisääntymiselle vaarallinen aine. Myös aineen aktiivinen metaboliatuote O-desmetyylivenlafaksiini on todettu olevan potentiaalisesti	18/18	6 ng/l	18–210 ng/l (Vantaanjoki) <sup>6)</sup>

Yhdiste	Potentiaalinen haittavaikutus ympäristössä	Esiintymistiheys	PNEC	Esiintyminen Suomen pintavesissä
	haitallinen ympäristössä. Tässä hankkeessa ei kuitenkaan metaboliittia mitattu, koska sille ei kilpailutuksessa löydetty laboratoriopalvelujen tuottajaa. <sup>1)</sup>			
Hopea	Hopeaa käytetään yhä enenevässä määrin kuluttajatuotteissa sen antimikrobisen ominaisuutensa vuoksi. Ainetta käytetään usein nanomuotoisena. Ympäristössä liuennut hopea on toksinen useille eliölajeille, kuten kasviplanktonille, selkärangattomille ja kaloille. Ihmisille ja muille nisäkkäille hopea ei ole erityisen myrkyllistä. Nanohopea voi vesistöissä vaikuttaa myös mikrobiyhteisöjen rakenteeseen. <sup>2)</sup>	1/18	Sisävedet: 40 ng/l Merivesi: 860 ng/l	Suomi: keskiarvo 245 ng/l, mediaani 20 ng/l, maksimi 30 000 ng/l (n=657) <sup>10)</sup>  Ruotsissa: 15 ng/l (keskiarvo), 60 ng/l (maksimi) <sup>9)</sup>
Diklofenaakki	Diklofenaakki on tulehduskipulääke ja sitä käytetään myös vähäisessä määrin ihotautien ja silmätautien hoitoon. Aine on vesistöissä erityisen toksinen kroonisessa eli pitkäaikaisessa altistuksessa. Aine aiheuttaa mm. munuaisten ja ruuansulatusjärjestelmän vaurioita selkärangattomille kuten kaloille. Muita havaittuja haittavaikutuksia ovat vaarallisuus kalojen lisääntymisterveydelle, mikrobiyhteisöjen rakenteiden muutokset sekä kertyminen kaloihin. <sup>3)</sup>	18/18	50 ng/l	11–640 ng/l (Vantaanjoki) <sup>6)</sup> <3–82,5 ng/l (9 sisävesipaikkaa) <sup>7)</sup>
Sinkki	Sinkkiä käytetään teräksen pinnoittamiseen korroosion estämiseksi. Muita käyttökohteita löytyy rakennus-, auto- ja kuljetusvälineiteollisuudesta sekä erityisesti nanomuotoisena kosmetiikasta (esim. sinkkivoide). Sinkki on myös hivenaine ja sitä myydään lisäravinteena. Ympäristössä toksisin sinkin muoto on liuennut sinkki-ioni. Sinkki on välttämätön alkuaine eliölle, mutta korkeissa pitoisuuksissa myrkyllinen. Nanokokoinen sinkkioksidi estää bakteerien kasvua. Sinkkiä myös liukenee sinkkioksidista aiheuttaen samoja vaikutuksia kuin sinkki-ioni. <sup>2)</sup>	18/18	Sisävedet: 20,6 µg/l Merivesi: 6,12 µg/l	43,8 µg/l ja 230 µg/l (keskiarvo ja max, joet) 30,8 ja 230 µg/l (keskiarvo ja max, suistot)
Imidaklopridi	Imidaklopridia käytetään tuohyönteisten torjuntaan kasvihuoneviljelyssä sekä kotitalouksissa muurahaisten ja torakoiden torjuntaan. Vesistöissä aine on erityisen myrkyllinen vesihyönteisille. <sup>4)</sup>	8/18	8,3 ng/l	<5 ng/l (9 sisävesipaikkaa) <sup>7)</sup> 89 ng/l (havaitsemistiheys 1/13 jokivesinäytteestä. HUOM. Rinnakkaisesta näytteestä ainetta ei löytynyt) <sup>8)</sup>
17-alfa-etinyyli-estradioli	17-alfa-etinyyliestradioli on puolisynteettinen estrogeeni, jonka pääasiallinen käyttökohde on ehkäisyvalmisteet ja vähäisessä määrin joidenkin syöpien hoito. Aine luokitellaan hormonihoitoa häiritseväksi ja se vaikuttaa erityisesti kalojen lisääntymisterveysten ja aiheuttaa esimerkiksi kalojen kaksineuvoisuutta. <sup>5)</sup>	1/18	0,035 ng/l	<0,035–0,18 ng/l (9 sisävesipaikkaa) <sup>7)</sup>

<sup>1)</sup> Gomez Cortes ym. 2020, <sup>2)</sup> Sillanpää ym. 2014, <sup>3)</sup> Lonappan ym. 2016, <sup>4)</sup> ECHA 2015, <sup>5)</sup> Laurenson ym. 2014, <sup>6)</sup> Äystö ym. 2020a, <sup>7)</sup> Siimes ym. 2016, <sup>8)</sup> SYKE 2019, <sup>9)</sup> TemaNord 2012, <sup>10)</sup> Ympäristötiedon



hallintajärjestelmä Hertta (Suomen ympäristökeskus): Keskiarvon laskennassa alle määritysrajan olleet tulokset on huomioitu määritysrajan puolikkaana. Määritysrajat olivat melko korkeita määritysrajan keskiarvo ollen n. 110 ng/l ja vaihteluvälin 2–1000 ng/l. Yli määritysrajan olleita tuloksia oli 192. Näiden tulosten keskiarvo oli 703 ng/l, mediaani 25 ng/l ja vaihteluväli 3–30 000 ng/l.

Tuloksia tarkastellessa on huomioitava, että hopean ja 17-alfa-etinyyliestradiolin lisäksi useiden muidenkin aineiden analyysimenetelmän määritysraja oli korkeampi kuin aineelle esitetty EQS- tai PNEC-arvo. Nämä 25 ainetta on esitetty liitteen 8 taulukossa kursivilla. On mahdollista, että näiden aineiden pitoisuudet käsitellyssä jätevedessä ylittävät aineiden EQS- tai PNEC-arvon. Useimpien aineiden kohdalla ero määritysrajan ja EQS- tai PNEC-arvon välillä on kuitenkin  $\leq 10$ , jolloin laimentuminen todennäköisesti laskee aineiden pitoisuudet alle riskirajojen. Joidenkin torjunta-aineiden (permetriini, bifentriini, deltametriini, esfenvaleraatti, malationi ja ometoaatti) määritysrajat ovat kuitenkin kymmeniä tai jopa satoja kertoja PNEC-arvoja korkeampia. Bifentriiniä, malationia ja ometoaattia käytetään Suomessa hyvin vähän, joten todennäköisyys, että niiden pitoisuudet yhdyskuntajätevedenpuhdistamoiden käsitellyssä jätevedessä ylittäisivät riskirajat, on alhainen. Esfenvaleraattia käytetään maantalousessa tuhohyönteisten torjuntaan ja Suomen kasvinsuojelurekisterissä on yksi hyväksytty valmiste tähän käyttöön. Aineen pitoisuus on todennäköisesti yhdyskuntien jätevesissä hyvin alhainen ja potentiaali riskirajojen ylittymiseen voidaan arvioida olevan vähäinen. Deltametriiniä käytetään tuhohyönteisten torjuntaan kotitalouksien sisä- ja ulkotiloissa sekä ammattikäytössä ja tuhohyönteisten torjuntaan maataloilla. Suomen biosidirekisterissä on 11 deltametriiniä sisältävää valmistetta ja kasvinsuojeluinerekisterissä kaksi (2) valmistetta. Sen käyttömäärä on Suomessa ollut 400–500 kg vuosina 2015–2016 (SPIN-tietokanta). Tulevassa jätevedessä pitoisuudet olivat kaikkien näytteiden osalta alle määritysrajojen, mutta määritysraja oli jopa 100-kertainen käsiteltyyn jäteveeseen verrattuna. Permetriinillä taas on käyttöä ihmis- ja eläinlääkkeenä sekä puunsuoja-aineena ammattimaisessa ja teollisessa käytössä sekä villan teollisessa käsittelyssä. Ainetta esiintyi tulevassa jätevedessä yli määritysrajan pitoisuuksissa 12 puhdistamolla 18:sta. Sen poistuma oli kuitenkin korkea. Sekä deltametriiniä että permetriiniä voi käsitellyssä jätevedessä kuitenkin olla PNEC-arvoa korkeampia pitoisuuksia ja aineiden mittaamiseen tulisi mahdollisuuksien mukaan jatkossa käyttää tarkempaa analyysimenetelmää.

Riskiarvioinnissa tulee huomioida myös se, ettei riskiosamäärään perustuva tarkastelutapa ole soveltuva ubikvitäärisille aineille. Nämä aineet ovat kaikkialla esiintyviä, laajalle alkuperäisistä päästölähteistään levinneitä aineita, jotka ovat pysyviä, kertyviä ja myrkyllisiä. Tällaisille aineille on lainsäädännössä asetettu ympäristölaatumormit ensisijaisesti eliöille. Vesistöpitoisuuksiin perustuva riskinarviointi ei täten anna oikeaa kuvaa aineiden aiheuttamista riskeistä, vaan aineiden pääsy ympäristöön tulee aina estää mahdollisimman tehokkaasti. Tässä hankkeessa ubikvitäärisiä aineita olivat PFOA, PFOS, BDE-yhdisteet ja HBCD. PFOA:lle ei ole lainsäädännössä asetettu EQS-arvoa vesi- tai eliöpitoisuudelle, koska se ei ole EU:n prioriteettiaine. Se on kuitenkin EU:n asetuksella 2020/784 listattu pysyväksi orgaaniseksi yhdisteeksi.

## 5 YHTEENVETO

### 5.1 NÄYTTEENOTTO JA ANALYSOINTI

Hankkeessa analysoitiin tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteet 18 suomalaiselta jätevedenpuhdistamolta. Näistä puhdistamoista yksi oli ns. referenssipuhdistamo, jolla käsiteltiin n. 650 ihmisen asumajätevedet (Oulun Veden Yli-lin puhdistamo). Muut puhdistamot luokiteltiin isoiksi puhdistamoiksi (AVL välillä 55 000–1 322 486). Ne käsittelivät yhteensä 2 702 500 asukkaan jätevedet eli noin puolet kaikista Suomessa syntyvistä yhdyskuntajätevesistä. Yhteensä puhdistettu jätevesimäärä hankkeen puhdistamoilla oli näytteenottovuorokausien arvot yhteenlaskettuna n. 696 000 m<sup>3</sup>/d.

Näytteen edustavuuden kannalta hankkeessa suositeltiin kokoomanäytteen ottamista. Hankkeessa mukana olleista puhdistamoista näytteet otettiin 24-h virtaamapainotteisena kokoomanäytteenä kolmellatoista ja 24-h aikapainotteisena kokoomanäytteenä neljällä puhdistamolla. Yhdellä puhdistamolla näytteet kerättiin käsikokoomana työpäivän aikana. Puhdistamoille lähetettiin etukäteen näytepullot ja näytteenotto-ohjeet. Puhdistamot huolehtivat itse asianmukaisesta näytteiden ottamisesta ja toimittamisesta analyysilaboratorioon.

Hankkeessa kilpailutettiin laboratoriopalvelut haitta-aineiden analysoimiseksi puhdistamoille tulevissa jätevesissä ja ympäristöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä. Kilpailutus toteutettiin kahdessa osassa. Ensimmäisessä vaiheessa kilpailutettiin palveluntuottajat laboratoriopalvelujen esiselvitykseen, jonka tavoitteena oli määrittää toisen vaiheen kilpailutusta varten lopullinen tutkittavien aineiden lista ja selvittää aineiden analyysien määrittämisrajat jätevesimatriisissa. Esiselvitysvaiheessa näytteet otettiin yhden hankkeessa mukana olleen jätevedenpuhdistamon tulevasta ja käsitellystä jätevedestä. Esiselvityksen tulosten perusteella toisessa vaiheessa kilpailutettiin laboratoriopalvelujen tuottajat haitta-aineiden analysoimiseksi kaikkien hankkeessa mukana olleiden jätevedenpuhdistamoiden tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteistä. Lähes kaikille valituille aineille löydettiin analyysipalvelun tuottaja. Seuraavat aineet eivät kuitenkaan olleet mukana lopullisessa analyysiohjelmassa: fentanyyli, lansopratsoli, omepratsoli, o-desmetyylivenlafaksiini, 1,2,4-triatsoli, ipkonatsoli ja keskipitkäketjuiset (C14-C17) klooratut parafiinit (MCCP). Nämä kaikki oli ns. uusia haitallisia aineita. Fentanyylille, lansopratsolille, omepratsolille ja MCCP:lle oli Suomessa kaupallisesti tarjolla analyysipalveluja, mutta niiden hankinta ei mahtunut hankkeen budjettiin. Muille aineille ei saatu kilpailutuksessa tarjouksia.

Laboratoriopalvelujen kilpailuttamisessa aineille asetettiin vähimmäisvaatimukseksi puhtaan veden määrittämisrajan maksimiarvot. Jätevesinäytteissä aineiden määrittämisrajat olivat jätevesinäytteissä usein puhtaan veden määrittämisrajoja korkeampia. Tämän todettiin johtuvan jätevesien sisältämistä analyysistä häiritsevästä aineista eli matriisista. Tulevassa jätevedessä matriisia oli käsiteltyä jätevettä enemmän ja tämä heijastui usein korkeampina määrittämisrajoina tulevan jäteveden näytteiden analyysissä. Tulevan jäteveden näytteiden osalta 59 %:lle uusista haitallisista aineista analyysien määrittämisrajat olivat korkeampia kuin aineen EQS- tai PNEC-arvo ainakin yhdessä näytteessä ja 55 %:lle uusista haitallisista aineista määrittämisrajat olivat korkeampia kuin aineelle kilpailutuksessa esitetty puhtaan veden maksimimäärittämisraja ainakin yhdessä näytteessä. Käsitellyn jäteveden osalta vastaavat prosenttiosuudet olivat 38 % ja 24 % eli määrittämisrajat olivat lähempänä EQS- ja PNEC-arvoja ja kilpailutuksessa käytettyjä puhtaan veden maksimimäärittämisrajoja.

Yhteenvetona voidaan todeta, että suurimmalle osalle uusista haitta-aineista on kaupallisesti saatavilla laboratoriopalveluja Suomessa, mutta analyysimenetelmien

määritysrajat ovat useiden aineiden osalta sekä tulevan että käsitellyn jäteveden näytteissä korkeampia kuin aineiden PNEC-arvot. Jos aineen analyysimenetelmän määritysraja on PNEC-arvoa korkeampi, on silti mahdollista, että ainetta esiintyy käsitellyssä jätevedessä PNEC-arvot ylittäviä pitoisuuksia. On tärkeää, että analyysimenetelmiä kehitetään niin, että myös jätevesinäytteiden osalta päästäisiin jatkossa riittävän alhaisiin määritysrajoihin. Määritysrajan tavoitteeksi tulisi asettaa vähintään aineen PNEC-arvo. Prioriteettiaineiden osalta määritysraja saisi olla korkeintaan 0,3 x EQS-arvo (Vna 868/2010, liite 3).

Haitalliset aineet esiintyvät jätevesissä yleensä hyvin alhaisissa pitoisuuksissa. Analyysijä ostettaessa on pidettävä huolta, että vaadittavat aineiden määritysrajat ovat riittävän matalalla tasolla. Tästäkin huolimatta on varauduttava siihen, että määritysrajat jätevesinäytteissä ovat laboratorion ilmoittamia arvoja korkeammat.

## 5.2 HAITTA-AINEIDEN PITOISUUDET JÄTEVESINÄYTTEISSÄ

Analyysilaboratoriot raportoivat aineiden kokonaispitoisuudet näytteissä. Pitoisuustulokset sisälsivät siis liuenneen ja kiintoaineeseen sitoutuneen aineen yhteispitoisuuden. Taulukkoon 39 on koottu aineryhmien kokonaispitoisuuksia tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteissä. Pienen referenssipuhdistamon (Oulun Veden Yli-lin puhdistamo) tulokset on esitetty erikseen. Isojen puhdistamojen osalta on laskelmat tehty laskemalla yhteen ainekohtaiset keskiarvot. Jos keskiarvo oli alle määritysrajan, on se summaa laskettaessa huomioitu nollassa.

Taulukko 39. Tutkittujen aineiden pitoisuustietoja ( $\mu\text{g/l}$ ) aineryhmittäin. Isojen puhdistamoiden osalta kyseessä ovat yhteenlasketut aineiden keskimääräiset pitoisuudet.

Tutkitut aineryhmät	Tuleva jätevesi		Käsitelty jätevesi	
	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	17 isoa puhdistamaa, keskiarvo	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	17 isoa puhdistamaa, keskiarvo
Lääkeaineet ja hormonit	20,9	25,8	3,9	3,2
Torjunta-aineet	<mr	<mr	<mr	<mr
Alkuaineet	77	190	45	56
Perfluoratut aineet	<mr	<mr	<mr	0,0099
Palonestoaineet	<mr	0,0062	<mr	<mr
Alkyylifenolit ja niiden etoksylaattit	1,34	1,92	0,19	0,08
Ftalaattit	90,6	11	0,52	0,58
Muut aineet	16	460	14,3	441
Kaikki yhteensä	206	689	64	501

Tulevassa jätevedessä 39 (44 %) aineen ja käsitellyssä jätevedessä 53 (60 %) aineen pitoisuudet olivat alle määritysrajojen kaikissa näytteissä. Uusien haitallisten aineiden pitoisuudet olivat alle määritysrajojen 31 (53 %) aineen osalta tulevassa jätevedessä ja 36 (62 %) aineen osalta käsitellyssä jätevedessä. Erityisesti torjunta-aineita löytyi jätevesinäytteistä vain harvoin määritysrajat ylittäviä pitoisuuksia. Isoilla puhdistamoilla korkeimmat keskimääräiset pitoisuudet tulevan jäteveden näytteissä mitattiin sinkille ( $175 \mu\text{g/l}$ ) ja EDTA:lle ( $457 \mu\text{g/l}$ ). Lääkeaineista korkein keskimääräinen pitoisuus mitattiin ibuprofeenille ( $19,6 \mu\text{g/l}$ ). Referenssipuhdistamon tulevassa jätevedessä esiintyi useita aineita samalla pitoisuustasolla kuin isoilla puhdistamoilla. Näihin lukeutui aineita, joiden pääasialliseksi lähteeksi tunnistettiin kotitaloudet (esim. lääkeaineet sekä

alkyyliifenolit ja niiden etoksylaatit). Matalampia pitoisuuksia mitattiin sinkille ja EDTA:lle. Lisäksi perfluorattujen aineiden, palonestoaineiden ja torjunta-aineiden pitoisuudet olivat referenssipuhdistamolla alle määritysrajojen, kun isommilta puhdistamoilta näitä aineita löytyi useammin. Näiden aineiden arveltiin olevan pääosin peräisin teollisuuden jätevesistä tai hulevesistä. Joitain aineita kuitenkin mitattiin referenssipuhdistamolla selvästi korkeampia pitoisuuksia verrattuna isoihin puhdistamoihin. Näitä olivat antibiootti klaritromysiini, hopea ja DEHP (ftalaatti). Lääkeaineiden pitoisuusvaihtelu oli odotettua, sillä lääkkeiden kulutuksella on merkittävää maantieteellistä vaihtelua, mikä saattaa heijastua tämänkin hankkeen tuloksiin. Toisaalta lääkkeiden käytöllä on myös ajallista vaihtelua riippuen esimerkiksi erilaisten tartuntatauti-epidemioiden ajankohdasta. Tiettyjä lääkkeitä, kuten antibiootteja, voi siis esiintyä yhdyskuntien jätevesissä korkeina hetkittäisinä pitoisuuksina. Korkeille hopean ja DEHP:n pitoisuuksille referenssipuhdistamon jätevedessä ei kuitenkaan löydetty selitystä.

Käsitellyssä jätevedessä aineiden pitoisuudet olivat yleensä tulevaa jätevettä matalampia. Isoilla puhdistamoilla korkeimmat keskimääräiset pitoisuudet mitattiin jälleen EDTA:lle (330 µg/l) ja sinkille (44 µg/l) ja Lääkeaineista korkein keskimääräinen pitoisuus mitattiin diklofenaakille (1,5 µg/l). Joidenkin aineiden pitoisuudet olivat osalla puhdistamoita käsitellyssä jätevedessä tulevaa jätevettä korkeampia. Lisäksi joitakin aineita löytyi määritysrajat ylittäviä pitoisuuksia ainoastaan käsitellyistä jätevesistä. Vastaavissa tulevan jäteveden näytteissä aineiden pitoisuudet olivat alle määritysrajojen.

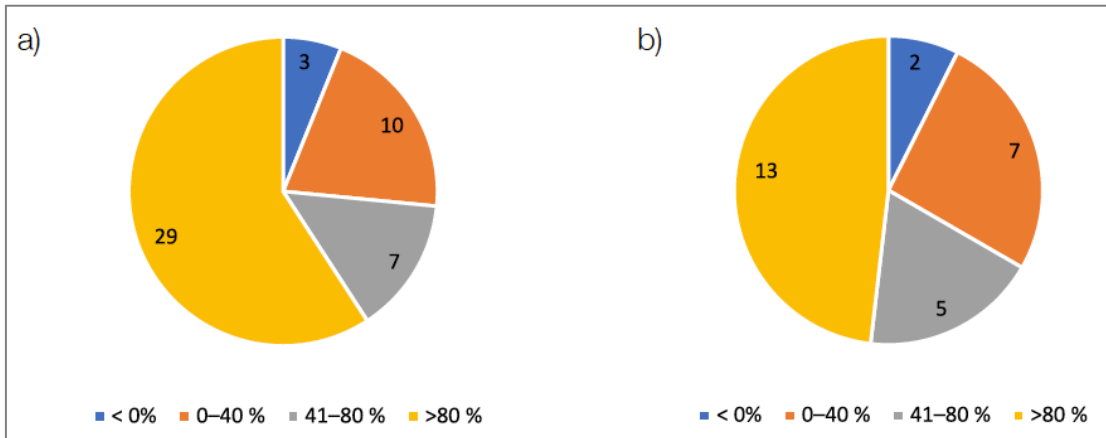
Käsitellyn jäteveden korkeammat pitoisuudet voivat johtua useasta syystä:

1. Tulevassa jätevedessä analyysin määritysraja saattaa olla käsiteltyä jätevettä korkeampi. Tällöin on mahdollista, että ainetta havaitaan ainoastaan käsitellyssä jätevedessä, vaikka sitä on tosiasiallisesti voinut olla myös tulevassa jätevedessä. Tässä hankkeessa esimerkiksi erytromysiinin pitoisuudet tulevassa jätevedessä olivat lähes aina alle määritysrajan (0,01 µg/l). Käsitellyssä jätevedessä ainetta kuitenkin löytyi lähes kaikista näytteistä keskimäärin 0,009 µg/l. Todennäköisesti ainetta esiintyi myös tulevassa jätevedessä, mutta sitä ei havaittu korkean määritysrajan vuoksi. Toinen esimerkki on 17-alfa-etinyyliestradioli, jota ei havaittu tulevien jätevesien näytteissä, mutta sitä löytyi hieman määritysrajaa korkeampi pitoisuus (0,0004 µg/l) yhdestä käsitellyn jäteveden näytteestä. Lisäksi neljän torjunta-aineen (tiametoksaami, dimetooatti, atsoksitrobiini ja asetamipridi) esiintyminen vain käsitellyn jäteveden näytteissä johtui todennäköisesti siitä, että analyysimenetelmän määritysraja oli tulevassa jätevedessä käsiteltyyn jätevedeen verrattuna kymmenkertainen.
2. Analyysimenetelmien mittausepävarmuudet erityisesti lähellä määritysrajaa olevissa pitoisuuksissa ovat usein kymmeniä prosentteja. Jos aine ei poistu puhdistamolla tai poistuu vain vähän, voivat käsitellyn jäteveden korkeammat pitoisuudet johtua analyysimenetelmän mittausepävarmuudesta.
3. Haitta-aineiden pitoisuudet jätevedessä vaihtelevat eri vuorokauden aikoina. Tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteenotossa ei yleensä huomioida jäteveden viipymää puhdistamolla. Tällöin tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteet eivät täysin vastaa toisiaan. Jos aine ei poistu puhdistamolla tai poistuu vain vähän, voivat käsitellyn jäteveden korkeammat pitoisuudet johtua tästä syystä.
4. Jätevedenpuhdistamoilla käytetään erilaisia kemikaaleja jäteveden puhdistamiseksi. Näissä kemikaaleissa saattaa olla epäpuhtautena esimerkiksi nikkeliä. Jos aine ei poistu puhdistamolla tai poistuu vain vähän, voivat käsitellyn jäteveden korkeammat pitoisuudet johtua tästä syystä.

5. On mahdollista, että jätevedenpuhdistusprosessin aikana tapahtuu hajoamisreaktioita, joiden tuloksena vapautuu tutkittavia haitallisia aineita. Esimerkiksi PFOS:n ja PFOA:n pitoisuudet olivat usein käsitellyssä jätevedessä tulevaa jätevettä korkeampia. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että jätevesissä on paljon sellaisia aineita, jotka voivat puhdistamalla hajotessaan muodostaa kyseisiä aineita
6. Tutkituista haitta-aineista lääkeaineet ovat ainoita, joita ihminen tarkoituksella saa elimistöön. Ihmisen läpi kulkiessaan lääkeaineen muuntuvat eli metaboloituvat. Jätevedeen erittyä vaikuttavien lääkeaineiden lisäksi erilaisia metaboliatuotteita. Jotkin niistä ovat rakenteeltaan sellaisia, että jätevedenpuhdistamon mikrobit voivat muuntaa aineita takaisin vaikuttaviksi lääkeaineiksi. Jätevedenpuhdistamon bakteerit erittävät entsyymejä, jotka hajottavat isokokoisia orgaanisia aineita pienemmiksi ja helpommin solun sisään vietäviksi. Monet näistä entsyymeistä voivat hajottaa myös lääkeainemetaboliitteja. Esimerkiksi *E. coli* erittää  $\beta$ -glukuronidaasi -nimistä entsyymiä jätevedeen. Tämä entsyymi pystyy pilkkomaan haitta-aineiden ihmismetabolian tuotteina syntyneitä  $\beta$ -glukuronikonjugaatteja. Reaktio vapauttaa jätevedeen alkuperäistä lääkeainetta ja voi näin johtaa aineen pitoisuuden kasvuun puhdistusprosessin aikana.

### 5.3 HAITTA-AINEIDEN POISTOTEHOT JA KÄYTTÄYTYMINEN JÄTEVEDENPUHDISTAMOILLA

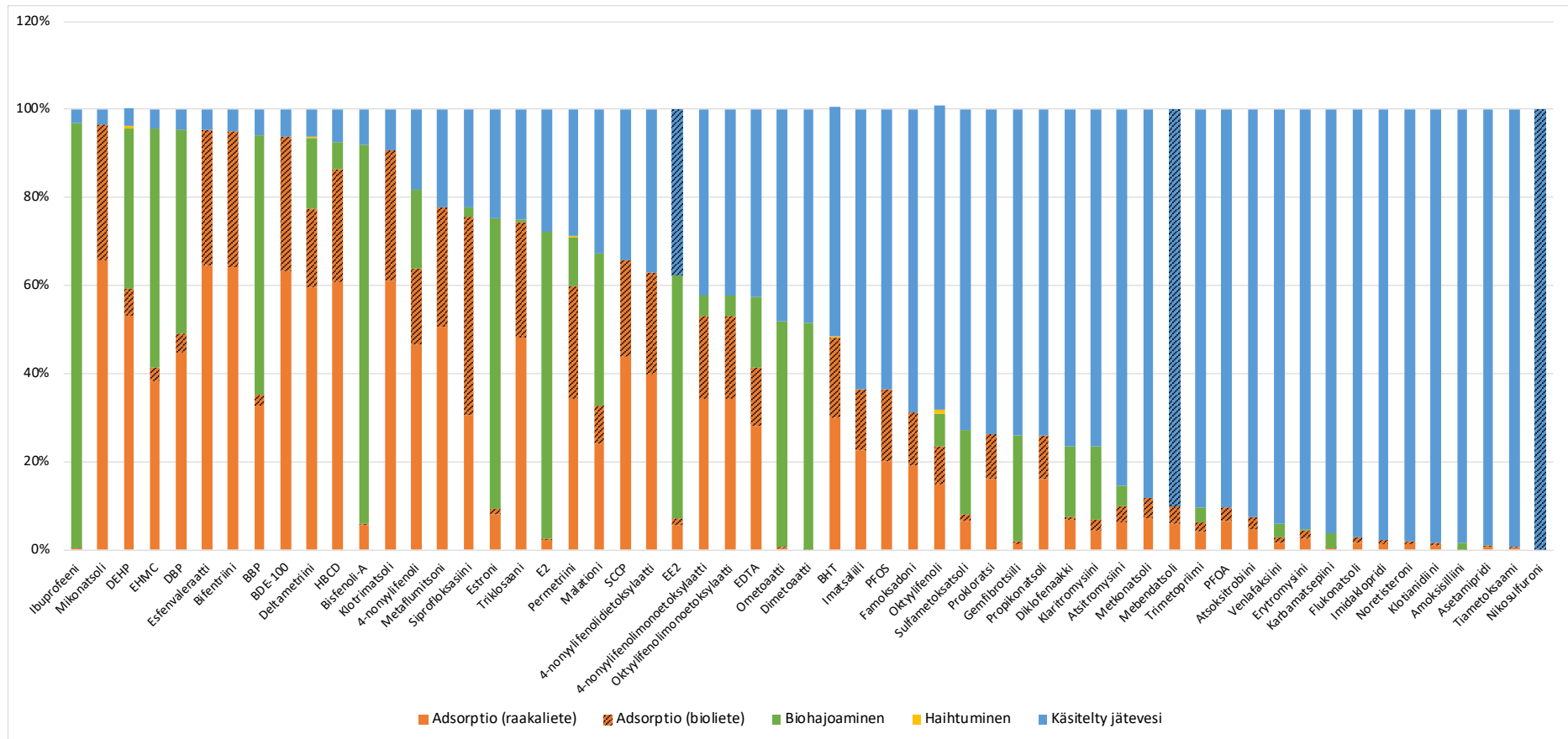
Tutkittujen aineiden puhdistusteho prosentteina (%) laskettiin puhdistamoille, joilla haitta-aine analysoitiin sekä tulevassa että lähtevässä jätevedessä ja tulevan jäteveden pitoisuus ylitti määritysrajan. Tutkituista aineista 49:lle (uusista haitallisista aineista 27:lle) voitiin määrittää keskimääräinen poistoteho jätevedenpuhdistamoilla. Kuvassa 27 on esitetty aineiden lukumäärä poistoteholuokittain. Aineista 29 poistui tutkituilla puhdistamoilla > 80 %. Uusista haitallisista aineista lähes puolelle poistoteho oli > 80 %. Kolmen aineen (trimetopriimi, atsitromysiini ja nikkeli) keskimääräiset pitoisuudet olivat käsitellyssä jätevedessä tulevaa jätevettä korkeammat ja tällöin myös puhdistustehon arvo oli negatiivinen. Syitä negatiiviseen poistotehoon on käsitelty edellisessä kappaleessa. Lisäksi joitakin aineita mitattiin vain käsitellyn jäteveden näytteistä, joten niille ei voitu laskea poistotehoa. Tällaisia aineita olivat torjunta-aineet tiametoksaami, dimetooatti, atsoksitrobiini ja asetamipridi sekä synteettinen hormoni 17-alfa-etinyliestradioli. Myös antibiootti erytromysiinin pitoisuudet olivat yhtä näytettä lukuun ottamatta alle määritysrajojen tulevan jäteveden näytteissä, mutta ainetta löytyi 16:sta käsitellyn jäteveden näytteestä. Usein myös PFOS:in ja PFOA:n pitoisuudet olivat tulevassa jätevedessä alle määritysrajan, mutta aineita löydettiin vastaavista käsitellyn jäteveden näytteistä. Useilla puhdistamoilla poistoteho oli siis laskennallista keskimääräistä puhdistustehoa heikompi.



Kuva 27. Kaikkien tutkittujen haitallisten aineiden (a) ja uusien haitallisten aineiden (b) lukumäärä poistoteholuokittain.

Aineiden käyttäytymistä jätevedenpuhdistamolla mallinnettiin SimpleTreat -ohjelmiston avulla. Mallin avulla arvioitiin aineiden haihtumista, sitoutumista lietteeseen ja biologista hajoamista prosessin eri vaiheissa. Alkuaineiden käyttäytymistä ei mallinnettu vaan niiden poistuman todettiin johtuvan sitoutumisesta puhdistamolietteeseen. Malliparametrit muokattiin vastaamaan tämän hankkeen isojen puhdistamojen keskimääräisiä tietoja. Haitta-aineiden mallinnettu käyttäytyminen jätevedenpuhdistamolla on esitetty kuvassa 28. Mallinnuksen avulla voitiin todeta, etteivät tutkitut aineet todennäköisesti poistu jätevedenpuhdistuksessa haihtumalla. Poistuma johtuu pääasiassa biohajoamisesta tai sitoutumisesta puhdistamolietteeseen. Tutkituista aineista yhdeksän (ibuprofeeni, EHMC, BBP, bisfenoli-A, estroni, 17-beta-estradioli E2, 17-alfa-etinyyliestradioli EE2, ometoaatti ja dimetoaatti) biohajosivat mallinnuksen mukaan jätevedenpuhdistamolla > 50 %. Selvästi merkittävämpää mallin mukaan oli aineiden sitoutuminen puhdistamolietteeseen. Tällaisten aineiden pitoisuuksia lietteessä olisi hyvä jatkossa tarkemmin selvittää. Aineista 28 oli sellaisia, että niiden mallinnettu poistoteho puhdistamolla oli alle 50 % eli näillä aineilla on suurempi riski päätyä vesistöihin, jos niitä esiintyy jätevedenpuhdistamon tulevassa jätevedessä.

Verrattaessa mallinnuksella saatuja aineiden poistotehoja puhdistamoilla mitattuihin poistotehoihin, todettiin, että useiden aineiden osalta saatiin samansuuntaisia tuloksia. Aina näin ei kuitenkaan ollut. Erot mitattujen ja mallinnettujen poistotehojen välillä voivat johtua monesta syystä. Aina mallinnukseen ei ollut saatavilla riittäviä lähtötietoja aineiden ominaisuuksista, mikä lisäsi mallinnuksen epävarmuutta. Joissain tapauksissa mittauksiin perustuva poistoteho oli laskettu vain muutaman tai jopa vain yhden puhdistamon tuloksiin perustuen. On myös mahdollista, että joidenkin aineiden pitoisuus puhdistusprosessin aikana kasvaa, kuten yllä on esitetty. Prosesseja, jotka johtavat pitoisuuden lisääntymiseen prosessissa, ei kuitenkaan SimpleTreat -mallilla voida huomioida. Mallinnohjelma on kuitenkin oiva työkalu arvioimaan aineiden käyttäytymistä puhdistamoilla ja esimerkiksi arvioimaan, mitä aineita tulisi mitata puhdistamolietteestä.



Kuva 28. SimpleTreat -ohjelmalla mallinnettu tutkittujen haitta-aineiden käyttäytyminen jätevedenpuhdistamolla.

## 5.4 HAITTA-AINEIDEN TULO- JA VESISTÖKUORMAT

Mitatuista haitta-aineiden pitoisuuksista sekä puhdistamoiden ilmoittamista virtaamatiedoista laskettiin aineiden kuormat puhdistamoille (tulokuorma) ja vesistöön (vesistökuorma). Hankkeen puhdistamoille tulevista kuormista laskettiin kokonaiskuormat hankkeen puhdistamoille laskemalla kuormat yhteen. Yhteenlasketusta kokonaiskuormasta arvioitiin tulokuormat yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille Suomessa sekä vastaavat vesistökuormat puhdistamoilta. Yhteenvedo kokonaiskuormista on esitetty haitta-aineryhmittäin taulukossa 40. Lisäksi laskettiin keskimääräiset asukas- ja BOD-kohtaiset kuormien arvot (taulukko 41). Kaikkien tutkittujen aineiden tulokuorman yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille Suomessa arvioitiin olevan n. 360 600 kg/v. Tästä määrästä uusien haitallisten aineiden tulokuorman puhdistamoille arvioitiin olevan n. 265 300 kg/v, josta EDTA:n osuus oli 97 %. Kaikkien aineiden kokonaiskuormasta n. 72 % johtui EDTA:sta ja n. 22 % sinkistä. Vesistökuorma oli puhdistamolta arviolta 207 200 kg/v, josta uusien haitallisten aineiden osuus oli 183 400 kg/v. Tästä määrästä EDTA:n osuus oli yli 99 %. Kaikkien aineiden kokonaiskuormasta n. 88 % johtui EDTA:sta ja n. 9,4 % sinkistä. Tutkittuja aineita päätyi yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille keskimäärin n. 172 mg/as/d ja vesistöihin n. 99,5 mg/as/d. BOD-kohtaisista tuloksista voitiin arvioida haitta-aineiden määriä orgaaniseen kuormaan verrattuna. Puhdistamoille tulevassa jätevedessä oli arviolta n. 0,25 % tutkittuja haitta-ainetta orgaaniseen kuormaan verrattuna. Käsitellyssä jätevedessä osuus oli 19,3 %, sillä orgaaninen aineksen (BOD:na mitattuna) poistoteho jätevedenpuhdistamoilla oli korkea. Haitta-aineiden poistoteho taas oli yleensä selvästi matalampi, jolloin niiden suhteellinen osuus orgaaniseen kuormaan nähden on käsitellyissä jätevesissä tulevaa jätevettä merkittävämpi.

Taulukko 40. Yhteenvedo kaikkien tutkittujen haitta-aineiden tulo- ja vesistökuomista haitta-aineryhmittäin hankkeen puhdistamoille.

Haitta-aineryhmä	Kokonaiskuorma hankkeen puhdistamoille		Arvioitu kokonaiskuorma yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille Suomessa	
	Tulokuorma (g/d)	Vesistökuorma (g/d)	Tulokuorma (kg/vuosi)	Vesistökuorma (kg/vuosi)
Lääkeaineet ja hormonit	15 779	2 228	10 174	1 436
Torjunta-aineet	51,3	50,4	33,1	32,5
Alkuaineet	132 627	35 792	85 525	23 078
Perfluoratut aineet	1,9	7,4	1,2	4,8
Palonestoaineet	5,17	0	3,34	0
Alkyylifenolit ja niiden etoksylaatit	1082	16	698	10
Ftalaatit	7 588	262	4 893	169
Muut aineet	402 060	282 942	259 235	182 432
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>559 194</b>	<b>321 298</b>	<b>360 563</b>	<b>207 162</b>



Taulukko 41. Yhteenveto kaikkien tutkittujen haitta-aineiden keskimääräisistä tulo- ja vesistökuormista haitta-aineryhmittäin hankkeen isoille puhdistamoille.

Haitta-aineryhmä	Asukaskohtainen kuorma		BOD-kohtainen kuorma	
	Tulokuorma (µg/as/d)	Vesistö- kuorma (µg/as/d)	Tulokuorma (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)	Vesistö- kuorma (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)
Lääkeaineet ja hormonit	6 760	822	108	1217
Torjunta-aineet	17,9	11,3	0,14	15,1
Alkuaineet	49 457	15 461	731	19 836
Perfluoratut aineet	1,9	2,7	0,023	3,4
Palonestoaineet	3,7	0	0,052	0
Alkyylifenolit ja niiden etoksylaatit	444	14	6,4	9,5
Ftalaatit	2 994	106	44	149
Muut aineet	112 190	83 089	1 654	172 175
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>171 869</b>	<b>99 506</b>	<b>2 544</b>	<b>193 405</b>

Tutkituista aineista 30 oli ns. vanhoja haitta-aineita eli niitä on aiemmin mitattu suomalaisilta jätevedenpuhdistamoilta. Näiden aineiden osalta verrattiin tuloksia aiempaan v. 2013 toteutettuun tutkimukseen (VVY 2014). PFOS:in, alkyylifenolien ja niiden etoksylaattien, sinkin ja nikkelin tulokuormat olivat tässä hankkeessa v. 2013 mitattuja tulokuormia matalammat. Ftalaattien (DEHP, BBP ja DBP) tulokuormat taas olivat tässä hankkeessa selvästi aiempaa korkeammat. Vesistökuormat olivat lähes kaikkien haitta-aineiden osalta tässä hankkeessa aiempaa tutkimusta matalampia. Vain DBP:n vesistökuorma oli aiempaa korkeampi. Kaikkien aineiden kokonaiskuorma vesistöön oli tässä hankkeessa n. 24 % pienempi kuin vuonna 2013.

Suurimmalle osalle tutkituista aineista ei löydetty tai muuten ole saatavilla tietoa käyttömäärästä Suomessa. Ubikvitäriset aineet (PFOS, PFOS, BDE-aineet, HBCD) esimerkiksi ovat kaukokulkeutuvia ja niitä päätyy meille myös Suomen rajojen ulkopuolelta. Niiden lähteenä puhdistamoilla on usein hulevedet. Hulevesien mukana ja tietyiltä teollisuuden aloilta voi viemäriin päästä torjunta-aineita. Torjunta-aineille ei ollut mahdollista saada tehoainekohtaisia käyttömäärätietoja, koska ne olisivat voineet vaarantaa yritysten luottamuksellisiksi katsottuja tietoja. Jotkin aineet taas päätyvät Suomeen tavaroiden ja tekstiilien mukana, jolloin käyttömäärää oli mahdotonta arvioida. Tällaisia olivat esimerkiksi tekstiilien käsittelyssä käytetyt alkyylifenolit- ja niiden etoksylaatit ja erilaisissa muovituotteissa esiintyvät ftalaatit ja bisfenoli-A. Niitä päätyy viemäriin yleensä kotitalouksista, mutta myös hulevesien on todettu sisältävän tällaisia ns. kuluttajakemikaaleja. Lääkeaineet ja hormonit olivat aineryhmänä sellainen, joiden merkittävin lähde viemäriveredessä on kotitaloudet ja lääkkeiden normaali käyttö sairauksien hoitoon. Lääkeaineille löydettiin melko luotettavia myyntitilastoihin perustuvia arvioita käyttömäärästä. Koska määrät perustuvat myyntimääriin, eivät ne huomioi lääkkeitä, joita ei käytetä vaan ne päätyvät lääkejätteeksi. Lääkeaineiden osuudet myyntimäärästä laskettuna tulokuorman ja vesistökuorman arvoista on esitetty taulukossa 41. Siprofloksasiinia päätyi arvioiden mukaan puhdistamoille 193 % myyntimäärästä. Tämä omituisuus voi johtua siitä, että antibioottina käytettyä lääkettä on näytteenottoajankohtana käytetty selvästi keskimääräistä enemmän. Kuten aiemmin on mainittu, tämä on lääkkeitä kohdalla mahdollista riippuen esimerkiksi erilaisten tartuntatauti-epidemioiden ajankohdista. Yhteensä taulukossa 41 listattuja lääkkeitä myytiin Suomessa n. 135 800 kg/v. Näistä arviolta 7,4 % päätyi yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille ja 1,1 % vesistöihin. Yli 20 % myyntimäärästään

vesistöön päätyneitä lääkeaineita olivat antibiootit atsitromysiini, erytromysiini ja klaritromysiini, tulehduskipulääke diklofenaakki ja sieni-infektioiden hoitoon käytettävä flukonatsoli.

Taulukko 42. Lääkeaineiden myyntimäärät Suomessa, tulokuormat yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille Suomessa ja vesistökuormat puhdistamoilta sekä osuudet myyntimääristä.

	Myyntimäärä Suomessa (kg/v)	Tulokuorma (kg/v)	Osuus myyntimäärästä	Vesistökuorma (kg/v)	Osuus myyntimäärästä
17-alfa-etinyyliestradioli	1,6	0	0 %	0,0056	0,3 %
17-beta-estradioli	60,1	34	56 %	0	0 %
Amoksisilliini	5630	0	0 %	0	0 %
Atsitromysiini	200	58	29 %	45	23 %
Diklofenaakki	2561	800	31 %	688	27 %
Erytromysiini	2,7	0	0 %	2,8	105 %
Estroni	33,5	24	71 %	0,84	2,5 %
Flukonatsoli	114,3	75	66 %	71	62 %
Gemfibrotsiili	67,6	0	0 %	0	0 %
Ibuprofeeni	120408,8	7566	6,3 %	0,06	0 %
Karbatatsepiini	2909,7	157	5,4 %	127	4,4 %
Klaritromysiini	185,9	77	41 %	46	25 %
Noretisteroni	19,3	0	0 %	0	0 %
Permetriini	100	43	43 %	0	0 %
Siprofloksasiini	234,1	453	193 %	0	0 %
Sulfametoksatsoli	422,3	177	42 %	41	10 %
Trimetopriimi	854,1	168	20 %	113	13 %
Venlafaksiini	2028,2	375	18 %	302	15 %

## 5.5 RISKINARVIOINTI

Riskinarvioinnilla voidaan tunnistaa ne aineet, joiden osalta voidaan tulevaisuudessa joutua tekemään toimenpiteitä niiden vesistöpäästöjen vähentämiseksi. Tässä hankkeessa riskiä arvioitiin pintavesien eliöille niin kutsutun riskiosamäärän, RQ (engl., risk quotient), avulla. Riskiosamäärä perustuu arvioon, jossa aineen ei katsota aiheuttavan riskiä ympäristölle, jos sen pitoisuus jää alle ns. haitattoman pitoisuustason. Haitattomana pitoisuustasona pidettiin joko lainsäädännössä asetettua aineen ympäristölaatu normia (EQS) tai ekotoksikologisten testien perusteella määritettyä aineen PNEC-arvoa (engl., predicted no effect concentration). Jos  $RQ > 1$ , aiheuttaa aine potentiaalisesti riskin vesistössä.

Riskiosamäärä laskettiin aineille, joiden pitoisuus käsitellyssä jätevedessä oli määrittäjärajaa korkeampi ja jolle on asetettu EQS-arvo tai kirjallisuudesta löydettiin PNEC-arvo. Suurin osa tutkituista aineista poistui jätevedenpuhdistuksessa siten, että RQ-arvo oli alle 1. Laskennallisesti suurimman riskin (RQ-arvo käsitellyssä jätevedessä

ainakin yhdessä näytteessä > 10) vesiympäristölle aiheuttivat venlafaksiini, hopea, diklofenaakki, sinkki, imidaklopridi ja 17-alfa-etinyyliestradioli. RQ-arvot ja sekä aineiden mitatut ympäristöpitoisuudet huomioiden voitiin todeta, että tutkituista aineista potentiaalisesti haitallisimmat Suomen pintavesissä ovat venlafaksiini, diklofenaakki, 17-alfa-etinyyliestradioli ja sinkki. Näistä venlafaksiini oli ainoa ns. uusi haitallinen aine. Muita aineita on aiemmin mitattu Suomen jätevedenpuhdistamoilla. Venlafaksiini on Euroopan komission päätöksellä tarkkailuaineeksi luokiteltu aine ja sen pitoisuuksia tullaan lähiaikoina mittaamaan jäsenmaiden pintavesistä. Diklofenaakki ja 17-alfa-etinyyliestradioli ovat aiemmin olleet tarkkailuaineita ja niitä on monitoroitu jäsenmaiden pintavesistä. Sinkki on ollut ehdolla EU:n prioriteettiaineeksi.

Kaikkien tutkittujen aineiden todellista riskiä vesistöille ei kuitenkaan voitu luotettavasti arvioida, sillä joidenkin aineiden analyysimenetelmän määrittäminen oli korkeampi kuin aineelle esitetty EQS- tai PNEC-arvo. Tuloksia tarkasteltaessa tultiin lopputulokseen, että deltametriiniä ja permetriiniä voi käsitellyssä jätevedessä olla aineiden PNEC-arvoja korkeampia pitoisuuksia. Aineiden mittaamiseen tulisi mahdollisuuksien mukaan jatkossa käyttää tarkempia analyysimenetelmiä.

Riskiarvioinnissa tulee huomioida myös se, ettei riskiosamäärään perustuva tarkastelutapa sovellu ubikvitäärisille aineille. Nämä aineet ovat kaikkialla esiintyviä, laajalle alkuperäisistä päästölähteistään levinneitä aineita, joille on lainsäädännössä asetettu ympäristölaatunormit ensisijaisesti eliöille. Vesistöpitoisuuksiin perustuva riskinarviointi ei täten anna oikeaa kuvaa aineiden aiheuttamista riskeistä, vaan aineiden pääsy ympäristöön tulee aina estää mahdollisimman tehokkaasti. Tässä hankkeessa ubikvitäärisiä aineita olivat PFOA, PFOS, BDE-yhdisteet ja HBCD. PFOA:lle ei ole lainsäädännössä asetettu EQS-arvoa vesi- tai eliöpitoisuudelle, koska se ei ole EU:n prioriteettiaine. Se on kuitenkin EU:n asetuksella 2020/784 listattu pysyväksi orgaaniseksi yhdisteeksi.

## 6 LÄHTEET

Amneklev, J. 2014. Silver in urban wastewater. Linnaeus ECO-TECH '14, Kalmar, Sweden, November 24–26, 2014.

Arvaniti, O.S., Andersen, H.R., Thomaidis, N.S., Stasinakis, A.S. 2014. Sorption of Perfluorinated Compounds onto different types of sewage sludge and assessment of its importance during wastewater treatment. *Chemosphere*, 111, 405–411.

Cai, W., Ye, P., Yang, B., Shi, Z., Xiong, Q., Gao, F., Liu, Y., Zhao, J., Ying, G. 2021. Biodegradation of typical azole fungicides in activated sludge under aerobic conditions. *Journal of Environmental Science*, 103, 288–297.

Carvalho, R.M., Marinov, D., Loos, R., Napierska, D., Chirico, N. ja Teresa Lettieri. 2016. Second Review of the Priority Substances List under the Water Framework Directive Monitoring-based exercise. Final draft. Joint Research Centre.

Carvalho, R.N., Ceriani, L., Ippolito, A. ja Lettieri, T. 2015. Development of the first Watch List under the Environmental Quality Standards Directive. JRC Technical Report. Report EUR 27142 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2015. ISBN 978-92-79-46200-9. doi:10.2788/101376.

Coggan, T.L., Moodie, D., Kolobaric, A., Szabo, D., Shimeta, J., Crosbie, N.D., Lee, E.I., Fernandes, M. ja Clarke, B.O. 2019. An investigation into per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in nineteen Australian wastewater treatment plants (WWTPs). *Heliyon* 5, e02316.

Das, S., Ray, N.M., Wan, J., Khan, A., Chakraborty, T. ja Ray, M.B. 2017. Micropollutants in Wastewater: Fate and Removal Processes. <http://dx.doi.org/10.5772/65644>.

ECHA 2004. Edetic Acid (EDTA) Risk Assessment. European Union Risk Assessment Report. European Communities, 2004.

ECHA 2015. Imidacloprid. Product-type 18 (Insecticides, Acaricides and Products to control other Arthropods). Assessment Report. European Chemicals Agency. 18th February 2011 (revised version: July 2015).

ECHA 2016. Guidance on information requirements and Chemical Safety Assessment Chapter R.16: Environmental exposure assessment. Version 3.0. February 2016. European Chemicals Agency. ISBN: 978-92-9247-775-2.

Ek Henning, H., Putna.Nimane, I., Kalinowski, R., Perkola, N., Bogusz, A., Kublina, A., Haiba, E., Barda, I., Karkovska, I., Schütz, J., Mehtonen, J., Siimes, K., Nyhlén, K., Dzintare, L., Äystö, L., Sinics, L., Laht, M., Lehtonen, M., Stapf, M., Stridh, P., Poikäne, R., Hoppe, S., Lehtinen, T., Kõrgma, V., Junttila, V., Leisk, Ü. (2020). Pharmaceuticals in the Baltic Sea Region – emissions, consumption and environmental risks. Report no. 2020:28, Länsstyrelsen Östergötland, Linköping. Available at: <https://www.lansstyrelsen.se/4.f2dbbcc175974692d268b9.html>

EU 2010. European Union Risk Assessment Report. Environment Addendum of April 2008 (to be read in conjunction with published EU RAR of BPA, 2003) 4,4'-ISOPROPYLDENEDIPHENOL (Bisphenol-A) Part 1 Environment. European Commission. Joint Re-search Centre Institute for Health and Consumer Protection. EUR 24588 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Communities, ISBN 978-92-79-17541-1, doi: 10.2788/40195. JRC 59980.

EU 2015. Komission täytäntöönpanopäätös (EU) 2015/495. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/105/EY mukaisen unionin laajuista seurantaa varten laadittavan tarkkailtavien aineiden luettelon hyväksymisestä.

EU 2018. Komission täytäntöönpanopäätös (EU) 2018/840. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/105/EY mukaisen unionin laajuista seuranta varten laadittavan tarkkailtavien aineiden luettelon hyväksymisestä vesipolitiikan alalla ja komission täytäntöönpanopäätöksen (EU) 2015/495 kumoamisesta.

EU 2020. Komission täytäntöönpanopäätös (EU) 2020/1161 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/105/EY mukaisen unionin laajuista seuranta varten laadittavan tarkkailtavien aineiden luettelon hyväksymisestä.

Fjäder, P. 2016. Yhdyskuntajätevesilietteiden maatalouskäytön ja viherrakentamisen riskit. RUSSOA I-III Loppuraportti. Suomen ympäristökeskus (SYKE). Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43.

Gaulke, L.S., Strand, S.E., Kalhorn, T.F. ja Stensel, H.D. 2009. Estrogen biodegradation kinetics and estrogenic activity reduction for two biological wastewater treatment methods. *Environmental Science and Technology*, 43, 7111–7116.

Gercken, J., Caban, M., Pettersoon, M., Wickman, T., Futter, M., Ahrens, L. 2018. Hazardous substance occurrence in Baltic Sea pilot municipalities. Major output from the tracking and ranking for prioritization of sources in NonHazCity project.

Ghiani, M., Tavazzi, S., Mariani, G., Locoro, G., Loos, R., Parachini, B., Sena, F., Surkuusk, G., Gans, O., Weiß, S., De Wulf, E., Ferenčík, M., Schluesener, M., Ternes, T., Wick, A., Koschorreck, J., Belli, M., Stroomberg, G., Rand, R., Thomas, J., Thomas, R., Walmsley, R., Whalley, C., Comero, S. ja Gawlik, M. 2014. Feasibility of a Monitoring Mechanism Supporting a Watch List under the Water Framework Directive. Final report of a Pilot Exercise. JRC Science and Policy Reports. EUR 27002 EN, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2014, ISBN 978-92-79-44665-8, JRC88483.

Gomez Cortes, L., Marinov, D. Sanseverino, I., Navarro Cuenca, A., Niegowska, M., E. Porcel Rodriguez ja Lettieri, T. 2020. Selection of substances for the 3rd Watch List under the Water Framework Directive. JRC Technical Report. EUR 30297 EN. EUR 30297 EN, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020, ISBN 978-92-76-19426-2, doi:10.2760/194067, JRC121346.

Hörsing, M., Ledin, A., Grabic, R., Fick, J., Tysklind, M., la Cour Jansen, J. ja Andersen, H.R. 2011. Determination of sorption of seventy-five pharmaceuticals in sewage sludge. *Water Research*, 45, 4470–4482.

Ianaiev, V. 2017. Estimating degradation rates for contaminants of emerging concern in activated sludge with low and high solids retention times. 2017. Master of Science Thesis. College of Natural Resources, University of Wisconsin, Stevens Point.

Johnson, A.C. ja Williams, R.J. 2004. A model to estimate influent and effluent concentrations of estradiol, estrone, and ethinylestradiol at sewage treatment works. *Environmental Science and Technology* 38, 3649-3658.

Joss, A., Zabcynski, S., Göbel, A., Hoffmann, B., Löffler, D., McArdell, C.S., Ternes, T.A., Thomsen, A., Siegrist, H. 2006. Biological degradation of pharmaceuticals in municipal wastewater treatment: Proposing a classification scheme. *Water Research*, 40, 1686–1696.

Junttila, V., Siimes, K. ja Mehtonen, J. 2020. EU:n tarkkailuainelistan aineet pintavesissä – kartoitustulokset 2015–2018. *Ympäristö ja Terveys*, vol 51, 4/2020.

Laurenson, J.P., Bloom, R.A., Page, S. ja Sadrieh, N. 2014. Ethinyl Estradiol and Other Human Pharmaceutical Estrogens in the Aquatic Environment: A Review of Recent Risk Assessment Data. *The AAPS Journal*, 16, 299–310.

Lautz, L.S., Struijs, J., Nolte, T.M., Breure, A.M., van der Grinten, E., van de Meent, D. and van Zelm, R. 2017. Evaluation of SimpleTreat 4.0: Simulations of pharmaceutical removal in wastewater treatment plant facilities. *Chemosphere*, 168, 870–876.

- Liu, Z.-H., Yoshinori, K., ja Mizutani, S. 2009. Removal Mechanisms for Endocrine Disrupting Compounds (EDCs) in Wastewater Treatment - Physical Means, Biodegradation, and Chemical Advanced Oxidation: A Review. *Science of the Total Environment* 407, 731–748.
- Lonappan, L., Brar, S.K., Das, R.K., Verma, M., Surampalli, R.Y. 2016. Diclofenac and its transformation products: Environmental occurrence and toxicity - A review. *Environment International*, 96, 127–138.
- Loos, R., Marinov, D., Sanseverino, I., Napierska, D. ja Lettieri, T. 2018. Review of the 1st Watch List under the Water Framework Directive and recommendations for the 2nd Watch List, EUR 29173 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-81839-4, doi:10.2760/614367, JRC111198.
- Lust, M.J., Ziel, R.M., Strand, S.E., Gough, H.L. ja Stensel, H.D. 2015. Biodegradation Kinetics of 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol in Activated Sludge Treatment Processes. *Environmental Engineering Science*, 32, 637–646.
- Mehtonen, J., Vähä, E., Räike, A. ja Äystö, L. 2018. Luvitetun toiminnan päästöt ja kemikaalien käyttö - indikaattori. Merenhoitotyöhön liittyvä haitallisten aineiden kuormitusindikaattori: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B6B4E52C6-9C72-479E-96BC-E36883185757%7D/133883>. 8.1.2018. 10 s.
- Mhuka, V., Dube, S. ja Nindi, M.M. 2020. Occurrence of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in wastewater and receiving waters in South Africa using LC-Orbitrap™ MS. *Emerging Contaminants*, 6, 250–258.
- Morissette, M.-F., Duy, S.V., Arp, H.P.H. ja Sauvé, S. 2015. Sorption and desorption of diverse contaminants of varying polarity in wastewater sludge with and without alum. *Environ Sci Process Impacts*, 17, 674–682.
- Nyirenda, J., Mwanza, A. ja Lengwe, C. 2020. Assessing the biodegradability of common pharmaceutical products (PPs) on the Zambian market. *Heliyon*, 6, e05286.
- Rout, P.R., Zhang, T.C., Bhunia, P. ja Surampalli, R.Y. 2021. Treatment technologies for emerging contaminants in wastewater treatment plants: A review. *Science of the Total Environment*, 753, 141990.
- Santos, A., Reif, R., Hillis, P. ja Judd, S.J. 2011. Fate and removal of permethrin by conventional activated sludge treatment. *Environ Technol*, 32, 1367–1373.
- Siimes, K., Mehtonen, J. ja Mannio, J. 2016. EU:n tarkkailulistan aineet pintavesissä – Suomen kartoitustulokset. *Vesitalous* 5/2016.
- Sillanpää, M., Schultz, E. ja Tuominen, M. 2014. Synteettisten nanomateriaalien ympäristövaikutukset: Kokeellisen tutkimuksen nykytila. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 47/2014. ISBN 978-952-11-4419-6.
- Struijs, J. 2014. SimpleTreat 4.0: a model to predict the fate and emission of chemicals in wastewater treatment plants. Background report describing the equations. National Institute for Public Health and the Environment. The Netherlands. RIVM Report 601353005.
- Suárez, S., Carballa, M., Omil, F., Lema, J.M. 2008. How are pharmaceutical and personal care products (PPCPs) removed from urban wastewaters? *Rev Environ Sci Biotechnol*, 7, 125–138.
- Suomen lääketilasto 2018. Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus Fimea ja Kansaneläkelaitos. Helsinki 2019.
- SYKE 2014. Maa- ja metsätalouden kuormittamien pintavesien haitta-aineseuranta Suomessa. Karjalainen, A.K., Siimes, K., Leppänen, M.T. ja Mannio, J. (toim.) Suomen ympäristökeskuksen raportteja 38/2014. ISBN 978-952-11-4401-1 (PDF).

- SYKE 2018. Vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden kuormitusinventaario – Uudet EU:n prioriteettiaineet. Kansallinen yhteenveto. 26.11.2018.
- SYKE 2019. Haitalliset aineet Suomen vesissä Tilanne ja seurannan suuntaviivat. Siimes, K., Vähä, E., Junntila, V., Lehtonen, K.K. ja Mannio, J. 2019 (toim.). Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2019. ISBN 978-952-11-4838-5 (PDF).
- TemaNord 2012. PPCP monitoring in the Nordic Countries – Status Report. TemaNord 2012:519. Nordic Council of Ministers.
- Thomas, S.M., Bodour, A.A., Murray, K.E. ja Inniss, E.C. 2009. Sorption behavior of a synthetic antioxidant, polycyclic musk, and an organophosphate insecticide in wastewater sludge. *Water Sci Technol*, 60, 145–154.
- Vieno, N. 2007. Occurrence of Pharmaceuticals in Finnish Sewage Treatment Plants, Surface Waters, and Their Elimination in Drinking Water Treatment Processes. Väitöskirja. Tampere University of Technology. Publication 666. ISBN 978-952-15-1781-5.
- Vieno, N. ja Sillanpää, M. 2014. Fate of diclofenac in municipal wastewater treatment plant — A review. *Environment International*, 69, 28–39.
- Vieno, N., Sarvi, M., Salo, T., Rämö, S., Ylivainio, K., Pitkänen, T. ja Kusnetsov, J. 2018. Puhdistamolietteiden sisältämien haitta-aineiden aiheuttamat riskit lannoitekäytössä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2018. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 129 s.
- VVY 2014. Haitalliset aineet jätevedenpuhdistamoilla -hankkeen loppuraportti. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 34. Helsinki 2014.
- Ympäristöministeriö 2018. Vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan lainsäädännön soveltaminen. Kuvaus hyvistä menettelytavoista. Ari Kangas (toimittaja). Ympäristöministeriön raportteja 19/2018.
- Zhang, J., Luo, J., ja Chang, H. 2020. Aerobic biodegradation of four groups of steroid hormones in activated sludge. *Hindawi Journal of Chemistry*, <https://doi.org/10.1155/2020/1309183>.
- Äystö, L., Junntila, V., Siimes, K. ja Perkola, N. 2020a. Lääkeaineiden esiintyminen ja riskit Vantaanjoen vesistössä. *Dosis* vol 26, 3/2020.
- Äystö, L., Laitinen, J., Vieno, N., Nystén, T., Fjäder, P. ja Kandelberg, K. 2020b. Lääkejäämien esiintyminen sairaalajätevedessä – Tapaus TYKS. *Ympäristö ja Terveys -lehti* 4, 2020, 5 vsk., s. 70–75.

## LIITTEET



LIITE 1 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN KÄYTTÖTARKOITUS

Taulukko 1. Tutkittujen haitta-aineiden käyttötarkoitus ja käyttötavat

Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
<b>LÄÄKEAINEET JA HORMONIT</b>		
17-alfa-etinyyliestradioli (EE2)	Puolisyntheettinen estrogeeni, jonka pääasiallinen käyttökohde on ehkäisyvalmisteet ja vähäisessä määrin joidenkin syöpien hoidossa. Antotapa tabletti ja depotlaastari. Kauppanimiä mm. Cemisiana, Daisynelle, Denise, Dienorette, Evra, Femoden, Levesia, Lumivela, Marvelon, Mercilon, Minulet, Yanulez ja Yasmin. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	1,6 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
17-beta-estradioli (E2)	Luonnollinen estrogeeni, jota erittyy pääosin naisilta, mutta jossain määrin myös miehiltä. Estrogeenia käytetään myös ehkäisyvalmisteissa, vaihdevuosien hormonihoidossa ja vähäisessä määrin joidenkin syöpien hoidossa. Antotapa tabletti, emätinpuikko, depotlaastari ja geeli. Kauppanimiä mm. Estring, Divigel, Progynova, Vagifem ja Zumenon.	52,1 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)  Arvio luontaisesta erittymisestä: 8 kg/v <sup>1</sup> )
Amoksisilliini	Penisilliini antibiootti. Käytetään bakteerien aiheuttamien tulehdusten hoitoon, mm. ylempien hengitystieinfektioiden, kuten välikorvatulehduksen, sivuontelotulehduksen ja keuhkoputkentulehduksen hoitoon, virtsatietulehduksen hoitoon sekä yhdistelmälääkkeissä <i>Helicobacter pylori</i> -infektion hoitoon. Antotapa tabletti ja oraalisuspensio. Kauppanimiä mm. Amorian, Amoxin, Augmentin, Betaclav, Bioclavid ja Helipak K. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	5 630 kg v. 2018 (arvio, joka perustuu DDD-arvoon 1 g ja DDD/1000 as/vrk arvoon 2,79 taulukon alla esitetyn laskukaavan mukaisesti <sup>2)</sup> )
Atsitromysiini	Makrolidiantibiootti, jota käytetään bakteerien aiheuttamien tulehdusten hoitoon, mm. välikorva-, nenän sivuontelo-, nielu-, kurkku- ja keuhkotulehdusten sekä iho- ja pehmytkudostulehdusten hoitoon. Antotapa tabletti, oraalisuspensio ja silmätipat. Kauppanimiä mm. Azyter, Azithromycin Orion ja Zithromax. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	200 kg v. 2018 (arvio, joka perustuu DDD-arvoon 0,3 g ja DDD/1000 as/vrk arvoon 0,33 taulukon alla esitetyn laskukaavan mukaisesti <sup>2)</sup> )
Diklofenaakki	Tulehduskipulääke ja (vähäisessä määrin) ihotautien ja silmätautien hoitoon. Antotapa tabletti, peräpuikko, infuusio, lääkelaastari, sumute, silmätipat ja geeli. Kauppanimiä mm. Arthrotec, Diclomex, Diotem, Eeze Spray Gel, Solaraze, Voltaren ja Voltfast. Saatavana itsehoitovalmisteena (vain geeli, sumute ja lääkelaastari).	2561 kg vuonna 2017 (Ek Henning ym. 2020)
Erytromysiini	Makrolidiantibiootti, jota käytetään bakteerien aiheuttamien tulehdusten hoitoon, mm. erilaiset hengitystieinfektiot, kuten nielu- ja poskiontelontulehdus, keuhkoputkentulehdus, keuhkokuume ja hinkuyskä, korvatulehdukset sekä ihon ja kudosten tulehdukset (esimerkiksi akne),	2,7 kg vuonna 2017 (Ek Henning ym. 2020)

Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
	virtsatieinfektiot sekä muut infektiot, kuten sukupuolitaudit. Antotapa tabletti ja infuusio. Kauppanimiä mm. Abbotcin ja Erythromycin Panpharma. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	
Estroni (E1)	Luonnollinen estrogeeni, jota erittyy pääosin naisilta, mutta jossain määrin myös miehiltä.	33,5 kg/v (arvio, ks. alaviite <sup>3)</sup> )
Fentanyyli	Opioidikipulääke ja anestesia-aine (opioidianesteetti). Antotapa injektio, nenäsumente, depotlaastari, tabletti. Kauppanimiä mm. Abstral, Durogesic, Fentanyl, Instanyl, Pecment ja Matrifen. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	2 kg v. 2018 (arvio, joka perustuu DDD-arvoon 0,0012 g ja DDD/1000 as/vrk arvoon 0,83 taulukon alla esitetyn laskukaavan mukaisesti <sup>2)</sup> )
Flukonatsoli	Sienten aiheuttamien infektioiden hoito, esim. emättimen hiivasienitulehdus ja limakalvon sammu. Antotapa kapseli, oraalisuspensio ja infuusio. Kauppanimiä mm. Canesoral, Diflucan ja Fluconazol Orion. Saatavana itsehoitovalmisteena.	114,3 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
Gemfibrotsiili	Veren rasva-ainearvojen alentamiseen käytetty aine (fibraatti). Antotapa tabletti. Kauppanimi Lopid. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	67,6 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
Ibuprofeeni	Tulehduskipulääke. Antotapa tabletti, injektio, purukapseli, oraalisuspensio, siirappi ja geeli. Kauppanimiä mm. Ardinex, Burana, Buranagel, Ibumax, Ibusal ja Ibuxin. Saatavana itsehoitovalmisteena.	120 408,8 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
Karbamatsepiini	Epilepsialääke. Antotapa tabletti, oraalisuspensio ja peräpuikko. Kauppanimiä mm. Neurotol ja Tegretol. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	2 909,7 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
Klaritromysiini	Makrolidiantibiootti, jota käytetään bakteerien aiheuttamien tulehdusten hoitoon, mm. keuhkoputkitulehdus tai keuhkokuume, nielu- tai korvatulehdus sekä haava- ja ihotulehdukset. Kauppanimiä mm. Chlarithromycin Hexal, Clarium, Klacid ja Zeclar. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	185,9 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
Klotrimatsoli	Ihon sienitautilääke. Antotapa emulsiovoide. Kauppanimiä mm. Canesten. Saatavana itsehoitovalmisteena.	Tietoa ei löydetty
Lansopratsoli	Protonipumpun estäjä, joka vähentää mahalaukussa muodostuvan suolahapon määrää. Käyttötarkoitus mm. närästyksen ja refluksitaudin hoito, pohjukaissuoli- ja mahahaavan hoito ja ruokatorvitulehduksen hoito ja estohoito sekä yhdistelmä-lääkkeissä <i>Helicobacter pylori</i> -infektion hoitoon. Antotapa enterokapseli. Kauppanimiä mm. Gasterix, Lanrec, Lansofarm, Lanvone ja Zolt. Saatavana itsehoitovalmisteena.	362 kg v. 2018 (arvio, joka perustuu DDD-arvoon 0,04 g ja DDD/1000 as/vrk arvoon 0,13 sekä DDD-arvoon 0,03 g ja DDD/1000 as/vrk arvoon 5,82 taulukon alla esitetyn laskukaavan mukaisesti <sup>2)</sup> )
Mebendatsoli	Suolistoparasiittien aiheuttamien infektioiden hoito. Mebendatsolia (kauppanimi Vermox) ei ole rekisteröity Suomessa, mutta sille on määräaikainen erityislupa eli määräämiseen riittää tavallinen resepti.	Tietoa ei löydetty

Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
Mikonatsoli ja mikonatsolinitraatti	Ihon sienitautilääke ja gynecologinen mikrobilääke. Antotapa emulsiovoide, emätinpuikko ja puuteri. Kauppanimiä mm. Daktarin, Gyno-Daktarin. Saatavana itsehoitovalmisteena.	Tietoa ei löydetty
Noretisteroni	Synteettinen keltarauhashormoni, jota käytetään hormonaalisissa ehkäisyvalmisteissa. Antotapa tabletti ja depotlaastari. Käytetään myös yhdistelmävalmisteissa estrogeenin ja etinyyliestradiolin kanssa. Kauppanimiä mm. Activelle, Cliovelle, Estalis, Kliogest, Mini-Pill, Noviana, Novofem, Primolut ja Trisekvens.	19,3 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
Omepratsoli	Protonipumpun estäjä, joka vähentää mahalaukussa muodostuvan suolahapon määrää. Käytössä on myös esomepratsolia, joka on omepratsolin S-enantiomeeri. Käyttötarkoitus mm. ruokatorven refluksisairauden hoito ja tulehduskipulääkkeiden käyttöön liittyvän mahahaavan hoito. Myös yhdistelmävalmisteissa tulehduskipulääke naprokseenin kanssa (kauppanimi Vimovo, vain reseptillä). Antotapa tabletti, oraalisuspensio ja injektio. Kauppanimiä mm. Acidal, Esopraz, Losec, Nexium, Omestad. Saatavana itsehoitovalmisteena.	1296,8 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
Permetriini	Lääkkeellinen käyttö ulkoloisten hädössä (mm. syhyhypunki ja täit). Antotapa emulsiovoide ja shampoo. Kauppanimi Nix. Saatavana itsehoitovalmisteena. Käytetään myös eläinlääkkeenä esimerkiksi koirien ulkoloisten häätöön. Suomessa aiemmin ollut myös kasvinsuojeluainekäytössä (tuhoeläinaine). Kasvinsuojeluainerekisterissä on ollut kaksi valmistetta, joista viimeisin on poistettu 31.12.2003. Biosidirekisterissä on 2 valmistetta, toinen puunsuoja-aine ammattimaiseen ja teolliseen käyttöön ja toinen villan teolliseen käsittelyyn tarkoitettu hyönteis- ja punkkimyrkky.	100 kg v. 2018 (SPIN-tietokanta)
Siprofloksasiini	Fluorokinoliryhmään kuuluva antibiootti, jota käytetään bakteerien aiheuttamien tulehdusten hoitoon, mm. hengitystieinfektiot, pitkään jatkuvat korva- tai nenän sivuonteloinfektiot, virtsatieinfektiot ja sukupuolielinten infektiot. Antotapa tabletti, infuusio ja korvatipat. Kauppanimiä mm. Cetraxal Comp ja Ciproxin. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	234,1 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
Sulfametoksatsoli	Sulfonamidiryhmään kuuluva antibiootti, jota käytetään bakteerien aiheuttamien tulehdusten hoitoon, mm. tulehdukset keskikorvassa, keuhkoputkessa tai muualla hengitysteissä (esim. akuutti tai krooninen keuhkoputkentulehdus ja keuhkokuume), virtsatietulehdukset sekä ruoansulatuskanavan tulehdukset. Antotapa tabletti. Kauppanimiä mm. Cotrim. Suomessa käytössä vain yhdistelmävalmisteissa trimetopriimin kanssa. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	422,3 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)

Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
Triklosaani	Aineella on lääkkeellistä käyttöä antiseptisena ja desinfiointiaineena, mutta Suomessa ei ole myönnetty myyntilupia aineen lääkkeelliseen käyttöön. EU:ssa aineella on luvallista biosidikäyttöä mm. pinnoitteiden, kuitujen, nahan, kumin ja polymeerien säilöntäaineena. Ainetta käytetään säilöntä- ja antimikrobisena aineena käsisaippuoissa, ihovoiteissa, hammastahnoissa, deodoranteissa sekä muovisissa leikkuulaudoissa, urheiluvälineissä, vaatteissa, kengissä ja huonekaluissa. Aineen tunnettuja tuotemerkkejä ovat Irgasan ja Irgacare. Kosmetiikassa triklosaanin suurin sallittu pitoisuus on 0,3 %.	n. 10–130 kg/v (käyttömäärätiedot vuosilta 2010–2014, Fjäder 2016)
Trimetopriimi	Antibiootti, jota käytetään bakteerien aiheuttamien tulehdusten hoitoon, mm. virtsatie-, korva- tai hengitystietulehduksen hoitoon. Suomessa on käytössä myös yhdistelmävalmisteita sulfonamidiryhmään kuuluvien antibioottien kanssa. Antotapa tabletti ja oraalisuspensio. Kauppanimiä mm. Cotrim, Ditrim Duplo, Trimopan ja Trimetin. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	854,1 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
Venlafaksiini	Masennuslääke. Antotapa depotkapseli. Kauppanimiä mm. Efexor Depot, Venlafaxin Ratiopharm ja Venorion. Saatavana vain reseptilääkkeenä.	2 028,2 kg v. 2017 (Ek Henning ym. 2020)
O-desmetyylivenlafaksiini	Venlafaksiinin aktiivinen metaboliitti eli ihmiskehon aineenvaihdunnan tuote.	Tietoa ei löydetty
<b>TORJUNTA-AINEET</b>		
1,2,4-Triatsoli	Ei kasvinsuojeluinerekisterissä Suomessa. Ainetta käytetään lannoitteiden, lääkeaineiden, maalien ja muiden kemikaalien valmistuksessa. Pääsy jätevesiin on mahdollinen teollisuudesta sekä materiaalien kulumisesta johtuvista syistä (esim. maalihuikkasten mukana ulkopinnoilta).	Tietoa Suomesta ei löydetty.  EU:n alueella tuotanto tai tuonti on 1–10 tonnia vuosittain (ECHA).
Asetamipridi	Tuhohyönteisten torjunta kotitalouksien sisä- ja ulkotiloissa, kasvihuoneissa, havupuiden taimissa ja maataloilla. Ainetta ei valmisteta EU:ssa (ECHA). Suomen kasvinsuojeluinerekisterissä 10 valmistetta.	Ks. alaviite <sup>4)</sup>
Atsoksitrobiini	Kasvitautilien torjunta maatalouskäytössä, kasvihuonetuotannossa, golfkentillä ja nurmipeitteisillä urheilukentillä. Suomen kasvinsuojeluinerekisterissä on 11 valmistetta. EU:ssa hyväksytyjä käyttötapoja ovat myös biosidikäyttö esimerkiksi kuitujen, kumin, polymeerien ja rakennusmateriaalien säilyttämisessä. Suomen biosidirekisterissä ei ole biosidikäyttöön hyväksytyjä valmisteita.	Ks. alaviite <sup>5)</sup>
Bifentriini	EU:ssa aine on hyväksytty käytettäväksi puunsuoja-aineena (biosidikäyttö). Suomen kasvinsuojelu- tai biosidirekisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttöihin hyväksytyjä valmisteita. Maailmanlaajuisesti aineella on myös tuhoeläinten torjuntakäyttöä.	Tietoa ei löydetty
Deltametriini	Tuhohyönteisten torjunta (erityisesti muurahaiset) kotitalouksissa sisä- ja ulkotiloissa sekä ammattikäyttöön. Tuhohyönteisten torjuntaan maataloilla.	400–500 kg v. 2015–2016 (SPIN tietokanta)

Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
	Suomen biosidirekisterissä on 11 valmistetta ja kasvinsuojeluinerekisterissä kaksi (2) valmistetta.	Ks. alaviite <sup>4 ja 6)</sup>
Diklofluanidi	EU:ssa aineella on hyväksytty antifouling (eliönesto) -käyttöä ja aine oli aiemmin hyväksytty käytettäväksi puunsuoja-aineena. Suomen kasvinsuojelu- tai biosidirekisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttötarkoituksiin hyväksytyjä valmisteita.	SPIN-tietokannan mukaan v. 2010 käyttömäärä on ollut 32 000 kg ja markkinoilla ollut valmisteita 28 kpl, mutta v. 2014 käyttömääräksi on ilmoitettu 0.0 tonnia/v ja markkinoilla on ollut valmisteita 4 kpl.
Dimetoaatti	Tuhoeläinten torjunta. Suomen kasvinsuojeluinerekisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita, mutta aiemmin käytössä on ollut kuusi (6) valmistetta. Viimeinen valmiste on poistettu rekisteristä 30.6.2020.	
Dimoksistrobiini	Maanviljelyssä käytettävä sienimyrkky (fungisidi). Suomen kasvinsuojelu- tai biosidirekisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttöihin hyväksytyjä valmisteita.	
Diuroni	EU:ssa aineella on hyväksytty käyttöä rakennusmateriaaleissa ja maalien biosidina. Ainetta käytetään polymeerien (esim. lattiamateriaalit) ja kumituotteiden (esim. autonrenkaat) valmistuksessa. Suomen kasvinsuojelu- tai biosidirekisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttöihin hyväksytyjä valmisteita.	2 400 kg v. 2018 (SPIN-tietokanta)
Epoksikonatsoli	Maanviljelyssä käytettävä sienimyrkky (fungisidi). Suomen kasvinsuojelu- tai biosidirekisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttöihin hyväksytyjä valmisteita. EU:ssa ei ole hyväksytyjä käyttökohteita.	Tietoa ei löydetty
Esfenvaleraatti	Tuhohyönteisten torjunta maatalouskäytössä. Suomen kasvinsuojeluinerekisterissä on yksi (1) valmiste.	Ks. alaviite <sup>4)</sup>
Famoksadoni	Kasvitautilien torjunta-aine (esim. perunarutto ja lehtipolte) maatalouskäytössä. Suomen kasvinsuojeluinerekisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita, mutta aiemmin käytössä on ollut yksi (1) valmiste. Se on poistettu rekisteristä 31.12.2014.	Tietoa ei löydetty
Imatsaliili	Kasvitautilien torjunta-aine maatalouskäytössä. Voidaan käyttää myös erityisesti sitrushedelmien sadonkorjuunjälkeiseen kasvitautilien torjuntaan. Suomen kasvinsuojeluinerekisterissä on kolme (3) valmistetta.	Ks. alaviite <sup>5)</sup>
Imidaklopridi	Tuhohyönteisten torjunta kasvihuoneviljelyssä. Biosidikäyttö kotitalouksissa muurahaisten ja torakoiden torjuntaan. Huonekärpästen torjunta eläinsuojissa ja jätteenkäsittelylaitoksissa. Suomen kasvinsuojeluinerekisterissä on yksi (1) valmiste ja biosidirekisterissä seitsemän (7) valmistetta.	200–300 kg v. 2015–2016 (SPIN tietokanta) Ks. alaviite <sup>4 ja 6)</sup>

Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
Ipkonatsoli	Kasvitautilien ehkäisy erityisesti siementen käsittelyssä (fungisidi). Suomen kasvinuojelu- tai biosidirekisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttöihin hyväksytyjä valmisteita.	Tietoa ei löydetty
Klotianidiini	Sokerijuurikkaan ja öljykasvien siementen teollinen peittäys tuhohyönteisten torjumiseksi. Suomen kasvinuojeluinerekkisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita, mutta aiemmin käytössä on ollut kaksi (2) valmistetta, joista viimeisin on poistettu rekisteristä 19.9.2018. EU:ssa on myös aiemmin ollut hyväksytyä biosidikäyttöä puunsuoja-aineena.	Tietoa ei löydetty
Malationi	Tuhoeläinten torjunta-aine. Suomen kasvinuojeluinerekkisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita, mutta aiemmin käytössä on ollut kolme (3) valmistetta, jotka on poistettu rekisteristä 1.10.2008.	Tietoa ei löydetty
Metaflumitsoni	Tuhoeläinten torjunta maatalouskäytössä. Koirien ja kissojen kirppu- ja punkkitartunnan hoito ja ennaltaehkäisy. Suomen kasvinuojelu- tai biosidirekisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttöihin hyväksytyjä valmisteita. Suomessa ei ole käytössä ainetta sisältäviä myyntiluvallisia eläinlääkkeitä. Aiemmin on ollut käytössä Promeris-merkkiä valmisteita, joiden myyntiluvat ovat peruuntuneet v. 2015.	Tietoa ei löydetty
Metiokarbi	Tuhoeläinten (esim. etanat) torjunta-aine. Suomen kasvinuojeluinerekkisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita, mutta aiemmin käytössä on ollut kolme (3) valmistetta, joista viimeisin on poistettu rekisteristä 18.9.2015.	Tietoa ei löydetty
Metkonatsoli	Kasvitautilien torjunta-aine maatalouskäytössä ja golfnurmilla. Suomen kasvinuojeluinerekkisterissä on 10 valmistetta.	Ks. alaviite <sup>5)</sup>
Nikosulfuroni	Rikkakasvien torjunta-aine. Suomen kasvinuojelu- tai biosidirekisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttöihin hyväksytyjä valmisteita.	Tietoa ei löydetty
Oksadiatsoni	Rikkakasvien torjunta-aine. Suomen kasvinuojelu- tai biosidirekisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttöihin hyväksytyjä valmisteita.	Tietoa ei löydetty
Ometoaatti	Tuhohyönteisten torjunta-aine. Suomen kasvinuojelu- tai biosidirekisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttöihin hyväksytyjä valmisteita.	Tietoa ei löydetty
Penkonatsoli	Kasvitautilien torjunta-aine maatalouskäytössä Suomen kasvinuojeluinerekkisterissä on kaksi (2) valmistetta.	Ks. alaviite <sup>5)</sup>
Prokloratsi	Kasvitautilien torjunta-aine maatalouskäytössä ja metsätaimitarhoilla. Suomen kasvinuojeluinerekkisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita, mutta aiemmin käytössä on ollut viisi (5) valmistetta, joista viimeisin on poistettu rekisteristä 19.3.2020.	Tietoa ei löydetty

Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
Propikonatsoli	Kasvitautilien torjunta-aine maatalouskäytössä ja metsätaimien torjunnassa. Puunsuoja-aine ammatti- ja kuluttajakäytössä. EU kielsi propikonatsolin käytön vuonna 2018. Suomen kasvinsuojeluinerekkisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita, mutta aiemmin käytössä on ollut 25 valmistetta, joista viimeisimmät on poistettu rekisteristä 19.3.2020. Biosidirekkisterissä on 44 valmistetta.	Ks. alaviite <sup>5 ja 6)</sup>  9 900 kg v. 2018 (SPIN-tietokanta). Huom. Nykyään käyttö vähäistä, koska aine on kielletty.
Tebukonatsoli	Kasvitautilien torjunta-aine maatalouskäytössä, siementen peittäminen ja kotitalouskäytössä puutarhoissa ja kasvihuoneissa. Puunsuoja-aine teolliseen ja ammattikäyttöön. Suomen biosidirekkisterissä on seitsemän (7) valmistetta ja kasvinsuojeluinerekkisterissä 17 valmistetta.	Ks. alaviite <sup>5 ja 6)</sup>  12 000 kg v. 2018 (SPIN-tietokanta)
Tetrakonatsoli	Kasvitautilien torjunta-aine (fungisidi). Suomen kasvinsuojelu- tai biosidirekkisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla näihin käyttötarkoituksiin hyväksytyjä valmisteita.	Tietoa ei löydetty
Tiaklopridi	Tuhohyönteisten torjunta maatalouskäytössä. Puunsuoja-aine. Suomen kasvinsuojeluinerekkisterissä on kolme (3) valmistetta. Suomen biosidirekkisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla biosidikäyttöön hyväksytyjä valmisteita. EU on kieltänyt tiaklopridin käytön. Aineen käyttö on ollut sallittua 3.2.2021 saakka ja myynti 20.6.2020 saakka.	Ks. alaviite <sup>5)</sup>
Tiametoksaami	Tuhohyönteisten torjunta (siementen peittäminen). Suomen kasvinsuojeluinerekkisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita, mutta aiemmin käytössä on ollut neljä (4) valmistetta, joista viimeisimmät on poistettu rekisteristä 19.9.2018. Biosidirekkisterissä on yksi (1) valmiste, jonka käyttötarkoitus on huonekärpästen torjunta eläintuotantotiloissa. EU:ssa on aiemmin ollut sallittua biosidikäyttö puunsuoja-aineissa.	Ks. alaviite <sup>6)</sup>
Tolyylifluanidi	Kasvitautilien torjunta-aine (fungisidi). Suomen kasvinsuojeluinerekkisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita, mutta aiemmin käytössä on ollut yksi (1) valmiste, joka on poistettu rekisteristä 1.10.2008. EU:ssa on hyväksytty biosidikäyttö maaleissa, pinnoitteissa, puunsuoja-aineissa ja antifouling (eliönesto) -aineissa. Suomen biosidirekkisterin mukaan Suomessa ei ole markkinoilla biosidikäyttöön hyväksytyjä valmisteita.	200 kg v. 2017 (SPIN tietokanta)
Triallaatti	Rikkakasvien torjunta-aine. Suomen kasvinsuojeluinerekkisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita.	Tietoa ei löydetty
Triasulfuroni	Rikkakasvien torjunta-aine. Suomen kasvinsuojeluinerekkisterissä ei ole hyväksytyjä valmisteita, mutta aiemmin käytössä on ollut kolme (3) valmistetta, joka on poistettu rekisteristä 30.9.2017.	Tietoa ei löydetty
<b>ALKUAINEET</b>		
Hopea	Hopeaa esiintyy ympäristössä luonnostaan. Hopeaa käytetään yhä enenevässä määrin kuluttajatuotteissa sen antimikrobisen ominaisuutensa	1 400 kg v. 2018 (SPIN-tietokanta)

Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
	vuoksi. Näissä tuotteissa hopea on usein nanomuotoisena. Hopeaa sisältäviä kuluttajatuotteita ovat mm. tekstiilit, puhdistusaineet, maalit, kosmetiikka ja hygieniatuotteet. Myös ihmisten virtsassa ja ulosteessa voi olla ravinnosta, juomavedestä ja kosmetiikasta, ja amalgaamipaikoista lähtöisin olevaa hopeaa. Jätevesiin voi päätyä hopeaa myös koruista ja hopeaesineistä. Toimintoja, joista hopeaa voi päätyä viemäriin ovat mm. autopesula, terveyspalvelut, hammashoitolat ja pesulat. Myös huleveden mukana voi puhdistamolle päätyä hopeaa. (Amneklev 2014)	
Kadmium	Kadmium on ympäristössä yleisesti esiintyvä raskasmetalli. Päästölähteitä ympäristöön ja jäteveteen ovat ilmaperäinen kaukokulkeutuma, kaivosteollisuus, metalliteollisuus (erityisesti sinkintuotanto), turvetuotantoalueet, vesistöjen sedimentit (ruoppaus- ja läjitystoiminta), huuhtouma happamasta maaperästä, metsäojitusten seurauksena, hulevedet erityisesti teollisuusalueilta, autojen pesu, kemikaalien ja kemiallisten tuotteiden valmistus, paperiteollisuus, lasin ja lasituotteiden valmistus, metallien käsittely ja pinnoitus, kaatopaikkojen suotovedet, fosfaattipitoiset lannoitteet, kuluttajatuotteet kuten fosfaattipitoiset pesuaineet, taidemaalit, talousvesi ja ravinto.	5 000 kg v. 2011 (SPIN-tietokanta)
Kromi	Kromin lähteitä ympäristössä on mm. kaivosteollisuus ja (Suomessa Kemian kromikaivos ja Tornion ferrokromisulattamo) ja metallien pintakäsittely (kromitrioksidi). Kromia käytetään pääosin erilaisissa metalliseoksissa, kuten ruostumattoman teräksen valmistuksessa. Kromia käytetään myös pinnoitteena. Kolmen- ja kuudenarvoista kromia käytetään myös väriaineissa ja pigmenteissä, nahan käsittelyssä ja puunsuoja-aineena.	271 012 tonnia v. 2018 (SPIN-tietokanta)
Nikkeli	Nikkeliä käytetään erilaisissa metalliseoksissa, kuten ruostumattomassa teräksessä sekä lisäaineena voiteluaineissa, rasvoissa ja muottiöljyissä. Nikkeliä käytetään myös kolikoissa, paristoissa sekä hybridi-ajoneuvojen akuissa. Nikkelin päästölähteitä viemäriin ja ympäristöön on myös kaivosteollisuus ja nikkelin jalostaminen.	27 347 tonnia v. 2018 (SPIN-tietokanta)
Seleeni	Ainetta käytetään teollisuudessa raaka-aineena (väriaine, lannoitteet ja lannoitevalmisteet) sekä lasi- ja pigmentointiteollisuudessa värjäys- ja värinpoistoaineena. Myös monet ruoka-aineet sisältävät seleeniä ja seleeniä käytetään myös lisäravinteena.	200 kg v. 2015 (SPIN-tietokanta)
Sinkki	Terästä pinnoitetaan sinkillä korroosion estämiseksi. Muita käyttökohteita löytyy rakennus-, auto- ja kuljetusvälineiteollisuudesta. Nanomuotoista sinkkioksidia käytetään useissa eri tuotteissa kuten muoveissa, keramiikassa, lasissa, kumissa, palonestoaineissa, maaleissa ja puolijohteissa sekä kosmetiikasta (esim. sinkkivoide). Sinkki on myös	565 tonnia v. 2018 (SPIN-tietokanta)



Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
	hivenaine ja sitä myydään lisäravinteena. Sinkin päästölähteitä viemäriin ja ympäristöön on myös kaivosteollisuus (Suomessa Kokkolan sinkkitehdas).	
Uraani	Uraania esiintyy luonnon mineraaleissa ja luonnonvesissä. Uraanioksidia käytetään mm. polttoaineissa. <sup>235</sup> U-isotooppia käytetään ydinpolttoaineena. Uraania esiintyy myös juomavedessä ja ravinnossa.	Tietoa ei löydetty
<b>PERFLUORATUT YHDISTEET</b>		
PFOA	Perfluorattuja yhdisteitä käytetään kuluttajatuotteissa niiden vettä, likaa ja rasvaa hylkivien ominaisuuksien vuoksi sekä palonestoaineina sisustustekstiileissä sekä sähkö- ja elektroniikkatuotteissa. PFOA on ubikvitäärinen ja kaukokulkeutuva.	Aine on listattu Tukholman sopimuksen liitteeseen A, jonne listattujen yhdisteiden tuotanto ja käyttö tulee lopettaa.
PFOS	Perfluorattuja yhdisteitä käytetään kuluttajatuotteissa niiden vettä, likaa ja rasvaa hylkivien ominaisuuksien vuoksi sekä palonestoaineina sisustustekstiileissä sekä sähkö- ja elektroniikkatuotteissa. PFOS:lla on Suomessa vähäistä teollista tai ammattimaista käyttöä lähinnä metallien pintakäsittelyssä (kromaus), puolijohde- ja valokuvateollisuudessa ja lentokoneiden hydraulinesteissä. Aikaisemmin aineella on ollut merkittävää käyttöä sammutusvaahdoissa sekä tekstiilin, nahan ja paperin pintakäsittelyssä. Lisäksi ainetta on käytetty mm. metallien pintakäsittelyssä sekä kotitalouden ja teollisuuden puhdistusaineissa. Aine on ubikvitäärinen ja kaukokulkeutuva.	n. 20–40 kg vuosi (SYKE 2018)  PFOS-yhdisteet on lisätty Tukholman sopimuksen liitteeseen B, jonne listattujen yhdisteiden käyttö on kielletty muuten kuin tietyissä sovelluksissa, joihin ei vielä ole välttämättä olemassa korvaavia kemikaaleja.
<b>PALONESTOAINEET</b>		
Bromatut difenyylietterit (BDE-28, -47, -99, -100, -153 ja -154)	Aineita käytetään palonsuoja-aineina erilaisissa muoveissa, sähkölaitteiden piirilevyissä ja joustavien polyuretaanivaahtojen palosuojauksessa, kuten esimerkiksi huonekalujen ja autojen pehmusteissa. Aineet ovat ubikvitäärisiä.	Kongeneerit 47, 99, 100, 153 ja 154 on listattu Tukholman sopimuksen liitteeseen A, jonne listattujen yhdisteiden tuotanto ja käyttö tulee lopettaa.
HBCD	Ainetta käytetään palonestoaineena paisutetussa (EPS) ja suulakepuristetussa (XPS) polystyreenituotteissa, joita käytetään lämmöneristeinä. Ainetta on käytetty myös elektroniikkatuotteissa ja tekstiileissä, kuten istuinten verhoiluissa. Myös pakkausmateriaaleina käytettävä EPS voi sisältää HBCD:ta. Aine on ubikvitäärinen ja kaukokulkeutuva.	Aine on listattu Tukholman sopimuksen liitteeseen A, jonne listattujen yhdisteiden tuotanto ja käyttö tulee lopettaa. 92 900 kg v. 2015 HBCD (CAS 3194-55-6) (SPIN-tietokanta)  Käyttö EU:ssa 21.8.2015 lähtien luvanvaraista, ja Suomessa on siirretty korvaaviin aineisiin v. 2016 (SYKE 2018)

Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
<b>ALKYYLIFENOLIT JA NIIDEN ETOKSYLAATIT</b>		
Nonyylifenoli	Nonyylifenolia käytetään pintakäsittelyaineena, voiteluöljyn lisäaineena, stabilointiaineena, öljyn emulsionpoistoaineena, polymeerien, kuten kumin ja muovin, antioksidanttina. Lisäksi sitä käytetään raaka-aineena tuottaessa teollisesti nonyyllifenolietoksylaatteja. Suomessa nonyyllifenolia käytetään kemianteollisuudessa mm. lakkojen kovetinaineiden, erilaisten kiinnitys- ja täyteaineiden, sekä korroosionestoaineiden ainesosana.	Nonyylifenoli on v. 2003 kielletty EU:ssa tiettyjä käyttökohteita lukuunottamatta.  SPIN-tietokanta: CAS 25155-52-3: 400 kg v. 2018 CAS 84852-15-3: 100 kg v. 2018 CAS 104-40-5: ei käyttötietoa Suomesta
Nonyylifenolietoksylaattit	Aineita käytetään mm. teollisissa puhdistusaineissa, autojen pesuun käytettävissä pesuaineissa, maalien ja lakkojen valmistuksessa.	Nonyylifenolietoksylaattit, etoksiryhmiä 2–30 kpl (CAS 9016-45-9): 214 200 kg v. 2018 (SPIN-tietokanta)
Oktyylifenoli	Pääasiallinen käyttökohde on maalien valmistus sekä autonrenkaiden lisäaine.	CAS 140-66-9: 200 kg v. 2018 (SPIN-tietokanta)
Oktyylifenolietoksylaattit	Maalien valmistus sekä tekstiilien valmistus ja pesu.	CAS 9002-93-1: 300 kg v. 2018 (SPIN-tietokanta)
<b>FTALAAIT</b>		
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	Ainetta on käytetty pääasiassa pehmittimenä ja stabilisaattorina kumissa ja PVC-muoveissa. Muita käyttökohteita ovat pinnoitteet, tiivisteet, paperin, muovin ja tekstiilien painomusteet.	600 kg v. 2017 (SPIN-tietokanta)
Bentsyylibutyyliftalaatti (BBP)	PVC-muovien pehmittimenä erityisesti lattiamateriaaleissa sekä nahan ja tekstiilien pintakäsittelyaineena. Muita käyttökohteita ovat tiivisteet, liimat, maalit, painomusteet ja pinnoitteet.	Tietoa ei löydetty
Dibutyyliftalaatti (DBP)	PVC-muovien pehmittimenä, pehmittimenä lakoissa ja maaleissa sekä kumi- ja muovituotteiden valmistuksessa. Ainetta on käytetty myös kosmetiikassa esimerkiksi kynsilakoissa, hajuvesissä ja hiuslakassa.	100 kg v. 2015 (SPIN-tietokanta)
<b>MUUT AINEET</b>		
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnamaatti (EHMC)	Ainetta käytetään UV-suoja-aineena kosmetiikassa.	Suomesta ei löytynyt tietoa, mutta Ruotsissa käyttö on ollut 1 100 kg v. 2018 ja Tanskassa 300 kg v. 2017 (SPIN-tietokanta)
2,6-di-tert-butyli-4-metyylifenoli	Ainetta käytetään antioksidanttina mm. ruuan lisäaineena, metalliteollisuudessa, kosmetiikassa ja lääkkeissä.	25 900 kg v. 2018 (SPIN-tietokanta)
Bisfenoli-A	Ainetta käytetään polykarbonaatti- ja epoksihartsimuovien rakennusaineena. Kotitalouksissa käyttökohteita ovat mm. muoviset säilytysrasiat, ruokailuvälineet ja juomapullot sekä säilyke- ja virvoitusjuomatölkkien	426 200 kg v. 2018 (SPIN-tietokanta)

Tutkimukseen valittu aine	Aineen käyttötarkoitus	Käyttömäärä
	sisäpinnoitteet. Ainetta käytetään myös lämpöpapereissa kuten kuittipaperissa. Suomen kemikaalituoterekisterissä yksi valmiste, joka on tarkoitettu teolliseen käyttöön pinta-aktiiviseksi aineeksi ja laboratorioskemikaaliksi.	
EDTA	EDTA:ta käytetään sellu- ja paperiteollisuudessa ja meijeriteollisuudessa. Ainetta käytetään myös pesu- ja puhdistusaineissa. Muita EDTA:n käyttökohteita ovat mm. valokuvauskemikaalit, maatalous, tekstiiliteollisuus, galvanointiteollisuus, kosmeettiset aineet, vedenkäsittely, nahkateollisuus, painoteollisuus, teollisten rasvojen ja voiteluöljyjen käyttö, kumin tuotanto ja prosessointi, metallien käsittely, rakennusteollisuus ja analyyttinen kemia. H <sub>4</sub> EDTA:ta käytetään myös torjunta-aineissa.	11 800 kg v. 2018 CAS-numero 60-00-4 (SPIN-tietokanta)
Keskipitkäketjuiset (C14-C17) klooratut parafiinit, MCCP	Aineita käytetään muovien, kumiin, musteiden, maalien ja pinnoitteiden pehmentiminä ja palonestoaineina.	88 500 kg/v (SPIN-tietokanta)
Lyhytketjuiset (C10-C13) klooratut parafiinit, SCCP	Aineita käytettiin aikaisemmin muovien ja maalien pehmentiminä, metallien työstössä ja nahkatuotteiden käsittelyssä. Käyttö metallin työstössä ja nahkateollisuudessa kiellettiin vuonna 2004.	< 100 kg/v (Mehtonen ym. 2018) SPIN-tietokannassa aineiden käyttömäärä Suomessa on luottamuksellista tietoa v. 2006–2017. Vuonna 2004 käyttö on ollut 3 000 kg/v. Ruotsissa käyttö on ollut 1 000 kg v. 2014. Tanskassa käyttö on ollut 4 400 kg v. 2018.

<sup>1)</sup> VVY (2014) mukaan Suomessa voidaan arvioida biosaatavan E2:n luontaisen erittymisen virtsaan ja ulosteeseen olevan asukasta kohti vuorokaudessa 3.9 µg. Asukasmääränä on käytetty arvoa 5 529 156.

<sup>2)</sup> Suomen lääketilastossa lääkekulutus esitetään määriteltyihin vuorokausiannoksiin (DDD, defined daily dose) perustuen. Lääketilastossa esitetyistä luvuista voidaan laskea kokonaismyyntimäärä seuraavalla kaavalla:

$$\text{Myyntimäärä (kg/v)} = \text{DDD (g)} \times \text{DDD/1000 as/vrk} \times \frac{\text{Asukasmäärä}}{1000\ 000} \times 365$$

, jossa DDD= defined daily dose eli lääkeaineelle määritelty vuorokausiannos grammoina  
 DDD/1000 as/vrk= Suomen lääketilastossa esitetty myyntimäärätieto  
 Asukasmäärä= Suomen väkiluku v. 2018 (5 529 156)

<sup>3)</sup> Luontaisten estrogeenien erittymismääriä virtsaan ja ulosteeseen voidaan tarkemmin arvioida käyttäen lähteiden Liu ym. (2009) ja Johnson ja Williams (2004) tietoja ja menetelmiä. Laskelmia ei ole tässä esitetty. Suomessa voidaan arvioida estronin luontaisen erittymisen virtsaan ja ulosteeseen olevan asukasta kohti vuorokaudessa 16,6 µg. Asukasmääränä on käytetty arvoa 5 529 156.

<sup>4)</sup> Insektisidien (asetamipridi, deltametriini, esfenvaleraatti, imidaklopridi ja tiaklopridi) kokonaiskäyttömäärä kasvinsuojeluaineena Suomessa v. 2019 oli 1 631 kg

<sup>5)</sup> Fungisidien (atsoksitrobiini, imatsaliili, metkonatsoli, penkonatsoli, propikonatsoli ja tebukonatsoli) kokonaiskäyttömäärä kasvinsuojeluaineena Suomessa v. 2019 oli 17 325 kg

<sup>6)</sup> Biosidien (deltametriini, imidaklopridi, propikonatsoli, tebukonatsoli, tiametoksaami) kokonaiskäyttömäärä Suomessa v. 2019 oli 5 000 kg. Merkittävin määrä on propikonatsolin osuus.

#### **Lähteet:**

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin kasvinsuojeluainerekisteri,  
Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin biosidirekisteri ja kemikaalituoterekisteri,  
SPIN-tietokanta (Substances in Preparations in Nordic Countries, <http://spin2000.net/>)  
Euroopan kemikaaliviraston tietokannat  
Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus Fimean verkkosivut  
Työterveyslaitoksen lääkevalmisteiden pakkausselosteet,  
Suomen lääketilasto 2018  
Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen verkkosivut  
Ympäristöministeriö 2018  
Ek Henning ym. 2020  
Ghiani ym. 2014  
Mehtonen ym. 2018  
Siimes ym. 2019  
SYKE 2018  
VVY 2014

LIITE 2 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN PITOISUUSMITTAUSTEN YHTEENVETO

Taulukko 1. Haitta-aineiden pitoisuusmittausten yhteenveto. Keskiarvot, mediaanit, minimi- ja maksimi-arvot on laskettu 17 ison puhdistamon tuloksille. n= lukumäärä, mr= määrittäjä

Tutkimukseen valittu aine	Tuleva jätevesi (µg/l)						Käsitelty jätevesi (µg/l)					
	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
<b>PERUSANALYYSIT</b>												
Kiintoaine (mg/l)	18	83	349	340	110	570	17	11	4,7	4,8	1,9	7,8
BOD7 (mg/l)	18	120	317	260	93	590	18	5,8	17,9	2,6	1,2	250
COD (mg/l)	18	290	686	680	190	1100	18	62	59,1	35	19	370
Kokonaistyyppi (mg/l)	18	35	57	56	32	75	18	33	15,9	9,6	2,7	47
Ammoniumtyppi (mg/l)	18	34	51	52	29	71	2	41	58,0	58	58	58
Fosfori (mg/l)	18	4,4	7,9	7,4	3,3	12	18	0,29	0,2	0,16	0,06	0,28
<b>LÄÄKEAINEET JA HORMONIT</b>												
17-alfa-etinyliestradioli (EE2)	0	<0,0035	<0,0035	<0,0035	<0,00035	<0,0035	1	<0,00035	<0,00035	<0,00035	<0,000035	0,0004
17-beta-estradioli (E2)	11	<0,04	0,069	0,072	<0,004	0,13	0	<0,004	<0,004	<0,004	<0,0004	<0,004
Amoksisilliini	0	<1	<2	<2	<1	<2	0	<1	<1	<1	<0,1	<1
Atsitromysiini	17	<0,01	0,108	0,093	<0,01	0,21	18	0,027	0,084	0,091	0,034	0,14
Diklofenaakki	18	2,9	1,819	1,8	0,63	3,1	18	2,6	1,5	1,5	0,84	2,2
Erytromysiini	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,017	16	<0,001	0,009	0,006	<0,001	0,056
Estroni (E1)	18	0,059	0,054	0,045	0,028	0,12	16	0,017	0,002	0,0014	<0,0004	0,008

Tutkimukseen valittu aine	Tuleva jätevesi (µg/l)						Käsitelty jätevesi (µg/l)					
	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
Flukonatsoli	18	0,12	0,161	0,16	0,086	0,23	18	0,038	0,15	0,14	0,096	0,26
Gemfibrotsiili	0	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	<0,2	0	<0,1	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Ibuprofeeni	18	16	19,6	18	12	34	1	0,38	<0,1	<0,1	<0,05	0,25
Karbamatsepiini	15	<0,05	0,35	0,32	<0,05	1,2	17	<0,025	0,34	0,29	<0,025	1
Klaritromysiini	17	1,2	0,16	0,13	<0,01	0,62	18	0,42	0,091	0,08	0,008	0,18
Klotrimatsoli	18	0,095	0,227	0,2	0,052	0,45	0	<0,025	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01
Mebendatsoli	2	<0,05	<0,1	<0,1	<0,05	0,062	3	<0,025*	<0,05	<0,05	<0,005	0,016
Mikonatsoli	16	0,052	0,098	0,096	<0,05	0,16	0	<0,025	<0,05	<0,05	<0,005	<0,05
Noretisteroni	0	<0,2	<0,4	<0,4	<0,2	<0,4	0	<0,2	<0,2	<0,2	<0,02	<0,2
Permetriini	12	0,212	0,23	0,25	<0,1	0,42	0	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Siprofloksasiini	14	<0,5	1,3	1,2	<0,5	4,8	0	<0,25	<0,5	<0,5	<0,05	<0,5
Sulfametoksatsoli	15	0,14	0,44	0,41	<0,1	1,2	17	0,19	0,10	0,095	<0,1	0,28
Triklosaani	7	<0,5	0,081	0,027	<0,05	0,25	0	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Trimetopriimi	17	<0,05	0,39	0,39	<0,05	0,72	18	0,13	0,28	0,28	0,092	0,48
Venlafaksiini	18	0,11	0,79	0,73	0,36	1,2	18	0,1	0,63	0,55	0,4	1,1
<b>TORJUNTA-AINEET</b>												
Asetamipridi	0	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	2	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,009
Atsoksitrobiini	0	<0,25	<0,25	<0,25	<0,05	<0,25	1	<0,025	<0,025	<0,025	<0,005	0,006
Bifentriini	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,05	<0,5	0	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Tutkimukseen valittu aine	Tuleva jätevesi (µg/l)						Käsitelty jätevesi (µg/l)					
	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
Deltametriini	0	<1	<1	<1	<0,1	<1	0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Diklofluaniidi	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Dimetooatti	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	0,062
Dimoksisstrobiini	0	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Diuroni	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Epoksikonatsoli	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,05	<0,5	0	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Esfenvaleraatti	0	<5	<5	<5	<0,5	<5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Famoksadoni	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Imatsaliili	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,066
Imidaklopridi	6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13
Klotianidiini	2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,039	0	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Malationi	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Metaflumitsoni	0	<2,5	<2,5	<2,5	<0,5	<2,5	0	<0,25	<0,1	<0,1	<0,05	<0,1
Metiokarbi	0	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Metkonatsoli	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	0,14	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Nikosulfuroni	0	<0,5	<0,5	<0,05	<0,1	<0,5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Oksadiatsoni	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ometooatti	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Penkonatsoli	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05

Tutkimukseen valittu aine	Tuleva jätevesi (µg/l)						Käsitelty jätevesi (µg/l)					
	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
Prokloratsi	0	<20	<20	<20	<2	<20	0	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Propikonatsoli	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Tebukonatsoli	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Tetrakonatsoli	0	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Tiaklopridi	0	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Tiametoksaami	0	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,004
Tolyylifluanidi	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Triallaatti	0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Triasulfuroni	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05	0	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005
<b>ALKUAINEEET</b>												
Hopea	2	11	<2	<2	<2	11	1	5,6	<2	<2	<2	<2
Kadmium	12	<0,1	0,19	0,12	<0,1	0,79	0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kokonaiskromi	12	<3	3,8	3,7	<3	9,1	1	<3	<3	<3	<3	3,4
Kromi (III)	5	<5	<5	<5	<5	9,1	0	<5	<5	<5	<5	<5
Kromi (VI)	0	<5	<5	<5	<5	<5	0	<5	<5	<5	<5	<5
Nikkeli	17	<3	8,3	7,1	<3	18	18	4,6	8,3	7,1	4,1	17
Seleen	3	<1	<1	<1	<1	2,3	0	<1	<1	<1	<1	<1
Sinkki	18	66	175	150	66	590	18	35	47	44	25	88
Uraani	13	<0,5	2,3	1,5	<0,5	8,9	5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	2,8
<b>PERFLUORATUT YHDISTEET</b>												



Tutkimukseen valittu aine	Tuleva jätevesi (µg/l)						Käsitelty jätevesi (µg/l)					
	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
PFOA	2	<0,001	<0,005	<0,005	<0,005	0,013	15	<0,001	0,0041	0,0035	<0,003	0,012
PFOS	4	<0,005	<0,01	<0,01	<0,001	0,031	16	<0,005	0,0058	0,004	<0,001	0,022
<b>PALONESTOAINHEET</b>												
BDE-28	0	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
BDE-47	16	<0,0013	0,0026	0,0026	<0,0013	0,0056	0	<0,000125	<0,000125	<0,000125	<0,000125	<0,000125
BDE-99	16	<0,0013	0,0029	0,0026	<0,0013	0,0057	0	<0,000125	<0,000125	<0,000125	<0,000125	<0,000125
BDE-100	8	<0,0005	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0013	0	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
BDE-153	0	<0,00075	<0,00075	<0,00075	<0,00075	<0,00075	0	<0,000075	<0,000075	<0,000075	<0,000075	<0,000075
BDE-154	17	<0,00075	<0,00075	<0,00075	<0,00075	0,00077	0	<0,000075	<0,000075	<0,000075	<0,000075	<0,000075
BDE summa	16	<0,0046	0,0062	0,0057	<mr	0,0126	0	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
α-HBCD	0	<0,0069	<0,0069	<0,0069	<0,0069	<0,0069	0	<0,00069	<0,00069	<0,00069	<0,00069	<0,00069
β-HBCD	0	<0,0035	<0,0035	<0,0035	<0,0035	<0,0035	0	<0,00035	<0,00035	<0,00035	<0,00035	<0,00035
γ-HBCD	3	<0,0046	<0,0046	<0,0046	<0,0046	0,069	0	<0,00046	<0,00046	<0,00046	<0,00046	<0,00046
HBCD summa	3	<0,015	<mr	<mr	<mr	0,069	0	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
<b>ALKYYLIFENOLIT JA NIIDEN ETOKSYLAATIT</b>												
4-n-nonyylifenoli	0	<0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
4-nonyylifenoli	9	0,66	0,96	0,50	<1	2,10	4	0,15	0,07	<0,1	<0,1	0,23
Nonyylifenolimonoetoksyylaatti	14	0,58	0,81	0,79	<0,5	1,60	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nonyylifenolidietoksyylaatti	14	0,1	0,15	0,14	<0,1	0,42	2	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04
Nonyylifenoli summa (TEQ)	18	1,00	1,44	1,14	0,69	2,65	4	0,17	<0,13	<0,13	<0,13	0,25

Tutkimukseen valittu aine	Tuleva jätevesi (µg/l)						Käsitelty jätevesi (µg/l)					
	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max	n>mr	Oulun Vesi, Yli-lin puhdistamo	Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
Oktyylifenoli	3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,30	5	0,03	0,01	<0,01	<0,01	0,06
Oktyylifenolimonooetoksilaatti	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,20	0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,5
Oktyylifenolidietoksilaatti	0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
<b>FTALAAITIT</b>												
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	17	90	10	11	<0,3	23	4	0,52	0,43	<0,3	<0,3	3,5
Bentsyylibutyliiftalaatti (BBP)	13	0,36	0,8	0,17	<0,1	5,8	0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibutyliiftalaatti (DBP)	16	0,24	0,6	0,36	<0,1	2,9	8	<0,1	0,150	<0,1	<0,1	0,62
<b>MUUT HAITTA-AINEET</b>												
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnaatti (EHMC)	17	<0,2	0,46	0,48	<0,2	0,95	1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04
2,6-di-tert-butyli-4-metyylifenoli	5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Bisfenoli-A	16	<0,5	2,8	0,87	<0,5	17	8	0,3	0,088	<0,05	<0,05	0,32
EDTA	18	16	457	400	34	1100	18	14	441	330	65	2100
Lyhytketjuiset (C10-C13), klooratut parafiinit, SCCP	0	<2	<2	<2	<2	<2	0	<2	<2	<2	<2	<2

## LIITE 3 NÄYTTEENOTTO-OHJEET

### YLEISIÄ OHJEITA NÄYTTEENOTTOON

*Laboratoriot toimittavat teille näytepullot, ohjeet niiden täyttämiseksi, merkitsemiseksi ja toimittamiseksi laboratorioon. Lukekaa ohjeet huolella ennen näytteenottoa!*

#### **Tärkeää!**

- Näytettä tulee ottaa tulevasta ja lähtevästä jätevedestä molemmista n. 12 litraa. Jos kokoomanäytettä ei kerralla voida ottaa näin paljon, voidaan näytettä ottaa lisää kerranäytteenä ja sekoittaa yhteen kokoomanäytteen kanssa.
- Näytepullojen mukana toimitetaan kylmävaraajia. Pakasta ne hyvissä ajoin ennen näytteenottoa.
- Lähetä näytepullot ja kylmävaraajat takaisin laboratorioon samoissa astioissa/paketeissa kuin ne ovat tulleet teille.
- Pullot tulee pakata mahdollisimman tukevasti, jotta ne eivät pääse liikkumaan ja rikkoutumaan kuljetuksen aikana ja suojata tarvittaessa esim. kuplamuovilla.
- Näytteet on hyvä ottaa alkuvuodesta, jotta ne varmasti saapuvat laboratorioihin ennen viikonloppua. Ilmoittakaa näytteenottopäivä osoitteeseen [niina.vieno@lakijavesi.fi](mailto:niina.vieno@lakijavesi.fi).
- Täyttäkää erikseen lähetetty näytteenottopäiväkirja ja toimittakaa se tai sen sisältämät tiedot sähköisesti osoitteeseen [niina.vieno@lakijavesi.fi](mailto:niina.vieno@lakijavesi.fi).

#### **Huomioon otettavia asioita näytteenotossa:**

- ✓ Suunnittele näytteenotto huolella etukäteen ja lue ohjeet.
- ✓ Näytteenotto pyritään toteuttamaan kuivan sääjakson aikana. Pieni sade ei haittaa näytteenottoa, mutta jos sadejakso jatkuu pitkään tai on erityisen voimakas, tulee näytteenottoa siirtää esim. seuraavaan viikkoon.
- ✓ Näytteenottovälineistö on puhdistettava huolella ennen näytteenottoa.
- ✓ Näytteet ja kokooma-astiat on säilytettävä kylmässä (< 6 °C) koko näytteenoton ajan.
- ✓ Jos näytteenotossa käytetään muovia, tulee sen olla HDPE-laatua.
- ✓ Vältä näytteen turhia siirtoja astiasta toiseen.
- ✓ Ftalaatteja käytetään muovien (erityisesti PVC:n) pehmittimenä. Näytteenotossa tulee käyttää lasista sekä HDPE-muovista valmistettuja astioita.

Näytteenotossa tärkeintä on saada edustava näyte, joka kuvaa mahdollisimman hyvin koko vesimassan laatua:

- Tulevan jäteveden näyte kannattaa ottaa väljän ja hiekanerotuksen jälkeen.
- Lähtevän jäteveden näyte otetaan siitä kohdasta, josta näyte puretaan ympäristöön.

Näytteet voidaan ottaa kertanäytteinä tai kokoomanäytteinä. **Kokoomanäytteiden ottoa suositellaan**, koska se huomio jäteveden laadun ajallisen vaihtelun ja kuvaa täten paremmin jäteveden keskimääräistä laatua.

## **KOKOOMANÄYTTEEN OTTO**

**Automaattisella näytteenottimella otetaan 24-h virtaamapainotteinen kokoomanäyte. Tämä on suositeltavin näytteenottotapa.**

Kokoomanäyte voidaan ottaa myös aikapainotteisesti. Tällöin voidaan esimerkiksi ottaa kertanäyte joka tunti työpäivän tai ennalta sovitun ajanjakson aikana ja yhdistämällä ne samaan astiaan kokoomanäytteeksi. Osanäytteen tilavuuden tulee olla > 50 ml. Huolehdi, että näytteen kokonaistilavuus on riittävä.

Muista, että näytteet ja kokooma-astiat on säilytettävä kylmässä (< 6 °C) koko näytteenoton ajan!

## **KERTANÄYTTEEN OTTO**

Jos kokoomanäytteen otto ei ole mahdollista, voidaan näyte ottaa kertanäytteenä. Näyte otetaan näytteenottimella tai kauhalla suoraan pulloon. Ota näyte paikasta, joka on hyvin sekoittunut, kuten putken suu. Virtauksen tulee näytteenottopaikassa olla riittävän suuri, ettei kiintoaine laskeudu näytteenottopaikan pohjalle. Jos näyte otetaan altaasta, ota vähintään kolme osanäytettä altaan eri kohdista ja yhdistä ne yhdeksi näytteeksi.

## LIITE 4 NÄYTTEENOTTOPOYTÄKIRJA

### Näytteenottopöytäkirja

Täyttäkää taulukkoon pyydetyt tiedot ja toimittakaa se tai sen sisältämät tiedot sähköisesti osoitteeseen [niina.vieno@lakijavesi.fi](mailto:niina.vieno@lakijavesi.fi).

Vesihuoltolaitoksen nimi	[REDACTED]	
Jätevedenpuhdistamon nimi	[REDACTED]	
Näytteenottajan nimi	[REDACTED]	
Näytteenotto-pvm (24-h kokoomanäytteen osalta aloitus- ja lopetus-pvm)	[REDACTED] - [REDACTED]	
Tulevan jäteveden virtaama näytteenottovuorokauden aikana (m <sup>3</sup> /d)	[REDACTED]	
Tulevan jäteveden näytteenottopiste (esim. tuleva jätevesi, välppäyksen ja hiekanerotuksen jälkeen)	[REDACTED]	
Lähtevän jäteveden näytteenottopiste (esim. ympäristöön purettava jätevesi)	[REDACTED]	
Näytteenottomenetelmä	24 h virtaamapainotteinen kokoomanäyte 24 h aikapainotteinen kokoomanäyte käsikokooma kertonäyte muu, mikä: [REDACTED]	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Näytteenottimet ja niiden materiaalit (esim. muovikauha, HDPE-muovi)	[REDACTED]	
Normaalista poikkeavat jäteveden laadun tai prosessin toiminnan muutokset tai muut näytteen laatuun mahdollisesti vaikuttavat tekijät.	[REDACTED]	

LIITE 5 LABORATORIOPALVELUJEN KILPAILUTTAMISEN ESISELVITYSVAIHE

Taulukko 1. Ensimmäisen vaiheen näytteenoton analyysitulokset. Eurofins Environment Testing Finland Oy (lyh. Eurofins) analysoi osan aineista kahdella menetelmällä, joista molempien tulos on esitetty sekä lisäksi on esitetty analyysimenetelmän tilauskoodi. Taulukossa on esitetty vihreällä ne tulokset, joiden analysoimiseksi käytetyn menetelmän määrittäjä on täyttänyt tarjouspyynnössä esitetyn maksimiarvon vaatimuksen. Punaisella on esitetty ne tulokset, joiden analysoimiseksi käytetyn menetelmän määrittäjä ei ole täyttänyt tarjouspyynnössä esitettyä maksimiarvon vaatimusta.

Aine	Huom.	Aineen alhaisin EQS- tai PNEC-arvo (µg/l)	Kilpailutuksessa määrittäjä asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi (µg/l)			Käsitelty jätevesi (µg/l)		
					Eurofins	KVVY Tutkimus Oy	MetropoliLab	Eurofins	KVVY Tutkimus Oy	MetropoliLab
17-alfa-etinyyliestradioli (EE2)	Eurofins RZPH1	0,000035	0,0001	1	<0,05		<0,03	<0,002		<0,03
17-alfa-etinyyliestradioli (EE2)	Eurofins RZPH3				<0,01			<0,002		
17-beta-estradioli (E2)	Eurofins RZPH1	0,0004	0,001	1	<0,05		0,02	<0,004		<0,005
17-beta-estradioli (E2)	Eurofins RZPH3				<0,05			<0,01		
Estroni (E1)	Eurofins RZPH1	0,0036	0,01	1	0,079		0,02	0,015		<0,03
Estroni (E1)	Eurofins RZPH3				0,067			0,013		
Amoksisilliini		0,078	0,05	1	<1,0		<0,05	<0,20		<0,05
Atsitromysiini	Eurofins RZPDR	0,019	0,05	1	<0,10			0,081		
Atsitromysiini	Eurofins RZPWT				0,052			0,15		
Erytromysiini	Eurofins RZPDR	0,2	0,05	1	<2,5			<0,5		
Erytromysiini	Eurofins RZPWT				<0,01			<0,001		
Flukonatsoli		0,25	0,25	1	0,092			0,072		
Klaritromysiini	Eurofins RZPDR	0,12	0,1	1	<0,1			0,052		
Klaritromysiini	Eurofins RZPWT				0,051			0,058		

Aine	Huom.	Aineen alhaisin EQS-tai PNEC-arvo (µg/l)	Kilpailutuksessa määritysrajalle asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi (µg/l)			Käsitelty jätevesi (µg/l)		
					Eurofins	KVY Tutkimus Oy	MetropoliLab	Eurofins	KVY Tutkimus Oy	MetropoliLab
Klotrimatsoli		0,02	0,05	1	0,28			<0,01		
Mikonatsoli		0,2	0,2	1	0,21			<0,01		
Mikonatsolinitraatti	Eurofins: Mikonatsolinitraatti esiintyy vedessä mikonatsolina.	0,2	0,2	1						
Noretisteroni		0,0148	0,02	1	<0,2			<0,04		
Siprofloksasiini		0,089	0,1	1	1,6		<0,05	<0,1		<0,05
Sulfametoksatsoli		0,1	0,1	1	0,21		0,02	<0,02		0,02
Trimetopriimi		0,5	0,05	1	0,47		0,01	0,39		0,22
Venlafaksiini		0,0061	0,05	1	1,0			0,94		
O-desmetyylivenlafaksiini			0,88	1						
Diklofenaakki	Eurofins RZPWT	0,05	0,05	2	2,1		1,96	1,5		2,26
Diklofenaakki	Eurofins RZPDR				1,4			0,5		
Ibuprofeeni		1	0,1	2	34		7,02	<0,1		0,42
Karbamatsepiini		0,5	0,1	2	1,5		<0,01	0,4		0,1
Cis-Permetriini		0,0002	0,005	2	0,074	0,10		<0,005	<0,002	
Trans-Permetriini		0,0002			0,16	0,36		<0,005	<0,01	
Triklosaani		0,02	0,02	2	<0,05	<0,002		<0,005	<0,002	
Atsoksitrobiini		0,95	0,06	2	<0,05			<0,005		
Deltametriini		0,00007	0,01	2	<0,1	<0,002		<0,01	<0,002	
Metaflumitsoni		0,0654	0,05	2	<0,5		<0,01	<0,05		<0,01

Aine	Huom.	Aineen alhaisin EQS-tai PNEC-arvo (µg/l)	Kilpailutuksessa määritysrajalle asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi (µg/l)			Käsitelty jätevesi (µg/l)		
					Eurofins	KVVY Tutkimus Oy	MetropoliLab	Eurofins	KVVY Tutkimus Oy	MetropoliLab
Propikonatsoli		0,095	0,05	2	<0,1			<0,01		
Tebukonatsoli		0,24	0,3	2	<0,1			<0,01		
Hopea		0,04	0,5	2	5,6		<1 (uusinta: < 1)	<2,0		<1 (uusinta: < 1)
Kokonaiskromi		0,6	0,5	2	6,3	6,7	0,29 (uusinta: 10)	<3	<1	0,34 (uusinta: 0,34)
Kromi (III)		1,8	0,5	2	4,6	<7		<3	<5	
Kromi (VI)		2,06	0,5	2	<5	<5		<5	<5	
Seleeni		0,73	1	2	1,1		<0,5 (uusinta: 0,9)	<1		<0,5 (uusinta: <0,5)
Uraani		0,5	0,1	2	<0,5		0,06 (uusinta: 0,78)	<0,5		0,06 (uusinta: 0,09)
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnaatti		6	0,1	2	1,4			<0,02		
2,6-di-tert-butyli-4-metyylifenoli		3,16	1	2	<0,5			<0,5		
Bisfenoli-A		0,15	0,075	2	<0,5		0,19	<0,05		0,01
PFOA		0,1	0,005	2	<0,005		<0,01	0,004		<0,01
PFOS		7,2	0,005	2	<0,005		<0,01	0,003		<0,01
Asetamipridi	Eurofins RZPWT	0,5	0,05	3	<0,02			<0,002		
Asetamipridi	Eurofins RZPS2				<0,1			<0,01		
Diklofluaniidi		0,265	0,1	3	<0,1			<0,01		
Esfenvaleraatti		0,0001	0,05	3	<0,5	<0,002		<0,05	<0,002	



Aine	Huom.	Aineen alhaisin EQS-tai PNEC-arvo (µg/l)	Kilpailutuksessa määritysrajalle asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi (µg/l)			Käsitelty jätevesi (µg/l)		
					Eurofins	KVY Tutkimus Oy	MetropoliLab	Eurofins	KVY Tutkimus Oy	MetropoliLab
Imatsaliili		0,8	2,5	3						
Imidaklopridi	Eurofins RZPWT	0,0083	0,01	3	<0,05			0,028		
Imidaklopridi	Eurofins RZPS2				<0,1			<0,01		
Klotianidiini	Eurofins RZPWT	0,13	0,1	3	<0,02			<0,002		
Klotianidiini	Eurofins RZPS2				<0,1			<0,01		
Malationi		0,0012	0,01	3	<0,1	<0,002	<0,05	<0,01	<0,002	<0,05
Metiokarbi	Eurofins RZPWT	0,002	0,01	3	<0,02	<0,01		<0,002	<0,01	
Metiokarbi	Eurofins RZPS2				<0,02			<0,002		
Metkonatsoli		0,029	0,02	3	<0,1			<0,01		
Nikosulfuroni		0,0087	0,01	3	<0,1			<0,01		
Oksadiatsoni	Eurofins RZPWT	0,088	0,05	3	<0,05			<0,005		
Oksadiatsoni	Eurofins RZPS2				<0,05			<0,005		
Ometoaatti		0,00084	0,01	3	<0,10			<0,01		
Penkonatsoli		1,7	0,5	3	<0,10		<0,02	<0,01		<0,02
Prokloratsi		0,161	0,2	3	<2,0	<0,01		<0,2	<0,01	
Tiaklopridi	Eurofins RZPWT	0,01	0,01	3	<0,02			<0,002		
Tiaklopridi	Eurofins RZPS2				<0,10			<0,01		
Tiametoksaami	Eurofins	0,042	0,05	3	<0,02			<0,002		

Aine	Huom.	Aineen alhaisin EQS-tai PNEC-arvo (µg/l)	Kilpailutuksessa määritysrajalle asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi (µg/l)			Käsitelty jätevesi (µg/l)		
					Eurofins	KVVY Tutkimus Oy	MetropoliLab	Eurofins	KVVY Tutkimus Oy	MetropoliLab
	RZPWT									
Tiametoksaami	Eurofins RZPS2				<0,10			<0,01		
Tolyylifluanidi		0,265	0,05	3	<0,10			<0,01		
Triallaatti	Eurofins RZPWT	0,41	0,1	3	<0,01			<0,001		
Triallaatti	Eurofins RZPS2				<0,05			<0,005		
Triasulfuroni		0,0032	0,003	3	<0,01		<0,01	<0,001		<0,01
EDTA		2200	2	3	820			450		
Diuroni		0,2	0,06	4	<0,1		<0,05	<0,01		<0,05
Epoksikonatsoli		0,18	0,05	4	<0,05	<0,002		<0,005	<0,002	
Bifentriini		0,00002	0,005	4	<0,05			<0,005		
Dimetoaatti		0,07	0,02	4	<0,1			<0,01		
Ipkonatsoli		0,044	0,05	4						
Tetrakonatsoli		1,9	0,5	4						
Fentanyyli		0,295	0,5	4						
Gemfibrotsiili		0,8519	0,1	4	<0,1			<0,02		
Lansopratsoli		0,192	0,1	4						
Mebendatsoli		0,088	0,1	4	<0,05			0,011		
Omepratsoli		2,1	1	4						
Kadmium		0,08	0,1	4	<0,1		<0,02 (uusinta: 0,29)	<0,1		<0,02 (uusinta: 0,02)
Nikkeli		4	3	4	5,8		8	8,6		8,6

Aine	Huom.	Aineen alhaisin EQS-tai PNEC-arvo (µg/l)	Kilpailutuksessa määritysrajalle asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi (µg/l)			Käsitelty jätevesi (µg/l)		
					Eurofins	KVY Tutkimus Oy	MetropoliLab	Eurofins	KVY Tutkimus Oy	MetropoliLab
Sinkki		20,6	5	4	130		(uusinta: 9,8) 350 (uusinta: 390)	40		(uusinta: 8,6) 29 (uusinta: 43)
Lyhytketjuiset (C10-C13) klooratut parafiinit, SCCP		0,4	0,5	4	<80			<0,4		
Keskipitkäketjuiset (C14-C17) klooratut parafiinit, MCCP		-	0,5	4						

## LIITE 6 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN PNEC- JA EQS-ARVOT

Taulukko 1. Tutkittujen aineiden lainsäädännön mukaiset ympäristölaatumormit eli EQS-arvot prioriteettiaineille tai kirjallisuudessa esitetyt aineiden PNEC-arvot.

Tutkimukseen valittu aine	Aineen EQS-arvo (Vna 1022/2006)	Aineen PNEC-arvo (µg/l)	Kirjallisuusviite
17-alfa-etinyyliestradioli (EE2)	-	0,000035	EU 2015, EU 2018, Loos ym. 2018
17-beta-estradioli (E2)	-	0,0004	EU 2015, EU 2018
Amoksisilliini	-	0,078	Loos ym. 2018, EU 2020
Atsitromysiini	-	0,019	Loos ym. 2018, EU 2018
Diklofenaakki	-	0,05	Loos ym. 2018, EU 2015
Erytromysiini	-	0,2	EU 2015, Loos ym. 2018
Estroni (E1)	-	0,0036	Loos ym. 2018
Flukonatsoli	-	0,25	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Gemfibrotsiili	-	0,8519	Gomez Cortes ym. 2020
Ibuprofeeni	-	1	Gomez Cortes ym. 2020
Karbamatsepiini	-	0,5	Gomez Cortes ym. 2020
Klaritromysiini	-	0,12	Loos ym. 2018, EU 2015
Klotrimatsoli	-	0,02	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Mebendatsoli	-	0,088	Gomez Cortes ym. 2020
Mikonatsoli ja mikonatsolinitraatti	-	0,2	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Noretisteroni	-	0,0148	Gomez Cortes ym. 2020
Permetriini	-	0,0002	Gomez Cortes ym. 2020
Siprofloksasiini	-	0,089	Loos ym. 2018, EU 2020
Sulfametoksatsoli	-	0,1	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Triklosaani	-	0,02	Gomez Cortes ym. 2020
Trimetopriimi	-	0,5	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Venlafaksiini	-	0,0061	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Asetamipridi	-	0,5	Loos ym. 2018, EU 2018
Atsoksitrobiini	-	0,95	Gomez Cortes ym. 2020

Tutkimukseen valittu aine	Aineen EQS-arvo (Vna 1022/2006)	Aineen PNEC-arvo (µg/l)	Kirjallisuusviite
Bifentriini	-	0,00002	Gomez Cortes ym. 2020
Deltametriini	-	0,00007	Gomez Cortes ym. 2020
Diklofluaniidi	-	0,265	Carvalho ym. 2015
Dimetooatti	AA-EQS Sisämaan pintavedet: 0,7 Muut pintavedet: 0,07 (kansallinen EQS)	-	
Dimoksisstrobiini	-	0,0316	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Diuroni	AA-EQS: 0,2 MAC-EQS: 1,8	-	
Epoksikonatsoli	-	0,18	Gomez Cortes ym. 2020
Esfenvaleraatti	-	0,0001	Gomez Cortes ym. 2020
Famoksadoni	-	0,0085	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Imatsaliili	-	0,8	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Imidaklopridi	-	0,0083	Loos ym. 2018, EU 2018
Klotianidiini	-	0,13	Loos ym. 2018, EU 2018
Malationi	-	0,0012	Ghiani ym. 2014
Metaflumitsoni	-	0,0654	Loos ym. 2018, EU 2020
Metiokarbi	-	0,002	Loos ym. 2018, EU 2018
Metkonatsoli	-	0,029	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Nikosulfuroni	-	0,0087	Ghiani ym. 2014
Oksadiatsoni	-	0,088	Loos ym. 2018, EU 2015
Ometooatti	-	0,00084	Ghiani ym. 2014
Penkonatsoli	-	1,7	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Prokloratsi	AA-EQS Sisämaan pintavedet: 1,0 Muut pintavedet: 0,1 (kansallinen EQS)	-	-
Propikonatsoli	-	0,095	Gomez Cortes ym. 2020
Tebukonatsoli	-	0,24	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020
Tetrakonatsoli	-	1,9	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2020

Tutkimukseen valittu aine	Aineen EQS-arvo (Vna 1022/2006)	Aineen PNEC-arvo (µg/l)	Kirjallisuusviite
Tiaklopridi	-	0,01	Loos ym. 2018, EU 2018
Tiametoksaami	-	0,042	Loos ym. 2018, EU 2018
Tolyylifluanidi	-	0,265	Carvalho ym. 2015
Triallaatti	-	0,41	Loos ym. 2018, EU 2015
Triasulfuroni	-	0,0032	Carvalho ym. 2016
Hopea	-	Sisävedet: 0,04 Merivesi: 0,86	ECHA registration dossier
Kadmium <sup>1)</sup>	AA-EQS Sisävedet: ≤0,08–0,25 <sup>2)</sup> Muut pintavedet: 0,2 MAC-EQS Sisävedet: ≤0,45–1,5 <sup>2)</sup> Muut pintavedet: ≤0,45–1,5	-	
Kokonaiskromi	-	Sisävedet: 3,4 Rannikkovedet: 0,6	Gomez Cortes ym. 2020
Kromi (III)	-	1,8	Gomez Cortes ym. 2020
Kromi (VI)	-	2,06	Gomez Cortes ym. 2020
Nikkeli	AA-EQS Sisävedet: 4 <sup>2,3)</sup> Muut pintavedet: 8,6 MAC-EQS Sisävedet: 34 <sup>3)</sup> Muut pintavedet: 34		
Seleeni	-	0,73	Ghiani ym. 2014
Sinkki	AA-EQS: 300 MAC-EQS: 1000	Sisävedet: 20,6 <sup>2)</sup> Merivesi: 6,1 <sup>2)</sup>	EU 2006/44 ECHA rekisteröintiasiakirja <sup>4)</sup>
Uraani	-	0,5	Ghiani ym. 2014
PFOA	-	0,1	
PFOS	(AA-EQS <sup>9)</sup> : Sisävedet: 0,00065 Muut pintavedet: 0,00013	-	

Tutkimukseen valittu aine	Aineen EQS-arvo (Vna 1022/2006)	Aineen PNEC-arvo (µg/l)	Kirjallisuusviite
	MAC-EQS Sisävedet: 34 Muut pintavedet: 7,2 Eliöstö: 9,1 µg/kg		
BDE summa <sup>5)</sup>	MAC-EQS Sisävedet: 0,14 Muut pintavedet: 0,014 Eliöstö: 0,0085 µg/kg	-	
HBCD <sup>6)</sup>	(AA-EQS <sup>9)</sup> : Sisävedet: 0,0016 Muut pintavedet: 0,0008 MAC-EQS Sisävedet: 0,5 Muut pintavedet: 0,05 Eliöstö: 167 µg/kg	-	
4-nonyylifenolit <sup>7)</sup>	AA-EQS : 0,3 MAC-EQS: 2,0	-	
Oktyylifenoli	AA-EQS Sisävedet: 0,1 Muut pintavedet: 0,01	-	
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	AA-EQS: 1,3	-	
Bentsyylibutyyliftalaatti (BBP)	AA-EQS Sisävedet: 10 Muut pintavedet: 1,4	-	
Dibutyyliftalaatti (DBP)	AA-EQS Sisävedet: 10 Muut pintavedet: 1	-	
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnameatti (EHMC)	-	6	Gomez Cortes ym. 2020, EU 2015

Tutkimukseen valittu aine	Aineen EQS-arvo (Vna 1022/2006)	Aineen PNEC-arvo (µg/l)	Kirjallisuusviite
2,6-di-tert-butyyl-4-metyylifenoli	-	3,16	EU 2015, Loos ym. 2018
Bisfenoli-A	-	1,6 (sisävedet) 0,15 (merivesi)	EU 2010
EDTA	-	2 200	Carvalho ym. 2015
Lyhytketjuiset (C10-C13) klooratut parafiinit, SCCP	AA-EQS: 0,4 MAC-EQS: 1,4	-	

<sup>1)</sup> Kadmiumin ja kadmiumyhdisteiden (N:o 6) osalta ympäristölaatonormit vaihtelevat riippuen veden kovuudesta eriteltynä viiteen luokkaan: luokka 1 <40 mg CaCO<sub>3</sub>/l, luokka 2: 40 – <50 mg CaCO<sub>3</sub>/l, luokka 3: 50 – <100 mg CaCO<sub>3</sub>/l, luokka 4: 100 – <200 mg CaCO<sub>3</sub>/l ja luokka 5: ≥ 200 mg CaCO<sub>3</sub>/l)

<sup>2)</sup> Aineen liukoinen osuus.

<sup>3)</sup> Aineen biosaatava osuus.

<sup>4)</sup> <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/16146/6/1>

<sup>5)</sup> Bromattujen difenyylietterien EQS viittaa yhdistenumeroihin 28, 47, 99, 100, 153 ja 154 pitoisuuksien summaan

<sup>6)</sup> EQS-arvo viittaa yhdisteisiin α-HBCD, β-HBCD ja γ-HBCD.

<sup>7)</sup> Nonyylifenolin ja nonyyliifenolietoksyklaattien kokonaistoksisuus ei saa ylittää ympäristölaatonormia. Kokonaistoksisuus lasketaan kaavalla:  $\sum (C_{xx} \cdot TEF)$ , TEF = toksisuusekvivalenttikerroin (nonyylifenoli= 1, nonyyliifenolimono- ja dietoksyklaatti= 0,5), C<sub>x</sub>= kunkin nonyyliifenolisen yhdisteen pitoisuus

<sup>8)</sup> Tavoitteelliset määritysrajat aineittain: nonyyliifenoli 0,03 µg/l, nonyyliifenolimono- ja dietoksyklaatit 0,06 µg/l

<sup>9)</sup> AA-EQS-arvot on asetettu EU-direktiivissä 2013/39/EU, mutta niitä ei ole implementoitu Suomen lainsäädäntöön.



Liite 7 Laboratoriopalvelujen kilpailuttamisen toinen vaihe

Taulukko 1. Toisen vaiheen näytteenoton analyysitulokset. Taulukossa on esitetty vihreällä ne tulokset, joiden analysoimiseksi käytetyn menetelmän määrittäjä on täyttänyt tarjouspyynnössä esitetyn maksimiarvon vaatimuksen. Punaisella on esitetty ne tulokset, joiden analysoimiseksi käytetyn menetelmän määrittäjä ei ole täyttänyt tarjouspyynnössä esitettyä maksimiarvon vaatimusta.

	Aineen alhaisin EQS- tai PNEC-arvo (µg/l)	Kilpailutuksessa määrittäjärajalle asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi		Käsitelty jätevesi	
				Matalin määrittäjärajaksi (µg/l)	Korkein määrittäjärajaksi (µg/l)	Matalin määrittäjärajaksi (µg/l)	Korkein määrittäjärajaksi (µg/l)
<b>OSA-ALUE 1.</b>							
17-alfa-etinyyliestradioli (EE2)	0,000035	0,0001	1	0,00035	0,0035	0,000035	0,00035
17-beta-estradioli (E2)	0,0004	0,001	1	0,004	0,2	0,0004	0,004
Estroni (E1)	0,0036	0,01	1	0,01	0,01	0,0004	0,002
Amoksisilliini	0,078	0,05	1	1	2	0,1	1
Atsitromysiini	0,019	0,05	1	0,01	0,01	0,01	0,01
Erytromysiini	0,2	0,05	1	0,01	0,01	0,001	0,001
Flukonatsoli	0,25	0,25	1	0,005	0,005	0,005	0,005
Klaritromysiini	0,12	0,1	1	0,01	0,01	0,01	0,01
Klotrimatsoli	0,02	0,05	1	0,005	0,005	0,005	0,01
Mikonatsoli	0,2	0,2	1	0,05	0,1	0,005	0,05
Noretisteroni	0,0148	0,02	1	0,2	0,4	0,02	0,2
Siprofloksasiini	0,089	0,1	1	0,5	1	0,05	0,5
Sulfametoksatsoli	0,1	0,1	1	0,1	0,1	0,1	0,1
Trimetopriimi	0,5	0,05	1	0,05	0,05	0,001	0,001

	Aineen alhaisin EQS- tai PNEC-arvo (µg/l)	Kilpailutuksessa määritysrajalle asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi		Käsitelty jätevesi	
				Matalin määritysraja (µg/l)	Korkein määritysraja (µg/l)	Matalin määritysraja (µg/l)	Korkein määritysraja (µg/l)
Venlafaksiini	0,0061	0,05	1	0,005	0,005	0,005	0,005
Diklofenaakki	0,05	0,05	2	0,005	0,005	0,005	0,005
Ibuprofeeni	1	0,1	2	0,05	0,05	0,05	0,1
Karbamatsepiini	0,5	0,1	2	0,05	0,05	0,025	0,025
Permetriini	0,0002	0,005	2	0,1	0,5	0,005	0,005
Triklosaani	0,02	0,02	2	0,05	0,5	0,005	0,005
Atsoksitrobiini	0,95	0,06	2	0,05	0,25	0,005	0,025
Deltametriini	0,00007	0,01	2	0,2	1	0,01	0,01
Metaflumitsoni	0,0654	0,05	2	0,5	2,5	0,05	0,1
Propikonatsoli	0,095	0,05	2	0,1	0,5	0,01	0,05
Tebukonatsoli	0,24	0,3	2	0,1	0,5	0,01	0,05
Hopea	0,04	0,5	2	2	2	2	2
Kokonaiskromi	0,6	5	2	3	3	3	3
Kromi (III)	1,8	5	2	5	5	5	5
Kromi (VI)	2,06	5	2	5	5	5	5
Seleeni	0,73	1	2	1	1	1	1
Uraani	0,5	0,1	2	0,5	0,5	0,5	0,5
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnaatti	6	0,1	2	0,2	0,2	0,02	0,02
2,6-di-tert-butyli-4-metyylifenoli	3,16	1	2	0,5	0,5	0,5	0,5
Bisfenoli-A	0,15	0,075	2	0,5	0,5	0,05	0,05

	Aineen alhaisin EQS- tai PNEC- arvo (µg/l)	Kilpailutuksessa määritysrajalle asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi		Käsitelty jätevesi	
				Matalin määritysraja (µg/l)	Korkein määritysraja (µg/l)	Matalin määritysraja (µg/l)	Korkein määritysraja (µg/l)
PFOA	0,1	0,005	2	0,005	0,005	0,003	0,003
PFOS	7,2	0,005	2	0,001	0,01	0,001	0,002
Asetamipridi	0,5	0,05	3	0,02	0,02	0,002	0,002
Diklofluanidi	0,265	0,1	3	0,1	0,5	0,01	0,05
Esfenvaleraatti	0,0001	0,05	3	0,5	5	0,05	0,05
Imatsaliili	0,8	2,5	3	0,05	0,05	0,05	0,05
Imidaklopridi	0,0083	0,01	3	0,05	0,05	0,05	0,05
Klotianidiini	0,13	0,1	3	0,02	0,02	0,002	0,002
Malationi	0,0012	0,01	3	0,1	0,5	0,01	0,05
Metiokarbi	0,002	0,01	3	0,02	0,02	0,002	0,002
Metkonatsoli	0,029	0,02	3	0,1	0,5	0,01	0,05
Nikosulfuroni	0,0087	0,01	3	0,1	0,5	0,01	0,05
Oksadiatsoni	0,088	0,05	3	0,05	0,05	0,005	0,005
Ometoaatti	0,00084	0,01	3	0,1	0,5	0,01	0,05
Penkonatsoli	1,7	0,5	3	0,1	0,5	0,01	0,05
Prokloratsi	0,161	0,2	3	2	20	0,2	0,2
Tiaklopridi	0,01	0,01	3	0,02	0,02	0,002	0,002
Tiametoksaami	0,042	0,05	3	0,02	0,02	0,002	0,002
Tolyylifluanidi	0,265	0,05	3	0,1	0,5	0,01	0,05
Triallaatti	0,41	0,1	3	0,01	0,01	0,001	0,001

	Aineen alhaisin EQS- tai PNEC- arvo (µg/l)	Kilpailutuksessa määritysrajalle asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi		Käsitelty jätevesi	
				Matalin määritysraja (µg/l)	Korkein määritysraja (µg/l)	Matalin määritysraja (µg/l)	Korkein määritysraja (µg/l)
Triasulfuroni	0,0032	0,003	3	0,01	0,05	0,001	0,005
EDTA	2200	2	3	1	1	1	1
Diuroni	0,2	0,06	4	0,1	0,5	0,01	0,05
Epoksikonatsoli	0,18	0,1	4	0,05	0,5	0,005	0,005
Bifentriini	0,00002	0,005	4	0,05	0,5	0,005	0,005
Dimetooatti	0,07	0,02	4	0,1	0,5	0,01	0,05
Tetrakonatsoli	1,9	0,5	4	0,03	0,03	0,03	0,03
Gemfibrotsiili	0,8519	0,1	4	0,1	0,2	0,01	0,05
Mebendatsoli	0,088	0,1	4	0,05	0,1	0,005	0,05
Kadmium	0,08	0,1	4	0,1	0,1	0,1	0,1
Nikkeli	4	3	4	3	3	3	3
Sinkki	20,6	5	4	5	5	5	5
Lyhytketjuiset klooratut parafiinit, SCCP (C10-C13)	0,4	0,5	4	2	2	2	2
<b>OSA-ALUE 2</b>							
BDE-28	-	0,00015		0,0005	0,0005	0,00005	0,00005
BDE-47	-	0,00015		0,0013	0,0013	0,000125	0,000125
BDE-99	-	0,00015		0,0013	0,0013	0,000125	0,000125
BDE-100	-	0,00015		0,0005	0,0005	0,00005	0,00005
BDE-153	-	0,00015		0,00075	0,00075	0,000075	0,000075
BDE-154	-	0,00015		0,00075	0,00075	0,000075	0,000075

	Aineen alhaisin EQS- tai PNEC- arvo (µg/l)	Kilpailuksessa määritysrajalle asetettu maksimiarvo (µg/l)	Prior. lk	Tuleva jätevesi		Käsitelty jätevesi	
				Matalin määritysraja (µg/l)	Korkein määritysraja (µg/l)	Matalin määritysraja (µg/l)	Korkein määritysraja (µg/l)
α-HBCD	-	0,001		0,0069	0,0069	0,00069	0,00069
β-HBCD	-	0,001		0,0035	0,0035	0,00035	0,00035
γ-HBCD	-	0,001		0,0046	0,0046	0,00046	0,00046
<b>OSA-ALUE 3.</b>							
4-n-nonyylifenoli	-	-		0,1	0,1	0,01	0,01
4-nonyylifenoli	-	0,05		1	1	0,05	0,1
4-nonyylifenolimonoetoksylaatti	-	0,1		0,5	0,5	0,05	0,05
4-nonyylifenolidietoksylaatti	-	0,1		0,1	0,1	0,01	0,01
Oktyylifenoli	0,01	0,05		0,1	0,1	0,01	0,01
Oktyylifenolimonoetoksylaatti	-	0,1		0,5	0,5	0,05	0,5
Oktyylifenolidietoksylaatti	-	0,1		0,1	0,1	0,01	0,01
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	1,3	0,4		0,3	0,3	0,3	0,3
Bentsyylibutyyliftalaatti (BBP)	1,4	0,4		0,1	0,1	0,1	0,1
Dibutyyliftalaatti (DBP)	1	0,3		0,1	0,1	0,1	0,1

## LIITE 8 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN OMINAISUUKSIA

Taulukko 1. Tutkittujen haitta-aineiden ominaisuuksia SimpleTreat -mallinnusta varten. Kursiivilla esitettyjen aineiden pitoisuudet kaikissa näytteissä olivat alle määritysrajojen.

Tutkimukseen valittu aine	Molekyylipaino (g/mol)	Oktanoli- vesisuhde	Höyrynpaine (Pa)	Vesiliukoisuus (mg/l)	pKa-arvo	Henryn lainvakio (Pa·m <sup>3</sup> /mol) (293,15 K)	Jakautumiskerroin orgaaniseen hiileen (K <sub>c</sub> ) (l/kg)	Kiintoainevesi jakautumiskerroin jätevedessä (K <sub>ps</sub> ) (l/kg)	Kiintoainevesi jakautumiskerroin aktiivilietteessä (K <sub>pAS</sub> ) (l/kg)	Biologinen hajoamisvakio (k) (h <sup>-1</sup> ) tai muu tieto biohajoamisesta
<b>LÄÄKEAINEET JA HORMONIT</b>										
17-alfa-etinyliestradioli (EE2)	296,41	14125	2,59 × 10 <sup>-7</sup>	11,3	10,5	8,04 × 10 <sup>-7</sup>	2239	nf	79–631	0,08–0,8
17-beta-estradioli (E2)	272,38	1148	2,16 × 10 <sup>-5</sup>	0,0213	10,4	3,69 × 10 <sup>-6</sup>	1995	nf	25–230	0,26–0,59
<i>Amoksisilliini</i>	365,4	7,41	6,25 × 10 <sup>-15</sup>	3430	3,2 11,7	2,52 × 10 <sup>-16</sup>	865	<i>nf</i>	1,1	<i>OECD 301: Not readily biodegradable OECD 302B: complete hydrolysis (rate constant 0,00146–0,0037)</i>
Atsitromysiini	748,98	10471	2,65 × 10 <sup>-24</sup>	2,37	8,74	5,37 × 10 <sup>-24</sup>	3100	nf	380	Not readily biodegradable, k < 0,017
Diklofenaakki	296,15	32359	8,19 × 10 <sup>-6</sup>	2,37	4,15	4,79 × 10 <sup>-7</sup>	121	200–500	1,3–126	0,0002–0,08
Erytromysiini	733,94	1148	3,04 × 10 <sup>-25</sup>	2000	8,88	4,79 × 10 <sup>-7</sup>	570	nf	158	Not readily biodegradable, k = 0,0008
Estroni (E1)	270,37	1349	0,679	30	10,4	3,85 × 10 <sup>-5</sup>	1380	nf	251–794	0,16–2,08
Flukonatsoli	306,27	1,778	4,0 × 10 <sup>-7</sup>	4,363	2,56/ 2,94/ 11,01 <sup>1)</sup>	1,0 × 10 <sup>-8</sup>	53000	nf	<100	Not biodegradable (OECD 303A)
<i>Gemfibrotsiili</i>	250,3	58884	4,07 × 10 <sup>-3</sup>	4,96	4,7	0,0012	453,3	<i>nf</i>	19–129	0,006–0,125
Ibuprofeeni	206,29	9332	0,024	21	4,91	0,0152	138	<20	200–360	4,7
Karbamatsepiini <sup>3)</sup>	236,3	282–589	1,17 × 10 <sup>-5</sup>	17,7	13,9	1,09 × 10 <sup>-5</sup>	132	<20	1,23–10	0,00005–0,011

Tutkimukseen valittu aine	Molekyylipaino (g/mol)	Oktanoli- vesisuhde	Höyrynpaine (Pa)	Vesiliukoisuus (mg/l)	pKa-arvo	Henryn lain vakio (Pa·m <sup>3</sup> /mol) (293,15 K)	Jakautumis- kerroin orgaaniseen hiileen (K <sub>c</sub> ) (l/kg)	Kiintoainevesi jakautumis- kerroin jätevedessä (K <sub>ps</sub> ) (l/kg)	Kiintoainevesi jakautumis- kerroin aktiivilietteessä (K <sub>PAS</sub> ) (l/kg)	Biologinen hajoamisvakio (k) (h <sup>-1</sup> ) tai muu tieto biohajoamisesta
Klaritromysiini	747,95	1445	2,32 × 10 <sup>-25</sup>	0,33	8,99	1,75 × 10 <sup>-24</sup>	150	nf	262	Not readily biodegradable, k= 0,0833
Klotrimatsoli	344,8	12 589	3,31 × 10 <sup>-7</sup>	0,49	6,12 <sup>1)</sup>	3,16 × 10 <sup>-3</sup>	1641000	32000	34000	Not biodegradable
Mebendatsoli	295,30	676	1,13 × 10 <sup>-9</sup>	71,3	6,6	5,43 × 10 <sup>-11</sup>	830–1145	nf	nf	Not readily biodegradable
Mikonatsoli ja mikonatsolinitraatti	416,1 479,1	1778279	2,36 × 10 <sup>-8</sup>	0,01	6,65 <sup>1)</sup>	2,48 × 10 <sup>-4</sup>	554800	nf	nf	Not readily biodegradable (predicted)
<i>Noretisteroni</i>	298,4	933	4,18 × 10 <sup>-5</sup>	7,04	<i>nr</i>	5,88 × 10 <sup>-5</sup>	159,5–220	<i>nf</i>	<i>nf</i>	<i>Not readily biodegradable (OECD 301B)</i>
Permetriini	391,28	1258925	2,155 × 10 <sup>-6</sup>	0,006	nf	0,189	26930	3162	7943	Not readily biodegradable (OECD 301B ja 301F) Exhibits inherent primary biodegradability (OECD 302C)
Siprofloksasiini	331,3	1,9	3,8 × 10 <sup>-11</sup>	30	3,01; 6,27; 8,87; 10,58	5,16 × 10 <sup>-14</sup>	61000	2512	19952	0,0144
Sulfametoksatsoli	253,28	7,76	1,74 × 10 <sup>-5</sup>	454	1,85 5,60	6,51 × 10 <sup>-8</sup>	258	320	0,5–398	0,019–0,066
Triklosaani <sup>9)</sup>	289,53	63096	6,2 × 10 <sup>-4</sup>	10	7,9	0,00724	831,8	nf	9550	0,0002–0,006
Trimetopriimi	290,32	8,13	1,00 × 10 <sup>-6</sup>	400	7,12	2,42 × 10 <sup>-9</sup>	724–760	22,8–390	28–420	0,001–0,01
Venlafaksiini	277,4	1585	0,0329	230	14,42	2,07 × 10 <sup>-6</sup>	190	nf	100	0,001–0,0095
<b>TORJUNTA-AINEET</b>										
Asetamipridi	222,68	6,3	1,00 × 10 <sup>-6</sup>	2950	nf	7,01 × 10 <sup>-3</sup>	106,5	nf	nf	Not readily biodegradable
Atsoksitrobiini	403,39	316	6,6 × 10 <sup>-11</sup>	10	nf	7,0 × 10 <sup>-9</sup>	740,2	nf	nf	Not readily biodegradable

Tutkimukseen valittu aine	Molekyyli- aino (g/mol)	Oktanoli- vesisuhde	Höyrynpaine (Pa)	Vesiliukoi- suus (mg/l)	pKa-arvo	Henryn lain vakio (Pa·m <sup>3</sup> /mol) (293,15 K)	Jakautumis- kerroin orgaaniseen hiileen (K <sub>c</sub> ) (l/kg)	Kiintoaine- vesi jakautumis- kerroin jätevedessä (K <sub>ps</sub> ) (l/kg)	Kiintoaine- vesi jakautumis- kerroin aktiiviliet- teessä (K <sub>PAS</sub> ) (l/kg)	Biologinen hajoamis- vakio (k) (h <sup>-1</sup> ) tai muu tieto biohajoamise- sta
<i>Bifentriini</i>	422,87	3 981 072	$1,78 \times 10^{-5}$	<0,001	nf	0,101	236610	nf	nf	Not readily biodegradable
<i>Deltametriini</i>	505,21	39810	$1,24 \times 10^{-8}$	0,0002	nf	0,5	79000	nf	nf	Biodegradable (k= 0,3 h <sup>-1</sup> )
Dimetooatti	229,26	6,02	$1,1 \times 10^{-3}$	25000	nf	$1,06 \times 10^{-5}$	24,52	nf	nf	Possibly biodegradable (k= 0,1 h <sup>-1</sup> )
<i>Esfenvaleraatti</i>	419,91	1737800	$1,17 \times 10^{-9}$	<0,001	nf	$3,5 \times 10^{-3}$	251700	nf	nf	Not readily biodegradable
<i>Famoksadoni</i>	374,3	44668	$6,4 \times 10^{-7}$	0,0520	nf	$4,61 \times 10^{-3}$	4030	nf	nf	Not readily biodegradable
Imatsaliili	297,18	6607	$1,58 \times 10^{-4}$	184	nf	$2,62 \times 10^{-3}$	5115	nf	nf	Not rapidly biodegradable
Imidaklopridi	255,7	3,72	$4,0 \times 10^{-10}$	610	nf	$1,05 \times 10^{-8}$	225	nf	nf	Not readily biodegradable
Klotianidiini	249,7	5,0	$1,3 \times 10^{-10}$	327	nf	$9,33 \times 10^{-11}$	160	nf	nf	Not readily biodegradable
<i>Malationi</i>	330,36	229	0,017	143	nf	$4,95 \times 10^{-4}$	927–17620	nf	nf	0,161
<i>Metaflumitsoni</i>	506,40	15849	$1,24 \times 10^{-8}$	0,00179	nf	$7,8 \times 10^{-4}$	30714	nf	nf	Not readily biodegradable
<i>Metkonatsoli</i>	319,8	7079	$2,1 \times 10^{-8}$	30,4	nf	$2,2 \times 10^{-7}$	726-1718	nf	nf	nf
<i>Nikosulfuroni</i>	410,4	1,02	$2,56 \times 10^{-10}$	12000	nf	$1,41 \times 10^{-13}$	21,33	nf	nf	nf
<i>Ometoatti</i>	213,19	0,18	$8,05 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^6$	nf	$4,62 \times 10^{-9}$	77,67	nf	nf	Inherently biodegradable
<i>Prokloratsi</i>	376,7	13182	$2,13 \times 10^{-3}$	9,03	nf	$1,66 \times 10^{-3}$	1440,5– 5650,5	nf	nf	Not biodegradable
Propikonatsoli	342,2	5248	$5,6 \times 10^{-6}$	150	1,09	$4,17 \times 10^{-4}$	382–8100	nf	nf	Not readily biodegradable
Tiametoksaami	291,71	0,74	$6,6 \times 10^{-9}$	4100	nf	$6,96 \times 10^{-10}$	56,2	nf	nf	Not readily biodegradable
<b>PERFLUORATUT YHDISTEET</b>										
PFOA	414,1	631	70	0,02595	nf	0,0002	115– 26620	330	219–329	Not readily biodegradable
PFOS	500,1	0,083	nf	3,1	0,14	0,0003	371,5–6148	1289	2226	Not readily biodegradable
<b>PALONESTOAINHEET</b>										



Tutkimukseen valittu aine	Molekyylipaino (g/mol)	Oktanoli- vesisuhde	Höyrinpaine (Pa)	Vesiliukoisuus (mg/l)	pKa-arvo	Henryn lain vakio (Pa·m <sup>3</sup> /mol) (293,15 K)	Jakautumis- kerroin orgaaniseen hiileen (K <sub>c</sub> ) (l/kg)	Kiintoaine- vesi jakautumis- kerroin jätevedessä (K <sub>ps</sub> ) (l/kg)	Kiintoaine- vesi jakautumis- kerroin aktiiviliet- teessä (K <sub>PAS</sub> ) (l/kg)	Biologinen hajoamis- vakio (k) (h <sup>-1</sup> ) tai muu tieto biohajoamisesta
BDE	406,9	758577 (BDE-28)– 12022644 (BDE-100)	8,93 × 10 <sup>-5</sup>	0,02642	nf	0,755	11140 (BDE-28)–169900 (BDE-100)	nf	nf	Not readily biodegradable
HBCD	641,7	54954087	0	0,0656	nr	nf	>100000	nf	nf	Inherently biodegradable
<b>ALKYYLIFENOLIT JA NIIDEN ETOKSYLAATIT</b>										
4-nonyylifenoli	220,3	30200	0,3	6	11,1	0,11	5360	nf	5888–12882	Inherently biodegradable
4-nonyylifenolimonoetoksyalaatti	264,4	14791	nf	3–3,4	nf	nf	nf	nf	3890	0,0168
4-nonyylifenolidietoksyalaatti	308,5	16218	nf	3–3,4	nf	nf	nf	nf	5495	nf
Oktyylifenoli	206,3	13183	0,013	5–12,6	>9,9	0,52	2740	nf	759–1413	0,0168
Oktyylifenolimonoetoksyalaatti	250,4	nf	nf	5,4	nf	nf	nf	nf	3890	0,0168
Oktyylifenolidietoksyalaatti	294,4	79432	nf	5,4	nf	nf	nf	nf	nf	nf
<b>FTALAAIT</b>										
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	390,6	31622777	3,4 × 10 <sup>-5</sup>	0,003–0,3	nf	4,43	165000	nf	14182	Readily biodegradable (k= 1 h <sup>-1</sup> )
Bentsyylibutyyliftalaatti (BBP)	312,4	69183	0,00112	11,2	nf	0,176	10500	nf	3550	Readily biodegradable (k= 1 h <sup>-1</sup> )
Dibutyyliftalaatti (DBP)	278,3	37153	0,03	11,2	nf	0,18	6430	nf	7540	Readily biodegradable (k= 1 h <sup>-1</sup> )
<b>MUUT AINEET</b>										
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnameatti (EHMC)	290,4	631000	1,84 × 10 <sup>-3</sup>	0,75	nf	1,8 × 10 <sup>-4</sup>	13290	nf	nf	Readily biodegradable (k= 1 h <sup>-1</sup> )
2,6-di-tert-butyyli-4-metyylifenoli	220,35	125892	1,1	0,76	nf	0,42	8183	nf	nf	Not readily biodegradable
Bisfenoli-A	228,29	2512	5,3 × 10 <sup>-12</sup>	300	9,6	3,04 × 10 <sup>-6</sup>	715	nf	191–505	Readily biodegradable (k= 1 h <sup>-1</sup> )
EDTA	292,2	0,0001	2,0 × 10 <sup>-10</sup>	1000	nf	1,19 × 10 <sup>-18</sup>	1046	nf	2689	Not readily biodegradable

Tutkimukseen valittu aine	Molekyylipaino (g/mol)	Oktanoli- vesisuhde	Höyrynpaine (Pa)	Vesiliukoisuus (mg/l)	pKa-arvo	Henryn lain vakio (Pa·m <sup>3</sup> /mol) (293,15 K)	Jakautumis- kerroin orgaaniseen hiileen (K <sub>c</sub> ) (l/kg)	Kiintoaine- vesi jakautumis- kerroin jätevedessä (K <sub>ps</sub> ) (l/kg)	Kiintoaine- vesi jakautumis- kerroin aktiiviliet- teessä (K <sub>pAS</sub> ) (l/kg)	Biologinen hajoamis- vakio (k) (h <sup>-1</sup> ) tai muu tieto biohajoamisesta
										(degradation is pH dependent, and occurs more rapidly at pH > 8)
<i>Lyhytketjuiset (C10-C13) klooratut parafiinit, SCCP</i>	320–500 (arvio)	24547–4,9 × 10 <sup>8</sup> (tyypillinen arvo n. 1 × 10 <sup>6</sup> )	0,021	0,15–0,47	<i>nr</i>	<i>nf</i>	<i>nf</i>	<i>nf</i>	<i>nf</i>	<i>Not readily biodegradable (OECD 301C)</i>

**Lähteet:** EPISUITE-tietokanta, PubChem-tietokanta, Drugbank-tietokanta, Euroopan kemikaaliviraston tietokannat, US EPA (Yhdysvaltojen ympäristöviranomaisen tietokannat), Arvaniti ym. 2014, Cai ym. 2021, Das ym. 2017, EU 2010, Gaulke ym. 2009, Ghiani ym. 2014, Gomez Cortes ym. 2020, Hörsing ym. 2011, Ianaiev 2017, Joss et al. 2006, Lautz ym 2017, Loos ym. 2018, Lust ym. 2015, Morissette ym. 2015, Rout ym. 2021, Santos ym. 2011, Suárez ym. 2008, Thomas ym. 2009, Vieno ja Sillanpää 2014, Vieno ym. 2018, Vieno 2007, VVY 2014, Zhang ym. 2020.

## LIITE 9 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN TULO- JA VESISTÖKUORMAT

Taulukko 1. Haitta-aineiden tulo- ja vesistökuormien yhteenveto.

	Tulokuorma		Vesistökuorma	
	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma jätevedenpuhdistamoille Suomessa (kg/vuosi)	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma vesistöön Suomessa (kg/vuosi)
<b>LÄÄKEAINEET</b>				
17-alfa-etinyyliestradioli (EE2)	0	0	0,009	0,0056
17-beta-estradioli (E2)	52	34	0	0
Amoksisilliini	0	0	0	0
Atsitromysiini	90	58	70	45
Diklofenaakki	1 241	800	1066	688
Erytromysiini	0	0	4,4	2,8
Estroni (E1)	37	24	1,3	0,84
Flukonatsoli	117	75	109	71
Gemfibrotsiili	0	0	0	0
Ibuprofeeni	11 735	7566	0,09	0,06
Karbamatsepiini	243	157	197	127
Klaritromysiini	119	77	71	46
Klotrimatsoli	173	112	0	0
Mebendatsoli	9	6	1,2	0,80
Mikonatsoli	71	46	0	0
Noretisteroni	0	0	0	0

	Tulokuorma		Vesistökuorma	
	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma jätevedenpuhdistamoille Suomessa (kg/vuosi)	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma vesistöön Suomessa (kg/vuosi)
Permetriini	66	43	0	0
Siprofloksasiini	702	453	0	0
Sulfametoksatsoli	275	177	64	41
Triklosaani	5	4	0	0
Trimetopriimi	261	168	175	113
Venlafaksiini	581	375	468	302
<b>LÄÄKEAINEET YHTEENSÄ</b>	<b>15 779</b>	<b>10 174</b>	<b>2 228</b>	<b>1 436</b>
<b>TORJUNTA-AINEET</b>				
Asetamipridi	0	0	0,37	0,24
Atsoksitrobiini	0	0	0,11	0,071
Bifentriini	0	0	0	0
Deltametriini	0	0	0	0
Diklofluaniidi	0	0	0	0
Dimetooatti	0	0	1,1	0,69
Dimoksisitrobiini	0	0	0	0
Diuroni	0	0	0	0
Epoksikonatsoli	0	0	0	0
Esfenvaleraatti	0	0	0	0
Famoksadoni	0	0	0	0
Imatsaliili	30	19	16	11
Imidaklopridi	18	12	32	21

	Tulokuorma		Vesistökuorma	
	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma jätevedenpuhdistamoille Suomessa (kg/vuosi)	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma vesistöön Suomessa (kg/vuosi)
Klotianidiini	1,7	1,1	0	0
Malationi	0	0	0	0
Metaflumitsoni	0	0	0	0
Metiokarbi	0	0	0	0
Metkonatsoli	1,9	1,2	0	0
Nikosulfuroni	0	0	0	0
Oksadiatsoni	0	0	0	0
Ometoaatti	0	0	0	0
Penkonatsoli	0	0	0	0
Prokloratsi	0	0	0	0
Propikonatsoli	0	0	0	0
Tebukonatsoli	0	0	0	0
Tetrakonatsoli	0	0	0	0
Tiaklopridi	0	0	0	0
Tiametoksaami	0	0	0,12	0,075
Tolyylifluanidi	0	0	0	0
Triallaatti	0	0	0	0
Triasulfuroni	0	0	0	0
TORJUNTA-AINEET YHTEENSÄ	51,3	33,1	50,4	32,5
<b>ALKUAINHEET</b>				
Hopea	64	43	1,3	0,8

	Tulokuorma		Vesistökuorma	
	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma jätevedenpuhdistamoille Suomessa (kg/vuosi)	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma vesistöön Suomessa (kg/vuosi)
Kadmium	108	70	0	0
Kokonaiskromi	2463	1588	48	31
Kromi (III)	937	604	0	0
Kromi (VI)	0	0	0	0
Nikkeli	4900	3160	5269	3397
Seleeni	72	47	0	0
Sinkki	120884	77952	30043	19371
Uraani	3198	2062	430	278
ALKUAINEEET YHTEENSÄ	132627	85525	35792	23078
<b>PERFLUORATUT YHDISTEET</b>				
PFOA	0,41	0,26	2,6	1,7
PFOS	1,5	0,95	4,8	3,1
PERFLUORATUT AINEET YHTEENSÄ	1,9	1,2	7,4	4,8
<b>PALONESTOAINEEET</b>				
BDE-28	0	0	0	0
BDE-47	1,545	1,0	0	0
BDE-99	1,753	1,1	0	0
BDE-100	0,185	0,12	0	0
BDE-153	0	0	0	0
BDE-154	0,045	0,03	0	0
BDE summa	3,528	2,3	0	0

	Tulokuorma		Vesistökuorma	
	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma jätevedenpuhdistamoille Suomessa (kg/vuosi)	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma vesistöön Suomessa (kg/vuosi)
α-HBCD	0	0	0	0
β-HBCD	0	0	0	0
γ-HBCD	1,645	1,1	0	0
HBCD summa	1,645	1,1	0	0
PALONESTOAINHEET YHTEENSÄ	5,17	3,34	0	0
<b>ALKYYLIFENOLIT JA NIIDEN ETOKSYLAATIT</b>				
4-n-Nonyylifenoli	0	0	0	0
4-Nonyylifenoli	292	188	10	6,6
4-Nonyylifenolimonoetoksylaatti	646	417	0	0
4-Nonyylifenolidietoksylaatti	106	68	0,86	0,56
Nonyylifenoli summa (TEQ)	924	596	11	6,9
Oktyylifenoli	20	13	3,4	2,2
Oktyylifenolimonoetoksilaatti	17	11	0	0
Oktyylifenolidietoksilaatti	0	0	1,1	0,69
Oktyylifenolitrietoksylaatti	0	0	0	0
ALKYYLIFENOLIT JA NIIDEN ETOKSYLAATIT YHTEENSÄ	1082	698	16	10
<b>FTALAAITIT</b>				
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	6591	4250	218	141
Bentsyylibutyliiftalaatti (BBP)	602	388	0	0
Dibutyliiftalaatti (DBP)	395	255	44	28
FTALAAITIT YHTEENSÄ	7588	4893	262	169

	Tulokuorma		Vesistökuorma	
	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma jätevedenpuhdistamoille Suomessa (kg/vuosi)	Yhteensä hankkeen puhdistamoilta (g/d)	Kuorma vesistöön Suomessa (kg/vuosi)
<b>MUUT AINEET</b>				
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnaatti (EHMC)	343	221	9,9	6,4
2,6-di-tert-butyli-4-metyylifenoli	74	48	0	0
Bisfenoli-A	1585	1022	98	63
EDTA	400057	257944	282834	182362
Lyhytketjuiset (C10-C13), klooratut parafiinit, SCCP	0	0	0	0
MUUT AINEET YHTEENSÄ	402060	259235	282942	182432
<b>KAIKKI AINEET YHTEENSÄ</b>	559 194	360 563	321 298	207 162



LIITE 10 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN ASUKASKOHTAISET KUORMAT

Taulukko 1. Haitta-aineiden asukaskohtaisten tulo- ja vesistökuormien yhteenveto.

Aine	Asukaskohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille ( $\mu\text{g}/\text{as}/\text{d}$ )				Asukaskohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta ( $\mu\text{g}/\text{as}/\text{d}$ )			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
<b>LÄÄKEAINEET</b>								
17-alfa-etinyliestradioli (EE2)	0	0	0	0	0,009	0	0,16	0
17-beta-estradioli (E2)	13	0,0	35	0	0	0	0	0
Amoksisilliini	0	0	0	0	0	0	0	0
Atsitromysiini	28	9	54	0	22	11	55	9
Diklofenaakki	467	247	934	1013	385	195	603	908
Erytromysiini	0	0	0	0	2,2	0	11	0
Estroni (E1)	14	6	24	21	0,51	0	1,6	5,9
Flukonatsoli	42	30	70	42	40	22	57	13
Gemfibrotsiili	0	0	0	0	0	0	0	0
Ibuprofeeni	5193	2459	12488	5588	0	0	0	133
Karbamatsepiini	87	0,0	263	0	85	40	219	0
Klaritromysiini	40	0,0	126	419	24	3,1	66	147
Klotrimatsoli	59	20	110	33	0	0	0	0
Mebendatsoli	10	0,0	94	0	0,61	0	3,7	0
Mikonatsoli	24	0	44	18	0	0	0	0
Noretisteroni	0	0	0	0	0	0	0	0

Aine	Asukaskohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille (µg/as/d)				Asukaskohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta (µg/as/d)			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
Permetriini	38	0	96	74	0	0	0	0
Siprofloksasiini	298	0	1066	0	0	0	0	0
Sulfametoksatsoli	109	0	246	49	28	0	130	66
Triklosaani	3	0	13	0	0	0	0	0
Trimetopriimi	101	22	214	0	73	18	133	45
Venlafaksiini	204	131	336	38	161	97	266	35
<b>TORJUNTA-AINEET</b>								
Asetamipridi	0	0	0	0	0,3	0	2,7	0
Atsoksitrobiini	0	0	0	0	0,07	0	1,3	0
Bifentriini	0	0	0	0	0	0	0	0
Deltametriini	0	0	0	0	0	0	0	0
Diklofluaniidi	0	0	0	0	0	0	0	0
Dimetoaatti	0	0	0	0	1,7	0	29	0
Dimoksisitrobiini	0	0	0	0	0	0	0	0
Diuroni	0	0	0	0	0	0	0	0
Epoksikonatsoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Esfenvaleraatti	0	0	0	0	0	0	0	0
Famoksadoni	0	0	0	0	0	0	0	0
Imatsaliili	2,0	0	35	0	1,1	0	19	0

Aine	Asukaskohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille (µg/as/d)				Asukaskohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta (µg/as/d)			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
Imidaklopridi	13	0	120	0	8,1	0	39	0
Klotianidiini	1,1	0	10	0	0	0	0	0
Malationi	0	0	0	0	0	0	0	0
Metaflumitsoni	0	0	0	0	0	0	0	0
Metiokarbi	0	0	0	0	0	0	0	0
Metkonatsoli	1,7	0	29	0	0	0	0	0
Nikosulfuroni	0	0	0	0	0	0	0	0
Oksadiatsoni	0	0	0	0	0	0	0	0
Ometoaatti	0	0	0	0	0	0	0	0
Penkonatsoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Prokloratsi	0	0	0	0	0	0	0	0
Propikonatsoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Tebukonatsoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Tetrakonatsoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiaklopridi	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiametoksaami	0	0	0	0	0,06	0	1,1	0
Tolyylifluanidi	0	0	0	0	0	0	0	0
Triallaatti	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ALKUAINHEET</b>								

Aine	Asukaskohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille (µg/as/d)				Asukaskohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta (µg/as/d)			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
Hopea	43	0	739	3842	0	0	0	1956
Kadmium	44	0	167	0	0	0	0	0
Kokonaiskromi	861	0	1865	0	73	0	1249	0
Kromi (III)	416	0	1865	0	0	0	0	0
Kromi (VI)	0	0	0	0	0	0	0	0
Nikkeli	2333	887	8388	0	2349	1157	6661	1606
Seleen	86	0	845	0	0	0	0	0
Sinkki	45113	22815	120886	23049	12958	5122	34478	12223
Uraani	560	0	2559	0	81	0	568	0
<b>PERFLUORATUT AINEET</b>								
PFOA	0,35	0	3,9	0	1,0	0	3,6	0
PFOS	1,5	0	9,3	0	1,7	0	6,6	0
<b>PALONESTOAINHEET</b>								
BDE-28	0	0	0	0	0	0	0	0
BDE-47	0,62	0	1,1	0	0	0	0	0
BDE-99	0,72	0	1,2	0	0	0	0	0
BDE-100	0,083	0	0,27	0	0	0	0	0
BDE-153	0	0	0	0	0	0	0	0
BDE-154	0,009	0	0,15	0	0	0	0	0
BDE summa	1,4	0	2,6	0	0	0	0	0

Aine	Asukaskohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille (µg/as/d)				Asukaskohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta (µg/as/d)			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
α-HBCD	0	0	0	0	0	0	0	0
β-HBCD	0	0	0	0	0	0	0	0
γ-HBCD	2,3	0	32	0	0	0	0	0
HBCD summa	2,3	0	32	0	0	0	0	0
<b>ALKYYLIFENOLIT JA NIIDEN ETOKSYLAATIT</b>								
4-n-Nonyylifenoli	0	0	0	0	0	0	0	0
4-Nonyylifenoli	184	0	792	230	9,5	0	71	52
4-Nonyylifenolimonoetoksylaatti	190	0	396	203	0	0	0	0
4-Nonyylifenolidietoksylaatti	34	0	119	35	0,92	0	16	3,5
Nonyylifenoli summa (TEQ)	378	142	862	349	10,0	0	78	54
Oktyylifenoli	10	0	73	0	2,0	0	12	10
Oktyylifenolimonoetoksilaatti	26	0	441	0	0	0	0	0
Oktyylifenolidietoksilaatti	0	0	0	0	1,2	0	20	0
Oktyylifenolitrietoksylaatti	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>FTALAATIT</b>								
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	2661	0	8448	31431	69	0	710	182
Bentsyylibutyliiftalaatti (BBP)	180	0	1288	126	0	0	0	0
Dibutyliiftalaatti (DBP)	152	0	644	84	36	0	228	0
<b>MUUT AINEET</b>								
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnamaatti (EHMC)	119	67	220	0	0,68	0	12	0

Aine	Asukaskohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille ( $\mu\text{g}/\text{as}/\text{d}$ )				Asukaskohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta ( $\mu\text{g}/\text{as}/\text{d}$ )			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
2,6-di-tert-butyyl-4-metyylifenoli	38	0	181	0	0	0	0	0
Bisfenoli-A	756	0	4488	0	23	0	125	105
EDTA	111277	13321	258750	5588	83069	25467	164389	4889
Lyhytketjuiset (C10-C13), klooratut parafiinit, SCCP	0	0	0	0	0	0	0	0

LIITE 11 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN BOD-KOHTAISET KUORMAT

Taulukko 43. Haitta-aineiden BOD-kohtaisten tulo- ja vesistökuormien yhteenveto.

Aine	BOD-kohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)				BOD-kohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
<b>LÄÄKEAINEET</b>								
17-alfa-etinyliestradioli (EE2)	0	0	0	0	0,004	0	0,08	0
17-beta-estradioli (E2)	0,20	0	1,0	0	0	0	0	0
Amoksisilliini	0	0	0	0	0	0	0	0
Atsitromysiini	0,42	0,13	0,96	0	27	11	81	5
Diklofenaakki	7,5	2,8	33	24	523	178	1375	448
Erytromysiini	0	0	0	0	2,8	0	18	0
Estroni (E1)	0,22	0,05	0,56	0,49	0,78	0	2,6	2,93
Flukonatsoli	0,63	0,27	1,5	1,0	53	16	158	7
Gemfibrotsiili	0	0	0	0	0	0	0	0
Ibuprofeeni	85	31	290	133	3,6	0	0	66
Karbamatsepiini	1,2	0	3,5	0	111	3,6	308	0
Klaritromysiini	0,54	0	1,3	10	37	1,6	125	72
Klotrimatsoli	0,90	0,25	2,5	0,79	0	0	0	0
Mebendatsoli	0,025	0	0,26	0	1,1	0	10	0
Mikonatsoli	0,37	0	1,3	0,43	0	0	0	0
Noretisteroni	0,00	0	0,00	0	0	0	0	0

Aine	BOD-kohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)				BOD-kohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
Permetriini	0,61	0	1,9	1,8	0	0	0	0
Siprofloksasiini	4,1	0	14	0	0	0	0	0
Sulfametoksatsoli	1,5	0	3,6	1,2	39	0	156	33
Triklosaani	0,074	0	0,55	0	0	0	0	0
Trimetopriimi	1,4	0,16	3,1	0	82	43	200	22
Venlafaksiini	3,1	1,0	7,1	0,92	239	58	917	17
<b>TORJUNTA-AINEET</b>								
Asetamipridi	0	0	0	0	0,25	0	3,2	0
Atsoksitrobiini	0	0	0	0	0,15	0	2,5	0
Bifentriini	0	0	0	0	0	0	0	0
Deltametriini	0	0	0	0	0	0	0	0
Diklofluaniidi	0	0	0	0	0	0	0	0
Dimetoaatti	0	0	0	0	2,0	0	34	0
Dimoksisitrobiini	0	0	0	0	0	0	0	0
Diuroni	0	0	0	0	0	0	0	0
Epoksikonatsoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Esfenvaleraatti	0	0	0	0	0	0	0	0
Famoksadoni	0	0	0	0	0	0	0	0
Imatsaliili	0,031	0	0,52	0	0,9	0	16	0



Aine	BOD-kohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)				BOD-kohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
Imidaklopridi	0,079	0	0,30	0	12	0	50	0
Klotianidiini	0,008	0	0,080	0	0	0	0	0
Malationi	0	0	0	0	0	0	0	0
Metaflumitsoni	0	0	0	0	0	0	0	0
Metiokarbi	0	0	0	0	0	0	0	0
Metkonatsoli	0,025	0	0,42	0	0	0	0	0
Nikosulfuroni	0	0	0	0	0	0	0	0
Oksadiatsoni	0	0	0	0	0	0	0	0
Ometoaatti	0	0	0	0	0	0	0	0
Penkonatsoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Prokloratsi	0	0	0	0	0	0	0	0
Propikonatsoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Tebukonatsoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Tetrakonatsoli	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiaklopridi	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiametoksaami	0	0	0	0	0,12	0	2,1	0
Tolyylifluanidi	0	0	0	0	0	0	0	0
Triallaatti	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ALKUAINHEET</b>								

Aine	BOD-kohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)				BOD-kohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
Hopea	2,2	0	38	92	0	0	0	966
Kadmium	1,0	0	8,5	0	0	0	0	0
Kokonaiskromi	12	0	28	0	92	0	1478	0
Kromi (III)	5,2	0	28	0	0	0	0	0
Kromi (VI)	0	0	0	0	0	0	0	0
Nikkeli	34	7,5	120	0	3186	747	7222	793
Seleen	1,2	0	13	0	0	0	0	0
Sinkki	668	265	1788	550	16432	4937	36667	6034
Uraani	8,4	0	39	0	126	0	903	0
<b>PERFLUORATUT AINEET</b>								
PFOA	0,003	0	0,03	0	1,4	0	3,0	0
PFOS	0,02	0	0,13	0	2,2	0	8,3	0
<b>PALONESTOAINHEET</b>								
BDE-28	0	0	0	0	0	0	0	0
BDE-47	0,009	0	0,022	0	0	0	0	0
BDE-99	0,010	0	0,025	0	0	0	0	0
BDE-100	0,001	0	0,004	0	0	0	0	0
BDE-153	0	0	0	0	0	0	0	0
BDE-154	0,0001	0	0,002	0	0	0	0	0
BDE summa	0,02	0	0,05	0	0	0	0	0

Aine	BOD-kohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)				BOD-kohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
α-HBCD	0	0	0	0	0	0	0	0
β-HBCD	0	0	0	0	0	0	0	0
γ-HBCD	0,03	0	0,46	0	0	0	0	0
HBCD summa	0,03	0	0,46	0	0	0	0	0
<b>ALKYYLIFENOLIT JA NIIDEN ETOKSYLAATIT</b>								
4-n-Nonyylifenoli	0	0	0	0	0	0	0	0
4-Nonyylifenoli	2,8	0	11	5,5	6,3	0	36	26
4-Nonyylifenolimonoetoksylaatti	2,7	0	7,7	4,8	0	0	0	0
4-Nonyylifenolidietoksylaatti	0,41	0	1,8	0,83	0,50	0	8	1,7
Nonyylifenoli summa (TEQ)	5,5	1,3	12	8,3	6,5	0	40	27
Oktyylifenoli	0	0	1,1	0	2,7	0	19	5,2
Oktyylifenolimonoetoksilaatti	0	0	6,7	0	0	0	0	0
Oktyylifenolidietoksilaatti	0	0	0	0	0,63	0	10	0
Oktyylifenolitrietoksylaatti	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>FTALAAITIT</b>								
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	41	0	128	750	107	0	1129	90
Bentsyylibutyliiftalaatti (BBP)	2,1	0	10	3,0	0	0	0	0
Dibutyliiftalaatti (DBP)	1,8	0	4,9	2,0	42	0	270	0
<b>MUUT AINEET</b>								
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnamaatti (EHMC)	1,9	0,61	6,3	0	0,60	0	10	0

Aine	BOD-kohtainen tulokuorma hankkeen puhdistamoille (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)				BOD-kohtainen vesistökuorma hankkeen puhdistamoilta (mg/kg <sub>BOD</sub> /d)			
	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii	Keskiarvo	Min	Max	Oulun Vesi, Yli-ii
2,6-di-tert-butyli-4-metyylifenoli	0,43	0	1,8	0	0	0	0	0
Bisfenoli-A	7,9	0	35	0	19	0	104	52
EDTA	1644	309	4301	133	172155	13000	913043	2414
Lyhytketjuiset (C10-C13), klooratut parafiinit, SCCP	0	0	0	0	0	0	0	0

LIITE 12 TUTKITTUJEN HAITTA-AINEIDEN RISKIOSAMÄÄRÄT

Taulukko 1. Tutkittujen aineiden riskiosamäärät käsitellyssä jätevedessä ( $RQ_{\text{effluentti}}$ ). Merkintä "-" tarkoittaa, ettei arvoa voitu määrittää, koska aineen pitoisuus oli alle määrittämissä rajoissa ja/tai käsitellyssä jätevedessä. EQS- ja PNEC-arvot on esitetty tarkemmin viitteinen liitteessä 6. Kursiivilla esitetyn aineen analyysin määrittämissä rajoissa oli korkeampi kuin EQS- tai PNEC-arvo.

Yhdiste	EQS (matalin)	PNEC (matalin)	Riskiosamäärä ( $RQ_{\text{effluentti}}$ )			
			Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
<b>LÄÄKEAINEET</b>						
<i>17-alfa-etinyyliestradioli (EE2)</i>		0,000035	-	-	-	11
<i>17-beta-estradioli (E2)</i>		0,0004	-	-	-	-
<i>Amoksisilliini</i>		0,078	-	-	-	-
Atsitromysiini		0,019	4,3	4,5	1,4	7,4
Diklofenaakki		0,05	31	30	17	52
Erytromysiini		0,2	0,04	0,03	-	0,28
Estroni (E1)		0,0036	0,84	0,42	-	4,7
Flukonatsoli		0,25	0,59	0,56	0,15	1,04
Gemfibrotsiili		0,8519	-	-	-	-
Ibuprofeeni		1	-	-	-	0,38
Karbamatsepiini		0,5	0,65	0,57	-	2,0
Klaritromysiini		0,12	0,91	0,74	0,07	3,5
Klotrimatsoli		0,02	-	-	-	-
Mebendatsoli		0,088	-	-	-	0,18
Mikonatsoli		0,2	-	-	-	-
<i>Noretisteroni</i>		0,0148	-	-	-	-

Yhdiste	EQS (matalin)	PNEC (matalin)	Riskiosamäärä (RQ <sub>effluentti</sub> )			
			Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
<i>Permetriini</i>		0,0002	-	-	-	-
<i>Siprofloksasiini</i>		0,089	-	-	-	-
Sulfametoksatsoli		0,1	1,05	0,96	-	2,8
Triklosaani		0,02	-	-	-	-
Trimetopriimi		0,5	0,54	0,53	0,18	0,96
Venlafaksiini		0,0061	98	90	16	180
<b>TORJUNTA-AINEET</b>						
Asetamipridi		0,5	-	-	-	-
Atsoksitrobiini		0,95	-	-	-	0,006
<i>Bifentriini</i>		0,00002	-	-	-	-
<i>Deltametriini</i>		0,00007	-	-	-	-
Diklofluaniidi		0,265	-	-	-	-
Dimetooaatti	AA-EQS Muut pintavedet: 0,07 (kansallinen EQS)	-	-	-	-	0,89
Dimoksisitrobiini		0,0316	-	-	-	-
Diuroni	0,2		-	-	-	-
Epoksikonatsoli		0,18	-	-	-	-
<i>Esfenvaleraatti</i>		0,0001	-	-	-	-
<i>Famoksadoni</i>		0,0085	-	-	-	-
Imatsaliili		0,8	-	-	-	-
<i>Imidaklopridi</i>		0,0083	-	-	-	16

Yhdiste	EQS (matalin)	PNEC (matalin)	Riskiosamäärä (RQ <sub>effluentti</sub> )			
			Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
Klotianidiini		0,13	-	-	-	-
<i>Malationi</i>		0,0012	-	-	-	-
<i>Metaflumitsoni</i>		0,0654	-	-	-	-
Metiokarbi		0,002	-	-	-	-
<i>Metkonatsoli</i>		0,029	-	-	-	-
<i>Nikosulfuroni</i>		0,0087	-	-	-	-
Oksadiatsoni		0,088	-	-	-	-
<i>Ometoaatti</i>		0,00084	-	-	-	-
Penkonatsoli		1,7	-	-	-	-
<i>Prokloratsi</i>	AA-EQS Muut pintavedet: 0,1 (kansallinen EQS)	-	-	-	-	-
Propikonatsoli		0,095	-	-	-	-
Tebukonatsoli		0,24	-	-	-	-
Tetrakonatsoli		1,9	-	-	-	-
Tiaklopridi		0,01	-	-	-	-
Tiametoksaami		0,042	-	-	-	0,10
Tolyylifluanidi		0,265	-	-	-	-
Triallaatti		0,41	-	-	-	-
<i>Triasulfuroni</i>		0,0032	-	-	-	-
<b>ALKUAINHEET</b>						
<i>Hopea</i>		Sisävedet: 0,04 Merivesi: 0,86	-	-	-	140 6,5

Yhdiste	EQS (matalin)	PNEC (matalin)	Riskiosamäärä (RQ <sub>effluentti</sub> )			
			Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
Kadmium	Sisävedet: 0,08 <sup>1)</sup> Muut pintavedet: 0,2 <sup>1)</sup>		-	-	-	-
Kokonaiskromi		Sisävedet: 3,4 Muut pintavedet: 0,6	-	-	-	1,00 5,7
Kromi (III)		1,8	-	-	-	-
Kromi (VI)		2,06	-	-	-	-
Nikkeli	Sisävedet: 4 <sup>1,2)</sup> Muut pintavedet: 8,6 <sup>2)</sup>		2,0 0,9	1,8 0,8	1,0 0,5	4,3 2,0
Seleen		0,73	-	-	-	-
Sinkki		Sisävedet: 20,6 <sup>1)</sup> Muut pintavedet: 6,1 <sup>1)</sup>	2,2 7,6	2,1 7,1	1,2 4,1	4,3 14,4
Uraani		0,5	1,0	-	-	5,6
<b>PERFLUORATUT YHDISTEET</b>						
PFOA		0,1	0,04	0,035	-	0,12
PFOS	Sisävedet: 34 Muut pintavedet: 7,2		0,0002 0,0008	0,0001 0,0006	-	0,0006 0,0031
<b>PALONESTOAINHEET</b>						
BDE-summa	Sisävedet: 0,14 Muut pintavedet: 0,014		-	-	-	-
HBCD	0,05		-	-	-	-
<b>ALKYYLIFENOLIT JA NIIDEN ETOKSYLAATIT</b>						
4-n-Nonyylifenoli			-	-	-	-
4-Nonyylifenoli			-	-	-	-
4-Nonyylifenolimonoetoksyalaatti			-	-	-	-
4-Nonyylifenoli-di-etoksyalaatti			-	-	-	-
Nonyylifenoli summa (TEQ)	0,3		-	-	-	0,82



Yhdiste	EQS (matalin)	PNEC (matalin)	Riskiosamäärä (RQ <sub>effluentti</sub> )			
			Keskiarvo	Mediaani	Min	Max
Oktyylifenoli	Sisävedet: 0,1 Muut pintavedet: 0,01		0,13 1,3	-	-	0,6 6
Oktyylifenolimonoetoksilaatti			-	-	-	-
Oktyylifenolidietoksilaatti			-	-	-	-
<b>FTALAATIT</b>						
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	1,3		0,33	-	-	2,7
Bentsyylibutyyliftalaatti (BBP)	Sisävedet: 10 Muut pintavedet: 1,4		-	-	-	-
Dibutyyliftalaatti (DBP)	Sisävedet: 10 Muut pintavedet: 1		0,01 0,14	-	-	0,062 0,62
<b>MUUT AINEET</b>						
2-Etyyliheksyyli-4-metoksisinnamaatti (EHMC)		6	-	-	-	0,007
2,6-di-tert-butyli-4-metyylifenoli		3,16	-	-	-	-
Bisfenoli-A		Sisävedet: 1,6 Merivesi: 0,15	0,06 0,66	-	-	0,2 2,1
EDTA		2 200	0,19	0,15	0,006	0,96
<i>Lyhytketjuiset (C10-C13), klooratut parafiinit, SCCP</i>		0,4	-	-	-	-

<sup>1)</sup> Aineen liukoinen osuus

<sup>2)</sup> Aineen biosaatava osuus.

LIITE 13 MITATTUJEN AINEIDEN PITOISUUDET TUTKITUILLA JÄTEVEDENPUHDISTAMOILLA (EI SAATAVILLA TÄSSÄ VERSIOSSA)

Liite 13 on saatavilla tämän raportin maksullisessa versiossa (Vesilaitoksen monistesarja nro 70).

LIITE 14 MUIDEN AINEIDEN MITTAUSTULOKSET (EI SAATAVILLA TÄSSÄ VERSIOSSA)

Liite 14 on saatavilla tämän raportin maksullisessa versiossa (Vesilaitoksen monistesarja nro 70).