



LAKI ja VESI  
veden lailla

Uudet haitalliset aineet suomalaisilla jätevedenpuhdistamoilla:  
mittausten, mallinnusten ja riskinarvioinnin tulokset

**Niina Vieno**

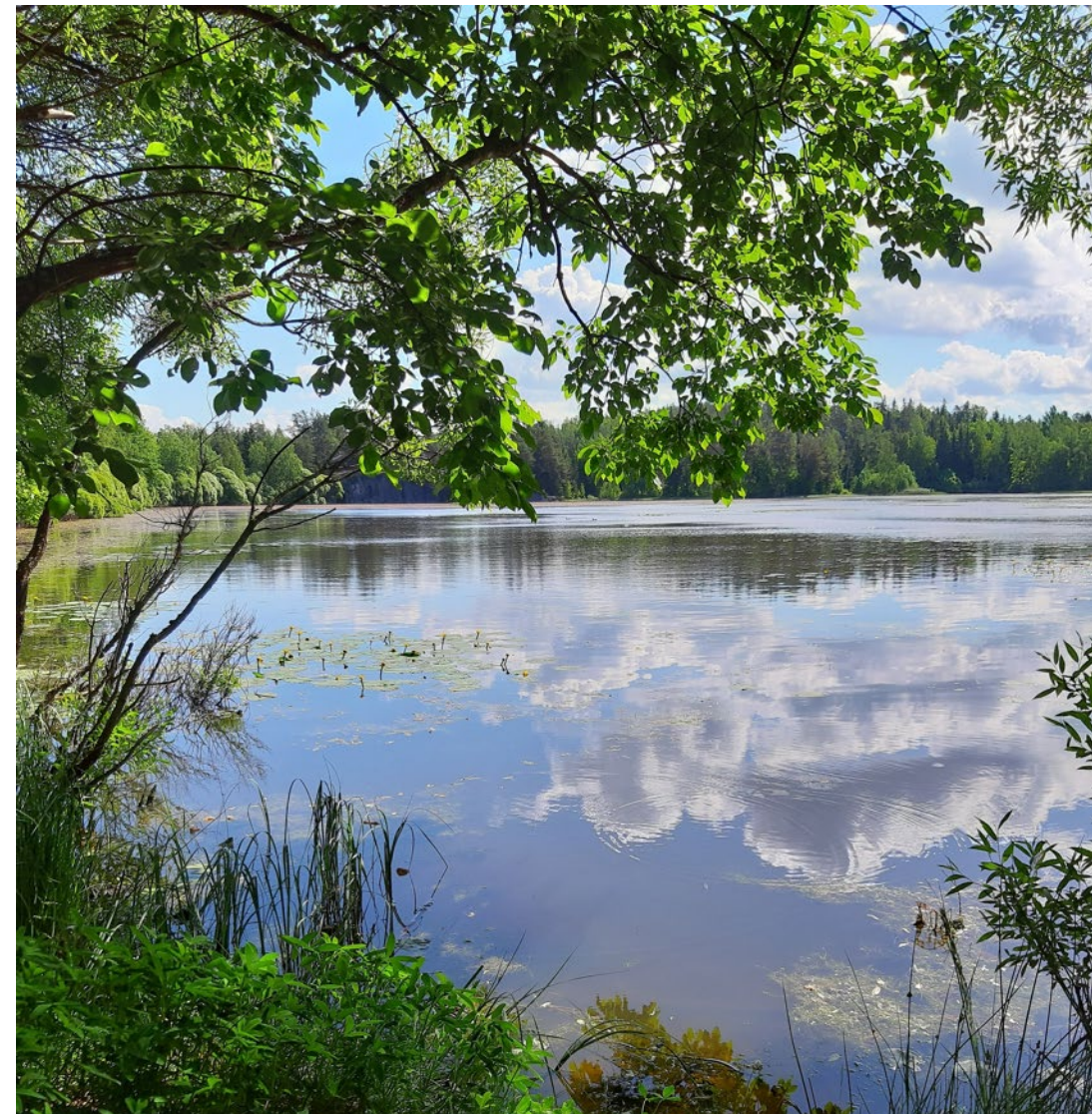


@NiinaVieno, @LakijaVesi

# TAUSTA JA JOHDANTO



- Lainsäädännön valmistelutöissä on noussut esiin aineita, joita mahdollisesti ehdotetaan esimerkiksi EU:n prioriteettinainelistalle.
  - Aineiden esiintymisestä jätevesissä ei ole ollut kattavaa tietoa.
  - Näitä kutsuttiin hankkeessa **uusiksi haitallisiksi aineiksi**.
- Aiheen tiimoilta käynnistettiin projekti, jonka tavoitteena oli
  1. tutkia uusien haitallisten aineiden esiintymistä jätevedessä,
  2. mallintaa niiden käyttäytymistä puhdistamoilla ja
  3. arvioida aineiden aiheuttamia riskejä vesiympäristössä.
- Projektia koordinoi Suomen Vesilaitosyhdistys ja sen toteutti Laki ja Vesi Oy.
- Projektia rahoitti Ympäristöministeriö vesiensuojelun tehostamisohjelmasta sekä 15 hankkeessa mukana ollutta vesihuoltolaitosta.
- Tulokset on julkaistu Vesilaitosyhdistyksen

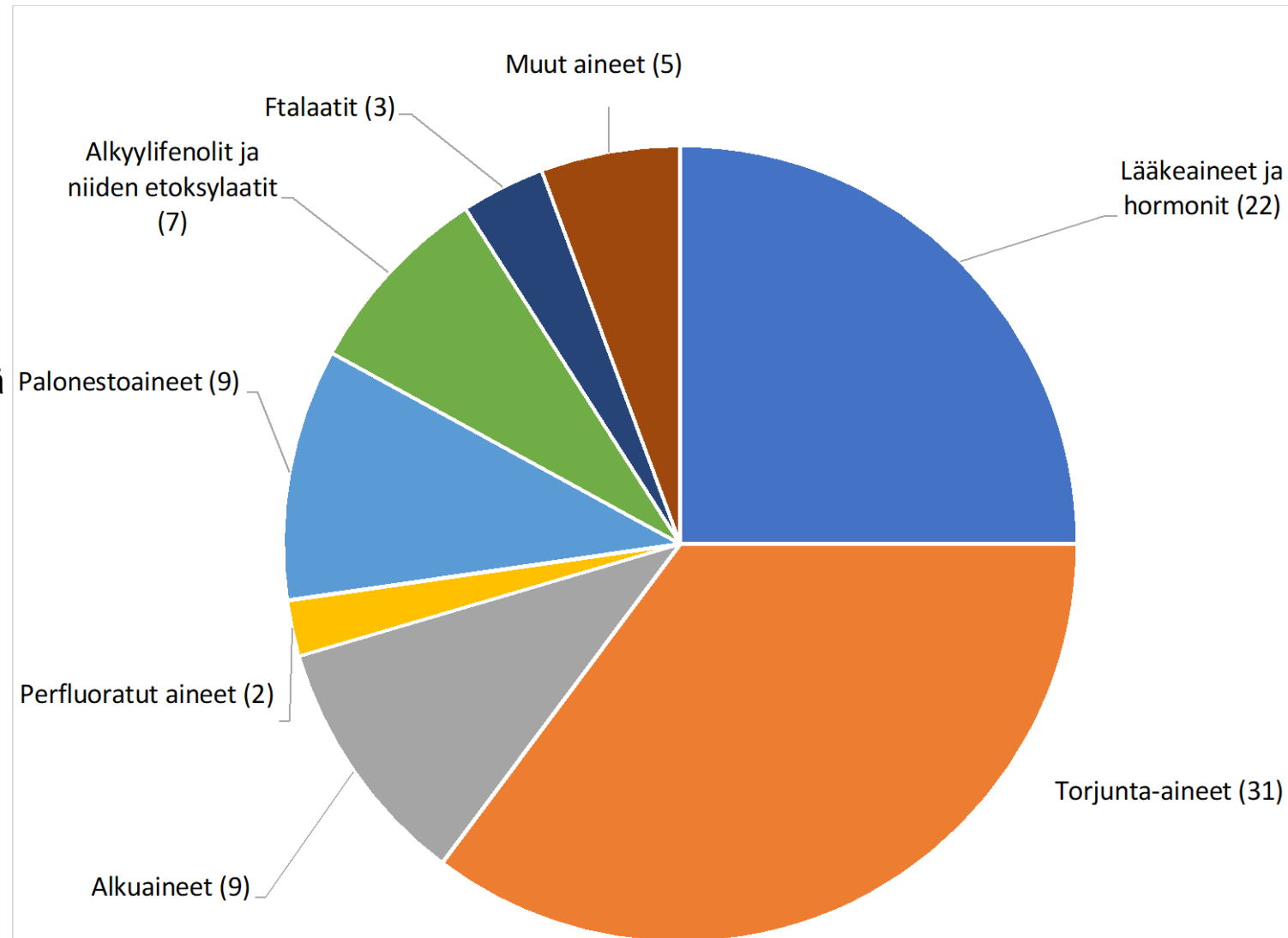


Vesilaitosyhdistys  
Vattenverksföreningen VVY



# TUTKITTAVAKSI VALITTIIN 88 HAITALLISTA AINETTA

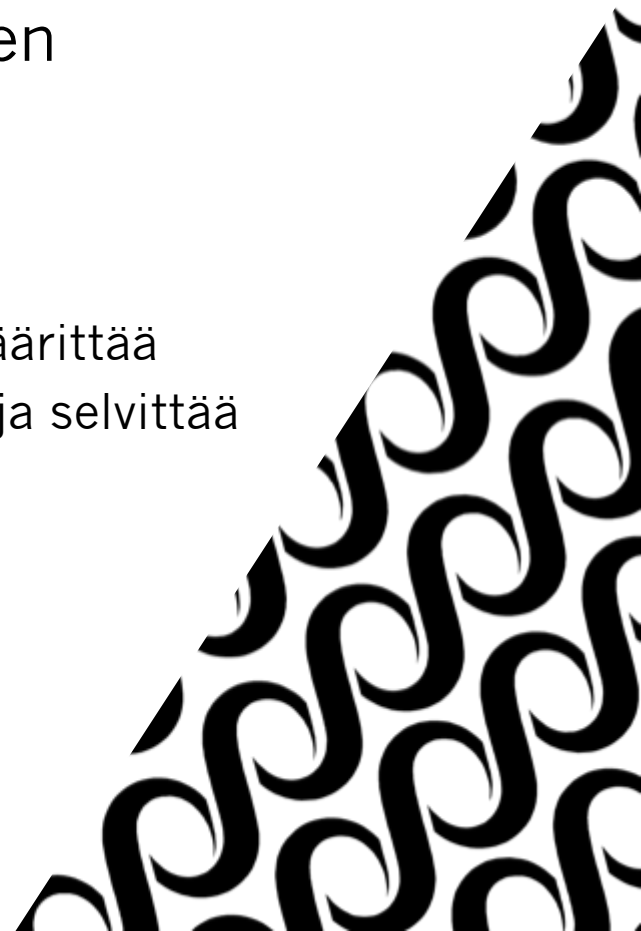
- Ainelistat ja aineiden valintaperusteet löytyvät raporteista.
- 58 luokiteltiin ”uusiksi”
- 30 luokiteltiin ”vanhoiksi”
  - Tutkittiin pitoisuus- ja kuormatrendejä
- Lisäksi tutkittiin perusparametrejä.
  - Biologinen hapenkulutus (BOD<sub>7</sub>)
  - Kemiallinen hapenkulutus (COD)
  - Typpi (NH<sub>4</sub>-N ja kokonais-N)
  - Kokonaisfosfori
  - Kiintoaine (TSS)



# ANALYYSILABORATORIOIDEN KILPAILUTUS

---

- Hankkeessa kilpailutettiin laboratoriopalveluja haitta-aineiden analysoimiseksi yhdyskuntien jätevesissä ja ympäristöön johdettavissa käsitellyissä jätevesissä julkisten hankintojen periaatteiden mukaisesti.
- Kilpailutus tehtiin kahdessa vaiheessa.
  - Ensimmäisessä vaiheessa tehtiin esiselvitys, jonka tavoitteena oli määrittää toisen vaiheen kilpailutusta varten lopullinen tutkittavien aineiden lista ja selvittää aineiden analyysien määrittämisrajat jätevesimatriisissa.
  - Toisessa vaiheessa näytteet otettiin kaikilta hankkeessa mukana olleilta puhdistamoilta.
- Analyysikustannukset toisessa vaiheessa olivat 4507,97 €/näyte.





# NÄYTTEENOTTO JA ANALYSOINTI

---

- Näytteitä otettiin

- 17 suurelta jätevedenpuhdistamolta, jotka käsittelivät yhteensä 2 702 500 suomalaisen jätevedet.
- Yksi pieni jätevedenpuhdistamo (Oulun Yli-lin puhdistamo, AVL 600)



- Jokaiselta puhdistamolta otettiin yksi tulevan ja yksi käsitellyn jäteveden näyte pääosin 24 tunnin kokoomanäytteenä.



- Näytteet toimitettiin kolmeen kaupalliseen laboratorioon.



# ANALYYSIMENETELMIEN SOVELTUVUUS

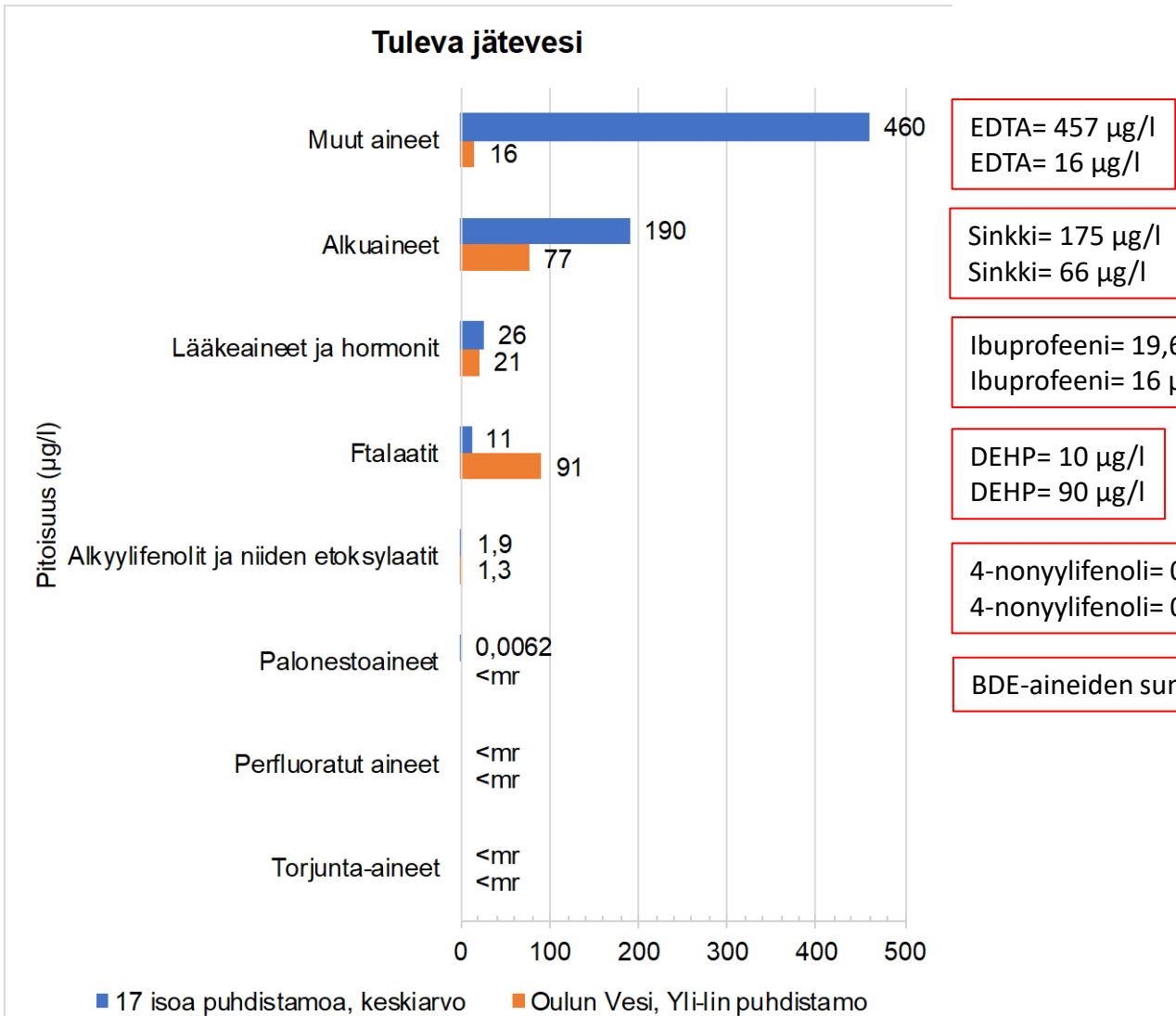
---

- Analyysseille asetettiin kilpailutuksessa vähimmäisvaatimuksiksi analyysimenetelmän mittausepävarmuus ja aineiden puhtaan veden määritysrajat.
  - Nämä perustuivat aineiden EQS- ja PNEC-arvoihin sekä asiantuntija-arvioon.
- 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.
  - Tämän arveltiin johtuvan jätevesien sisältämistä analyysejä häiritsevistä aineista eli matriisista.
  - Käsitellyssä jätevedessä määritysrajat olivat tulevaa jätevettä matalampia.
  - 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

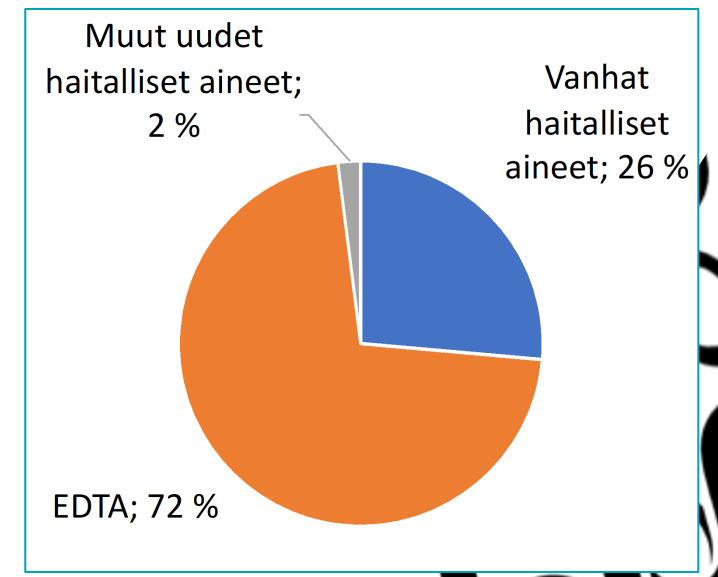


# TULEVAN JÄTEVEDEN TULOKSET

Keskiarvopitoisuuksien summa aineryhmittäin



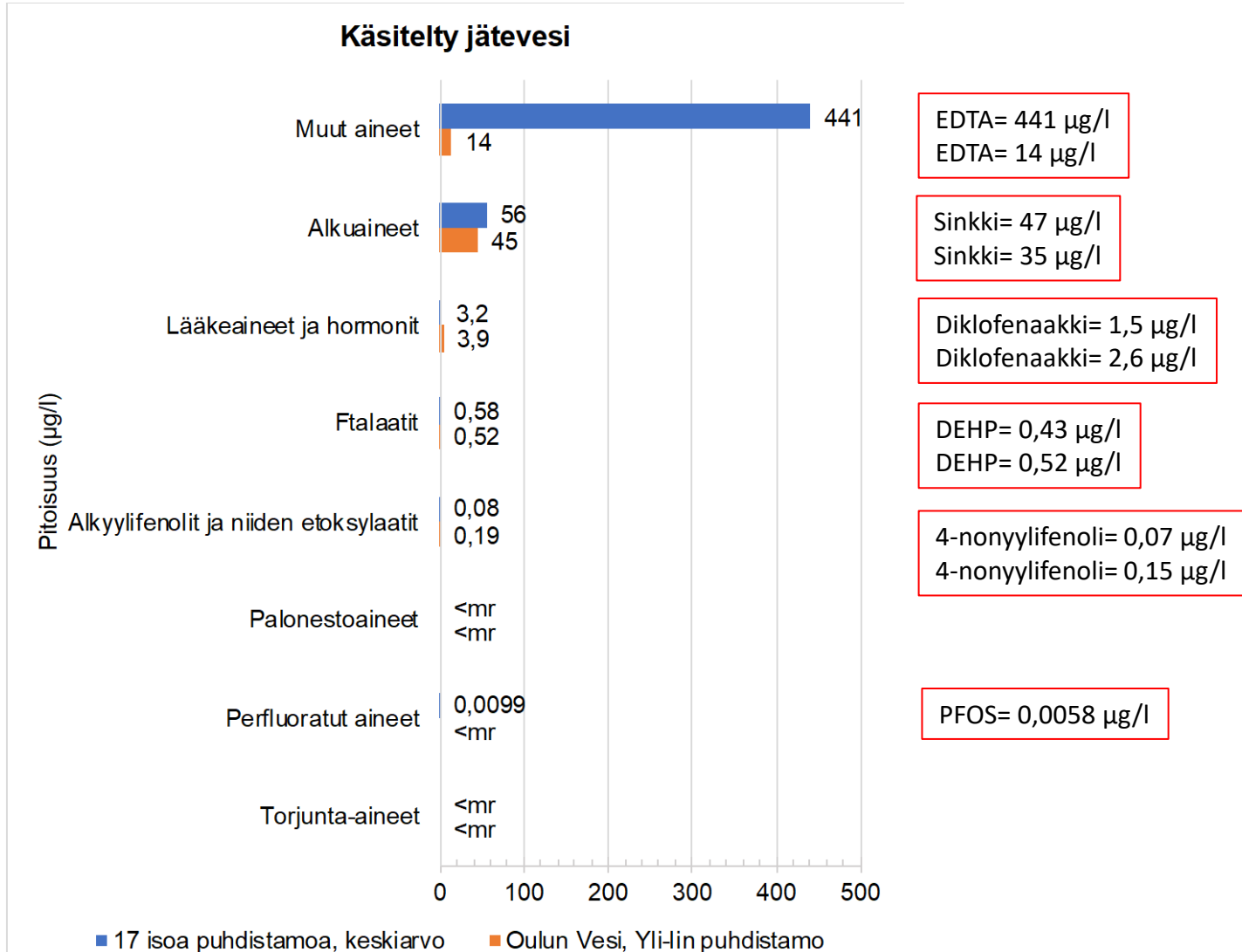
- Yhteensä kaikkien aineiden tulokuorma suomalaisille puhdistamolle arvioitiin olevan 360,5 tn/vuosi:



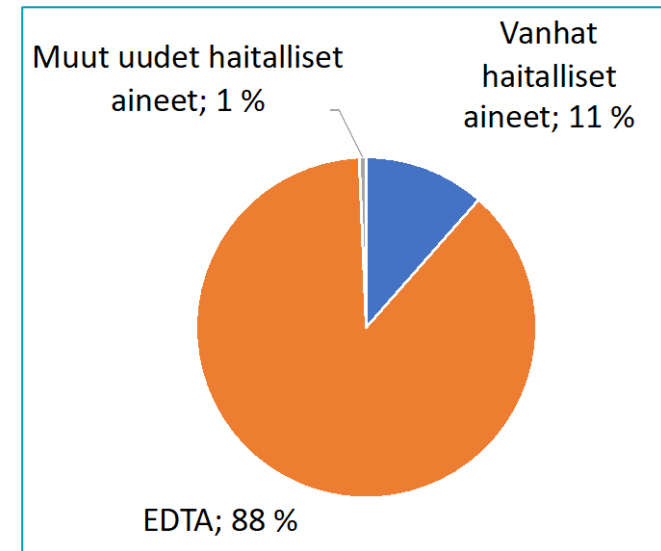
- Asukasta kohti tämä on 172 mg/as/d.
- Vertailun vuoksi Yli-Ii:ssä arvo oli n. 65 mg/as/d.

# KÄSITELLYN JÄTEVEDEN TULOKSET

Keskiarvopitoisuuksien summa aineryhmittäin:



- Yhteensä kaikkien aineiden vesistökuorma suomalaisilta puhdistamoilta arvioitiin olevan 207,2 tn/vuosi.

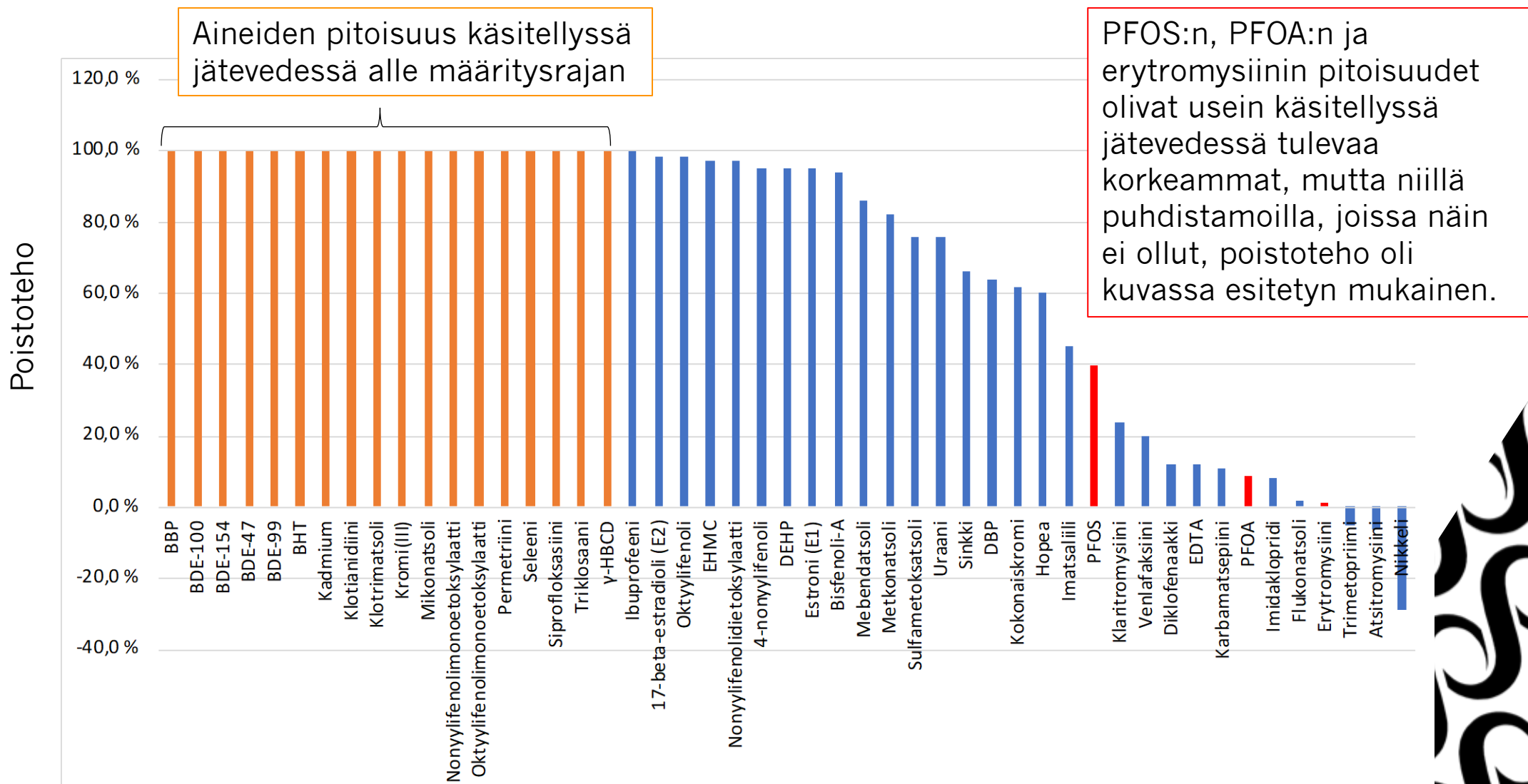


- Asukasta kohti tämä on 99,5 mg/as/d.
- Vertailun vuoksi Yli-l:ssä arvo oli n. 22 mg/as/d.



# AINEIDEN POISTOTEHO

- 49 aineelle (joista 27 luokiteltiin ”uusiksi”) voitiin laskea poistoteho.

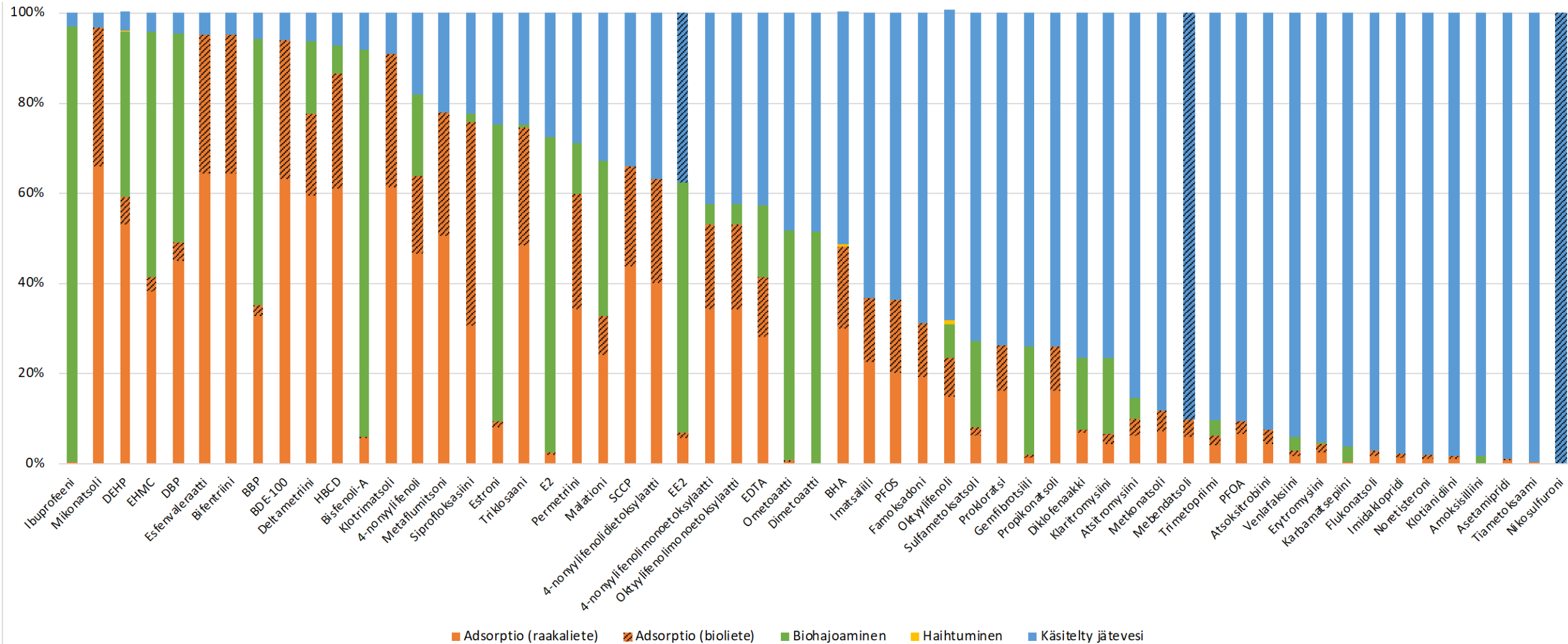


# AINEIDEN KÄYTTÄYTYMISEN MALLINNUKSEEN

- Aineiden käyttäytymistä yhdyskuntajätevedenpuhdistamolla mallinnettiin Simple Treat -ohjelmiston avulla.
- Malli on ilmaiseksi saatavilla Alankomaiden terveys- ja ympäristöviranomaisen (RIVM) kotisivuilla.
- 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 j.tevedess.
  - Kiintoaine-vesi jakautumiskerroin aktiivilietteess.
  - Biologinen hajoamisvakio



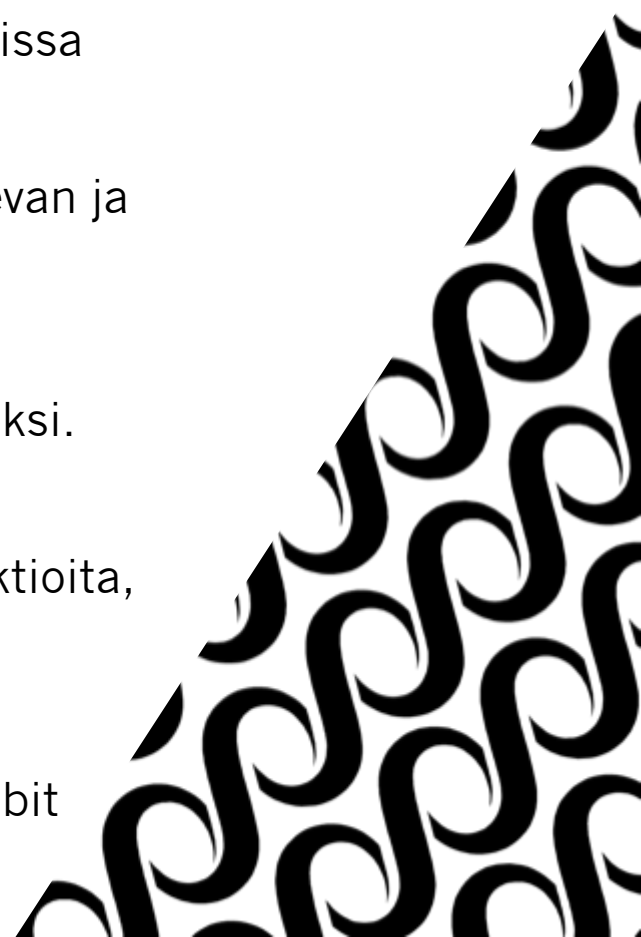
# AINEIDEN KÄYTTÄYTYMISEN MALLINNUKSI



# SYITÄ PITOISUUDEN KASVUUN PROSESSIN AIKANA

---

1. Tulevassa jätevedessä analyysin määrittäminen saattaa olla käsiteltyä jätevettä korkeampi.
2. Analyysimenetelmien mittausepävarmuudet erityisesti lähellä määrittärajaa olevissa pitoisuuksissa ovat usein kymmeniä prosentteja.
3. Haitta-aineiden pitoisuudet jätevedessä vaihtelevat eri vuorokauden aikoina. Tulevan ja käsitellyn jäteveden näytteenotossa ei yleensä huomioida jäteveden viipymää puhdistamolla.
4. Jätevedenpuhdistamoilla käytetään erilaisia kemikaaleja jäteveden puhdistamiseksi. Näissä kemikaaleissa saattaa olla epäpuhtautena esimerkiksi nikkeliä.
5. On mahdollista, että jätevedenpuhdistusprosessin aikana tapahtuu hajoamisreaktioita, joiden tuloksena vapautuu tutkittavia haitallisia aineita (esim. PFOS ja PFOA).
6. Lääkeaineiden kulkiessa elimistön läpi ne muuntuvat eli metaboloituvat. Jotkin metaboliatuotteet ovat rakenteeltaan sellaisia, että jätevedenpuhdistamon mikrobit voivat muuntaa aineita takaisin vaikuttaviksi lääkeaineiksi.



# RISKINARVIOINTI

---

- Riskiä ympäristön eliöille arvioitiin niin kutsutun riskiosamäärän, RQ (engl., risk quotient), avulla.

$$RQ = \frac{\text{Aineen mitattu pitoisuus}}{\text{Aineen EQS- tai PNEC-arvo}}$$

PNEC= predicted no effect concentration

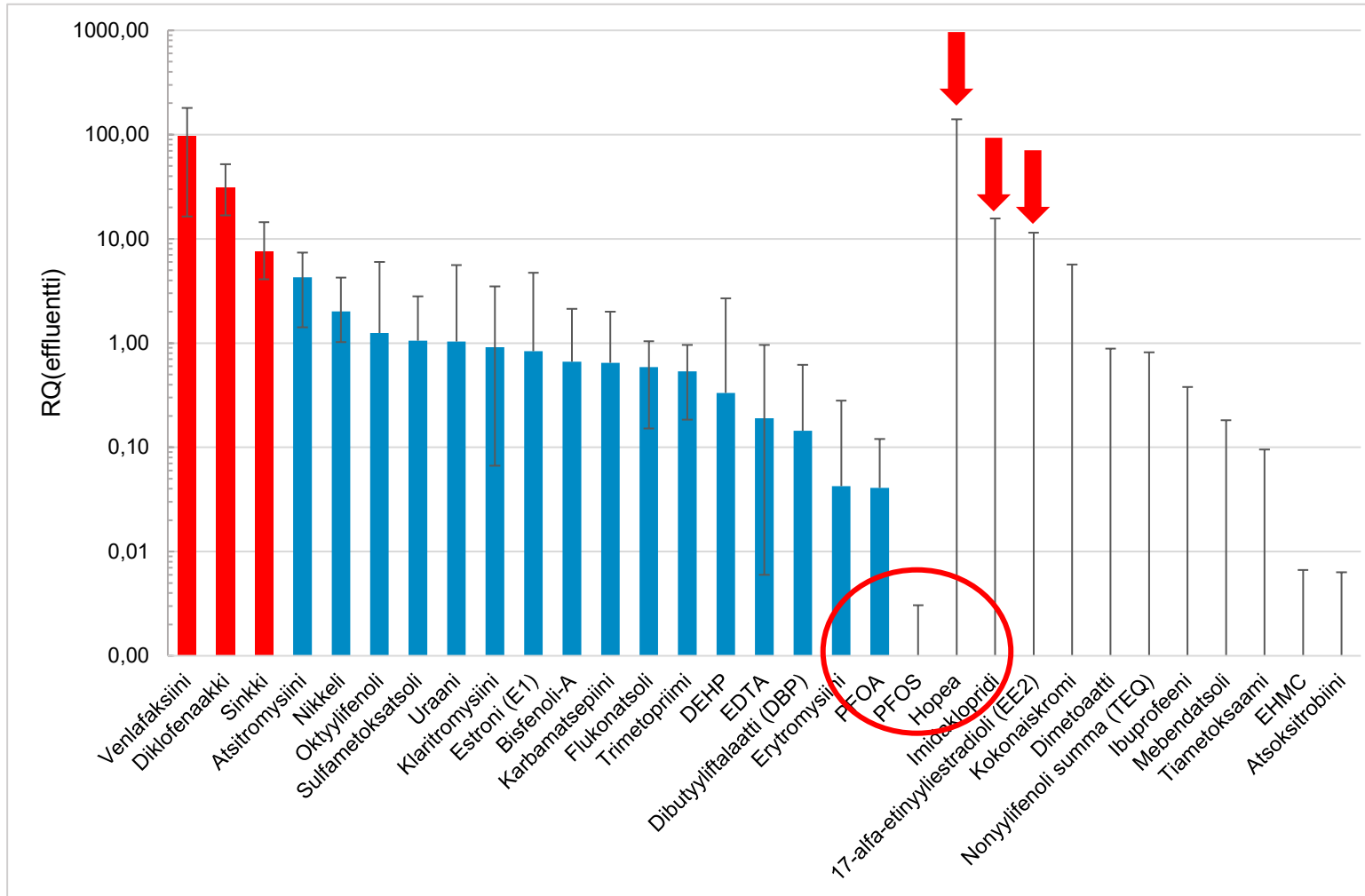
EQS= environmental quality standard

- Jos  $RQ > 1$ , riski haitallisille vaikutuksille on olemassa
- Tässä hankkeessa riskiosamäärät laskettiin käsitellyn jäteveden pitoisuuksille ( $RQ_{\text{effluenti}}$ ), joten osamäärä ei suoraan kuvaa aineen ympäristöriskiä.
- Tutkituille aineille etsittiin lainsäädännöstä voimassa olevat EQS-arvot. Aineille, joille EQS-arvoa ei ole asetettu, etsittiin kirjallisuudesta PNEC-arvot. Kirjallisuuslähteistä priorisoitiin EU:n julkaisuissa esitetyt arvot.
- RQ-tekniikka ei ole soveltuva pysyville yhdisteille kuten PFOA, PFOS, BDE ja HBCD.
  - Näiden aineiden osalta tulee aina pyrkiä mahdollisimman alhaiseen kuormitukseen.



# RISKINARVIOINTI

## Vesistöjen kannalta haitallisimmat aineet



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

# ESIMERKKI: PFOS

---

- Riskinarvioinnissa käytetyllä PNEC- tai EQS-arvolla on suuri merkitys arvioinnin tulokseen.
- Esimerkiksi PFOS:
  - Suomen lainsäädännössä PFOS:ille ei ole vesistöissä asetettu vuosikeskiarvoon perustuvaa AA-EQS-arvoa.
    - Suurimpaan sallittuun vesistöpitoisuuteen perustuva MAC-EQS arvo on sisävesille 34 µg/l ja muille pintavesille 7,2 µg/l. Näihin tietoihin perustuen  $RQ_{\text{effluentti}}$  on 0,0002 ja 0,0008.
  - PFOS:lle on kuitenkin EU-direktiivissä 2013/39/EU asetetty AA-EQS-arvot on asetettu, mutta niitä ei ole implementoitu Suomen lainsäädäntöön.
    - Sisävesille AA-EQS on 0,00065 µg/l ja muille pintavesille 0,00013 µg/l. Näihin tietoihin perustuen  $RQ_{\text{effluentti}}$  on 9 ja 45.

# VESISTÖJEN KANNALTA HAITALLISIMMAT AINEET (1)

Aine	Käyttötarkoitus	Esiintymistiheys käsitellyn jäteveden näytteitä	RQ <sub>max</sub> (käsitelty jätevesi)	PNEC	Esiintyminen Suomen pintavesissä	Yhteenveto riskistä
Venlafaksiini	Masennuslääke	18/18	180	6 ng/l	18–210 ng/l	Merkittävä riski jätevedenpuhdistamoiden purkuvesistöissä.
Diklofenaakki	Tulehduskipulääke	18/18	52	50 ng/l	<3–640 ng/l	Huomattava riski jätevedenpuhdistamoiden purkuvesistöissä.
17-alfa-etinyyliestradioli	Synteettinen hormoni	1/18	11	0,035 ng/l	<0,035–0,18 ng/l	Huomattava riski jätevedenpuhdistamoiden purkuvesistöissä.
Sinkki	Teollisuus, kosmetiikka, ravintolisä ym.	18/18	14	Sisävedet: 20,6 µg/l Merivesi: 6,12 µg/l	43,8 µg/l ja 230 µg/l (keskiarvo ja max, joet) 30,8 µg/l ja 230 µg/l (keskiarvo ja max, suistot)	Huomattava riski jätevedenpuhdistamoiden purkuvesistöissä.
Imidaklopridi	Torjunta-aine	8/18	16	8,3 ng/l	<5 ng/l	Huomattava paikallinen riski.
Hopea	Erilaiset toiminnot ja kuluttajatuotteet	1/18	140	Sisävedet: 40 ng/l Merivesi: 860 ng/l	keskiarvo 245 ng/l (n= 657)	Mahdollinen paikallinen riski.

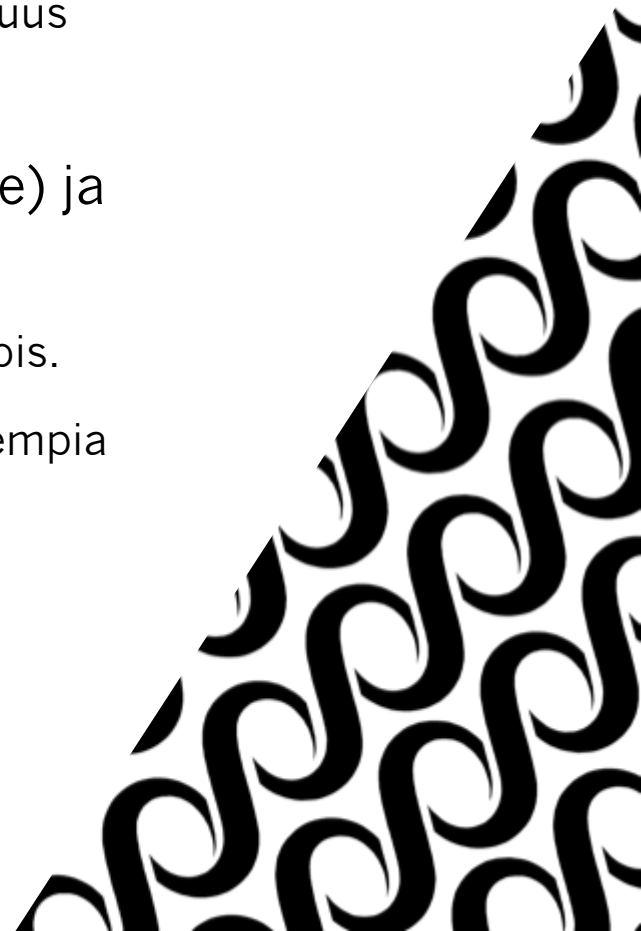
PNEC= predicted no effect concentration= arvioitu haitaton pitoisuus

RQ= risk quotient (riskiosamäärä)

# VESISTÖJEN KANNALTA HAITALLISIMMAT AINEET (2)

---

- Joidenkin aineiden analyysimenetelmän määrittäysraja oli korkeampi kuin aineen EQS- tai PNEC-arvo
  - On siis mahdollista, että vaikka mittaustulos on alle määrittäysrajan, aineen pitoisuus vedessä on kuitenkin korkeampi kuin haitattomaksi arvioitu pitoisuus.
- Tässä hankkeessa tällaisia aineita olivat *deltametriiniä* (torjunta-aine) ja *permetriini* (torjunta-aine ja lääkeaine)
  - Tämän hankkeen tulosten perusteella aineiden ympäristöriskiä ei voida sulkea pois.
  - Aineiden mittaamiseen tulisikin mahdollisuuksien mukaan jatkossa käyttää tarkempia analyysimenetelmiä.



# NS. VANHOJEN AINEIDEN TULOSTEN VERTAILU

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
Nonyylifenolimonoetoksyalaatti	984	417	29	0
Nonyylifenolidietoksyalaatti	164	68	29	0,56
Oktyylifenoli	63	13	13	2,2
Oktyylifenolimonoetoksilaatti	175	11	9	0
Oktyylifenolidietoksyalaatti	-	0	10	0,69
Di-2-etyyliheksyyliiftalaatti (DEHP)	2475	4250	520	141
Bentsyylibutyyliftalaatti (BBP)	110	388	28	0
Dibutyyliftalaatti (DBP)	72	255	16	28
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>137 430</b>	<b>95 340</b>	<b>31 320</b>	<b>23 765</b>

- Kaikkien aineiden yhteenlaskettu kuorma puhdistamoille oli v. 2020 n. 30 % pienempi kuin v. 2013.





# YHTEENVETO

---

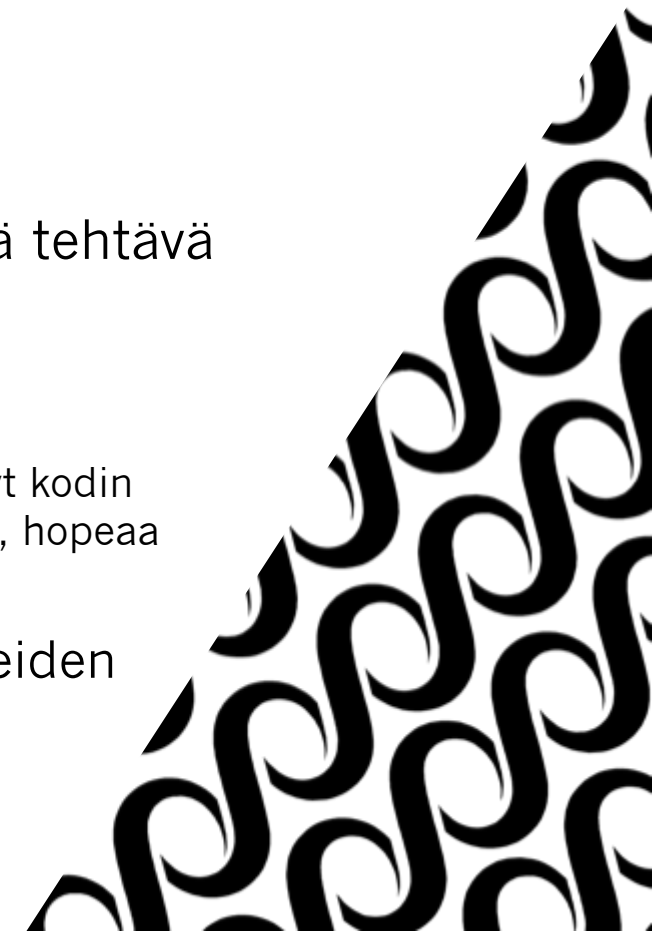
- Hankkeessa tutkittiin 88 haitallisen aineen esiintymistä ja käyttäytymistä jätevedenpuhdistamoilla.
- Mittaukset osoittivat, että suurin osa tutkituista haitallisista aineista poistui jätevedenpuhdistuksessa siinä määrin, että niiden aiheuttama riski käsiteltyjä jätevesiä vastaanottavien vesistöjen eliöille oli vähäinen.
  - Aineista neljä (venlafaksiini, diklofenaakki, 17-alfa-etinyyliestradioli ja sinkki) tunnistettiin vesistöjen kannalta Suomessa haitallisimmiksi.
- Mallinnuksella todettiin, että osa aineista hajoaa puhdistamolla biologisesti ja useat aineet todennäköisesti sitoutuvat puhdistamolla syntyvään lietteeseen.
- Ns. vanhojen haitta-aineiden osalta todettiin, että niiden vesistökuorma on paria ainetta lukuun ottamatta pienentynyt vuoteen 2013 verrattuna.
- Analyysimenetelmiä tulee edelleen kehittää. Erityisesti määritysrajojen eivät aina ole jätevesimatriisissa tarpeeksi matalat.



# VAIKUTUKSET KULUTTAJILLE, YRITYKSILLE JA VESIHUOLTOLAITOKSILLE

---

- Lainsäädännön muutosten vaikutus
  - Jos haitallinen aine luokitellaan prioriteettiaineeksi, asetetaan sille ympäristölaatunormi (EQS) ja aineen pitoisuus vesistössä tai eliössä vaikuttaa vesimuodostuman kemiallisen tilan luokitukseen.
    - **EQS-arvo luokitelluissa vesimuodostumissa ei saa ylittyä.**
  - Yhdyskuntajätedirektiiviin saattaa tulla raja-arvoja haitallisille aineille.
- Jos aineiden ympäristökuormitusta tulee vähentää, on toimenpiteitä tehtävä eri sektoreilla painottuen päästölähteeseen tai aineen valmistajaan.
  - Aineet voidaan huomioida ympäristöluvissa ja teollisuusjätevesisopimuksissa (esim. esikäsitteilyvelvoite).
  - Kuluttajia on tiedotettava kulutustottumusten merkityksestä (esim. ympäristömerkityt kodin kemikaalit ja kosmetiikka, oikea pesuaineiden annostelu ja lääkejätteen oikea hävitys, hopeaa sisältävien tekstiilien ja kemikaalien käytön välttäminen)
- On mahdollista, että vesihuoltolaitosten on investoitava haitallisten aineiden poiston tehostamiseen.
  - Tällä voi olla myös vaikutuksia veden kuluttajahintaan.





LAKI ja VESI

KIITOS!

Niina Vieno

niina.vieno@lakijavesi.fi



@NiinaVieno, @LakijaVesi