

SivuHyöty - Kasvissivutuotteiden hyödyntäminen rehuna ja maanparannusaineena

Hankkeen toteutusaika: 1.1.2015 – 30.11.2017

Hankkeen toteuttaa Luonnonvarakeskus (Luke): Marja Lehto, Marketta Rinne, Eila Järvenpää, Minna Kahala, Hilikka Siljander-Rasi, Terhi Suojala-Ahlfors, Tapio Salo

Loppuraportti



Sisällys

1.	Tiivistelmä	4
2.	Hankkeen tausta ja tavoitteet	4
3.	Hankkeen osapuolet ja menetelmät	5
3.1	Kasvissivutuotteen säilöntäkokeet - laboratoriotaso	6
3.2	Pilottason kasvisrehun säilöntäkokeet yrityksissä	6
3.3	Kuiva-ainepitoisuuden nosto	6
3.4	Kasviskompostien laadun määrittäminen	7
3.5	Kompostoinnin eri tukiaineiden laadun määrittäminen	7
3.6	Kompostointikokeet	7
3.7	Astia- ja peltokokeet kompostoinnin lopputuotteilla	8
3.8	Ravinteiden ja kustannusten arviointi	8
4.	Hankkeen tulokset	8
4.1	Hankkeen tavoitteiden ja suunniteltujen tulosten toteutuminen	8
4.1.1	Rehu	8
4.1.2	Maanparannusaine	9
4.1.3	Hyvä tapa toimia -ohje	9
4.2	Poikkeamat verrattuna suunnitelmiin	10
5.	Hankkeen vaikuttavuus	11
5.1	Hankkeen positiiviset ja negatiiviset vaikutukset ravinteiden kiertoon ja Itämeren kuormitukseen (vertailu mittareihin)	11
5.2	Muut vaikutukset	12
6.	Viestinnän toteutuminen ja tulokset	12
6.1	Viestinnän pääasiallinen sisältö, määrä, laatu, kohderyhmät	12
6.2	Arvio viestinnän onnistumisesta, viestintäsuunnitelman toteutumisesta	14
7.	Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	15
7.1	Arvio tulosten kestävydestä ja konkreettisuudesta ja siihen liittyvistä riskeistä	15
7.2	Ehdotukset hankkeen tulosten hyödyntämiseksi, ml. liiketaloudelliset ja lainsäädännölliset näkökohdat	15
7.3	Teknis-taloudellisen toteutettavuuden arviointi	16
7.3.1	Kasvissivutuotteiden rehukäytön taloudellisuus	16
7.3.2	Kompostoinnin kustannukset	17
8.	Talousraportti	17
9.	Suosituksia tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	17
9.1	Esiin nousseet jatkohankkeita koskevat ideat ja tarpeet	17

9.2	Mitä vastaavissa hankkeissa tulisi välttää, mitä suositellaan.....	18
10.	Johtopäätökset hankkeesta ja päätuloksista.....	18
10.1	Kasvissivutuotteiden käyttö rehuna.....	18
10.2	kasvissivutuotteiden maanparannusainekäyttö.....	18

Liitteet

Liite 1. Rehukokeiden tulokset

Liite 2. Kompostointikokeiden tulokset ja johtopäätökset

Liite 3. Hyvä tapa toimia -ohje

Kuvat @Luke/Marketta Rinne ja Marja Lehto

1. Tiivistelmä

Kasvissivutuotteiden hyödyntäminen rehuna ja maanparannusaineena (SivuHyöty) -hankkeessa sovellettiin olemassa olevaa tietoa kasvissivutuotteiden käsittelyyn. Hankkeessa kerrottiin yrittäjille erilaisista sivutuotteiden säilöntä- ja käsittelymenetelmistä ja demonstroituihin yhdessä valittuja menetelmiä. Lopputuotteena saatujen rehujen ja maanparannusaineiden laatu selvitettiin kemiallisin ja mikrobiologisin analyysin. Hankkeessa selvitettiin menetelmien soveltuvuus eri kohteisiin samoin kuin niiden vaikutus ravinteiden kierrätykseen ja sivutuotteiden käsittelykustannuksiin.

Hankkeessa tehtiin kasvissivutuotteiden rehukäyttöön liittyvää testausta ja pilotkokeita sekä selvitettiin kasvissivutuotekompostien maanparannuskäyttöä, näiden vaikutusta ravinnekiertoon, taloudelliseen kannattavuuteen sekä arvioitiin erilaisten menetelmien soveltuvuutta erityyppisiin kohteisiin. Hankkeessa saatujen tulosten sekä muiden tutkimusten pohjalta laadittiin Hyvä tapa toimia -ohje kasvissivutuotteen hyödyntämiseen.

Hanke alkoi 1.1.2015 ja päättyi 30.11.2017. Hanke rahoitettiin ympäristöministeriön ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja Saaristomeren tilan parantamista koskevasta ohjelmasta (RaKi).

Kasvissivutuotteet ovat vesipitoisia ja niiden rehukäyttöä rajoittavat korkeat kuljetuskustannukset ja huono säilyvyys. Porkkanan säilöntä fermentoimalla osoittautui mahdolliseksi, mutta käyminen oli hyvin voimakasta ja valmis tuote hyvin vesipitoista. Säilöntäaineista erityisesti muurahaishappopohjainen valmiste paransi tuotteen aerobista stabiilisuutta ja rajoitti käymistä vähentäen erityisesti sokerien hajoamista säilönnän aikana. Tulosten perusteella fermentoitu porkkanan sivutuote soveltuu säilyvyydeltään ja muilta ominaisuuksiltaan nautakarjatilaille seosrehun komponentiksi, mutta mikäli mahdollista, käyttö tuoreena on useimmissa tapauksissa taloudellisempi vaihtoehto. Porkkanasivutuotteen käyttö on mahdollista myös sioille mm. virikerehuna.

Eri tukiaineita sisältävän kompostin lannoitusvaikutus vastasi niiden sisältämää liukoista typpeä, mutta ruokohelven ja biohiilen käyttö tukiaineena lisäsi kompostin orgaanisen typen mineralisoitumista ja sitä kautta lannoitusvaikutusta. Ruokohelpeä, biohiiltä ja turvetta sisältävissä komposteista typpeä saaneet raiheinät kasvoivat lähes samaa vauhtia kuin liukoista typpeä 100 mg/litraa saaneet kontrollinäytteet. Kasvissivutuotteiden käsittely rummussa kompostoimalla on kustannustehokas vaihtoehto.

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli kehittää sivutuotteiden käsittelyyn yrityskohtaisia toimintamalleja kasviksia tuotaville ja jatkojalostaville yrityksille. Käsittelyn avulla yritykset voivat

- nostaa kasvissivutuotteiden arvoa, jolloin käsittelymaksujen sijasta voidaan saada tuloja
- käsitellä kasvissivutuotteet yrityksessä ympäristöä kuormittamatta
- palauttaa sivutuotteen sisältämät ravinteet viljelykiertoon nykyistä tehokkaammin

Tavoitteena oli myös erilaisten yritysten yhteistyön lisääminen.

Toimintamallien kehityksessä pyrkimyksenä oli, että

- yrityksissä tunnistetaan nykyistä paremmiin mahdollisuuksiin hyödyntää kasvissivutuotteet eri tavoin
- kasvissivutuotteen rehukäyttö täyttää lain vaatimukset
- kasvissivutuotteista tuotettu maanparannusaine täyttää sille asetetut laatuvaatimukset
- syntyvät lopputuotteet on helppo kuljettaa ja varastoida.

- sivutuotteiden hallittu käsittely parantaa yritysten toimintaa, vähentää ravinnepäästöjä vesistöihin ja edistää ravinteiden kierrätystä kohdealueella.
- kehitetyt ratkaisut ovat taloudellisesti kestävämpiä kuin nykytilanne ja sopivat eri kokoluokan kasvisyrityksille.

Konkreettisina tuloksina hankkeessa pyrittiin tuottamaan prosessiratkaisuja (2 – 3), jotka ovat otettavissa pilottikäyttöön kohdeyrityksissä ja muissa saman alan yrityksissä. Tulokset ovat siirrettävissä ja monistettavissa heti toimialan käyttöön ja sovellettavissa myös muihin raaka-aineisiin.

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Hankkeen toteuttivat Luonnonvarakeskus yhteistyössä yritysten kanssa. Yritykset, joiden tuotteilla ja/tai tiloissa tehtiin hankkeen toimenpiteitä:

- **Apetit Ruoka Oy**
 - o käsittelee erilaisia kasviksia ja valmistaa erilaisia pakastevihannestuotteita
 - o tällä hetkellä sivutuote kompostoidaan aumoissa
 - o yritys etsii uusia tapoja kasvissivutuotteiden käsittelyyn
 - o yrityksessä muodostuu paljon hyvälaatuisia sivutuotetta
 - o Yrityksestä saatiin myös vertailukompostinäytteitä
 - o yhteistyö yrityksen kanssa sujui suunnitelmien mukaisesti
- **Karotia Oy**
 - o viljelee porkkanaa, pakkaa ja myy kokonaisena sekä kuorittuna ja prosessoituna (kypsentämätön baby porkkanat)
 - o prosessoinnista tuleva sivutuote toimitetaan rehuksi sellaisenaan talviaikana, kesällä käytetään maanparannukseen
 - o yritys etsii uusia tapoja kasvissivutuotteiden käsittelyyn ja tekee myös omatoimisesti erilaisia kehitysprojekteja
 - o yritys sijaitsee Jokioisten läheisyydessä
 - o yhteistyö yrityksen kanssa sujui suunnitelmien mukaisesti
- **Kasviskartano Oy**
 - o viljelee kaalia ja muita kasviksia
 - o paloittelee ja käsittelee kaalia ja pakkaa toisille yrityksille erilaisten tuotteiden raaka-aineeksi
 - o kaikki sivujakeet kootaan samaan biojätekonttiin ja ne käsitellään toisen yrityksen toimesta
 - o yritys etsii uusia tapoja hyvälaatuisien kasvissivutuotteiden käsittelyyn
 - o yhteistyö sujui suunnitelmien mukaisesti
- **Alitalon Vihannes Oy**
 - o valmistaa erilaisia salaatteja erilaisista kasvisraaka-aineista
 - o kompostoi sivutuotteet itse ja käyttää lopputuotteen pääosin omassa yrityksessä
 - o yrityksessä on kompostointirumpu normaalissa käytössä, mutta yrityksessä on myös kiinnostusta kompostoinnin tehostamiseen
 - o yrityksessä oltiin valmiita panostamaan hankeyhteistyöhön ja yhteistyö sujui hyvin
- **Vihannes Vinnikainen Oy**
 - o juuresten viljely, pakkaus ja prosessointi
 - o yritys on myös kiinnostunut kehittämään kasvissivutuotteiden käsittelyä
 - o yhteistyö sujui suunnitelmien mukaisesti

- o pikakompostorin toiminnan testaus
- Biolan Oy
 - o valmistaa maanparannusaineita
 - o toimitti biohiiltä testausta varten
- Kiteen Mato ja Multa Oy
 - o toimitti ruokohelpeä testausta varten
- SFTec Oy
 - o kuivauslaitteiden valmistaja
 - o yritys on kiinnostunut hankeyhteistyöstä ja panosti pilot-kokeeseen
- Solotop Oy
 - o laitteiden maahantuojana
 - o Green Good pikakompostorin testaus

Hankkeen alussa pidettiin työpaja sekä tutustuttiin sivutuotteiden käsittelyyn yrityksissä, tutustuttiin käytännön tilanteisiin ja ongelmakohtiin sekä kuultiin yrittäjien mielipiteitä sivutuotteiden käsittelyvaihtoehdoista ja -mahdollisuuksista. Keskustelujen pohjalta valittiin hankkeessa toteutettavat käsittelymenetelmät.

3.1 Kasvissivutuotteen säilöntäkokeet - laboratoriotaso

Laboratoriotason säilöntäkoetta tehtiin höyrykäsittelöllä porkkanasivuvirralla ja kaalinkannan porausjätteellä. Säilönnässä käytettiin sekä mikrobiologisia että kemiallisia säilöntämenetelmiä, ts. maitohappobakteeriseoksia ja muurahaishappopohjaista säilöntäainetta. Kokeiden menetelmät ja tulokset on esitetty liitteessä.

- Apetit Ruoka Oy:n höyrykuoritulla porkkanalla tehtiin laboratoriotason fermentointikokeet ja säilyvyyskokeet.
- Kasviskartano Oy:n kaalisivutuotteella tehtiin laboratoriotason fermentointikokeet

3.2 Pilot-tason kasvisrehun säilöntäkokeet yrityksissä

Pilotkokeen säilöntä toteutettiin Karotia Oy:ssä ja raaka-aineena käytettiin tuoretta porkkanasivuvirtaa. Säilöntään käytettiin maitohappobakteeriseoksia ja muurahaishappopohjaista säilöntäainetta, vertailunäytteenä oli raaka-aine ilman säilöntäainetta. Pitkäaikaissäilytyksen demonstraatio tehtiin tuoreella porkkanasivuvirralla käyttäen happolisäystä ja säilömällä sivutuote kahteen isoon (1 m³) puulaatikkoon, jotka vuorattiin erityyppisillä muoveilla, jotka estävät nesteiden valumisen ja suojaavat massaa kuivumiselta ja hapelta. Kokeilulla haluttiin selvittää yrityksessä kokonaisten porkkanoiden säilyttämiseen käytettävän muovin ja tiiviimmän mutta kalliimman ja erikseen hankittavan muovin eroja porkkanan säilönnässä. Pitkäaikaissäilytyskokeista saatiin hyvää tietoa jatkoa varten.

3.3 Kuiva-ainepitoisuuden nosto

Laboratoriotason pilotissa selvitettiin linkoamalla mikä on maksimaalinen määrä poistuvaa nestettä tuoreella, kypsentämättömällä porkkanasivuvirralla. Porkkanasivujae oli peräisin Karotia Oy:stä.

- Nesteen erotus tuottaa kuitupitoisen, puumaisen massan, josta ei enää irtoa vettä kuljetuksessa, vaikka sen kuiva-aine on korkeintaan 15 %. Nesteen erottaminen estää ravinteiden karkaamisen kuljetuksen aikana ja nestemäinen ja kiinteä jae voidaan kuljettaa erikseen käyttökohteeseensa.

- Laiteteknisistä ja säilöttyjen porkkanamassojen hygieenisyyssyistä tässä hankkeessa ei pystytty testaamaan, millä tavalla säilöntä vaikuttaa nesteen erottumiseen. Pilot on esitetty tarkemmin Hyvä tapa toimia -ohjeessa.

Alitalon Vihannes Oy:ssä kasvissivutuotteesta puristettiin pois helposti irtoava neste. Määritettiin nesteen ja kasvisosion laatua. Puristenesteestä määritettiin kuiva-aine, ravinteet, COD, DOC, TOC, johtokyky sekä pH. Kasvisosion määritettiin kuiva-aine, ravinteet sekä tilavuuspaino.

Kasvissivutuotteen kuivauskoe SFTec Oy:n pilotmittakaavan laitteella

- Elintarvikevaatimuksia täyttävää tuotetta ei pilotkuivaimesta saatu johtuen aikaisemmista kuivaustuista materiaaalieristä sekä laitteen rakentamiseen käytetyistä materiaaleista, jotka eivät ole ruostumatonta terästä. Materiaali kuitenkin kuivui kokeessa. Kosteaa kasvissivutuotetta kerää pinnoilta herkästi epäpuhtaudet. Laitteen pitäisi olla helposti puhdistettava, jotta se sopii kasvissivutuotteiden kuivaukseen.

Puristimen testaus Karotia Oy:ssä

- Puristin poisti porkkanamassasta nestettä, mutta sillä ei saavutettu yrittäjän toivomaa tulosta. Kasvismassa koostui hienojakoisesta porkkanamassasta, jossa oli seassa porkkanapaloja. Porkkanapalat huononsivat puristimen tehoa. Massa pitäisi olla homogeenista, jolloin puristin todennäköisesti toimisi paremmin. Tämä vaatisi ylimääräisen työvaiheen, eli massan ajamisen silppurin läpi.

3.4 Kasviskompostien laadun määrittäminen

1- ja 2- vuotta vanhojen kasviskompostien laatu määritettiin laboratoriotestien avulla ja arvioitiin niiden kypsyyttä ja maanparannusvaikutusta.

- Näytteet otettiin Alitalon Vihannes Oy:ssä rumpu- ja jälkikompostoidusta materiaalista
- Kompostoitu materiaali koostui jäävuorisalaatista sekä muista kasviksista (tomaatti, paprika, kurkku, sipuli, meloni, ananas, appelsiini)
- Valmiista kompostista tehtiin ravinne- ja kypsyysmääritykset: kuiva-aine, P ja K (kokonaispitoisuudet, typpihappouus), N (liukoinen; 1:5 vesiuutto (NO₃-N, NH₄-N ja liukoinen orgaaninen N, kokonais N (Kjeldahl)), C (Leco), C:N (lasketaan kokonaishiilen ja -tyypin määrityksistä), orgaaninen aine (hehkutushäviö), sähkönjohtokyky, mikrobiologinen laatu (*E. coli*), stabiilisuus (CO₂-tuotto), juurenpituusindeksi.

3.5 Kompostoinnin eri tukiaineiden laadun määrittäminen

Erialaisten kompostin tukiaineiden laatu määritettiin laboratoriotestien avulla. Tutkittavat seosaineet olivat: turve, ruokohelpi, pahvi, biohiili, lehtipuulastu sekä havupuuhake. Seosaineita määritettiin kuiva-aine, ravinteet (N, K, P), hiili, sähkönjohtavuus, tilavuuspaino sekä pH.

3.6 Kompostointikokeet

Kompostointi Alitalon Vihannes Oy:n rumpukompostilla eri seosaineilla, jälkikompostointi yrityksen kompostointihallissa

- Kompostoitava materiaali koostui jäävuorisalaatista ja muista sekalaisista kasviksista (tomaatti, paprika, kurkku, sipuli, meloni, ananas, appelsiini)
- Seosaineina käytettiin kaikissa erissä turvetta ja tämän lisäksi em. seosaineita
- Kokeessa määritettiin eriseosaineiden toimivuutta sekä vaikutusta lopputuotteeseen.

Vihannes Vinnikainen Oy:ssä testattiin Green Good pikakompostoria

- Lähtöaineina oli porkkana- ja punajuurisivujae, lähinnä pieniä porkkanoita ja punajuuria
- Pikakompostoinnissa ei käytetty seosainetta
- Kokeessa testattiin pikakompostorin toimivuutta.

3.7 Astia- ja peltokokeet kompostoinnin lopputuotteilla

Valmiita kasviskomposteja käytettiin astia- ja peltokokeissa. Ensin rummussa käsiteltyjä ja sen jälkeen aumassa jälkikypsytettyjä komposteja oli kuusi kappaletta. Vertailukompostina oli mukana aumassa käsitelty ja metsähaketta tukiaineena sisältänyt vihanneskomposti. Kaikkien rumpukompostoitujen materiaalien tukiaineena oli turve ja turpeen lisäksi käytettiin biohiiltä, pahvia ja ruokohelpeä.

Astiakokeessa tutkittiin typpilannoitusvaikutusta eli sitä, miten käyttökelpoista orgaaninen typpi näissä komposteissa on. Kaikkiin kasvualustoihin lisättiin komposteissa kokonaistyyppiä sama määrä, 300 mg/l maata. Peltokokeessa vertailtiin eri kompostien vaikutusta satotasoon. Lisättyjen kompostien hiilityyppisuhde oli 18–28. Liukoisen typen osuus kokonaistypestä oli komposteissa suurimmillaan 20 %, kun pelkkää turvetta tai turpeen ja ruokohelven seosta käytettiin tukiaineena. Liukoista tyyppiä suhteessa kokonaistyyppiin oli vähiten metsähaketta sisältäneessä aumakompostissa.

3.8 Ravinteiden ja kustannusten arviointi

Avomaan vihannestuotannossa kiertävää ravinnevirtaa arvioitiin arvioimalla kuuden eniten tuotetun vihannoksen kokonaissadon typpi-, fosfori-, kalium- ja hiilisisältö ja sen jakautumista sivuvirtoihin. Menetelmien kustannuksista tehtiin myös arvio.

4. Hankkeen tulokset

4.1 Hankkeen tavoitteiden ja suunniteltujen tulosten toteutuminen

Hankkeessa on koottu tietoa ja testattu kasvissivutuotteiden käyttöä rehuna ja maanparannusaineena.

4.1.1 Rehu

Rehukokeet liittyvät menetelmiin, jotka on kuvattu kappaleissa 3.1, 3.2 ja rehuraaka-aineen kuiva-ainepitoisuuden nosto kappaleessa 3.3. Rehukokeiden tulokset on esitetty liitteissä 1a, 1b, 1c ja 1d.

Käytännön kokemusten ja hankkeessa tehtyjen kokeiden perusteella kasvissivutuotteet soveltuvat nautakarjan ruokintaan paremmin kuin sikojen ruokintaan niiden korkean kuitupitoisuuden ja matalan valkuaispitoisuuden vuoksi. Fermentointi paransi näytteiden hygieenistä laatua vähentämällä enterobakteerien, hiivojen ja homeiden määrää. Fermentoinnin ja säilöntäaineiden avulla tuotteiden säilyvyyttä voidaan parantaa, jolloin myös logistiikkaa voidaan tehostaa harventamalla kuljetusvälejä. Toisaalta kustannuksia tulee tuotteen käsittelystä.

Pilotkokeissa raa'asta kotimaisesta porkkanasta ja sen kuorijakeesta sekä höyrykäsittelystä porkkanasivuvirrasta saatiin linkoamalla poistettua maksimissaan n. puolet vedestä ja massan painosta 30 - 50 % (riippuen irtoveden määrästä). Kiintoaine oli tällöin sahanpurumaisen kuivaa. Kuivaamisesta saatava hyöty on ravintepitoisten nesteiden valumisen vähentyminen, mikä helpottaa varastointia ja kuljetuksia. Nesteen erottaminen mahdollistaa eri jakeiden hyödyntämisen eri kohteissa ja kuljetuksen erikseen niille sopivissa kuljetusastioissa.

4.1.2 Maanparannusaine

Maanparannusaineisiin liittyvät menetelmät on kuvattu kappaleissa 3.4, 3.5, 3.6, 3.7. Kuiva-ainepitoisuuden nosto on kuvattu kappaleessa 3.3 ja ravinteiden ja kustannusten arviointi kappaleessa 3.8. Tulokset maanparannusainekokeista ovat liitteessä 2.

Kompostoinnissa sopivana kosteutena pidetään 55–70 %. Kasvismateriaalien vesipitoisuus on usein 85–90 %, joten kuivaa tukiainetta joudutaan käyttämään runsaasti. Kokeissa kompostien kosteudet olivat pikakompostoria lukuun ottamatta yli 80 %. Kompostoituminen eteni kuitenkin sekä rummussa että jälkikompostoinnissa tässä kosteudessa. Myös pikakompostorilla valmistettu komposti vaatii jälkikompostoinnin, koska tuotteessa oli kasvua haittaavia vaikutuksia eikä se tässä vaiheessa ollut valmista maanparannusainetta.

Kasviskompostien laatu parani sekä hiilidioksidin tuoton, juurenkasvun että nitraatti-ammoniumsuhteen osalta jälkikypsymisen edetessä. Hiilidioksidin tuotto oli vielä kaksi vuotta jälkikypsyneessä kompostissa korkeampi kuin lannoitevalmistelaisissa tuorekompostille määritetty enimmäispitoisuus, 6 mg CO₂-C/g VS. Kompostien levitysmäärää ohjaa ensisijaisesti pellon fosforilannoitustarve.

Astia- ja peltokokeessa kaikkien kasviskompostien typpilannoitusvaikutus vastasi vähintään kompostin sisältämää liukoista typpeä. Komposteissa, joissa käytettiin tukiaineena turpeen lisäksi ruokohelpeä ja/tai biohiiltä, orgaanisen typen mineralisoituminen lisääntyi astiakokeessa ja sitä kautta lisääntyi myös lannoitusvaikutus.

Kompostien levitysmäärää voidaan ohjata kokonaistypen, liukoisen typen tai fosforin määrän perusteella. Tällöin esimerkiksi Piikkiössä tehdyn kokeen kompostin, jossa tukiaineena oli vain turvetta, levitysmäärät voivat olla 30–60 t/ha. Kasviskompostilla on maanparannusvaikutuksen lisäksi fosfori- ja kaliumlannoitusvaikutus, mutta typpilannoitusta olisi täydennettävä mineraalilannoitteilla kaikilla viljelykasveilla. Jos kompostia lisätään 10 kg/ha fosforilannoituksen perusteella, sen sisältämä kuiva-aineen ja hiilen määrä vastaa viljojen olkisatoa. Edellä lasketun esimerkin mukaisilla 30–60 t/ha levitysmäärillä kaliumlannoitus on 80–185 kg/ha ja hiilen lisäys 1800–4200 kg/ha.

4.1.3 Hyvä tapa toimia -ohje

Hankkeessa on koottu Hyvä tapa toimia -ohje, jonka kohderyhmänä ovat kasvissivutuotteita tuottavat tilat, kasvissivutuotteiden hyödyntäjät sekä neuvonta ja viranomaistahot. Ohjeessa hyödynnetään hankkeessa saatua tutkimustietoa sekä kootaan tietoa muista tutkimuksista ja kirjallisuudesta.

Ohje on saatavissa Luken verkkosivulta Luonnonvara- ja biotalous -raporttisarjassa (www.luke.fi/julkaisut).

4.2 Poikkeamat verrattuna suunnitelmiin

Hanke oli alun perin suunniteltu kolmevuotiseksi, mutta ensimmäisessä vaiheessa rahoitus myönnettiin kahdelle vuodelle. Hankkeen tuloksia arvioitiin syksyllä 2016 ja hanke sai jatkoaikaa vuoden, eli 30.11.2017 saakka. Jatkoajan merkittävin syy oli mahdollisuus toteuttaa astia- ja peltokokeet vuonna 2016 tehdyillä kasviskomposteilla. Kesällä 2016 valmistetut rumpukompostit tarvitsivat jälkikompostoitumisaikaa vähintään puoli vuotta. Lisäksi tehtiin kasvatuskokeisiin liittyvät laboratorioanalyysit. Myös rehukokeita jatkettiin vuonna 2017.

Muuten hanke on toteutunut pääosin suunnitelmien mukaan. Yrityksissä tehdyissä testauksissa on otettu huomioon yritysten aikataulut ja vaatimukset, mistä on aiheutunut jonkin verran muutoksia aikatauluihin. Hankkeen suunnitellut toimenpiteet saatiin tehtyä sovitussa aikataulussa.

5. Hankkeen vaikuttavuus

5.1 Hankkeen positiiviset ja negatiiviset vaikutukset ravinteiden kiertoon ja Itämeren kuormitukseen

Avomaavihannessato oli vuonna 2016 177 miljoonaa kiloa, josta porkkanaa oli 73 miljoonaa kiloa, kasvi-huonetuotanto oli 86 miljoonaa kiloa (Luke 2017). Kasviksia tuottavissa ja prosessoivissa yrityksissä muodostuu paljon sivutuotteita, jopa 50 % sadosta voi päätyä sivutuotteiksi (korjuu-, varasto- ja prosessointitappiot). Esimerkiksi, jos porkkanasivutuotetta muodostuu vähintään 23 miljoonaa kiloa vuodessa (32 %) niin tässä määrässä on tyypeä 38 t, fosforia 10 t, kaliumia 153 t ja hiiltä 1252 t (porkkana sisältää tässä laskennassa tyypeä 1,7 kg, fosforia 0,35 kg, kaliumia 3,5 kg ja hiiltä 60 kg tuoretonnia kohti).

Sivutuotteiden rehuikäyttö on perinteisesti hyväksi koettu tapa palauttaa sivutuotteet ja niiden sisältämät ravinteet elintarvikeketjuun. Selvitimme hankkeessa sivuvirtojen fermentoinnin mahdollisuuksia logistiikan tehostamiseen, mutta todennäköisesti käyttö tuoreena on kilpailukykyisempi vaihtoehto sillä säilöntä ja varastointi aiheuttavat myös kustannuksia. Kun sivutuotteiden rehuarvo määräytyy lähes pelkästään tyypipitoisuuden perusteella, vähätyyppisten kasvissivutuotteiden arvo rehuna on alhainen, ellei niiden sisältämillä yhdisteillä ole jokin muu lisäarvo ruokinnassa eli säilönnän pitäisi tuottaa myös lisäarvoa.

Kasvissivutuotteista erotetut neste- ja kiintojakeet sisältävät erilaisia ravinteita ja nämä voitaisiin hyödyntää erikseen. Esimerkiksi lietelannan N- ja P-pitoiset jakeet voidaan erottaa toisistaan melko yksinkertaisinkin menetelmin, esim. painovoimaisesti. Samaa menetelmää voitaisiin käyttää myös kasvissivutuotteille. Hankkeessa tehtyjen kokeiden perusteella neste- ja kiintojakeen erottaminen toisistaan vaatii erilaisia puristus- tai erotuslaitteita, joista aiheutuu investointi- ja käyttökustannuksia. Kustannushyöty sekä vaikutus ravinteiden kiertoon täytyy arvioida tapauskohtaisesti.

Avomaan vihannestuotannon ravinnevirtoja arvioitiin laskennallisesti käyttäen saatavilla olevia tietoja kirjallisuudesta ja tehdyistä kokeista. Laskennan menetelmä on kuvattu ja tulokset esitetty liitteessä 2. Avomaan vihannesten sivuvirtojen ravinnesisältö on selvästi pienempi kuin monien muiden eloperäisten materiaalien kuten esimerkiksi biojätteen, perunan solunesteen ja puhdistamolietteen. Tämän vuoksi vihannestuotannon sivuvirtojen ravinteilla on vain paikallista merkitystä, ja niiden kierrättämisen on ensisijaisesti palveltava tuotantoalueiden ravinnetasapainoa ja vältettävä ravinnehävikkien riskejä lisääviä toimenpiteitä. Koska sivuvirran mukana voi olla myös kasvintuhoojia (taudit, ankeroiset yms.), maanparannusaineet on viisainta levittää muille kuin vihannestuotannossa oleville peltolohkoille.

Jos kaikki sivuvirraksi päätyvä vihannesmassa palautettaisiin pelloille, levityspinta-alan tarve olisi noin 450 ha vuodessa. Tällöin maanparannuskompostin levitystaso perustuisi liukoisen tyyppien annokseen 30 kg/ha, joka lisäisi levityslohkolle samalla kokonaistyyppä noin 170 kg/ha ja fosforia 20–30 kg/ha. Typpimäärät ovat kohtuulliset ja rinnastuvat nitraattiasetuksen levitystasoihin. Fosforia lisätään enemmän kuin esimerkiksi tyydyttävässä fosforiluokassa tarvitaan viljoille, joten fosforin osalta on kannattavaa käyttää tasausjaksoa. Kasvissivuvirta sisältää suhteessa eniten kaliumia, ja myös hiilen lisäys hehtaaria kohti on merkittävä. Vuosittaisen kompostilevityksen kaliumlannoitus on yleensä yli 100 kg/ha ja riittää hyvin vaativillekin kasveille. Hiilen lisäys vastaa yhtä tai kahta viljan olkisatoa. Lisätyt ravinteet ja orgaaninen aines parantavat maan kasvukuntoa ja lisäävät sadontuotannon varmuutta pienentäen tätä kautta huuhtoutumisriskiä.

Vihannestuotannon sivuvirran suurimmat käyttökohteet ovat kotieläinten ruokinta, riistaruokinta sekä käyttö maanparannusaineena. Vuonna 2004 vihannestilojen sivuvirroista 40 % käytettiin kotieläinten rehuna, 22 % riistaruokintaan ja 32 % levitettiin takaisin pellolle (Virtanen ja Salo 2005). Kotieläinten ruokintaan käytetyt ravinteet palaavat myös pääosin pellolle lannan mukana, ja niiden hyödyntäminen riippuu lannan käytöstä. Riistaruokinnan ravinteet siirtyvät osin ihmisten ravintoon, mutta leviävät pääosin riistan ulosteiden mukana niiden elinpiiriin koko pinta-alalle.

5.2 Muut vaikutukset

Sivutuotteiden hyödyntäminen rehuna tai maanparannusaineena korvaa muun rehun tai väkilannoitteiden tuotantoa ja käyttöä. Lisäksi lähellä tuotetun "lähirehun" tai "lähimaanparannusaineen" kuljetusmatka on lyhyt ja käsittely kevyttä verrattuna esim. teollisiin rehuihin tai maanparannusaineisiin. Sivutuotteiden rehu- ja maanparannusainekäyttö lisää myös tilojen välistä yhteistyötä. Koska muodostuvat sivuvirrat ovat massoiltaan ja ravinnesisällöiltään koko Suomen tasolla pieniä, niiden käyttö pitäisi tapahtua lähellä niiden muodostumispaikkaa. Kysyntä kotieläinten rehuksi riippuu lähialueen tuotantorakenteesta, ja riistaruokintaan eivät kaikki sivuvirrat sovellu. Käyttö maanparannusaineena on hyvä vaihtoehto käsitellä sivuvirta niin, että siitä ei aiheudu ravinnekuormitusta ja ravinteista sekä orgaanisesta aineksesta saadaan hyötyä pelto- maassa.

Kasvissivutuotteesta tuotettu maanparannusaine käytetään useimmiten omalla tilalla tai markkinoidaan lähialueelle. Maanparannusaineiden levitykseen käytettävien peltolohkojen ravinnetila paranee ja orgaanisen aineksen pitoisuus lisääntyy tai ainakin säilyy ennallaan. Jos arvioidaan sivuvirtojen levityspinta-alan tarpeen olevan 450 ha vuosittain, ja 30 % kasvissivutuotteista päätyvän maanparannuskäyttöön, niin vuosittainen peltopinta-ala olisi vain 135 ha. Mikäli maanparannusaineen levitys toteutetaan 3–5 vuoden välein, 400–675 ha peltopinta-ala hyötyisi levitetystä maanparannusaineesta. Kun Suomen viljelty peltopinta-ala on noin 2 miljoonaa hehtaaria (<http://stat.luke.fi>), vihannestentuotannon sivuvirtojen maanparannusainekäyttö koskettaisi vain 0,3 promillea pinta-alasta.

6. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

6.1 Viestinnän pääasiallinen sisältö, määrä, laatu, kohderyhmät

Hanketta on esitelty eri yhteyksissä: lehtijutuissa, seminaareissa sekä muissa esittelytilaisuuksissa. Jokioisissa on lisäksi pidetty erilaisia pilotlaitteistojen ja käsittelymenetelmien esittelytilaisuuksia yrityksille. Hankkeen vanhempi verkkosivu löytyy osoitteesta:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/sivuhyoty>

Luken sivuilla on hankkeen nettisivut osoitteessa <https://www.luke.fi/projektit/sivuhyoty-kasvissivutuotteiden/>, jossa on linkki myös vanhemmalle sivulle. Nettisivuille on koottu linkit myös uusiin lehtijuttuihin.

Hankkeessa on pidetty 3 omaa seminaaria, osallistuttu kuuteen muiden toimijoiden järjestämään seminaariin. Hankkeesta on kerrottu 9 lehtijutussa. Lisäksi hanketta on esitelty useissa Luken tilaisuuksissa.

Seminaarit

Hankkeen alussa, 8.4.2015, pidettiin aloitusseminaari, jossa oli osallistujia n. 30. Yritysten edustajia näistä oli n. 20 henkilöä. Seminaarin esitykset ovat hankkeen nettisivulla:

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/sivuhyoty>

Hanketta on esitelty myös muissa seminaareissa.

Satafoodin EISa-hankkeen Elintarvikeyritysten ympäristö- ja tehokkuuspäivän 24.9.2015 Huittisissa

- Elintarvikeollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen (Eila Järvenpää)
- Tapahtumaan osallistui 30 - 40 henkilöä yrityksistä, SYKE:stä sekä alan kehittäjiä (mm. Satafood, Motiva Oy). Luken esityksen jälkeen esitetyt kysymykset liittyivät konkreettisiin kysymyksiin tietyistä sivuvirroista (myös muita kuin kasvis-) ja niiden hyödyntämismahdollisuuksista joko ravinteiden kierrättämis- tai tuotenäkökulmista.

Väki -hankkeen seminaari 20.10.2015 esitykset (osallistujia 16 kpl; yrittäjiä, hanketoimijoita ym.):

- Käsittelymenetelmiä kasvissivutuotteille (Marja Lehto) ja Kasvissivutuotteet kotieläinten rehuksi (Marketta Rinne)
- Seminaarissa keskusteltiin vilkkaasti erilaisista sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuuksista.

Tuopro2 – hankkeen seminaari Seinäjoki (28.1.2016) ja Jokioinen (16.2.2016). Seminaareissa oli osallistujia 10-15 henkilöä.

- Kasvissivutuotteet ja niiden käsittely (Marja Lehto)

Novel feeds provide opportunities in the livestock sector. NÖK congress, 1 August 2016 Jakobstad, Finland. 80 Nordic dairy experts and farmers (Marketta Rinne)

SivuHyöty -seminaari pidettiin Jokioisissa 13.10.2016. Paikalla oli 25 henkilöä. Seminaarissa keskusteltiin vilkkaasti ja yritykset kyselivät paikalla olevilta asiantuntijoita omaan yritykseensä liittyvistä asioista.

Nordic Feed Science konferenssissa 13–14.6.2017 Uppsalassa oli esillä posterit: Rinne, M., Jalava, T., Siljander-Rasi, H., Kuoppala, K., Blasco, L., Kahala, M. & Järvenpää, E.. 2017. Improving the usability of carrot by-products as animal feeds by ensiling. Nordic Feed Science Conference 13-14 June 2017. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management. Report 296. pp. 163-168. Available at: <http://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/huv/nfsc/nfsc-2017-proceedings.pdf>

Bioaamu 23.11.2017, Kuopio. Uusrehuista haetaan hyötyjä ruokintaan, Marketta Rinne, Luke. Tilaisuudessa oli n. 30 osallistujaa, elintarvikealan yrittäjiä ja muita toimijoita.

SivuHyöty-hankkeen loppuseminaari 21.11.2017 Jokioisissa. Tilaisuudessa oli n. 20 alan toimijaa. Seminaarissa kerrottiin hankkeen tuloksista, kuultiin muista hankkeista ja keskusteltiin jatkosuunnitelmista ja tutkimustarpeista. Hankkeen ulkopuolelta kuultiin VTT:n yhdessä norjalaisten kanssa toteuttaman hankkeen esittely. Hankkeessamme on samat teemat ja samankaltaiset ratkaisutkin. Pääasiallinen ero näyttäisi olevan, että Sivuhyöty pyrki tuottamaan ratkaisuja myös melko pienille toimijoille, joilla voi olla ravinteiden kierrätyksen kannalta paikallisesti suuri merkitys, vaikka valtakunnan tai Euroopan tasolla ei olisikaan merkittävä vaikutus. Sivuhyöty-hankkeessa mukana ollut Hilikka Siljander-Rasi esitteli myös Luken näkemyksiä hyönteistaloudesta ja miten hyönteisiä voitaisiin käyttää sivujakeiden ja biomassojen ravinteiden kierrätyksessä. Seminaariin osallistuneista kaksi yritystä ilmoitti heti olevansa kiinnostunut jatkamaan yhteistyötä Luken kanssa hankkeen teemoista, ja toinen näistä ja muitakin Säkylän seutua koskevia toteutettaneen yhteistyössä myös paikalla olleen Pyhäjärvi-instituutin kanssa.

Maataloustieteen Päivät (10. - 11.1. 2018), abstraktit ja posterit:

- Säilörehua porkkanasivutuotteista (Marketta Rinne, Eila Järvenpää, Minna Kahala, Lucia Blasco, Hilikka Siljander-Rasi, Kaisa Kuoppala, Taina Jalava)
- Kasviskompostia maanparannusaineksi (Marja Lehto, Tapio Salo, Terhi Suojala-Ahlfors)

M. O. Franco, T. Jalava, E. Järvenpää, M. Kahala, M. Rinne . Carrot by-product fermentation quality and aerobic stability could be modified with silage additives Submitted. XVIII International Silage Conference, 24-27 July 2018.

Lehtijutut

Hankkeen alussa hankkeesta tiedotettiin Puutarha&kauppa -lehdessä (3/2015) sekä Aitoja makuja -tiedotuslehdessä (3/2015). Hankkeen esittely "Porkkanasäilykettä eläinten ruuaksi" ilmestyi Kehittyvä Elintarvike -lehdessä 4/2016. Lehden jakelu Elintarviketieteiden seura ry:n jäsenille, lehden tilaajille sekä mainosjakeluna PackTec & FoodTec messuilla (Helsinki, 20 - 22.9.2016).

Maaseudun tiede-lehdessä (ilmestymispäivä 19.9.2016) oli 3 juttua SivuHyöty -hankkeesta, linkit näihin:

<https://www.luke.fi/porkkananperkeet-tiivimmiksi-kuljetusta-varten/>

<https://www.luke.fi/porkkanankuorista-muhentuu-arvonlisaa/>

<https://www.luke.fi/blogi/lehma-sorkilla-kulkeva-biojalostamo/>

Puutarha&kauppa -lehdessä 17/2016 oli AnnaMarja Vilanderin kirjoittama juttu SivuHyöty -seminaarista (13.10.2016).

Puutarha&kauppa –lehti 9/2017 - Kasvissivutuotteiden ravinteet kiertoon – mm. tukiaineiden laadusta.

Puutarha&kauppa –lehti 17/2017 - Kasvissivutuotteita kompostoimalla ravinteet kiertoon – tuloksia kasvatuskokeista.

Säilörehua käsittelevässä review-artikkelissa on käsitelty myös kasvissivutuotteiden säilöntää:

- Wilkinson, J. M. & Rinne, M. 2017. Review. Highlights of progress in silage conservation and future perspectives. Grass and Forage Science. DOI: 10.1111/gfs.12327

Vaihtoehtoisia rehuja käsittelevässä review-artikkelissa on käsitelty myös kasvissivutuotteita "Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects" to be published in Animal during ISNH 2018 conference 2 -6 September 2018.

6.2 Arvio viestinnän onnistumisesta, viestintäsuunnitelman toteutumisesta

Hankkeen viestintää on toteutettu viestintäsuunnitelman mukaisesti. Puutarha&kauppa sekä Kehittyvä elintarvike -toimialalehdet ja Aitoja makuja -tiedotuslehti (<http://www.aitojamakuja.fi/lehti.php>) jakavat tietoa laajasti kunkin toimialan yrityksille, kehittäjille ja tutkijoille.

Hankkeessa on pidetty vuosittaiset seminaarit, joihin on osallistunut aktiivinen ja asiasta kiinnostunut joukko yrittäjiä, viranomaisia sekä tutkijoita ja muita kiinnostuneita.

7. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

7.1 Arvio tulosten kestävyudesta ja konkreettisuudesta ja siihen liittyvistä riskeistä

Hankkeessa testatut menetelmät ovat konkreettisia ja yritysten toteutettavissa olevia ratkaisuja. Rehukäyttö vaatii yhteistyöyrityksen eli eläintilan, joka hyödyntää rehun. Ratkaisut lähtevät paikallisten mahdollisuuksien hyödyntämisestä ja ovat tyypillisesti tapauskohtaisesti räätälöityjä. Kotieläintuotannon nopea rakennemuutos (vähemmän mutta suurempia tiloja) vaikuttaa taustalla tilanteesta riippuen positiivisesti tai negatiivisesti. Vuoden 2017 lopulla Suomessakin nousut hyönteisten kasvatusta saattaa nousta yhdeksi kasvissivutuotteiden käyttösovellukseksi. Sivutuotteiden maanparannusainevaihtoehdossa tarvitaan omaa peltoa tai maanparannusaineen tuotteistamista lannoitevalmistelainsäädännön mukaisesti.

SivuHyöty-hankkeessa on tehty perustutkimusta muiden hankkeiden käyttöön. Luke tekee Sitralle hanketta "Kannattavimmat kiertotalouden keinot maataloilla" (Maatilakierto). Työ on jaettu kolmeen aiheenmukaiseen ryhmään eli kasvintuotantoon, puutarhatuotantoon ja kotieläintuotantoon. Hankkeen tarkoitus on Luken asiantuntemusta ja hankkeissa kertynyttä tietoa hyödyntäen koota toimintamalleja, joilla kiertotaloutta maataloilla voidaan edistää. Sivuhyöty-hankkeen tulosten perusteella kymmenen potentiaalisimman kiertotalousratkaisun joukossa ovat "Kasvissivuvirtojen säilöntä rehuksi" sekä "Kasvissivuvirtojen kompostointi maanparannusaineiksi". Näistä tehdään Sitran hankkeessa kannattavuustarkastelut sekä arvioidaan kasvihuonekaasupäästöt. Tavoitteena on tunnistaa kiertotaloutta edistävät toimenpiteet, joiden kasvihuonekaasupäästöt ovat alhaisimmat ja joilla saavutetaan suurin päästövähennys verrattuna nykytilaan.

Sivutuotteiden hyödyntäminen ja tuotteistaminen kiinnostaa yrityksiä. Vastuukysymykset ja tiukat lainsäädännön vaatimukset sivutuotteiden rehu- ja maanparannusaineidenkäytölle voivat olla este hyödyntämiselle. Rehun tuottamisessa on ankarana vastuun periaate, jossa vahingonaiheuttajalta ei edellytetä huolimattomuutta tai tahallisuutta vahingon aiheuttamisessa. Tässä yrittäjän tuotevastuuvakuutus voisi pienentää yrittäjän riskiä ja lisätä halukkuutta sivutuotteiden toimittamiseksi rehukäyttöön. Tällaisia vakuutuksia on jo tullut markkinoille. Kasvintuhoojen leviämisen riskin minimoimiseksi raaka-aineen alkuperästä ja viljelyolosuhteista olisi tarpeellista tietää mahdollisimman paljon. Tämän tiedon pohjalta voidaan valita sivuvirran käsittelymenetelmät riskien mukaan ja ohjata maanparannusaineet sopiville lohkoille, jolloin kasvintuhoojen leviämiskäsi pysyy vähäisenä.

Sivuhyöty-hankkeen tuloksia ja kehittämiskohteita käsitellään myös LIFE IP Circwaste Finland -hankkeessa (LIFE15 IPE/FI/004; 2016 - 22). Lukella on siinä neljä biohajoavien materiaalien uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen liittyvää toimenpidettä, joista yksi keskittyy kasvituotteita jalostavien kaupallisten toimijoiden tuotantoprosessien kehittämiseen ja niissä muodostuvien kasvissivuvirtojen hyödyntämiseen.

7.2 Ehdotukset hankkeen tulosten hyödyntämiseksi, ml. liiketaloudelliset ja lainsäädännölliset näkökohdat

Hankkeen tulokset ovat alan toimijoiden käytettävissä loppuraportin ja Hyvä tapa toimia -ohjeen kautta. Loppuraportti julkaistaan ympäristöministeriön verkkosivulla. Hyvä tapa toimia -ohje on vapaasti verkosta saatavilla olevassa Luken julkaisusarjassa ja siitä tiedotetaan alan yrityksille.

Rehukäytön osalta kasvissivutuotteen käyttö tuoreena lienee useimpiin tilanteisiin sopiva ratkaisu säilönän haasteiden ja lisäkustannusten takia. Maanparannusaineena orgaanisen aineksen arvostusta tulisi nostaa ja lisätä tietoa erilaista raaka-aineista, niiden saatavuudesta, käytöstä ja hyödyistä mm. maan kunnolle sekä ravinteiden kiertoon. Myös lupakäytäntöjen pitäisi olla sivutuotteiden parempaan hyödyntämiseen kannustavia, esimerkiksi pienimuotoisen toiminnan lupaehtojen helpottaminen ja erilaisten kokeilujen helpompi toteutus.

Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä sisältää toimenpiteen, "Ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen". Toimenpiteessä korvataan viljelijälle 40€/ha peltopinta-alalta, jolle levitetään Lannoitevalmistelain mukaisia orgaanisia lannoitevalmisteita (kuiva-ainepitoisuus vähintään 20 %) 15 m³/ha vuodessa tai enemmän. Tämä tukimuoto on esimerkki maanparannusaineiden käyttöä lisäävästä toimintamallista. Toimenpiteen ohjeiden mukaan toiselta maatilalta hyväksytään lannoitevalmistelain ulkopuolella käytettäväksi vain kuivalantaa tai lannasta erotettua kuivajaetta. Olisi hyödyllistä pohtia, voisiko vihannestilan asianmukaisesti käsitelty sivuvirta kuulua myös toimenpiteen piiriin, vaikka sille ei olisi pienen valmistusmäärän (< 400 m³/ha) takia haettu lannoitevalmisteen asemaa.

7.3 Teknis-taloudellisen toteutettavuuden arviointi

Yrityksissä, joissa kasvissivuvirtamäärät eivät ole suuria, yleisimmät käsittelytavat ovat sivutuotteiden rehukäyttö sellaisenaan, kuljetus kompostointi- tai biokaasulaitokseen tai kompostointi omalla tilalla ja käyttö maanparannusaineena. Käsittelemättömän sivutuotteen käytöllä voi olla riskejä, esim. kasvitautien leviäminen, rehun pilaantuminen sekä haju- ja hygieniahaitat. Sivutuotteiden käsittelystä aiheutuu aina kustannuksia yritykselle, mutta niitä tuotteistamalla ja myymällä tuotteet edelleen kustannuksia voidaan pienentää ja samalla saadaan ravinteet tehokkaasti hyötykäyttöön. Sivutuotteiden käsittelykustannuksista on ollut saatavissa vähän tietoa. Tässä hankkeessa selvitettiin tarkasteltujen menetelmien kustannuksia.

Isommille yrityksille sivutuotteet ovat merkittävä kuluerä ja heillä on usein paremmat edellytykset investoida sivutuotteiden käsittelyyn. Suuret volyymit kiinnostavat myös hyödyntäjiä. Sivutuotteiden järkevä hallinta voi tuoda yritykselle taloudellista hyötyä ympäristö- ja imagohyötyjen lisäksi.

7.3.1 Kasvissivutuotteiden rehukäytön taloudellisuus

Halvin vaihtoehto kasvissivutuotteiden käsittelyssä on niiden toimittaminen rehuksi sellaisenaan silloin, kun kotieläintila sijaitsee lähietäisyydellä. Tässä tapauksessa kustannuksia tulee jonkin verran sivutuotteiden välivarastoinnista, siirtelystä, kuljetuksesta sekä työstä. Jos sivutuotetta käsitellään jollakin tavoin säilyvyyden parantamiseksi, kuljetuskustannukset pienenevät, mutta käsittelykustannukset kasvavat.

Rehutuotteiden hinnoittelussa on, kosteiden kasvissivutuotteiden kyseessä olleessa, tärkeä huomioida rehun kuiva-ainepitoisuus, ettei rehun käyttäjä maksa vedestä rehun hintaa. Rehun kuiva-ainepitoisuus on määritettävä tai arvioitava ja yksinkertaisimmillaan hintaa voidaan verrata vastaavan yleisesti käytetyn rehun kuiva-aineen hintaan. Laskuesimerkit on julkaistu Hyvä tapa toimia -ohjeessa toimijoiden käyttöön. Sivutuoterehujen taloudellisuutta voidaan arvioida vertaamalla niitä vastaaviin perinteisiin rehuihin. Rehuarvoltaan kasvissivutuotteita voidaan verrata esimerkiksi rehuviljaan. Niiden kuiva-aineen energia-arvo on märehittäjien ruokinnassa 5–10 % pienempi kuin viljan. Rehujen hinnat eivät ole vakioita, mutta lokakuun 2017 hinta rehuviljalle on noin 130 €/t. Jos rehuja verrataan pelkän kuiva-aineen perusteella, tulisi 10 % kuiva-ainetta sisältävän kasvissivutuotteen (esimerkiksi porkkanapohjainen) arvoksi noin 15 €/t ja 20 % kuiva-ainetta sisältävän tuotteen (esimerkiksi perunapohjainen) noin 30 €/t. Kannattavuuteen vaikuttavat

kuljetus- ja käsittelykustannukset, käyttö pitäisi olla mahdollisimman lähellä kotieläintuotantoa. Tilalla tulisi olla ruokintaketju, esim. aperuokinta jo valmiina. Uusia investointeja tuskin kannattaa tämän rehun käytölle tehdä. Yrityksen kannalta kannattavuuteen vaikuttavat myös kasvissivutuotteiden käsittelyn vaihtoehdot käytötavat ja kustannukset. Kannattavuuteen vaikuttavat siis useat tekijät, jotka pitäisi tapauskohtaisesti selvittää.

7.3.2 Kompostoinnin kustannukset

Kompostoinnin kustannukset on laskettu hankkeessa tehdyn rumpu- ja pikakompostointikokeiden pohjalta. Vertailun vuoksi on laskettu kustannukset vaihtoehdolle, jos sivutuote vietäisiin biokaasu- tai kompostointilaitokseen käsiteltäväksi. Suurimmat kuluerät rumpukompostoinnissa ovat työ- ja tukiainekustannukset, näiden jälkeen tulevat kompostointihallin- ja kompostirummun kustannukset, jotka jakaantuvat pidemmälle aikajaksolle. Sivutuotteiden rumpukompostoinnin kustannukset (41 €/m³)(liite 2, taulukko 7.1) ovat selvästi pienemmät kuin niiden kuljettaminen käsittelylaitokseen (76 €/m³)(taulukko 7.3). Vaikka pikakompostorin laitekustannus on korkea, kompostointikustannukset olivat vertailun alhaisimmat (29 €/m³) (liite 2, taulukko 7.2). Laitteen maahantuoja arvioi laitteen käyttöiksi 25 vuotta. Kasvissivutuotteiden kompostointi tilalla on kustannustehokas vaihtoehto ja tuotoksena saadaan hyvää maanparannusainetta.

8. Talousraportti

Hankkeelle myönnettiin rahoitus ensin kahdelle vuodelle (2015–2016) 272 012 € ja myöhemmin vielä kolmannelle vuodelle 64 700 € eli hankkeen kokonaisbudjetti oli 336 712 €.

Hankkeelle myönnetty rahoitus käytettiin kokonaisuudessaan. Pääosa hankkeen kustannuksista olivat palkkakustannuksia sekä Luken yleiskustannuksia. Palkkakustannuksista merkittävä osa meni näyttöiden analysointiin ja erilaisiin koejärjestelyihin. Analyysit tehtiin Luken laboratorioissa. Jos rahoitusta olisi ollut enemmän, olisi rehun fermentointikoe voitu toistaa ja saada enemmän tietoa menetelmän toimivuudesta.

9. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

9.1 Esiin nousseet jatkohankkeita koskevat ideat ja tarpeet

Kasvisten alhaisen typpipitoisuuden ja kotieläintuotannon (liha, maito) rehuprosessien takia kasvissivuvirrat eivät usein sovi rehukäyttöön tai niistä saatava lisäarvo on hyvin pieni. Jatkossa tulisi tarkastella kasvissivutuotteiden käyttöä kotimaisena rehuraaka-aineena lemmikkieläimille, hevosille, kaloille ja hyönteisille. Näihin liittyviä hankkeita on jo suunnitteilla tai käynnissä Lukessa ja muissa organisaatioissa Suomessa.

SivuHyödyn -tulosten pohjalta työ jatkuu mm. EU Life IP -hankkeessa Circwaste Finland (LIFE15 IPE/FI/004) ja Sitran selvityksessä.

Maanparannusaineiden maan rakennetta ja kasvukuntoa tutkivia hankkeita on käynnistynyt viime vuosina hyvin. Hankkeita ovat mm. MMM:n rahoittamat: Maanparannusaineiden hiilitasevaikutuksen mallinnus (MAHTAVA, 2016–2019), Orgaaninen aines maaperän tuottokyvyn kulmakivenä (ORANKI) ja pääosin EAKR-rahoitteinen Osaamista maan kasvukunnon hoitoon (OSMO 2015–2018) sekä Luken rahoittama Plant nutrition and plant health management strategies in strip-cropping systems of vegetables utilizing waste derived soil-improvers and fertilizers -hanke. Orgaanisen aineksen merkityksestä ja lisäyksen taloudellisuudesta

saadaan näistä hankkeista uutta tietoa, jonka avulla toivottavasti voidaan suhteuttaa maanparannusaineiden valmistamisesta syntyvät kustannukset peltolohkolle saavutettavaan hyötyyn.

9.2 Mitä vastaavissa hankkeissa tulisi välttää, mitä suositellaan

Ruuantuotannon kiertotalous ja biotalous ovat nopeasti kehittyviä aloja Suomessa, ja muutokset ovat nopeita – jopa sellaisia, joita ei ole näköpiirissä hankesuunnitelmaa laadittaessa. Hankkeiden pitäisi olla joustavia ja erilaisiin muutoksiin sopeutuvia. Pitkäkestoisia hankkeita tarvitaan, sillä eri käyttötapojen toimitusta ei voida todentaa kovin lyhyessä ajassa.

10. Johtopäätökset hankkeesta ja päätuloksista

Sivutuotteisiin päätyvä huomattava osa kasvisten sisältämistä ravinteista. Sivutuotteet tulisi käsitellä siten, että niiden ravinteet tulevat tehokkaasti kiertoon.

10.1 Kasvissivutuotteiden käyttö rehuna

Porkkanasivutuote on vesipitoinen ja runsaasti sokereita sisältävä raaka-aine, jonka rehukäyttöä rajoittavat suuret kuljetuskustannukset ja lyhyt säilyvyys. Porkkanan säilöntä fermentoimalla osoittautui mahdolliseksi, mutta käyminen oli hyvin voimakasta ja valmis tuote hyvin vesipitoista. Vesi- ja kiintoainejakeiden ravinneeroja ei voitu selvittää tässä hankkeessa, mutta jatkohankkeessa se pilotoidaan ja tarkastellaan mahdolliset käyttökohteet. Säilöntäaineista erityisesti muurahaishappopohjainen valmiste paransi tuotteen aerobista stabiilisuutta ja rajoitti käymistä vähentäen erityisesti sokerien hajoamista säilönnän aikana. Tulosten perusteella fermentoitu porkkanan sivutuote soveltuu säilyvyydeltään ja muilta ominaisuuksiltaan nautakarjatilaille seosrehun komponentiksi, mutta mikäli mahdollista, käyttö tuoreena on useimmissa tapauksissa taloudellisempi vaihtoehto säilöntä- ja varastointikustannusten takia. Porkkanasivutuotteen käyttö on mahdollista myös sioille mm. virikerehuna.

10.2 kasvissivutuotteiden maanparannusainekäyttö

Kompostoinnissa sopivana kosteutena pidetään 55–70 %. Kasvismateriaalien vesipitoisuus on 85–90 %, joten kuivaa tukiainetta joudutaan käyttämään runsaasti. Kokeissa kompostien kosteudet olivat pikakompostoria lukuun ottamatta yli 80 %. Kompostoituminen eteni kuitenkin sekä rummussa että jälkikompostoinnissa 80 %:n kosteudessa. Kompostin seosaineena kannattaa käyttää yrityksen läheltä tai yrityksen omasta toiminnasta saatavia seosaineita. Kuljetuskustannukset lisäävät oleellisesti kustannuksia. Ruokohelpeen verrattava tukiaine voisi olla järviruoko, jonka korjuuta ja hyödyntämistä on myös tutkittu esim. Ruokopelto- (<http://www.ymparisto.fi/ruokopelto>) sekä Ruokotuote-hankkeissa (<http://www.kiteenmatojamulta.fi/raki.html>). Ruokohelppi ja järviruoko voisivat yhdessä kattaa hyvin alueellista tarjontaa.

Kompostien, joissa käytettiin eri tukiaineita, lannoitusvaikutus vastasi niiden sisältämää liukoista typpeä, mutta ruokohelven ja biohiilen käyttö tukiaineena lisäsi kompostin orgaanisen typen mineralisoitumista ja sitä kautta lannoitusvaikutusta. Ruokohelppi-, biohiili- ja turve-kompostista typpeä saaneet raiheinät kasvoivat lähes samaa vauhtia kuin liukoista typpeä 100 mg/litraa saaneet kontrollinäytteet.

Torjunta-aineiden riski on arvioiden mukaan Suomen käyttömäärillä melko olematon, mutta kasvitaudit ja tuhoajat ovat riski, joka on otettava huomioon. Riskin hallitsemiseksi on hyvä tietää raaka-aineen alkuperä (kotimainen/ulkomainen). Lannoitevalmistelaki rajaa vihannesten teollisen käsittelyn (mukaan lukien kuorimot ja pakkaamot) sivuvirroista valmistetun lannoitevalmisteiden käytön peruna-, juurikas- ja taimituotannon ulkopuolella ja kehottaa tarkastelemaan myös valuma-alueita, jottei valumavesien mukana tapahtuisi kasvintuhoojien kulkeutumista. Kompostoinnin, lämpökäsittelyn (70° C vähintään 1 h) tai muun viranomaisten hyväksymän menetelmän avulla levitysrajoitteet voidaan poistaa. Mikäli raaka-aineet on todettu vapaiksi kasvintuhoojista, käsittelyä ei tarvita.

Erilaisilla indikaattoreilla (esim. hiilidioksidin tuotto, nitraatin ja ammoniumin suhde) sekä kompostin lämpötilan seurannalla saadaan tietoa kompostin kypsytyksestä ja prosessin toiminnasta. Kasvintuhoojien häviämisen varmistamiseksi kompostointiprosessi olisi testattava möhöjuuren ja tupakan mosaiikkiviruksen säilyvyyden sekä tomaatin siementen itävyyden kautta (OEPP/EPPO 2005). Testausprosessi on kuitenkin työläs ja möhöjuuri sekä tupakan mosaiikkivirus ovat vaikeasti hallittavia kasvitauteja, joiden ylimääräistä käsittelyä pitäisi välttää.

Kasvitautilien ja -tuhoajien riskien vähentämiseksi tuotantopeltojen tilanne on tarpeellista tietää. Tämä tiedon perusteella voidaan sivuvirta ohjata sopiville pelloille ja tehdä kompostointi tai muu käsittely raaka-aineen vaatimalla intensiteetillä.

Viitteet

- Fink, M., Feller, C., Scharpf, H.C., Weier, U., Maync, A., Ziegler, J., Paschold, P.J., Strohmeyer, K. 1999. Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents of field vegetables—Recent data for fertiliser recommendations and nutrient balances. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 162 (1), 71-73.
- Franke U., Hartikainen H., Mogensen L., Svanes E. 2016. Food losses and waste in primary production: Data collection in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers, Nordic Council of Ministers Secretariat, Nordisk Ministerråd, 2016. , 90 p. TemaNord, ISSN 0908-6692; 2016:529 Available at: <https://doi.org/10.6027/tn2016-529>
- Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., Emanuelsson A.. 2013. The Methodology of the FAO study: "Global Food Losses and Food Waste-extent, causes and prevention"-FAO, 2011. Göteborg: SIK.
- Hartikainen, H., Svanes, E., Franke, U., Mogensen, L., Andersson, S., Bond, R., Burman, C., Einarsson, E., Eklöf, P., Joensuu, K., Olsson, M. E., Räikkönen, R., Sinkko, T., Stubhaug, E., Rosell, A., Sundin, S. 2017. Food losses and waste in primary production. Case studies on carrots, onions, peas, cereals and farmed fish. Nordic Council of Ministers 2017. TemaNord 2016:557
- Helsky, T., Anttalainen, M., Palviainen, S., Kempainen, P., Lehto, M., Salo, T., Mäkelä, M., Tuominen, A., Piilo, T. 2006. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) perunan ja juuresten koneellisessa kuorinnassa ja käsittelyssä. *Suomen ympäristö* 57: 87 p.
- Marttinen S., Venelampi O., Iho A., Koikkalainen K., Lehtonen E., Luostarinen S., Rasa K., Sarvi M., Tampio E., Turtola E., Ylivainio K., Grönroos J., Kauppila J., Koskiaho J., Valve H., Laine-Ylijoki J., Lantto R., Oasmaa A., zu Castell-Rüdenhausen M. 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa. Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 45/2017 http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540214/luke-luobio_45_2017.pdf?sequence=6
- OEPP/EPPO. 2008. Guidelines for the management of plant health risks of biowaste of plant origin. OEPP/EPPO Bulletin 38: 4–9. <https://gd.eppo.int/download/standard/71/pm3-066-2-en.pdf>.
- Salo, T. 2000. Ravinnetaseilla tarkkuutta lannoitukseen. *Puutarha&kauppa* 19B: p. 20.
- Virtanen, H., Salo, T. 2005. Kasvijäte puoliksi pellolle ja eläimille. *Puutarha & kauppa* 17/2005: 8-9.

KASVISSIVUTUOTTEIDEN KÄYTTÖARVON PARANTAMINEN ELÄINTEN RUOKINNASSA

Minna Kahala, Eila Järvenpää, Lucia Blasco, Hilikka Siljander-Rasi, Taina Jalava, Marketta Rinne

1. Tavoitteet

- mahdollistaa sivutuotteen kustannustehokas kuljetus (esim. täydet rekkakuormat)
- tasalaatuinen hygieenisesti moitteeton rehuotuote
- tuotteen stabiilisuus rehukäytössä, mikä tarkoittaa mm. sitä, ettei seosrehusta tule liian lämpenemisherkkää, kun sivutuotetta lisätään ruokintaan
- löydetään käytännön toimintaan sopivat suositukset tarvittavasta prosessoinnista ja säilöntäaineista
- selvitetään mahdollisuus fraktioida fermentoitu sivutuote sikojen ruokintaan soveltuvaksi maitohappoa sisältäväksi lisäarvotuotteeksi

Aiempaa kokemusta porkkanasivutuotteen säilönnästä on kovin vähän, joten erilaisia vaihtoehtoja joudutaan testaamaan etukäteen laboratoriomittakaavassa.

2. Esikoe pilottimittakaavan demonstroinnille

Säilöntäkoee toteutettiin 17.11.2015. Raaka-aineen toimittaja oli Apetit Ruoka Oy, Säkylä. Raaka-aineena oli höyrykuorittu porkkana, hylätyt porkkanakuutiot ym. Raaka-aine säilöttiin sellaisenaan ilman jatkokäsittelyitä. Taulukossa 1 on esitetty raaka-aineen koostumustiedot.

Porkkanaa säilöttiin infuusiopulloihin (100 ml) eri säilöntäaineilla eri säilytysaikoja, jolloin saatiin selville säilytysajan vaikutus porkkanamassan pH:n kehitykseen, maitohappopitoisuuteen, mikrobiologiseen laatuun ja stabiilisuuteen aerobisissa olosuhteissa. Säilöntäaineet on kuvattu Taulukossa 2.

Taulukko 1. Raaka-aineen koostumus.

Kuiva-aine, g/kg	87
pH	6.10
Kuiva-aineessa, g/kg	
Tuhka	48
Raakavalkuainen	93
Raakarasva	6
Sokerit	501
Raakakuitu	127
NDF-kuitu	177
Sulavuus	
Sellulaasiliukoisuus, g/kg OA	941
Orgaanisen aineen sulavuus*	0.877
D-arvo*	835

*Laskettu käyttäen Huhtasen ym. (2006) yleistä kaavaa

Taulukko 2. Kokeessa käytetyt säilöntäaineet.

Lyhenne	Tuotenimi	Valmistaja/ markkinoija Suomessa	Koostumus	Aineen käyttömäärä tässä kokeessa
Happo	AIV [®] 2 Plus	Eastman Chemical Company	76 % muurahaishappo, 5,5 % ammoniumformaatti, 18,5 % vesi	5 l/t
LAB1	Bonsilage alfa	Schaumann Eurotrading	Heterofermentatiivinen 1k2071 Lactobacillus plantarum (DSM 21762), 1k2076 Lactobacillus paracasei (DSM 16245), 1k2075 Lactobacillus buchneri (DSM 12856), 1k2082 Lactococcus lactis (NCIMB 30160) Tuotteessa vähintään 1,25·10 ¹¹ baktee- ria/g	2,5 x 10 ⁵ CFU/g
LAB2	Josilac Classic	Joseira GmbH & Co.	Homofermentatiivinen Lactobacillus plantarum LSI (NCIMB 30083 /1k20736) Lactobacillus plantarum L256 (NCIMB 30084 /1k20737) Pediococcus acidilactici P11 (DSM 23689 /1k1011) Pediococcus acidilactici P6 (DSM 23688 /1k1010) Entsyymi 43 000 HET/g tuoretta: Ksyla- naasia lähteenä Trichoderma longi- brachiatumMUCL 39203 (EC 3.2.1.8) (1k)	6 g/t eli 6 x 10 ⁵ CFU/g rehuraaka-ainetta
LAB3		Luke	Luken kasviksista eristämien maitohap- pobakteerikantojen seos	n. 1 x 10 ⁶ CFU/g

28 vrk säilytystä varten tehtiin isommat 1,5 l lasipurkit porkkanaa, joista erotettiin neste ja kiinteä osa ja tehtiin tarkemmat koostumusanalyysit. Ajatuksena oli se, että erottamalla säilönnän jälkeen maitohappopi-
toinen neste voitaisiin saada lisäarvotuote sikojen liemirehuruokintaan.

Säilöntäkäsittelyt:

- fermentointi ilman ympejä tai kemikaaleja (Kontrolli)
- fermentointi kaupallisen biologisen säilöntäaineseoksen (Bonsilage alfa sis. myös heterofermenta-
tiivisen Buchneri-kannan, ei entsyymejä) avulla (LAB1)
- fermentointi kaupallisen biologisen säilöntäaineseoksen (Josilac, sis. homofermentatiivisia maito-
happokantoja ja entsyymejä) avulla (LAB2)
- fermentointi kasviksista Lukessa eristettyjen maitohappobakteerikantojen (seos useista kannoista,
homo- ja heterofermentatiivisia) kera (LAB3)
- fermentointi käyttäen säilöntäaineena AIV 2 Plus (5 l/t) (Happo)

Säilytysajat pikkupulloissa: 0 vrk, 2 vrk, 6 vrk, 14 vrk ja 28 vrk

- Aikapisteissä mitattiin pH, maitohappopitoisuus, mikrobiologinen laatu (hiivat, homeet ja entero-
bakteerit) ja aerobisen pilaantumisen seuranta.
- Jokaista käsittelyä tehtiin 3 rinnakkaista tilastollisten käsittelyjen mahdollistamiseksi. Pullojen mää-
rät on esitetty alla olevassa kaaviossa

Taulukko 3. Näytteet pikkupulloissa.

	Pikkupullot				
	Kontrolli	LAB1	LAB2	LAB3	Happo
0 vrk	3	3	3	3	3
2 vrk*	5	5	5	5	5
6 vrk	3	3	3	3	3
14 vrk	3	3	3	3	3
28 vrk	3	3	3	3	3

*Lisäpullot: nesteen erottuminen ja maitohappo nesteessä ja niiden säilyminen.

Erotettu neste- ja kiinteä fraktio säilytettiin huoneen lämmössä ja niiden pilaantumista seurattiin aistinvaraisesti (ulkonäkö, haju) 14 ja 28 vrk jälkeen.

3. Säilönnän toteutus

Porkkanaa punnittiin laatikoihin 8 kg ja niihin sekoitettiin säilöntäaineet. Säilöntäaineet laimennettiin vedellä siten, että nesteen kokonaismäärä on 100 ml. Kontrollikäsittelyyn lisättiin sama määrä vettä.

Kaikki viisi säilöntäkäsittelyä tehtiin yhtä aikaa. Pullot ja purkit täytettiin pienissä erissä ja painotettiin käsin painamalla. Astiat punnittiin etukäteen ja kaikkiin astioihin pakattiin painon perusteella sama määrä porkkanaa. Astiat täytettiin mahdollisimman täyteen jolloin niihin jäi vain vähän ilmaa. Purkit punnittiin siten että kaikissa rinnakkaisissa on sama määrä, jolloin tiheys pystyttiin vakioimaan. Astiat säilytettiin 20 °C:ssa.



Kuva 1. Minna Kahala ja Eila Järvenpää tarkastavat isoissa ja pienissä purkeissa säilöttyä porkkanasivutuotetta. Kuva: ©Luke / Marketta Rinne.

4. Kaasunmittaus

Injektioruiskulla mitattiin infuusiopulloihin kertyvän kaasun määrä pulloista, joita säilytettiin 28 vrk. Mittauksia tehtiin epätasavälein, jopa useita kertoja päivässä, sen perusteella miten paljon kaasua muodostui.



Kuva 2. Marketta Rinne mittaa porkkanasivutuotteen fermentoinnissa muodostunutta kaasun määrää. Kuva: ©Luke / Taina Jalava.

5. Aerobisen pilaantumisen seuranta

Kun pikkupullot oli avattu ja tarvittavat näytteet otettu, jäljelle jäänyt materiaali paineltiin kevyesti pakasterasian pohjalle. Astia peitettiin kuivumisen estämiseksi tuorekelmulla. Keltuun tehtiin neulalla reikiä (n. 7). Massan pilaantumisesta seurattiin silmämääräisesti siihen asti kunnes se oli selkeästi pilaantunut, jonka jälkeen näyte hävitettiin. Näytteitä käytiin havainnoimassa päivittäin pois lukien viikonloput. Havainnot kirjattiin ylös asteikolla 0 = ei muutoksia, 1 = vähän homeetta, 2 = selvästi homeetta, 3 = ihan pilalla. (Huom. 0-vrk ajalla purkit peitettiin kelmulla vasta 1 vrk jälkeen).

6. Analysointi säilönnän jälkeen isoissa purkeissa

Purkit avattiin ja arvioitiin säilyminen visuaalisesti sekä hajun perusteella. Purkki tyhjennettiin ja sisältö sekoitettiin.

Näytteiden koko massa separoitiin ja neste- ja kiinto-osaan ja määrät punnittiin. Analyysit tehtiin erikseen näille fraktioille ja koko massan koostumus saatiin laskennallisesti. Myös raastetun massan nesteen erottumista mitattiin.

Analyysit purkeista pidemmän säilönnän jälkeen (15 kiinteää osaa kokonaisina säilötyistä, 15 nesteosaa kokonaisina säilötyistä):

- pH
- kuiva-ainepitoisuus pakkaskuivurilla (kvantitatiivisesti siten että kuivattu osa muodostaa analyysinäytteen)
- vesiliukoiset hiilihydraatit, maitohappo, VFA, etanoli
- hiivat, homeet, enterobakteerit
- karotenoidit: nopea spektroskooppinen menetelmä kemiallisen hapettumisen seurantaan

7. Säilöntäkokeen tuloksia: kemiallinen koostumus

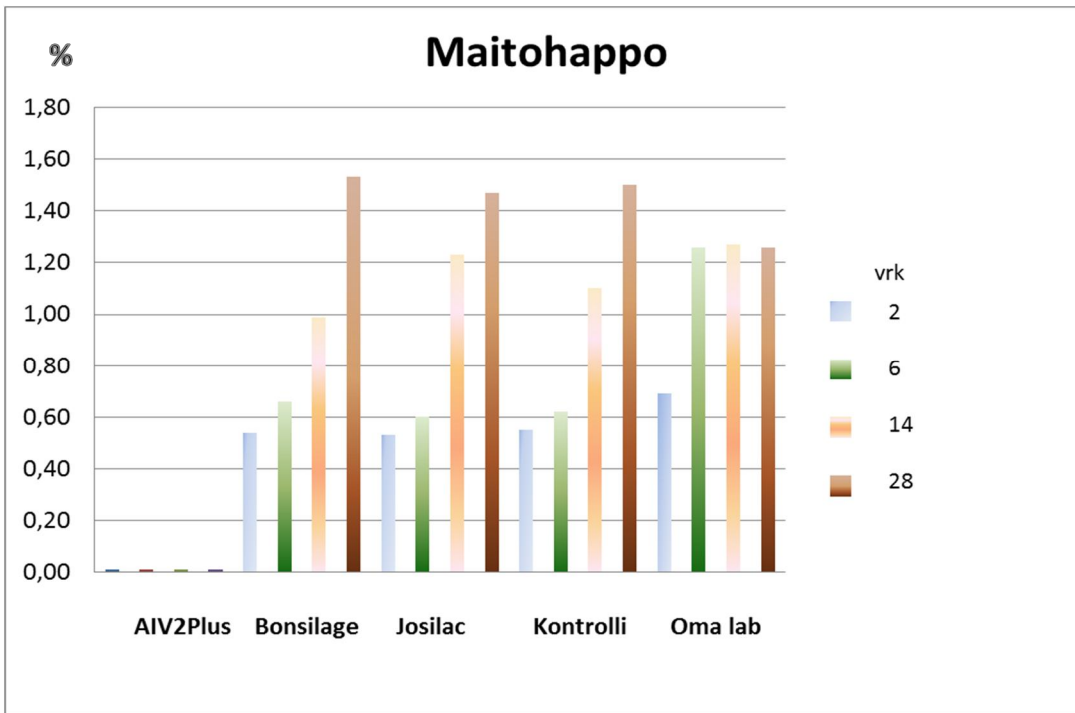
Näytteestä analysoitiin:

- pH
- kuiva-ainepitoisuus
- tuhka, raakavalkuainen (Leco), raakakuitu, raakarasva, NDF, vesiliukoiset hiilihydraatit, sellulaasiliukoisuus
- hiivat, homeet, enterobakteerit, maitohappobakteerit
- karotenoidit: nopea spektroskooppinen menetelmä kemiallisen hapettumisen seurantaan

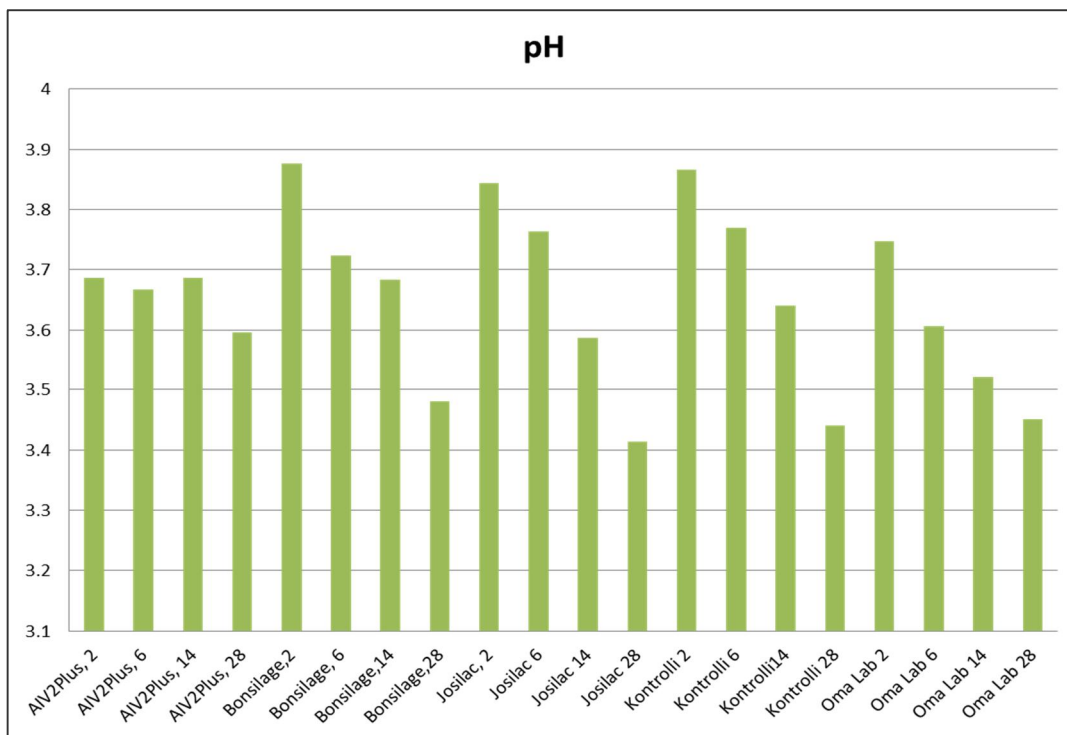
Taulukossa 4 on esitetty säilöttyjen jakeiden koostumus, ja kuvissa 3 ja 4 jakeiden kemiallista laatua kuvaavia kaavioita.

Taulukko 4. Porkkanan kiinteän ja nesteosan koostumus 28 pv säilönnän jälkeen.

	Kontrolli	Bonsilage	Josilac	Oma LAB	AIV2Plus
Kiinteä					
Kuiva-aine, g/kg	81.1	85.4	83.1	84.7	87.3
pH	3.37	3.42	3.41	3.45	3.68
Kuiva-aineessa, g/kg					
Sokerit	13.9	15.4	14.5	19.1	304
Etanoli	36.6	38.3	38.3	40.1	95.7
Maitohappo	13.9	13.5	14.5	12.9	0.1
Etikkahappo	40.0	40.6	38.7	32.6	7.7
Propionihappo	1.7	1.9	1.7	1.8	4.1
Voihappo	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9
Isovoihappo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Isovaleriaanahappo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
Valeriaanahappo	0.9	0.8	0.8	0.0	0.0
Kapronihappo	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Neste					
Kuiva-aine, g/kg	59.1	68.2	64.0	70.8	40.5
pH	3.21	3.20	3.19	3.19	3.38
Kuiva-aineessa, g/kg					
Sokerit	4.7	5.4	4.5	7.8	823
Etanoli	35.1	20.9	26.9	18.8	198
Maitohappo	282	244	241	197	3.0
Etikkahappo	63.0	55.2	52.6	49.5	16.3
Propionihappo	0.2	0.1	0.1	0.1	6.4
Voihappo	0.8	0.5	0.6	0.6	1.0
Isovoihappo	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
Isovaleriaanahappo	0.6	0.0	0.0	0.0	0.7
Valeriaanahappo	0.7	0.5	0.6	0.2	0.6
Kapronihappo	1.0	0.4	0.5	0.4	0.8



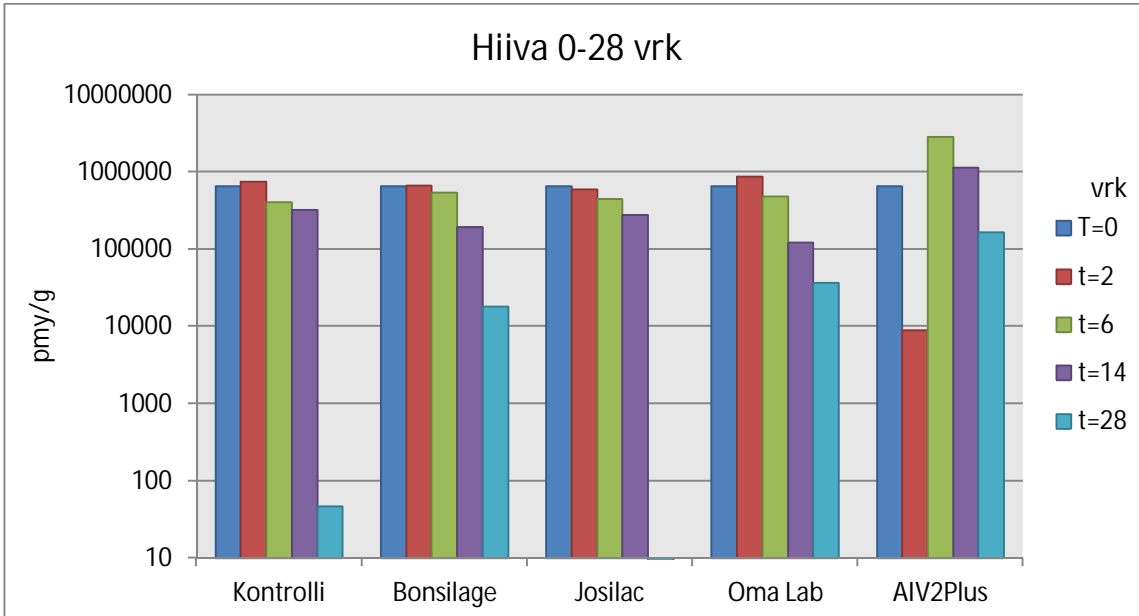
Kuva 3. Maitohapon tuotto eri käsittelyillä.



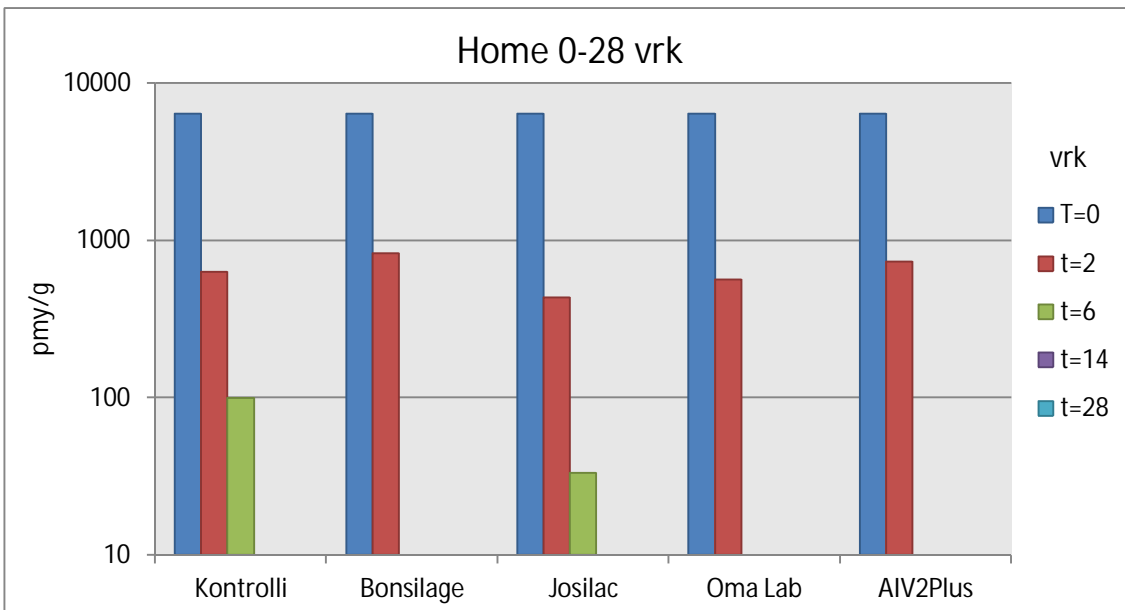
Kuva 4. Säilöttyjen jakeiden pH 2vrk, 6 vrk, 14 vrk ja 28 vrk aikapisteissä

8. Säilöntäkokeen tuloksia: Mikrobiologinen laatu

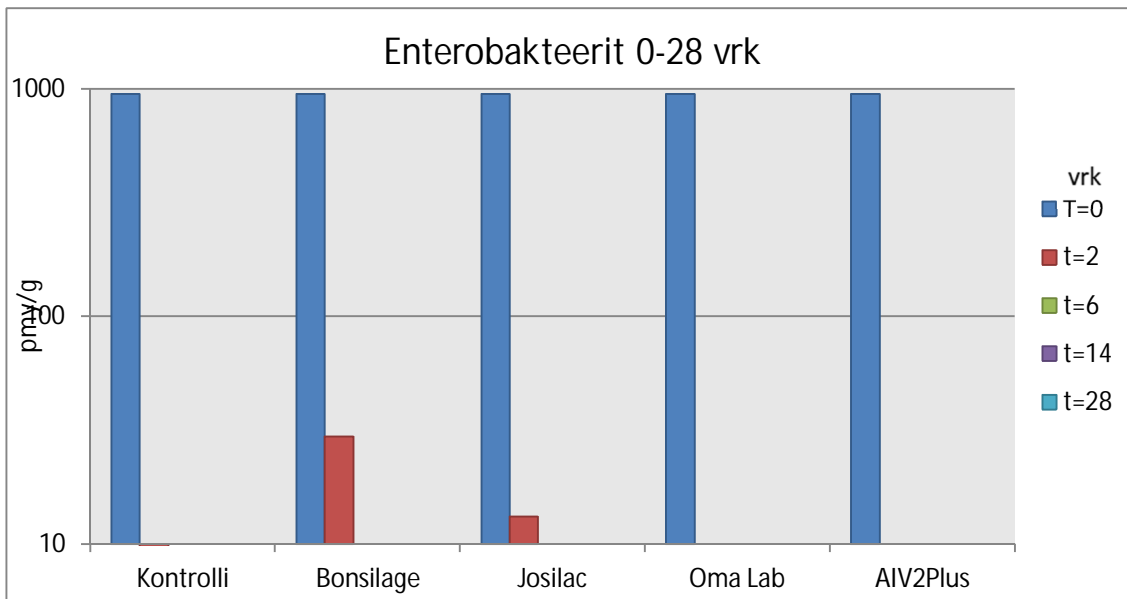
Kuvissa 5, 6 ja 7 on esitetty säilöttyjen jakeiden mikrobiologista laatua kuvaavat kaaviot kaikissa aikapisteissä.



Kuva 5. Säilöttyjen jakeiden mikrobiologinen laatu: hiivat



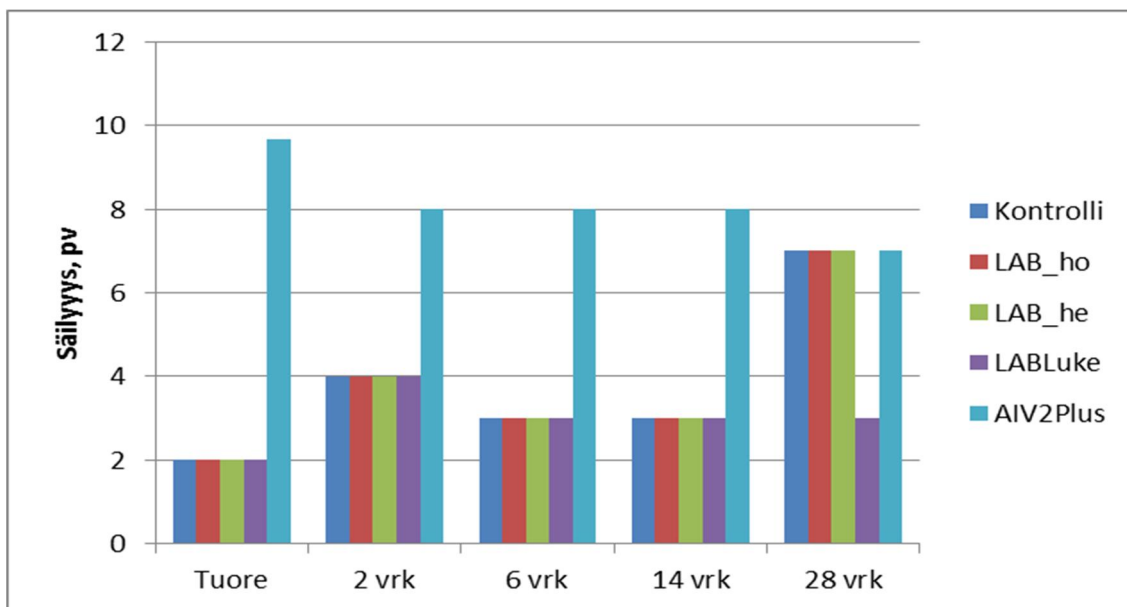
Kuva 6. Säilöttyjen jakeiden mikrobiologinen laatu: homeet



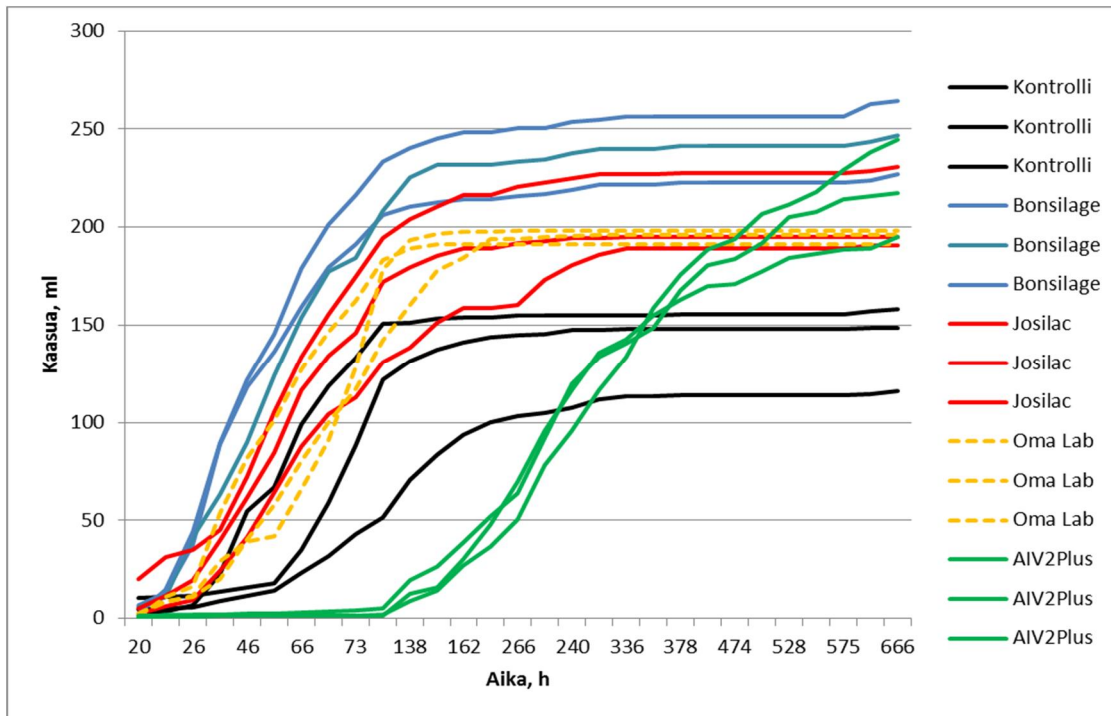
Kuva 7. Säilöttyjen jakeiden mikrobiologinen laatu: enterobakteerit

9. Johtopäätökset (kuvat 5-7)

Mikrobien määrissä tapahtui selkeää laskua fermentoinnin kuluessa kaikilla käsittelyillä. Homeita ja enterobakteereita ei enää havaittu 14 vrk ja 28 vrk näytteissä. Hiivojen määrät laskivat käsittelystä riippuen alkutilanteen $6,6 \times 10^5$ pmy/g:sta vaihdellen alle kymmenestä (Josilac), $1,7 \times 10^5$:een (AIV2Plus).



Kuva 8. Aerobinen säilyvyys visuaalisesti (homeet) arvioituna oli selvästi pisin AIV2Plus-säilöntäaineella ja massan fermentointi pidensi aerobista stabiiliisuutta muilla kuin AIV2Plus-aineella säilötyissä erissä.



Kuva 9. Käymiskaasujen muodostuminen näytepulloissa. AIV2Plus hidasti selvästi kaasunmuodostumista ja maitohappobakteeriympit lisäsivät sitä verrattuna kontrolliin.

10. Pilotointi

Edellä kuvattu laboratoriomittakaavan testaus tuotti tietoa, jonka pohjalta voitiin valita muutama käsittely testattavaksi pilot-mittakaavassa. Seuraavalla sivulla on posterit, jossa esitettiin hankkeen tämän osion tuloksia Pohjoismaisessa rehukongressissa Ruotsissa, kesäkuussa 2017.



Improving the usability of carrot by-products as animal feeds by ensiling



M. Rinne, T. Jalava, H. Siljander-Rasi, K. Kuoppala, L. Blasco, M. Kahala, E. Järvenpää
 Natural Resources Institute Finland (Luke), FI-31600 Jokioinen, Finland

Objective was to evaluate ensilability of a carrot by-product and more generally to improve the usability of moist vegetable by-products as animal feeds. The work was funded by the Finnish Ministry of Environment to support nutrient recycling.

Methods

- Steam-peeled carrot by-product was used
- Ensilaging was conducted in pilot scale for 0, 2, 6, 14 and 28 days (3 replicates)
- Different additive treatments were applied
 - Control without additive
 - Heterofermentative lactic acid bacteria (LAB1)
 - Homofermentative lactic acid bacteria (LAB2)
 - In-house isolated lactic acid bacteria (LAB3)
 - Formic acid based additive (Acid)

Results

- Carrot raw material had low dry matter content (87g/kg) but high water soluble carbohydrate content (501 g/kg DM)
- Fermentation was extremely intensive but could be restricted with Acid application (Table 1). Note high residual water soluble carbohydrate (WSC) content in the Acid treated silage.
- Dynamics of gas production during fermentation showed clearly slower gas production from Acid treated samples than the other treatments. LAB-inoculation increased gas production compared to the control (Figure 1).
- The aerobic stability of Acid was much longer than that of other treatments for fresh material and after short fermentation periods, but the differences diminished at 28-day ensiling period (Figure 2).

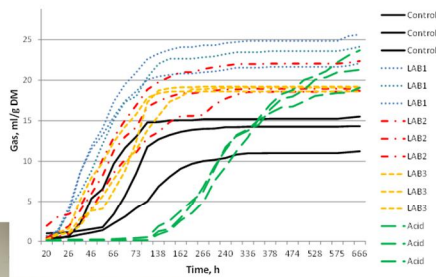


Figure 1 Gas production was released manually to produce cumulative curves.



Photo: ©Luke/ Taina Jalava

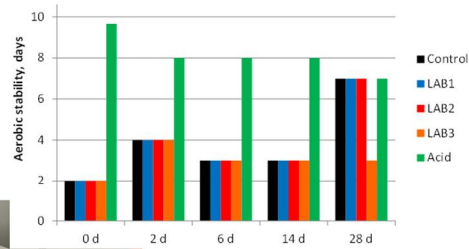


Figure 2 Aerobic stability was evaluated visually by appearance of moulds / yeasts on the surface of carrot material.



Photo: ©Luke/ Marketta Rinne

Table 1 Results of ensiled carrot by-products after 28 days of fermentation.

	Control	LAB1	LAB2	LAB3	Acid	SEM	C1	C2	C3
GP, ml/g DM	13.7	23.9	20.0	19.0	21.4	1.09	<0.001	<0.001	0.765
Liquid prop.	0.027	0.015	0.020	0.015	0.039	0.0048	0.089	0.123	0.003
In solid fraction									
Dry matter, g/kg	81.1	85.4	83.1	84.7	87.3	0.95	0.013	<0.001	0.024
pH	3.37	3.42	3.41	3.45	3.68	0.014	0.005	<0.001	<0.001
Amm. N, g/kg N	55	58	56	56	85	2.0	0.614	<0.001	<0.001
In DM, g/kg									
WSC	13.9	15.4	14.5	19.1	304	9.27	0.822	<0.001	<0.001
Ethanol	36.6	38.3	38.3	40.1	95.7	4.22	0.648	<0.001	<0.001
Lactic acid	172	158	175	152	1.1	80.9	0.215	<0.001	<0.001
Acetic acid	40.0	40.6	38.7	32.6	7.7	1.18	0.076	<0.001	<0.001
Propionic acid	1.7	1.9	1.7	1.8	4.1	0.10	0.600	<0.001	<0.001
Butyric acid	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.02	0.420	0.105	0.013

SEM = Standard error of the mean; C1 = Control versus all LAB treatments; C2 = Control versus Acid, C3 = All LAB treatments versus Acid. GP = Gas production, WSC = water soluble carbohydrates.

Conclusions

- The carrot by-product could be preserved by ensiling, but the fermentation was very intensive (high acid concentrations) if not restricted by Acid.
- Acid induced ethanol type of fermentation.
- Only minor effects could be detected from using different LAB treatments compared to Control.
- Stability of the fresh carrot by-product was remarkably extended by applying Acid.
- Many concerns in utilizing vegetable by-products as feeds for livestock remain, and solutions need to be found fitting each individual case both from producer and end-user point of views.

PORKKANASIVUVIRRAN REHUKÄYTÖN EDISTÄMINEN KAROTIA OY:SSÄ

Luken edustajat: Eila Järvenpää p. 0295326189, Minna Kahala p. 0295326197, Marketta Rinne p. 0295326482, Taina Jalava p. 0295326690, Jokioinen, sähköpostit: etunimi.sukunimi@luke.fi
Yrityksen edustaja: Arto Hyytiäinen, Karotia Oy, Kivisaarentie 48, 31110 MATKU (FORSSA)
Puh. +358-3-4350242 tai +358-400-825581, sähköposti karotia@karotia.fi

1. Tausta

Nykytilanteessa porkkanasivuvirta menee rehukäyttöön pääasiassa naudoille käsittelemättömänä. Sivutuote haetaan yrityksestä 2 kertaa viikossa.

Porkkanan kuorinnassa ja muotoilussa muodostuu porkkanaraasteen kaltaista sivujaetta, jonka vesipitoisuus on samaa luokkaa kuin tuoreen porkkanan eli n. 90 %. Porkkanan kuiva-aineesta n. 55 % on sokereita, n. 25 % kuituja, ja loput muita sokeripolymeerejä, proteiineja, orgaanisia happoja ja muita yhdisteitä sekä mineraaleja.

Puristettaessa osa vedestä irtoaa, mutta hankalasti, sillä kuitujakeet sitovat paljon vettä. Useimmilla laitteilla isommat palat, kuten porkkanan kannat haittaavat mekaanista puristusta. Veden määrä tekee massasta painavaa, ja kuljetettaessa osa vedestä irtoaa painovoimaisesti erityisesti jos massa alkaa spontaanisti käydä. Veden irtoaminen varastossa tai kuljetettaessa on epätoivottua, lisäksi osa liukoisista ravinteista poistuu nesteen mukana.

Kemialliset ja entsyymaattiset käsittelyt muuttavat vedensidontakykyä. Tässä testataan säilöntäkokeen ohessa, miten spontaani käyminen, hallittu maitohappokäyminen ja muurahaishapposäilöntä vaikuttavat porkkanakuidun ominaisuuksiin ja veden poistumiseen massasta. Käymisreaktioissa on sekä entsyymaattinen että kemiallinen vaikutus, muurahaishapposäilönnässä pääasiassa kemiallinen.

Sivuvirran käsittelyssä on kaksi eri tavoitetta:

- Tuoreen tavaran säilyvyyden pidentäminen onnistuneen rehukäytön takaamiseksi
- Pitkäaikaisen varastoinnin mahdollisuus

Osana Sivuhuöty-hanketta Lukessa toteutettiin koemittakaavan säilöntäkoee loppusyksyllä 2015. Kokeen tulosten perusteella tuoreen porkkanamassan säilyvyys huoneenlämmössä voidaan pidentää 2 päivästä noin viikkoon lisäämällä siihen muurahaishappopitoista säilöntäainetta. Säilöntäaineen käyttömäärä oli 5 l/t, mikä vastaa n. 5,5 – 7,5 € kustannusta per tonni.

Porkkanamassa käy hyvin voimakkaasti runsaan sokeripitoisuutensa takia. Aktiivinen käymisvaihe kesti noin viikon. Maitohappobakteerikäsittelyjen ja kontrollin välillä ei ollut suuria eroja. Valmiissa rehussa oli runsaasti etanolia ja etikkahappoa mutta myös maitohappoa. Muurahaishapon käyttö säilöntäaineena rajoitti maitohapon muodostumista mutta lisäsi etanolin määrää. Rehun stabiilisuutta aerobisessa vaiheessa säilön avaamisen jälkeen pystyttiin parantamaan vain hieman fermentointikäsittelyllä.

Ilmatiiviisti säilötyinä voitaisiin todennäköisesti kesäajan sivutuote säilöä ilmojen kylmettyä tapahtuvaa rehukäyttöä varten. Porkkanamassan säilömiseen isommassa mittakaavassa liittyy kuitenkin tiettyjä haas-

teita, esim. runsas kaasun muodostuminen ja käymistuotteiden haihtuminen, joka vähintäänkin aiheuttavat ravintoainetappioita, mahdollisesti muita ongelmia (haju, puristenesteen erottuminen, ilman laadun huononeminen).



Kuva 1. Karotian toimitusjohtaja Arto Hyytiäinen ja Luken tutkijat Eila Järvenpää ja Taina Jalava demonstroivat porkkanasivutuotteen säilöntää toukokuussa 2016. Kuva: ©Luke/Marketta Rinne.

2. Käytetty raaka-aine

Käytettävissä olevat materiaalit Karotialla 31.5.2016:

- Sivuvirta sellaisenaan (palat ja raaste sekaisin)
- Raaste, josta palat eroteltu

HUOM. Puristinta ei teknisistä ongelmista johtuen saatu toimimaan, joten puristettua raastetta ja mehua ei ollut käytettävissä. Päädyimme tekemään rinnakkaiset sivuvirrasta ja raasteesta, kun tarvikkeita oli varattuna.



Kuva 2. Karotian porkkanasivutuotetta, jossa mukana porkkananpaloja. Kuva: ©Luke/Marketta Rinne.

Edustava näyte ja analysointi raaka-aineesta: ka, tuhka, typpi, sokerit, NDF (ei mehusta), karotenoidit, mikrobiologiset analyysit: LAB, hiivat, homeet, enterobakteerit, kokonaisbakteerimäärä,

Säilöntäkoetta toteutettiin Karotian tiloissa ti 31.5.2016. Rehulaatikkoon punnittiin 10 kg säilöttävää massaa, sekoitettiin mukaan ennalta punnittu säilöntäainemäärä ja pakattiin tiiviisti muovipusseihin, jotka laitettiin ns. melassiämpäreihin. Molemmista raaka-aineista tehtiin 2 käsittelyä.

Säilöntäainekäsittelyt:

- Kontrolli (sama vesimäärä kuin säilöntäaineen mukana)
- Maitohappobakteeriympäristö (heterofermentatiivinen Bonsilage)
- Muurahaishappopohjainen valmiste (AIV2Plus 5 l/tonni)



Kuva 3. Taina Jalava sekoitti säilöntäaineet porkkanasivutuote-eriin Karotia Oy:llä.

Kuva: ©Luke/Marketta Rinne.

Erät säilöttiin Karotialla ulkona ja tuotiin Luken koe-eläintalille huoneenlämpötilassa olevaan varastoon. Muovipussit suljettiin tiiviisti ja pussin suuhun laitettiin vesilukko muodostuvan kaasun poistumisen mahdollistamiseksi. Tilaan laitettiin lämpötilaloggeri. Erien kuntoa seurattiin silmämääräisesti ja ne valokuvattiin tarpeen mukaan. Alkupunnitus tehtiin heti täyttämisen jälkeen ja loppupunnitus juuri ennen avaamista, jolloin saatiin säilöntätappio määritettyä.

Siilot avattiin kolmen viikon säilöntäajan jälkeen. Ämpäri punnittiin. Massasta otettiin edustava näyte. Näyte otettiin massan keskiosasta välttämällä erityisesti pinnan homehtunutta massaa. Analyysit: ka, tuhka, typpi, sokerit, maitohappo, VFA, ammoniakkityppi, pH, mikrobiologiset analyysit: hiivat, homeet, enterobakteerit, kokonaisbakteerimäärä, karotenoidit.

Aerobisen stabiilisuuden määrittäminen tehtiin raaka-aineelle ja siilojen avaamisen jälkeen. Jokaisesta rehuerästä otettiin pakasterasian pohjalle n. 2 cm massaa. Purkit jätettiin rei'itetyllä tuorekelmulla peitettynä huoneenlämpöön ja pilaantumista seurataan aistinvaraisesti. Kun näyte oli pilaantunut, se heitettiin pois ja aika päivinä kirjattiin tulokseksi.

3. Nesteen erotuksen mallintaminen linkoamalla

Sivuhuötyhankkeessa ei ole mahdollista tehdä niin suurta säilöntäkoetta, että puristinta olisi mahdollista käyttää säilöttyjen näytteiden puristamiseen, joten tavoitteena oli mallintaa niitä Luken koehallin pilot-lingolla. Luken koehallin (Jokioinen) suodattavalla lingolla voidaan käsitellä kerralla maksimissaan n. 5 kg porkkanamassaa, jonka jälkeen laite on tyhjennettävä sinne kertyneestä kiintoaineesta (semi-batch). Laitteella määritetään laskennallisesti voima, joka puristettaessa tarvittaisiin tiettyyn kuiva-ainepitoisuuteen pääsemiseksi, tai käytetään Karotia Oy:ssä käytössä olevan puristuslaitteen tyypillistä voimaa ja määrite-

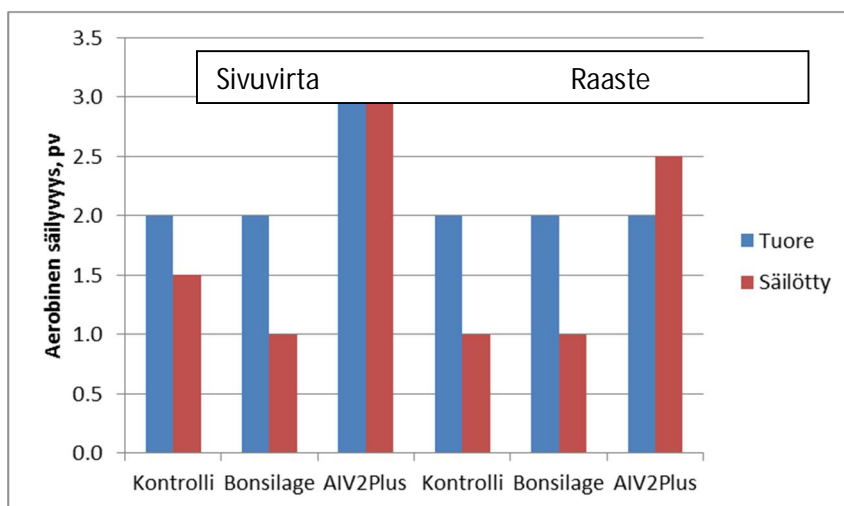
tään saatu kuiva-aine. Laitteesta voidaan lisäksi ottaa talteen erottuva neste kuiva-aine- ja ravintoainepitoisuuksien määrittämiseksi.

Tässä hankkeessa tätä osiota ei voitu toteuttaa. Säilötyissä erissä oli niin paljon homeita, että emme voineet ottaa niitä pilot -halliin Jokioisiin. Tila on hyväksytty elintarvikehuoneistoksi, emmekä halunneet ottaa sitä riskiä, että homeisesta materiaalista olisi levinnyt linkousprosessin aikana homeitiöitä koehalliympäristöön. Tämä oli hankkeen vaiheessa harmillista, sillä oletuksena oli, että säilönnällä olisi vaikutus porkkanan rakenteeseen ja siten vaikutusta veden irtoamiseen, ja kummankin jakeen kuiva-aine- ja ravintoainepitoisuuksiin.

Tutkimusryhmä jatkaa kasvissivujakeiden säilöntään ja hyödyntämiseen liittyviä pilotointeja CIRCwaste-hankkeessa (LIFE IP CIRCWASTE FINLAND, LIFE15 IPE/FI/004), ja tämä osio tullaan toistamaan sen aikana.

4. Tulokset

Kuvassa 4 on esitetty tulokset näytteiden aerobisesta stabiilisuudesta. Tässä kokeessa säilöntä ei parantanut aerobista stabiilisuutta tuoreeseen massaan verrattuna. Muurahaishappopohjainen säilöntäaine (AIV2Plus) paransi stabiilisuutta jonkin verran ja erityisesti säilötyssä massassa. Kaikkien massojen säilyvyys oli suhteellisen lyhyt rehukäyttöä ajatellen.



Kuva 4. Sivuvirran ja raasteen aerobisen säilyvyys ennen ja jälkeen säilönnän.

5. Mikrobiologinen laatu

Taulukko 1. Raaka-aineen mikrobimäärät ennen säilöntää ja 20 vrk:n säilönnän jälkeen

		kok.bakt.	hiivat	homeet	enterobakt.	MHB
		pmy/g	pmy/g	pmy/g	pmy/g	pmy/g
sivuvirta	0-näyte	2,0E+06	1,1E+05	8,2E+03	6,2E+04	2,1E+06
siilo1, sivuvirta						
vesi	20 vrk	6,1E+07	<1 000	<1 000	<10	1,7E+08
siilo2, sivuvirta						
Bonsilage	20 vrk	9,4E+07	5,5E+03	<1 000	<10	2,0E+08
siilo3, sivuvirta						
happo	20 vrk	1,1E+03	<4 000	<4 000	<10	2,5E+04
siilo10, sivuvirta2						
vesi	20 vrk	5,5E+07	<1 000	<1 000	<10	2,3E+08
siilo11, sivuvirta2						
Bonsilage	20 vrk	9,2E+07	4,1E+03	<1 000	<10	2,5E+08
siilo12, sivuvirta2						
happo	20 vrk	2,3E+02	8,2E+03	<1 000	<10	<10 000
raaste	0-näyte	2,3E+07	1,5E+06	1,0E+05	7,8E+05	1,8E+07
siilo4, raaste						
vesi	20 vrk	3,2E+07	<1 000	<1 000	<10	2,0E+08
siilo5, raaste						
Bonsilage	20 vrk	3,2E+07	<1 000	<1 000	<10	1,2E+08
siilo6, raaste						
happo	20 vrk	1,6E+02	<1 000	<1 000	<10	<10 000
siilo7, raaste2						
vesi	20 vrk	2,2E+07	4,5E+03	<1 000	<10	1,1E+08
siilo8, raaste2						
Bonsilage	20 vrk	2,7E+07	<1 000	<1 000	<10	1,1E+08
siilo9, raaste2						
happo	20 vrk	3,6E+05	<1 000	<1 000	<10	6,0E+05

Taulukosta 1 havaitaan, että 20 vrk:n aikana raaka-aineen mikrobiologinen laatu parani selkeästi lähtötilanteesta. Sekä hiivojen, homeiden että enterobakteerien määrät laskivat huomattavasti, yleisimmin jopa alle määrittäysrajan (enterobakteerit <10 pmy/g; homeet <1000 pmy/g). Tuloksissa on kuitenkin huomioitava, että näytteet otettiin pinnalle muodostuneen hiivan ja homeen alta.

Taulukko 2. Raaka-aineen ja säilöntäaineen vaikutus säilötyn porkkanan laatuun 21 päivän säilytyksen jälkeen (huoneenlämpö). Tilastollinen merkitsevyys: R = raaka-aineen (sivuvirta vs. raaste) vaikutus, S = säilöntäaineen vaikutus, R*S = edellisten yhdysvaikutus.

	Sivuvirta			Raaste			SEM	Merkitsevyys		
	Kontr.	LAB	AIV	Kontr.	LAB	AIV2		R	S	R*S
Kuiva-aine, g/kg	60	61	75	60	64	75	0.9	0.465	<0.001	0.666
Tuhka	88	87	67	79	78	66	0.7	<0.001	<0.001	0.022
Raakavalk.	72	73	78	71	71	82	0.6	0.958	<0.001	0.066
Sokerit	10	11	394	6	6	245	1.7	<0.001	<0.001	<0.001
pH	3.60	3.58	3.80	3.73	3.77	3.78	0.012	0.001	0.002	0.005
Amm-N, g/kg N	29	28	229	29	28	239	3.5	0.510	<0.001	0.620
Maitohappo	192	190	2	139	141	6	3.0	<0.001	<0.001	0.003
Etikkahappo	53.1	52.3	5.9	33.6	35.7	6.4	0.7	<0.001	<0.001	<0.001
Propionihappo	4.7	4.5	0.9	4.0	4.2	0.9	0.09	0.035	<0.001	0.096
Voihappo	0.34	0.33	0.27	0.33	0.31	0.27	0.005	0.414	<0.001	0.666
Isovoihappo	0	0	0	0	0	0	-			
Valeriaanahappo	0	0	0	0	0	0	-			
Isovaleriaanah.	0	0	0	0	0	0	-			
Kapronihappo	0.17	0	0	0	0	0.07	0.044	0.590	0.550	0.331
Painonmenetyks säilönnän aikana, %	0.21	0.63	0.25	0.38	0.46	0.13				

Porkkanasäilörehujen kuiva-ainepitoisuus oli erittäin matala (taulukko 2) ja massasta erottui nestettä säilönnän jälkeen. Erottuva neste on reukäytön kannalta ongelma. Muurahaishappo rajoitti tehokkaasti säilörehun käymistä, joka oli muissa rehuissa erittäin voimakasta. Muurahaishapporehuissa sen sijaan oli poikkeuksellisen suuri ammoniakkipitoisuus. Rehut olivat pinnasta hiivan peitossa mutta itse rehumassa oli aistinvaraisesti arvioituna suhteellisen miellyttävää. Laboratorioanalyysien valossa ja kosteutensa perusteella se on kuitenkin kotieläinten ruokinnassa suhteellisen haastava rehuraaka-aine.

6. Pitkäaikaissäilytyksen demo

Pitkäaikaissäilytystä varten tehtiin demonstraatio Karotialla. Kahteen isoon (1 m²) puulaatikoon laitettiin porkkasivutuotetta noin puolilleen. Toinen laatikko vuorattiin aumamuovilla ja toisessa on mikroperferoitu muovipussi. Molempiin sekoitettiin muurahaishappoa (huom. mikroperferoidussa laatikossa happo sekoitettiin vain pintakerrokseen). Pussit suljettiin huolellisesti ja laatikoiden annettiin olla yli kesän n. 3 kk kylmävarastossa jonka lämpötila on 0 °C. Kun siilot avattiin, olivat ne homeessa päältä ja homeisia kostia oli myös kauttaaltan massan sisällä. rehut olivat aistinvaraisesti arvioituna pilaantuneita ja myös mm. ammoniakkipitoisuus oli niissä erittäin korkea. Kokeilemämme säilöntätapa ei sovellu porkkanasivutuotteen säilöntään.

Taulukko 3. Rehujen koostumus säilytyksen jälkeen (kylmävarasto 0 °C).

	Aumamuovi	Reikämuovi
Kuiva-aine, g/kg	65	81
Kemiallinen koostumus, g/kg ka		
Tuhka	68	63
Raakavalkuainen	107	128
Sokerit	185	217
pH	3.46	3.32
Ammonium-N/kokonais-N, g/kg	386	532
Käymishappojen pitoisuus, g/kg ka		
Maitohappo	12.1	5.4
Etikkahappo	10.3	6.8
Propionihappo	1.5	1.2
Voihappo	0.92	0.25
Isovoihappo	0	0
Valeriaanahappo	0	0
Isovaleriaanahappo	0	0
Kapronihappo	0.15	0



Kuva 5. Porkkanasivutuotteen pitkäaikaisvarastoinnin demonstraatio Karotia Oy:n kylmävarastossa.

Kuva: ©Luke / Marketta Rinne.

Höyrykuoritun porkkanan sivuvirta sisälsi sokereita noin puolet kuiva-aineesta ja raakavalkuaista oli melko vähän (93 g/kg ka), joten se olisi sioille lähinnä energiarehu. Sivuvirrasta ei määritetty aminohappoja, mutta kirjallisuuden mukaan porkkanan lysiinipitoisuus on verrattavissa ohraan, ja muiden sioille tärkeimpien aminohappojen pitoisuus on pienempi kuin ohrassa. Sivuvirran vesipitoisuus oli hyvin korkea, 91 %.

Höyrykuoritulle, säilömättömälle porkkanalle lasketut rehuarvot sioille näkyvät taulukossa. Viiterehuna laskennassa oli kuivattu sitruspulppa (Evapig®), jonka kemiallinen koostumus on lähellä porkkanan koostumusta.

Taulukko 1. Höyrykuoritun porkkanan sivuvirran kemiallinen koostumus ja rehuarvo sioille.

Kemiallinen koostumus	
Kuiva-aine, g/kg	87
pH	6,10
Kuiva-aineessa, g/kg	
Tuhka	48
Raakavalkuainen	93
Raakarasva	6
Sokerit	501
Raakakuitu	127
NDF-kuitu	177
Rehuarvot sioille	
Energian sulavuus	
Kasvava sika	0,76
Aikuinen sika	0,84
Nettoenergia-arvo, MJ/ kg ka	
Kasvava sika	8,14
Aikuinen sika	9,03
Valkuaisen sulavuus	
Kasvava sika	0,61
Aikuinen sika	0,90

Höyrykuoritun porkkanan sivuvirran kuiva-aineen nettoenergia-arvo on noin 70 % sikojen yleisimmän energiarehun, ohran, nettoenergia-arvosta. Rehukäytön kannalta porkkanan suuri vesipitoisuus ja pieni energia-arvo ovat haasteellisia. Saadakseen rehusta yhden megajoulen nettoenergiaa, sian olisi syötävä 1,4 kg porkkanan sivuvirtaa. Vastaavan energiamäärän saa 0,1 kg:sta ohraa. Sikojen syöntikyky rajoittaa energian saantia hyvin vesipitoisista rehuista. Sokerit ovat porkkanan tärkein hiilihydraatti ja niiden hävikki säilönässä pienentää energia-arvoa. Jos höyrykuoritun porkkanan sivuvirtaa säilötään rehuksi, tulosten mukaan muurahaishappopohjainen säilöntäaine on suositeltavampi kuin biologiset säilöntäaineet, koska sokereita on runsaasti jäljellä kiinteässä ja nestefaasisa haposäilönnän jälkeen. Säilötyn sivuvirran maittavuus sioille tulisi selvittää.

Nykyisin sikojen ruokinta on pitkälti koneellistettu ja automatisoitu ja erilaisia sivutuotteita käytetään paljon rehuksi. Vähemmän haluttuja ovat sivutuotteet, joiden saanti on kausiluonteista, joiden käsittelystä

aiheutuu tilalle lisätyötä tai jotka sopivat huonosti automatisoituun ruokintaan. Höyrykuoritun porkkanan sivuvirrassa on vettä yli 90 %, joten rehukäytön tulisi olla hyvin lähellä tuotantoa kuljetuskustannusten minimoimiseksi. Sivuvirran etuna on, ettei sitä tarvitse puhdistaa eikä hienontaa ennen säilöntää. Säilötyn höyrykuoritun porkkanan sivuvirran käytön kustannuksista ja soveltuvuudesta sikojen ruokintalaitteisiin ei ole kokemuksia ja ne tulisi selvittää.



Kuva 1. Porkkanasivujakeen säilöntäpurkkeja.

Kaalin sivuvirtaa noudettiin Köyliön Kasviskartano Oy:stä. Koe tehtiin käyttäen kaalin kannan porausjätettä, vertailuna kokeessa oli kokonaisia kaaleja. Tarkoituksena oli selvittää porausjätteen soveltuvuutta edelleen elintarvikkeeksi tai rehuksi.

Koe-erästä tehtiin seuraavia analyysejä: Kuiva-aine, kemiallinen koostumus, käymistuotteet, mikrobiologiset määritykset

1. Raaka-aineiden kemiallisia ominaisuuksia

Kannan porausjätteen ja vertailukaalin erojen kuvailemiseksi määritettiin näytteiden kuiva-aine, proteiini- ja tuhkapitoisuudet, ja ne on esitetty taulukossa 1. Tulokset olivat aika odotettuja. Proteiinipitoisuus on aika yllättävä, ja siksi pitää huomioida seuraava: analyysimenetelmän mukaan tulos sisältää muutkin tyypiyhdisteet, ja ero saattaa johtua kannan sisältämistä puumaisista, tyypipitoisista polymeereistä.

Taulukko 1. Kaalisivuvirran ja normaalin kaalin koostumuseroja.

Materiaali	Kuiva-aine	Tuhkapitoisuus	Proteiinit (kokonaistyyppi x6,38)
Kaalin syötävä osa (verrokki)	10,1	0,68	1,1
Kaalinkantarouhe (sivujae)	10,3	1,0	2,0

Kaali leikattiin viipaleiksi, porausjäte käytettiin sellaisenaan. Fermentointi tehtiin perinteisen hapankaalin valmistusmenetelmän mukaisesti. Kokeet tehtiin sekä suolalisäyksellä että ilman suolaa (rehu). Kaikkiin eriin lisättiin kaupallinen hapankaalihapateseos. Fermentaatio tehtiin 4 kg:n erissä. Seokset pakattiin tiiviisti astioihin ja niiden päälle lisättiin paino, jotta seos ei pääse kosketuksiin ilman kanssa. Fermentaatiota jatkettiin viiden viikon ajan.

Taulukko 2. Eri kaalierien kemiallinen koostumus ja käymistuotteiden pitoisuudet.

	Kokonainen kaali	Kaalirouhe	Hapankaali	Hapankaali- rouhe	Hapankaali- rouherehu
Kuiva-aine, g/kg	93	104	94	107	97
pH			3.87	3.88	3.87
Kuiva-aineessa, g/kg					
Tuhka	68	97	181	219	176
Raakavalkuainen	118	203	114	183	191
Kuitu (NDF)	145	186	137	166	171
Sokerit	658	483	296	194	139
Etanoli			13	7	11
Maitohappo			137	166	171
Etikkahappo			45	21	33
Propionihappo			0.5	0.4	0.6
Voihappo			0.8	0.4	0.7
Valeriaanahappo			0.2	0.2	0.1



Kuva1. Kaalin porausjätettä ja kaalien fermentointia

2. Tulosten arviointia

Tuotteiden hygieeninen laatu määritettiin 5 vk:n fermentoinnin jälkeen ja se oli erittäin hyvä. Maitohappobakteerit olivat kasvaneet hyvin, ja pH laski alle neljän siten inhiboiden muiden bakteerien kasvua. Aistinvarainen arviointi tehtiin 7 vk:n säilönnän jälkeen. Fermentoitujen tuotteiden ulkonäkö oli hyvä, rouhe väriltään hieman vaaleampi kuin koko kaalista tehty tuote. Rakenne oli melko kaalimaisen rapea edelleen, vain jonkin verran pehmentynyt, mutta ei löysä. Näytti siltä että neste oli imeytynyt materiaaliin. Fermentoidussa rouheessa oli edelleen havaittavissa pieniä puumaisia paloja. Maku oli suhteellisen hyvä, ja siinä oli hieman lanttumainen aromi. Ilman suolalisäystä maku oli erilainen (tehtiin vain rouheesta), parempi, hapankaalimaisempi. Rouheen rakenne ei kuitenkaan riittävästi pehmentynyt, jotta tuote soveltuisi suoraan elintarvikekäyttöön. Rehukäyttöön se soveltuu hyvin.

TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU: MAANPARANNUSAINE

1. Valmiiden kompostien analysointi

Näytteet otettiin lähtömateriaalista sekä 1- ja 2-vuotta vanhoista kasviskomposteista. Kompostiseos koostui kasviksista (jäävuorisalaattia, porkkanaa, paprikaa, sipulia, ananasta, melonia, tomaattia, kurkkua) sekä turpeesta 1:1.

Lähtöaineiden ja kompostien kuiva-ainepitoisuudet määritettiin kuivaamalla näytettä lämpökaapissa 105 °C, kunnes näytteen paino ei enää vähentynyt. Fosforin ja kaliumin kokonaispitoisuudet määritettiin typpihappouuton jälkeen ICP-OES Perkin Elmer Optima 8300-laitteella. Kokonaistyyppipitoisuus määritettiin Kjeldahl-poltolla ja tislauksella. Johtokyky ja pH määritettiin 1:5 vesiuutosta elektrodien avulla. Hiilipitoisuudet määritettiin puristenesteistä Shimadzun TOC-V CSH -laitteella ja kiinteistä näytteistä 70°C kuivauksen jälkeen LECO CN-analysaattorilla. Hehkutuskevenys määritettiin polttamalla näyte 550°C. Tilavuuspaino määritettiin yhden litran näytekoosta standardin SFS-EN13040 mukaan.

Syksyllä 2015 määritettiin valmiista komposteista myös kompostin kypsyyden kuvaamiseksi veteen (1:5 uuttosuhde, EN 13652) uuttuvat nitraatti- ja ammoniumtyppi, hiilidioksidin tuottonopeus ja juurenpi-tuusindeksi (SFS-EN 16086-2).

Valmiiden kompostien analyysitulokset ovat taulukoissa 1.1 ja 1.2.

Taulukko 1.1. Analyysitulokset 1- ja 2-v. kasviskompostit

Näyte	Kui- va- aine	Heh- ku- tushä viö	K	N	N	C	C/N	liuk org N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Kok -N	P	CO ₂	pH	Joh- to- ky- ky
	%	% ilmak.	%	g/kg tp	% ka	% ka		mg/ kg tp	mg/ kg tp	mg/ kg tp	mg/ kg tp	g/k g tp	mg CO ₂		µS/ cm
Lähtöma- teriaali	15,5	94,0	2,5	2,0	1,3	45	36	622	52	104	147	0,3	190	3,8	700
Rummun jälkeen	14,9	94,6	2,2	1,9	1,2	45	36	180	10	4	113	0,2	100	6,5	407
1-v. kom- posti	19,7	78,5	3,6	2,7	1,4	37	27	245	153	137	463	0,4	26	6,6	531
2-v. kom- posti	19,7	72,1	4,2	2,8	1,4	33	23	573	18	214	384	0,5	19	6,7	562
Turve	56,4	98,2	0	3,7	0,7	46	73	15	31	5	94	0,1	4	7,3	16

E. coli < 0 mpn/g

Taulukko 1.2. Krassien juurenpituus kasviskomposteissa. Krassien juurenpituuden keskiarvo oli verranteena käytetyssä kalkitussa kasvuturpeessa 65 mm.

Näyte	Juurenpituus (mm)										Keskiarvo (mm)
Lähtömateriaali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rummun jälkeen	13	14	31	12	15	17	16	15	9	15	15,7
1-v komposti	17	31	30	15	20	20	46	46	37	28	29
2-v komposti	51	39	45	33	54	49	53	44	39	55	46,2
Turve	0	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0,5

Rumpukompostoinnissa ja sen jälkeen aumakompostoinnissa kuiva-ainepitoisuus nousi 15 %:sta 20 %:iin. Kompostien hiilipitoisuus aleni 45:sta 33 %:iin kuiva-ainetta kahden vuoden kompostoinnin aikana. Koska typpipitoisuus myös lisääntyi 1,9:sta 2,8 g/kg tuorepainossa, kompostien hiilityppisuhde aleni 36:sta 23:een.

Kompostien hajoamisessa vapautui kahdenkin vuoden jälkeen vielä hiiltä 19 mg/kg kuiva-ainetta vuorokaudessa. Hajoamisnopeuden osalta kompostit eivät täyttäneet lannoitevalmistelain vaatimuksia. Nitraatin ja ammoniumin suhde, joka myös kuvaa kompostin kypsyttä nousi yhden vuoden kompostoinnin jälkeisestä arvosta 1 arvoon 12 kahden vuoden kompostoinnin jälkeen. Kaksi vuotta kompostoidussa materiaalissa juurenpituusindeksi oli 70 % kasvuturpeeseen verrattuna, eli juurten kasvu oli edelleen hieman hitaampaa kuin verranteessa.

Kaksi vuotta kompostoidun maanparannusaineen typpipitoisuus 2,8 g/kg tuorepainossa antaisi nitraattiasetuksen (kokonaistyypeä 170 kg/ha vuodessa) rajoihin verrattuna mahdollisuuden korkeisiin 60 tn/ha levitysmääriin. Tällöin epäorgaanista eli ammonium- ja nitraattityyppiä tulisi lohkolle 14 kg/ha, ja lisäksi helposti mineralisoituvaa liukoista orgaanista tyyppiä 20 kg/ha. Nitraattiasetus ei kuitenkaan 31.10.2015 tehdyn ohjeistuksen mukaan sisällä kuin lantaa tilavuudestaan yli 10 % sisältävät lannoitevalmisteet. Ympäristökorvauksen fosforirajat rajoittavat maanparannusaineen käyttöä. Fosforipitoisuus kaksi vuotta kompostoidussa tuotteessa oli 0,5 g/kg tuorepainoa, jolloin esimerkiksi viljoille tyypillinen vuosittainen fosforin levitysmäärä 10 kg/ha tyydyttävässä viljavuusluokassa, saavutettaisiin jo 20 tn/ha levitystasoilla. Kaliumpitoisuus komposteissa oli 4,2 g/kg tuorepainoa, joten esimerkiksi 20 t/ha levitystasolla kaliumia peltolohkolle tulisi 84 kg/ha. Liukoisen typen annokset jäisivät 20 t/ha levitysmäärillä alle 10 kg/ha. Kuiva-ainetta maahan tulisi 3,8 tn/ha ja hiiltä siinä olisi 1270 kg/ha. Nämä kuiva-aineen ja hiilen määrät vastaavat esimerkiksi vuosittaista viljan olkisatoa. Kompostilla olisi maanparannusvaikutuksen lisäksi selkeää fosfori- ja kaliumlannoitusvaikutusta, mutta typpilannoitusta olisi täydennettävä mineraalilannoitteilla kaikilla viljelykasveilla.

Mikäli viljelykierrossa on mahdollista käyttää viiden vuoden fosforin tasausjaksoa, fosforia voitaisiin levittää 50 kg/ha ja kompostia 100 tn/ha. Tällöin kaliumsisältö olisi jo 420 kg/ha ja liukoisen typen annos 50 kg/ha. Tällöin kuiva-ainelisäys peltomaahan olisi 19 tn/ha ja hiilen lisäys 6300 kg/ha. Samalla kokonaistypen lisäys nousee 270 kg/ha.

2. Green Good-pikakompostorin testaus

Koe tehtiin Green Good- kompostorin pienimmällä mallilla, jossa on sekoitus lämmitys ja vedenpoisto. Maahantuojan mukaan seosainetta ei tarvita.

Kasvissivutuotetta (pääasiassa porkkana ja punajuuri) syötettiin 5 kg päivässä 5 vrk:n ajan ~ 25 kg. Viikon päästä tyhjennys, lopputuotteena n. 5 kg kosteaa mustaa tuotetta, tulokset taulukossa 2.1.

Taulukko 2.1. Green Good -pikakompostin analyysitulokset

Näyte	Kuiva- aine	Heh- ku- tushä viö	K	N	N	C	C/N	liuk org N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Kok -N	P	CO ₂	pH	Joh- toky- ky
	%	% ilmak.	%	g/ kg tp	% ka	% ka		mg/k g tp	mg/ kg tp	mg/ kg tp	mg/ kg tp	g/k g tp	mg CO ₂ *		µS/c m
Lähtöma- teriaali	13,3	93,6	3,6	2,8	2,3	40	19	487	51	25	148	0,4	56	3,7	421
Komposti	36,5	84,9	6,3	5,4	1,5	39	26	2294	354	118	237	0,7	294	3,4	3043

* 24 h mg CO₂-C/gVS/d

Juurenpituusindeksit tuoreella kompostilla = 0 mm.

Viikon käytön jälkeen kompostori tyhjennettiin ja massasta otettiin näytteet. Näytteet analysoitiin Lukessa, mikrobiologiset analyysit Metropolilabissa.

Komposti vaatii jälkikypsytyksen, jotta sen käytöstä ei aiheutuisi kasvua haittaavia vaikutuksia ja sen olo-
muoto muuttuisi myös paremmin levitykseen sopivaksi. Lyhytaikaisen kompostoinnin jälkeen hiilidioksidin
tuotto oli vielä korkea, nitraatti- ja ammoniumtypen suhde alle yhden ja juurenpituusindeksitestissä krassin
siemenet eivät itäneet. Kompostin tyypipitoisuus oli 5,4 g/kg tuorepainoa. Tyypestä 0,5 g/kg oli ammonium-
ja nitraattimuodossa. Liukoisten orgaanisten tyyppiyhdisteiden määrä oli lähes 40 % kokonaistyypestä eli 1,9
g/kg tuorepainossa. Kompostin hiilityypisuhde oli 26. Fosforipitoisuus oli 0,7 g/kg ja kaliumpitoisuus 3,6
g/kg tuorepainoa. Nitraattiasetuksen kokonaistypen määrän (170 kg/ha) rajoittama levitysmäärä olisi 31
t/ha. Mikäli fosforin levitysrajoitus olisi 10 kg/ha, niin levitystasoksi muodostuisi 14 t/ha. Tällä levitystasolla
kaliumlannoitus olisi 51 kg/ha ja liukoisen typen lannoitus 7 kg/ha. Myös tämä vihanneskomposti olisi
maanparannusvaikutuksen lisäksi ensisijaisesti fosfori ja kaliumin lähde.

Fosforipitoisuus oli 0,7 g/kg ja kaliumpitoisuus 3,6 g/kg tuorepainoa. Nitraattiasetuksen kokonaistyyppirajoi-
tus (170 kg/ha) ei enää koske lannoitevalmisteita tai maanparannusaineita, jotka sisältävät lantaa tilavuu-
destaan alle 10 % (<http://www.ym.fi/download/noname/%7B016D8187-1C78-4DF9-BCD7-D16D5BE71A40%7D/112564>). Mikäli fosforin levitysrajoitus olisi 10 kg/ha, niin levitystasoksi muodostuisi
14 t/ha. Tällä levitystasolla kaliumlannoitus olisi 51 kg/ha ja liukoisen typen lannoitus 7 kg/ha. . Kuiva-
aineen lisäys tällä levitystasolla olisi 5 t/ha ja hiilen lisäys 2000 kg/ha. Myös tämä vihanneskomposti olisi
maanparannusvaikutuksen lisäksi ensisijaisesti fosfori ja kaliumin lähde.

3. Puristenesteet ja kuivamassat

Punnittiin 15 kg sivutuotteeksi joutunutta salaattia ja 15 kg muita kasviksia (tomaattia, kurkkua, paprikaa, vesimelonin ja ananaksen kuoria, sipulia ym.). Erät ajettiin biosilppurin (Herkules LGM-4000) läpi. Silppu kerättiin muoviseen ritiläkoriin, joka laitettiin saavin päälle, massaa puristettiin (painettiin toisella saavilla päältä). Nesteen annettiin valua saaviin. Neste punnittiin. Valutettu silppu laitettiin salaattilinkoon ritiläkoriin, jossa oli myös suodatin, neste kerättiin, lingottu kasvis punnittiin. Taulukossa 3.1. Puristenesteen laatu ja taulukossa 3.2. Puristetun kasvissivutuotteen laatu.

Turve on toimitettu irtotavarana Biolan Oy:tä. Turpeen hinta ja saatavuus vaihtelee paikan ja vuodenajan mukaan. Ruokohelppi toimitettiin Kiteen Mato ja Multa Oy:stä suursäkeissä. Ruokohelven korsi oli silputtu n. 5 cm. pätkiksi. Biohiili saatiin Biolan Oy:stä säkeissä ja lastu Energiensäästö Oy:stä. Pahvi silputtiin säkeiksi Energiensäästö Oy:ssä, minkä jälkeen pahvisäikeet silputtiin Herkules silppurilla. Seosaineiden laatu määritettiin Luken laboratoriossa Jokioisissa. Tulokset ovat taulukossa 4.1.



Kuva 2.1. Puristenestettä salaattista ja muista kasviksista.

Puristenesteiden ja -massojen kuiva-ainepitoisuudet määritettiin kuivaamalla näytettä lämpökaapissa 105 °C, kunnes näytteen paino ei enää vähentynyt. Fosforin ja kaliumin kokonaispitoisuudet määritettiin typpihappouuden jälkeen ICP-OES Perkin Elmer Optima 8300-laitteella. Kokonaistyyppipitoisuus määritettiin Kjeldahl-polton ja tislauksella. Johtokyky ja pH määritettiin 1:5 vesiuutosta elektrodien avulla. Hiilipitoisuudet määritettiin puristenesteistä Shimadzun TOC-V CSH -laitteella ja kiinteistä näytteistä 70°C kuivauksen jälkeen LECO CN-analysaattorilla. Puristenesteiden kemiallinen hapenkulutus määritettiin dikromaattihapetusmenetelmällä. Tilavuuspaino määritettiin yhden litran näytekoosta standardin SFS-EN13040 mukaan. Neste- ja kuivajakeista määritettiin laboratoriossa kuiva-aine ja pääravinteiden pitoisuudet.

Taulukko 3.1. Puristenesteen laatu tuorepainoa kohti ellei toisin mainittu.

Neste	Kuiva-aine	K g/kg	N % tuore	P g/kg	Johtokyky mS/cm	COD _{Cr} mg/l	COD _{liukoinen} mg/l	DOC mg/l	TOC mg/l	pH
Salaatti	4,09	3,01	0,14	0,25	9,65	38568	34104	15424	16116	5,04
Muu kasvis	2,83	1,81	0,09	0,16	5,43	31543	26969	22861	22975	4,74
Lingottu salaatti*	1,7	1,24	0,06	0,11	4,75	17590	15752	20373	19300	4,29
Lingottu muu kasvis*	3,51	2,14	0,11	0,19	6,6	40170	32938	17746	16768	4,62

*Lingottu puristamisen jälkeen

Taulukko 3.2. Puristejäännösten laatu tuorepainoa kohti ellei toisin mainittu.

	Kuiva- aine %	K g/kg	P g/kg	N g/kg	N % ilma- kuivasta	Hiili % ilma- kuivasta	C/N	Tilavuuspaino kg/m ³
Salaatti	6,00	3,23	0,32	1,80	3,00	35,5	12	947
Muu kasvis	7,95	3,20	0,33	2,20	2,77	38,3	14	814
Lingottu salaatti	8,80	3,45	0,37	2,10	2,39	34,0	14	917
Lingottu muu kasvis	11,30	3,53	0,39	2,70	2,39	39,0	16	664

Taulukko 3.3. Puristenesteiden ja puristejäännösten vertailua

	Puristeneste	Puristejäännös
Hiilipitoisuus	15-30 g/l	34-39 g/kg
Kemiallinen hapenkulutus	40 g/l	
Kalium	1-3 g/l	3,2-3,5 g/kg
Typpi	1 g/l	2-3 g/kg
Fosfori	0,1-0,2 g/l	0,3-0,4 g/kg
pH	4,3-5,0	

4. Kompostiseokset eri seosaineilla

Yrityksessä kuoritaan ja pilkotaan erilaisia kasviksia (jäävuorisalaattia, porkkanaa, paprikaa, sipulia, ananasta, melonia, tomaattia, kurkkua). Kasvissivutuotteita muodostuu n. 500 kg päivässä ja näille on ominaista alhainen kuiva-ainepitoisuus < 5 %. Taulukkoon 4.1. on koottu tietoa seosaineiden laadusta.

Rumpukompostoriin syötettiin kasvissivutuotetta (irtovesi poistettu), turvetta sekä toista seosainetta.

Taulukko 4.1. Kompostin seosaineiden laatu tuorepainoa kohti ellei toisin mainittu.

Seosaine	Kuiva- aine %	K g/kg	P g/kg	N g/kg	N % ilmak.	C % ilmak.	C/N	Johtokyky mS/cm	Tilavuus- paino kg/m ³	pH
Turve	47,5	0,00	0,13	3,80	0,80	45,1	56	0,022	165	4,31
Ruokohelpi	88,9	1,72	0,90	6,10	0,69	44,9	65	0,065	47	5,92
Biohiili	49,3	0,62	0,25	2,50	0,51	44,8	88	0,088	490	8,52
Lehtipuulastu	93,2	0,63	0,03	0,40	0,04	45,1	1051	0,019	17	5,53
Pahvi	94,4	0,33	0,09	1,00	0,11	40,7	384	0,131	58	8,31

Taulukko 4.2. Kompostiseokset ja niiden laatu ennen kompostointia, rummun jälkeen ja jälkikompostoinnin jälkeen. Massat tuorepainoa kohti ellei toisin mainittu.

Komposti til.-%	Vaihe	Kuiva- aine %	K g/kg	P g/kg	N g/kg	N % ka	C % ilma- kuivaa	C/N
1	Syöttö	14,7	2,9	0,40	2,4	1,63	41,8	26
50 kasvis + 50 turve til.-%	Rummun jälkeen	17,1	2,3	0,31	2,6	1,52	41,7	27
	Jälkikomposti	21,4	3,0	0,43	2,8	1,3	32,8	25,5
2	Syöttö	16,4	2,6	0,37	2,3	1,40	42,2	30
50 kasvis + 25 turve + 25 helpi til.-%	Rummun jälkeen	14,8	2,5	0,37	2,6	1,76	42,5	24
	Jälkikomposti	14,6	3,5	0,44	3,2	2,2	42,3	19,3
3	Syöttö	30,3	1,7	0,32	2,6	0,86	46,5	54
40 kasvis + 40 turve + 20 helpi + biohiili til.-%	Rummun jälkeen	14,6	2,5	0,35	2,6	1,78	42,7	24
	Jälkikomposti	17,1	4,0	0,57	4,0	2,3	42,8	18,5
4	Syöttö	19,6	2,1	0,30	2,5	1,28	44,0	34
kasvis + turve + biohiili	Rummun jälkeen	17,9	2,5	0,41	2,7	1,51	43,8	29
	Jälkikomposti	18,3	3,2	0,33	3,0	1,6	46,4	28,2
5	Syöttö	19,9	2,4	0,32	2,7	1,36	42,6	31
kasvis + turve + pahvi	Rummun jälkeen		2,5	0,33	2,8		43,8	
	Jälkikomposti	20,5	4,1	0,59	4,3	2,1	45,6	22,0

1: 250 kg kasvis + 66 kg turve

4: 250 kg kasvis + 58 kg turve + 15 kg biohiili

2: 250 kg kasvis + 66 kg turve + 19 kg ruokohelpi

5: 300 kg kasvis + 51 kg turve + 20 g (~ 6 %) pahvi

3: 6,5 kg kasvis + 1,5 kg turve + 0,5 kg helpi + 0,8 kg biohiili

Taulukko 4.3. Analyysitulokset vertailukompostista

Seosaine	Kuiva- aine %	K g/kg	P g/kg	N % tp	kok-N % ilmak.	C % ilmak.	C/N	Johtokyky mS/cm	Tilavuus- paino kg/m ³	pH
Havukuorike	63,7	0,9	0,3		0,4	50	125	0,12	178	4,3
Lähtöseos* (kasvisseos + havukuorike)	27,9	2,8	0,6	0,5	1,6	43	27	1,5	577	4,5
2-v komposti	45,0	2,9	0,9	0,4	1,0	22	22	0,48	654	7,7
4-v komposti	56,5	2,8	1,2	0,4	0,7	10	14	0,69	762	8,0

*Seosuhde 1:1

Valmiista komposteista määritettiin myös kompostin kypsyyden kuvaamiseksi veteen (1:5 uuttosuhde, EN 13652) uuttuvat nitraatti- ja ammoniumtyppi.

5. Kasvatuskokeet

Astiakokeessa tutkittiin typpilannoitusvaikutusta eli sitä, miten käyttökelpoista orgaaninen typpi, näissä komposteissa on. Analyysitulokset ovat taulukoissa 5.1 ja 5.2.

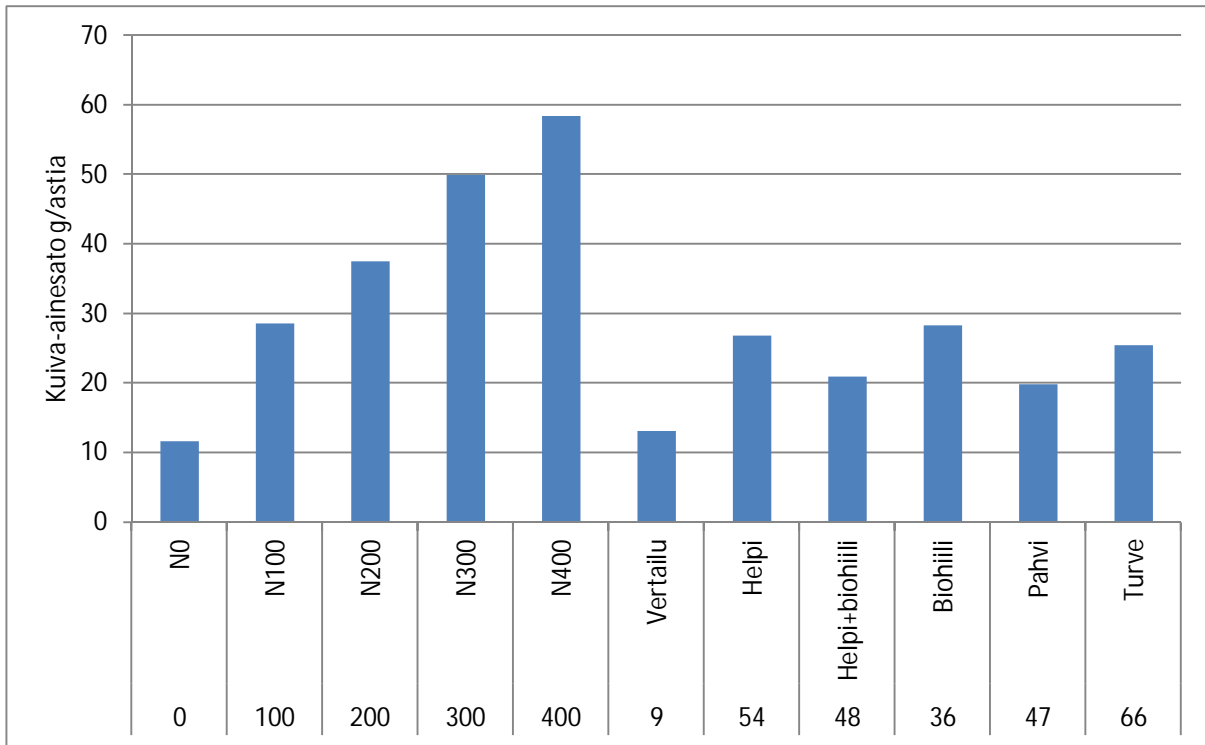
Taulukko 5.1. Analyysitulokset astia- ja kasvatuskokeessa käytetyistä komposteista.

Lähtö- aine	Ka %	Org. ai- nes % ka	VS % tp	N g/k g tp	Liuk. Tot- N g/kg tp	NH ₄ -N g/k g tp	NO ₃ ⁻ N g/kg tp	NO ₃ ⁻ N/ NH ₄ -N	C % ka	N % ka	C/N	pH	Joh- to- ky- ky µS/ cm	Tila- vuus pai- no g/l
Kasvis+														
Helpi+ turve	14,6	87,6	12,8	3,2	0,58	0,3	0,10	0,3	42,3	2,2	19,3	8,2	649	472
Helpi +biohiili +turve	17,1	88,5	15,2	4,0	0,63	0,2	0,21	1,0	42,8	2,3	18,5	6,2	718	458
Biohiili+ turve	18,3	83,7	15,3	3,0	0,36	0,2	0,04	0,2	46,4	1,6	28,2	7,2	389	440
Pahvi+ turve	20,5	85,5	17,5	4,3	0,67	0,2	0,23	1,4	45,6	2,1	22,0	6,3	660	435
Turve	21,4	68,0	14,6	2,8	0,61	0,1	0,42	3,6	32,8	1,3	25,5	5,1	654	463
Vertailu havu- kuorike	58,2	19,0	11,1	3,8	0,12	0,00 2	0,07	33	11,7	0,7	16,7	8,1	717	741

Taulukko 5.2. Astia- ja kasvatuskokeissa käytettyjen kompostien mineraali- ja tuhkapitoisuudet.

Lähtöaine Kasvis+	Ca g/kg tp	Cu mg/kg tp	Mg g/kg tp	Mn mg/kg tp	Zn mg/kg	Tuhka % ka
Helpi+turve	1,0	1,3	0,36	16	5	12,4
Helpi+biohiili+turve	1,4	1,7	0,45	20	7	11,5
Biohiili+turve	1,0	1,2	0,38	14	5	16,3
Pahvi+turve	1,9	1,9	0,46	24	9	14,5
Turve	1,3	1,5	0,46	15	8	32,0
Vertailu: havu- kuorike*	12,5	32,5	2,60	270	240	81,0

*Vertailukompostissa mukana runsaasti kasvien pesusta tullutta maa-ainesta.



Kuva 2.2. Erialaisten kompostien vaikutus raiheinän kuiva-ainesatoon verrattaessa liukoisen typen lannoitus-tasoihin. Jokaisessa kompostissa lisättiin maahan 500 mg kokonaistyppeä. Käsittelyjen nimien alapuolella on liukoisen typen lisäysmäärä mg/litra maata.

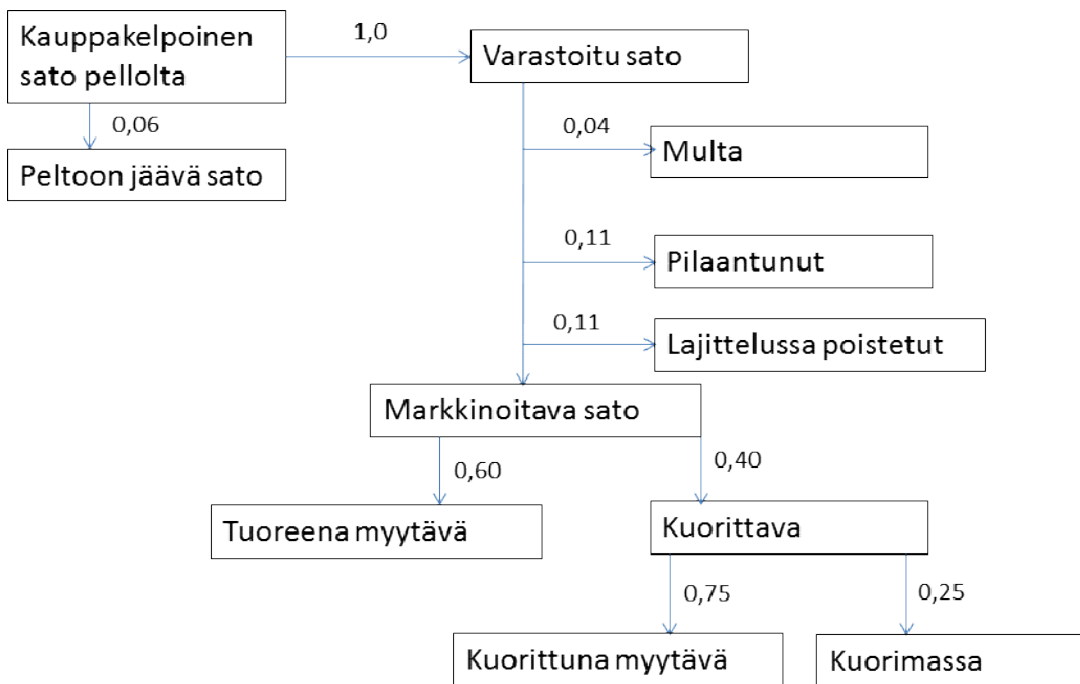
Koska kasvismassan osuus komposteissa oli 30 - 50 %, kompostien ravinnepitoisuudet olivat melko alhaisia. Typpeä kasvikomposteissa oli 3-4 kg/tuoretonni, ja tästä tyydestä liukoisessa, kasveille käyttökelpoisessa muodossa oli 0,4 - 0,7 kg/tuoretonni. Fosforipitoisuus vaihteli komposteissa 0,3-0,6 kg/tuoretonni ja kalium vastaavasti 3-4 kg/tuoretonni. Hiiltä kasvikomposteissa oli kuiva-ainetta kohden 33 - 43 %. Tästä voidaan laskea, että yhdessä tuoretonnissa maahan lisättäisi hiiltä 60 - 90 kg eri komposteissa. Vertailukompostissa liukoisen typen pitoisuus oli muita komposteja alhaisempi, vain 0,1 kg/tuoretonni mutta fosforia oli enemmän, 2,1 kg/tuoretonni.

Keväällä 2017 tehtiin raiheinän kasvatuskokeet, joissa selvitettiin kompostien sisältämän typen käyttökelpoisuutta kasveille. Komposteja sekoitettiin maahan määrä, joka vastasi kokonaistyppeä 300 mg/litra maata, ja tällöin liukoisen typen lisäys oli 10 - 60 mg/litra maata. Kompostien kasvua verrattiin liukoisen typen tasoihin 0 - 400 mg/litra maata. Vertailukompostissa oli paljon maa-ainesta ja liukoisen typen osuus kokonaistyydestä oli pienin. Tämän seurauksena sen kasvu oli samaa tasoa kuin lannoittamattoman kasvualustan. Helpi-, biohiili- ja turve-kompostista typpeä saaneet raiheinät kasvoivat lähes samaa vauhtia kuin liukoista typpeä 100 mg/litraa saaneet kontrollikäsittelyt. Kaikkien kompostien lannoitusvaikutus vastasi niiden sisältämää liukoista typpeä (Kuva 2.2), mutta helven ja biohiilen käyttö tukiaineena lisäsi kompostin orgaanisen typen mineralisoitumista ja sitä kautta lannoitusvaikutusta.

Maanparannuskompostien vaikutusta testattiin ohran kasvuun peltokokeessa. Kompostit levitettiin keväällä kokonaistypen 85 kg/ha annoksen mukaisesti, jolloin niiden levitysmäärät olivat 20 - 31 t/ha. Liukoista typpeä kompostilisäyksissä oli 3 - 20 kg/ha. Kompostilisän saaneille ruuduille annettiin normaali väkilannoitus, 90 kg/ha ja niiden satoa verrattiin normaalisti lannoitettuun kasvustoon, joka ei ollut saanut kompostilisää. Ohran jyväsato lisääntyi hieman kaikkien kompostien vaikutuksesta.

6. Ravinteiden kierto

Vihannestuotannossa kiertävää biomassaa ja pääravinteita arvioitiin vuoden 2016 kokonaistuotannon perusteella (Luke Tilastot) käyttäen kuuden suurimman vihanneslajien kokonaistuotantoa (Taulukko 6.1). Näiden vihannesten tuotanto oli 85% kokonaistuotannosta. Pellolta korjattu kauppakelpoinen sato jaoteltiin kuvan 6.1 mukaisesti osiin käyttäen useita eri lähteitä (Helsky ym. 2006, Gustavsson ym. 2013, Franke ym. 2016, Hartikainen ym. 2017). Arviot eri vihannesten tuotannon jakautumisesta on esitetty taulukossa 6.1. Sopimustuotantoon ohjautuvasta tuotannosta ei laskettu pilaantuvaa osuutta, koska sopimustuotannon vihanneksia ei varastoida. Laskennassa oletetaan, että peltoon jäävää osuutta ei ilmoiteta kokonaistuotannossa, jolloin se on tilastoinnin ulkopuolella. Kuuden eniten tuoremassaa tuottavan avomaan vihanneksen tuotanto ja sivuvirrat on arvioitu taulukossa 6.2.



Kuva 2.3. Vihannessadon jakautuminen erilaisiin sivuvirtoihin. Nuolien kohdalla olevat numerot ovat esimerkkinä sivuvirroilla arvioituista osuuksista.

Taulukko 6.1. Vihannestuotannon sivuvirtojen laskennassa käytetty kokonaistuotanto ja teollisuuden sopimustuotanto vuodelta 2016 sekä käytetyt jakautumiskertoimet.

	Porkkana	Ruokasipuli	Valkokaali	Lanttu	Punajuuri	Avomaan Kurkku
Tuotanto tn/a	72910	26096	19390	12269	11410	9132
Sopimustuotanto tn/a	17639	0.00	4829	3844	7572	5859
Peltoon jäävä	0.06	0.02	0.02	0.1	0.1	0.02
Korjataan	1	1	1	1	1	1
Mullan osuus	0.04	0.01	0.00	0.04	0.04	0.00
Pilaantuneet	0.11	0.10	0.10	0.11	0.11	0.075
Lajittelussa poistetut	0.11	0.04	0.05	0.11	0.11	0.075
Sadon osuus kuorintaan	0.40	0.40	0.20	0.40	0.40	0.10
Kuorinnassa poistuva	0.25	0.20	0.10	0.25	0.25	0.10

Taulukko 6.2. Kuuden eniten tuotetun avomaan vihanneksen sivuvirtojen ja myytävän tuotteen osuudet arvioituna taulukon 6.1 jakautumiskertoimien perusteella.

Kasvi	Tuoremassat, tonnia							
	Tuotanto	Peltoon	Multaa	Pilaantu- neet	Epämuo- toiset	Kuorinta- jäte	Myydään tuoreena	Myydään kuorittuna
Porkkana	72910	4375	2916	6080	8020	5589	33536	16768
Ruokasipuli	26096	522	261	2610	1044	1775	13309	7098
Valkokaali	19390	388	0	1456	970	339	13572	3054
Lanttu	12269	1227	491	927	1350	950	5701	2851
Punajuuri	11410	1227	456	422	1255	928	5566	2783
Avomaan kurkku	9132	183	0	245	685	82	7381	738

Vihannesten sadon ja maan sisältämät typen, fosforin, kaliumin ja hiilen pitoisuudet (Taulukko 6.3.) etsittiin kirjallisuudesta (Fink ym. 1999, Salo 2000).

Taulukko 6.3. Laskennassa käytetyt maan ja avomaan vihannesten typen, fosforin, kaliumin ja hiilen kokonaispitoisuudet.

Kasvi	Maan NPK- ja hiilipitoisuudet kg/ tuoretonni				Kasvimassan NPK- ja hiilipitoisuudet kg/ tuoretonni			
	N	P	K	C	N	P	K	C
Porkkana	1.6	1.0	29	24.3	1.7	0.35	3.5	60
Ruokasipuli	1.6	1.0	29	24.3	2.4	0.42	2.1	60
Valkokaali	1.6	1.0	29	24.3	1.8	0.32	2.7	60
Lanttu	1.6	1.0	29	24.3	1.3	0.35	2.8	60
Punajuuri	1.6	1.0	29	24.3	2.5	0.42	4.2	60
Avomaan kurkku	1.6	1.0	29	24.3	1.6	0.24	1.6	60

Taulukko 6.4. Avomaan vihannesten sivuvirtojen sisältämät laskennalliset typpi- ja fosforimäärät.

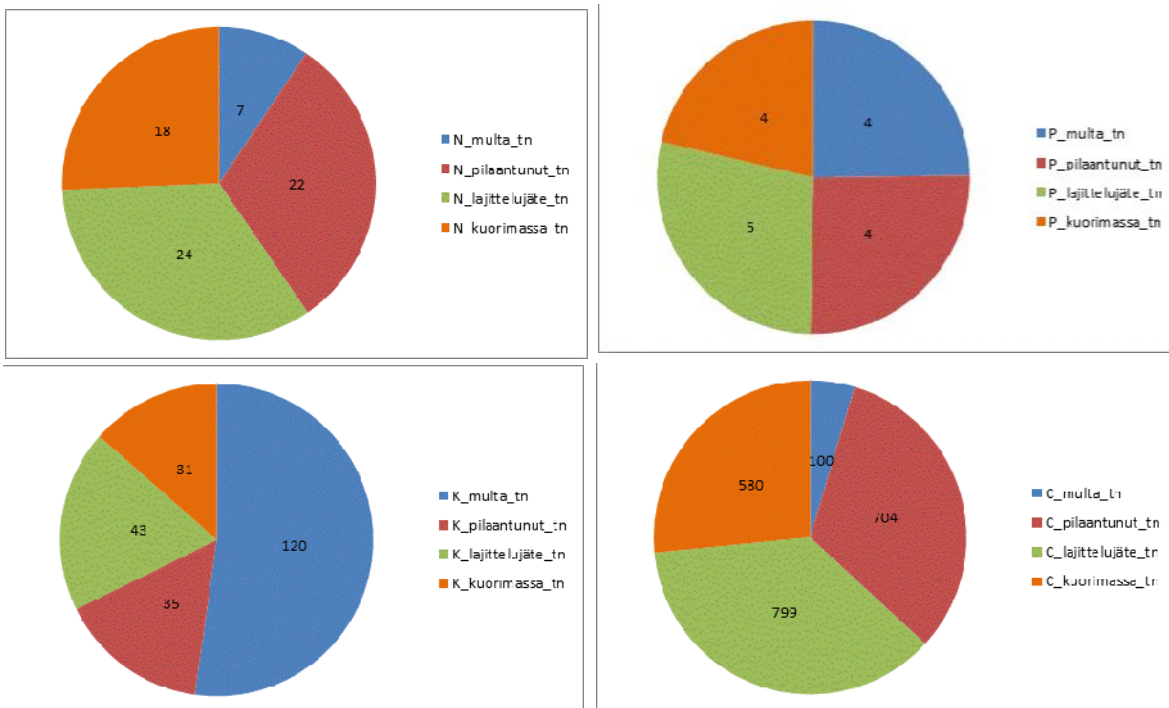
Kasvi	Multa		Pilaantunut		Lajittelujäte, puhdas		Kuorintajäte	
	N kg	P kg	N kg	P kg	N kg	P kg	N kg	P kg
Porkkana	4666	2916	10336	2128	13634	2807	9502	1956
Ruokasipuli	418	261	6263	1096	2505	438	4259	745
Valkokaali	0	0	2621	466	1745	310	611	109
Lanttu	785	491	1205	324	1754	472	1235	333
Punajuuri	730	456	1055	177	3138	527	2319	390
Avomaan kurkku	0	0	393	59	1096	164	131	20
Yhteensä	6599	4125	21873	4251	23873	4720	18057	3552

Laskennan kautta saatiin vuosittaiset typpi- ja fosfori- (Taulukko 6.4), kalium- ja hiilimäärät (Taulukko 6.5).

Taulukko 6.5. Avomaan vihannesten sivuvirtojen sisältämät laskennalliset hiili- ja kaliumpitoisuudet.

Kasvi	Multa		Pilaantunut		Lajittelujäte, puhdas		Kuurintajäte	
	C kg	K kg	C kg	K kg	C kg	K kg	C kg	K kg
Porkkana	70869	84576	364789	21279	481206	28070	335362	19563
Ruokasipuli	6341	7568	156576	5480	62630	2192	106472	3727
Valkokaali	0	0	87366	3931	58170	2618	20357	916
Lanttu	11925	14232	55605	2595	80975	3779	57011	2661
Punajuuri	11091	13236	25331	1773	75306	5271	55658	3896
Avomaan kurkku	0	0	14729	393	41094	1096	4921	131
Yhteensä	100226	119611	704395	35452	799382	43026	579781	30893

Mullan osuus sivuvirrasta kiertävästä fosforista ja kaliumista on merkittävä (Kuva 6.2.). Maan kokonaisfosforista ja -kaliumista kuitenkin vain pieni osa on kasveille käyttökelpoista. Typen ja hiilen kierrossa kasvimassojen osuus on luonnollisesti suurin. Kuorimassan osuuden arviointi on kaikkein vaikeinta, mutta merkittävin ero kasviperäisten sivuvirtojen hyödyntämisessä on niiden laadussa. Varastossa pilaantuneet kasvikset eivät sovellu eläinten rehuksi tai muuhun jalostukseen, mutta ne voidaan hyödyntää maanparannusaineena tai energiana.



Kuva 2.4. Arvio typen, fosforin, kaliumin ja hiilen määristä (tn/a) avomaan vihannesten tuotannon sivuvirroissa eli mullassa, pilaantuneissa, epämuotoisuuden takia poistettavassa lajittelujätteessä ja kuorimassassa.

Taulukko 6.6. Vihannestuotannon sivuvirrat typpi- ja fosforisisältö verrattuna muutamiin sivuvirtoihin (Marttinen ym. 2017).

	N, tn/a	P, tn/a
Vihannestuotannon sivuvirrat	70	17
Elintarviketeollisuuden sivuvirrat	2070	360
Biojätteet	5340	730
Puhdistamolietteet	3740	2880

Avomaan vihannesten kokonaistuotannon yhteenlaskettu typpisisältö 270 tn/a ja fosforisisältö 57 tn/a ovat myös melko pieniä verrattuna muihin Taulukon 6.6. sivuvirtoihin. Avomaan vihannestuotannossa on muistettava, että se keskittyy useiden lajien osalta Satakuntaan ja Varsinais-Suomeen. Laskennassa käytettyjen kuuden vihanneslajin tuotannosta 56 % tapahtui Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa vuonna 2016.

Jos suhteutetaan Satakunnan ja Varsinais-Suomen avomaan vihannestuotannossa kiertävät ravinnevirrat näiden ELY-keskusten maatalousmaan pinta-alaan 382200 ha, nähdään sivuvirtojen NPK-sisällön olevan hehtaaria kohden alle 1 kg/ha. Seuraavaksi tarkasteltiin vihannestuotannon sivuvirtojen käyttöön tarvittavaa peltopinta-alaa typen tai fosforin määrän kautta ja jätettiin mullan sisältämät ravinteet pois tarkastelusta niiden alhaisen käyttökelpoisuuden takia. Liukoisen typen osuus kokonaistypestä vihanneksista tehdyissä maanparannuskomposteissa oli 17 % (Taulukko 6.6). Sivuvirran kokonaistypestä ajateltiin 17 % muuttuvan liukoiseksi, ja käsiteltyä kasvimassaa käytettiin niin että siinä levitettiin pellolle liukoista typpeä 30 kg/ha. Liukoisen typen määrä Satakunnan ja Varsinais-Suomen alueella olisi 6700 kg, joka tarvitsisi levityspinta-alaa 225 ha. Jos koko avomaan vihannestuotannosta Satakunnan ja Varsinais-Suomen alueella muodostuva sivuvirta jaettaisiin tälle peltopinta-alalle, niin kokonaistypen annos olisi 176 kg/ha, fosforin 35 kg/ha, kaliumin 312 kg/ha ja hiiltä tulisi 5800 kg/ha. Kokonaistypen määrä olisi samaa tasoa kuin nitraattiasetuksen rajoitus karjanlannalle, joten orgaanisen typen kertymisestä ei pitäisi muodostua huuhtoutumisriskiä. Fosforin annos on korkea ja vastaisi tyydyttävässä viljavuusluokassa viljoille kolmen vuoden taussajakson fosforilannoitusta. Kaliumlannoitus olisi korkea ja vihannesten sivuvirta olisikin hyvä lannoitevalmiste korjaamaan maan alhaisia kaliumpitoisuuksia. Hiilen ja eloperäisen aineksen ($5800/0.4=14500$ kg kuiva-ainetta/ha) lisäys olisi pellolle merkittävä, koska se vastaisi esimerkiksi kolmen vuoden olkisatoa.

Ympäristökuormituksen kannalta avomaan vihannestuotannon sivuvirtojen palauttaminen peltoihin ei aiheuta riskejä, kunhan sen sisältämät typpi ja fosfori otetaan lannoituksen suunnittelussa huomioon. Kaliumin ja muiden kasvinravinteiden sekä hiilen osalta sivuvirrat ovat hyviä maanparannusaineita. Vihannestuotannon sivuvirtojen käyttämä tai tarvitsema levityspinta-ala on pieni. Koko maassa riittäisi noin 450 ha ja intensiivisellä tuotantoalueella, Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa 225 ha. Kun lisäksi otetaan huomioon, että sivuvirran ensisijaista käyttöä ovat tuotantoeläinten ja riistan ruokinta, niin tarvittava levityspinta-ala ainakin puolittuu. Kasvitautilriskien takia palauttaminen takaisin vihanneskierrossa oleville lohkoille on kuitenkin aina harkittava tapauskohtaisesti sivuvirran ja peltolohkon tautiriskien perusteella. Lohkoille, joille vihannesten sivuvirtoja palautetaan, sopiva levitysväli voisi olla 3-4 vuotta, jotta maahan ei kerry liiaksi fosforia.

7. Kompostoinnin kustannukset

Kompostoinnin kustannukset on laskettu hankkeessa tehdyn rumpukompostointikokeen pohjalta. Vertailun vuoksi on laskettu kustannukset myös pikakompostorille sekä vaihtoehdolle, jos sivutuote vietäisiin biokaasulaitokseen käsiteltäväksi.

Suurimmat kuluerät rumpukompostoinnissa ovat työ- ja tukiainekustannukset, näiden jälkeen tulevat kompostointihallin- ja kompostirummun kustannukset, jotka jakaantuvat pidemmälle aikajaksolle. Sivutuotteiden rumpukompostoinnin kustannukset (41 €/m³)(taulukko 7.1) ovat selvästi pienemmät kuin niiden kuljetaminen käsittelylaitokseen (76 €/m³)(taulukko 7.3). Vaikka pikakompostorin laitekustannus on korkea, kompostointikustannukset (29 €) ovat alhaisemmat kuin rumpukompostoinnissa. Maahantuojia arvioi laitteen käyttöäksi 25 vuotta. (taulukko 7.2).

Taulukko 7.1. Kasvissivutuotteiden rumpukompostoinnin arvioidut kustannukset

Kustannukset	Hinta	Hinta € / vuosi	Hinta € / m ³
Rumpukompostori	50 000 €, 30 vuotta	1 700	5,3
Käyttökulut	sähkö 0,08 €/kWh	52	0,17
Tukiaineet	turve 13 €/m ³	2 700	8,7
Työ	3 h/viikko a' 30 €/h	4 680	15
Polttoaine	14 l/viikko	728	2,3
Kompostointihalli	60 000 €, 30 vuotta	2 000	6,3
Levityskustannus	2,2-2,7 €/m ³	750	2,5
Siirtoajo, 1 km	0,4 €/m ³ /km	120	0,4
Yhteensä		12 730	40,7

Arviossa on käytetty seuraavia tietoja:

- 6 m³ sivutuotetta kompostoidaan viikossa à 300 m⁵ vuodessa
- tukiaineena 4 m³ turvetta /viikko
- lopputuotteen tilavuus (kasvis + tukiaine) ~ kasvissivutuotteen tilavuus.
- rumpukompostin ja kompostihallin käyttöaika 30 vuotta
- 1 h traktori + 2 h trukkipöytä viikossa
- traktori kuluttaa 10 l/h ja trukki 2 l/h, polttoaine 1 €/l = 14 €/viikko
- Levityskustannus (kuivalanta) ja siirtoajo (TTS 2015)

Kompostoinnissa voidaan käyttää erilaisia tukiaineita, mikä vaikuttaa myös kompostoinnin hintaan ja laatuun. Jos maanparannusaine myydään, hinta 10 – 20 €/m³, tilan ulkopuolelle, tämä voidaan vähentää kompostoinnin kustannuksista. Tulo olisi noin 3 000 – 6 000 € vuodessa.

Pikakompostori

Green Good pikakompostorilla laitekustannus n. 200 000 € sivutuotemäärälle 1 500 kg/vrk ~2 m³/vrk ja ~520 m³ kasvissivutuotetta vuodessa. Laitetoimittajan arvio laitteen käyttöiälle on 25 vuotta. Seosainetta tässä tarvitaan vähän, sillä kompostorissa on lämmitys ja sekoitus, jolloin nestettä haihtuu. Sähkönkulutus on n. 900 kWh/kk eli 850 € vuodessa. Työajaksi on arvioitu 2 h viikossa trukki + traktori. Jälkikompostointi kompostointihallissa, hallitilaa tarvitaan vähemmän kuin rumpukompostoinnissa.

Taulukko 7.2. Pikakompostorilla kompostoinnin arvioidut kustannukset

Kustannukset	Hinta	Hinta € / vuosi	Hinta € / m ³
Pikakompostori	200 000 €, 25 vuotta	8 000	15,4
Käyttökulut	sähkö900 kWh/vuosi 0,08 €/kWh	850	1,6
Tukiaineet	turve 13 €/m ³	-	-
Työ	3 h/viikko a 30 €/h	4 680	8,1
Polttoaine	10 l/viikko	520	1
Kompostointihalli	60 000 €, 30 vuotta	1 300	2,6
Levityskustannus	2,2-2,5 €/m ³	250	2,5
Siirto ajo 1 km	0,4 €/m ³ /km	40	0,4
Yhteensä		14 080	28,7

520 m³ kasvissivutuotteen tilavuus pienenee huomattavasti, koska tukiainetta ei käytetä tai käytetään vain vähän. Lopputuotteen tilavuus n. 100 m³.

Jos maanparannusaine myydään, hinta 10–20 €/m³, tilan ulkopuolelle, tämä voidaan vähentää kompostoinnin kustannuksista. Tulo olisi noin 1 000–2 000 € vuodessa.

Kasvissivutuotteen käsittely biokaasulaitoksessa

Taulukko 7.3. Kuljetus ja käsittely kompostointi- tai biokaasulaitoksessa.

Kustannukset	Hinta €/vuosi	Hinta €/m ³
Käsittelymaksu 60 €/t + punnitus-maksu 12 €/kerta	15 600	50
tyhjennys 75 €/kerta, 1 kertaa/viikko, 30 km	3 900	13
työ 2 x 30 €	3 120	10
Kylmäkontti 10 000 €	1 000	3,2
Yhteensä	23 920	76,2

- 2 h työaika/viikko
- Kasviksen tilavuuspaino n. 800 kg/m³ ⇒ käsittely 48 €/m³
- Kylmäkontin käyttöikä 10 vuotta

Tilalla tapahtuva kompostointi on kustannustehokas tapa käsitellä kasvissivutuotteet. Tuotteena saadaan hyvää maanparannusainetta.

Kirjallisuutta:

Fink, M., Feller, C., Scharpf, H.C., Weier, U., Maync, A., Ziegler, J., Paschold, P.J., Strohmeyer, K. 1999. Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents of field vegetables—Recent data for fertiliser recommendations and nutrient balances. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 162 (1), 71-73.

Franke U., Hartikainen H., Mogensen L., Svanes E. 2016. Food losses and waste in primary production: Data collection in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers, Nordic Council of Ministers Secretariat, Nordisk Ministerråd, 2016. , 90 p. TemaNord, ISSN 0908-6692; 2016:529 Available at: <https://doi.org/10.6027/tn2016-529>

Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., Emanuelsson A.. 2013. The Methodology of the FAO study: "Global Food Losses and Food Waste—extent, causes and prevention"—FAO, 2011. Göteborg: SIK.

Hartikainen, H., Svanes, E., Franke, U., Mogensen, L., Andersson, S., Bond, R., Burman, C., Einarsson, E., Eklöf, P., Joensuu, K., Olsson, M. E., Räikkönen, R., Sinkko, T., Stubhaug, E., Rosell, A., Sundin, S. 2017. Food losses and waste in primary production. Case studies on carrots, onions, peas, cereals and farmed fish. Nordic Council of Ministers 2017. TemaNord 2016:557

Helsky, T., Anttalainen, M., Palviainen, S., Kempainen, P., Lehto, M., Salo, T., Mäkelä, M., Tuominen, A., Piilo, T. 2006. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) perunan ja juuresten koneellisessa kuorinnassa ja käsittelyssä. *Suomen ympäristö* 57: 87 p.

Marttinen S., Venelampi O., Iho A., Koikkalainen K., Lehtonen E., Luostarinen S., Rasa K., Sarvi M., Tampio E., Turtola E., Ylivainio K., Grönroos J., Kauppila J., Koskiaho J., Valve H., Laine-Ylijoki J., Lantto R., Oasmaa A., zu Castell-Rüdenhausen M. 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa. Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 45/2017 http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540214/luke-luobio_45_2017.pdf?sequence=6

OEPP/EPPO. 2008. Guidelines for the management of plant health risks of biowaste of plant origin. OEPP/EPPO Bulletin 38: 4–9. <https://gd.eppo.int/download/standard/71/pm3-066-2-en.pdf>.

Salo, T. 2000. Ravinnetaseilla tarkkuutta lannoitukseen. *Puutarha&kauppa* 19B: p. 20.

Virtanen, H. , Salo, T. 2005. Kasvijäte puoliaksi pellolle ja eläimille. *Puutarha & kauppa* 17/2005: 8-9.