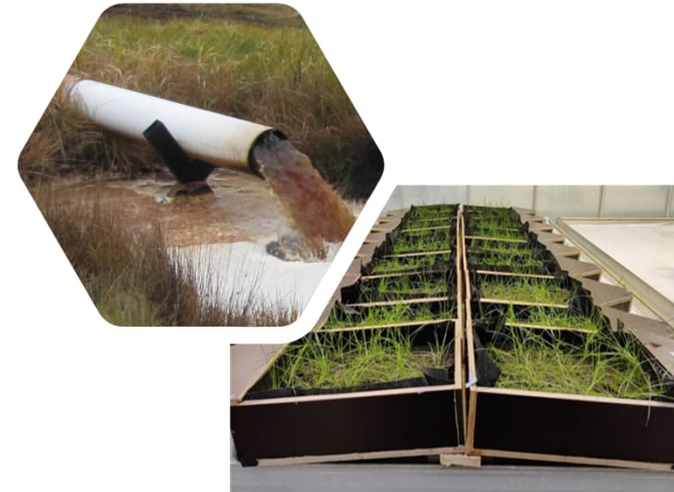


Nutrient availability and losses and risk of micro-pollutant contamination from land spreading of chemically precipitated sewage sludge

NUTRISLUDGE



Annaliza Cainglet, Axumawit Tesfamariam, Heini Postila, Elisangela Heiderscheidt

Sähköposti: etunimi.sukunimi@oulu.fi

Vesi-, energia- ja ympäristötekniikan tutkimusyksikkö

Oulun yliopisto

<https://www.oulu.fi/en/university/faculties-and-units/faculty-technology/water-energy-and-environmental-engineering>



Maa- ja
vesitekniikan tuki

POHJOIS-SUOMEN
VESIVALIOKUNTA



LAKEUDEN
KESKUSPUHDISTAMO OY





NutriSludge

Projektin kesto: 01/01/2018 – 31/12/2021

Budjetti: 125 000 €

Rahoittajat:

**Maa- ja vesitekniikan tuki
Lakeuden Keskuspuhdistamo
Pohjois-Suomen Vesivaliokunta
Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto
Oulun yliopisto**

Tavoitteet

- Arvioida orgaanisten koagulanttien (synteettiset ja luonnolliset) tehokkuus saostusagentteina yhdyskuntajätevesien käsittelyssä verrattuna normaalisti käytettyihin epäorgaanisiin koagulantteihin
- -Arvioida, mikä vaikutus orgaanisen koagulantin käytöllä verrattuna epäorgaaniseen on lietteen biologiseen stabilointiin (kompostointi ja mädätys) ja komposti tai mädätystuotteen ravinteiden saatavuuteen.
- Tunnistaa ja määrittää riski maaperän mikrohaitta-aineiden (valittuja lääkeainejäämiä ja/tai henkilökohtaisia hygienia tuotteita) kontaminaatiolle ja riski mikrohaitta-aineiden huuhtoutumiselle ja myös ravinteiden huuhtoutumiselle maaperästä, johon on lisätty kompostoitua tai mädätettyä lietettä (käsitelty orgaanisella tai epäorgaanisella koagulantilla).
- Laadullisesti arvioida lietteen maaperälevityksen hyväksyttävyyttä maanviljelijöiden ja suuren yleisön mielessä Suomessa



2018

2019

2020

2021

WP1

Koagulanttien
arviointi

WP2

Koagulantin
vaikutus
lietteen
stabiloitu-
miseen

WP3

Ravinteiden
saatavuus ja
huuhtoutu-
minen:
Maaperälevitys

WP4

Lietteen
hyväksyttävyys
lannoitteena

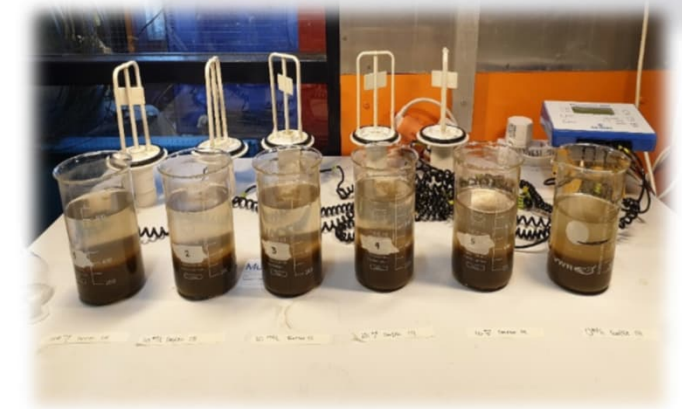


WP1 – Koagulanttien arviointi

Menetelmät

- Käyttettiin Jar-testi menetelmää (kuvat)
- Jätevesinäytteet (ennen esi- ja jälkiselkeytystä) kerättiin Taskilan jätevedenpuhdistamolta Oulusta.
- Testattiin yhteensä 11 koagulanttia (taulukko), joista osa epäorgaanisia (IC) ja osa orgaanisia (OC)
- Tarvittavaa koagulantin annosmäärää ja poistotehokkuutta arvioitiin sameuden, BOD, COD, Tot-P, PO4-P, Tot-N ja

Jar-testi laitteisto
(Kuva: Heiderscheidt,
E.)



Jar-testi koe (Kuva:
Cainglet, A.)

Testatut koagulantit	Molekyylipaino (MW)	Charge Density	Toimittaja
IC: Metallisuola: Rautasulfaatti (FS)	-	-	Kemira Oyj, Finland
IC: Metallisuola: Polyalumiinikloridi (PAC)	-	-	Kemira Oyj, Finland
OC: Synteettinen orgaaninen: PolyDADMACs	Erittäin korkea, korkea, keskinkertainen	Kationinen	Kemira Oyj, Finland & SNF Brazil
OC: Synteettinen orgaaninen: PolyAmine	Korkea, keskinkertainen, matala	Kationinen	Kemira Oyj, Finland & SNF Brazil
OC: Luonnollinen orgaaninen: Kitosaani, tanniini, tärkkely	Korkea, matala erittäin matala	Kationinen	Kemira Oyj, Finland

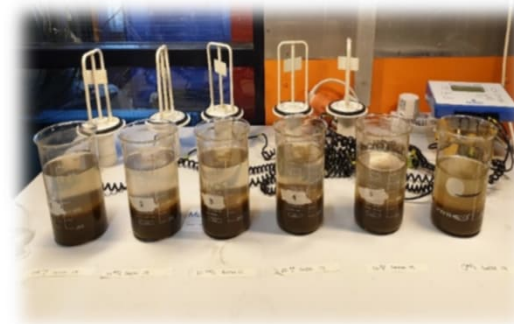


WP1 – Koagulanttien arviointi

Menetelmät

Jätevesinäytteiden ominaisuudet

Vedenlaatuparametrit	Ennen esiselkeytystä		Ennen jälkiselkeytystä	
	Keskiarvo ± keskihajonta	Analyysien lukumäärä	Keskiarvo ± keskihajonta	Analyysien lukumäärä
BOD ₇ (mg/L)	143 ± 129	5	64.9 ± 53.3	12
COD (mg/L)	360 ± 193	5	308.3 ± 103.9	12
Tot-P (mg/L)	3.7 ± 0.68	5	1.9 ± 0.6	12
PO ₄ -P (mg/L)	2.8 ± 0.72	5	0.7 ± 0.6	12
Tot-N (mg/L)	52.6 ± 4.72	5	73.7 ± 8.1	12
SS (mg/L)	64.7 ± 15.2	5	35.1 ± 13.5	12
Turbidity (NTU)	74.8 ± 12.8	5	33.4 ± 9.7	12
pH	7.5 ± 0.0	5	581.3 ± 149.0	12



Käytetyt koagulantit ja annoskoot

Testit ennen jälkiselkeytystä otetulle vedelle		Testit ennen esiselkeytystä otetulle vedelle	
Koagulantti	Annos	Koagulantti	Annos
FS	75,6 mg/L		
PAC	120 mg/L	PAC	48 mg/L
pDMAC1 (erittäin korkea MW)	36 mg/L		
pDMAC2 (erittäin korkea MW)	10 mg/L		
pDMAC3 (korkea MW)	15,4 mg/L		
pDMAC4 (keskimääräinen MW)	17,6 mg/L		
pAmine1 (korkea MW)	20 mg/L	pAmine1	10 mg/L
pAmine2 (keskimääräinen MW)	30 mg/L		
pAmine3 (matala MW)	55 mg/L	pAmine3	35 mg/L
Sta1 (korkea MW)	30 mg/L	Sta1	20 mg/L
Chit1 (matala MW)	50 mg/L	Chit1	7.5 mg/L
Tan1 (erittäin matala MW)	80 mg/L		



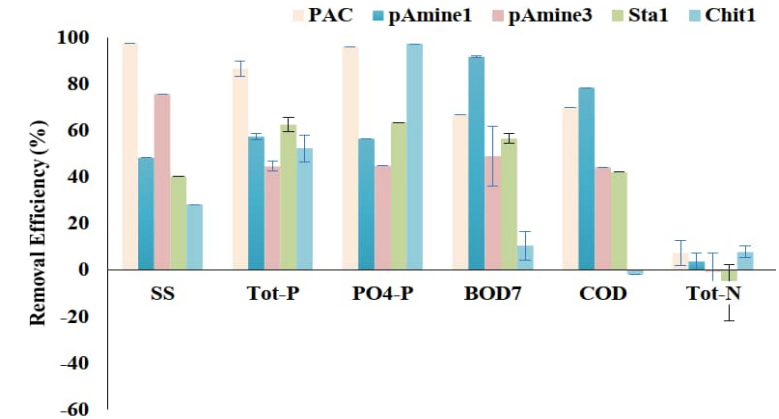
WP1 – Koagulanttien arviointi

Tulokset

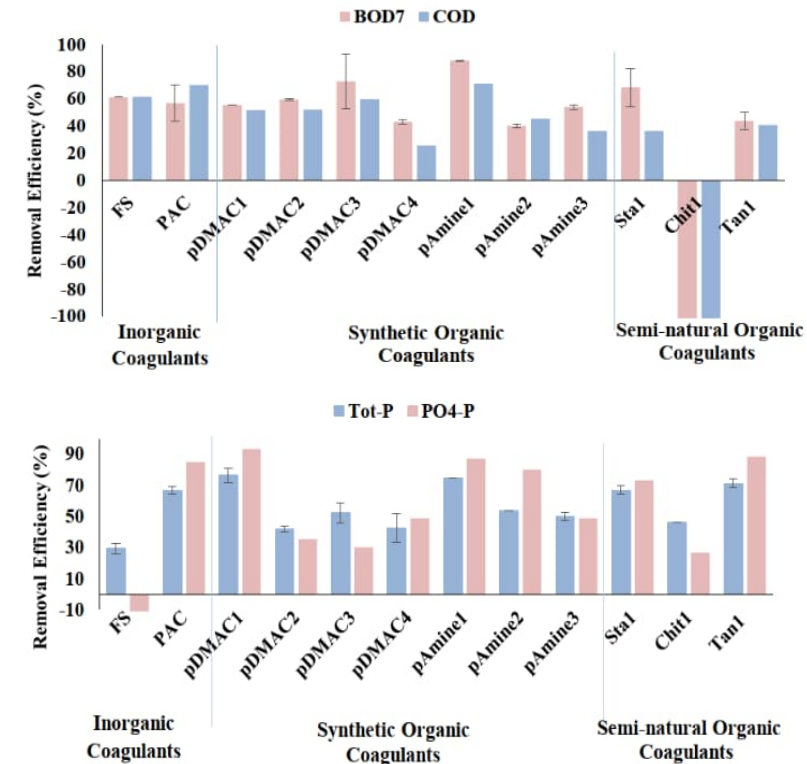
- Merkittävästi korkeammat (80 % asti) epäorgaanisten (IC) kuin orgaanisten koagulanttien (OC) annoskoot tarvitaan tehokkaaseen käsittelyyn
- Kun testauksissa käytetty jätevesi oli kerätty ennen esiselkeytystä, PAC:lla saatiin parhaimmat poistotehokkuudet (ylin kuva), ja sen jälkeen kitosaanilla ja pAmine1:llä.
- Kun testauksissa käytetty jätevesi oli kerätty ennen jälkiselkeytystä (kaksi alinta kuvaa), korkean molekyylipainon OC:lla (esim. pAmine1) saavutettiin parhaat tavoitehaitta-aineiden poistumat (esim. SS, PO₄-P, BOD₇), ja seuraavaksi parhaimmat saavutettiin PAC:lla.



➤ Jätevesi ennen esiselkeytystä



➤ Jätevesi ennen jälkiselkeytystä





WP2 – Käytetyn koagulantin vaikutus lietteen biologiseen stabiloitumiseen Menetelmät

- Koagulantin (PAC, pAmine 1 ja kitosaani (Chit)) vaikutusta ennen esiselkeytystä otetun jäteveden käsittelystä muodostuneen lietteen biologiseen stabiloitumiseen arvioitiin pienen mittakaavan mädätysbioreaktoreilla ja kompostoreilla (kuvissa) kontrolloiduissa olosuhteissa.
- Kompostoitumisprosessin tehokkuutta arvioitiin mittaamalla hiilidioksidipäästöjä (CO_2) ja biomassan lämpötilaa sekä tuloksena olevan kompostin laatua ja stabiiliutta.
- Mädätysprosessin tehokkuutta arvioitiin mittaamalla metaanin (CH_4), hiilidioksidin (CO_2), hapen (O_2), hiilimonoksidin (CO), rikkivedyn (H_2S) ja ammoniumin (NH_3) päästöjä sekä tuloksena olevan mädätteen laatua ja stabiiliutta.



Mädätysbioreaktori
(Kuva Savonia UAS, 2020)



Kompostorit (Kuva:
Cainglet, A.)



WP2 – Käytetyn koagulantin vaikutus lietteen biologiseen stabiloitumiseen

Tulokset

➤ Mädätys

- Käytetyn koagulantin tyypillä oli selvä vaikutus CH₄ ja CO₂ kaasujen tuotantoon lietteen anaerobisen stabiloinnin aikana (kuva). Epäorgaanisella koagulantilla (PAC) käsitellyllä lietteellä saatiin kesimääräisesti korkein CH₄ tuotanto, ja seuraavaksi korkein saatiin synteettisellä orgaanisella (pAmine) ja kolmanneksi korkein semi-luonnollisella orgaanisella koagulantilla (Chit). Kun taas pAmine saavutettiin keskimääräisesti korkein CO₂ saanto, ja toiseksi korkein PAC:lla ja kolmanneksi korkein kitosaanilla (Chit).
- Kaikilla testatuilla koagulanteilla saavutettu kaasuseoksen laatu oli hyvä energiatuotantoon

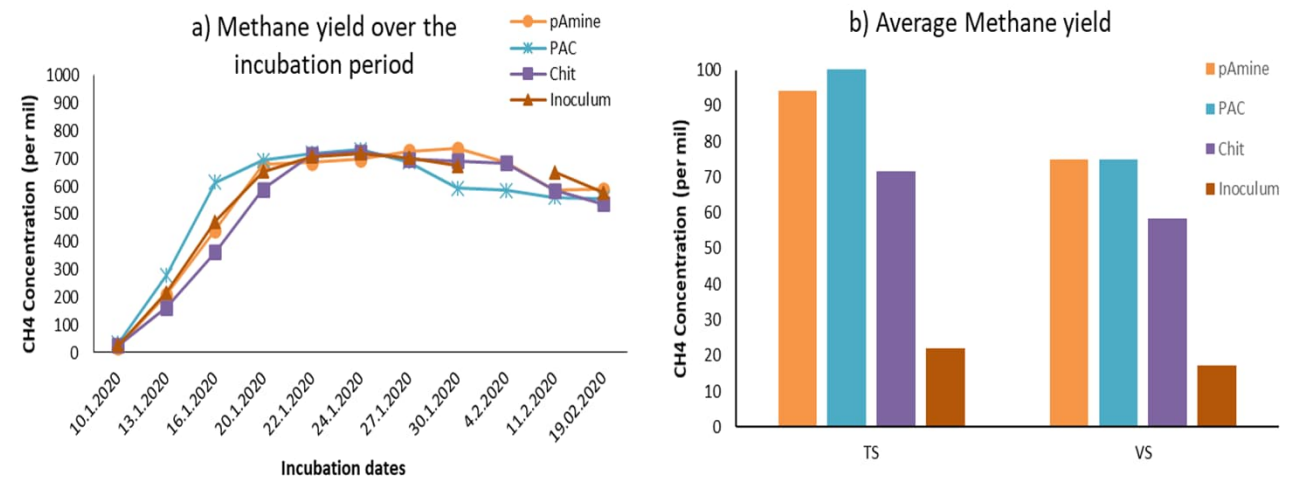


Figure - CO₂ emissions over the incubation period (a) and average total CO₂ yield during the anaerobic digestion (b) for the different sludges and the inoculum media.

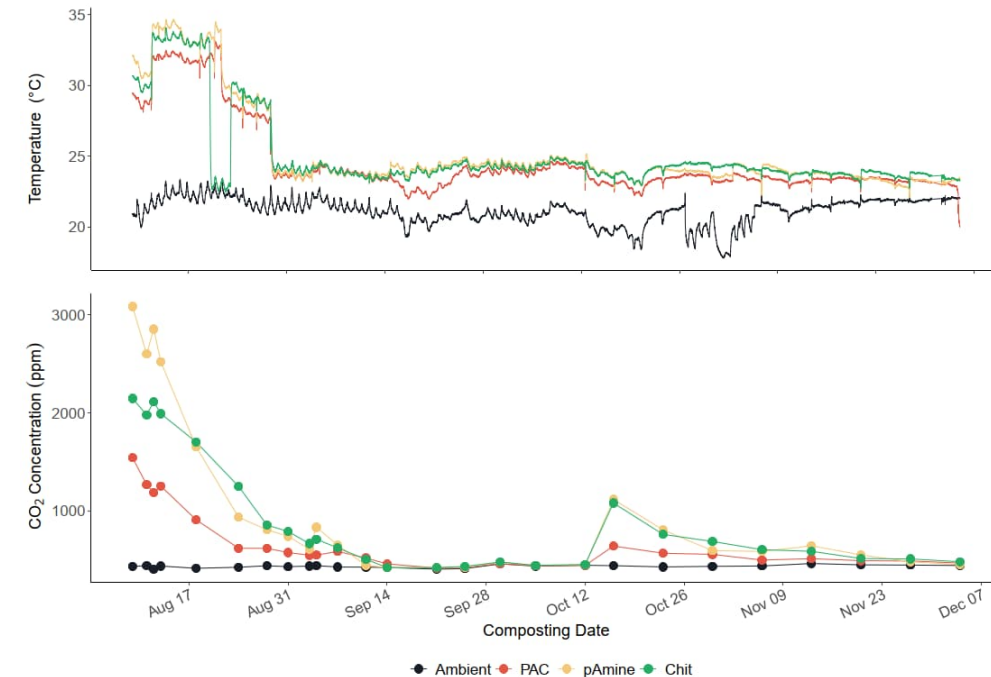


WP2 – Käytetyn koagulantin vaikutus lietteen biologiseen stabiloitumiseen

Tulokset

➤ Kompostointi

- Koagulantin käytöllä oli mitattava vaikutus lietteen kompostointiin
- pAmine –koagulantilla käsitellyn lietteen kompostoinnissa saavutettiin korkeimmat lämpötilat koko kompostoitumisprosessin ajan ja PAC-koagulantilla käsitellyn lietteen kompostoinnissa matalimmat (ylin kuva)
- Samanlainen trendi havaittiin CO₂ tuotannossa, jossa pAmine käsittelyn lietteen kompostoinnissa saatiin korkein CO₂ pitoisuus kerätyistä kaasuista ja PAC:lla käsitellyn lietteen kompostoinnissa matalin (alin kuva).



Kuvat – lämpötilaprofiili ja CO₂ kaasun saanto aerobisen kompostointiprosessin aikana



WP3 – Ravinteiden saatavuus ja huuhtoutuminen: Maaperälevitys Menetelmät

- Eri koagulanttien tuottamaa lietettä stabiloitiin anaerobisella mädätyksellä ja aerobisella kompostoinnilla (WP2) ja levitettiin eri kasvatuslaatikoihin lannoitemateriaalina (kaksi toistoa kutakin käsittelyä).
- Eri kasvatuslaatikoihin levitettävän lietteen ja lannoitteen määrä laskettiin perustuen Suomen maatalouden raja-arvoon lieteen maaperälevityksessä (22 kg/ha).
- In total 150 *Poa pratensis* seeds were planted per plot with 10 seeds planted in one spot and the spots have a 10 cm distance from one another. Kaiken kaikkiaan 150 *Poa pratensis* -siementä istutettiin per kasvatuslaatikko, 10 siementä istutettiin yhteen 10 cm * 10 cm ruutuun.
- Kasvatuslaatikoihin sadetettiin kontrolloidusti kaksi sadetapahtumaa (sprinklereillä) käyttäen sadevettä, joka oli kerätty tutkimuspaikan aikaisempien sadetapahtumien aikana.
 - Sadetapahtuma 1: Marraskuun 2 ja 3/2021, Kesto = 21 min.; Intensiteetti = 120 L/s/ha.
 - Sadetapahtuma 2: Marraskuun 15 ja 16/2021, Kesto = 14 min.; Intensiteetti = 120 L/s/ha
- Valumavedestä kerättiin näytteet ja analysoitiin valikoituja lääkeaineita, ravinteita ja metalleja, korjattiin ruoho ja arvioitiin biomassan tuotantoa ja ravinnepitoisuus yhden kasvukauden aikana. Maaperänäytteistä tehtiin tutkimuksen lopussa ravinteiden ja metallien sekä orgaanisen aineksen pitoisuuden analyysit. Lisäksi *Poa pratensis* -lehdet kasvukauden jälkeen korjattiin ja testattiin ravinteiden, orgaanisen aineksen ja klorofyllin suhteen.

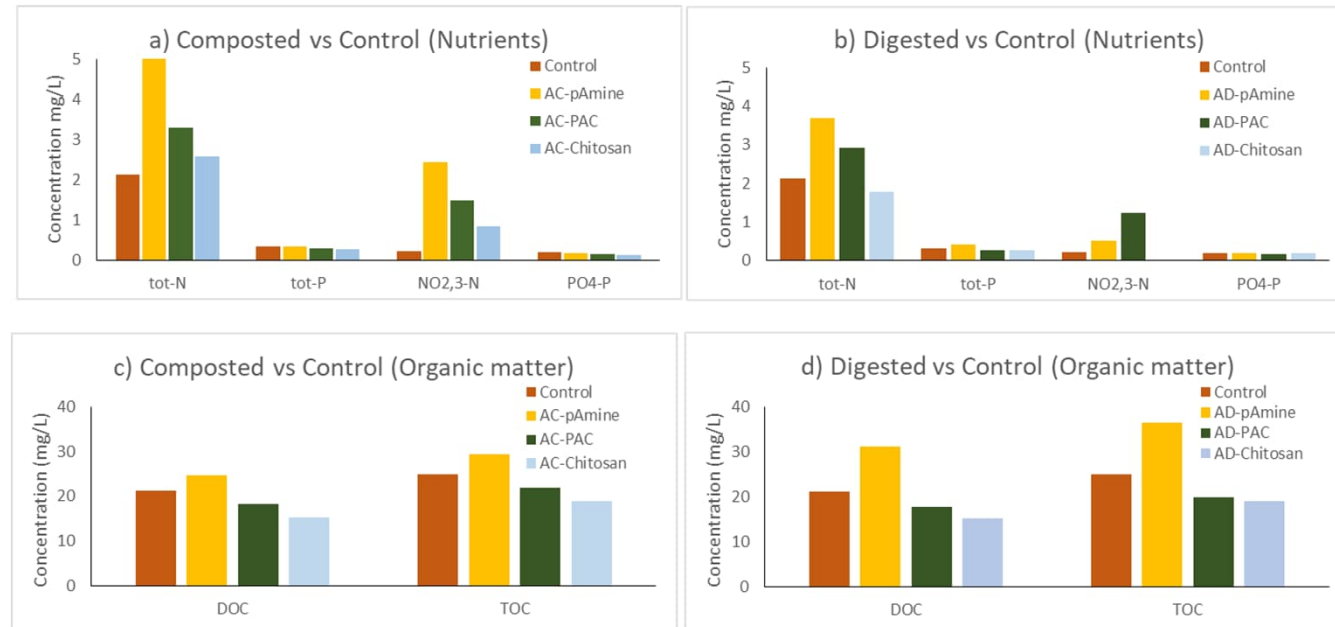


Kasvatuslaatikot, joissa *Poa pratensis*:sta istutettuna (kuva Cainglet, A.).



WP3 – Ravinteiden saatavuus ja huuhtoutuminen: Maaperälevitys Tulokset

- Käytetyllä koagulantilla oli suurempi vaikutus ravinteiden ja orgaanisen aineen huuhtoutumiseen kuin lietteen käsittelyssä käytetyllä biologisella stabilointimenetelmällä.
- Ensimmäisen sateen jälkeisistä valumavesinäytteistä havaittiin suurempia N, P ja orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia verrattuna toiseen.
- Testatuista koagulanteista kasvatusalustat, jotka saivat pAminilla käsiteltyä lietettä (kompostoitua ja mädätettyä), osoittivat suurimman tot-P:n, tot-N:n, DOC:n ja TOC:n huuhtoutumisen ensimmäisen sateen aikana (kuva).
- Kitosaanilla käsitellyn lietteen (kompostoitu ja mädätetty) kasvatusalustoista lähti korkeimmat tot-N- ja tot-P-pitoisuudet toisen sateen jälkeen.



Kuva - Eri yhdisteiden pitoisuus valumavedessä ensimmäisen sadetapahtuman jälkeen.



WP4 – Lietteiden hyväksyttävyyden lannoitteena Menetelmät

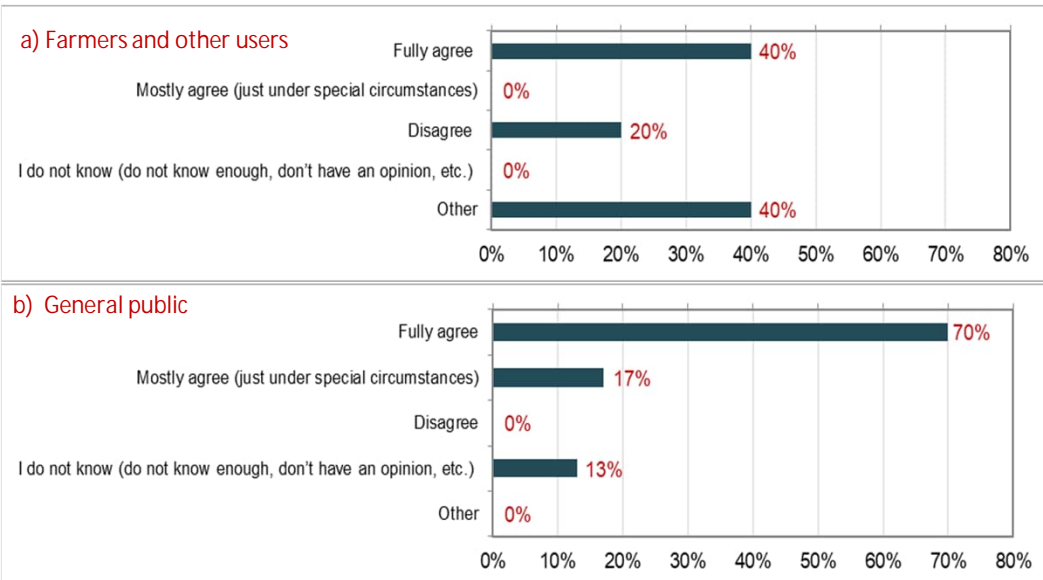
- Online- kyselylomake tehtiin suomeksi käyttäen Webropol 3.0 ohjelmaa.
- Linkki verkkokyselyyn jaettiin Oulun yliopiston työntekijöiden postituslistalla sekä WE3-tutkimusyksikön verkkosivuilla ja Facebook-kanavilla.
- Lisäksi linkki lähetettiin yhteistyölaitoksille ja maatalousyhdistyksille ja –säätiöille, pyytäen jakamaan sitä postituslistoilleen sekä ProAgria Oulun seudun uutiskirjeen kautta sekä järjestetyissä kokouksissa ja työpajoissa.
- Toimittajiin otettiin yhteyttä sähköpostitse (supermarketit ja varastot), mutta useimmat kieltäytyvät jakamasta linkkiä työnantajien ja yhteistyökumppaneidensa kesken.
- Kysely oli auki 9.6.2021-15.7.2021 välisenä aikana.
- 45 vastaajasta, 40 (89%), määritteli itsensä ”Tavalliseksi kuluttajaksi” ja 5 (11%) määritteli itsensä ”Maanviljelijät, maisemointi ja puutarhanhoito, yms.” ryhmään. ”Maanviljelystuotteiden välittäjä (ruokakaupat, vähittäismyyjät yms. mukaanlukien kaikki mahdolliset jätevesilietettä sisältävien tuotteiden välittäjät)” ei tullut yhtään vastausta.
- Kaikista vastaajista, 51% oli miespuolisia, 47% naispuolisia ja 2% ei kertonut sukupuoltaan.



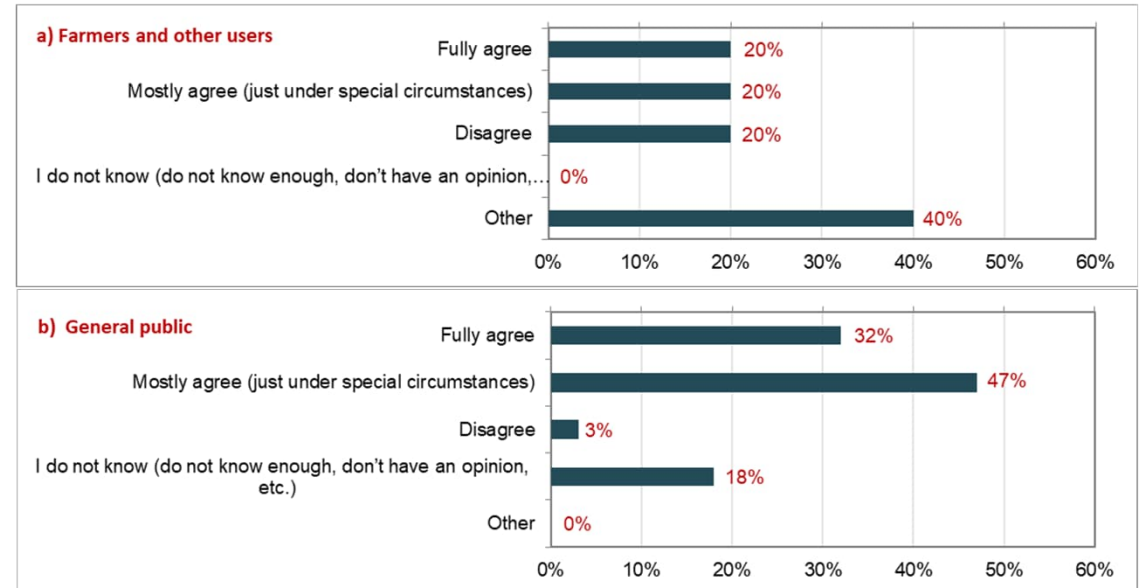
WP4 – Lietteän hyväksyttävyyden lannoitteena

Tulokset

- "Tavalliset kuluttajat" -ryhmä suhtautui yleisesti myönteisemmin jätevesilietteen käyttöön maaperän lannoitemateriaalina maisemointi- ja puutarhanhoidossa sekä maatalousmailla (kuvat) ja suurin osa ilmoitti käyttävänsä jätevesilietteellä käsitellyssä maassa kasvatettuja tuotteita, mukaan lukien ruokakasvit.
- "Maaviljelijät ja muut käyttäjät" totesivat tuotteen mahdollisen arvon alenemisen huolenaiheeksi puhdistamolietteen käytössä. "Maaviljelijöiden ja muiden käyttäjien" negatiivisempi näkemys liittyi selvästi heidän huolenaiheisiinsa ympäristövaikutuksista ja käytännön ongelmiin lietteen leviämisestä maalle.



Kuva – "Maaviljelijöiden ja muiden käyttäjien" ja "tavalliset kuluttajat" ryhmien mielipide esikäsitellyn tai stabiloidun jätevesilietteen käytöstä lannoitteena maisemointi- tai puutarhanhoidossa.



Kuva - "Maaviljelijöiden ja muiden käyttäjien" ja "tavalliset kuluttajat" ryhmien mielipide esikäsitellyn tai stabiloidun puhdistamolietteen käytöstä lannoitteina maatalousmailla.