

Rengasrouhe biosuodattimen kantoaineena

Sanni Pisto*, Ville Alho, Pirjo Rinnepelto, Mervi Matilainen

Apila Group Ltd., Länsikatu 15, FI-80110 Joensuu, * Corresponding author, sanni.pisto@apilagroup.fi, Tel.: +358-452306168

Tiivistelmä / Abstract

Tutkimuksessa selvitettiin autonrenkaista valmistetun kumirouheen käyttöä jätevedenpuhdistuksessa biosuodattimen kantoaineena. Tutkimus toteutettiin 28.8.2012 – 18.10.2013 Heinolan kaupungin jätevedenpuhdistamolla. Tutkimuslaitteistoina toimivat siirrettävään konttiin rakennetut kolme omana yksikkönään toimivaa biosuodatinreaktoria, joihin johdettiin vettä puhdistamon jälkiselkeytysaltaasta noin 300 l / h / suodatin. Jokaisessa reaktorissa käytettiin kantoaineena rengasrouhetta, joiden palakoot olivat suodattimessa **1** 15 mm x 15 mm, suodattimessa **2** 50 mm x 50 mm ja suodattimessa **3** 100 mm x 300 mm.

Mikrobitoiminnan käynnistymisen jälkeen kaikilla kolmella suodattimella pystyttiin tulosten perusteella vähentämään kokonaistyyppiä sekä ammoniumtyyppiä kohtuullisesti (30 – 40 %), ja ajoittain merkittävästi, yli 70 %. Kokonaisfosforia saatiin vähennettyä noin 40 %. Parhaimmillaan fosforia saatiin poistettua vedestä erinomaisesti, jopa 80 %. Myös BOD- ja COD-kuormaa saatiin vähennettyä hiukan. Erikokoisista rengasrouheista parhaita puhdistustuloksia saatiin suurimmalla rouhekoolla, 100 mm x 300 mm.

E erityisen mielenkiintoinen tulos oli kantoaineen kyky pidättää jätevedestä merkittäviä määriä fosforia. Tämä johtuu mahdollisesti rengasrouheen sisältämästä raudasta, jolla on kyky saostaa fosforia sen liukoisesta muodosta. Jatkossa on selvitettävä tarkemmin tätä rengasrouheen ominaisuutta ja sen toistettavuutta.

Tutkimuksen perusteella on havaittavissa, että autonrengasrouhe toimii biosuodattimen kantoaineena, ja sen avulla pystytään vähentämään jäteveden ravinnepitoisuuksia. Biosuodattimen toiminta on kuitenkin herkkä jätevedenpuhdistamon toiminnan muutoksille; mikrobitoiminta häiriintyy herkästi huoltokatkojen ja seisokkien seurauksena, jolloin puhdistustulokset ovat epävarmoja. Laitteiston toimintavarmuutta tulee parantaa ja testata kaupallisia sovelluksia suunniteltaessa.

1. Johdanto

Käytöstä poistetuista renkaista tuotetun rengasrouheen suodatusominaisuuksia kotitalousjätevesien puhdistuksessa on tutkittu laajalti. Esimerkiksi joissakin Amerikan osavaltioissa sitä käytetään hyväksytysti kotitalousjätevesien maasuodatuksessa. Tutkimusten mukaan rengasrouhe puhdistaa jätevedestä

tehokkaasti kiintoaineita, orgaanisia aineita, typpeä sekä fosforia. Kuten jo olemassa olevat hyötykäyttötavat (renkaiden hyötykäyttö tie- ja maarakentamisessa, kaatopaikkarakenteissa) osoittavat, voidaan rengasmateriaalilla turvallisesti korvata neitseellisiä raaka-aineita.

Jätevedenpuhdistuksesta saadun kokemuksen ja tutkimustiedon mukaan rengasrouhe toimii alustana biofilmille, joka tehokkaasti puhdistaa ravinteita jätevedestä. Lisäksi rengasmateriaalin sisältämä rauta saattaa saostaa fosforia jätevedestä. Rengasrouhe on hyväksytty ympäristökelpoiseksi rakennusaineeksi maa- ja kaatopaikkarakenteissa Suomessa. Renkaista ei ole todettu liukenevan haitallisia aineita veteen tai maaperään myöskään jätevesien suodattamiseen liittyvissä tutkimuksissa.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää rengasrouheen soveltuvuus jäteveden puhdistukseen teollisissa sovelluksissa, jossa suodatettavaa vettä syntyy merkittäviä määriä. Tavoitteena oli selvittää, voidaanko suodattimen avulla minimoida jätevesistä aiheutuvia ympäristövaikutuksia vähentämällä jätevesien ravinnepitoisuutta ja hapenkulutusta.

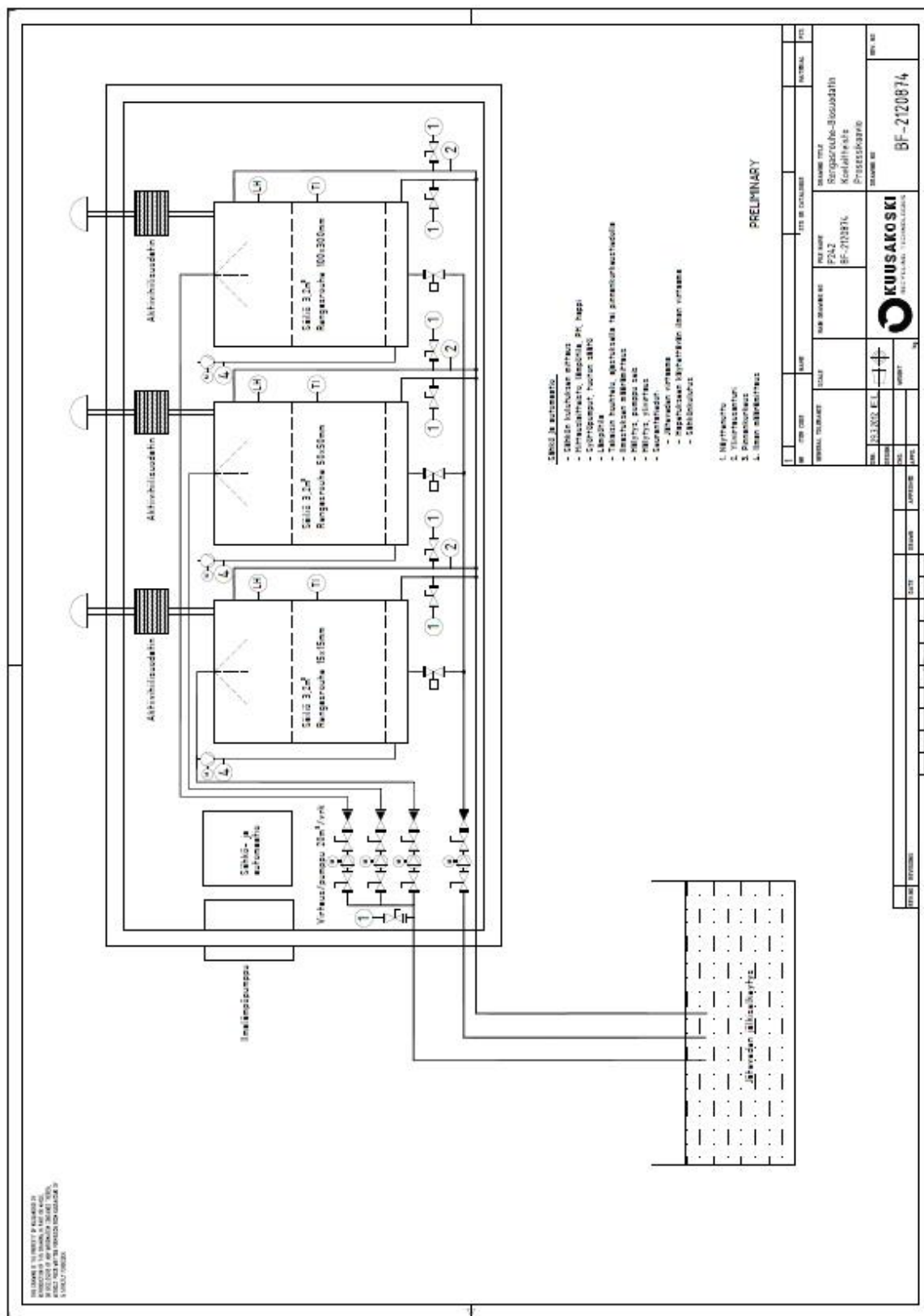
2. Toteutus

Tutkimukseen käytettävä laitteisto oli siirrettävään konttiin rakennettu koelaitteisto (Kuvat 1 ja 2). Laitteistossa oli kolme toisistaan erillään toimivaa reaktoria, jotka täytettiin rengasrouheella. Eri reaktoreissa käytettyjen rouheiden palakoot olivat:

- Suodatin 1 15 x 15 mm
- Suodatin 2 50 x 50 mm
- Suodatin 3 100 x 300 mm.

Talvella suodattimelle virtaavan veden lämpötila oli noin 4 – 5 °C ja kesäisin noin 15 °C. Sähköistys ja automaatio on toteutettu logiikka-pohjaisella järjestelmällä (Kuva 3a). Vesiputkisto on varustettu näytteenottoa varten venttiileillä (Kuva 3b).

Suodatettava vesi pumpattiin jokaiseen reaktoriin erikseen sen yläosasta ja suodatettu vesi poistui kontin alaosasta. Suodattimen puhdistus suoritettiin takaisinhuhteluun avulla kaksi kertaa vuorokaudessa. Käsitteltävä vesi otettiin Heinolan kaupungin jätevesilaitoksen jälkikäsittelyaltaasta ja se palautettiin esikäsittelyaltaaseen. Suodatinpatjaa ilmastettiin suodatinreaktorin alaosan kautta. Prosessia ohjattiin sähkö- ja automaatiojärjestelmällä. Toiminnan kannalta tarpeelliset toiminnot oli liitetty hälytyksen piiriin. Virtaama kullekin kolmelle reaktorille oli n. 300 l / päivä. Biosuodattimien annettiin käynnistyä kylmänä.



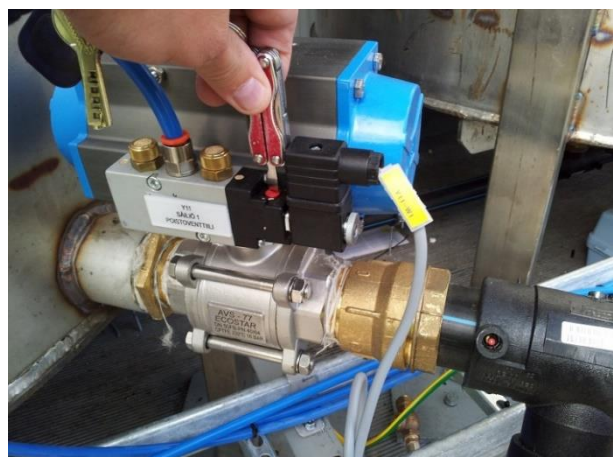
Kuva 1 Suodatinkontin kaavakuva.

Näytteenotto (kuva 3b) toteutettiin pääsääntöisesti samassa yhteydessä kuin jätevedenpuhdistamon oma lupaehtojen mukainen näytteenotto, jotta tulokset olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia.



Kuva 2 a) Suodatinkontti ulkoa ja b) suodattimet kontin sisällä.

Näytteenotto aloitettiin 28.8.2012. Kolme ensimmäistä päivää näytteet otettiin päivittäin, tämän jälkeen kuukauden ajan viikoittain. Sen jälkeen jatkettiin näytteidenottoa kahden viikon välein. Toisella käynnistyskerralla ensimmäinen näyte otettiin viikko käynnistämisestä eli 27.3.2013. Tämän jälkeen näytteitä otettiin ensimmäisen kuukauden ajan viikon välein ja sen jälkeen kahden viikon välein.



Kuva 3 a) Suodatinjärjestelmän hallintapaneeli ja b) näytteenotto.

Tutkimuksessa analysoitiin seuraavia suureita:

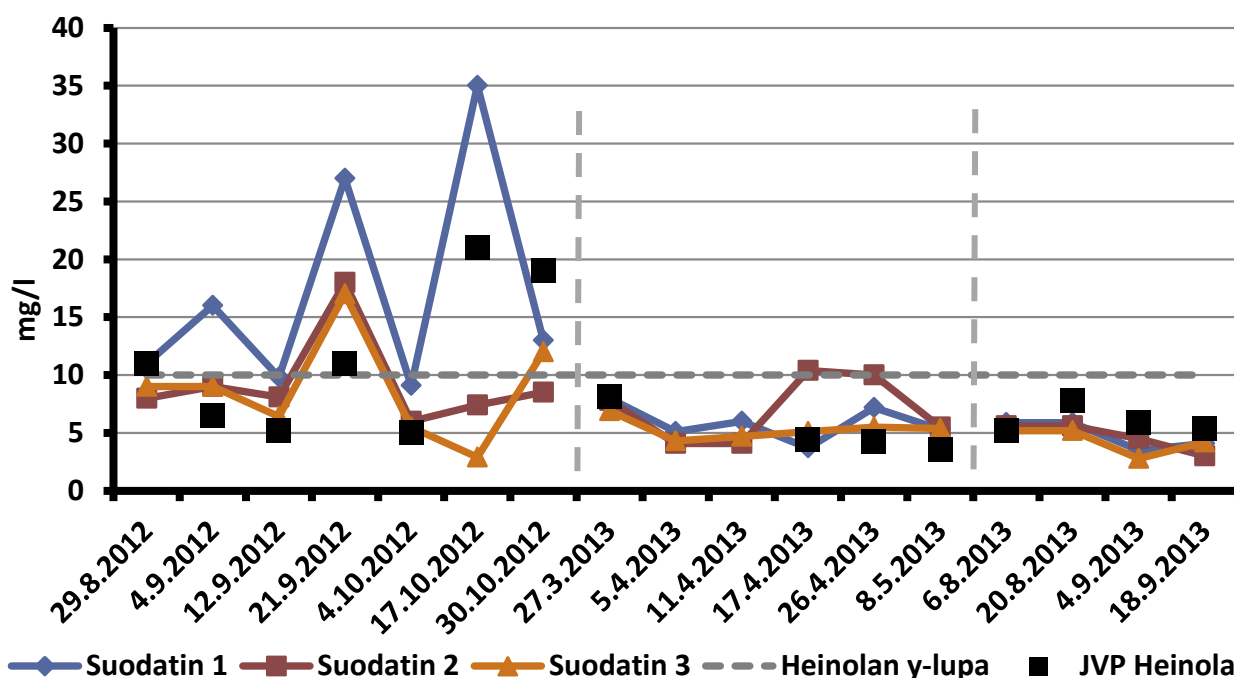
- BOD₇ Biological Oxygen Demand (BHK₇ , Biologinen hapenkulutus)
- COD Chemical oxygen demand (Kemiallinen hapenkulutus)
- N_{TOT} Kokonaistyyppimäärä ja ammonium-typpi
- Kokonaisfosfori
- Happi, pH ja alkaliniteetti
- Kiintoaine
- Sähkönjohtavuus

3. Tulokset

3.1 Biologinen hapenkulutus (BOD₇)

Reaktorin käynnistymisvaiheessa oli havaittavissa, että veden biologinen hapenkulutus BOD₇ (Kuvaaja 1) vaihteli voimakkaasti sekä sisään menevässä että suodatetussa vedessä. Lokakuussa 2012 oli kuitenkin jo havaittavissa suodattimien 2 ja 3 puhdistusvaikutus veden BOD₇ tuloksessa. Huoltokatkon jälkeen BOD₇ käyttäytyminen oli huomattavasti tasaisempaa (keväät 2013). Suodattimien käynnistyessä syksyllä 2013 kolmannen kerran, BOD₇ tasoittui nopeasti ja kaikilla suodattimilla saatiin tässä vaiheessa selkeämpiä puhdistustuloksia, reduktion ollessa noin 25 %.

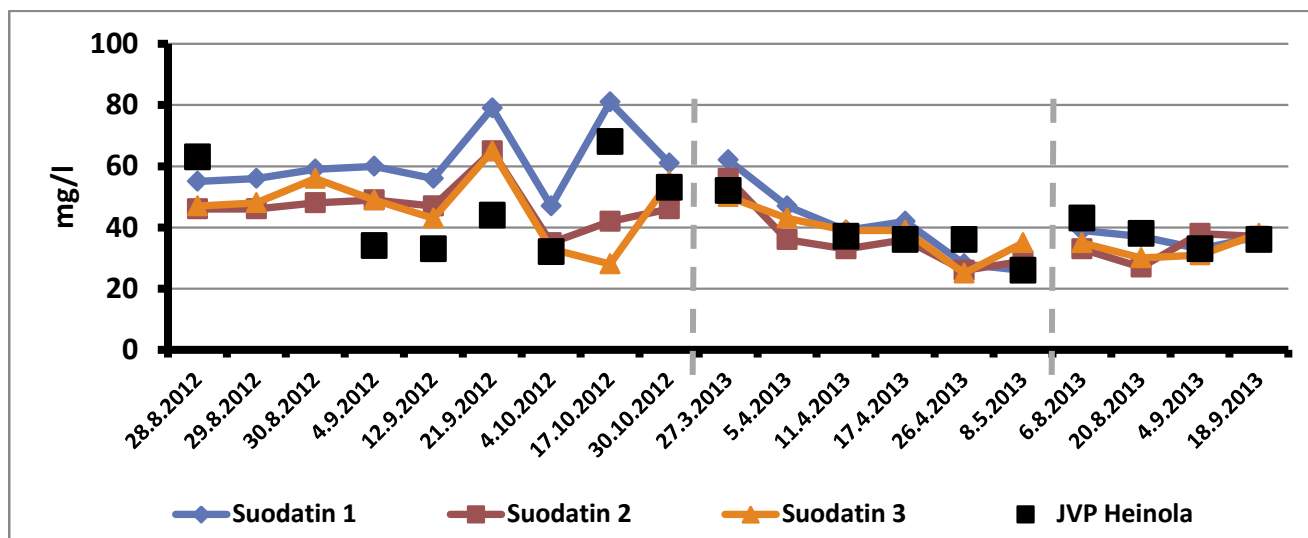
Kuvaaja 1 BOD₇ suodattimissa 1, 2 ja 3 koko tutkimuskauden aikana verrattuna Heinolan jätevedenpuhdistamon jälkiselkeytyksestä lähtevään veteen. Katkoviivat kuvaavat huoltokatkoja.



3.2 Kemiallinen hapenkulutus (COD)

Kemiallisen hapenkulutuksen osalta tuloksia oli nopeasti havaittavissa. Noin kuukauden kuluttua käynnistämisestä saatiin lähes 60 % puhdistustulos suodattimella 3 ja noin 40 % puhdistustulos suodattimella 2. Suodattimessa 1 COD-arvot olivat yhä koholla. Vastaavia tuloksia saatiin seurannan aikana myös myöhemmin.

Kuvaaja 2 COD suodattimissa 1, 2 ja 3 koko tutkimuskauden aikana verrattuna Heinolan jätevedenpuhdistamon jälkiselkeytyksestä lähtevään veteen. Pystyviivat kuvaavat huoltokatkoksia.

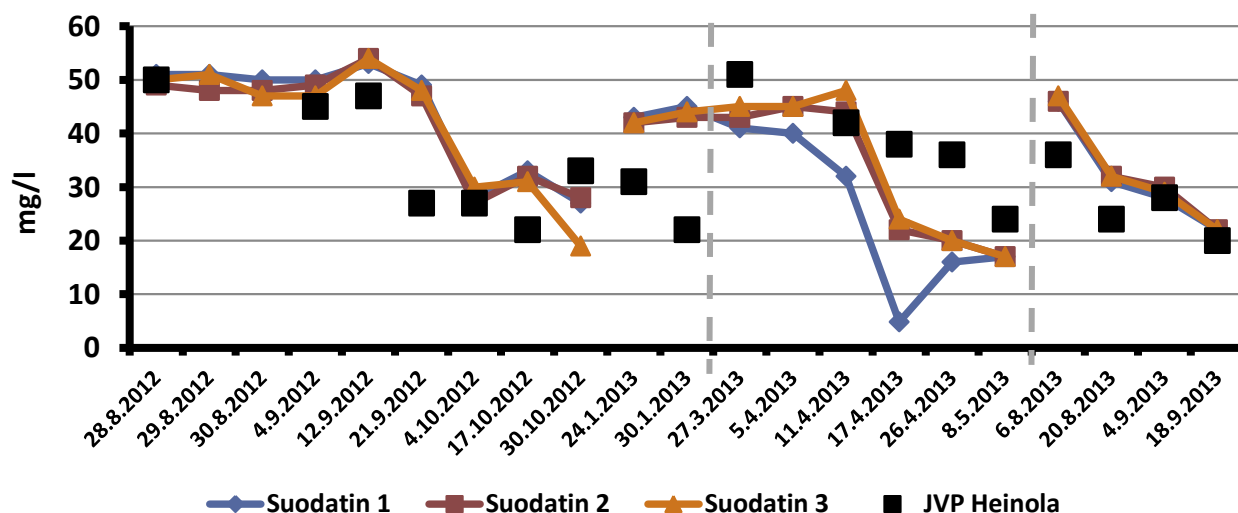


3.3 Kokonaistyyppi (Kok-N) ja Ammoniumtyppi (NH₄-N)

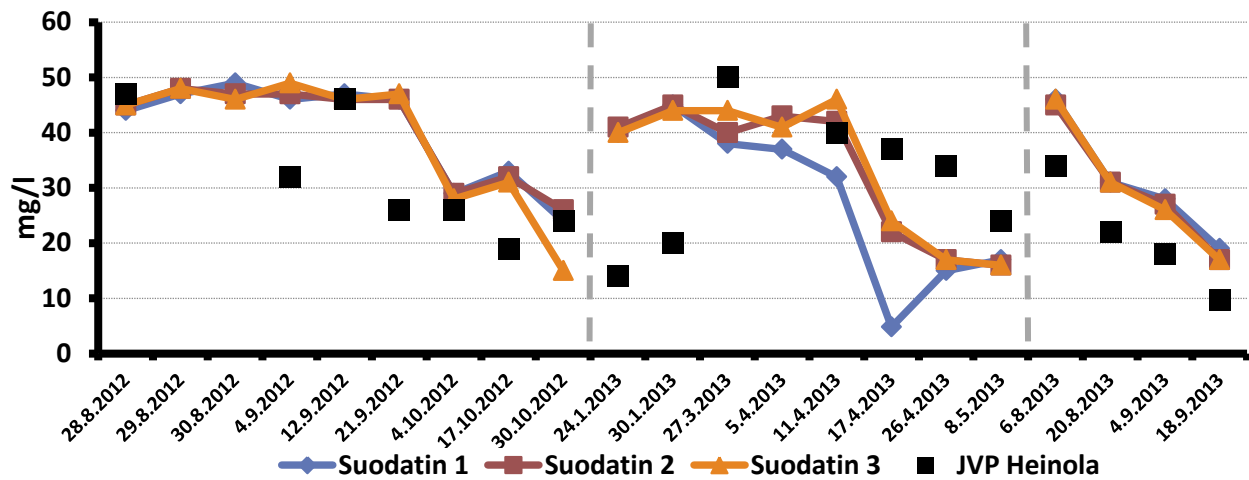
Typpenpoisto käynnistyi suodattimessa 3 suodattimen oltua käynnissä noin kaksi kuukautta. Ensimmäisen huoltokatkon jälkeen, biosuodatinjärjestelmän oltua käynnissä 36 päivää yhtäjaksoisesti (26.4.2013), suodattimien pidätyskyvyt olivat 1: 89 %, 2: 40 % ja 3: 37 %. Tämän jälkeen erot suodattimen välillä tasoittuivat.

Reaktorin käynnistämisen jälkeen ammoniumtyypen poistumista (kuvaaja 4) oli havaittavissa lokakuussa 2012, jolloin ammoniumtyypen reduktio oli 38 % suodattimessa 1. Huoltokatkojen jälkeen mikrobitointi käynnistyi nopeammin, ja puhdistustuloksia oli havaittavissa jo kuukauden kuluttua reaktorien uudelleenkäynnistymisestä.

Kuvaaja 3 Kokonaistyyppi suodattimissa 1, 2 ja 3 koko tutkimuskauden aikana verrattuna Heinolan jätevedenpuhdistamon jälkiselkeytyksestä lähtevään veteen. Pystyviivat kuvaavat huoltokatkoksia.



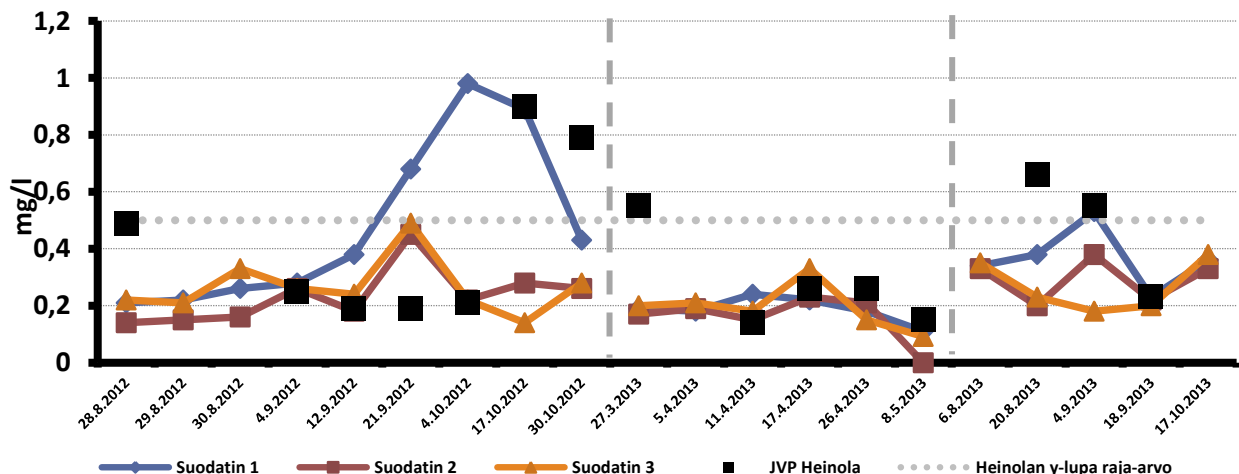
Kuvaaja 4 Ammoniumtyppi suodattimissa 1, 2 ja 3 koko tutkimuskauden aikana verrattuna Heinolan jätevedenpuhdistamon jälkiselkeytyksestä lähtevään veteen. Pystyviivat kuvaavat huoltokatkoksia.



3.4 Kokonaisfosfori (kok-P)

Kaikki suodattimet näyttivät pidättävän fosforia heti suodattimen käynnistämisen jälkeen. Parhaiten fosforinpoisto toimi suodattimessa 2, joka poisti fosforia 39 % koko tutkimusjaksolla. Suodattimen 3 reduktio oli 37 %, ja suodattimen 1 6 %. Huipputulos saavutettiin 2 kk toisen huoltokatkon jälkeen suodattimella 3, fosforin reduktion ollessa peräti 85 %.

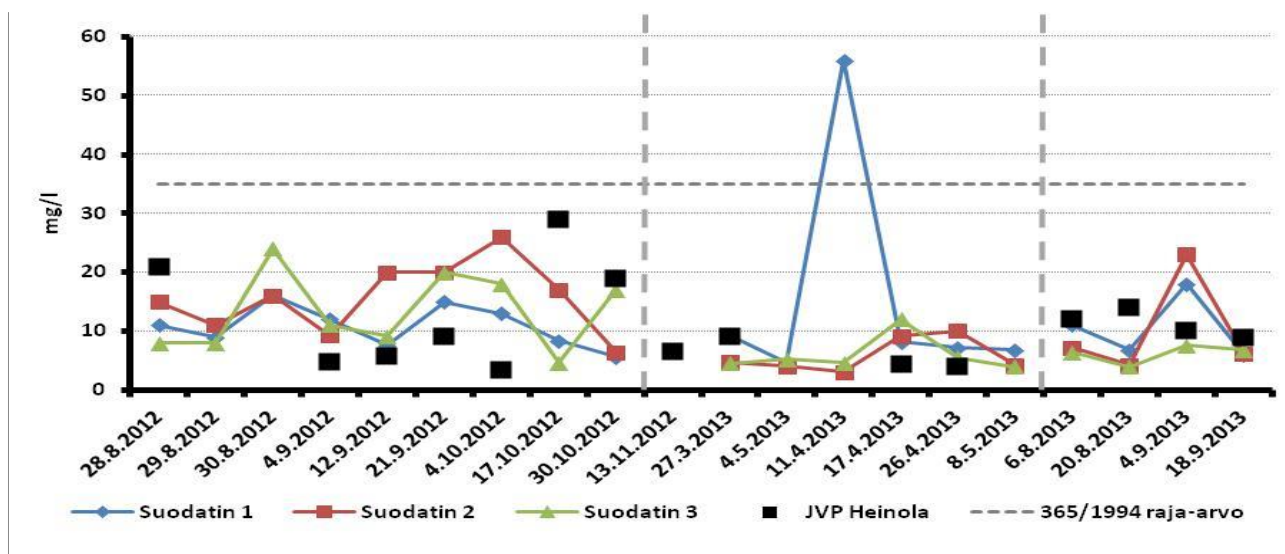
Kuvaaja 5 Kokonaisfosfori suodattimissa 1, 2 ja 3 verrattuna Heinolan jätevedenpuhdistamon jälkiselkeytyksestä lähtevään veteen. Pystyviivat kuvaavat huoltokatkosten ajankohtaa.



3.5 Kiintoaine

Suodatin 3 pidatti kiintoainetta 30 % koko tutkimusjaksolla ja suodattimen 2 vaikutus kiintoaineeseen oli vähäinen, 10 % vähennys. Suodattimen 1 läpi kulkeneessa vedessä kiintoainepitoisuus oli yleensä korkeampi kuin sisään tulleessa vedessä.

Kuvaaja 6 Kiintoaine suodattimissa 1, 2 ja 3 verrattuna Heinolan jätevedenpuhdistamon jälkiselkeytyksestä lähtevään veteen. Katkoviivat kuvaavat huoltokatkosten ajankohtaa.



3.6 pH, happi ja alkaliteetti

pH-arvot kaikissa kolmessa biosuodattimessa pysyivät tasaisena koko tutkimusjakson ajan. Typenpoiston käynnistyessä pH oli matalimmillaan 7,1 – 7,2.

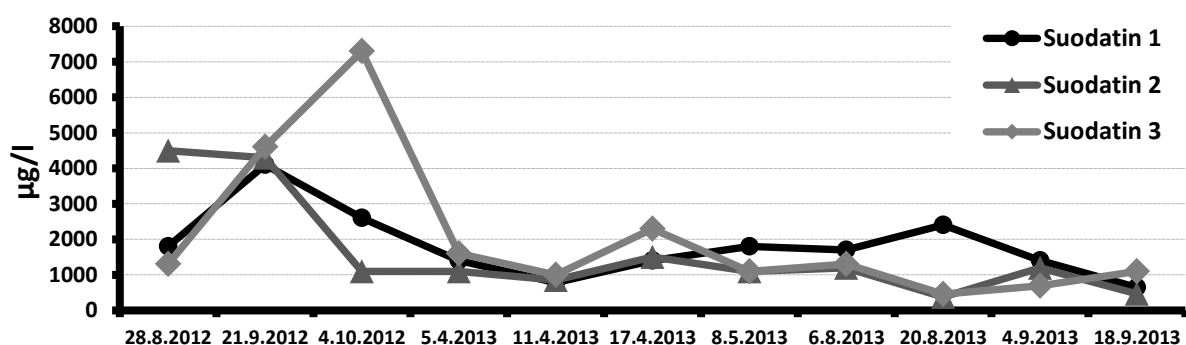
Happea syötettiin suodattimiin koko tutkimuksen ajan ilmastuspumpun avulla. Ilmastusta nostettiin huomattavasti tutkimuksen loppua kohden. Parhaat poistotulokset esimerkiksi typen osalta on saatu kaikissa suodattimissa kun happitasot ovat olleet lähes 10 mg/l.

Ensimmäiset alkaliteettianalyysit tehtiin rengasrouheella suodatetusta vedestä tammikuussa 2013. Tulokset viittaavat alkaliteetin nousuun biosuodatuksen aikana. Tulosten perusteella alkaliteetti oli alhainen silloin kun biosuodattimet toimivat oikein.

3.7 Metallit

Kaikista suodattimista tulevasta vedestä analysoitiin kromi, kupari, lyijy, mangaani, rauta ja sinkki. Näissä ei havaittu muutoksia, joten myöhemmin seurattiin ainoastaan veden rautapitoisuutta. Eniten rautaa liukeni koko tutkimuksen aikana suodattimesta 3 (22750 µg/l). Vähiten rautaa liukeni suodattimesta 2 (17700 µg/l).

Kuvaaja 12 Suodattimien 1, 2 ja 3 läpi virranneen veden rautapitoisuudet.



4. Johtopäätökset

Biosuodattimen toiminnan käynnistymistä ja tehokkuutta voitiin arvioida jäteveden analyysitulosten perusteella. Ensimmäisessä vaiheessa biosuodattimen käynnistymiseen arvioitiin menneen noin 2 kk. Huoltokatkosten jälkeen käynnistyminen tapahtui nopeammin, jo kuukauden sisällä käynnistämisestä.

Ensimmäisessä testivaiheessa saatujen lukemien perusteella kaikki kolme biosuodatinta vähensivät kokonaistypen määrää. Suodatin 3 vähensi kokonaistypen määrää tässä vaiheessa tehokkaimmin, 40 %. Lisäksi se oli ainoa suodatin, joka analyysien perusteella vähensi myös ammoniumtypen määrää vedestä, noin 37 %.

Toisessa testivaiheessa käytössä oli myös vastavirtahuuhtelu ja tehostettu ilmastus. Typenpoisto saatiin kaikissa kolmessa suodattimessa toimimaan hyvin. Kuukauden yhtäjaksoisen seurannan aikana typen kokonaisreduktio oli 38 – 47 % ja ammoniumtypen 44 – 66 %. Typenpoiston onnistumiseksi on pystyttävä ylläpitämään typenpoistolle optimaalisia olosuhteita suodatinpatjassa.

Fosforinpidätyskyky rengasrouheella voi olla merkittävä: huipputulos, 84 % reduktio saavutettiin suodattimella 3, kaksi kuukautta käynnistämisen jälkeen. Tulokset viittaavat kuitenkin siihen, että fosforinpoisto tapahtuu raudan vaikutuksesta, kemiallisesti. Fosforinpoisto toimi parhaiten suurempikokoisella rengasrouheella: suodattimilla 2 (50 x 50 mm) ja 3 (100 x 300 mm) saavutettiin fosforin osalta 33 % parempi puhdistustulos verrattuna suodattimeen 1.

Suodattimet 2 ja 3, joissa oli suurempia rengasrouhepaloja, olivat tehokkaampia myös kiintoaineen talteenotossa. Kiintoainepitoisuuksien vaihteluiden vuoksi biosuodatin saattaa kuitenkin edellyttää jälkiselkeytystä.

Tutkimuksen perusteella on havaittavissa, että autonrengasrouhe toimii biosuodattimen kantoaineena, ja sen avulla pystytään vähentämään jäteveden ravinnepitoisuuksia. Biosuodattimen toiminta on kuitenkin herkkä jätevedenpuhdistamon toiminnan muutoksille; mikrobitoiminta häiriintyy herkästi huoltokatkojen ja seisokkien seurauksena, jolloin puhdistustulokset ovat epävarmoja. Laitteiston toimintavarmuutta tulee parantaa ja testata kaupallisia sovelluksia suunniteltaessa.