

A person with blonde hair, wearing a white dress and a green backpack, stands on a rocky outcrop, looking out over a vast landscape. The landscape features a dense forest of green trees, several bodies of water (lakes or fjords), and distant mountains under a sky with soft, warm light, suggesting sunset or sunrise. The person's reflection is visible in a small puddle on the rock.

**Tunne huominen.
All for the future.**



Devo – kaatopaikan suotovesien käsittelyä kehittämässä

Projektipäällikkö Salla Pulliainen ja projektitutkija Matti Hämäläinen

22.11.2023



Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu
South-Eastern Finland University of Applied Sciences
www.xamk.fi



Deve- ja Devo-hankkeiden taustaa

Kaatopaikat ja jäteasemat pistekuormituksen lähteinä:

- 2000-luvulle saakka tyypillinen jätteidenkäsittelymuoto on ollut loppusijoittaa yhdyskunta- ja teollisuusjätteet kaatopaikoille
- Lainsäädännön myötä kaatopaikkoja on suljettu, ja käytöstä poistettuja kaatopaikkoja onkin runsaasti eri puolilla Etelä-Savoa
- Suoto- ja hulevesien mukana alapuolisiin vesistöihin liikkuu ravinteita sekä haitta-aineita
- Käsittely jätevedenpuhdistamoilla kuormittaa prosessia, eikä johtaminen puhdistamolle usein edes mahdollista



Kuva: Manu Eloaho

Hankekokonaisuus, jossa investointi- ja kehityshankkeet täydentämässä toisiaan:

- Deve – Demonstraatioympäristö kaatopaikan suoto- ja hulevesien ympäristökuormituksen vähentämiseksi
- Devo – Kaatopaikan suoto- ja hulevesien uudet käsittelymenetelmät
- Toteutusaika 1.7.2021-30.11.2023

Deve – Demonstraatioympäristö kaatopaikan suoto- ja hulevesien ympäristökuormituksen vähentämiseksi

- Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun ja Mikkelin kaupungin yhteishanke
- **Hankkeessa:**
 - päivitettiin Ristiinan vanhan kaatopaikan biosuodatuslaitteistoa uudella raudan esipuhdistimella
 - perustettiin uudenlainen demonstraatioympäristö jäteaseman suoto- ja hulevesien käsittelyyn.
- Ristiinan pilot-järjestelmä mahdollisti vesienkäsittelymenetelmien kehityksen
- Demonstraatioympäristö täydentää EcoSairilan kehittämisalustan vesienkäsittelyn TKI-ympäristöjen kokonaisuutta
- Pilot- ja demonstraatioympäristöt kasvattavat alueen tutkimus- ja yritys yhteistyön mahdollisuuksia

Rahoittaa Etelä-Savon maakuntaliitto Euroopan aluekehitysrahastosta, kokonaisbudjetti 143 500 €



Devo – Kaatopaikan suoto- ja hulevesien uudet käsittelymenetelmät

- Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun ja Mikkelin kehitysyritys Miksei Oy:n yhteishanke
- **Hankkeessa:**
 - kehitettiin menetelmiä suoto- ja hulevesien käsittelyyn
 - mm. raudan ja ammoniumtyypen poisto
 - testattiin suodatinmateriaaleja suoto-vesien käsittelyssä
 - pyrittiin löytämään kustannustehokkaita ja mahdollisimman huoltovapaita ratkaisuja kaatopaikkavesien käsittelyyn
- Hanke vahvisti Etelä-Savon alueen asemaa vesiosajana sekä uusien vedenkäsittelyratkaisujen edelläkävijänä
 - Demonstraatioympäristöä hyödynnetään yhteistyössä yritysten ja TKI-toimijoiden kanssa

Rahoittaa Etelä-Savon maakuntaliitto Euroopan aluekehitysrahastosta ja Metsäsairila Oy, kokonaisbudjetti 234 000 €



Ristiinan suotovesipilotti



Kuva: Henri Kettunen

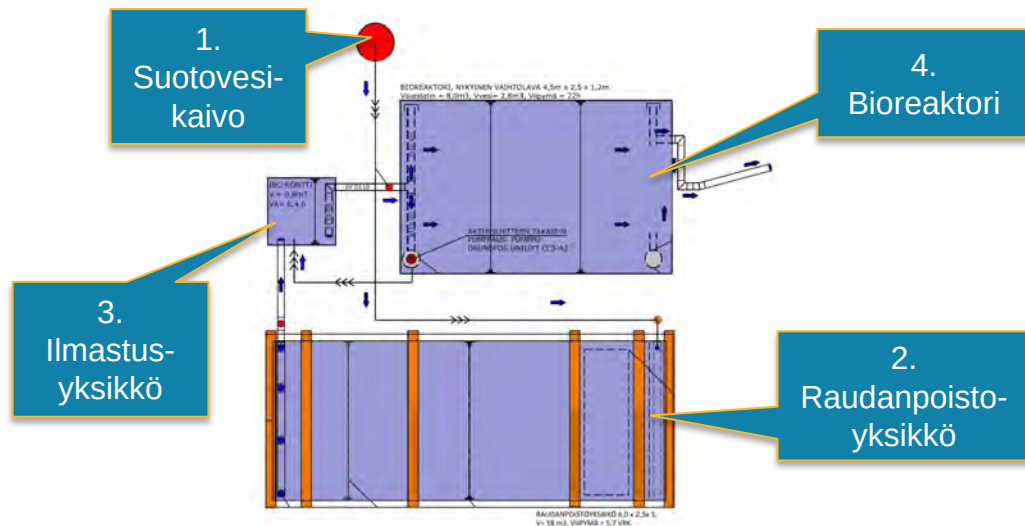
Ristiinan suotovesipilotti

- Ristiinan vanha kaatopaikka ollut toiminnassa v. 1974-2004, suljettu lopullisesti v. 2007
- Suotoveden käsittelyn pilot-järjestelmää kehitetty Huky – Hulevesien käsittelyn T&K-ympäristö -hankkeessa vuosina 2019-2021 (www.xamk.fi/huky)
 - Tavoitteena kaatopaikan suotoveden biologinen typenpoisto
 - Suotoveden korkea rautapitoisuus aiheutti haasteista prosesseissa
- Deve-hankkeessa jatkettu pilotin kehitystä vuosina 2021-2023
 - Lisätty tarvittavaa ilmastus- ja allaskapasiteettia, mm. raudanpoistoyksikkö ja lisäilmastimia
- Laitteiston tavoitteena vähentää kaatopaikan suotovedessä olevaa ammoniumtyyppipitoisuutta luonnonmukaisilla menetelmillä
- Rakentaja: Maarakennus Talpa Oy, suunnittelija: Juha-Pekka Saarelainen, Watec Consulting Oy



Ristiinan suotovesipilotti 2021-2022

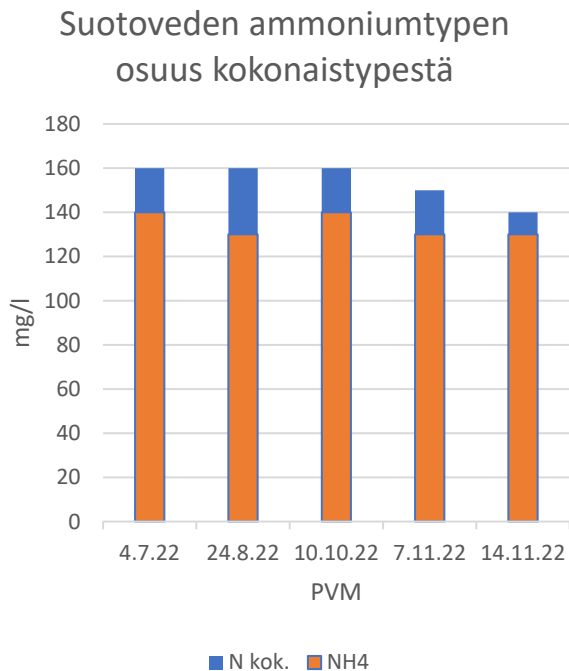
1. Suotovesi pumpataan suotovesikaivosta raudanpoistoyksikköön
2. Raudanpoistoyksikössä suotovesi ilmastetaan, jolloin kiintoaine ja rauta laskeutuvat
3. Suotovesi johdetaan ilmastusyksikköön (IBC-kontti)
4. Ilmastettu suotovesi johdetaan bioreaktoriin, jossa suodatinmateriaaleina on biohiiltä ja puuhaketta
5. Käsitelty vesi johdetaan bioreaktorista tasausaltaaseen



Ristiinan suljetun kaatopaikan suotovesien kokeet 2022

Kaatopaikalta tulevan suotoveden laatu:

- Lämpötila: 6,6–8,7 °C
- pH ka. 6,7
- Happipitoisuus < 0,2 mg/l
- Fe kok. 91–150 mg/l
- N kok. 140–160 mg/l
- NH₄ 130–140 mg/l
- Kaatopaikalta tulevan veden virtaama elo-lokakuussa -22
 - 2,4-3,4 m³/vrk (ka 2,9 m³/vrk)



Kuva: Ristiinan vanhan kaatopaikan suotovesikaivo

Ristiinan pilot-järjestelmän kokeet

- Tavoitteena raudanpoisto (esipuhdistusyksikkö) ja typenpoisto (bioreaktori)
 - Koko prosessin toimivuuden testaus ja seuranta
 - Kenttäkäynti seurantakaudella noin 1x/vko, vesinäytteet n. 2 viikon välein



Kenttämittaukset

lämpötila

happi

pH

sähkönjohtokyky

sameus

Analyysit

typpi

rauta

happi

kemiallinen
hapenkulutus

raskasmetallit

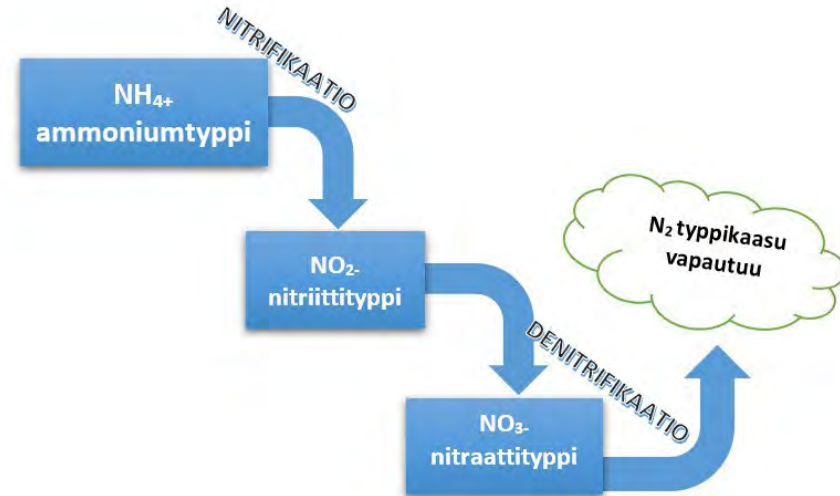
Suotoveden luonnonmukainen käsittely

Biologinen typenpoisto

- Nitrifikaatio-denitrifikaatio on luonnollisissa olosuhteissa tapahtuva ilmiö
- Typen poistuminen edellyttää sopivaa bakteerien kasvualustaa, sekä ravinnoksi sopivaa hiiltä, optimaalista pH:ta, lämpötilaa ja happipitoisuutta
- Ei edellytä kemikaaleja

Biosuodatus (biohiili ja puuhake)

- Toimii ravintona ja hiilen lähteenä typenpoistossa
- Sitoo haitallisia aineita suotovedestä



Suotoveden biologisen typenpoiston edellytykset

Nitrifikaation edellytykset	
Lämpötila	Optimi lämpötila 30–35 °C, vähintään +4 °C.
Happipitoisuus	Riittävästi happea vedessä > 2,0 mg/l
Happamuus	Optimi pH välillä 7,5–8,6, vähintään 6,5.
Mikrobit	Riittävästi nitrifikaatiobakteereja.
Aika	Mikrobien sopeutuminen ja kasvaminen hitaita prosesseja.
Ravinteet	Typen ja fosforin suhde. Ammoniumioneja nitrifioitavaksi.
Virtaama ja viipymä	Sopivan hidas virtaama, että saavutetaan riittävän pitkä kokonaisviipymä.

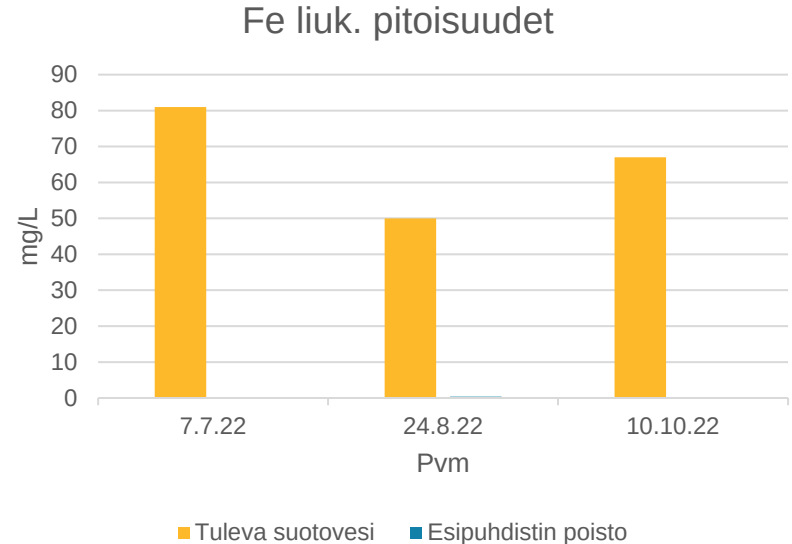
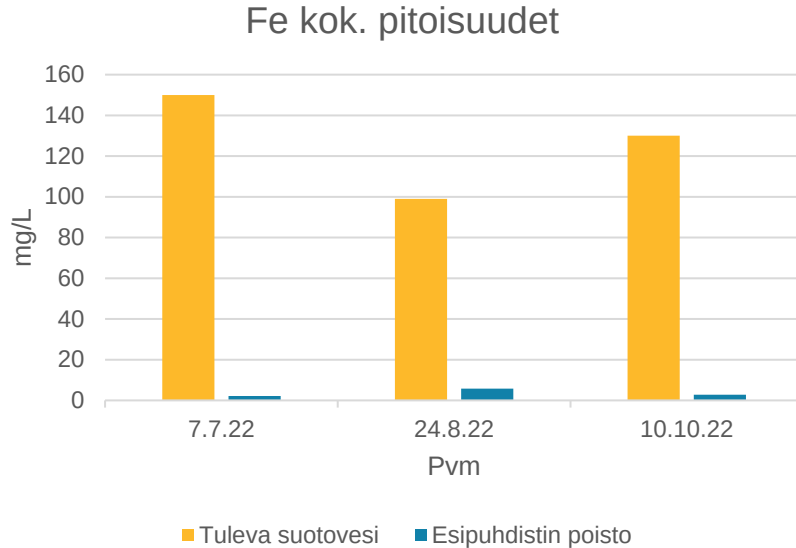
Denitrifikaatioon vaikuttavat tekijät	
Orgaaninen aine	Tulee olla riittävästi.
Happipitoisuus	Happi inhiboi denitrifikaatiota.
Aika	Mikrobien sopeutuminen ja kasvaminen hitaita prosesseja.
Happamuus	Optimaalinen pH välillä 7–8.
Ravinteet	Tarvitsee nitriittiä ja nitraattia ja ulkopuolisen hiilen lähteen.

Ristiinan suljetun kaatopaikan pilot-kokeet 2022

Raudanpoiston tehokkuus vuonna 2022:

- Fe kok. reduktio ka. ~96,9 %
- Fe liuk. reduktio ka. ~99,6 %

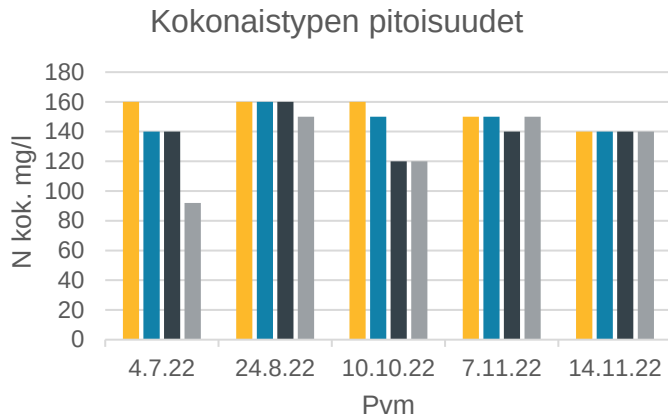
> Tehokkuus tavoitteen mukainen, > 90 %



Ristiinan suljetun kaatopaikan pilot-kokeet 2022

Typenpoisto:

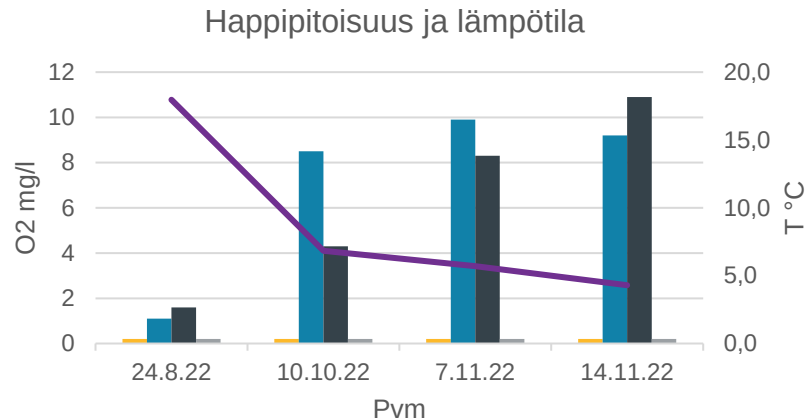
- N kok. -pitoisuuksissa laskua 4.7. ja 10.7.
- Muutoin typpipitoisuuksissa ei merkittävää muutosta



■ Tuleva suotovesi ■ Rautayksikkö poisto
■ IBC poisto ■ Bioreaktorin poisto

Happipitoisuus:

- Happipitoisuus riittämätön elokuuhun saakka
- Lisähapettimen asennus raudanpoistoyksikköön 4.10.2022, jonka jälkeen happipitoisuus nousi riittävälle tasolle



■ Tuleva suotovesi ■ Rautayksikkö poisto
■ IBC poisto ■ Bioreaktorin poisto
— Suotoveden ka. lämpötila järjestelmässä

Ristiinan suljetun kaatopaikan pilot-kokeet 2022

Johtopäätökset vuoden 2022 kokeissa:

- Raudanpoistosta ja riittävästä happipitoisuudesta huolimatta biologinen typenpoisto ei käynnistynyt järjestelmässä
- Todennäköisiä vaikuttavia tekijöitä olivat suotoveden matala lämpötila, korkea typpikuorma ja mahdolliset suotoveden sisältämät haitalliset aineet.
- Lisäksi biologinen typenpoisto vaatii nitrifikaatiobakteereita, sekä typpipitoisuuteen suhteutettuna optimaalisen määrän fosforia ja hiiltä. Näiden tekijöiden pitoisuuksia ei tutkittu mittauskauden aikana.



Kuva: Aki Mykkänen

Ristiinan pilot-kokeet 2023

Muutokset 2023:

- Tasausallas jaettiin suodatinkankaalla kahteen osaan
- Vesi pumpattiin järjestelmään suotoveden purkuputken puoleisesta allasosasta
 - Suotovesi sekoittui huleveteen
 - **Laimeampaa ja lämpimämpää vettä** vs. suotovesikaivo
- Vesi kiersi pilot-järjestelmän, kuten aiemminkin
- Aktiivilietteen automaattinen lisäys annostelupumpulla bakteeritoiminnan käynnistämiseksi
- Poistuva vesi johdettiin tasausaltaaseen suodatinkankaan toiselle puolelle



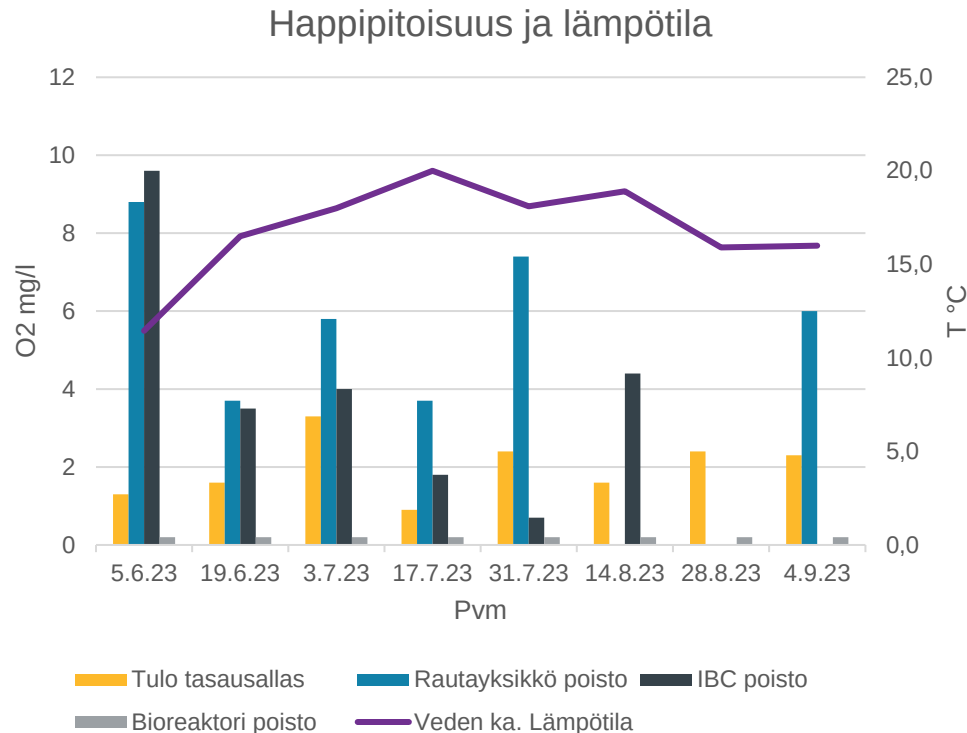
Ristiinan suljetun kaatopaikan pilot-järjestelmään pumpatun veden laatu 2023

	yksikö	Vuosi 2022, suotoveden ka.-pitoisuudet	Tasausaltaan veden pitoisuudet 29.5.2023	Tasausaltaan veden pitoisuudet 3.7.2023	Tasausaltaan veden pitoisuudet 31.7.2023
Kokonaistyyppi, N	mg/l	154	37	58	77
Ammoniumtyppi, NH ₄	mg/l	134	33	54	66
Kokonaisrauta, Fe kok.	mg/l	116	11	2,5	1,1
Liukoinen rauta, Fe liuk.	mg/l	68	7	0,9	0,47
Happi	mg/l	> 0,2	3,5	3,3	2,4

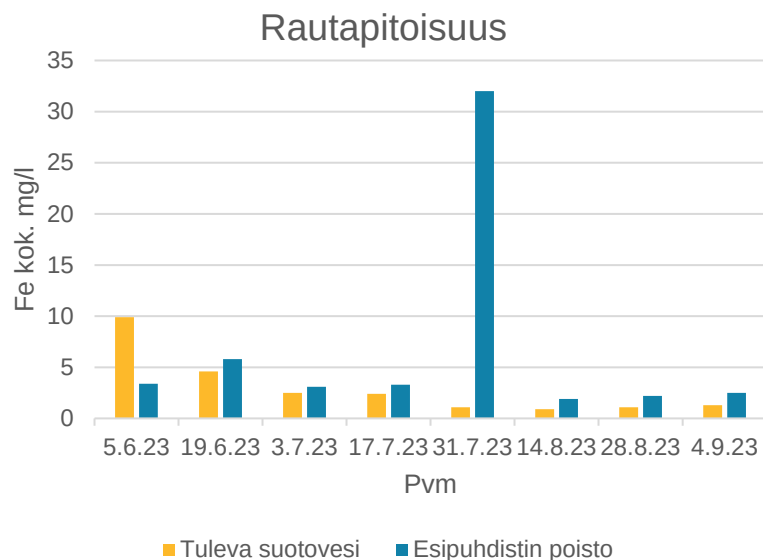
> Kokeiden edetessä ravinnepitoisuus nousi, ja rauta- ja happipitoisuudet laskivat

Ristiinan pilot-kokeet - käsiteltävän veden happipitoisuus 2023

- Käsiteltävän veden hapetus ollut riittävä: happipitoisuus raudanpoistoyksikön jälkeen > 2 mg/l
 - Happi kuluu bioreaktorissa, jolloin poistuvan käsiteltävän veden happipitoisuus < 0,2 mg/l
 - Näytteissä runsaasti matriisihäiriöitä, joten happipitoisuutta ei ole voitu analysoida kaikista näytteistä
- Veden lämpötila n. 11-20 ° C
 - 31.7. näytteet 2-4 epäluotettavia



Ristiinan pilot-kokeet – käsiteltävän veden rautapitoisuus ja raudan reduktio 2023

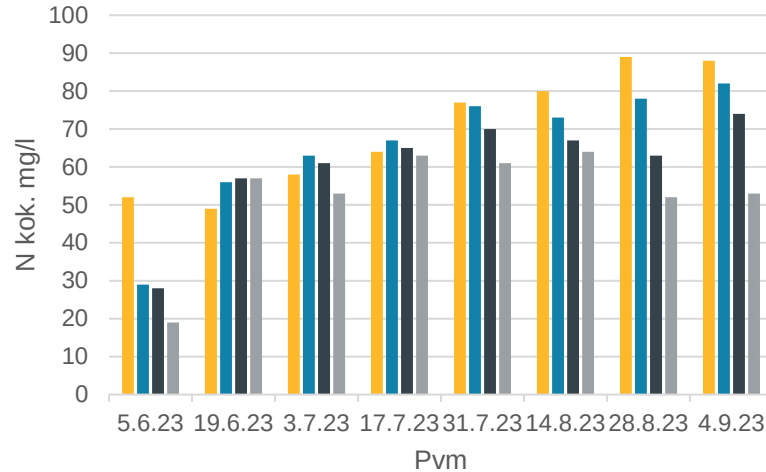


PVM	Fe kok. (mg/l) tasausaltaan vesi	Fe kok.(mg/l) raudanpoistoyksikkö poisto
5.6.23	9,9	3,4
19.6.23	4,6	5,8
3.7.23	2,5	3,1
17.7.23	2,4	3,3
31.7.23	1,1	32
14.8.23	0,9	1,9
28.8.23	1,1	2,2
4.9.23	1,3	2,5

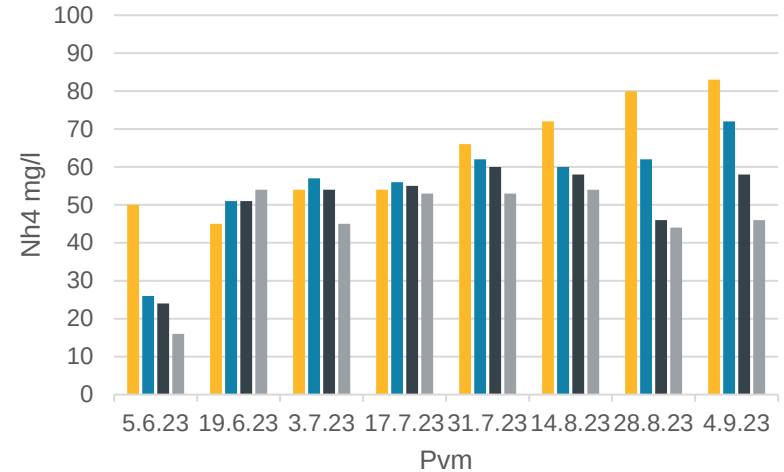
- Järjestelmään pumpattavan veden rautapitoisuus väheni >
- Raudanpoisto kääntyi negatiiviseksi veden käsittelyssä
→ Järjestelmään kerääntynyttä rautasakkaa irtosi veteen mukaan ja aiheutti poikkeavuuksia näytteenottoon

Ristiinan pilot-kokeet – käsiteltävän veden typpipitoisuus 2023

Kokonaistyyppipitoisuus



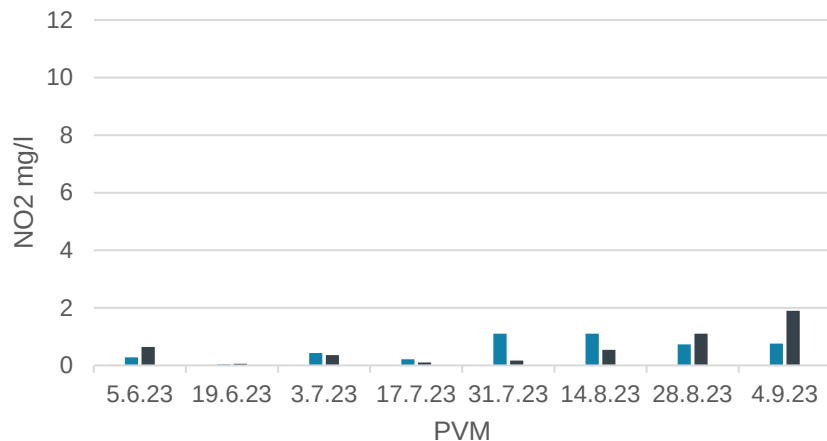
Ammoniumtyppipitoisuus



- N kok. pitoisuus tasausaltaan vesi n. 50-90 mg/l
- NH4 pitoisuus tasausaltaan vesi n. 45-85 mg/l

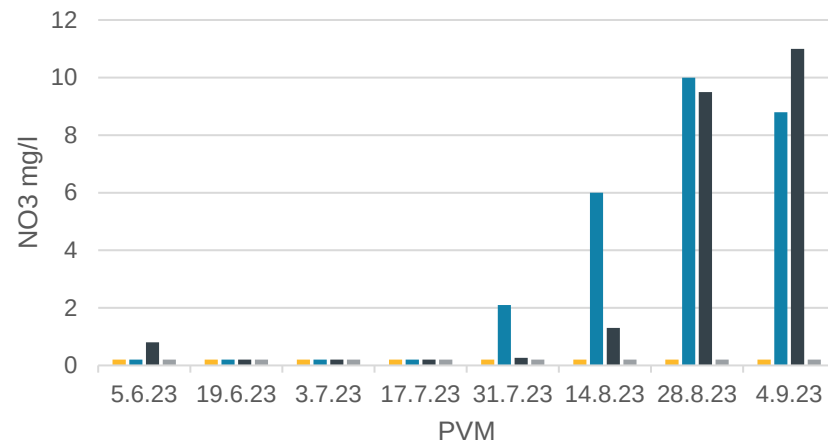
Ristiinan pilot-kokeet – käsiteltävän veden nitriitti- ja nitraattipitoisuudet 2023

Nitriitti NO₂



■ Tuleva suotovesi ■ Esipuhdistin poisto ■ IBC poisto ■ Bioreaktori poisto

Nitraatti NO₃



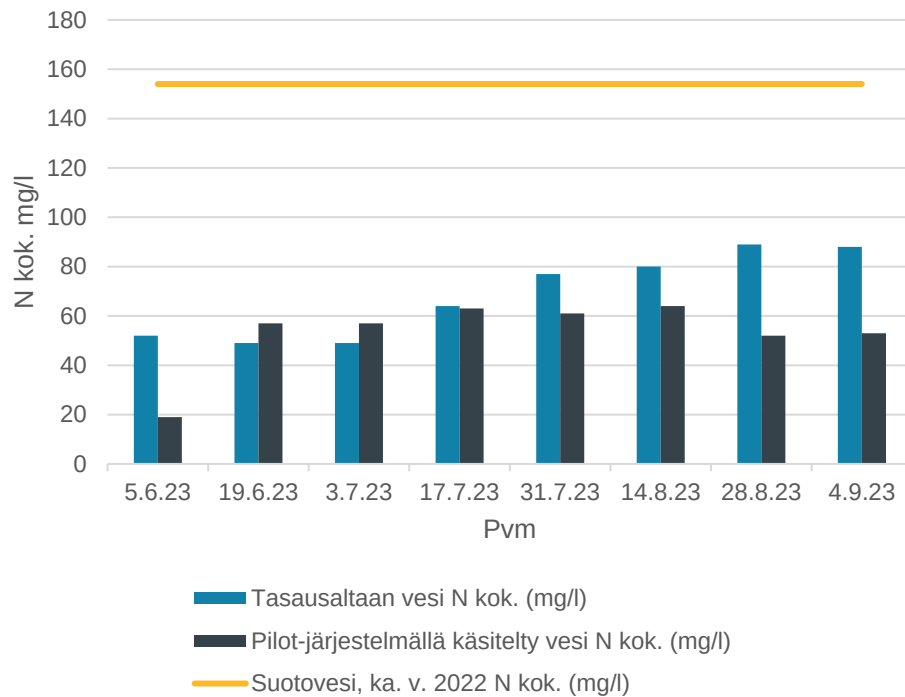
■ Tuleva suotovesi ■ Esipuhdistin poisto ■ IBC poisto ■ Bioreaktori poisto

- Nitraattipitoisuus kasvoi heinäkuun lopulta alkaen

Ristiinan pilot-kokeet – käsiteltävän veden kokonaistypen (N kok.) reduktiot 2023 verrattuna 2022 tuloksiin

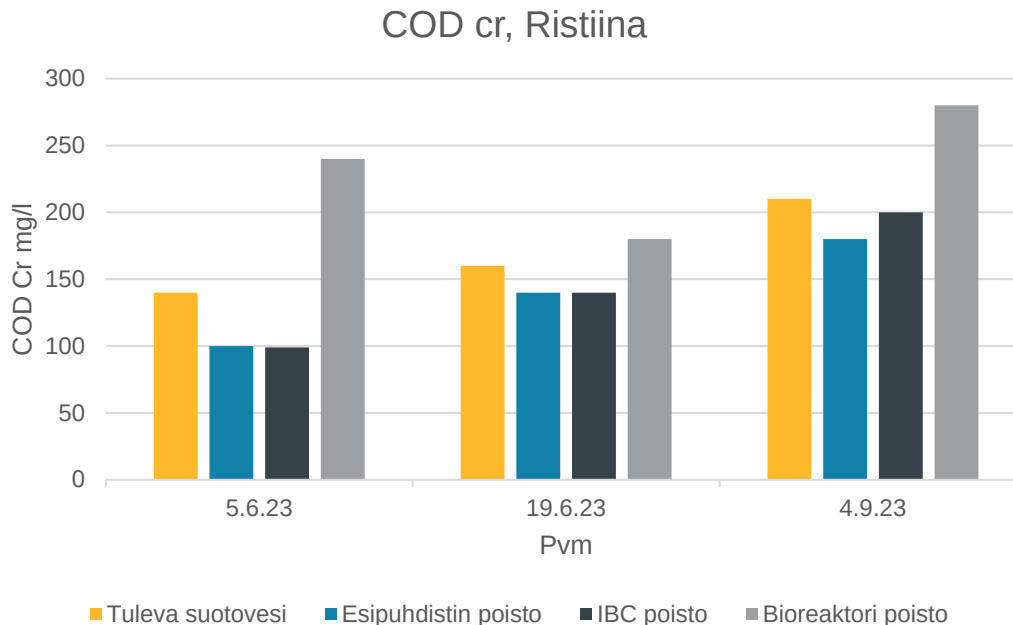
Kokonaistyyppipitoisuus Ristiinan suotovedessä

- 4.9.2023 N kok. reduktio ~40 % ja NH₄ reduktio ~45 %
- Devo-hanke 4.7.-14.11.2022: 140–160 mg/l (ka. 154 mg/l)
 - Velvoitetarkkailuohjelma: 100–200 mg/l
 - Huky-hanke v. 2019-2021: 130–190 mg/l
- N kok. laskee jo tasausaltaassa noin 40–70 %
- Kokonaisreduktio keskimäärin > 60 %.



Ristiinan pilot-kokeet – käsiteltävän veden COD_{Cr}, BOD₇ ja fosforipitoisuus 2023

- Kemiallinen hapenkulutus kasvoi bioreaktorissa
- BOD₇ analyysitulosten perusteella suurin pitoisuus oli bioreaktorin poistossa 87mg/l
- Muut BOD₇ arvot 1,9-6,9mg/l
- Kokonaisfosforin pitoisuus kaikissa näytteissä vain < 0,1 mg/l



Ristiinan suljetun kaatopaikan pilot-kokeet 2023

Raudanpoisto:

- Toimi vuosina -21 ja -22 tavoitteen mukaan, jolloin Fe kok. reduktio oli $> 91 \%$ ja Fe liuk. reduktio $> 99 \%$
- Vuonna -23 järjestelmään kerääntynyttä rautaa liukeni veteen aiheuttaen rautapitoisuuden nousua

Typenpoisto:

- Typenpoisto käynnistyi heinäkuun -23 loppupuolella
 - 4.9.2023 N kok. reduktio $\sim 40 \%$ ja NH_4 reduktio $\sim 45 \%$
 - Typen muuntumista tapahtui jo raudanpoistoyksikössä ja IBC-kontissa

Tulokseen vaikuttavat tekijät:

- Käsiteltävän veden laatu oli erilainen, kuin vuosina -21 ja -22
 - Pilot-järjestelmään pumpatun veden lämpötila korkeampi
 - Laimeampi vesi $>$ pienemmät käsiteltävät pitoisuudet
- Aktiivilietteen lisäys aloitettu 19.6. $>$ vaikutus typenpoiston käynnistymiseen epäselvä?



Demonstraatioympäristö Vesikko – suotoveden käsittelyä kehittämässä



Demonstraatioympäristö

Vesikko

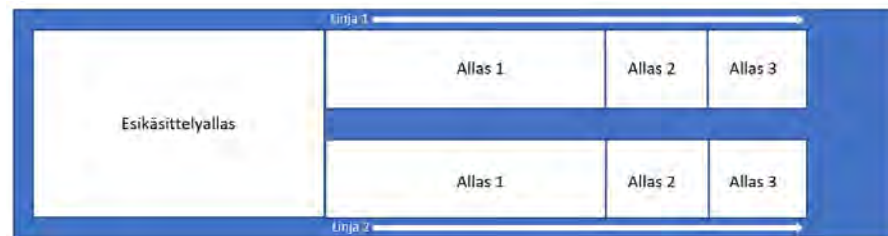
- Kaatopaikan hule- ja suotovesille soveltuva demonstraatiomittakaavan tutkimusympäristö
 - Konttiin rakennettu käsittelyjärjestelmä
 - Vedenpuhdistustekniikoiden ja suodatinmateriaalien testaukseen
- Sijainti Devo-hankkeen aikana Metsäsairila Oy:n lajittelu- ja kierrätyskeskuksen alueella, suoto- ja hulevesialtaiden vierellä
- Rakentaja: Maarakennus Talpa Oy, suunnittelija Juha-Pekka Saarelainen, Watec Consulting Oy



Yläkuva: Manu Eloaho
Alakuva: Henri Kettunen

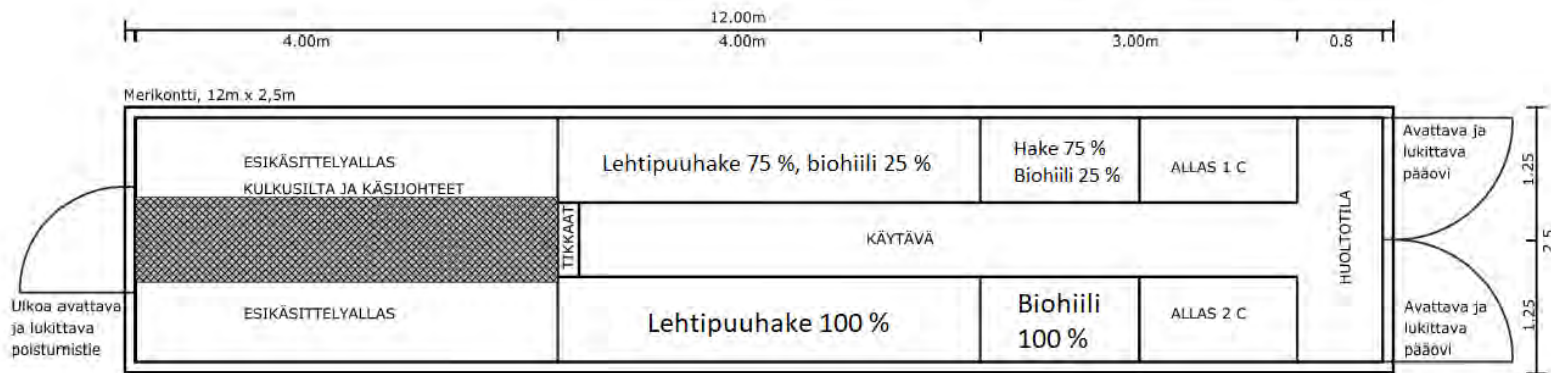
Demonstraatioympäristö Vesikko

- Kokonaisuuden osat:
 - Esikäsittely (ilmastus, raudan ja kiintoaineen poisto)
 - Esikäsittelyn jälkeen kaksi käsittelylinjaa (mm. biologinen typenpoisto ja haitta-aineiden sitominen)
- Kiinteät näytteenotto- ja monitorointipisteet vaiheittain
- [Demonstraatioympäristö Vesikon esittelyvideo](#)



Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023

- Kokeiden aloitus: altaiden täyttö suodatinmateriaaleilla ja suotovedellä kesäkuussa -23
- Puuhake-biohiili-sekoitukset tehty tilavuuden mukaan:
 - 75 % haketta ja 25 % biohiiltä
 - Materiaalien kulutus/linja:
 - ~1 m3 biohiiltä / ~3 m3 haketta



Kuva: Suodatinmateriaalien sijoittelu altaissa.

Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023



- Suodatinmateriaalien päälle laitettu n. 15 cm kerros sepeliä materiaalien kellumisen estämiseksi
- Poistopuolen putkeen asennettiin metalliverkkoa, jotta partikkelit ei päätyisi putkistoihin

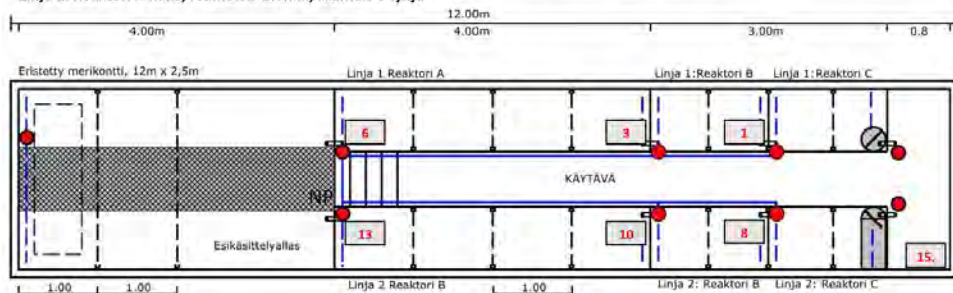
Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023

Devo TP 2.2

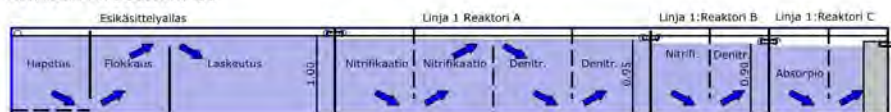
Koejärjestelyt kesä 2023 näytteenottopisteet

Linja 1: Reaktori A biohiili + hake, Reaktori B biohiili + hake – Biohiiltä 25%, haketta 75%, reaktori C tyhjä

Linja 2: Reaktori A hake, reaktori B biohiili, reaktori C tyhjä



ALTAIDEN PITUUSLEIKKAUS



Devo – Näytteenottopisteet - Metsäsairila

Linja 1.

1. Reaktori B poistoputki

3. Reaktori A poistoputki

6. Esikäsittely poistoputki

Linja 2

8. Reaktori B poistoputki

10. Reaktori A poistoputki

13. Esikäsittely poistoputki

15. Tuleva suotovesi

Kenttämittaukset

lämpötila

happi

pH

sähkönjohtokyky

sameus

Analyytit

typpi

fosfori

rauta

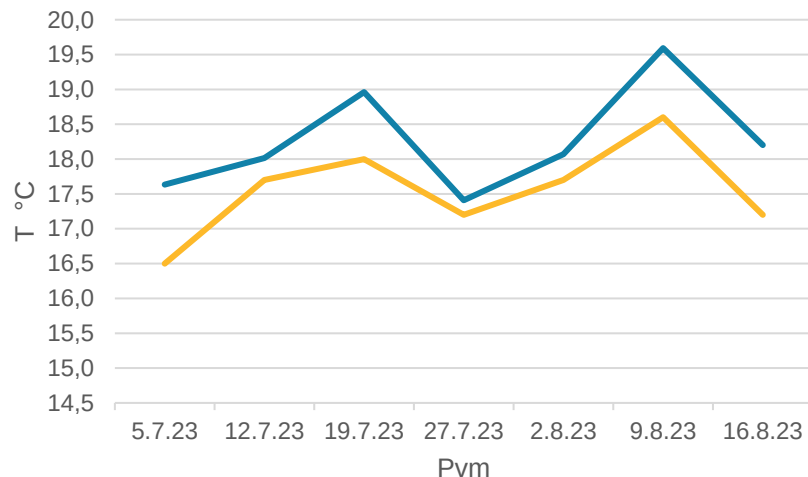
happi

kemiallinen
hapenkulutus

raskasmetallit

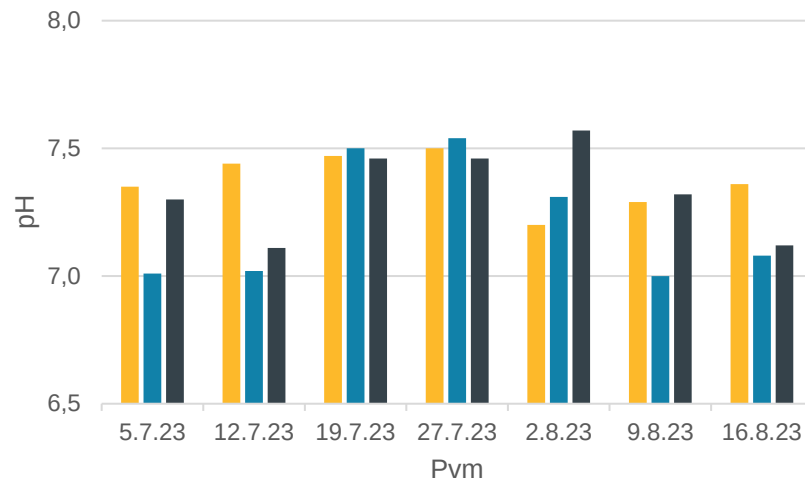
Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023, lämpötila ja happamuus

- Tulevan veden lämpötila 16,5–18,6 °C
- Veden lämpötila järjestelmässä 17,4–19,6 °C



— Tuleva suotovesi — Suotovesi järjestelmässä, ka.

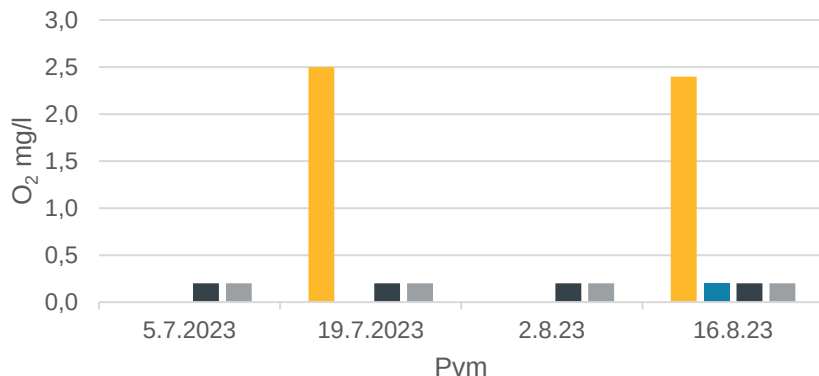
- Käsittelmättömän veden pH:n ka. 7,4
- Käsittelyllä ei suuria muutoksia happamuuteen



■ 15. Tuleva suotovesi ■ 2. Linja 1 reaktori B patja
■ 9. Linja 2 reaktori B patja

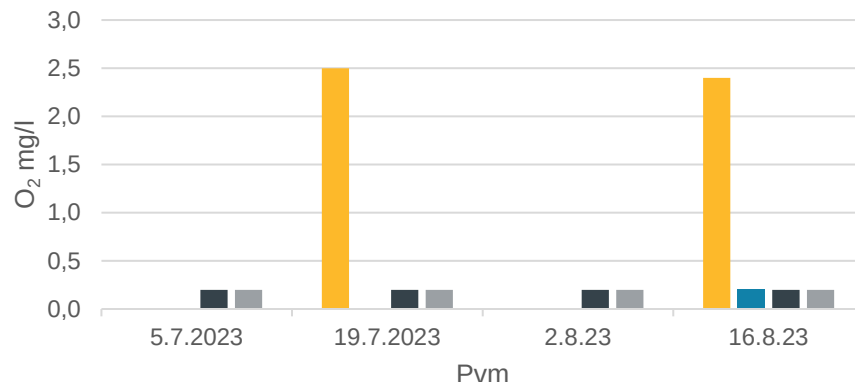
Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023, happipitoisuus

Happipitoisuus, **linja 1** (hake ja biohiili sekoitettuna)



- 15. Tuleva suotovesi
- 6. Linja 1, esikäsittely poistoputki
- 3. Linja 1, reaktori A poistoputki
- 1. Linja 1, reaktori B poistoputki

Happipitoisuus, **linja 2** (hake ja biohiili erillisinä vaiheina)



- 15. Tuleva suotovesi
- 13. Linja 2, esikäsittely poistoputki
- 10. Linja 2, Reaktori A poistoputki
- 8. Linja 2, reaktori B poistoputki

- Osassa näytteissä matriisihäiriö > ei analyysitulosta
- Lisä hapetuksesta huolimatta happi kuluu kokonaan jo esikäsittelyaltaassa

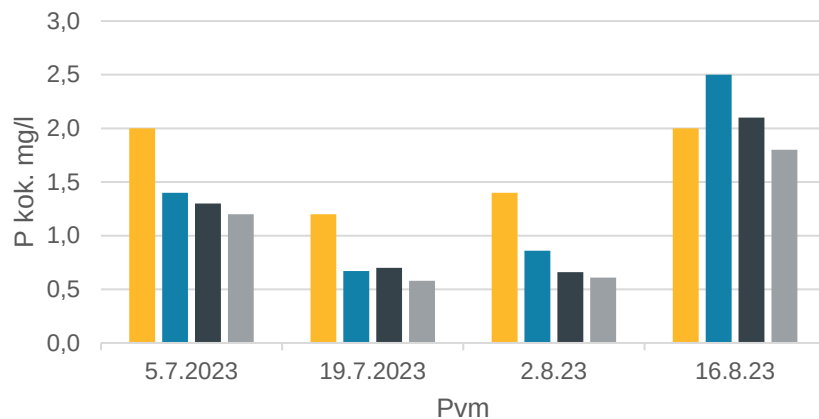
Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023, raudanpoisto

- Käsittlemättömän suotoveden rautapitoisuus (Fe kok.) kokeiden aikana välillä 2,5–6,0 mg/l
- Raudan reduktio esikäsittelyaltaassa oli 20–69 %, pois lukien viimeinen näytteenottokerta
- Tehokkaampi hapetus olisi voinut tehostaa myös raudanpoistoa

Näytteenotto PVM	Fe kok. (mg/l), tuleva suotovesi	Fe kok. (mg/l), linja 1, esikäsittely poistoputki	Fe kok. (mg/l), linja 2, esikäsittely poistoputki	Reduktio (%), linja 1	Reduktio (%), linja 2
5.7.2023	6,0	2,9	4,0	52	33
19.7.2023	2,5	1,7	2,0	32	20
2.8.23	4,5	1,4	1,6	69	64
16.8.23	4,3	5,9	6,0	-37	-40

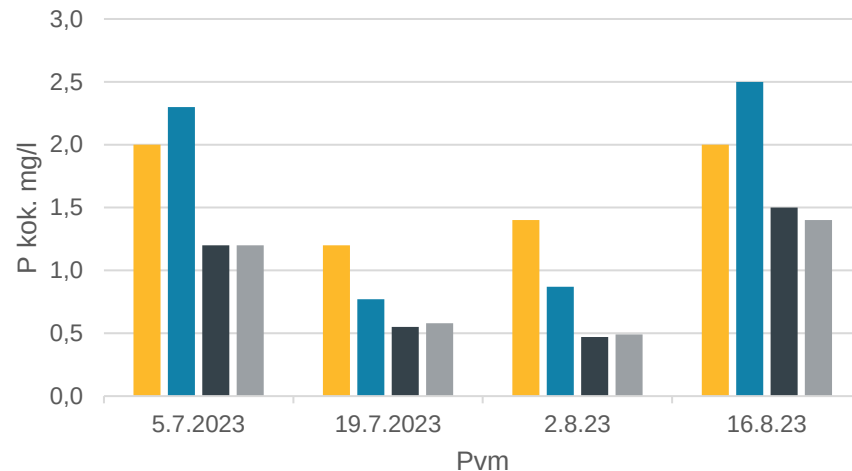
Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023, fosforipitoisuus

Fosforipitoisuus, **linja 1** (hake ja biohiili sekoitettuna)



15. Tuleva suotovesi 6. Linja 1, esikäsittely poistoputki
3. Linja 1, reaktori A poistoputki 1. Linja 1, reaktori B poistoputki

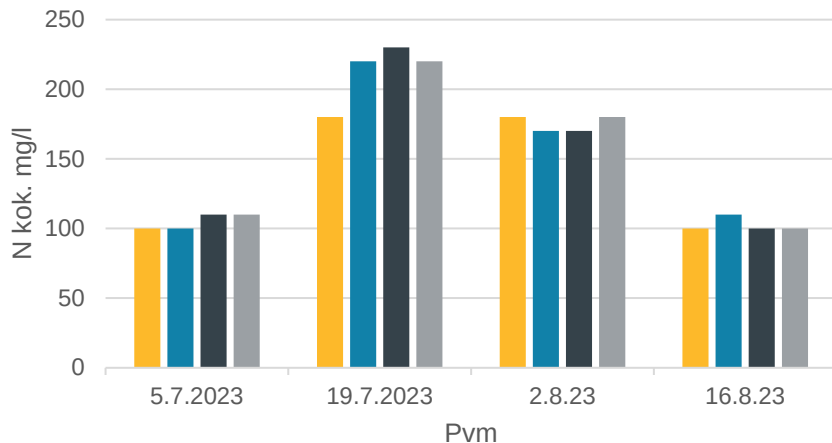
Fosforipitoisuus, **linja 2** (hake ja biohiili erillisinä vaiheina)



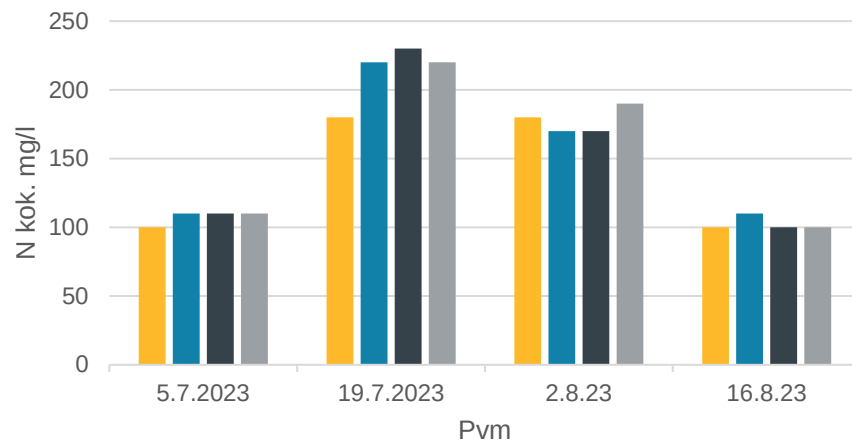
15. Tuleva suotovesi 13. Linja 2, esikäsittely poistoputki
10. Linja 2, Reaktori A poistoputki 8. Linja 2, reaktori B poistoputki

Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023, tyypipitoisuus

Kokonaistyyppipitoisuus, **linja 1** (hake ja biohiili sekoitettuna)

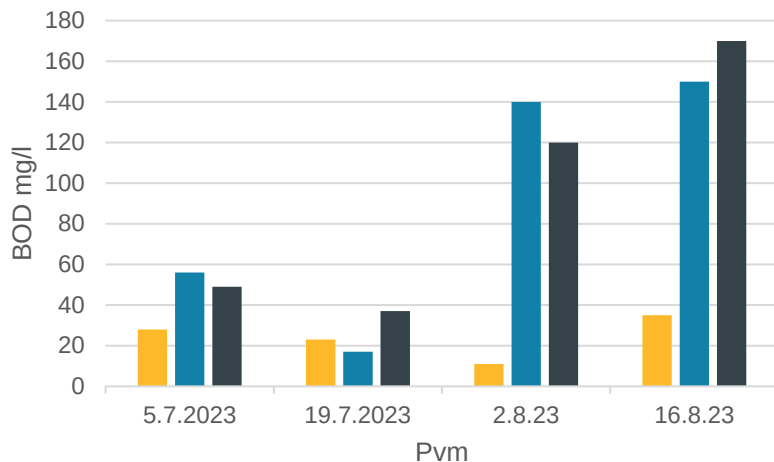


Kokonaistyyppipitoisuus, **linja 2** (hake ja biohiili erillisinä vaiheina)



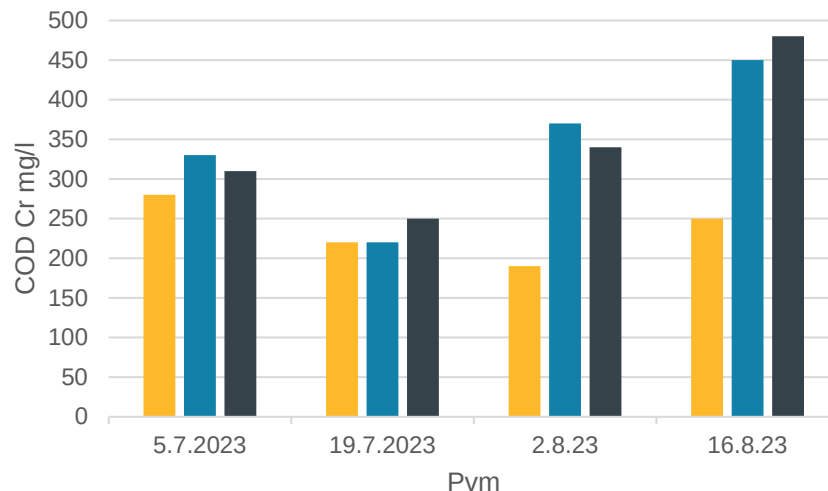
Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023, BOD ja COD

Biologinen hapenkulutus



15. Tuleva suotovesi
1. Linja 1, reaktori B poistoputki
8. Linja 2, reaktori B poistoputki

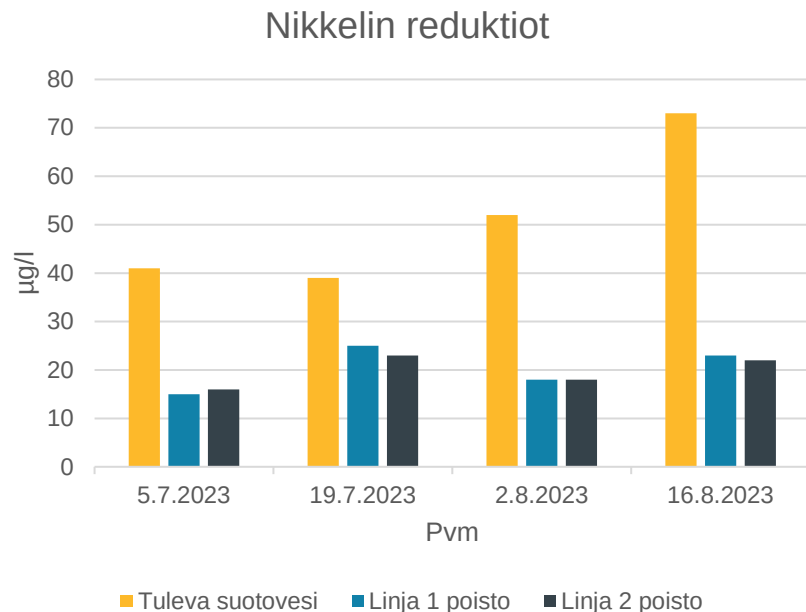
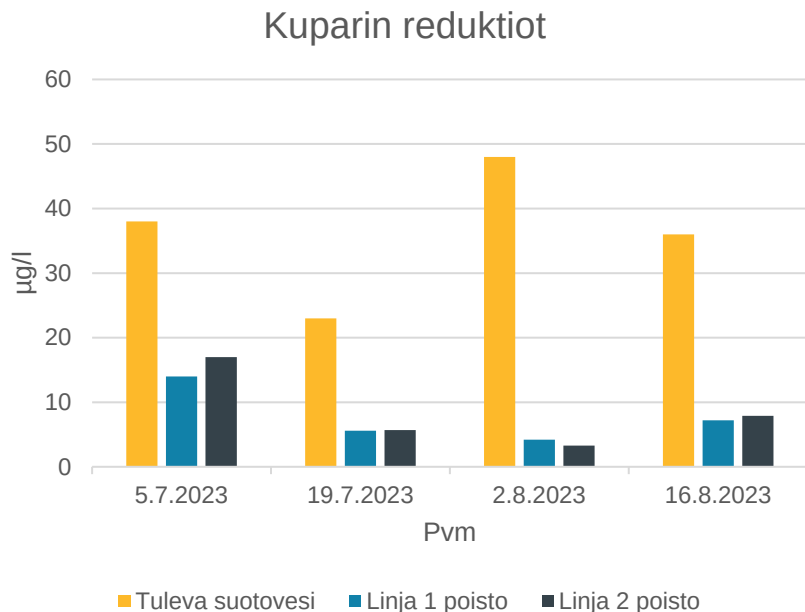
Kemiallinen hapenkulutus



15. Tuleva suotovesi
1. Linja 1, reaktori B poistoputki
8. Linja 2, reaktori B poistoputki

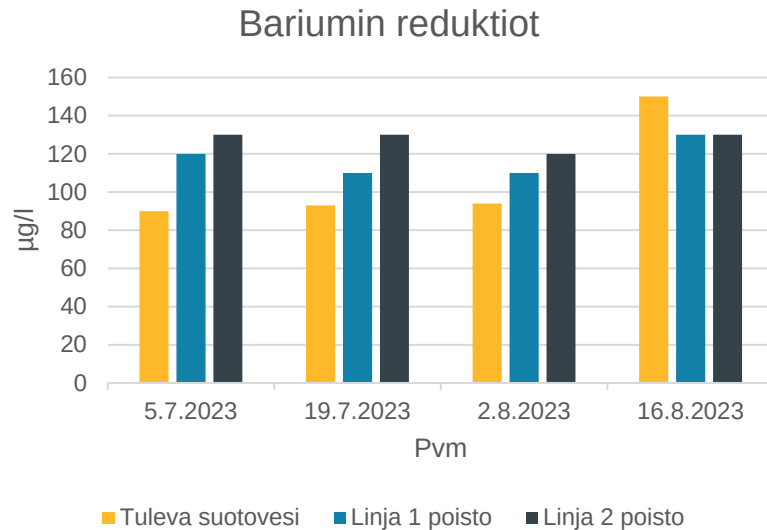
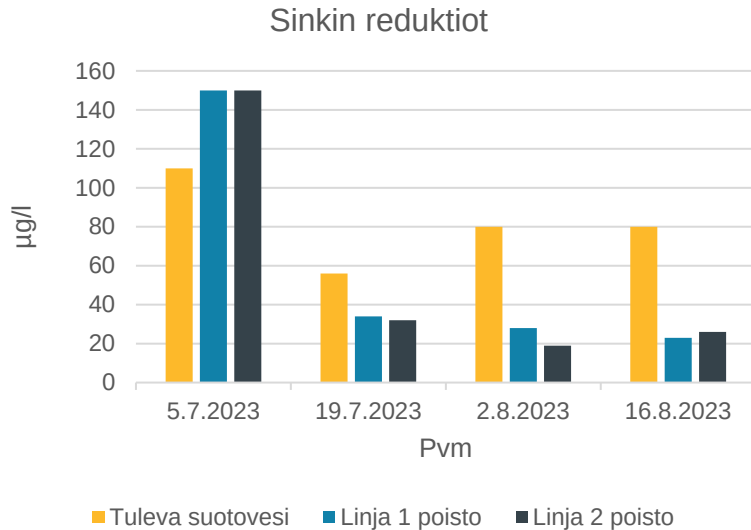
- Käsittelemättömän suotoveden BOD₇ 11–35 mg/l
- Käsittelemättömän suotoveden COD Cr 190–280 mg/l

Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023, raskasmetallit



- Kuparin ja nikkelin pitoisuudet laskivat järjestelmässä molemmilla linjoilla

Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023, raskasmetallit



- Sinkkipitoisuus kasvoi järjestelmässä kokeiden alussa, mutta kääntyi laskuun.
- Bariumpitoisuus kasvoi kokeiden aikana

Demonstraatioympäristö Vesikon kokeet 2023, johtopäätökset

- Kokeissa havaittiin muutoksia veden laadussa käsittelyn aikana
- Rautaa saatiin poistettua
- Raskasmetalleja saatiin poistettua
- Veden lämpötila pysyi nitrifikaatio-denitrifikaation edellyttämällä tasolla
- Fosforia pitäisi olla riittävästi mikrobiravinnoksi
- Typen poistumisprosessit eivät käynnistyneet
- Suotoveden laadun ja happipitoisuuden ennalta arvaamattomat vaihtelut hankaloittivat järjestelmän toimintaa
- Suotoveden korkean biologisen ja kemiallisen hapenkulutuksen vuoksi suotoveden ilmastusta tulisi tehostaa

Demonstraatioympäristö Vesikon ilmastuskokeet

- Ilmastus ja happimittauskokeet 2.-11.10.2023
 - Esikäsittelyaltaaseen lisättiin kokeiden jälkeen tehokkaampi hapetin ja diffuusioilmastinputki
 - A- ja B-altaisiin asennettiin jatkuvatoimiset happianturit (4 kpl)
 - Ilmansyöttö uudella ilmastimella + mikrokuplituksella 9000 l/h (taulukko)
 - Kokeet ilman suodatusmateriaalia

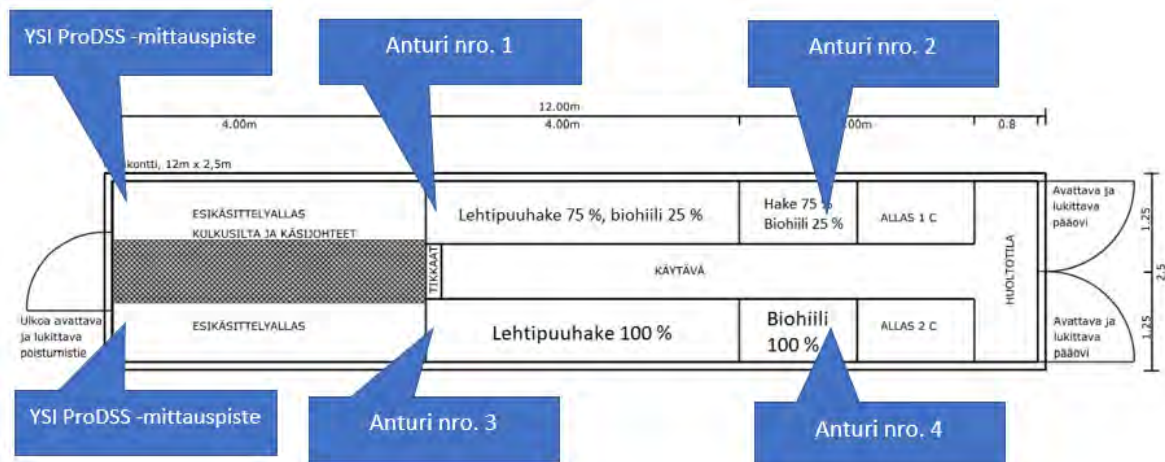
	Vesikko, kesän kokeet	Vesikko, hapetuskokeet
Kompressorimallit	ACO 208 ja 308	ETD 150
Ilmantuotto yhteensä (L/min)	80	150
Ilmantuotto yhteensä (L/h)	4800	9000

Taulukko: Hapetusteho Vesikon kokeissa



Demonstraatioympäristö Vesikon ilmastuskokeet

- Ilmastus ja happimittaukset 2.-11.10.2023
 - Monitorointi kiinteillä antureilla, sekä YSI ProDSS-kenttämittarilla
 - Seurannan aikana suotoveden lämpötila kontin sisällä oli välillä 9,2–13,7 °C.
 - Mittauspisteet:



Demonstraatioympäristö Vesikon ilmastuskokeet

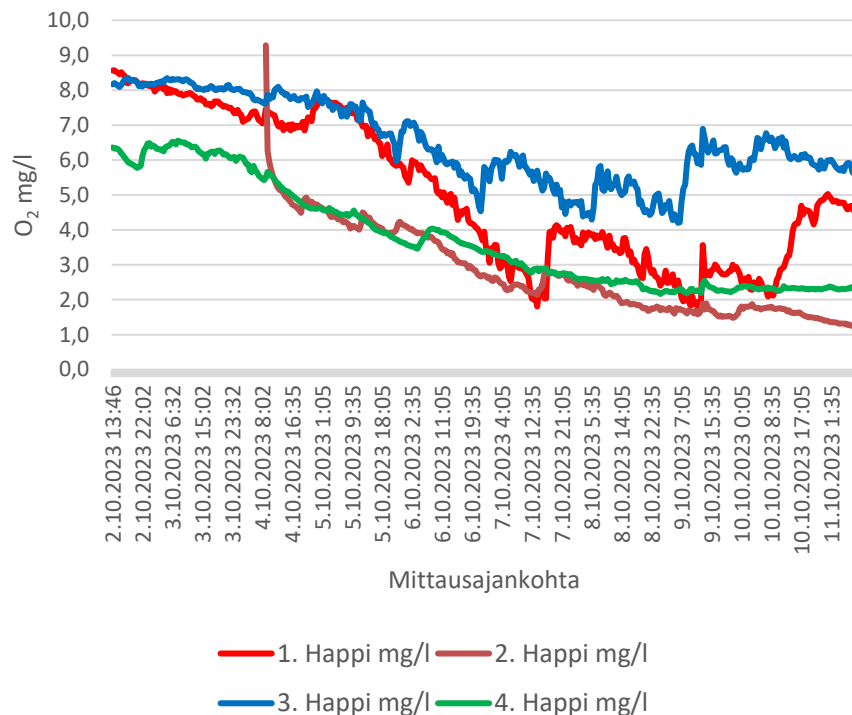
Ilmastus ja happimittauskokeet 2.-11.10.2023

- Happipitoisuus esikäsittelyaltaassa kokeen aikana $10,3 \pm 0,3$ mg/l
- Happipitoisuus laskee A ja B-altaissa keskimäärin noin 2–3 mg/l

Johtopäätökset

- Mittaustulosten perusteella uusi ilmastin todettiin soveltuvaksi ja teholtaan sopivaksi
- Suotovesi itsessään sisältää happea kuluttavia tekijöitä

Anturi	Linja	Sijainti linjalla
1.	1	A-allas tulopuoli
2.	1	B-allas poistopuoli
3.	2	A-allas tulopuoli
4.	2	B-allas poistopuoli





Kuva: Manu Eloaho

Kiitos!

- Lisätietoja
 - www.xamk.fi/deve



Tunne huominen - All for the future.