



**Mikropollutanttien poisto jätevesistä pohjoisissa olosuhteissa – vertailututkimus
laitosmittakaavassa tavanomaisen aktiivilieteprosessin ja ilmastus-
membraanibioreaktori-prosessin välillä**

EMCOLD-projektin loppuraportti
29.3.2021

Tiina Leiviskä (Oulun yliopisto) ja Sofia Risteelä (Oulun vesi)



Johdanto

Erilaisten mikropollutanttien kuten lääkeaineiden ja hormonien esiintyminen ympäristössä on ollut merkittävä huolenaihe jo pitkään. Ne voivat aiheuttaa haittaa luonnossa vesieliöille ja myös ihmisille juomaveden ja ruuan kautta. Haitallisten yhdisteiden on epäilty aiheuttavan mm. hedelmällisyysongelmia, kehityshäiriöitä, bakteerien muuttunutta vastustuskykyä, autismia ja aikuisten diabetesta (WHO 2013; Trasande et al. 2015). Yhdyskuntien jäteveden puhdistamot ovat suurin lähde erilaisille lääkejäämille ja hormoneille. Viimeisen vuosikymmenen aikana tehdyt tutkimukset osoittavat, että monia näistä yhdisteistä ei voida tehokkaasti poistaa tavanomaisilla jätevedenkäsittelymenetelmillä eli aktiivilieteprosessilla (Jelic et al. 2011; Trapido et al. 2014; Eggen et al. 2014). Vaikka tutkimusta mikropollutanttien poistotehokkuuksista on saatavilla, käytettävissä olevat tiedot perustuvat melko lyhyisiin näytteenotokampanjoihin. Eri laitosten puhdistustuloksia on hankala suoraan verrata keskenään, koska jäteveden laadulla on merkitystä.

Oulun Vesi laajensi Taskilan jätevedenpuhdistamon prosessia kesällä 2018 membraanibioreaktori (MBR)-kalvosuodatuksella. Tällä mittavalla investoinnilla oli tavoitteena saavuttaa parempi jäteveden puhdistustehokkuus ja saada lisäkapasiteettia laitokselle. Käytännössä laitoksella toimii kaksi linjaa esikäsittelyn (välppäys, hiekanerotus, flokkaus, esiselkeytys) jälkeen: 1) CAS: ilmastus, jälkiselkeytys, jälkisuodatin ja desinfiointi (kesäisin); 2) MBR: hienovälppäys, ilmastus ja kalvosuodatus.

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli verrata Taskilan jätevedenpuhdistamon CAS- ja MBR-prosessien effluenttien lääkeaine- ja hormonipitoisuuksia sekä bakteeriyhteisöjen rakennetta. Vuoden 2019 aikana näytteitä otettiin seitsemän kertaa. Tuleva jätevesi eli influentti otettiin välpän jälkeen ennen esikäsittelyä. Effluenttinäytteet otettiin MBR ja CAS- prosessien jälkeen. Tutkimus tehtiin osana EMCOLD-projektia (*Mikropollutanttien poisto jätevesistä pohjoisissa olosuhteissa – vertailututkimus laitosmittakaavassa tavanomaisen aktiivilieteprosessin ja ilmastus-membraanibioreaktori-prosessin välillä, 2019-2020*), jota rahoittivat **Maa- ja vesitekniiikan tuki ry.** ja **Vesilaitosyhdistys**. Tässä loppuraportissa on tiivistelmä tutkimuksen tärkeimmistä tuloksista. Tulokset tullaan julkaisemaan tieteellisenä artikkelina.

Tulokset

Influentin bakteeriyhteisöt olivat yleensä eri näytteissä samanlaisia, ja niiden suurimmat pääjaksot olivat *Bacteroidetes*, *Firmikuutit*, *Proteobakteerit* ja *Fusobakteerit*. Helmikuun näyte poikkesi huomattavasti muista influenttinäytteistä, sillä sen suurimmat pääjaksot olivat *Proteobakteerit* ja

Bacteroidetes. Effluentinäytteissä oli toisistaan poikkeavia bakteeriyhteisöjä ja eroja monimuotoisuudessa, vaikkakin molemmat effluentit osoittivat samanlaista trendiä monimuotoisuudessa. Monimuotoisuuden merkittävä väheneminen havaittiin kolmessa viimeisessä effluentinäytteessä (elokuu, lokakuu, marraskuu). Tällöin molempien effluenttien merkittävimmät mikrobisuvut olivat *Streptococcus*, *Neisseria*, *Propionibacterium*, *Paracoccus*, *Micrococcus* ja heimon *Streptophyta* määrittelemätön suku. Influentin lämpötilan vaihtelu ei yksinään pystynyt selittämään monimuotoisuuden vaihtelua effluentinäytteissä. Alhaisempi diversiteetti elo-marraskuun effluentinäytteissä todennäköisesti johtui kesällä käynnistyneestä typenpoistosta ja denitrifioivien bakteerien rikastumisesta. Muissa effluentinäytteissä merkittävät suvut vaihtelivat enemmän näytteenottoajankohdan ja effluenttien välillä, esimerkiksi tunnistettuja merkittäviä sukuja olivat *Paludibacter*, *Bacteroides*, *Pedobacter*, *Flectobacillus* (vain CAS), *Rhodofera*, *Polynucleobacter* (vain CAS), *Flavobacterium* ja *Moraxella* (vain MBR).

MBR poisti indikaattoribakteerit, *E. coli*n ja enterokokit, jätevesistä tehokkaammin kuin CAS-prosessi. Hormonipitoisuudet olivat effluentinäytteissä useimmiten alle määritysrajan tai hyvin alhaisia. Estronin (E1) pitoisuuksissa kuitenkin havaittiin selkeä ero prosessien välillä, sillä sen pitoisuus MBR-effluentissa oli aina matalampi (0.21–0.68 ng/l) verrattuna CAS-effluenttiin (1.1–12 ng/l). Lääkkeiden pitoisuuksissa havaittiin suuria vaihteluita, ja prosessien selkeää paremmuutta ei voitu osoittaa varmuudella. Antikonvulsantti levetirasetamin ja beetasalpaaja bisoprololin pitoisuudet näyttivät olevan useammin alhaisempia MBR-effluentissa, kun taas tulehduskipulääke naprokseenin konsentraatio oli usein matalampi CAS-effluentissa. Muutamien lääkkeiden, kuten antihistamiinilääkkeen feksofenadiinin ja psykoaktiivisten lääkkeiden oksatsepaamin ja tematsepaamin pitoisuuksissa havaittiin kausivaihteluja. Tutkimus tuki aiempia käsityksiä CAS- ja MBR-prosessien huonoista tehokkuuksista poistaa useita lääkeaineita. Molemmat prosessit poistivat tehokkaasti monia lääkeaineita mutta heikosti mm. seuraavia yhdisteitä:

- Antikonvulsantti karbamatsepiini
- Antibiootit klaritromysiini ja trimetopriimi
- Sieni-infektiolääke flukonatsoli
- Antihistamiinit feksofenadiini ja setiritsiini
- Kipulääkkeet tramadoli, oksikodoni, kodeiini, diklofenaakki ja ketoprofeeni
- Statiini atorvastatiini
- Fibraatti bezafibraatti
- Psykoaktiiviset lääkkeet oksatsepaami ja tematsepaami
- Masennuslääkkeet venlafaksiini ja sitaloprami
- Verenpainelääkkeet valsartaani, eprosartaani ja ramipriili

- Beetasalpaajat metoprololi, bisoprololi, atenololi ja sotaloli
- Diabeteslääke metformiini

Johtopäätökset

Tämä tutkimus antoi todisteita bakteerien yhteisörakenteiden suuresta vaihtelusta samalla jätevedenpuhdistamolla vuoden aikana, mikä suurelta osin johtui typenpoiston käynnistymisestä kesällä. MBR prosessi poisti tehokkaasti *E. coli* –bakteerit sekä suolistoperäiset enterokokit ja lisäksi MBR-effluentin estroni-hormonin pitoisuudet olivat alemmalla tasolla verrattuna CAS-prosessiin. Muiden hormonien ja lääkeaineiden osalta tutkimus ei selkeästi osoittanut kummankaan prosessin paremmuutta. Lääkeaineiden pitoisuuksissa oli suurta vaihtelua näytteenottoajankohdan suhteen. Työssä korostui pitkäaikaisten näytteenotokampanjoiden merkitys pitoisuuksien ja bakteeriyhteisöjen vaihtelujen havaitsemiseksi. Lisäksi koska Taskilan jätevedenpuhdistamo vastaanottaa monenlaisia teollisuusvirtoja (mm. meijeri, kalanjalostamo, jätekeskus, sairaala), lisätutkimuksilla voitaisiin selvittää mahdollinen korrelaatio veden laadun ja monimuotoisuuden välillä sekä yksittäisten teollisuusvirtojen vaikutus bakteerien yhteisörakenteeseen.

Lähteet

Eggen et al. 2014. Reducing the Discharge of Micropollutants in the Aquatic Environment: The Benefits of Upgrading Wastewater Treatment Plants. *Environmental Science and Technology* 48, 7683-7689.

Jelic et al. 2011. Occurrence, partition and removal of pharmaceuticals in sewage water and sludge during wastewater treatment. *Water Research* 45, 1165-1176.

Li et al. 2015. Evaluation of membrane bioreactor on removal of pharmaceutical micropollutants: a review. *Desalination and Water Treatment* 55, 845-858.

Trapido et al. 2014. Emerging micropollutants in water/wastewater: growing demand on removal technologies. *Environmental Science and Pollution Research* 21, 12217-12222.

Trasande et al. 2015, Estimating burden and disease costs of EDCs in the EU. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 100, 1245-1255.

World Health Organization 2013. State of the science of endocrine disrupting chemicals 2012. Edited by Åke Bergman, Jerrold J. Heindel, Susan Jobling, Karen A. Kidd and R. Thomas Zoeller.

<http://www.who.int/ceh/publications/endocrine/en/>