

A woman with blonde hair, wearing a white dress and a green backpack, stands with her back to the camera on a large, dark grey rock. She is looking out over a vast, scenic landscape of a forested valley and a large lake under a sunset sky. The trees are lush green, and the water reflects the warm colors of the sky. The overall mood is peaceful and contemplative.

**Tunne huomisen.
All for the future.**





BioLuuppi - Demonstraatioympäristö kiertotalouden sivuainevirroille

Tutkimusryhmäpäällikkö Hanne Soininen Xamk
Kehityspäällikkö Jonne Gråsten Metsäsairila Oy



BioCir ja BioLuuppi -hankkeet

- BioCir - Kiertotalouden sivuainevirrat uusiksi tuotteiksi
- BioLuuppi - Demonstraatioympäristö kiertotalouden sivuainevirroille
- Toteuttajat: Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu ja Metsäsairila Oy
- Hankkeiden kesto: 1.12.2020–30.11.2023
- Rahoittajat ja yhteistyökumppanit: Etelä-Savon ELY-keskus Euroopan aluekehitysrahastosta, Suur-Savon Energiasäätiö sr, BioHauki Oy, Etelä-Savon Energia Oy, BioSairila Oy ja Juvan Bioson Oy:n.
- www.xamk.fi/bioluuppi

Hankkeiden tavoitteet

- BioCir- ja BioLuuppi-kokonaisuuden tavoitteena oli perustaa uudenlainen demonstraatiomittakaavan tutkimusympäristö Etelä-Savoon. Mikkelin EcoSairilaan sijoittuva tutkimusympäristö tuo esiin maakunnan kansallisena kiertotalouden kärkiosaajana ja mahdollistaa kansainvälisen yritys- ja tutkimusverkoston muodostumisen alueelle.
- BioCir-kehittämisosion tavoitteena oli lisätä uusien syötteiden käyttöönottoa, optimoida alueen orgaanisten materiaalivirtojen biokaasuntuottoa ja tehostaa prosessien energiatehokkuutta. Tavoitteena oli selvittää ja vähentää raaka-aineiden sisältämien haitta-aineiden (esimerkiksi mikromuovit) ja kemikaalien aiheuttamia riskejä prosessille ja lopputuotteille. Lisäksi tavoitteena oli kehittää uudenlaisia toimintakonsepteja ja tuoteaihioita nykyisille ja tuleville eteläsavolaisille biokaasulaitoksille.
- BioLuuppi-tutkimusympäristössä kehitetään ja pilotoidaan käytäntöjä ja menetelmiä, joilla parannetaan biokaasulaitosten energiatehokkuutta ja kannattavuutta hallitsemalla tuotantoprosessia entistä paremmin.

Hankkeiden toimenpiteet

TP 1. BioLuuppi - Demonstraatioympäristö kiertotalouden sivuainevirroille

TP 2. Raaka-ainevirtojen alkuaine- ja haitta-ainepitoisuuksien vaikutus kaasuntuotantoon ja mädätteen laatuun

TP 3. Biokaasulaitoksen prosessien tehostaminen energiatehokkaammaksi

TP 4. Biojalosteiden ja kierrätyslannoitteiden uudet tuotekonseptit

TP 5. Biokaasulaitoksen prosessien riskien ennakoinnin ja omavalvonnan kehittäminen

TP 6. Viestintä ja tiedottaminen



BioLuuppi - Demonstraatioympäristö kiertotalouden sivuainevirroille

- Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun osio sisälsi biokaasuprosessi-investoinnin ja demonstraatiomittakaavan ympäristön perustamisen.
- Metsäsairila Oy:n osio sisälsi biokaasuprosessin jälkeisten materiaalivirtojen demonstraatiomittakaavan tuotteistamisympäristön.



BioLuuppi - Demonstraatioympäristö kiertotalouden sivuainevirroille

- Biokaasukontin rakentaja on laukaalainen alan konkari Metener Oy, jolla on yli kahden vuosikymmenen kokemus biokaasulaitosten toiminnasta, suunnittelusta ja rakentamisesta.
- BioLuuppi-biokaasukontissa on kaksi jatkuvatoimista biokaasureaktoria. Kuiva- ja märkämädätysreaktoreiden koko on 0,5 m³.



BioLuuppi - Demonstraatioympäristö kiertotalouden sivuainevirroille

- Kontin ja reaktoreiden lämmitys toteutetaan kaasukattilalla. Kaasukattilassa on myös sähkövastus, kun kaasua ei ole käytettävissä.
- Kontin prosesseja monitoroidaan paikan päällä ja seurataan etänä Metener Oy:n automaatiojärjestelmän avulla.
- Reaktoreiden syöttämistä ja muuta toimintaa ohjataan automaatiolla.



BioLuuppi - Demonstraatioympäristö kiertotalouden sivuainevirroille

- Xamkin biokaasukontissa aloitettiin koeajot kesäkuussa 2022.
- Tutkimusympäristössä tehtiin testejä ja kokeiluja yhteistyössä Etelä-Savon alueen biokaasulaitosten Juvan Bioson Oy:n ja BioSairila Oy:n (BioHauki ja BioSairila) kanssa.
- BioLuupissa uusien syötemateriaalien testaukset onnistuu hallituissa olosuhteissa vaarantamatta varsinaisen biokaasulaitoksen prosessin toimintaa.



BioLuuppi - Demonstraatioympäristö kiertotalouden sivuainevirroille

- Metsäsairilan BioLuuppi ympäristössä kokeillaan ja testataan mädätteiden (TS 5–50 %) jatkojalostusta.
- Kontissa on puumalalaisen Nanopar Oy:n paskier prosessiin perustuva infrapunakuivain.
- Paskier prosessi on vakuumiavusteinen infrapunateknologia, joka koostuu infrapunakuivaimesta, jauhimesta, sekoittajasta ja granulaattorista.
- Biosuodatin, joka täytetty ruokohelvellä.



BioLuuppi - mädätejännösten demonstraatiokokeet infrapunakuivaimella – tuoteaihioita testaamassa

- Kokeissa kuivattiin mädätteitä ilman tukiaineita sekä tukiaineiden kanssa.
- Kuivatuista materiaaleista puristettiin pellettejä kasvatuskokeita varten.



Laskeutus- ja saostuskokeet

- Kokeessa testattiin eri menetelmiä biokaasulaitoksen puhdistamomädätteen kuivaukseen asfaltoidulla kentällä.
- Kokeet tehtiin 23 m x 17 m x 1,2 m betonipalikoista rakennetuissa altaissa.
- Kokeita tehtiin kolmella eri menetelmällä:
 - Mädätettä yritettiin kuivata haihduttamalla ja luontaisella valumisella.
 - Murskatulla puutarhajäte + mädäteseoksella.
 - Vaneritehtaan kuorimon kuusikuore + mädäteseoksella.
- Menetelmät ovat todettu täydessä mittakaavassa haasteellisiksi ja ne vaativat edelleen kehitystyötä.
- Kaikissa kokeissa tuli esille sään vaikutus kuivaustulokseen.

Sekoitus- ja kompostointikoe

- Kokeessa testattiin jätevesimädätteen imeyttämistä tukiaineisiin. Tarkoituksena löytää reseptiikka, jossa mädäte-/tukiainesekoituksen kuiva-ainepitoisuus on tarpeeksi korkea aumaamista ja vanhentamista varten.
- Kokeet tehtiin sekoittamalla jätevesimädätettä ja turvetta 20 m³ apevaunussa.
- Kokeita tehtiin eri sekoitussuhteilla.
- Massat purettiin asfalttikentille ja ajettiin aumaan vanhentumaan.
- Näytteitä verrattiin orgaanisten maanparannusaineiden ravinteiden ja muiden ominaisuuksien vähimmäispitoisuuksiin.



Sekoitus- ja kompostointikoe

Kompostin kypsyys näytteestä, jossa on tilavuudeltaan 2 osaa turvetta ja 1 osa mädätettä.

Kypsyys	Ennen vanhentamista	3 kk vanhentamista	Maanparannuskompostin kypsyysarviointikriteerit	Tuorekompostin stabiilisuuden arviointikriteerit
	Näyte	Näyte		
Hiilidioksidin tuotto	4,76 mg C/g VS/vrk	1,55 mg C/g VS/vrk	Alle 3 mg C/g VS/vrk	alle 6 mg C/g VS/vrk
Juurenpituus indeksi	23 %	44 %	Yli 80 %	
NO ₃ -N/NH ₄ -N suhde	<0,01	0,10	Yli 1	

- Kokeiden perusteella huomattiin, että jäteveden mädätysjäännöksen aumaaminen ja kompostointi vaativat suuren määrän tukiainetta, kuten turvetta, jotta orgaanisen maanparannusaineen ravinteiden ja muiden ominaisuuksien vähimmäispitoisuudet pystytään saavuttamaan.

BioLuuppi - Demonstraatioympäristö kiertotalouden sivuainevirroille

- BioLuuppi-demonstraatioympäristö tarjoaa uudenlaisen mahdollisuuden alueen biokaasulaitosten toiminnan kehittämiseen.
- Ympäristössä testatut parhaat käytännöt voidaan siirtää laitosmittakaavaan, mikä parantaa laitosten tehokkuutta ja edistää alueen materiaalivirtojen hyödyntämistä.
- Demonstraatioympäristö on ainutlaatuinen kiertotalouden näyteikkuna alueellisesti, kansallisesti ja kansainvälisesti.





Tunne huomisen - All for the future.

A woman with blonde hair, wearing a white dress and a green backpack, stands with her back to the camera on a large, dark grey rock. She is looking out over a vast, scenic landscape of a forested valley and a large lake under a sunset sky. The trees are lush green, and the water reflects the warm colors of the sky. The overall mood is peaceful and contemplative.

**Tunne huomisen.
All for the future.**





RAAKA-AINEVIRTOJEN VAIKUTUS KAASUNTUOTOON JA MÄDÄTTEEN LAATUUN

Projektitutkija Tiina Saario



Raaka-ainevirtojen alkuaine- ja haitta-ainepitoisuuksien vaikutus kaasuntuotantoon ja mädätteen laatuun

- BioCir-hankkeen aikana on testattu laboratorio- ja pilot-mittakaavan biokaasureaktoreilla mm.:
 - uusia raaka-aineita
 - biomuovien hajoavuutta
 - raaka-aineiden haitta-ainepitoisuuksien vaikutuksia
 - prosessin ylikuormitustilaa



Yhteenveto Xamkin ympäristölaboratoriossa vuosien 2021-2023 toteutetuista biokaasukokeista BioCir-hankkeessa

Ympäristölaboratoriossa on käytössä kahden litran pullopanosreaktorit sekä 15 litran jatkuvatoimiset biokaasureaktorit.

Hankkeen aikana toteutettiin

- 13 biokaasupanoskoesarjaa (2 L, 15 L)
- 2 jatkuvatoimisten reaktoreiden koetta (15 L)
- 3 hajotuskoesarjaa

Kokeissa käytössä

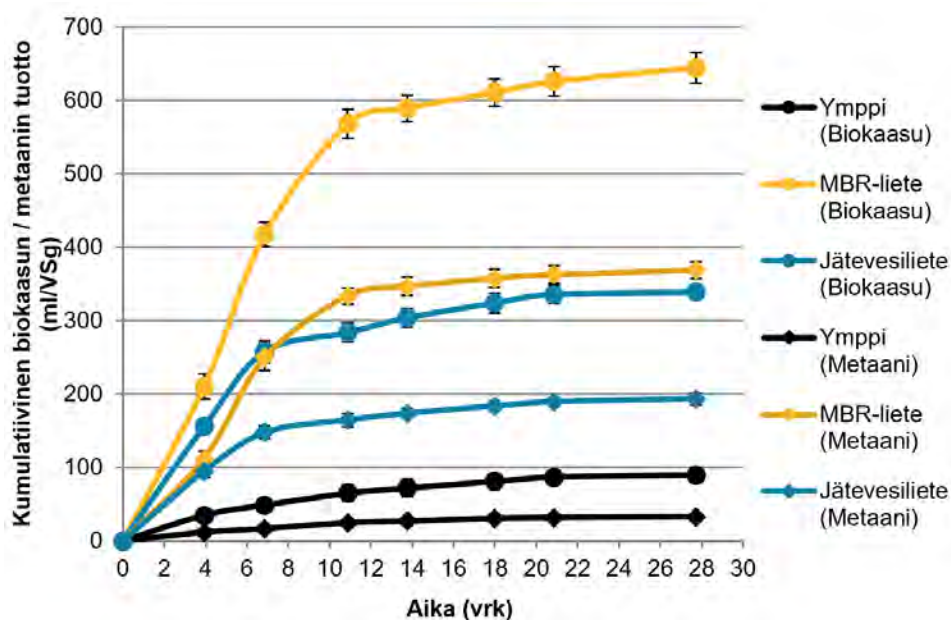
- 2 eri ympästä (kuiva & märkä)
- 12 eri syötemateriaalia tai tukiainetta



Biokaasuntuotannon optimointi tehostamalla syötteiden käyttöä ja tunnistamalla mahdolliset ongelmatilanteet ja -raaka-aineet ennalta

MBR-lietteen soveltuvuus biokaasulaitoksen syötemateriaaliksi

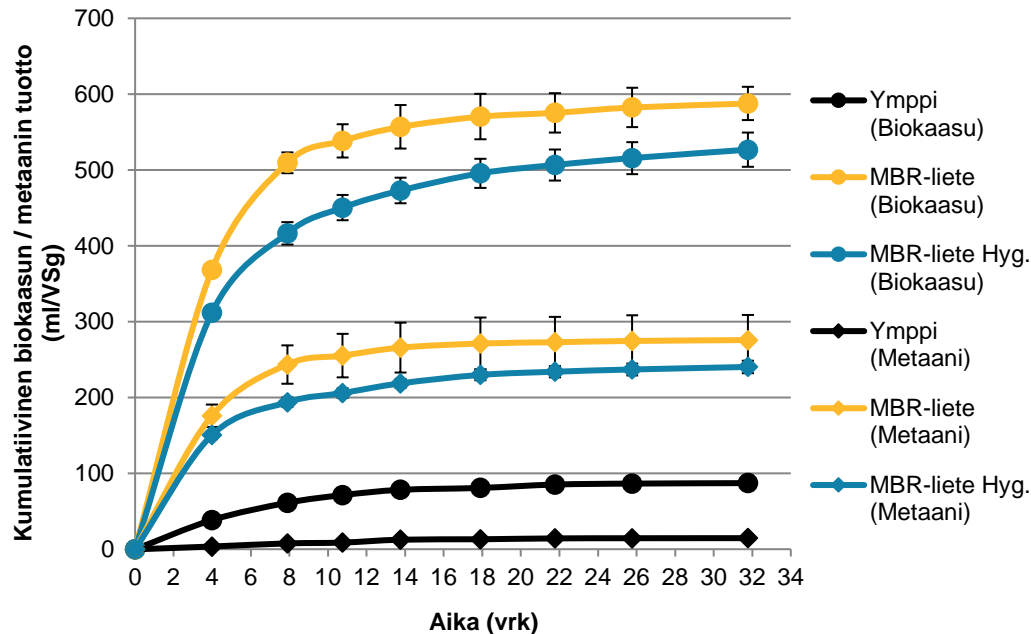
- Kokeissa määritetyt tuottopotentialit
 - MBR-liete
 - Biokaasu $531 \text{ m}^3 / t_{\text{VS}}$
 - Metaani $337 \text{ m}^3 / t_{\text{VS}}$
 - Jätevesiliete
 - Biokaasu $237 \text{ m}^3 / t_{\text{VS}}$
 - Metaani $161 \text{ m}^3 / t_{\text{VS}}$



Biokaasuntuotannon optimointi tehostamalla syötteiden käyttöä ja tunnistamalla mahdolliset ongelmatilanteet ja -raaka-aineet ennalta

Hygienisoinnin vaikutus MBR-lietteen biokaasuntuotantoon

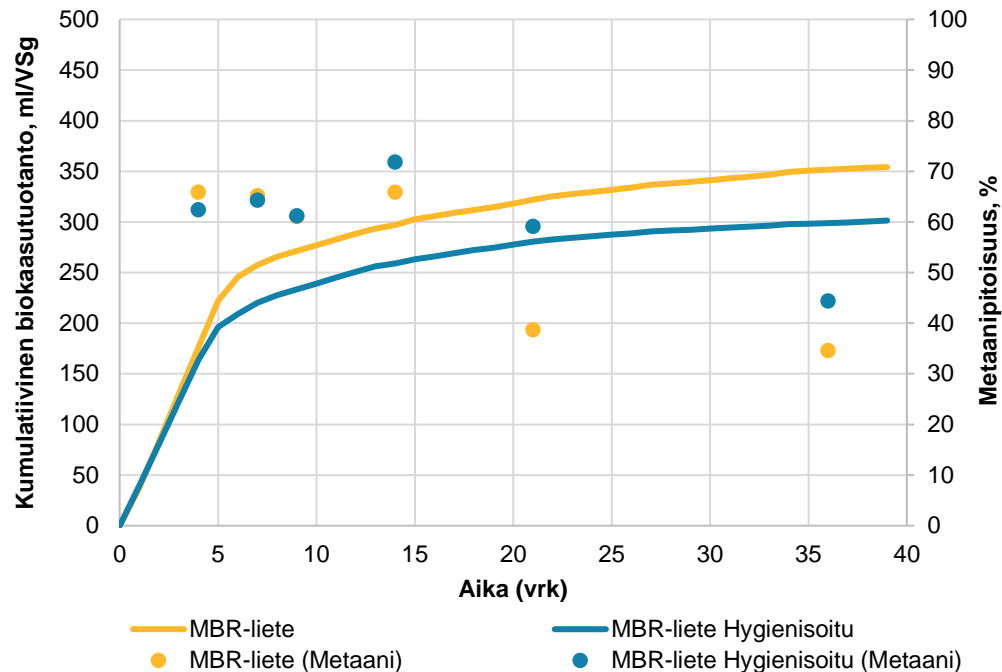
- 2 l panoskokeissa määritetyt tuottopotentialit
 - MBR-liete
 - Biokaasu $500 \text{ m}^3 / t_{\text{VS}}$
 - Metaani $261 \text{ m}^3 / t_{\text{VS}}$
 - MBR-liete hygienisoitu
 - Biokaasu $439 \text{ m}^3 / t_{\text{VS}}$
 - Metaani $226 \text{ m}^3 / t_{\text{VS}}$



Biokaasuntuotannon optimointi tehostamalla syötteiden käyttöä ja tunnistamalla mahdolliset ongelmatilanteet ja -raaka-aineet ennalta

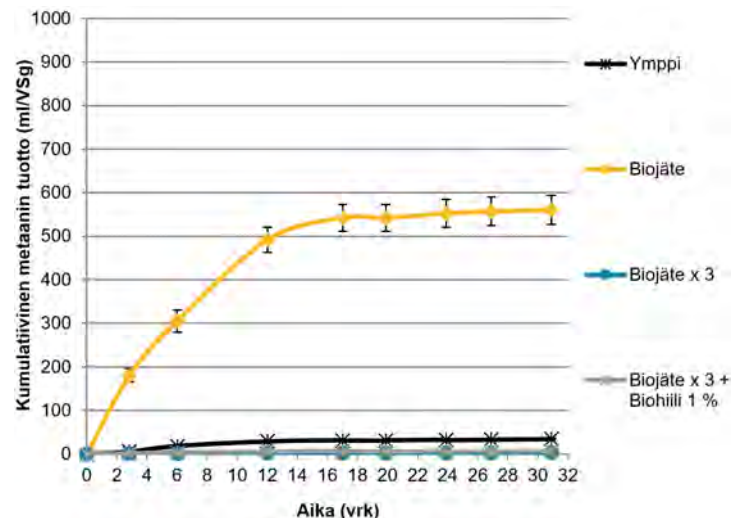
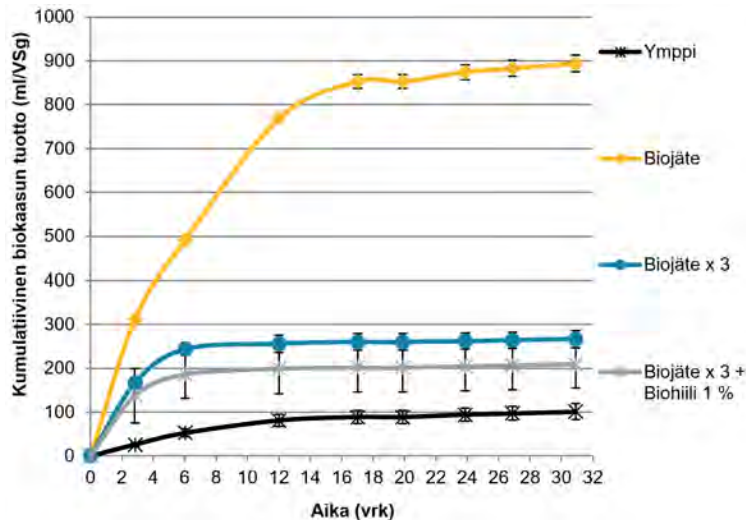
Hygienisoinnin vaikutus MBR-lietteen biokaasuntuotantoon

- 15 litran kokeissa määritetyt tuottopotentialit
 - MBR-liete
 - Biokaasu $354 \text{ m}^3 / t_{VS}$
 - MBR-liete hygienisoitu
 - Biokaasu $301 \text{ m}^3 / t_{VS}$



Biokaasuntuotannon optimointi tehostamalla syötteiden käyttöä ja tunnistamalla mahdolliset ongelmatilanteet ja -raaka-aineet ennalta

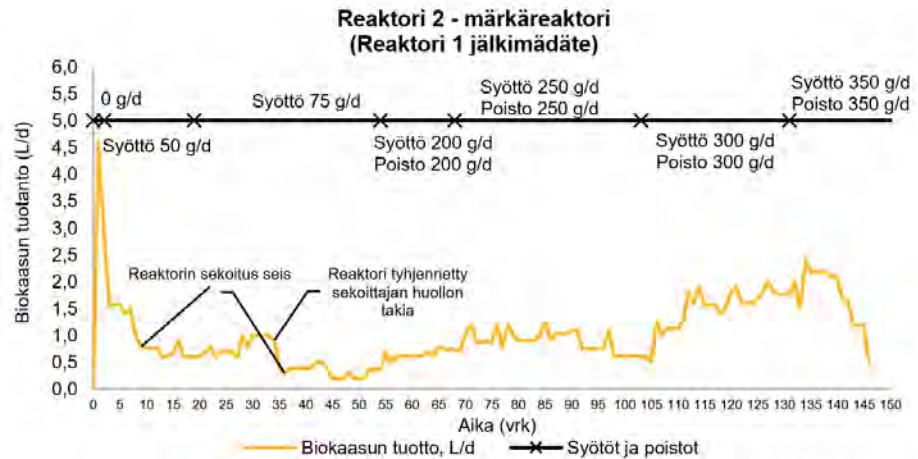
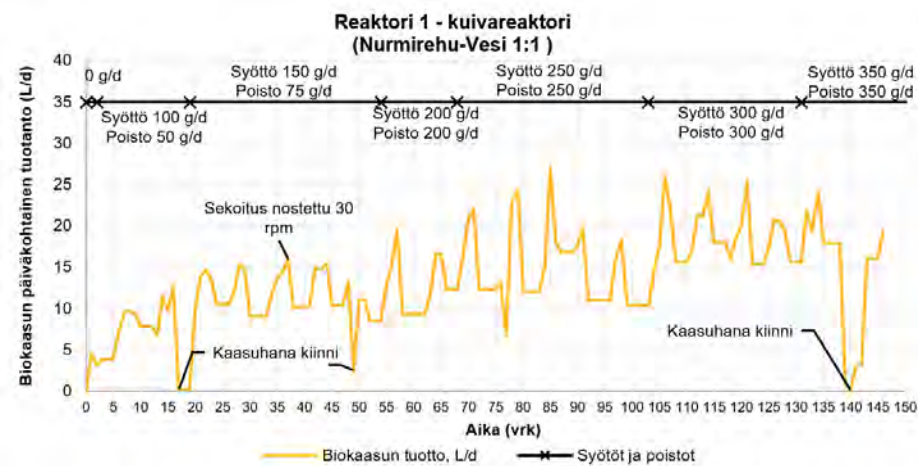
- Testattiin koivupohjaisen biohiilen käyttöä biojätteen seassa ylikuormitustilan ehkäisyssä.
- Sekä kaksin- että kolminkertaisen kuormituksen vaikutus oli niin suuri, ettei käytetty biohiili pystynyt ehkäisemään reaktorin ylikuormituksen vaikutusta ja elvyttämään reaktoria.



Biokaasuntuotannon optimointi tehostamalla syötteiden käyttöä ja tunnistamalla mahdolliset ongelmatilanteet ja -raaka-aineet ennalta

Kuivareaktorin jälkimädätteen käyttö
märkäreaktorin syötteenä

- 15 l jatkuvatoimisilla reaktorit
- Kuivareaktori
 - Tuotto 1 937 l biokaasua
 - Metaanipitoisuus 46-48 %
 - OLR max. 4,2
- Märkäreaktori
 - Tuotto 151 l biokaasua
 - Metaanipitoisuus 33,52 %
 - OLR max. 2,0



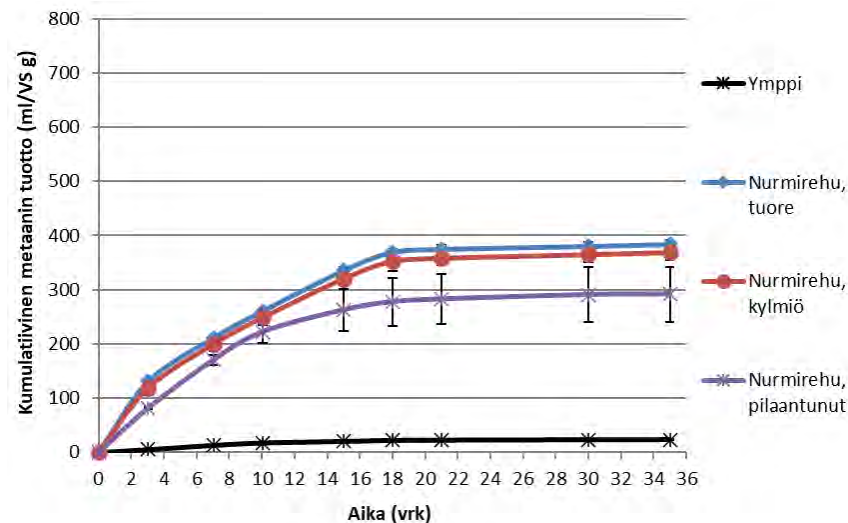
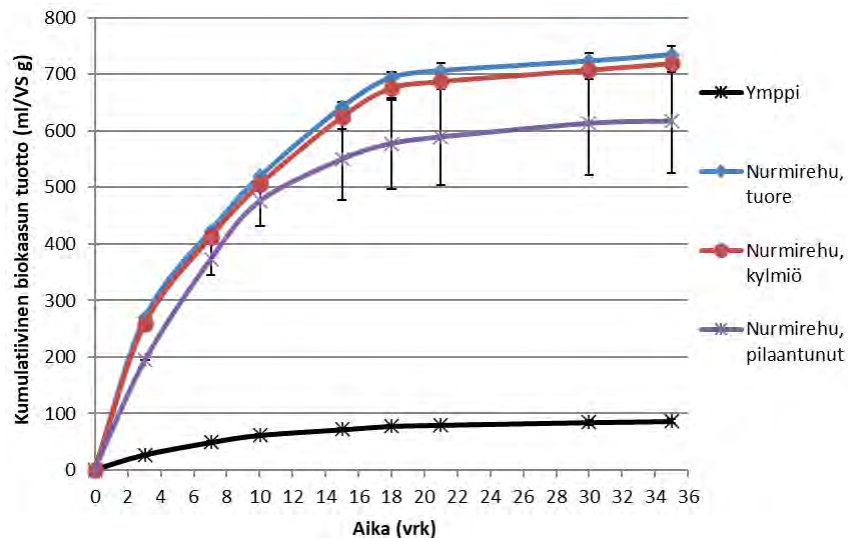
Huonolaatuiset syötteet riskinä biokaasuprosessin kaasuntuotannolle

- Homehtuva säilö- ja nurmirehu voivat sisältää mykotoksiineja, jotka ovat näkymättömiä, mauttomia ja homekasvustossa muodostuvia myrkkyyjä.
- Biokaasupanoskokeissa testattiin erilaatuisten nurmirehujen kaasuntuotanto
 - Tuore nurmirehu
 - Kylmiössä säilytetty nurmirehu
 - Pilaantunut nurmirehu



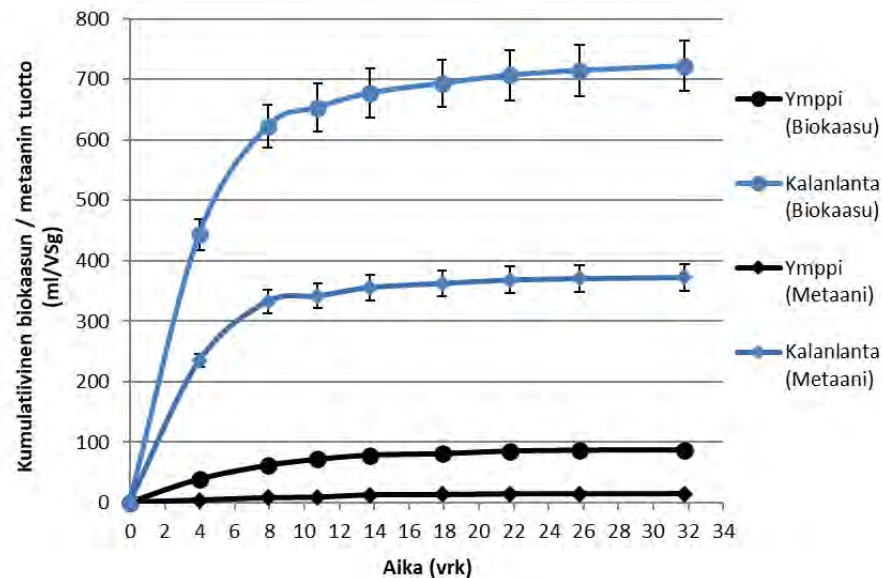
Huonolaatuiset syötteet riskinä biokaasuprosessin kaasuntuotannolle

- Tuore ja viileässä säilytetty nurmirehu tuottivat lähes saman verran biokaasua ja metaania
- Pilaantuneen nurmirehun kaasuntuotto oli selkeästi heikentynyt.
- Maksimimetaanipitoisuus tuoreella ja kylmiössä säilytetyllä nurmirehulla lähes 80 %, pilaantuneella vain 64 %



Uudenlaiset raaka-ainevirrat

- Kalakasvatamon eri sivuvirtojen käyttäytymistä biokaasuprosessissa testattiin panoskokeilla
- Kalanlannan tuottopotentialit olivat
 - Biokaasu $635 \text{ m}^3 / t_{VS}$
 - Metaani $358 \text{ m}^3 / t_{VS}$
 - Metaanipitoisuus yli 50 % koko kokeen ajan

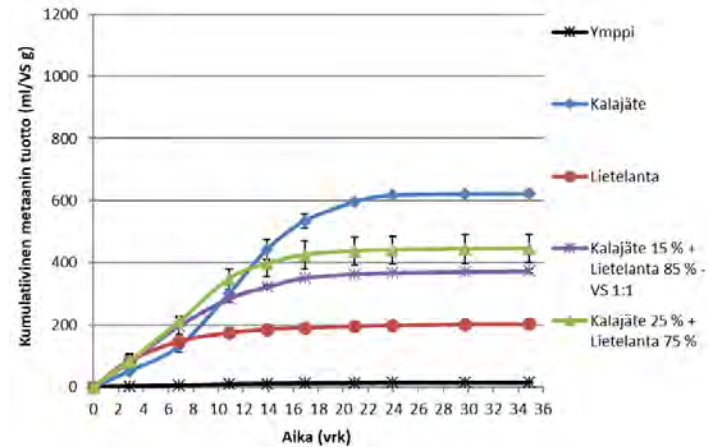
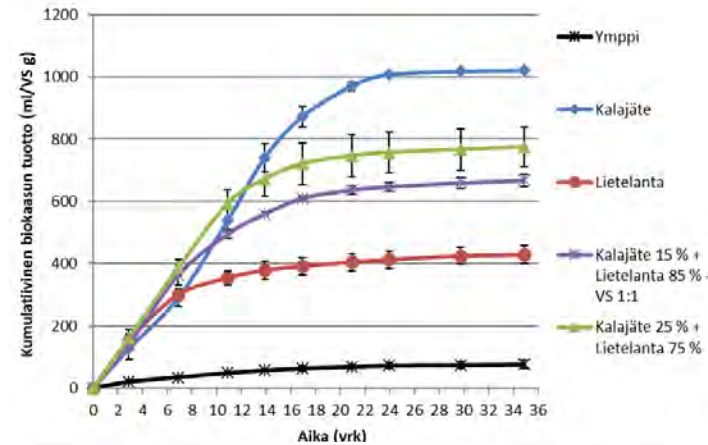


Uudenlaiset raaka-ainevirrat

- Kalan perkuujätettä testattiin yhdessä lietelannan kanssa

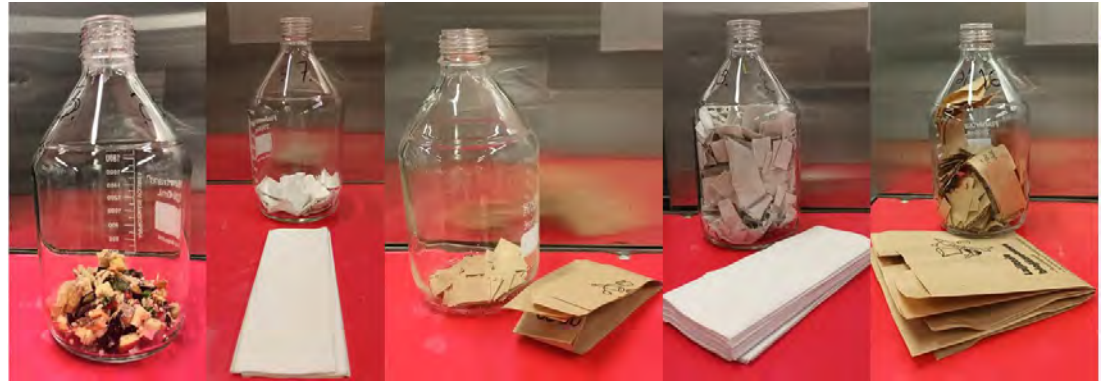
RAAKA-AINE	TUOTTOPOTENTIAALI RAAKA-AINEEN ORG. AINEESEEN SUHTEUTETTUNA	
	Biokaasu m ³ BG/tVS	Metaani m ³ CH ₄ /tVS
Kalajäte	944 (944-944)	607 (606-608)
Lietelanta	353 (325-383)	188 (174-201)
Kalajäte 15 % + Lietelanta 85 %	591 (578-605)	359 (355-363)
Kalajäte 25 % + Lietelanta 85 %	699 (616-738)	431 (386-477)
Kalajäte	757 ^a	554 ^a
Lietelanta	342-531 ^b	130-240 ^{b, c}

^a Kafle & Kim 2012, ^b Ranta-Korhonen ym. 2018, ^c Luste ym. 2013, Lehtomäki 2006



Biohajoavat pakkausmateriaalit biokaasuprosessin haasteena

- Biojätteen mukana biokaasuprosessiin voi kulkeutua hyvin erityyppisiä paperituotteita- ja laatuja.
 - Pehmopapereita, kuten nenäliinoja, serviettejä, talouspaperia
 - Paperisia biojätepusseja
 - Sellupohjaisia, kompostoituvia elintarvikepakkauksia.
 - Sanomalehteä (itse tehty biopussi).
 - jne...

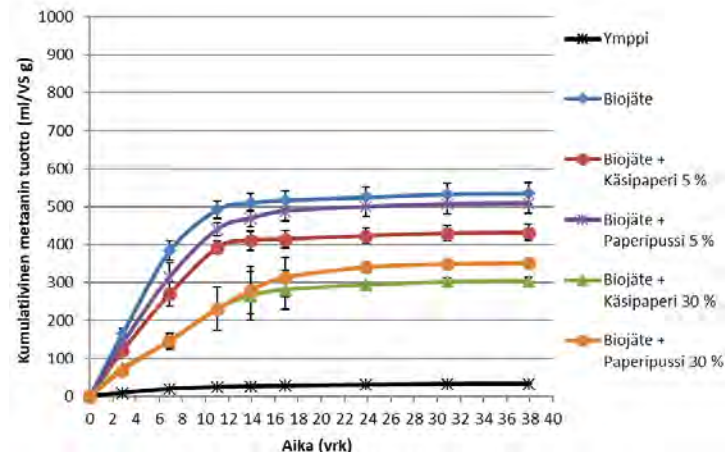
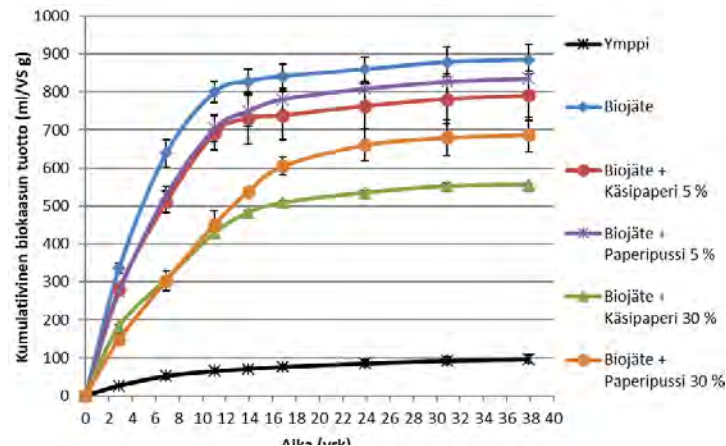


Biohajoavat pakkausmateriaalit biokaasuprosessin haasteena

Testattiin käsipaperin ja paperisen biojätepussin vaikutusta biokaasun ja metaanin tuotantoon.

- Jo pieni määrä paperia vaikuttaa prosessin tuottavuuteen.
- Käsipaperi on haitallisempi biokaasuprosessille kuin paperinen biojätepussi.
- Harvoin biojäte sisältää 30 % paperia, vaan todellinen määrä on uskottavasti lähempänä 5 % tai jopa sen alle.

^a Kaffe & Kim 2012, ^b Ranta-Korhonen ym. 2018, ^c Luste ym. 2013, Lehtomäki 2006



Biohajoavat pakkausmateriaalit biokaasuprosessin haasteena

- Biohajoavasta muovista tehdyt pussit aiheuttavat suuria ongelmia biokaasulaitoksilla, koska ne eivät ehdi hajota prosessin aikana ja kiertyvät sekoittajien ympärille.
- Ympäristölaboratoriossa tehtiin erityyppisillä biojätteen keräämiseen tarkoitettulla tai käytettävällä materiaalilla kolme hajotuskoesarjaa.
- Materiaaleja pidettiin 4 viikkoa märkäreaktorin mädätteessä 40 °C lämpötilassa, jonka jälkeen näiden hajoamista tehtiin aistinvarainen arviointi.



Biohajoavat pakkausmateriaalit biokaasuprosessin haasteena

Biojättepusmien hajoaminen biokaasuprosessissa

- Ainoastaan paperipussin ja sanomalehden voidaan sanoa hajonneen kokeen aikana.
- Biomuovipusseista ja -säkeistä ainoastaan Bioska+ lähti selkeästi hajoamaan ja Tüv Austian materiaali lähti heikkenemään.

TYYPPI	MERKKI, KOKO	KOKONAINEN	REVITTY
Biomuovipussi	Bioska+ 10-20 L	Materiaali haurastunut, repeää käsiteltäessä. Selkeä malli kadonnut.	Pienimmät palaset hajonneet.
	Naturabiomat 10-20 L	Pussi yhä ehjä ja kokonainen. Kestää helposti litran, pari vettä.	Ei haurastumista
	Biomat 20 L	Pussi yhä ehjä ja kokonainen. Kestää helposti litran, pari vettä.	Ei haurastumista
	TÜV Austria 10-20 L	Tuntuu hauraammalta ja muodostunut useita reikiä.	Venyy aiempaa helpommin, pehmentynyt.
Biomuovisäkki	Biomat 240 L	Ehjä, ei haurastumista	Ei haurastumista
	BioBag Finland Oy 240 L	Ei haurastumista	Ei haurastumista
Paperipussi	-	Pientä silppua, joka hajoaa käsiteltäessä. Selkeästi suurin osa hajonnut.	Suurin osa tai lähes kokonaan hajonnut
Sanomalehti	-	Paperimassamaista puuroa	Paperimassamaista puuroa



Raaka-ainevirtojen alkuaine- ja haitta-ainepitoisuuksien vaikutus kaasuntuotantoon ja mädätteen laatuun

Yhteenvetoa

- MBR-liete soveltuu biokaasuntuotantoon, mutta sen haitta-aineiden vaikutusta prosessiin kannattaa selvittää lisää.
- Biokaasulaitosten syötteiden laatua ja varastointia, syötevirtojen reseptointia ja eri materiaalien sisältämien haitta-aineiden vaikutusta prosessiin kannattaa tutkia lisää, koska ne vaikuttavat prosessin toimintaan ja ne vaikuttavat muun muassa lopputuotteiden laatuun.
- Biohajoavien pakkausmateriaalien jatkuva lisääntyminen voi tuottaa ongelmia biokaasulaitoksille ja niiden tutkimista biokaasu- ja kompostointilaitoksilla kannattaa jatkaa.





Tunne huominen - All for the future.

A woman with blonde hair, wearing a white dress and a green backpack, stands with her back to the camera on a large, dark grey rock. She is looking out over a vast, scenic landscape of dense green forests and numerous lakes under a soft, hazy sky at sunset or sunrise. The lighting is warm and golden, casting long shadows and highlighting the textures of the trees and rocks. The overall mood is peaceful and contemplative.

**Tunne huomisen.
All for the future.**





BIOKAASULAITOKSEN PROSESSIN TEHOSTAMINEN ENERGIATEHOKKAAMMAKSI

Projektitutkija Salla Pulliainen



Biokaasulaitoksen prosessien tehostaminen energiatehokkaammaksi

- Toteutuksen aikana otettiin käyttöön Xamkin BioLuuppi-ympäristö
- Demonstraatioympäristössä testattiin raaka-ainevirtoja, joita alueen biokaasulaitosten on mahdollista käyttää prosesseissaan
- Lisäksi on monitoroitu Etelä-Savon täydenmittakaavan biokaasulaitoksia



BioLuuppi-demonstraatioympäristön koeajot

BioLuuppi-demonstraatioympäristössä tehtiin BioCir-hankkeessa vuosien 2022-2023 aikana neljä koeajoa, joista kolmessa oli käytössä märkäreaktori ja kahdessa kuivareaktori.

SARJA, PVM, KESTO	REAKTORI	KOEAIHE	YMPPI	SYÖTE
1. 2.6.-19.8.2022 (78 päivää)	Märkä	Laitteiston testaus ja sisäänajo	Kuiva (jätevesi)	<ul style="list-style-type: none">Laimennettu jätevesimädäte + melassi
2. 23.8.-9.12.2022 (109 päivää)	Märkä ja kuiva	Laitteiston testaus ja sisäänajo, automaation testaus	Kuiva (jätevesi)	<ul style="list-style-type: none">Laimennettu jätevesimädäte + melassiNurmirehu
3. 20.2.-23.10.2023 (245 päivää)	Kuiva	Haitta-aineiden vaikutus ja laitteiston optimointi	Kuiva	<ul style="list-style-type: none">Nurmirehu + melassi
4. 20.2.-6.7.2023 (136 päivää)	Märkä	Hygienisoimaton MBR-liete	Märkä	<ul style="list-style-type: none">MelassiMBR-liete

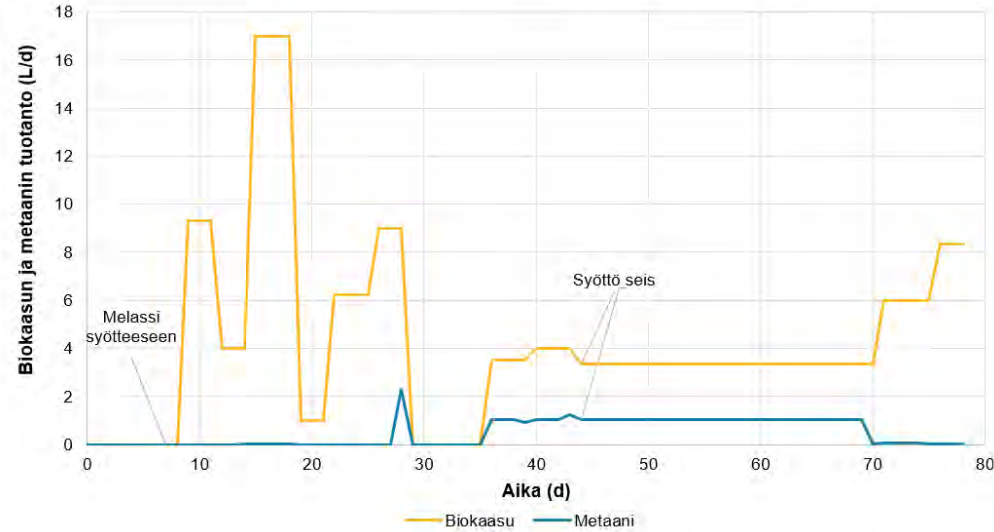


BioLuuppi-demonstraatioympäristön koeajot

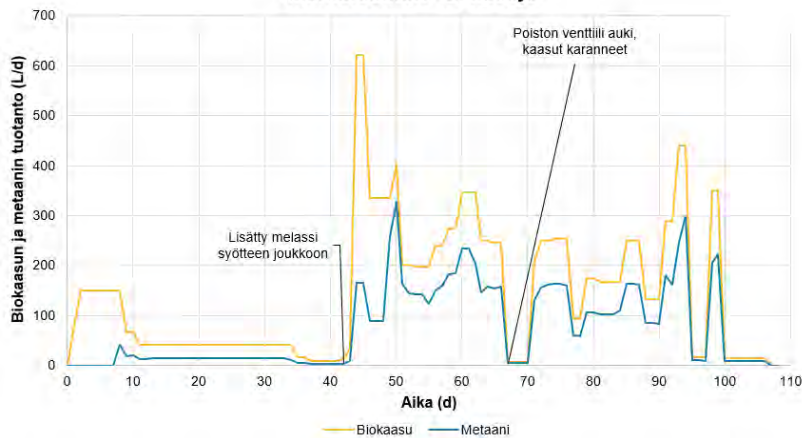
1. koeajo - laitteiston sisäänajo ja testaus (märkä)

- Ympäristönä ja syötteenä laimennettu jätevesipohjainen mädäte, ensimmäisen viikon jälkeen syötteeseen tehoaineeksi melassi
- Koeajovuorokauden 44 kohdalla katkaistiin syötöt ja poistot loppuajon ajaksi.
- Jossain 50-70 koeajovuorokauden kohdalla sekoittajat pysähtyneet sähkökatkon takia
- Reaktori tuotti kokeen aikana 338 L biokaasua ja metaanipitoisuus oli korkeimmillaan 31,3 %

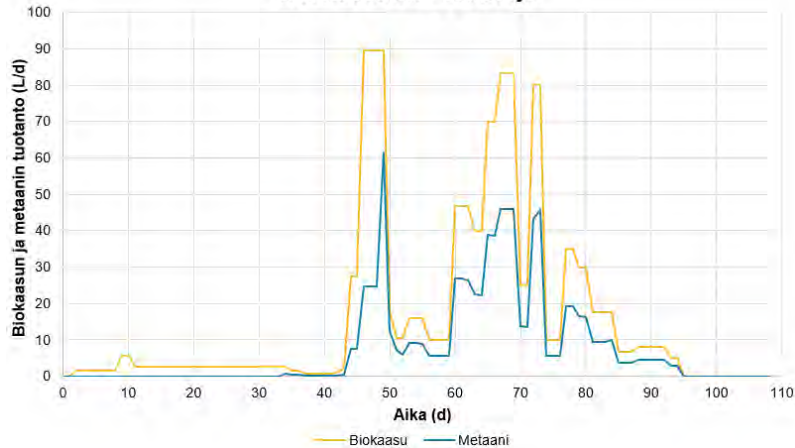
Märkäreaktori - 1. koeajo



Märkäreaktori - 2. koeajo



Kuivareaktori - 2. koeajo



BioLuuppi-demonstraatioympäristön koeajot

2. koeajo - laitteiston testaus, sisäänajo, automaation testaus ja toiminnan optimointi

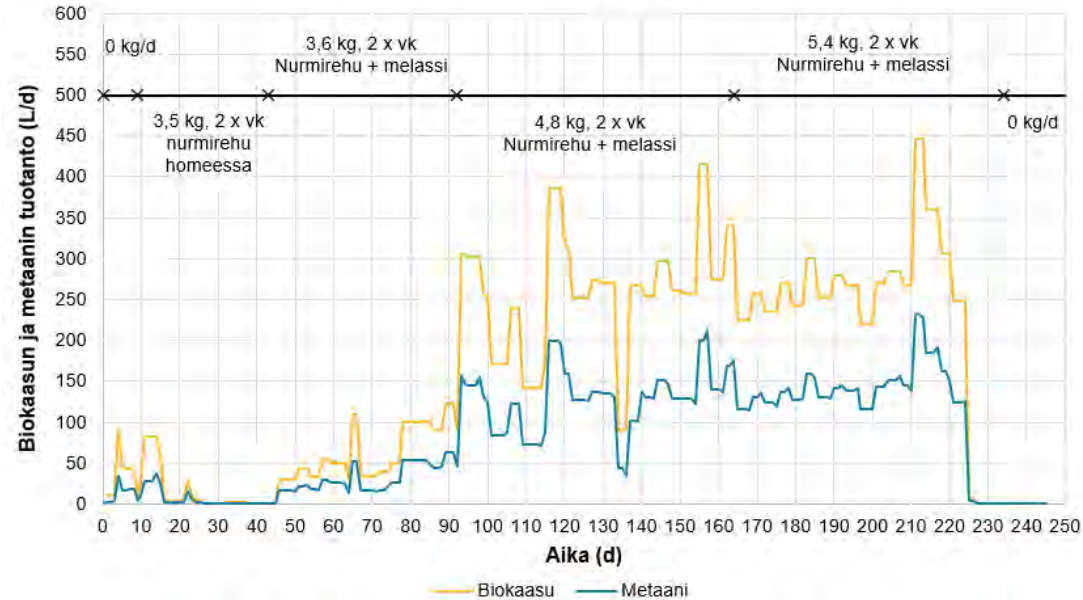
- Ympäristönä laimennettu jätevesipohjainen mädäte
 - Kuivareaktorin syöte nurmirehu
 - Märkäreaktorin syöte laimennettu ympä + melassi
- Syöttö- ja poisto aluksi manuaalisesti 2-3 krt viikossa, noin 6,5 viikon jälkeen otettiin käyttöön molempiin automaattisyöttö ja märkäreaktoriin automaattipoisto.
- Märkäreaktori tuotti koeajon aikana 15,6 m³ biokaasua, josta 8,2 m³ oli metaania.
- Kuivareaktori tuotti koeajon aikana 1,8 m³ biokaasua → syynä pieni syötemäärä ja homeinen nurmirehu

BioLuuppi-demonstraatioympäristön koeajot

3. koeajo – haitta-aineiden vaikutus ja laitteiston käytön optimointi (kuivareaktori)

- Ympäristössä käytettiin kuivareaktorin mädätettä ja syötteenä nurmirehua.
- Kolmen viikon kohdalla kaasuntuotto pysähtyi. Todennäköisesti syynä oli homeinen nurmirehu.
- Loppukokeen aikana kaasuntuotanto saatiin elvytettyä ja käytössä oli pakastettu nurmirehu sekä lisäaineena 1:5-massasuhteella melassi.
- Reaktori tuotti kokeen aikana 39 m^3 biokaasua, josta metaania muodostui $19,7 \text{ m}^3$

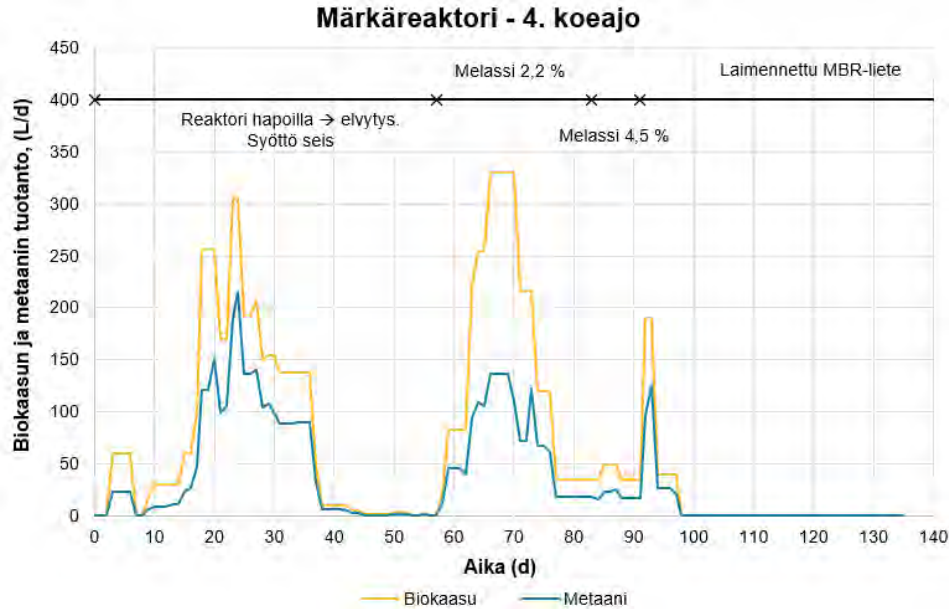
Kuivareaktori - 3. koeajo



BioLuuppi-demonstraatioympäristön koeajot

4. koeajo – hygienisoimaton MBR-liete (märkäreaktori)

- Ympäristössä käytettiin märkäreaktorin mädätettä.
- Reaktorin kaasuntuotanto pysähtyi parin vuorokauden jälkeen → ympin alkaliteetti 0,85 → reaktorin annettiin elpyä rauhassa ja syöttö aloitettiin vähän kerrassaan
- Syöttö aloitettiin laimennetulla melassilla 57. koeajovuorokauden kohdalla ja 91. koeajovuorokauden kohdalla syötteenä vaihdettiin 1:3 laimennettu hygienisoimaton MBR-liete.
- Reaktori tuotti kokeen aikana 9,2 m³ biokaasua, josta metaania oli 4,8 m³



Biokaasulaitoksen prosessien tehostaminen energiatehokkaammaksi

- BioLuuppi-ympäristössä voidaan toteuttaa riskittömämmin täydenmittakaavan biokaasulaitosten materiaalivirtojen testauksia myös tulevaisuudessa





Tunne huominen - All for the future.

A woman with blonde hair, wearing a white t-shirt, a white skirt, and a green backpack, stands on a rocky outcrop. She is looking out over a vast, scenic landscape of dense green forests and numerous lakes under a sunset sky. The scene is captured from behind her, emphasizing the expanse of the natural environment.

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





BIOJALOSTEIDEN JA KIERRÄTYSLANNOITTEIDEN UUDET TUOTEKONSEPTIT

Tutkimusapulainen Minttu Paakkari



Biojalosteiden ja kierrätyslannoitteiden uudet tuotekonseptit

- Toimenpiteiden toteutuksen aikana tehtiin Metsäsairilan ja Xamkin yhteistyönä tuotteistamiskokeita, joissa hyödynnettiin Nanopar Oy:n toimittamaa BioLuuppi-ympäristöä
- Raaka-aineina käytettiin jätevesimädätettä, biojätteen mädätysjäännöstä ja turvetta
- Tuoteaihoita testattiin VTT:n kasvatuskokeiden ohjeiden mukaisesti Xamkin ympäristölaboratoriossa
- Kasvatuskokeiden aikana verrattiin tuoteaihoista vihanneskrassin itävyyttä ja kasvuindeksiä kaupalliseen valmiiseen tuotteeseen

- Lisäksi tuoteaihoille tehtiin *Aliivibrio fischeri* ekotoksisuuskoekokeita standardin SFS-ISO 21338 mukaan.
- *Aliivibrio fischeri* on meriympäristössä elävä valoa tuottava bakteeri, jota käytetään ekotoksisuustesteissä
- Haitta-aineet aiheuttavat bakteerien valontuoton heikkenemistä, joka voidaan mitata luminometrillä

Biojalosteiden ja kierrätyslannoitteiden uudet tuotekonseptit

Kasvatuskokeet, koesarja 1

- Kokeiden käynnistäminen laboratoriomittakaavassa
- Tehtiin testejä (ekotoksisuus ja kasvatuskokeet) myös Metsäsairilan BioLuupin materiaaleille
- Kasvatuskokeet käynnistettiin 5.-19.9.2023 (14 vrk)
- Jokaisessa ruukussa 50 kpl vihanneskrassin siemeniä
- Materiaaliseosten kuivaamisessa käytetty Metsäsairilan BioLuuppi-kontin infrapunakuivainta
- Kasveista määritettiin itävyys ja kasvuindeksi
- Kasvualustasta mitattiin pH, johtokyky, TS% ja VS%, sekä kokonaistyyppi



Biojalosteiden ja kierrätyslannoitteiden uudet tuotekonseptit



Kuva 1.



Kuva 2.



Kuva 3.



Kuva 4.

14 vuorokautta, loppulaskenta

Materiaaliseos: 1/5 näytettä ja 4/5 kontrollimultaa

Kuva 1: kontrolli, kaupallinen kylvö- ja taimimulta

Kuva 2: jätevesimäädäte + turve 1:1

Kuva 3: biojätteen mädätysjäänneksen separoitu kuivajae

Kuva 4: jätevesimäädäte + biojätteen mädätysjäänneksen separoitu kuivajae 1:1

Biojalosteiden ja kierrätyslannoitteiden uudet tuotekonseptit

Materiaaliseos	Itävyys (%)	Kasvuindeksi (%)	EC50-arvo (%)
Kontrolli	91,3	-	-
Jätevesimädäte + biojätteen mädätysjäännöksen separoitu kuivajae	89,2	110,9	4,65
Jätevesimädäte + turve	80,0	77,6	58,96
Biojätteen mädätysjäännöksen separoitu kuivajae	90,8	114,2	11,98

EC50-arvo:

Alle 10 % = myrkyllinen, yli 10 % = ei myrkyllinen

Biojalosteiden ja kierrätyslannoitteiden uudet tuotekonseptit

Materiaaliseos	Ennen kasvatuskoetta		Kasvatuskokeen jälkeen	
	pH	Johtokyky (mS/cm)	pH	Johtokyky (mS/cm)
Kontrolli	6,51	0,81	6,29	0,82
Jätevesimädäte + biojätteen mädätysjäännöksen separoitu kuivajae	7,91	3,34	5,92	1,42
Jätevesimädäte + turve	7,17	2,29	5,15	2,26
Biojätteen mädätysjäännöksen separoitu kuivajae	7,88	3,96	7,04	1,46

Biojalosteiden ja kierrätyslannoitteiden uudet tuotekonseptit

Materiaaliseos	Ennen kasvatuskoetta		Kasvatuskokeen jälkeen		Ennen kasvatuskoetta	Kasvatuskokeen jälkeen
	TS (%)	VS (%)	TS (%)	VS (%)		
					N (kok.) (g/kg k.a.)	N (kok.) (g/kg k.a.)
Kontrolli	45,13	16,81	53,97	18,9	0,42*	-
Jätevesimädäte + biojätteen mädätysjännöksen separoitu kuivajae	83,2	53,52	49,66	25,22	44,54	30,08
Jätevesimädäte + turve	85,32	66,4	45,74	26,01	37,07	29,33
Biojätteen mädätysjännöksen separoitu kuivajae	85,58	57,56	55,31	29,13	28,56	29,24

*vesiliukoinen tyyppi

Biojalosteiden ja kierrätyslannoitteiden uudet tuotekonseptit

Kasvatuskokeet, koesarja 2

Ämpärikokeet kauralla 2.-16.10.2023 (14 vrk)

- Jokaisessa ämpärissä 75 kpl kauran siemeniä
- Kasvualustan materiaaleina samat kuin edellisessä koesarjassa:
 - Kontrollina kaupallinen kylvö- ja taimimulta
 - Jätevesimädäte + turve 1:1
 - Jätevesimädäte + biojätteen mädätysjäännöksen separoitu kuivajae 1:1
- Materiaaliseos ½ näytettä ja ½ kontrollimultaa



Biojalosteiden ja kierrätyslannoitteiden uudet tuotekonseptit

Kasvatuskokeet, koesarja 2

- Materiaaliseoksista kontrollimulta lähti itämään heti ja kasvoi parhaiten
- Jätevesimädäte + turve lähti itämään, mutta kasvoi hitaasti
- Jätevesimädäte + biojätteen mädätysjäännöksen separoitu kuivajae ei lähtenyt kunnolla itämään



Biojalosteiden ja kierrätyslannoitteiden uudet tuotekonseptit

Yhteenveto

- Tuoteaihiot vaativat vielä lisätutkimuksia ja kehittämistyötä.
- Uudenlaisista tuoteaihioista kannattaa tehdä analyysien lisäksi myös kasvatuskokeita sekä varmistua myös tuotteiden ekotoksisuudesta.
- Metsäsairilan BioLuuppi-ympäristö mahdollistaa jatkossa uudenlaisten tuoteaihioiden valmistamisen ja testaukset.



Tunne huomisen - All for the future.