

BIOMASSAT KIERTOON KOILLISMAALLA

VESIRUTON SÄILÖNTÄTUTKIMUSRAPORTTI 2023–2024

KOILLIS-SUOMEN KEHITTÄMISYHTIÖ NATURPOLIS OY
BIOMASSAT KIERTOON KOILLISMAALLA -HANKE



Euroopan unionin
osarahoittama



POHJOIS-
POHJANMAA
COUNCIL OF OULU REGION



Julkinen tiivistelmä

Haasteet alkutuotannon jatkuvuuden takaamiseksi koskettavat koko Suomea, ja myös Koillismaalla alkutuotantotilojen kannattavuus on laskenut merkittävästi. Erityisesti Venäjän hyökkäyssodan jälkimmäisissä sekä energia- että lannoiteomavaraisuuden merkitys tiloille on nousussa. Biokaasulaitos voi osaltaan ratkaista alkutuotannon kannattavuuteen liittyviä ongelmia, kun kallis energia korvataan biokaasulla ja lannoitteet pystytään tuottamaan tilalla.

Biomassalle on biokaasun tuotannossa tarvetta, sillä karjanlanta ei yksinään tuota tarpeeksi volyymia biokaasun tuotantoon. Hankealueelta löytyy paljon ympäristönhoidollisia kohteita, joissa juuri vihermassa olisi poistettava tietyiltä maa- ja vesialueilta rehevöittävästä ympäristöstä. Kanadanvesirutto (*Elodea canadensis*) on haitallinen vieraslaji, joka on levinnyt satoihin järviin erityisesti Koillismaalla sekä Etelä- ja Keski-Suomessa. Vesiruton poistolla voidaan potentiaalisesti poistaa suuria määriä biomassaa ja sen sitomia ravinteita vesistöistä, joiden jatkojalostuksella vaikkapa lannoitteeksi ja/tai biokaasuksi pystyttäisiin vapauttamaan biomassan sisältämät ravinteet ja energia edelleen hyötykäyttöön (Nilivaara et al., 2022).

Ympäristönhoidollisten biomassojen keruu-aika painottuu kesään. Biokaasuprosessi on herkkä, eikä prosessiin voi syöttää kerralla isoja määriä heinäkasveja tai muitakaan sivusyötteitä. Tämän takia määrällisesti isojen ympäristönhoidollisten biomassojen säilöntä biokaasun tuotantoa varten on ratkaisevassa asemassa kyseisten biomassojen hyödyntämisen osalta. Vesiruton säilöntä ilman säilöntäaineita olisi mahdollisimman kustannustehokas ja yksinkertainen ratkaisu vesiruton säilöntään. Heinä-vesirutto-seoksen eri sekoitussuhteiksi valittiin 10 %, 30 % 70 % ja 100 %, prosenttiluvun kuvatessa seoksessa heinän määrää. 100 % heinää sisältävä näyte valittiin tutkimukseen mukaan kontrollinäytteeksi, mikä mahdollisti vesiruton vaikutuksien arvioinnin. Säilöntämenetelmäksi valittiin paalaus ja paalin kääriminen paalimuoviin. Koe tehtiin kuitenkin pienemmässä mittakaavassa, vain noin 10 kg painoisilla ”minipaaleilla”. Tutkimuksessa seurattiin säilönnän vaikutusta massan biokaasupotentiaalin kolmen eri säilömisajan mukaisesti: tuoret näytteet toimitettiin biokaasupotentiaalikokeisiin heti näytteen keruun ja paalauksen jälkeen, toista näyte-erää säilöttiin viisi kuukautta ja kolmatta erää 11 kuukautta.

Vesirutto ei suoranaisesti lisää heinän metaanintuottopotentiaalia, koska se hajoaa nopeasti. Vesiruton osuuden ollessa 30 %, se ei merkittävästi heikennä heinän metaanintuottopotentiaalia. Tutkimuksen tulokset ovat osittain ristiriitaisia ja tarvittaisiin jatkotutkimuksia tuloksien yleistämiseksi. Näiden kokeiden tuloksien perusteella voidaan todeta, että parhaiten biokaasupotentiaalinsa säilytti seos, jossa oli 70 % heinää ja 30 % vesiruttoa. Kontrollinäyte, eli 100 % heinää sisältävä näyte oli kaikista näytteistä stabiilein biokaasupotentiaalin osalta.

Avainsanat: biokaasu, biokaasupotentiaali, kanadanvesirutto, Elodea canadensis, biomassa

Sisälllys

Julkinen tiivistelmä	2
Kuvat ja taulukot	4
Lyhenteet.....	4
1. Johdanto: Hankkeen kuvaus	5
1.1. Kanadanvesirutto hankkeen kohteena.....	6
1.2. Raportin kuvaus.....	7
2. Tausta	8
2.1. Vesirutto Kuusamossa	8
2.2. Biokaasu ja BMP-koe	9
2.3. Biomassan säilöntä	9
2.4. Säilöntätutkimuksen keskeiset oletukset ja periaatteet	11
3. Materiaalit ja menetelmät.....	12
3.1. Sijaintitiedot.....	12
3.2. Kesantoheinän niitto	13
3.3. Vesiruton niitto ja nosto.....	13
3.4. Paalaus.....	14
3.5. Näytteiden toimitus BMP-kokeeseen	16
3.6. BMP-koe.....	16
3.7. Säilöntätutkimus: 5kk ja 11kk näytteet.....	17
4. Tulokset	18
4.1. BMP-kokeiden toteutus	18
4.2. Näytteiden kuiva-ainepitoisuuksien ja pH: n analyysit.....	18
4.3. Näytteiden biokaasupotentiaali.....	19
5. Johtopäätökset	20
LÄHTEET	21

Kuvat ja taulukot

Kuva 1 Vesiruton hyödyntäminen eri lopputuotteiksi.	8
Kuva 2 Säilöntätutkimuksen keskeiset karttasijainnit Kuusamon Kuontijärvellä.	12
Kuva 3 Kesantoheinä- ja vesiruttonäytteiden painoprosenttisuhteet, määrät ja lajittelu.	14
Kuva 4 Minipaalit säilöttynä ulkotiloihin katoksen alle.	15
Kuva 5 Biokaasupanoskokeet toteutettiin viiden litran säilöpulloissa.	17
Kuva 6 Näytteiden kuiva-ainepitoisuudet.	18
Kuva 7 Näytteiden pH.	19
Kuva 8 Näytteiden metaanintuottopotentiali <i>tTS</i>	19

Lyhenteet

BMP: Biochemical methane potential, biokaasukoe.

VS: Orgaaninen kuiva-aine

TS: Kuiva-aine

BKK: Biomassat kiertoon Koillismaalla -hanke

LUKE: Luonnonvarakeskus

SYKE: Suomen ympäristökeskus

AIV:

á: Yksikkö

1. Johdanto: Hankkeen kuvaus

Haasteet alkutuotannon jatkuvuuden takaamiseksi koskettavat koko Suomea, ja myös Koillismaalla alkutuotantotilojen kannattavuus on laskenut merkittävästi. Erityisesti Venäjän hyökkäyssodan jälkimainingeissa sekä energia- että lannoiteomavaraisuuden merkitys tiloille on nousussa, sillä ulkopuolisten resurssien hinnat ovat kohonneet huomattavasti ja hintakehitys on ollut vaikeasti ennustettavissa. Omavaraisuuden ja materiaalikiertojen tehostaminen ovat täten merkittävässä roolissa alkutuotannon kannattavuusongelman ratkaisussa kuin myös kestävä kehityksen periaatteiden toteuttamisessa. Hajautettua, paikallisiin ja uusiutuviin energialähteisiin perustuvaa, sekä lähellä kulutuspaikkoja tapahtuvaa energiantuotantoa edistämällä voidaan tukea erityisesti syrjäseutujen paikallista ja alueellista energiahuoltovarmuutta. Pohjois-Suomen oloissa erityisesti biokaasutuotannon avulla on mahdollista saada maatalouden ravinnekierron parempaan hyötykäyttöön, kun erilaisista ympäristöhoidollisista sivusyötteistä on mahdollista saada lisää tehoa mädätysprosessiin ja lannoituksen kannalta parempaa mädätysjännöstä. Biokaasutuotannon rejektin eli mädätteen jalostaminen kierrätyslannoitteeksi edistää typen ja fosforin kierrätystä toimijalta tai alueelta toiselle. Lisäksi kierrätyslannoitevalmisteiden tuotannolla ja käytöllä on mahdollista vähentää mineraalilannoitteiden tarvetta ja siten hillitä ilmastonmuutosta. Biokaasun hyödyntäminen maataloilla öljyn korvaamiseksi pienentää maatilojen hiilijalanjälkeä. Biokaasulaitos voi osaltaan myös ratkaista alkutuotannon kannattavuuteen liittyviä ongelmia, kun kallis energia korvataan biokaasulla ja lannoitteet pystytään tuottamaan tilalla.

Tällä hetkellä Koillismaalla ei ole biokaasulaitoksia eikä biokaasun tankkausasemia. Maatilojen biokaasulaitoksiin liittyviä selvityksiä on tehty ennenkin, muttei sellaisia, jotka huomioisivat Koillismaan erityispiirteet sekä käytettävissä olevat ympäristöhoidolliset biomassat. Täällä maatilat ovat kokoluokaltaan melko pieniä ja etäällä toisistaan. On tärkeää tuottaa spesifiä ja ajantasaista tietoa maatilayrittäjille investointipäätöksiensä tueksi. Biomassalle on biokaasun tuotannossa tarvetta, sillä karjanlanta ei yksinään tuota tarpeeksi volyyminä biokaasun tuotantoon. Hankealueelta löytyy paljon ympäristöhoidollisia kohteita, joissa juuri vihermassa olisi poistettava tietyiltä maa- ja vesialueilta rehevöittävästä ympäristöstä. Esimerkkinä ympäristöhoidollisesta kerättävästä biomassasta ovat erilaiset niittymäiset alueet, ranta-alueet, vesistöistä poistettava vesikasvusto, tienvarret, kuntien viher- ja ulkoilualueet, kylämaisemassa hoidettavat joustoalueet ja maatalouden tukijärjestelmiin liittyvät ympäristöhoidolliset alueet.

Biomassat kiertoon Koillismaalla (BKK) -hankkeessa selvitetään monitahoisesti biokaasutuotannon mahdollisuuksia Koillismaalla sekä erilaisten biomassojen hyödyntämismahdollisuuksia. Hankkeen päätoteuttajana toimii Kehittämisyhtiö Naturpolis Oy ja osatoteuttajina Luonnonvarakeskus, Suomen ympäristökeskus, ProAgria Oulu ry sekä Oulun yliopisto. Hankkeessa selvitetään biokaasun tuotantoon liittyvät eri biomassasyötteet, niiden saatavuus ja keräämismahdollisuudet. Lisäksi selvitetään vähempiarvoisen kalan käyttöä ja määriä biokaasun raaka-aineena. Biomassan keruu edistäisi ympäristön- ja vesienhoitoa ja biomassojen hyödyntäminen energiantuotannossa kasvattaisi uusiutuvan energian osuutta maataloilla. Toimiva malli hyödyntäisi paikallisia yrityksiä ja mahdollisesti synnyttäisi uusia työpaikkoja biomassan keruutyön sekä hyödyntämisen kautta. Hankkeen lopputuloksena tuotetaan yhdessä hankepartnerien kanssa raportti maatilojen biokaasulaitosten mahdollisuuksista Koillismaalla. Raporttiin sisällytetään kaikkien hankkeessa tehtyjen selvityksien ja tutkimuksien tulokset. Raportissa käsitellään myös hankkeessa tutkittujen sivusyötteiden hyödyntämismahdollisuudet muussa kuin biokaasutuotannossa.

1.1. Kanadanvesirutto hankkeen kohteena

Kanadanvesirutto (*Elodea canadensis*) on haitallinen vieraslaji, joka on levinnyt satoihin järviin erityisesti Koillismaalla sekä Etelä- ja Keski-Suomessa. Sen muodostamat massakasvustot haittaavat järvien käyttöä ja heikentävät vesistön monimuotoisuutta. Massakasvustojen poistaminen on vaikeaa. Joissain järvissä massakasvustot kuitenkin haittaavat virkistys- ja hyötykäyttöä siinä määrin, että biomassan poistaminen on tarpeen. Vesistöstä poistettu vesiruttobiomassa sisältää merkittäviä määriä ravinteita ja energiaa, joiden tehokas hyödyntäminen edistäisi vesiruton poiston kannattavuutta.

Tähän mennessä on aiemmissa hankkeissa tutkittu vesiruton esiintymisen ja poiston vaikutuksia veden laadussa sekä muussa vesikasvillisuudessa. Vesiruton poistamisen jälkeisenä kesänä on havaittu kasviplanktonin määrää heijastavassa a-klorofyllissä kasvua, mutta tieto lajistosta, kuten sinilevistä, puuttuu. Lisäksi vesiruton poiston vaikutuksia pohjan eliöstöön ja planktonieliöstöön ei tunneta. Näillä osatekijöillä on suuri merkitys vesistön ravintoverkon rakenteessa ja sitä kautta merkitystä myös kalastoon ja sen rakenteeseen. Laajat vesistövaikutustutkimukset tarvitaan, jotta vesiruton mahdollisen laajamittaisen poiston vaikutukset tunnettaisiin koko ekosysteemiin ja mahdolliset haittavaikutukset esimerkiksi vesistön eliölajiston monimuotoisuuteen voitaisiin tunnistaa niiden minimoimiseksi.

Vesikasvuston kerääminen, hyödyntämismahdollisuudet sekä keruun vesistövaikutukset vaativat vielä kehitys- ja tutkimustyötä. Hankkeessa pyritään löytämään kustannustehokkaita käyttötapoja ja/tai lisäarvoa tuottavia jatkojalostusmahdollisuuksia vesiruton hyödyntämiseksi. Potentiaalinen vaihtoehto on hyödyntää vesiruttoa biokaasutuotannossa, mutta vesirutolla voi olla myös muita tuotteistamisvaihtoehtoja. Biologisten torjunta-aineiden ja biostimulanttien kysyntä on kasvanut Euroopassa ja maailmanlaajuisesti tiukentuneiden kemiallisia torjunta-aineita koskevien rajoitusten sekä kestävien tuotantomenetelmien kasvavan suosion myötä. Vesirutosta eristettyjen mikrobien hyödyntämis- ja tuotteistamismahdollisuuksien selvittäminen tukee EU:n vihreän kehityksen ohjelmaa, jonka yhtenä tavoitteena on kemiallisten torjunta-aineiden käytön vähentäminen.

Vesiruton keruuseen on aiemmin käytetty pääasiassa haravalaitteistoja, jotka vaativat huomattavan määrän työtä biomassan keräämiseksi. Hankkeessa pyritään kehittämään kustannustehokas ja toimiva koneketju vesiruton korjuuseen osana maatalouden biokaasutuotantoa. Toimiva ja ympäristöä säästävä koneketju on tärkeä osa vesiruton hyödyntämisessä biokaasutuotannossa ja tukee maataloussektorin siirtymää hyödyntämään enenevissä määrin hiilineutraalia biokaasua energialähteenä. Hanke tukee myös kiertotalousajattelua hyödyntämällä järvien perusparantamisessa syntyvää biomassajätettä energiantuotantoon.

Hankkeen tavoitteena on luoda ratkaisu vesiruton korjuuongelmaan. Erityisesti painotetaan ratkaisun kustannustehokkuutta ottamalla huomioon korjatun biomassa kosteus osana kuljetuskustannuksia, ja pyritään löytämään kokonaistaloudellisesti toimiva vaihtoehto, joka minimoi niin kuljetuskustannukset kuin vesiruton korjuuseen tarvittavan henkilötyömäärän. Lisäksi laitteiston kehitystyössä tulee huomioida rantojen suojele siirrellessä konetta työmaalle ja pois. Hankkeessa tutkitaan myös korjuukoneen automatisoinnin mahdollisuuksia erityisesti autonomisen toiminnan näkökulmasta, sekä korjuukoneen vaihtoehtoisia voimanlähteitä, kuten aurinkovoiman käyttöä.

Hankkeen luvitus tulee ELY-keskukselta, jolloin tarvitaan sekä ruoppaus- ja niittoilmoitus vesiruton poistosta kohdevesistöissä, sekä tarvittavat luvat koskien vieraslajin ja siitä koostuvan biomassan käsittelyä, siirtoa ja tutkimusta.

1.2. Raportin kuvaus

Tämän raportin tavoitteena on dokumentoida Koillismaan kehittämissyhtiö Naturpolis Oy:n osuutta hankkeen toteutuksessa, eli kanadanvesiruttoa sisältävän biomassan säilöntätutkimuksesta. Biokaasuprosessi on herkkä, varsinkin pienemmän mittakaavan, kuten maatilakokoluokan, laitoksissa. Vesiruttomassojen korjuu sijoittuu loppukesään ja alkusyksyyn ja oletettavaa on, että korjuissa kerätään mittavia määriä biomassaa. Tätä biomassaa ei voi hyödyntää biokaasulaitoksessa sivusyötteenä kerralla, jottei kemiallinen prosessi vaarannu. Tämän vuoksi hankkeessa tutkittiin vesiruton säilömistä, jotta sivusyötettä voisi syöttää biokaasuprosessiin tasaisesti kaikkina vuodenaikoina.

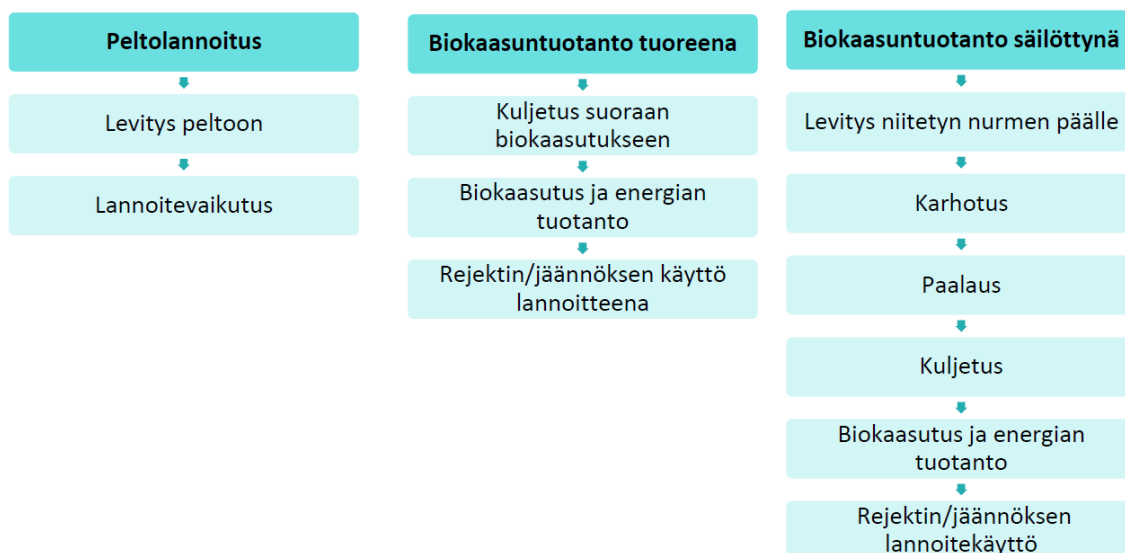
Raportissa kuvataan tutkimussuunnitelma ja siinä tehdyt valinnat taustoineen, kuvataan tutkimusprosessi sekä esitellään keskeisimmät tutkimustulokset.

2. Tausta

2.1. Vesirutto Kuusamossa

Vesiruton esiintymistä Kuusamon vesistöissä on kartoitettu jo aiemmin esim. Elodea I (Karjalainen et al., 2017) ja Elodea II (Nilivaara et al., 2022) hankkeiden loppuraporteissa.

Vesiruton poistolla voidaan potentiaalisesti poistaa suuria määriä biomassaa ja sen sitomia ravinteita vesistöistä, joiden jatkojalostuksella vaikkapa lannoitteeksi ja/tai biokaasuksi pystyttäisiin vapauttamaan biomassan sisältämät ravinteet ja energia edelleen hyötykäyttöön (Nilivaara et al., 2022). **Kuva 1** esittelee näiden eri prosessien työvaiheita vesiruton jalostamiseksi eri lopputuotteiksi. Vesiruton ominaisuudet biokaasutukseen on todettu jo aiemmissa raporteissa (Karjalainen et al., 2017; Nilivaara et al., 2022) hyväiksi.



Kuva 1 Vesiruton hyödyntäminen eri lopputuotteiksi.

Vesiruttobiomassan prosessointi peltolannoitukseen, biokaasuntuotantoon tuoreena sekä biokaasun tuotantoon säilöttynä, sekä näiden prosessien työvaiheet. (Lähde: Nilivaara et al., 2022).

2.2. Biokaasu ja BMP-koee

Biokaasu on orgaanisen aineen biologisessa hajoamisprosessissa syntyvää kaasua, joka muodostuu eri mikrobiyhteisöjen monimutkaisen ja vuorovaikutteisen kanssakäymisen aikana biokemiallisissa ja fyysikkemiallisissa prosesseissa (Angelidaki et al., 2009). Kaasun muodostaa pääsääntöisesti metaani (CH₄), hiilidioksidi (CO₂) ja vähemmissä määrin rikkipitoiset yhdisteet.

Biokaasutuksessa käytettävästä biomassasta käytetään erilaisia nimityksiä biokaasutuksen eri vaiheissa. Reaktoriin syötettävä biomassa on *syötemateriaalia*, joista pääsääntöisesti käytettävästä syötteestä käytetään nimeä *perussyöte*, ja toisarvoisia tai täydentäviä syötemateriaaleja kutsutaan *lisäsyötteeksi*. Biokaasutuksen aikana reaktorissa oleva biomassa on *reaktorilietettä* tai *mädätemassaa*. Reaktorista prosessin lopuksi poistettava biomassa on *rejettiä* tai *mädätejäännöstä*. Kaupallisen luokan biokaasulaitosten syötteinä käytetään kiinteitä biomassoja, kuten muun muassa karjanlantaa, biojätettä, puhdistamolietettä, ja erilaisia kasviperäisiä biomassoja, kuten karjatilojen ylijäämä- tai pilaantunutta nurmi-/säilörehua (Angelidaki et al., 2009).

Prosessi käynnistetään *ympillä*, joka sisältää biomassan hajoamiselle tarvittavia mikrobeja. Ympin tarkoitus on inokuloida biomassa optimaalisella mikrobiyhteisöllä, jolloin biomassan hajoamisprosessi käynnistyy nopeammin, sekä ilman, että näytteessä jo olemassa olevat tai näytteeseen joutuneet mikrobit käynnistäisivät biokaasutukselle haitallisia prosesseja, kuten pilaantumista. Ymppi tulee useimmiten jo käynnissä olevan bioreaktorin mädätemassasta.

Biological methane potential (BMP) -koetta käytetään anaerobisen biohajoamisprosessin kaasuntuoton monitoroimiseen ja analyysiin. Kokeesta on olemassa erilaisia protokollia, joista

2.3. Biomassan säilöntä

Tuoreen biomassan hajoamisprosessi alkaa heti keräämisen/noston jälkeen (Nilivaara et al., 2022). Biomassaan sitoutunut energia alkaa vapautua, kun mikrobit hajottavat biomassan monimutkaiset proteiinit, hiilihydraatit ja rasvat yksinkertaisiin monomeereihin, joita ne edelleen hyödyntävät omaan kasvuunsa (Angelidaki et al., 2009).

Vastaavasti biomassan sisäinen lämpötila myös muuttuu hajoamisprosessin aikana, sillä mikrobien käynnistämät eksotermiset prosessit vapauttavat energiaa lämpönä, josta seuraa esimerkiksi komposteille tyypillinen lämpiäminen, jonka jälkeen biomassa jäähtyy.

Ilman hapelle altistuvat osat käynnistävät aerobisen hapettumisen, kun taas hapettomissa oloissa tapahtuu käymistä (fermentaatiota) jonka lopputuotteina ovat joko etanoli tai maitohappo, biomassan ominaisuuksista ja kosteusprosentista riippuen. Hapettuminen purkaa biomassaan sitoutuneen energian nopeammin ja tehokkaammin, kuin anaerobiset käymisreaktiot. Täten biokaasutukseen käytettävän biomassan säilyvyyden puolesta tavoiteltavin hajoamistapa energian säilyvyyden ja biokaasutuksen osalta olisi anaerobinen maitohappokäyminen, sillä anaerobisena prosessina se on suhteessa hitaampi reaktio kuin hapettuminen, jonka lisäksi maitohappoa tuottavat mikrobit erittävät maitohappoa biomassaan, näin laskien biomassan pH:ta

monille pilaantumista aiheuttavien mikrobien kasvuille epäsuotuisalle tasolle. Vastaavasti lämpötilalla on oma osansa biomassan säilyvyydessä, sillä matalat lämpötilat hidastavat mikrobien kasvua, kun taas vastaavasti korkeammat lämpötilat kiihdyttävät sitä. Lisäksi biomassan mekaaninen silppuuntuminen pienempiin osiin lisää ympäristön kanssa tekemisissä olevan pinta-alan määrää, joka nopeuttaa hajoamisprosessia mutta lisää myös mahdollisten pilaantumista aiheuttavien mikrobien pääsyä biomassan sisään.

Säilönnän keskeisenä tavoitteena on vähentää biomassan mikrobiallisesta hajoamisprosessista syntyvää ravinne- ja energiahävikkiä eri käsittelytavoin, sillä tämä hävikki laskee biomassan biokaasupotentiaalia. Ideaali säilöntätapa sisältäisi korkean kuiva-ainepitoisuuden, olisi edullinen, tarvitsisi minimimäärän henkilötyövoimaa, ei vaatisi raskaita henkilösuojaimia tai muita suojaustoimia, ja olisi menetelmältään yksinkertainen ja käytännöllinen tai tekniikaltaan maataloilla jo valmiiksi omaksuttu. Lisäksi säilötty lopputuote olisi aistinvaraisilta ominaisuuksiltaan miellyttävä, eikä sisältäisi biomassaa käsittelevien työntekijöiden terveydelle haitallisia aineita, kuten homeita, voimakkaasti pöliseviä tai allergisoivia aineita tai muuten raskasta henkilösuojausta vaativia terveyshaittoja. Lisäksi alueellisia ja ympäristöllisiä näkökulmia biomassan säilöntään ovat säilönnästä aiheutuvat jätekustannukset (esim. paalimuovit), biomassan aiheuttamat mahdolliset hygienia- tai hajuhaitat, sekä biomassan nesteistä tai hajoamistuotteista aiheutuvat mahdolliset ympäristöhaitat tai -vahingot.

Tavallisen nautaeläinten säilörehun käsittelyssä rehu säilötään käyttämällä erilaisia pH:ta laskevia liuoksia ja käsittelyitä rehun pH:n laskemiseksi pilaantumista aiheuttaville mikrobeille epäsuotuisaan tasoon, n. pH 4. Suomessa tyypillinen AIV-käsittely (Valmistaja Eastman) käyttää tähän tarkoitukseen muurahaishappopohjaista liuosta. Vastaava pH voidaan myös saavuttaa esimerkiksi biologisin säilöntämenetelmin, joissa liuoksen sisältämä maitohappobakteeriympäri yhdessä entsyymien kanssa käynnistää, parantaa ja nopeuttaa rehun maitohappokäymisprosessia niin ikään laskien rehun pH:n lähelle pH 4:ää. Esimerkkinä kaupallisesta biologisesta säilöntäaineesta on Kärki Sil-A114×4+ (Valmistaja Kärki-Agri).

Biomassaa voi myös säilöä pakkaamalla biomassassa mahdollisimman tiiviisti, näin myös poistaen aerobisten pilaajabakteerien tarvitsema happi. Maatilaolosuhteissa näin tehdään esimerkiksi paalaamalla nurmirehu säilöpaaleihin. Paalauksen tarkoituksena on puristaa säilöttävä biomassassa mahdollisimman pieneen ja ilmatiiviiseen tilaan läpäisemättömän muovikalvon avulla, jolloin aerobiset hapettumista ja pilaantumista aiheuttavat mikrobit eivät saa tarvitsemaansa happea, eikä kosteus liiku muovikalvon läpi sisään tai ulos. Anaerobisessa tilassa kuitenkin märkä biomassassa, jossa on vähän kuiva-ainetta, voi alkaa pilaantumaan mätänemisen kautta, joka ei kuitenkaan ole myöskään toivottavaa.

Maatilaolosuhteissa käytetään myös aumavarastointia, jossa kohteena oleva biomassassa kasataan suureksi kasaksi ja tarpeen mukaan peitetään. Vesiruton kohdalla on kuitenkin tärkeää muistaa, että biomassassa on hyvin nestepitoista, jolloin biomassasta irtoavat valumisnesteet voivat aumavarastoinnissa aiheuttaa ympäristö- tai hygieniahaitan (Nilivaara et al., 2022).

2.4. Säilöntätutkimuksen keskeiset oletukset ja periaatteet

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää vesiruton säilömisestä vaikutuksia biokaasun tuotantoon sekä optimaalisen säilönnän edellytyksiä. Parhaimman käytännöllisyyden vuoksi tutkimus suunniteltiin vastaamaan ja simuloimaan mahdollisimman hyvin kuusamolaisten maatilojen olemassa olevia olosuhteita.

Aiemmissä tutkimuksissa (Nilivaara et al., 2022) vesiruton säilönnän onnistumisen edellytyksenä on pidetty säilöttävän biomassan kuiva-aineen nosta, sillä vesirutto itsessään sisältää vain hyvin vähän kuiva-aineita ja on aiempien tutkimusten perusteella itsessään heikosti säilyvää. Lisäksi relevantit maatiloilla käytössä olevat biomassan säilöntämenetelmät ja käytännöt perustuvat eläintilojen käyttöön tarkoitettun nurmirehun säilöntään.

Täten optimitulokset vaihtoehtoisten kasvibiomassojen kuten vesiruton säilöntään voitaisiin olettaa saatavan sekoittamalla vesiruttoa nurmibiomassaan vähäisissä määrin, jolloin vesiruton korkea nestepitoisuus ei muodostu esteeksi biomassan säilyvyydelle.

Vesiruton säilöntä ilman säilöntäaineita olisi mahdollisimman kustannustehokas ja yksinkertainen ratkaisu vesiruton säilöntään. Heinä-vesirutto-seoksen säilyvyyttä voisi varmasti tehostaa laskemalla seoksen pH alhaisemmaksi, mutta samalla se lisäisi säilönnän kustannuksia ja työvaiheita. Elodea II -hankkeessa (Nilivaara et al., 2022) tutkittiin vesiruton säilömistä muurahaishappopohjaisella kemiallisella säilöntäainevalmisteella (AIV ÄSSÄ NA) ja biologisella säilöntäainevalmisteella (Kärki Sil-All 4 X 4). Tutkimuksessa todettiin, että säilöntäaineen käyttö tai säilöntään lisätyn säilöntäaineen koostumus eivät näyttäneet vaikuttavan ratkaisevasti säilönnän onnistumiseen. Tutkimusraportissa esitettiin lisätutkimuksen tarve nurmirehun riittävästä määrästä säilönnästä sekä siitä, miten säilöntä ilman säilöntäaineita vaikuttaa vesiruton biomassan biokaasupotentiaaliin. Näistä edellä mainituista syistä päädyimme toteuttamaan tutkimuksen ilman säilöntäaineita.

Heinä-vesirutto-seoksen eri sekoitussuhteiksi valittiin 10 %, 30 % 70 % ja 100 %, prosenttiluvun kuvatessa seoksessa heinän määrää. 100 % heinää sisältävä näyte valittiin tutkimukseen mukaan kontrollinäytteeksi, mikä mahdollistaa vesiruton vaikutusten arvioinnin.

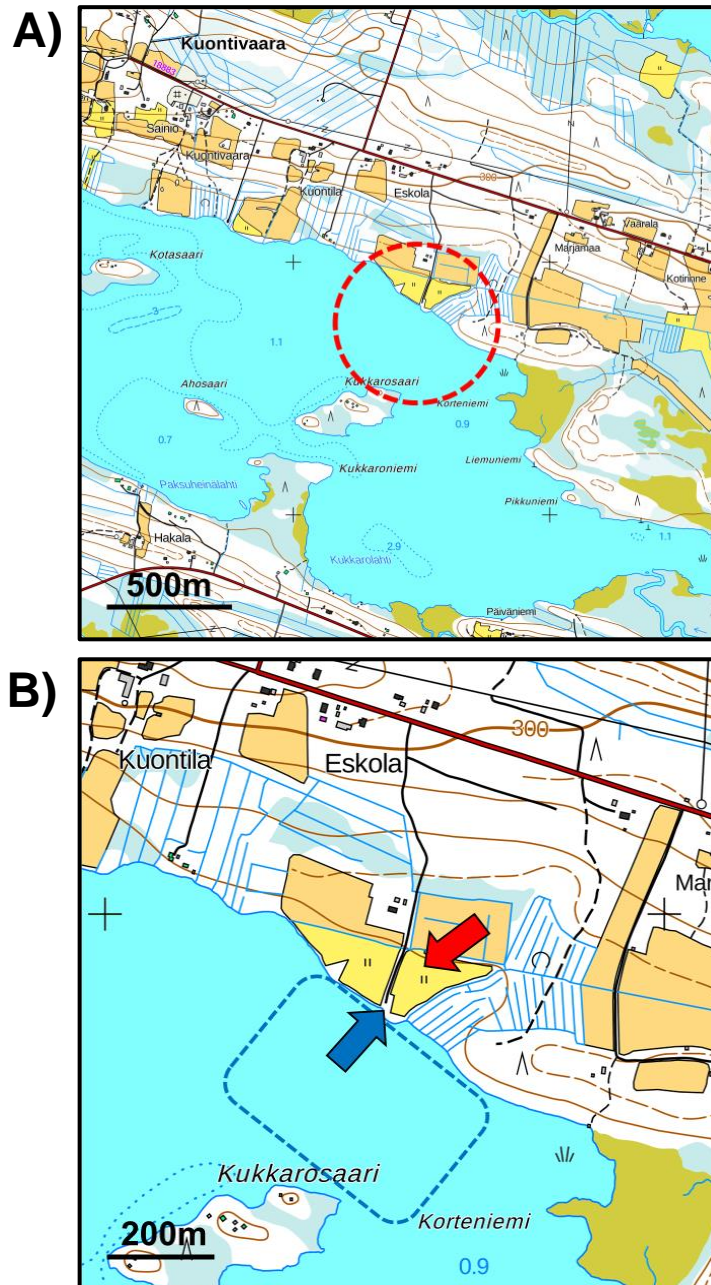
Säilöntämenetelmäksi valittiin paalaus ja paalin kääriminen paalimuoviin. Koe tehtiin kuitenkin pienemmässä mittakaavassa, vain noin 10 kg painoisilla ”minipaaleilla” (ks. kuva 4 s. 15). Tähän ratkaisuun päädyttiin kokeen tekemisen ja näytteiden käsittelyn helpottamiseksi, kuin myös kerättävän näytemäärän kohtuullistamiseksi. Huomioitavaa on, että biomassan ja muovin suhde on eri kuin aidon kokoissa isoissa paaleissa.

Tutkimuksessa päädyttiin seuraamaan säilönnän vaikutusta massan biokaasupotentiaalin kolmen eri säilömisajan mukaisesti: tuoret näytteet toimitettiin biokaasupotentiaalikokeisiin heti näytteen keruun ja paalauksen jälkeen, toista näyte-erää säilöttiin viisi kuukautta ja kolmatta erää 11 kuukautta. Tähän asetelmaan päädyttiin siksi, että haluttiin saada selville, kuinka talvikaudella paalien jäätyminen ja kevät kaudella sulaminen vaikuttaa säilyvyyteen ja millä seossuhteella massa säilyttäisi parhaiten biokaasupotentiaalinsa. Kokeessa pyrittiin simuloimaan mahdollisimman hyvin maatilojen olemassa olevia olosuhteita myös säilönnän osalta.

3. Materiaalit ja menetelmät

3.1. Sijaintitiedot

Vesiruton säilöntätutkimuksen näytteenotto suoritettiin Kuontijärvellä Kuusamossa (ks. **Kuva 2A**) 16.8.2023 klo 9-17. Niitto- ja paalausalue sijaitsi koordinaateissa (N=7336921.982, E=592563.500), ja vesiruton nostopaikka (N=7336827.800, E=592496.726) (Maanmittauslaitos, 2023) Sää näytteenottopaikalla oli kuurosateinen ja lämpötila vaihteli 11-18°C välillä päivän mittaan näytteenoton aikana.



Kuva 2 Säilöntätutkimuksen keskeiset karttasijainnit Kuusamon Kuontijärvellä.

A) Alueen sijainti Kuusamon Kuontivaaran kylässä. Tutkimusalueen suurpiirteinen sijoittuminen merkitty punaisella katkoviivalla. Mittakaava **B)** Niitto- ja nostoalueiden sijoittuminen tutkimusalueella. Vesirutto niitettiin Kukkarosaaren edustalta sinisellä katkoviivalla merkityn alueen sisältä, ja nuotta vedettiin rantaan sinisen nuolen osoittamasta kohdasta. Kesantopeltoheinä niitettiin punaisen nuolen osoittamasta paikasta, jossa myös biomassan paalaus minipaaleihin suoritettiin. **Lähde:** Maastokartta S5244R Peruskarttarasteri 1:10 000. © Maanmittauslaitos, 2023.

3.2. Kesantoheinän niitto

Kesantoheinää niitettiin (Ks. **Kuva 2B**) vuosia viljelykäytön ulkopuolella olevalta pellolta käsin viikatteella. Silmämääräisesti arvioituna kesantoheinäbiomassaan sisältyi pääsääntöisesti eri heinäkasvilajeja kuten timoteitä (*Phleum pratense*), sekä vähemmissä määrin muita tyypillisiä alueen kasveja, kuten mesiangervoa (*Filipendula ulmaria*) ja saroja (*Carex ssp.*). Puuvartiset kasvit, kuten koivun ja pajun taimet poistettiin niittoalueelta ensin oksasaksin, eikä niiden biomassaa sisällytetty kesantoheinänäytteeseen. Niitetty biomassa haravoitiin kasaan rautaharavalla, josta se siirrettiin Leno-tyypin venymättömiin verkkosäkkiin punnitusta varten.

3.3. Vesiruton niitto ja nosto

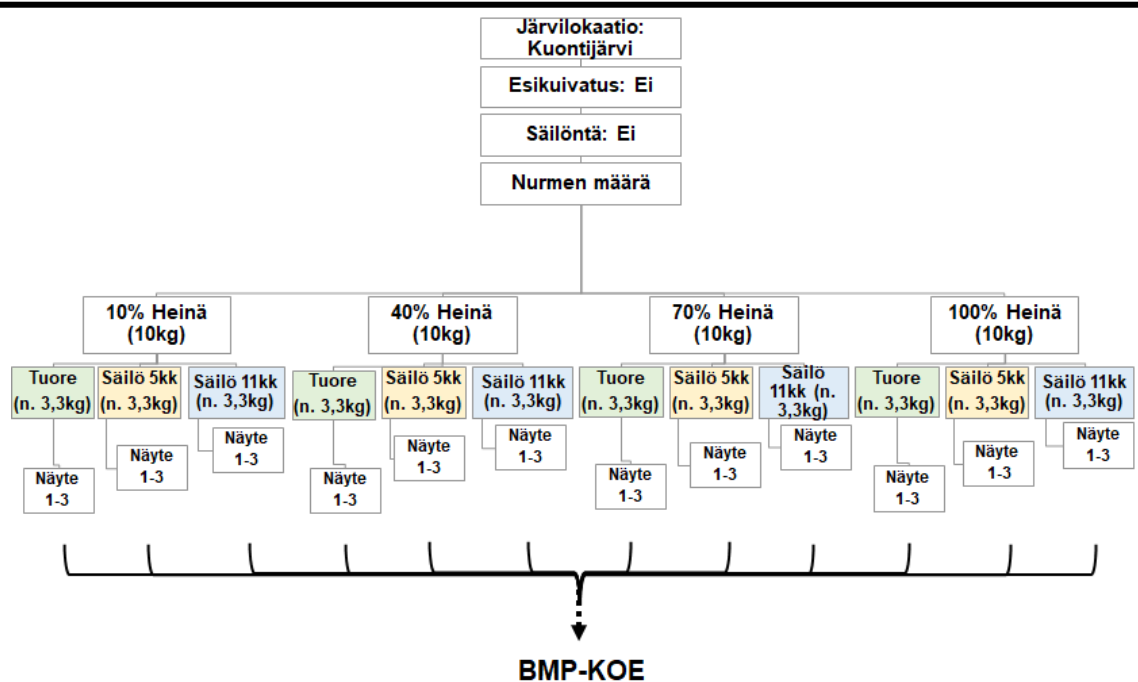
Vesiruton niitosta ja nuottauksesta Kuontijärvessä vastasi ProAgria Oulu. Vesiruttokasvusto niitettiin ensin vesikasvien poistoon suunnitellulla niittoleikkurilla, jonka jälkeen vedessä irtonaisena keijunut vesiruttokasvusto kerättiin ja vedettiin raivausnuotan avulla rantaan. Vesiruttokasvustoa poistettiin Kuontijärvestä Kukkarosaaren edustalta arviolta n. 3000 kg painosta, josta säilötutkimukseen tarvittiin 18 kg.

Tämän säilöntätutkimuksen tarpeisiin vesiruttokasvustoa kerättiin käsin halikoilla verkkopohjaiseen, tilavuudeltaan 1000L klapisäkkiin (Valmistaja Espegard), joka kannettiin hartiavoimin kesantoheinän niittopaikalle. Vesirutosta irronnut järvivesi ja muu neste annettiin valua vapaasti klapisäkin verkkosivuista maahan ja peltoon. Vesirutto paalattiin yhdessä kesantoheinän kanssa tuoreena noin tunnin sisällä sen nostosta järvestä.

3.4. Paalaus

Kaikki niitetty kesantoheinä ja vesirutto punnittiin kenttäolosuhteissa samoissa Leno-tyypin venymättömissä verkkosäkeissä Patriot -merkkisellä erävaalla (max. 50 kg, tarkkuus ± 10 g) ja sekoitettiin eri painoprosenttisuhteissa **Kuva 3:n** mukaisesti muovipressun päällä aina kesantoheinäpitoisimmasta näytteestä alkaen. Vaaka taarattiin ensin verkkosäkin yksittäispainolla. Kesantoheinä ja vesirutto punnittiin säkissä 10 kg yhteispainoon saakka ± 10 g tarkkuudella ja sekoitettiin silmämääräisesti yhteen käsin ja haravaa käyttäen. Tämä alkuperäinen 10 kg näyte punnittiin vielä uudelleen vähintään 3,3 kg painoisiin alanäytteisiin: Nämä 3 alanäytettä olivat tuorenäyte, 5kk säilönäyte sekä 11kk säilönäyte. Alanäytteiden 3,3 kg painon tarkoituksena oli tarjota lähinnä tarpeeksi näytettä Savonian laboratorioille biokaasuprosessiin, jossa alanäytteet homogenoitaisiin, jaettaisiin kolmeen alanäytteeseen ja punnittaisiin uudelleen laboratorio-olosuhteissa BMP-kokeen n. 500–700 g tavoitepainoon saakka. Täten kenttäolosuhteissa punnittujen alanäytteiden tarkalla painolla ei ollut niin suurta painoarvoa, toisin kuin alkuperäisen 10 kg näytteen kokonaispainolla, jonka perusteella heinä-vesiruttoseoksen sekoitussuhteet määritettiin.

Tuoret näytteet (á väh. 3,3 kg) asetettiin näytteen mukaan nimikoituun Eräpussiin (Valmistaja Lapin muovi), josta ilma painettiin mahdollisimman tarkasti pois ennen sulkemista. Pussin suu kerättiin ryttyyn ja suljettiin ensin ilmastointiteipillä, ja pussin suosa taitettiin vielä uudelleen lenkille, joka teipattiin uudelleen kiinni ilmastointiteipillä pussin suosan sinetöimiseksi. Tämän jälkeen sinetöity pussi asetettiin näytteen mukaan nimikoituun styrox-kylmälaukkuun, ja kaksi 900 g kylmävaraajaa asetettiin laukkuun: yksi päälle ja yksi sivulle. Laukut sinetöitiin ilmastointiteipillä ja pakattiin autoon lähetettäväksi Savonian toimipisteeseen Kuopioon.

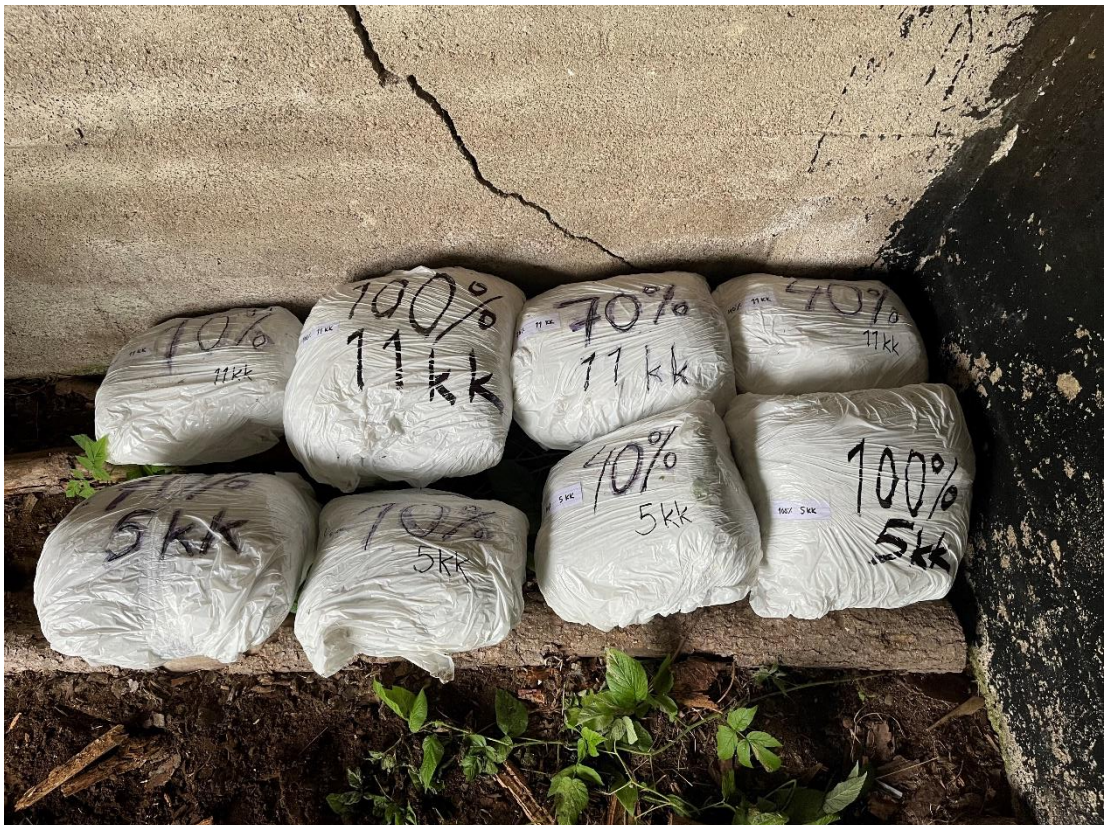


Kuva 3 Kesantoheinä- ja vesiruttonäytteiden painoprosenttisuhteet, määrät ja lajittelu.

Jokaisesta neljästä päänäytteestä tehtiin kolme väh. 3,3 kg painoista alanäytettä, jotka jaettiin tuorenäytteeseen (vihreä), 5kk säilönäytteeseen (keltainen) ja 11kk säilönäytteeseen (sininen). Jokainen näistä näytteistä jaettiin edelleen kolmeen alanäytteeseen, jotka punnittiin ja analysoitiin BMP-kokeissa Savonian toimipisteessä Kuopiossa.

Säilöttäväksi aiotut 5kk ja 11kk näytteet pakattiin ns. ”minipaaleihin”, joilla simuloitiin maataloolosuhteissa käytettyä paalimuovitusta sekä realistisia ulkosäilytyksen olosuhteita Kuusamossa. Paalimuovi (Triowrap® 750 mm x 25 µm) levitettiin ensin lyhyelle matkalle pressun päälle, jonka jälkeen punnittu n. 3,3 kg näyte levitettiin paalimuovin päälle. Näyte vedettiin tiukasti ja mahdollisimman tiiviisti käsin kokoon paalimuovia käyttäen, ensin pitkittäin ja sitten poikittain. Näytettä kääntäessä sen sisältämä biomassa puristettiin vielä uudestaan mahdollisimman tiiviiksi, jonka jälkeen muovi vedettiin jälleen muodostuneen biomassapallon ympärille. Jokaiseen paalinäytteeseen käytettiin 6 kerrosta paalimuovia parhaimman säilyvyyden takaamiseksi (Seppälä et al., 2014). Paalaus käsin onnistui arviolta hyvin, ja syntyneistä minipaaleista tuli varsin täysikokoisten esikuviansa näköisiä. Huomioitavaa oli, että enemmän vesiruttobiomassaa sisältäneet näytteet puristuivat tässä paalauksessa selkeästi pienempään kasaan kuin enemmän heinää sisältäneet näytteet, joka oli odotettavaa.

Näytteiden punnitukseen liittyen on huomioitavaa, että näytteiden paalauksen aikaan vallinnut sateinen sää vaikutti näytteiden nestepitoisuuksiin. Alun perin 10 kg painoiseksi punnittu näyte saattoi pressun päällä sekoituksen aikaan imeä itseensä arviolta useita desilitroja vettä, joka otettiin huomioon punnitsemalla kaikki näytteet vähintään 3,3 kg ja mahdollisimman saman painoiseksi. Jokainen vähintään 3,3 kg näyte tultaisiin joka tapauksessa homogeenoimaan Savonian laboratorion toimesta, ja jakamaan jälleen edelleen kolmeen Savonian punnitsemaan alanäytteeseen. Nämä alanäytteet analysoitiin kolmessa rinnakkaisessa BMP-kokeessa.



Kuva 4 Minipaalit säilötynä ulkotiloihin katoksen alle. Paaleihin on merkittyinä seossuhde sekä säilöntäaika.

3.5. Näytteiden toimitus BMP-kokeeseen

Tuoreet näytteet

Tuoreet näytteet (á n. 3,3 kg) pakattiin keräämisen jälkeen välittömästi styrox-kylmälaukkuihin (Iceman), joihin laitettiin kaksi 900 g kylmävaraajaa (Plastex).

Näytteet lähetettiin Matkahuollon kautta pikälähetystenä Kuopioon Savonian toimipisteeseen torstaina 17.8.23 Kuusamon Matkahuollon palvelupisteeltä, mutta tuntemattomasta syystä näytteet eivät lähteneet Kuusamosta ennen perjantaita 18.7.2023. Viivästymisen lisäksi näytteet olivat erottuneet lähetyksestä erilleen ja 100 % heinänäyte oli kadonnut vähäksi ajaksi ma-ti välisenä aikana. Näytteet 10%, 40% ja 70% vastaanotettiin lopulta Kuopiossa ma 21.8., ja 100% heinänäyte viimeisenä 22.8.2023. Kuriiriyrityksen mukaan näytteet säilöttiin terminaalin kylmiössä jääkaappilämpötilassa viikonlopun yli, kunnes ne lähtivät Kuopioon.

Säilötyt näytteet

Säilöntätutkimuksen viiden kuukauden ja 11 kuukauden kestoisen säilönnän jälkeen analysoitavat minipaalinäytteet säilytettiin normaaleja ulkoilmaolosuhteita simuloivassa ympäristössä Kuusamon Kitkalla (Rintajärventie 13). Eläinvahinkojen tai muiden mekaanisten vaurioiden minimoimiseksi näytepaalit sijoitettiin katokseen suojaverkon alle.

5kk näytteiden toimitus Savoniale tapahtui tammikuussa 2024 viikon 3 maanantaina (15.1.2024), jolloin näytepaalit otettiin pitkäaikaissäilöstä ja asetettiin suoraan nimikoituun kylmälaukkuun ilman välisulatusta. Jäätynen näytteen kanssa samaan kylmälaukkuun sijoitettiin kaksi 900 g kylmävaraajaa. Kylmälaukut suljettiin ilmastointiteipillä, ja toimitettiin autokuljetuksella Savoniale Kuopioon.

11kk näytteiden toimitus Savoniale toteutui heinäkuussa 2024 viikon 28 maanantaina (8.7.2024). Näytepaalit otettiin säilytyksestä ja ne toimitettiin pahvilaatikoihin pakattuina Matkahuollon kautta pikatoimituksena Kuopioon. Näytteet olivat sulaneet odotetusti keväällä ja niiden kylmätoimitukselle ei ollut tarvetta.

3.6. BMP-koe

Biokaasupanoskokeissa tutkitaan materiaalin/substraatin metaanintuotannon potentiaalia ajan funktiona sekä tutkittavan materiaalin hajoamista prosessissa. Biokaasupanoskokeella tarkoitetaan koetta, johon ei lisätä kokeen aikana uutta substraattia, vaan koe suoritetaan loppuun saakka yhdellä ”panoksella”.

Savonia-ammattikorkeakoulun biolaboratorio toteutti biokaasupanoskokeet 5L vetoisilla lasireaktoreilla, millä määritettiin näytteiden metaanintuottopotentiaali mesofiilisella (35-38 °C) lämpötila-alueella viiden viikon mittaisen koesarjan aikana. Savonian käytössä oleva menetelmä perustuu saksalaiseen standardiin VDI 4630:2016-11(VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2016). Savonia myös vastasi kenttäolosuhteissa punnitun näytteen homogoinnista BMP-kokeelle soveltuvaan raekokoon (Filer et al., 2019), ja näytteiden tarkasta punnituksesta 3 rinnakkaiseen BMP-tutkimusprosessiin. Savonia myös ilmoitti, että BMP-kokeisiin

lähetetyistä 3,3 kg näytteistä oli odotetusti jäänyt näytemateriaalia yli BMP-kokeen tarpeen, jolloin jäljelle jäänyt materiaali hävitettiin asiallisesti Savonian toimesta.

Savonian mukaan yhteen biokaasupanos-koekoesarjaan tarvittava näytemäärä on noin 10–20 litraa tutkittavaa materiaalia kolmelle rinnakkaiselle reaktorille (alanäytteet, ks. **Kuva 3**) ja ympäristä kokeissa käytetään Savonian toimittamaa, toiminnassa olevalta biokaasulaitokselta haettavaa bakteerisiirrostä/ mädätysjäännöstä. Siirroksen vaikutus vähennetään laskennallisesti tuloksista. Lisäksi reaktoreiden ilmatila tyhennetään kokeen käynnistämisen yhteydessä inertillä typpikaasulla, jolloin happi saadaan poistettua ja reaktorit saavuttavat anaerobiset olosuhteet nopeasti. Biokaasupanoskokeissa kaasuntuottavuus, niin tilavuuden kuin koostumuksen suhteen, analysoidaan viikoittain. Kokeen jälkeen kuiva-aineen (TS) ja orgaanisen kuiva-aineen (VS), sekä TS/VS-pitoisuudet (SFS3008) määritettiin, arvioiden substraatin hajoamista kokeissa.

3.7. Säilöntätutkimus: 5kk ja 11kk näytteet

Biokaasupotentiaalikokeet viisi kuukautta ja 11 kuukautta säilytyille näytteille toteutettiin samalla laitteistolla ja samalla tavalla kuin ensimmäisten näytteiden kokeet. Kokeiden kestot vaihtelivat 28–33 vuorokautteen (1. koe 28 vrk, 2. koe 33 vrk, 3. koe 30 vrk).

Kuitenkin näihin kokeisiin lisättiin rinnakkaisnäytteiden määrää, sillä ensimmäisessä kokeessa oli osa rinnakkaisnäytteiden prosesseista keskeytynyt ja näin ollen osasta rinnakkaisnäytteistä jäi tulokset saamatta. Toisessa ja kolmannessa kokeessa oli siis käytössä neljä rinnakkaiskoetta.



Kuva 5 Biokaasupanoskokeet toteutettiin viiden litran säilöpulloissa

Pullojen korkeissa on läpivienti, jonka kautta syntyvä kaasu kerätään venttiileillä varustettuihin kaasupusseihin. Kaasu mitattiin säännöllisesti sekä tilavuuden että pitoisuuden osalta (CH₄, CO₂, O₂, H₂S)

4. Tulokset

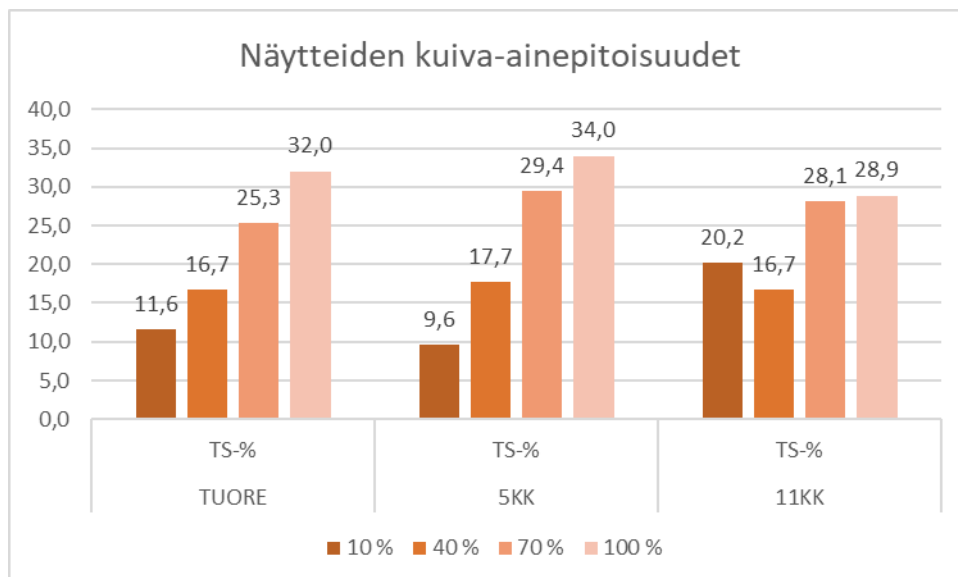
4.1. BMP-kokeiden toteutus

Tuloksien esittelyssä puhuttaessa ensimmäisestä kokeesta, tarkoitetaan tuoreiden näytteiden biokaasupotentiaalikoea. Vastaavasti toisessa kokeessa on käytetty viiden kuukauden ajan säilöttyjä näytteitä ja kolmannessa kokeessa 11 kuukautta säilöttyjä näytteitä. Tuloksissa eri seoksia esitellään prosenttilukuina, joissa lukema tarkoittaa heinän prosentuaalista osuutta seoksessa.

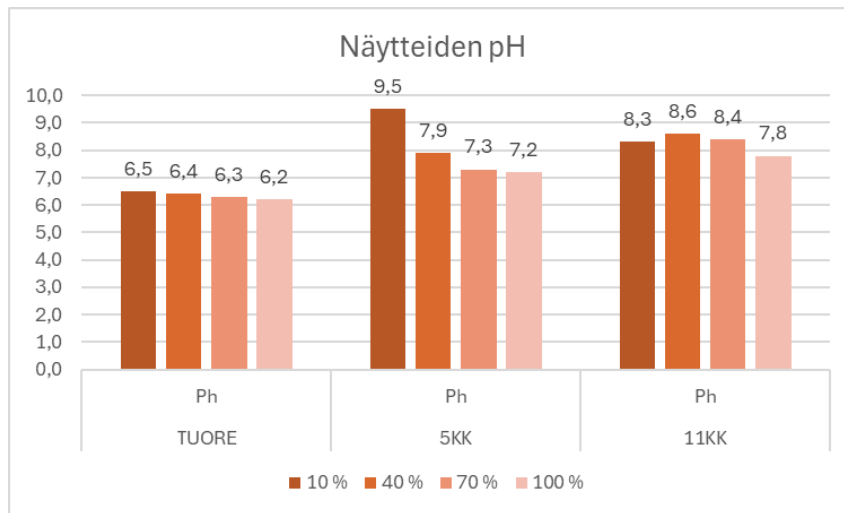
Tulokset on laskettu kokeessa 1 kolmen koepullon keskiarvotuloksena. Näytteiden 40 % ja 70 % kohdalla yksi reaktori hyytyi heti ensimmäisen viikon jälkeen ja näiden kohdalla tulokset on laskettu kahden reaktorin keskiarvotuloksena. Vastaavasti kokeessa 2 tulokset on laskettu neljän reaktorin keskiarvona 10 % näytteen kohdalla ja muilla kolmen reaktorin keskiarvona yhden reaktorin hyytyessä per sarja. Koe 3 toistettiin vastaavalla tavalla kuin koe 2 eli neljänä rinnakkaisena reaktorina. 10 % ja 70 % näytteiden tulokset ovat laskettu 4 reaktorin keskiarvona, 40 % kahden reaktorin ja 100 % kolmen reaktorin keskiarvona. Kaikki reaktorit eivät valitettavasti käynnistyneet tasaisesti.

4.2. Näytteiden kuiva-ainepitoisuuksien ja pH: n analyysit

Heinän kuiva-ainepitoisuus on huomattavasti vesiruton kuiva-ainepitoisuutta korkeampi, joka näkyy selkeästi tuloksissa. Pienpaaleja säilytettiin kokeiden ajan normaaleja ulkoilmaolosuhteita simuloivassa ympäristössä, joten viisi kuukautta säilötty koe-erä oli suurimman osan säilöntäajastaan jäässä, mikä näyttäytyy tuloksissa veden säilymisenä paalissa. Vähiten heinää sisältävästä paalista on selkeästi päässyt poistumaan nestettä 11 kuukauden säilömisestä aikana, jolloin kuiva-ainepitoisuus on noussut.



Kuva 6 Näytteiden kuiva-ainepitoisuudet

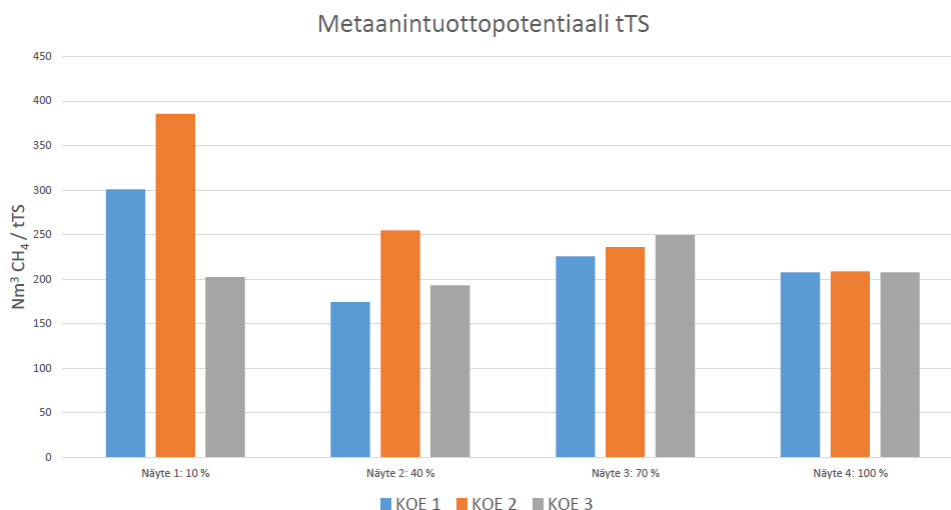


Kuva 7 Näytteiden pH

4.3. Näytteiden biokaasupotentiaali

Biokaasutuotannossa käytettävät heinäjakeet tulisi käyttää mahdollisimman tuoreena ja nuorena, jolloin ne sisältävät vähemmän ligniiniä ja muita hitaasti hajoavia ja biokaasuprosessia inhiboivia ainesosia. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kuitenkin löytää mahdollisimman hyvä seos-suhde heinän ja vesiruton välillä, jotta biomassan säilöntä biokaasutuotantoa varten olisi mahdollista.

Isoimmat variaatiot metaanintuottopotentiaalissa tapahtuivat odotetusti seoksessa, jossa on vain 10 % heinää ja 90 % vesiruttoa ja metaanintuottopotentiaalilin osalta stabiilein näyte koostui kokonaan heinästä. Näytteen numero kolme (70 % heinää, 30 % vesiruttoa) kohdalla metaanintuottopotentiaali jopa kasvoi säilönnän myötä.



Kuva 8 Näytteiden metaanintuottopotentiaali tTS

Koe 1 toteutettiin tuoreille näytteille, koe 2 viiden kuukauden ajan säilötyille näytteille ja koe 3 11 kuukauden ajan säilötyille näytteille.

5. Johtopäätökset

Vesirutto ei suoranaisesti lisää heinän metaanintuottopotentialia, koska se hajoaa nopeasti. Vesiruton osuuden ollessa 30 %, se ei merkittävästi heikennä heinän metaanintuottopotentialia. Heinä ja muut vastaavat syötteet tulisi hyödyntää biokaasuprosessissa mahdollisimman nopeasti, sillä säilömisen aikana kasvien hitaasti hajoavien ainesosien prosentuaalinen määrä kasvaa ja se lisää sivusyötteen biokaasuprosessia inhiboivia vaikutuksia. Kun näytteitä oli säilötty viiden kuukauden ajan, niiden metaanintuottopotentiali oli hieman korkeampi kuin 11 kuukauden säilömisajan jälkeen silloin, kun vesiruton osuus oli heinän osuutta suurempi näytteissä.

Koesarjoja oli vain kolme ja ensimmäisen koesarjan aikana rinnakkaisnäytteitä oli kolme. Toisessa ja kolmannessa koesarjassa rinnakkaisnäytteitä oli neljä. Jokaisen koesarjan aikana osa biokaasuprosesseista keskeytyi, jolloin rinnakkaisnäytteiden tuloksien määrä jäi suunniteltua vähäisemmäksi. Jotta tutkimustulokset olisivat paremmin yleistettävissä, tarvittaisiin lisätutkimusta esimerkiksi toisintamalla tutkimus, mutta käyttämällä useampia koesarjoja ja tekemällä biokaasupotentiaalikoeket useammin, esimerkiksi kuukausittain.

Jatkotutkimuksessa tulisi selvittää myös ravinteiden suhde eri seoksissa ja se, Kuinka ravinteiden suhde muuttuu säilönnän aikana.

Näiden kokeiden tuloksien perusteella voidaan todeta, että parhaiten biokaasupotentiaalinsa säilytti seos, jossa oli 70 % heinää ja 30 % vesiruttoa. Kontrollinäyte, eli 100 % heinää sisältävä näyte oli kaikista näytteistä stabiilein biokaasupotentiaalinal osalta.

LÄHTEET

- Angelidaki, I., Alves, M., Bolzonella, D., Borzacconi, L., Campos, J.L., Guwy, A.J., Kalyuzhnyi, S., Jenicek, P., van Lier, J.B., 2009. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. *Water Sci. Technol.* 59, 927–934. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.040>
- Filer, J., Ding, H.H., Chang, S., 2019. Biochemical Methane Potential (BMP) Assay Method for Anaerobic Digestion Research. *Water* 11, 921. <https://doi.org/10.3390/w11050921>
- Karjalainen, S.M., Välimaa, A.-L., Virtanen, E., 2017. Vesiruton hyötykäyttö biotaloudessa – järvien riesasta raaka-aineeksi.
- Maanmittauslaitos, 2023. Maastokartta S5244R, Peruskarttarasteri 1:10 000 (painoväri).
- Nilivaara, R., Hiltunen, L., Joki-Tokola, E., Kahiluoto, J., Karvonen, J., Kuoppala, M., Lötjönen, T., Niemistö, J., Satomaa, M., Tahkola, H., Ulvi, T., Välimaa, A.-L., Hellsten, S., 2022. Vesiruton energia ja ravinteet talteen – Elodea II -hankkeen loppuraportti. Suomen Ympäristökeskus.
- Seppälä, A., Kässi, P., Lehtonen, H., Aro-Heinilä, E., Niemeläinen, O., Lehtonen, E., Höhn, J., Salo, T., Keskitalo, M., Nysand, M., Winqvist, E., Luostarinen, S., Paavola, T., 2014. Nurmesta biokaasua liikennepolttoaineeksi. Bionurmi-hankkeen loppuraportti.
- VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2016. VDI 4630:2016-11, Fermentation of organic materials - Characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests.