

Simo Mäenpää, Fabian Sander, Mira Valkjärvi ja Petri Saviranta

PILOTTI B SISÄISET SIVUVIRTASYKLIT

Sivuvirtasyklien potentiaalit ja mahdolliset ratkaisut. Tapaukset: lämmöntalteenotto kaukolämpöverkkoon, teollisten maalaamoiden hukkaenergia potentiaali ja uudet kasvatusalusta turpeen tilalle.

**Raportti
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
EteVä Pilotti -hanke
Lokakuu 2023**

TIIVISTELMÄ

Tässä raportissa esitellään EteVä Pilotti -hankkeen aikana tehtyä tutkimusta ja sen tuloksia. Hankkeen aikana toteutettiin kolme erilaista teemallista pilotointia ja niistä kaikista on tuotettu oma raporttinsa. Tämä on näistä piloteista toinen, joka kulki nimellä ”Sisäisten hukkaenergioiden ja sivuvirtojen hyödyntämispotentiaali”.

Sisäisten hukkaenergioiden ja sivuvirtojen hyödyntämispotentiaali -pilotissa tarkasteltiin viittä eri toimialaa ja niiden hukkaenergioita ja sivuvirtoja. Tässä raportissa käydään läpi millaiset vanhat kerrostalot sopivat lämmöntalteenottoon kaukolämpöverkossa, miten teollisten maalaamoiden hukkaenergiaa voi hyödyntää ja erilaisten sivuvirtojen potentiaaleja niin lannoitteina ja kasvatusalustoina.

EteVä Pilotti – energiatehokkaat ja vähähiiliset pilottiratkaisut -hanke toimi Keski-Pohjanmaan alueella 1.6.2021-30.8.2023 aikana ja hanketta rahoitti Euroopan aluekehitysrahasto, Keski-Pohjanmaan liitto sekä Kokkolan kaupunki, Kannus ja Kaustisen seutukunta. Yrityksiä hankkeessa oli mukana Kokkolan Energia Oy, Boliden Kokkola Oy ja Blaxar Oy.

**TIIVISTELMÄ
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 KAUKOLÄMPÖVERKON LÄMMÖNTALTEENOTTO KERROSTALOJEN POISTOILMASTA	3
3 TEOLLISEN MAALAAMON HUKKAENERGIA POTENTIAALI	5
3.1 Nestekaasua käyttävien uunien savukaasun hukkaenergia potentiaali.....	5
3.2 Lämmöntalteenotto maalaamon poistoilmasta	6
4 BIOKAASULIETE KASVATUSALUSTANA TURPEEN TILALLE	10
4.1 Background of the research	10
4.2 Laboratory testing of the compost.....	11
4.2.1 pH and electrical conductivity	12
4.2.2 Moisture and dry matter content.....	12
4.2.3 Ash content	13
4.2.4 Density	14
4.2.5 Soluble nutrients.....	14
4.2.6 Total nutrients	15
4.3 Growing test preparations.....	16
4.3.1 Composition of the peat substrate	17
4.3.2 Type of flowers used in this test	18
4.3.3 Compost / peat substrate mixture ratios tested	18
4.4 Growing tests	19
4.4.1 Methodology	19
4.4.2 Results of the germination phase, until week 5 after planting	20
4.4.3 Results of the growing phase, from week 5 onwards	21
4.5 Conclusion.....	26
4.5.1 Recommendation for follow up work.....	28
5 PANIMOHIIVA LANNOITTEENA	29
5.1 Laboratorio testaukset ja tulokset.....	29
5.2 Kasvatuskokeet.....	34
6 KAUPPAPUUTARHAN SIVUVIRTA SELVITYS	40
6.1 Sivuvirta analyysin tulokset	40
6.1.1 Kuiva-ainepitoisuus.....	41
6.1.2 Tuhka	41
6.1.3 Typpi.....	41
6.1.4 IC-analyysi.....	42
6.1.5 ICP-analyysi.....	42
6.1.6 Tuloksien yhteenveto	46
LÄHTEET	47

KUVIOT

KUVIO 1. EteVä Pilotti -hankkeen teemoitetut pilotit.....	1
KUVIO 2. Ilmanvaihdon sähkön kulutus. Sarja 1 nykyinen tilanne, sarja 2 ilmanvaihtokone jatkuvalla käytöllä, sarja 3 ilmanvaihtokoneessa tehon alennus käytössä.....	7
KUVIO 3. Ilmanvaihdon lämmön kulutus. Sarja 1 nykyinen tilanne, sarja 2 ilmanvaihtokone jatkuvalla käytöllä, sarja 3 ilmanvaihtokoneessa tehon alennus käytössä.....	7
KUVIO 4. Ilmanvaihdon sähkön kulutus. Sarja 1 nykyinen tilanne, sarja 2 ilmanvaihtokone jatkuvalla käytöllä, sarja 3. ilmanvaihtokone tehon alennus käytössä.	8
KUVIO 5. Ilmanvaihdon lämmön kulutus. Sarja 1 nykyinen tilanne, Sarja 2 ilmanvaihtokone jatkuvalla käytöllä, sarja 3 ilmanvaihtokoneessa tehon alennus käytössä.	9

KUVAT

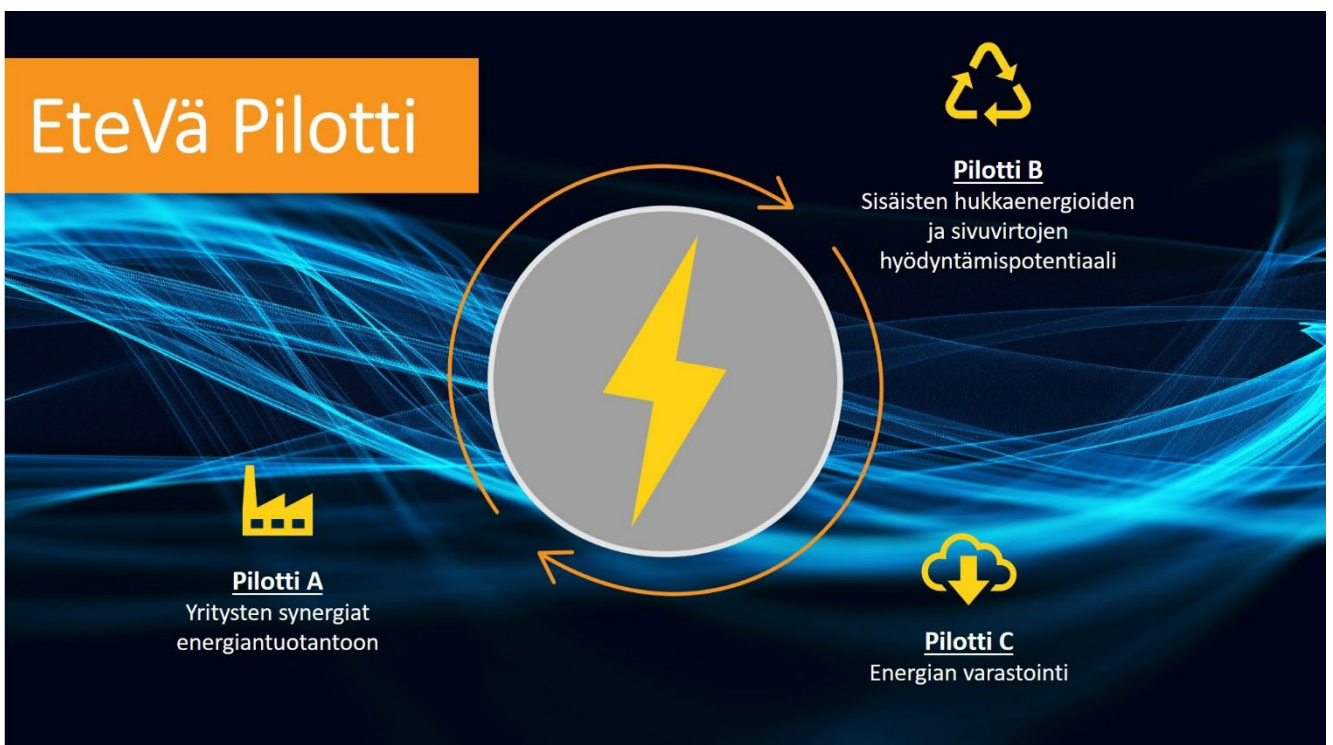
KUVA 1. Tomaatti kasvatuskokeet 22.05.2023	34
KUVA 2. Tomaatti kasvatuskokeet 05.06.2023	35
KUVA 3. Tomaatti kasvatuskokeet 12.06.2023	35
KUVA 4. Tomaatti kasvatuskokeet 20.06.2023	36
KUVA 5. Tomaatti kasvatuskokeet 21.6.2023 taimien alle sijoitettu levyt, jottei kasvit ole suoraan kosketuksissa lattian kanssa.	37
KUVA 6. Basilika kasvatuskokeet 17.08.2023.....	38
KUVA 7. Basilika kasvatuskokeet 22.09.2023.....	38
KUVA 8. Salaatti kasvatuskokeet 17.08.2023.....	39
KUVA 9. Salaatti kasvatuskokeet 22.09.2023.....	39

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Energian käytöstä aiheutuvat kustannukset eri vaihtoehdoissa.....	9
TAULUKKO 2. pH and electrical conductivity of compost and compost/peat mixture.....	12
TAULUKKO 3. Käyneen hiivan kuiva-ainepitoisuus.....	29
TAULUKKO 4. Käyneen hiivan tuhkapitoisuus.....	29
TAULUKKO 5. Hiiva ICP analyysi - kiinteä näyt.....	30
TAULUKKO 6. Hiiva ICP analyysi - alkuperäinen näyte	30
TAULUKKO 7. Hiiva ICP analyysi - sentrifugoitu neste näyte	31
TAULUKKO 8. Kaupallisen lannoitteen ICP laimennukset	31
TAULUKKO 9. Kaupasta ostettavan hiivan alkuaine sisältöjen keskiarvot	32
TAULUKKO 10. Kaupallisten lannoitteiden alkuainesisältöjen keskiarvot	33
TAULUKKO 11. Kuiva-aine-analyysi 8.-9.12.2022.....	41
TAULUKKO 12. Tuhka-analyysi 8.-9.2.2022	41
TAULUKKO 13. Näytteiden typpipitoisuus.	41
TAULUKKO 14. IC-analyysi 31.1.-2.2.2002	42
TAULUKKO 15. IC-analyysin kontrolli	42
TAULUKKO 16. Analyysiasetelmat.....	42
TAULUKKO 17. ICP-analyysi kasvihuonejäte R1	43
TAULUKKO 18. ICP-analyysi kasvihuonejäte R2.....	44
TAULUKKO 19. ICP-analyysi kasvihuonejäte R3.....	45
TAULUKKO 20. Keskiarvot ICP-analyysiin tuloksista.....	45

1 JOHDANTO

Tässä raportissa esitellään EteVä Pilotti -hankkeen aikana tehtyä tutkimusta ja sen tuloksia. Hankkeen aikana toteutettiin kolme erilaista teemallista pilotointia ja niistä kaikista on tuotettu oma raporttinsa. Tämä on näistä piloteista toinen, joka kulki nimellä ”Sisäisten hukkaenergioiden ja sivuvirtojen hyödyntämispotentiaali” tai pilotti B. Kuvio 1 esittää hankkeen temaattisen jaon. Hanke toimi Keski-Pohjanmaan alueella ja selvitti alueella olevia hukkaenergian ja sivuvirtojen potentiaalia ja hyödyntämiskohteita sekä tuki vihreää siirtymää.



KUVIO 1. EteVä Pilotti -hankkeen teemoitetut pilotit.

Sisäisten hukkaenergioiden ja sivuvirtojen hyödyntämispotentiaali -pilotissa pyrittiin määrittelemään hankkeeseen osallistuneiden yritysten hukkaenergian sekä sivuvirtojen hyödyntämiskohteita. Hankkeen aikana selvitettiin yhteistyössä viiden erilaisen toimialan toimijan mahdollisia sivuvirtoja ja selvitettiin niille mahdollisia hyödyntämiskohteita.

Tässä raportissa käydään läpi nämä viisi erilaista kohdetta ja niistä selvitettyt tiedot, laskelmat ja tulokset. Ensimmäisenä tarkastelukohteena oli kaukolämpöverkko ja sen sisällä olevat asuintalot, joista voitaisiin ottaa talteen lämpöä. Erityisesti vanhemmat talot, joissa ei ole ennestään poistoilman talteenottoa olivat tässä tarkastelun kohteena.

Toisena tarkastelunkohteena oli teollisuusmaalaamon tuottaman hukkalämmön nykytila, hukkaenergian määrä sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton skenaarioiden laskelmat. Tarkastelussa oli maalaa-
mon uunit, joista hukkalämpöä kertyi sekä miten niistä voitaisiin ottaa talteen lämpöä.

Kolmantena tarkastelunkohteena oli mahdollisen turpeen korvaavan kasvatusalustan löytäminen kesäkukkien kasvatukseen. Hankkeen aikana toteutetun Pilotti A:n synergia selvitykset, joiden yhtenä tarkastelunkohteena oli biokaasulaitos. Tästä heräsi ajatus, kun yleisesti käytetään biokaasulaitoksen tuottamaa jätettä eli lietettä lannoitteena pelloilla, että tätä voitaisiin myös mahdollisesti hyödyntää kesäkukkien kasvatusalustana. Tässä kolmannessa tarkastelun kohteessa siis selvennetäänkin biokaasulaitoksen lietteen käyttöä kesäkukkien kasvatusalustana sekä massaan tehtyjä laboratorio tuloksia.

Neljäs tarkastelunkohde jatkaa samaa ajatusta sivuvirtojen hyödyntämistä kasvien kasvatuksessa, kun myös Pilotti A:n selvityksen kohteena ollut panimon sivuvirtaan toteutettiin myös kasvatus- ja laboratoriokokeita. Panimon sivuvirtaa eli hiivaa hyödynnettiin Pilotti A:sta tunnistetun vesiviljelyn lannoitteena. Tässä raportissa tarkastellaan, miten hiiva pärjäsi kasvatuskokeissa ja millaisia tuloksia saatiin laboratorio testeistä.

Viimeisenä tarkastelukohteena oli puutarhan tuottaman sivuvirran laboratoriokokeiden tulokset. Tässäkin tarkastelunkohteena oli tavoitteena löytää sivuvirralle hyödyllinen uusi käyttökohde ja saada tämän sivuvirran arvoaineet talteen.

2 KAUKOLÄMPÖVERKON LÄMMÖNTALTEENOTTO KERROSTALOJEN POISTOILMASTA

Asuinrakennusten miellyttäväksi koetun lämpötilan perustana on ihmiskehon lämpötasapainon säilyminen. Kokemus miellyttävästä lämpötilasta vaihtelee yksilökohtaisesti ja samalla myös yksilön toiminta kuten pukeutuminen tai fyysinen aktiivisuus vaikuttavat kokemuksen laatuun. (Seppänen O, 2004).

Terveellisen ja miellyttävän sisäilman aikaansaamiseksi asuinrakennusten ilmanvaihdon on oltava riittävää. Ilmanvaihdon avulla rakennuksesta poistetaan likaista ja lämmintä sisäilmaa samalla ottaen puhdasta ja raikasta ulkoilmaa sisätiloihin. Henkeä kohden sopiva ilmanvaihdon määrä on noin 20 – 25 l/s (Seppänen O, 2004). Ulkoilman lämpötilan ollessa matalampi kuin haluttu huonelämpötila, ilmanvaihto aiheuttaa lisääntyvää rakennuksen lämmityksen tarvetta.

Poistuva ilma sisältää lämpöä, joka voidaan ottaa talteen useilla erilaisilla teknisillä ratkaisulla, joiden sovellettavuuteen vaikuttaa rakennukseen aiemmin tehdyt rakenteelliset sekä tekniset valinnat. Uusissa kerrostaloissa on nykyisin koneellinen ilmanvaihto, jonka yhteyteen on integroitu lämmöntalteenotto ratkaisu, jolloin useimmissa kohteissa säästöpotentiaali on pieni tai yleisellä tasolla ilman talokohtaista tarkastelua hankalasti arvioita.

Kokkolan alueelta kartoitettiin kerrostaloja, jotka ovat kytketty kaukolämpöön ja samalla talojen ilmanvaihto on toteutettu rakennusvuoden perusteella oletus arvoisesti ratkaisulla, jossa poistoilmasta ei ole lämmöntalteenottoa. Tarkasteltavaksi teknologiseksi ratkaisuksi valittiin poistoilmalämpöpumppu, jonka soveltuvuutta ja kannattavuutta kerrostaloihin tarkasteltiin kirjallisten lähteiden sekä talotekniikan asennuksiin perehtyneiltä yhtiöiltä saatujen tietojen avulla.

Saatujen tietojen avulla kerrostalossa on oltava keskitetty poistoilma huippuimurilla, rakennuksen muodon on oltava korkea ja asuntojen lukumäärän on oltava suuri. Talon muodon ollessa korkea huippuimureiden lukumäärä on pieni, jolloin lämmöntalteenottolaitteistojen määrä on pienempi ja putkistojen rakentaminen lämmönjakohuoneeseen on vähäisempää. Asuntojen suuren määrän avulla taas saadaan riittävän suuri ilmanvaihto, jolloin poistuvan lämmön määrä on taloudellisestikin mitaten merkittävä.

Kaukolämpöyhtiöltä saadun aineiston perusteella Kokkolassa on 13 kerrostaloa, jotka ovat oletus arvoisesti poistoilmalämpöpumpulle hyvin soveltuvia kohteita. Tarkemman käsityksen saamiseksi nämä kohteet vaatisivat vielä yksilöllisen tarkastelun. Aikaisemmista käyttöpaikkakohtaisista tilastoista voitiin havaita, että kerrostalojen lämmönkulutus oli vuosittain 6490 MWh. Laskennallisesti poistoilmalämpöpumpun avulla kaukolämmöstä voidaan säästää vuosittain 4326 MWh, mutta samalla laskennallinen sähkönkulutus kasvaisi rakennuksissa 1442 MWh.

3 TEOLLISEN MAALAAMON HUKKAENERGIA POTENTIAALI

Hukkaenergian hyödyntämiseksi tarvitaan hukkaenergian lähde, lämpönielu sekä teknologia, joka mahdollistaa lämmöntalteenoton sekä luovuttamisen lämpönieluun. Yleisesti voidaan mainita, että korkeassa lämpötilassa olevien hukkalämpöjen hyödyntäminen on helpompaa ja halvempaa verrattuna matalassa tasossa oleviin lämpötiloihin. Matalassa lämpötila tasoissa olevien hukkalämpöjen hyödyntäminen vaatii usein käyttöön lämpötila tasoja nostavan lämpöpumpun, joka taas aiheuttaa suurempia investointeja. Hukkalämpöjen talteen ottamisen on oltava myös taloudellisesti kannattavaa, joten usein matalassa tasossa olevien lämpöjentalteenotosta saatava hyöty suhteessa tehtäviin investointeihin on liian heikko.

3.1 Nestekaasua käyttävien uunien savukaasun hukkaenergia potentiaali

Teollisuusmaalaamossa tarkasteltiin hukkaenergiatalteenoton mahdollisuutta poistoilmasta, kompressoreista ja maalausuunien savukaasusta. Tarkastelukohteessa oli useita erityyppisiä uuneja ja näiden uunien lämmönlähteenä oli nestekaasu, sähkö sekä kaukolämpö. Nestekaasua käyttävien uunien savukaasun lämpötilan todettiin mittauksissa olevan huomattavasti yli 100°C lämpötilassa ja edellä kerrottujen syiden vuoksi tarkastelu aloitettiin näiden uunien savukaasujen sisältämän energianmäärän selvittämisestä.

Energianmäärän selvittämiseksi kohteessa tehtiin mittauksia savukaasun virtausnopeuden, kanavan paineen, kanavan läpimitan sekä lämpötilan todentamiseksi. Savukaasun koostumus selvitettiin reaktioyhtälön avulla palamisesta syntyvän lopputuotteen kautta. Laskennallisesti määritettiin savukaasun tiheys sekä ominaislämpökapasiteetti. Tiheyden ja mittaustietojen avulla selvitettiin massavirta, joka taas kerrottiin ominaislämpökapasiteetin avulla saaden aikaiseksi uunista savukaasun mukana poistuva tehovirta. Uunien vuosittainen käyttöaika oli maalaamon tekemä arvio, joka kerrottiin tehovirralla, jolloin saatiin uunien savukaasujen mukana vuosittain poistuva lämpöenergian määrä. Savukaasujen mukana poistuva energia oli kaikkiaan 41,95 MWh/a.

Lämpömäärän ollessa suhteellisen pieni on myös ratkaisujen oltava suhteellisen yksinkertaisia ja pienin kustannuksin toteutettavissa olevia. Lämmöntalteenottamiseksi savukaasua poistaviin kanaviin voidaan asentaa kanavaradiaattorit, jotka siirtävät poistuvan savukaasun lämmön nesteeseen. Nesteeseen sitoutunut lämpö voidaan siirtää putkiston avulla maalaamossa olevien altaiden lämmittämiseen.

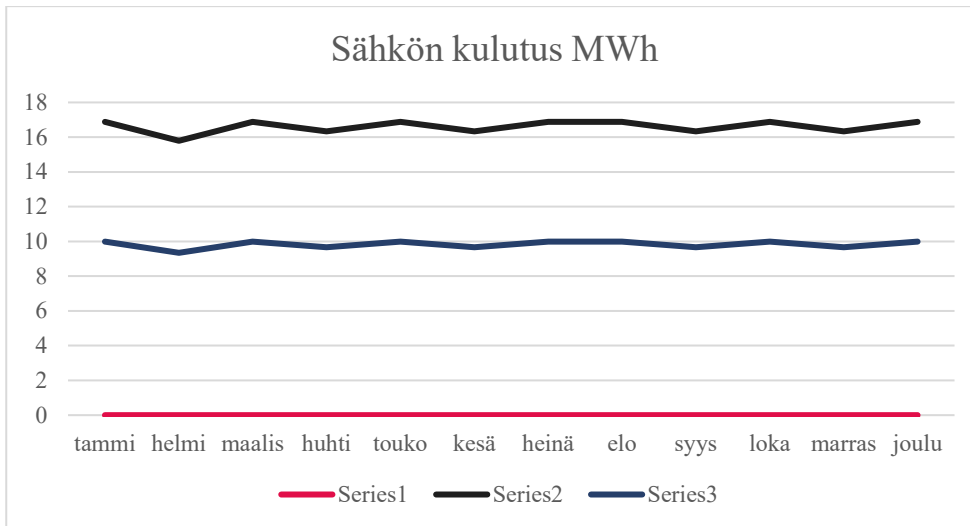
Altaissa on oma lämmityspiirinsä ja levylämmönvaihtimen avulla on mahdollista siirtää uunien lämmöntalteenotosta tulevan nesteen lämpö altaiden lämmitykseen käytettävään piiriin. Altaiden tilavuus on suuri, jolloin altaissa on paljon lämpöä sitovaa massaa. Altaita lämmittävän tehon vaihtelu ei tällöin vaikuta merkittävästi altaiden lämpötilaan, mutta vähentää kiinteistön käyttämää kaukolämpöenergian vuosittaista tarvetta siirretyn lämpöenergian verran. Siirrettävän lämpöenergian määrään vaikuttaa järjestelmän kokonaishyötysuhde, joka on yleensä järjestelmään kertyvän lian, saostumien ja eristeisiin tulevien vaurioiden myötä heikkenevä arvo.

3.2 Lämmöntalteenotto maalaamon poistoilmasta

Tarkastelukohteessa ilmanvaihdossa oli puutteita, eikä siinä ollut lämmöntalteenottoa. Tarkkaa ja täsmällistä poistoilman määrää kohteessa oli vaikea selvittää, koska ilmanvaihto toimi osittain luonnonkiertoisesti, ilman koneellisia puhaltimia. Laskennassa on ilman arvioitu vaihtuvan alkutilanteessa $3 \text{ m}^3/\text{s}$, joka on määräyksiin ja suosituksiin verrattuna huomattavan alhainen arvo. Laskennassa tämä tarkoittaa sitä, että lähtötilanteessa lämpöenergiaa hukataan vähemmän verrattuna sellaiseen lähtötilanteeseen, jossa olisi ilmanvaihdon ennakoitu toimivan määräyksien mukaisella tasolla. Tämä tarkoittaa myöhemmissä laskennoissa sitä, että säästöt nykyiseen ratkaisuun verrattuna olisivat suuremmat, jos ilmanvaihdon määrä olisi määräyksien mukaisella tasolla.

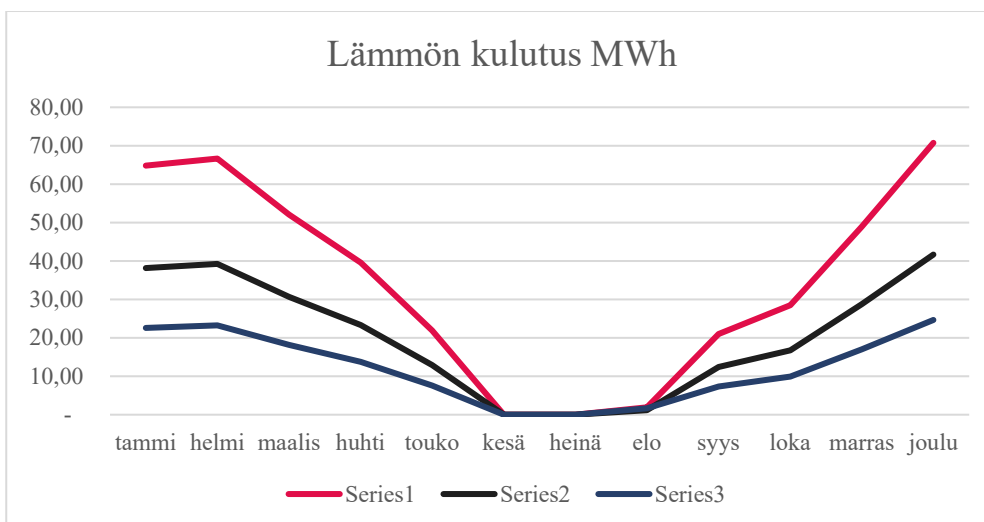
Kohteeseen on hankittu ilmanvaihtokone, jossa on lämmöntalteenotto yksikkö. Laskennassa sähkönkulutus ja lämmöntalteenoton tehokkuus perustuvat ilmanvaihtokoneen teknisistä tiedoista saatuihin tietoihin.

Seuraavalla sivulla kuviossa 1. on esitetty ilmanvaihtokoneen ja sen erilaisesta käyttämisestä seuraavat muutokset sähkönkulutukseen. Sarjassa 1 on kuvassa alkutilanne, jossa puhaltimien puuttuessa on sähkönkulutus 0. Sarjassa 2 puhaltimet toimivat uudessa ilmanvaihtokoneessa jatkuvasti sillä teholla, mitä rakennukseen vaaditaan ilmanvaihtoa, rakennuksen ollessa siinä toiminnassa, mitä maalaamossa harjoitetaan työvuoron aikana. Sarjassa 3 puhaltimien toimintaan on kaksi erilaista tilaa, joista tila 1 vastaa sitä ilmanvaihdon määrää, mitä rakennus vaatii sen toimiessa työvuorojen aikana ja tila 2 vastaa sitä ilmanvaihdon määrää, mitä rakennus tai ilmanvaihdon luotettavan toiminnan takaaminen vaatii rakennuksen ollessa suljettuna. Seuraavaksi lyhyt yhteenveto laskennalliseen arvioon perustuvista vaikutuksista graafisesti esitettynä.



KUVIO 2. Ilmanvaihdon sähkön kulutus. Sarja 1 nykyinen tilanne, sarja 2 ilmanvaihtokone jatkuvalla käytöllä, sarja 3 ilmanvaihtokoneessa tehon alennus käytössä.

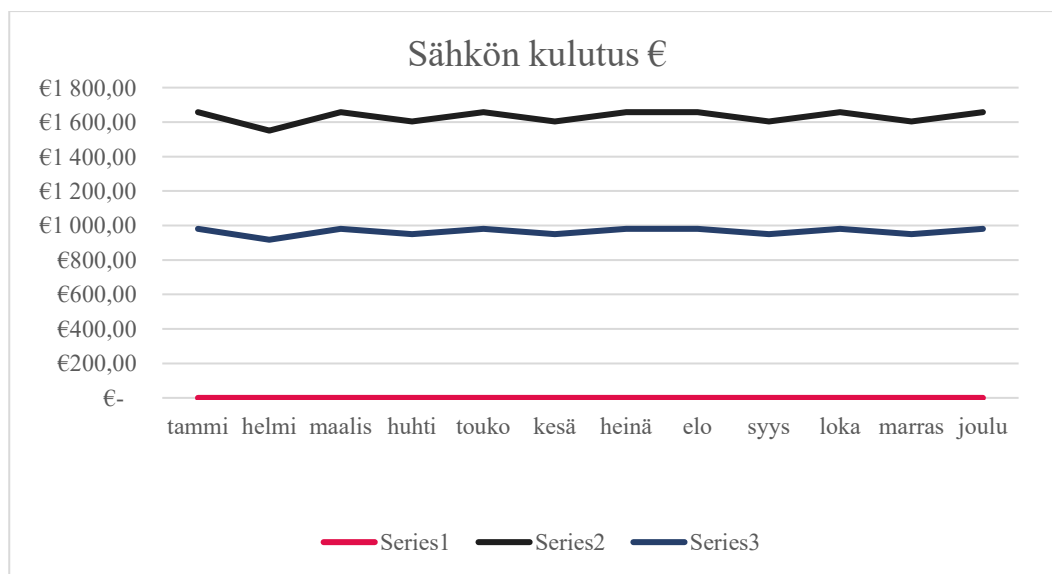
Kuviossa 2 on alla esitelty ilmanvaihdon kautta poistuva lämpö, käyttäen sarjoina samoja muuttujia kuin edellä esitetyssä kuvassa 1. Kuvasta voidaan havaita, että ilmanvaihdon kautta saatavien säästöjen määrä on riippuvainen ulkoilman lämpötilasta. Ulkoilman lämpötilan ollessa kylmä on sisäilman ja ulkoilman välinen lämpötila ero suurempi ja siten myös siirtyvän lämmön määrä on suurempi. Kesäkuukausina lämpötila eroa ei ole tai se voi olla jopa niinkin päin, että ulkoilma on sisäilmaa lämpimämpään, jolloin ilmanvaihdon avulla ei saavuteta säästöjä lämpöenergiasta. Vuoden aikana lähtötilanteessa ilmanvaihdon kautta poistuu kaikkiaan lämpöä 416 MWh, Sarjassa 2 poistuvan lämmön määrä on vuoden aikana 245 MWh ja sarjassa 3 poistuvan lämmön määrä on 146 MWh.



KUVIO 3. Ilmanvaihdon lämmön kulutus. Sarja 1 nykyinen tilanne, sarja 2 ilmanvaihtokone jatkuvalla käytöllä, sarja 3 ilmanvaihtokoneessa tehon alennus käytössä.

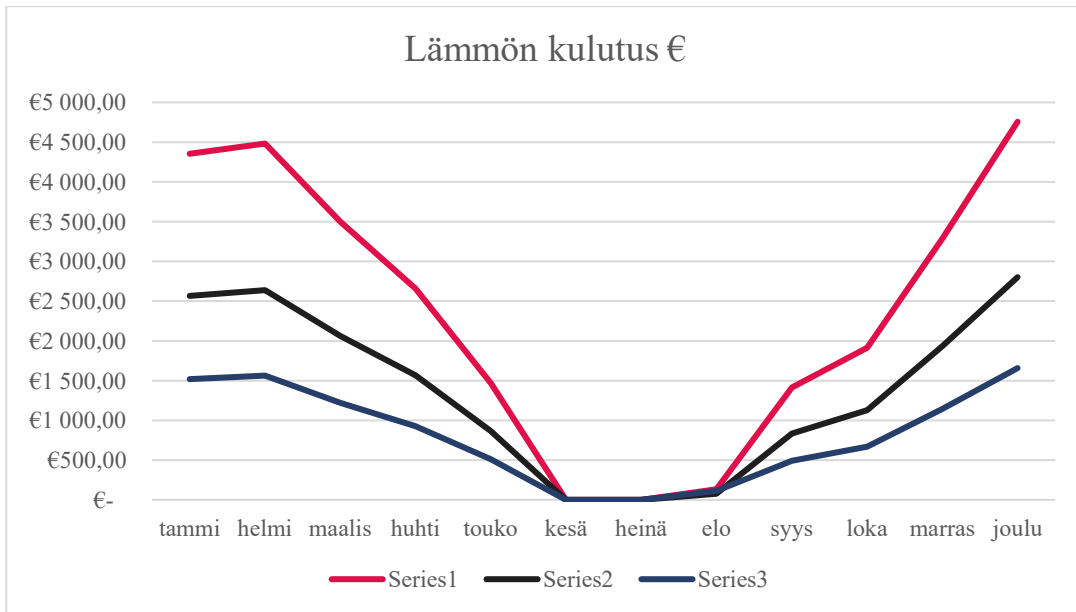
Ilmanvaihtokoneen vaihtamisen ja investoinnin kuluista raportin laatijalla ei ole tietoa. Tässä yhteydessä ei arvioida taloudellista kannattavuutta, mutta lasketaan energian käytöstä aiheutuvat kustannusmuutokset. Energian säästön lisäksi, ilmanvaihtoa käsittelevistä kirjoista ja artikkeleista voi löytää erilaisia taulukoita ja arvioita, kuinka toimiva ilmanvaihto vaikuttaa työtehoon. Näiden vaikutukset kuvataan usein olevan merkittävät, mutta näitäkään vaikutuksia ei tässä raportissa arvioida.

Alla on kuviossa 3 arvioitu, kuinka sähkön kulutuksen muutos vaikuttaa sähköenergian käytöstä aiheutuviin kustannuksiin. Kuvassa sarjat ovat esitelty aiemmin kerrotulla tavalla.



KUVIO 4. Ilmanvaihdon sähkön kulutus. Sarja 1 nykyinen tilanne, sarja 2 ilmanvaihtokone jatkuvalla käytöllä, sarja 3. ilmanvaihtokone tehon alennus käytössä.

Seuraavalla sivulla kuviossa 4 on esitelty, millaiset vaikutukset ilmanvaihdon kautta poistuvalla lämmöllä on energiakustannuksiin. Ilmanvaihtokoneesta saatavat säästöt voidaan laskea alkutilanteen ja vertailutilanteen välinen erotus lämmönkulutuksesta, jolloin saadaan bruttosäästö. Nettosäästö saadaan vähentämällä tästä luvusta vielä lisääntyneestä sähkönkulutuksesta aiheutuneet kustannukset.



KUVIO 5. Ilmanvaihdon lämmön kulutus. Sarja 1 nykyinen tilanne, Sarja 2 ilmanvaihtokone jatkuvalla käytöllä, sarja 3 ilmanvaihtokoneessa tehon alennus käytössä.

Taulukossa 1. on koottu yhteen lämmityksestä ja sähkön käytöstä aiheutuvat kustannukset eri vaihtoehtoissa. Suurimmat energiakustannukset saavutetaan sarjassa 2, jossa ilmanvaihtokone on jatkuvasti samalla teholla. Pienimmät energiakustannukset saavutetaan sarjassa 3, jossa ilmanvaihtokoneen puhaltimien nopeutta säädetään työaikojen perusteella. Sarjassa 1. ilmanvaihto on puutteellinen, joten tätä vaihtoehtoa ei voida käytännössä suositella, eikä käyttää.

TAULUKKO 1. Energian käytöstä aiheutuvat kustannukset eri vaihtoehtoissa.

	Lämmitys	Sähkö	Yhteensä
Sarja A	27 970,77 €	- €	27 970,77 €
Sarja B	16 474,79 €	19 569,88 €	36 044,66 €
Sarja C	9 816,69 €	11 578,84 €	21 395,53 €

4 BIOKAASULIETE KASVATUSALUSTANA TURPEEN TILALLE

With the increasing awareness of the environmental impacts of peat and its extraction from wetlands, alternative growing mediums are in demand. Peat has several disadvantages as a growing medium. Firstly, extraction not only destroys habitats that have high biodiversity but also releases carbon dioxide that has been tied into the wetlands over time. Secondly, peat is a non-renewable resource and extraction locations are limited. Thirdly, over time peat is also a poor growing medium as it loses its structure and water retention capabilities. Considering these limitations and environmental impacts, this report aims to investigate two possible growing mediums: biogas sludge and brewer's yeast. Both materials that are born as a by-product of other production processes and otherwise would not be utilized. Thus, aiming to create new circular business opportunities.

4.1 Background of the research

A local garden focused on growing flowers expressed their interest in replacing their soil mixture that contains peat with a new more sustainable growing medium. As the project focused on researching by-product synergies within the region and knew that the by-product of biogas production, sludge, could be a nutrient rich medium. Sludge created during the production of biogas is such that cannot be utilized for growing edible vegetation but could provide an optimal growing medium for inedible plants like flowers. Thus, research into this possibility began and is detailed in the below paragraphs.

A local biogas plant is operating in the Kokkola industrial park area. After the biogas digestion process, the leftover sludge is de-watered, dried, and composted. A solid product, like compost, that can be used as a fertilizer, is generated. During this project, we tried to find a local application for this compost. A local flower-growing partner of this project has shown interest in using this compost as an additive in the substrate they use in growing flowers. The main idea is to replace the current peat substrate with the compost from the biogas plant.

The current standard substrate in growing flowers is peat. From the environmental perspective, peat is not the ideal solution, due to the high amounts of CO² and methane emissions released when peat is harvested from wetlands. Also, the biodiversity suffers when swamps are dried for peat harvesting. Therefore, any alternative that can yield similar growing results than peat, would have a positive effect

on our world's climate and biodiversity. Furthermore, a circular economy, where the by-product of one company can be the raw material for another company is reducing the burden for our environment and can even save money.

4.2 Laboratory testing of the compost

The compost obtained from the biogas plant is a digestion residue of the local municipal wastewater treatment plant in Kokkola. After the anaerobic digestion is completed, the digestion residue is de-watered, dried, and composted for several months.

The result is a solid compost material that can be compared to soil in composition.



KUVA 1. Compost ready for use. Samples were taken for growing tests and analytical determination of nutrient composition by Centria's project member Simo Mäenpää.

Two different samples were analysed:

1. **100% compost.**

a. This is the pure raw material that was obtained from the biogas plant.

2. **A 50/50% mixture.**

a. This mixture contains 50% vol. compost obtained from the biogas plant and 50% vol. peat substrate obtained from the manufacturer of that substrate, Kekkilä. The mixture was prepared by our research team at Centria.

The following tables illustrate the results.

4.2.1 pH and electrical conductivity

TAULUKKO 2. pH and electrical conductivity of compost and compost/peat mixture.

Sample name: <i>Näyte</i>	pH	Electrical conductivity <i>Johtokyky</i> ($\mu\text{S/cm}$)
Sample 1: 100% compost	4.88	1352
Sample 2: 100% compost	4.91	1309
Sample 1: 50% _{vol.} compost / 50% _{vol.} peat mixed.	5.94	813
Sample 1: 50% _{vol.} compost / 50% _{vol.} peat mixed.	6.13	877

4.2.2 Moisture and dry matter content

TAULUKKO 3. Moisture and dry matter of compost and compost/peat mixture.

Sample No. <i>Näyte</i>	Moisture content <i>Kosteus</i> (%)	Dry matter content <i>Kuiva-aine</i> (%)
Sample 1: 100 % compost	63.78	36.22
Sample 2: 100 % compost	62.85	37.15
Sample 3: 100 % compost	60.67	39.33
Average of 100 % compost	62.4	37.6

<i>keskiarvot</i>		
Sample 1: 50% _{vol.} compost / 50% _{vol.} peat mixed.	56.59	43.41
Sample 2: 50% _{vol.} compost / 50% _{vol.} peat mixed	56.93	43.07
Sample 3: 50% _{vol.} compost / 50% _{vol.} peat mixed	57.11	42.89
Average of 50% compost / 50% peat mixture <i>keskiarvot</i>	56.9	43.1

4.2.3 Ash content

TAULUKKO 4. Ash content of compost and compost/peat mixture.

Sample No. <i>Näyte</i>	Ash content <i>Tuhkapitoisuus</i> (%)
Sample 1: 100 % compost	50.70
Sample 2: 100 % compost	48.46
Sample 3: 100 % compost	52.55
Average of 100% compost <i>keskiarvot</i>	50.6
Sample 1: 50% _{vol.} compost / 50% _{vol.} peat mixed.	55.99
Sample 2: 50% _{vol.} compost / 50% _{vol.} peat mixed	52.48
Sample 3: 50% _{vol.} compost / 50% _{vol.} peat mixed	49.66
Average of 50% compost / 50% peat mixture <i>keskiarvot</i>	52.7

4.2.4 Density

TAULUKKO 5. Density of compost and compost/peat mixture

Sample No. <i>Näyte</i>	Density <i>Laboratoriotilavuuspaino</i> (g/l)
Average of 6 different samples	515.36
100% compost	
Average of 6 different samples	381.31
50% _{vol.} compost / 50% _{vol.} peat mixed	

4.2.5 Soluble nutrients

Soluble nutrients are the amount of nutrients that can be dissolved in normal water.

Analysis was performed with the Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) method.

Blue highlighted rows are for elements that are present in higher concentrations from the samples.

TAULUKKO 6. Soluble nutrient composition of compost and compost/peat mixture

	100 % compost	100 % compost	50%vol. compost / 50%vol. peat mixed	50%vol. compost / 50%vol. peat mixed
Chemical element	mg/kg	%	mg/kg	%
Al	1.88	0.000	0.22	0.000
As	0.01	0.000	0.01	0.000
Ba	0.24	0.000	0.21	0.000
Be	0.00	0.000	0.00	0.000
Bi	0.00	0.000	0.00	0.000
Ca	2746.42	0.275	1918.03	0.192
Cd	0.01	0.000	0.00	0.000
Co	0.08	0.000	0.06	0.000
Cr	0.02	0.000	0.02	0.000
Cu	0.17	0.000	0.11	0.000
Fe	0.26	0.000	2.65	0.000
Ga	0.02	0.000	0.02	0.000
K	285.66	0.029	471.91	0.047
Li	0.03	0.000	0.02	0.000
Mg	312.02	0.031	307.14	0.031
Mn	94.75	0.009	38.05	0.004
Na	55.56	0.006	51.43	0.005
Ni	0.14	0.000	0.06	0.000
P	0.35	0.000	1.00	0.000
Pb	0.02	0.000	0.01	0.000
Rb	0.15	0.000	0.19	0.000
S	2559.53	0.256	1946.17	0.195
Se	0.03	0.000	0.03	0.000
Sr	5.35	0.001	3.23	0.000
Tl	0.00	0.000	0.00	0.000
U	0.01	0.000	0.01	0.000
V	0.00	0.000	0.01	0.000
Zn	19.50	0.002	3.99	0.000

4.2.6 Total nutrients

Total nutrients are the absolute amount of nutrients present in the sample (for this measurement the whole sample is dissolved in acids so non-soluble components can be measured).

Analysis was performed with the Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) method. Blue highlighted rows are for elements that are present in higher concentrations from the samples.

TAULUKKO 7. Total nutrient composition of compost and compost/peat mixture.

	100 % compost	100 % compost	50%vol. compost / 50%vol. peat mixed	50%vol. compost / 50%vol. peat mixed
Chemical element	mg/kg	%	mg/kg	%
Al	4182.24	0.418	3448.81	0.345
As	2.04	0.000	1.92	0.000
Ba	55.76	0.006	286.28	0.029
Be	0.15	0.000	0.12	0.000
Bi	1.60	0.000	1.26	0.000
Ca	7847.39	0.785	7331.31	0.733
Cd	0.40	0.000	0.33	0.000
Co	9.23	0.001	7.86	0.001
Cr	21.36	0.002	20.24	0.002
Cu	68.87	0.007	56.54	0.006
Fe	43561.80	4.356	34341.31	3.434
Ga	3.81	0.000	14.76	0.001
K	1409.40	0.141	1317.11	0.132
Li	1.51	0.000	1.35	0.000
Mg	1165.67	0.117	1055.21	0.106
Mn	490.97	0.049	1743.38	0.174
Na	174.10	0.017	149.62	0.015
Ni	10.89	0.001	9.08	0.001
P	11351.64	1.135	10043.08	1.004
Pb	7.62	0.001	13.32	0.001
Rb	3.97	0.000	3.59	0.000
S	4972.08	0.497	4293.31	0.429
Se	1.44	0.000	1.28	0.000
Sr	30.87	0.003	31.19	0.003
Tl	0.07	0.000	0.07	0.000
U	0.90	0.000	0.75	0.000
V	10.09	0.001	8.64	0.001
Zn	236.08	0.024	200.85	0.020

4.3 Growing test preparations

Components of the growing tests and its results are outlined as follows.

4.3.1 Composition of the peat substrate

A readymade substrate, containing mostly peat and sand, is traditionally used to grow commercial flowers in Finland. The substrate currently used by our project's partner is made by Kekkilä Professional.

- Name of the product: "Kekkilä Altakasteluseos R8419"

The nutrient composition is listed in the following table.

TAULUKKO 8. Peat substrate composition and values.

	Value	Unit	Norm
Type	Pakattu seosmulta – Packed growing soil		
Tuotantoseulonta – production screening	4-20	mm	
Content	<ul style="list-style-type: none"> • Vaalea rahkaturve - Light peat • Hiekka - Sand 		
Lisätyt aineet - added substances	<ul style="list-style-type: none"> • 4,8 Kalkki – Limestone (Ca, Mg) • 1,00 KS1 NPK 15-5-24 • 0,004 Kostutusaine - Moisturiser 	kg/m ³ kg/m ³ l/m ³	
pH	5,9 (5,4-6,9)		EN13037
Johtokyky – EC electroconductivity	32 (16-48)	mS/m	EN13038
Vesiliukoinen typpi - Water soluble nitrogen (N)	800 (400-1200)	mg/kg ka	EN13652
Liukoinen fosfori - Soluble phosphorus (P)	300 (150-450)	mg/kg ka	EN13651
Liukoinen kalium -	1300 (650-1950)	mg/kg ka	EN13651

Soluble potassium (K)			
Kosteus - Moisture	30-50	%	EN13040
Orgaaninen aines - Organic matter	25-30	%	EN13039
Sisäänpanotilavuus - Volume of package	4500	l	EN12580

4.3.2 Type of flowers used in this test

To determine whether the compost from the biogas plant is a suitable replacement of the peat substrate, real growing tests were performed to see the results. For this, 3 common flowers that are commercially sold in Finland were selected and planted.

The flowers chosen were the following:

- **Samettiruusu**, (*tagetes patula*), also known as “French Marigold”.
- **Harjaneilikka** (*dianthus barbatus*)
- **Orvokki** (*Viola*)

These flowers were then planted into different concentrations of compost / peat substrate mixtures, and the results were monitored.

4.3.3 Compost / peat substrate mixture ratios tested

In the growing tests, different mixture ratios of compost / peat were used, to see the differences.

All mixture ratios were done by volumetric ratio. For example, 450ml of compost and 550ml of peat were blended to achieve a “45% mixture”.

The mixture ratios were as follows:

TAULUKKO 9. Overview of the compost/peat mixture ratios tested.

Mixture ratio name	Unit
0%	Pure peat substrate. No compost added.
15%	15% compost and 85% peat.
30%	30% compost and 70% peat.
45%	45% compost and 55% peat.
60%	60% compost and 40% peat.
75%	75% compost and 25% peat.
90%	90% compost and 10% peat.
100%	Pure compost. No peat added.

4.4 Growing tests

The growing tests were started in the middle of May 2023. This is too late for planting flowers from seeds, but the entire idea of growing flowers only evolved during the last phase of the project, and thus it was not possible to start this earlier in spring, during the actual planting season.

4.4.1 Methodology

All flowers were planted from seeds, which were obtained from regular supermarkets in Kokkola.

Growing conditions were not ideal in the beginning, due to lack of suitable sunny places in Centria's laboratories. The location allocated to the growing tests was facing north, thus very little sun reached the pots with the seeds in the first weeks. This may have led to rather poor germination results for some of the seeds because the recommended temperatures were not reached.

Once the weather was suitable in Kokkola in June, we were able to move the pots outside, and secured a sunny location, facing south-east. After the seeds had germinated, the flowers were moved to bigger pots in week 5 after the initial planting. Until the end of the growing test in week 13, no nutrients were added to any of the plants. Also, the soil was not changed during the entire growing tests.

Until the pots were moved outside in week 5, all watering was done with tap water. After the pots were outside, watering was done only when insufficient rain had fallen. At times, too much rain had fallen,

and thus the flowers had to be drained from excess rainwater. July was particularly rainy and during this time the flowers did not require additional watering.

4.4.2 Results of the germination phase, until week 5 after planting

During the germination time, daily watering was done manually. The germination success rate varies considerably between the different flowers.

- For the Samettiruusu, about 50% of the seeds germinated.
- For the Harjaneilikka, almost 100% seeds germinated.
- For the Orvokki, almost no seeds germinated.

The following tables list the results of the germination phase. One monitoring was done after 3 weeks of planting and another monitoring was done 5 weeks after the planting.

Results after 3 weeks of planting.

TAULUKKO 10. Results of the early germination phase, 3 weeks after planting the seeds. (6.6.2023)

Compost / peat mixture concentration rate	Samettiruusu (French Marigold) germination successful?	Harjaneilikka germination successful?	Orvokki germination successful?
0% (pure peat)	No, 0 out of 3.	Yes, 2 out of 3	Yes, 1 out of 3.
15%	No, 0 out of 3.	Yes, 1 out of 3	No, 0 out of 3.
30%	No, 0 out of 3.	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
45%	Yes, 1 out of 3	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
60%	Yes, 2 out of 3	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
75%	No, 0 out of 3.	Yes, 3 out of 3	No, 0 out of 3.
90%	Yes, 2 out of 3	Yes, 2 out of 3	Yes, 1 out of 3.
100% (pure compost)	Yes, 2 out of 3	Yes, 3 out of 3	Yes, 1 out of 3.

Results after 4 weeks of planting.

TAULUKKO 11. Results of the later germination phase, 4 weeks after planting the seeds. (14.6.2023)

Compost / peat mixture concentration rate	Samettiruusu (French Marigold) germination successful?	Harjaneilikka germination successful?	Orvokki germination successful?
0% (pure peat)	No, 0 out of 3.	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
15%	No, 0 out of 3.	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
30%	No, 0 out of 3.	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
45%	Yes, 1 out of 3	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
60%	Yes, 2 out of 3	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
75%	No, 0 out of 3.	Yes, 3 out of 3	No, 0 out of 3.
90%	Yes, 2 out of 3	Yes, 2 out of 3	Yes, 1 out of 3.
100% (pure compost)	Yes, 2 out of 3	Yes, 3 out of 3	No, 0 out of 3.

4.4.3 Results of the growing phase, from week 5 onwards

After the germinated plants started growing, the test location was moved outside, to get more direct sunlight. Also, the plants were moved to bigger pots on week 5. All plants were fully exposed to direct sunlight between ~9.00 – 14.00 o'clock. After that a building caused full shadow to the test location.

The following table present the results of week 6.

TAULUKKO 12. Results after 6 weeks. (30.6.2023)

Compost / peat mixture concentration rate	Samettiruusu (French Marigold) germination successful?	Harjaneilikka germination successful?	Orvokki germination successful?
0% (pure peat)	No, 0 out of 3.	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
15%	No, 0 out of 3.	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
30%	No, 0 out of 3.	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
45%	Yes, 1 out of 3	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
60%	Yes, 2 out of 3	Yes, 2 out of 3	No, 0 out of 3.
75%	No, 0 out of 3.	Yes, 3 out of 3	No, 0 out of 3.
90%	Yes, 2 out of 3	Yes, 2 out of 3	Yes, 1 out of 3.
100% (pure compost)	Yes, 2 out of 3	Yes, 3 out of 3	No, 0 out of 3.

Samettiruusu (French Marigold)

After 8 weeks, the first visual results were obtained. First results for Samettiruusu were positive. All plants, that were transferred to bigger pots, survived. However, concentration mixtures of 0%, 15%, 30% and 75% did not succeed in the germination phase at all. This is surprising, as the 0% mixture (pure peat) is the original substrate that is usually used in commercial growers.

Results after 11 weeks. Comparison of all mixture concentrations, 11 weeks after the seeds were planted. This was on the 1.8.2023.



KUVA 2. Samettiruusu comparison after 11 weeks.

Results after 13 weeks. Comparison of all mixture concentrations, 13 weeks after the seeds were planted. This was on the 14.8.2023.



KUVA 3. Samettiruusu comparison after 13 weeks.

Harjaneilikka

Results after 8 weeks. After 8 weeks, the first visual results were obtained. First results for Harjaneilikka were positive. All plants, that were transferred to bigger pots, survived.

Results after 11 weeks

Comparison of all mixture concentrations, 11 weeks after the seeds were planted. This was on the 1.8.2023.



KUVA 4. Harjaneilikka comparison after 11 weeks.

Results after 13 weeks. Comparison of all mixture concentrations, 13 weeks after the seeds were planted. This was on the 14.8.2023.



KUVA 5. Harjaneilikka comparison after 13 weeks.

Orvokki

Only one single seed germinated out of all the Orvokki trials. This was in the 90% mixture. It is therefore impossible to compare results. However, the 90% mixture concentration succeeded well.

Results after 8 weeks. Orvokki after 8 weeks: Mixture ratio: 90%



KUVA 6. Orvokki results after 8 weeks, for the 90% mixture concentration.

Results after 11 weeks. Orvokki after 11 weeks: Mixture ratio: 90%



KUVA 7. Orvokki results after 11 weeks, for the 90% mixture concentration.

Results after 13 weeks. Orvokki after 13 weeks: Mixture ratio: 90%



KUVA 8. Orvokki results after 13 weeks, for the 90% mixture concentration.

4.5 Conclusion

The results of all growing tests are positive. In higher concentrations of compost, no significant disadvantages were observed compared to the peat substrate obtained from Kekkilä Professional.

- For samettiruusu the best results were obtained in a mixture concentration between 45% and 60%.
- For harjaneilikka the best results were obtained in a mixture concentration between 45% and 90%.
- For orvokki the only successful results were obtained in a mixture concentration of 90%.

Both pure peat (0%) and pure compost (100%) did result in slightly worse growing results.

The following tables illustrate the visual results.

TAULUKKO 13. Results after 8 weeks.

Mixture concentration	Samettiruusu result after 8 weeks	Harjaneilikka result after 8 weeks	Orvokki result after 8 weeks
0%	no success	good result	no success
15%	no success	good result	no success
30%	no success	good result	no success
45%	good result	good result	no success
60%	good result	good result	no success
75%	no success	good result	no success
90%	acceptable result	good result	good result
100%	acceptable result	good result	no success

TAULUKKO 14. Results after 11 weeks.

Mixture concentration	Samettiruusu result after 11 weeks	Harjaneilikka result after 11 weeks	Orvokki result after 11 weeks
0%	no success	good result	no success
15%	no success	good result	no success
30%	no success	good result	no success
45%	good result	best result	no success
60%	good result	best result	no success
75%	no success	best result	no success
90%	acceptable result	good result	good result
100%	acceptable result	good result	no success

TAULUKKO 15. Results after 13 weeks.

Mixture concentration	Samettiruusu result after 13 weeks	Harjaneilikka result after 13 weeks	Orvokki result after 13 weeks
0%	no success	good result	no success
15%	no success	good result	no success
30%	no success	good result	no success
45%	good result	good result	no success
60%	best result	good result	no success
75%	no success	good result	no success
90%	acceptable result	best result	good result
100%	acceptable result	good result	no success

We are optimistic that a suitable alternative to peat has been found. Replacing peat entirely is however not recommended, as the best growing results have been observed in a mixture of both compost and peat.

4.5.1 Recommendation for follow up work.

This growing test was performed in relatively small scale, and was started later during the spring, after the usual planting season had already passed. The results may therefore vary from results obtained during the winter, when commercial flowers are grown in greenhouses in Finland.

Some recommendations of follow up work are:

- Perform real growing tests with the same flowers that are sold to customers.
- Perform these growing tests in the same location as the other flowers, at the same time.
- Check if the compost can be pre-mixed by a 3rd party company, such as Kekkilä Professional, so that a readymade substrate mix is offered. This would avoid the requirements for mixing compost and the peat substrate on site.

5 PANIMOHIIVA LANNOITTEENA

Aiemmassa hankkeen tuottamassa raportissa nimeltään ”By-Product Synergies in Energy Production and Beyond” tutkittiin panimoiden tuottamia sivuvirtoja, niiden potentiaalia ja mahdollisia hyödyntämiskohteita. Näistä hyödyntämiskohteista valittiin yksi, hiivan hyödyntäminen lannoitteena vesiviljelyssä, jota tutkittiin niin laboratorio ja kasvatuskokeiden muodossa. Näiden kokeiden aikana myös vertailtiin hiivan potentiaalia lannoitteena verrattuna kaupallisesti saatavilla olemassa oleviin lannoitteisiin.

Alla on esiteltyä itse materiaaliin tehdyt analyysit, kasvatuskokeiden tulokset ja lannoite vertailut.

5.1 Laboratorio testaukset ja tulokset

Kuiva-aine ja tuhkapitoisuus hiivan käymisen jälkeen.

TAULUKKO 16. Käyneen hiivan kuiva-ainepitoisuus

	Astia, g	Astia ja näyte, g	Näyte ennen kuivaamista, g	Astia ja näyte kuivaamisen jälkeen	Näyte kuivaamisen jälkeen, g	Kuiva-aine %
1.	26,1994	39,4891	13,2897	28,11791	1,91851	14,4
2.	26,49239	44,4051	17,91271	29,08415	2,59176	14,5

TAULUKKO 17. Käyneen hiivan tuhkapitoisuus

Merkintä astiassa	Astia, g	Astia ja näyte ennen polttoa, g	Näyte ennen polttoa, g	Astia ja näyte polton jälkeen, g	Näyte polton jälkeen, g	Tuhkapitoisuus %
Z8	24,56994	25,93485	1,36491	24,64747	0,07753	5,68
II	20,8503	21,98064	1,13034	20,91626	0,06596	5,84
Z1	18,7496	20,40388	1,65428	18,8469	0,0973	5,88

Hiiva ICP analyysi, hiiva näytteet aluksi kosteita. ICP analyysia varten sentrifugoitu ja sen myötä kiinteä ja nestemäiset näytteet erikseen. Alla näytteiden ICP analyysin tulokset.

TAULUKKO 18. Hiiva ICP analyysi - kiinteä näyte

Alkuaine	mg/kg	%	mg/kg kuivasta	% kuivasta
Al	40,54	0,004	280,53	0,03
B*	5,30	0,001	36,68	0,004
Ba	5,30	0,001	36,68	0,004
Ca	563,41	0,06	3899,01	0,39
Cu	10,60	0,001	73,36	0,01
Fe	53,00	0,01	366,81	0,04
K	1868,61	0,19	12931,59	1,29
Mg	292,89	0,03	2026,93	0,20
Mn	5,30	0,001	36,68	0,004
Na	53,00	0,01	366,81	0,04
Ni	5,30	0,001	36,68	0,004
P	1247,15	0,12	8630,77	0,86
Rb	5,30	0,001	36,68	0,004
S	5300,47	0,530	36681,45	3,668
Sr	5,30	0,001	36,68	0,004
Zn	5,30	0,001	36,68	0,004

TAULUKKO 19. Hiiva ICP analyysi - alkuperäinen näyte

Alkuaine	mg/kg	%	mg/kg kuivasta	% kuivasta
Al	35,34	0,004	211,14	0,02
B	2,10	0,0002	12,54	0,001
Ba	2,10	0,0002	12,54	0,001
Ca	636,12	0,06	3799,96	0,38
Cu	11,26	0,001	67,29	0,01
Fe	54,07	0,005	322,99	0,03
K	1515,17	0,15	9051,14	0,91
Mg	270,57	0,03	1616,33	0,16
Mn	3,93	0,0004	23,45	0,002
Na	40,08	0,004	239,44	0,02
Ni	2,10	0,0002	12,54	0,001
P	1604,48	0,16	9584,66	0,96
Rb	2,10	0,0002	12,54	0,001
S	2099,35	0,21	12540,83	1,25
Sr	2,30	0,0002	13,77	0,001
Zn	11,21	0,001	66,99	0,01

TAULUKKO 20. Hiiva ICP analyysi - sentrifugoitu neste näyte

Alkuaine	mg/kg	%
Al	6,82	0,001
B	n.d.	
Ba	1,36	0,0001
Ca	n.d.	
Cu	2,73	0,0003
Fe	n.d.	
K	4,34	0,0004
Mg	25,32	0,003
Mn	1,36	0,0001
Na	1,36	0,0001
Ni*	1,36	0,0001
P	419,27	0,04
Rb*	1,36	0,0001
S	682,28	0,07
Sr	1,36	0,0001
Zn	2,08	0,0002

Tulos:	Kloriidi	290,5 ppm
	Nitraati	104,4 ppm
	Fosfaati	867,1 ppm
	Sulfaati	202 ppm

Vertailun vuoksi on analysoitu myös kaupallisesti saatavia superlannoitteita ICP analyysillä, alla näiden analyysien tuloksia.

TAULUKKO 21. Kaupallisen lannoitteen ICP laimennukset

Tuote	Rinnakas 1	Rinnakas 2	Rinnakas 3
liuos 2	mgTuote/50 ml	mgTuote/50 ml	mgTuote/50 ml
Supra MgS	9,7535	10,515	9,922
Supra Bloom	9,7135	10,930	9,9575
Supra Start	9,8605	10,250	9,839
Supra Nitro	9,875	10,164	9,6125
Supra grow	10,0765	10,665	9,8215

TAULUKKO 22. Kaupasta ostettavan hiivan alkuaine sisältöjen keskiarvot

Alkuaine	mg/kg	%
Al	20,07	0,002
As	4,24	0,0004
B	n.d.	
Ba	4,24	0,0004
Be	4,24	0,0004
Bi	4,24	0,0004
Ca	419,29	0,04
Cd	0,21	0,00002
Co	0,85	0,0001
Cr	4,24	0,0004
Cu	8,48	0,001
Fe	46,61	0,005
Ga	4,24	0,0004
K	20650,79	2,07
Li	4,24	0,0004
Mg	1248,32	0,12
Mn	5,90	0,001
Mo	4,24	0,0004
Na	1288,56	0,13
Ni	4,24	0,0004
P	11185,46	1,12
Pb	2,12	0,0002
Rb	11,92	0,001
S	3768,15	0,38
Sb	4,24	0,0004
Se	4,24	0,0004
Sn	4,24	0,0004
Sr	4,96	0,0005
Tl	4,24	0,0004
U	4,24	0,0004
V	1,44	0,0001
Zn	174,05	0,02

TAULUKKO 23. Kaupallisten lannoitteiden alkuainesisältöjen keskiarvot

Alkuaine	MgS		Supra Bloom		Supra Start		Supra Nitro		Supra grow	
	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	%
Ca							185614,5	18,5614		
Fe	497,367	0,04974	491,453	0,04915	947,4107	0,09474			957,6502	0,09577
K	n.d.		278106,1	27,8106	98431,01	9,8431	n.d.		292415,7	29,2416
Mg	102749,1	10,2749	n.d.		11537,69	1,15377	801,9024	0,08019	26339,1	2,63391
Mn	49,7367	0,00497	n.d.		533,0775	0,05331	n.d.		404,1797	0,04042
Na	n.d.		2722,63	0,27226	2725,177	0,27252	n.d.		1731,986	0,1732
P	88,13069	0,00881	232794,5	23,2794	159642,2	15,9642	n.d.		59124,37	5,91244
S	193060,6	19,3061			70385,24	7,03852	36275,17	3,62752	64246,43	6,42464
Zn	49,7367	0,00497	49,1453	0,00491	244,5527	0,02446	50,61392	0,00506	239,8896	0,02399

5.2 Kasvatuskokeet

Kasvatetut kasvit on idätetty ensin yhdessä ja sen jälkeen siirretty omiin astioihin, tässä tapauksessa ämpäreihin. Kasveja on kasteltu kasvatuskokeiden aikana säännöllisesti testatuilla liuksilla. Eri liuostyyppit on merkitty ämpäreiden kylkeen siten että on liuoksia, jonka lannoitteena on vain hiiva ja kaupallinen lannoite tai sitten yksilöitä, joilla on näistä kahdesta yhdistelmä. Alla kuva 1 kasveista, kun taimet on siirretty omiin astioihin.



KUVA 9. Tomaatti kasvatuskokeet 22.05.2023

Kuvan 1 otto hetkellä on havaittu, että kasvit, joilla on kaupallinen Supragarden lannoitus ovat paljon isompia kuin hiiva lannoituksella kasvavat kasvit. Hiivapohjaisissa liuksissa havaittiin voimakas haju ja että vesikasvatukseen oli kehittynyt ylimääräistä kasvustoa.



KUVA 10. Tomaatti kasvatuskokeet 05.06.2023

Kasvatuskokeiden aikana taimia on säännöllisesti kastelu suunnitelluilla liuksilla, kasvu kauden alussa itämisliuos ja tämän jälkeen kasvu- ja kukintaliuokset ovat olleet erilaisia. Eri liuksissa on seurattu kaupallisen lannoitteen ohjeita sekä hiivan kanssa seurattu samanlaista prosessia kasvun edistämiseksi.



KUVA 11. Tomaatti kasvatuskokeet 12.06.2023

Pelkkää kaupallista Supragarden lannoitusta sisältävät taimet kasvoivat isommiksi ja samalla myös kukkivat aiemmin. Kuvassa on tilanne kesäkuun puolella välissä, taimet on idätetty huhtikuussa ja siirtyneet omiin astioihinsa toukokuussa. Kesäkuun puolella välissä Supragarden lannoitusta saaneissa taimissa on havaittu kukkia, kuin muut olivat vielä pieniä taimia.



KUVA 12. Tomaatti kasvatuskokeet 20.06.2023

Seuraava etappi saavutettiin 20 päivä kesäkuuta, kun Supragarden lannoitusta saanneissa taimissa havaittiin ensimmäiset tomaatin alut. Idätyksestä tähän oli kulunut noin 3 kuukautta.



KUVA 13. Tomaatti kasvatuskokeet 21.6.2023 taimien alle sijoitettu levyt, jottei kasvit ole suoraan kosketuksissa lattian kanssa.

Kesän edetessä havaittiin, että kasvupaikan lattian pintamateriaali lämpenee liikaa, joten taimien ja lattian alle sijoitettiin levyt. Hiiva lannoituksessa olleissa kasveissa havaittiin ensimmäiset tomaatin alut 12.7.2023 noin kuukausi sen jälkeen kuin Supragarden lannoituksessa olleet taimet tuottivat ensimmäiset tomaatin alut.

Loppukesän aikana testattiin myös, millaisia eroja lannoitteiden välillä havaitaan, kun kasveina toimiikin basilikan ja salaatin kasvatuksessa lannoitteena, alla olevassa kuvasarjassa on näiden kasvatuskokeiden tuloksia.



KUVA 14. Basilika kasvatuskokeet 17.08.2023



KUVA 15. Basilika kasvatuskokeet 22.09.2023



KUVA 16. Salaatti kasvatuskokeet 17.08.2023



KUVA 17. Salaatti kasvatuskokeet 22.09.2023

Jälleen kasvatuskokeista huomataan, että kaupalliset lannoitteissa kasvavat kasvit itävät nopeammin ja kasvavat suuremmiksi.

6 KAUPPAPUUTARHAN SIVUVIRTA SELVITYS

Kannuksen kauppapuutarha perustettiin vuonna 1977, kun Eino ja Leila Hauhtonen rakensivat ensimmäisen kasvihuoneen. Toiminnan voimakkaan kasvun myötä 1980- ja 1990-luvuilla puutarhan pinta-ala on laajentunut 8 500 neliömetriin, ja vuosittainen tuotanto ylittää miljoona kiloa kasvihuonekurkkuja, 350 000 kappaletta jääsalaattia ja 150 000 kappaletta ruukkusalaattia. Biologinen torjunta, ensiluokkainen kasteluvesi ja muut huippulaatuiset tuotantomenetelmät ovat keskeisiä tekijöitä, jotka varmistavat tuotteiden raikkauden ja laadun.

Kauppapuutarha harjoittaa toimintaansa läpivuoden. Toiminta noudattaa ekologisia ja energiaa säästäviä viljelymenetelmiä, käyttäen pääasiassa biologisia torjuntakeinoja. Tutkimuksen mukaan tuholaiset voivat ajan myötä kehittää vastustuskykyä kemiallisille aineille, mikä pakottaa käyttämään entistä voimakkaampia torjunta-aineita.

Yritys korostaa ennakkoluulotonta lähestymistapaa ja uusien toimintatapojen etsimistä kotimaisen kasvinviljelyn tulevaisuutta ajatellen. Puutarha hyödyntää uutta teknologiaa kastelussa, valaistuksessa ja lämmityksessä, vähentäen samalla merkittävästi energiankulutusta. Iso harppaus kohti ekologisempaa viljelyä otettiin, kun perinteinen öljypohjainen lämmitys korvattiin lähialueen palaturpeella ja hakkeella uuden biolämpölaitoksen avulla. Tämä muutos merkitsi raskaan öljyenergiantuotannon korvaamista ympäristöystävällisemmällä vaihtoehdoilla.

6.1 Sivuvirta analyysin tulokset

EteVä-hankeen aikana tutkittiin mahdollisia vähähiilisempiä ja energia tehokkaampia, tai prosessien parantamiseen löytyviä ratkaisuja. Yhdeksi mahdollisuudeksi löytyi mahdollisuus hyödyntää kauppapuutarhan kasvihuonekurkuista syntyvää biojätettä. Tätä jätettä syntyy päivittäin muutamia kuormaloja ja tällä hetkellä ne kerätään kuormakärryyn. Siitä edelleen biojäte päätyy yrityksen omistuksessa olevalle maa-alueelle, jossa se maatuu. Tätä maatunutta jätettä ei hyödynnetä jatko toimenpitein millään tavalla. EteVä-hankkeessa tutkittiin osittain maatunutta jätettä, mitaten sen kemiallista koostumusta. Kemiallinen analyysi tehtiin Centria-ammattikorkeakoulun laboratorion tiloissa.

Kasvihuonejätettä tutkittiin kolmesta eri erästä.

Näytteistä tutkittiin kuiva-ainepitoisuus, tuhka, typpi, IC ja ICP. Alla esiteltynä näiden kokeiden tuloksia.

6.1.1 Kuiva-ainepitoisuus

Kuivauslämpötila ja aika: 105°C, 24 h. Alla kuiva-aine-analyysin tulokset.

TAULUKKO 24. Kuiva-aine-analyysi 8.-9.12.2022

	Näytettä (g)	Astia (g)	Astia ja näyte (g)	Astia ja kuivattu näyte (g)	Kuiva-ainepitoisuus %	Kuiva-ainepitoisuus g/kg
R1	17,452	22,2938	39,7312	23,4663	6,72	67,24
R2	17,3456	22,22	39,5632	23,3705	6,63	66,34
R3	15,8845	22,6094	38,4903	23,6839	6,77	67,66
Kuiva-aineen keskiarvo:					6,71	67,08

6.1.2 Tuhka

Tuhkauslämpötila ja aika: 550°C, 24 h. Alla esiteltynä näiden kokeiden tuloksia.

TAULUKKO 25. Tuhka-analyysi 8.-9.2.2022

	Näytettä (g)	Astia (g)	Astia ja näyte (g)	Astia ja kuivattu näyte (g)	Tuhka %	Tuhka g/kg
R1	29,0331	83,618	112,6493	84,2851	2,30	22,98
R2	31,2227	79,7516	110,9834	80,4667	2,29	22,90
R3	30,5396	78,0455	108,5857	78,7464	2,30	22,95
Kuiva-aineen keskiarvo:					2,29	22,94

6.1.3 Typpi

Alla olevasta taulukosta nähdään kasvihuonejätteen typpipitoisuudet.

TAULUKKO 26. Näytteiden typpipitoisuus.

Näytteet Devarda

g	ml	N%	
1,595	1,676025	0,259244	
1,726	1,68	0,240213	
0,957	1,14	0,275164	
		0,258207	TN eli kokonaistyyppi

Näytteet ilman

0,841	0,96	0,253159	
1,719	1,8	0,260747	
0,942	1,03	0,246832	
		0,253579	TAN eli kokonaisammonium- typpi

6.1.4 IC-analyysi

Näyte on jauhettu ensin mahdollisimman hienoksi ja sen jälkeen suodatettu 12–15 µm suodatinpaperin läpi enimmäen kiintoaineen poistamiseksi. Tämän jälkeen suodatus 1,2 µm GF-suodattimen ja 0,45 µm PTFE-suodattimen läpi. Lopuksi ioninvaihtosuodatus ja vielä ennen IC-mittausta 0,45 µm PTFE-suodattimen läpi loput sakat pois. Alla olevissa taulukoissa on esitelty IC-analyysin tulokset.

TAULUKKO 27. IC-analyysi 31.1.-2.2.2002

Näyte	PO4 mit- taustulos mg/l	NO3 mit- taustulos (mg/l)	SO4 mit- taustulos mg/l
Kasvihuonejäte R1	113,9	4695,4	1145,4
Kasvihuonejäte R2	124,4	5418,6	1322,5
Kasvihuonejäte R3	116,7	5473,6	1347,0
Keskiarvo	118,3	5195,9	1271,6

TAULUKKO 28. IC-analyysin kontrolli

Kontrollit	PO4 mit- taustulos mg/l	NO3 mit- taustulos (mg/l)	SO4 mit- taustulos mg/l
Kontrolli1	981,7	484,6	495,6
Kontrolli2	1003,9	491,8	493,7

6.1.5 ICP-analyysi

ICP-analyysiin käytettiin kuivattua näytettä. Tulokset on laskettu myös kostealle näytteelle.

TAULUKKO 29. Analyysiasettelmat

	kuivatun näytteen punnitus(mg)	näytteen paino kosteana(mg)
R1	950	14158,0
R2	1026,3	15295,1

R3	1039	15484,4
----	------	---------

Analysissa happoina käytettiin. Tilavuusmäärä täytetty 100 ml:ksi

8 ml HNO₃ step 1

2 ml H₂O₂

4 ml HCl step 2

Alla olevista taulukoista nähdään kasvihuonejätteen sisältämät ICP-analyysin tulokset sekä jätteen sisältämät alkuaineet. Taulukoissa punaiselle merkityt alkuaineet ovat olleet alle määrittämissä.

TAULUKKO 30. ICP-analyysi kasvihuonejäte R1

Alkuaine	Mitattu ppb	Laimennus	Koko ppb	mg/kg kuiva- tussa näyt- teessä	mg/kg koste- assa näyt- teessä	% kuiva- tussa näyt- teessä	% kosteassa näytteessä
Al	19,78	10	197,8	20,82	1,40	0,002	0,000
As	1	10	10	1,05	0,07	0,0001	0,000
Ba	8,27	10	82,7	8,71	0,58	0,001	0,000
Be	1	10	10	1,05	0,07	0,0001	0,000
Bi	1	10	10	1,05	0,07	0,0001	0,000
Ca	302,5	2000	605000	63684,21	4273,21	6,37	0,427
Cd	0,05129	10	0,5129	0,05	0,00	0,00001	0,000
Co	0,2	10	2	0,21	0,01	0,0000	0,000
Cr	1	10	10	1,05	0,07	0,0001	0,000
Cu	7,758	10	77,58	8,17	0,55	0,001	0,000
Fe	168,6	10	1686	177,47	11,91	0,02	0,001
Ga	1	10	10	1,05	0,07	0,0001	0,000
Hg	0,03094	10	0,3094	0,03	0,00	0,000003	0,000
K	658,2	1000	658200	69284,21	4648,97	6,93	0,465
Li	n.d.	10					
Mg	664,36	500	332180	34966,32	2346,24	3,50	0,235
Mn	340,1	10	3401	358,00	24,02	0,04	0,002
Mo	4,357	10	43,57	4,59	0,31	0,0005	0,000
Na	128,7	10	1287	135,47	9,09	0,01	0,001
Ni	1	10	10	1,05	0,07	0,0001	0,000
P	145,2	1000	145200	15284,21	1025,57	1,53	0,103
Pb	0,5	10	5	0,53	0,04	0,0001	0,000
Rb	7,667	10	76,67	8,07	0,54	0,001	0,000
S	7637	10	76370	8038,95	539,41	0,80	0,054
Sb	5	10	50	5,26	0,35	0,001	0,000
Se	5	10	50	5,26	0,35	0,001	0,000
Sn	1	10	10	1,05	0,07	0,0001	0,000

Sr	340,4	10	3404	358,32	24,04	0,04	0,002
Tl	1	10	10	1,05	0,07	0,0001	0,000
U	1	10	10	1,05	0,07	0,0001	0,000
V	1	10	10	1,05	0,07	0,0001	0,000
Zn	80,557	10	805,57	84,80	5,69	0,01	0,001

TAULUKKO 31. ICP-analyysi kasvihuonejäte R2

Alkuaine	Mitattu ppb	Laimennus	Koko ppb	mg/kg kuivatussa näytteessä	mg/kg kosteassa näytteessä	% kuivatussa näytteessä	% kosteassa näytteessä
Al	15,89	10	158,9	15,48	1,04	0,002	0,000
As	1	10	10	0,97	0,07	0,0001	0,000
Ba	9,039	10	90,39	8,81	0,59	0,001	0,000
Be	1	10	10	0,97	0,07	0,0001	0,000
Bi	1	10	10	0,97	0,07	0,0001	0,000
Ca	327,4	2000	654800	63802,01	4281,11	6,38	0,428
Cd	0,05437	10	0,5437	0,05	0,00	0,00001	0,000
Co	0,2	10	2	0,19	0,01	0,00002	0,000
Cr	1	10	10	0,97	0,07	0,0001	0,000
Cu	8,328	10	83,28	8,11	0,54	0,001	0,000
Fe	183,8	10	1838	179,09	12,02	0,02	0,001
Ga	1	10	10	0,97	0,07	0,0001	0,000
Hg	0,02475	10	0,2475	0,02	0,00	0,000002	0,000
K	705,1	500	352550	34351,55	2304,99	3,44	0,230
Li	n.d.	10					
Mg	71,06	1000	71060	6923,90	464,59	0,69	0,046
Mn	371,1	10	3711	361,59	24,26	0,04	0,002
Mo	43644	10	436440	42525,58	2853,47	4,25	0,285
Na	137,6	10	1376	134,07	9,00	0,01	0,001
Ni	1	10	10	0,97	0,07	0,0001	0,000
P	159,2	1000	159200	15512,03	1040,86	1,55	0,104
Pb	0,5	10	5	0,49	0,03	0,00005	0,000
Rb	8,229	10	82,29	8,02	0,54	0,001	0,000
S	8405	10	84050	8189,61	549,52	0,82	0,055
Sb	5	10	50	4,87	0,33	0,0005	0,000
Se	5	10	50	4,87	0,33	0,0005	0,000
Sn	1	10	10	0,97	0,07	0,0001	0,000
Sr	371,6	10	3716	362,08	24,30	0,04	0,002
Tl	n.d.	10					
U	1	10	10	0,97	0,07	0,0001	0,000
V	1	10	10	0,97	0,07	0,0001	0,000
Zn	80,99	10	809,9	78,91	5,30	0,01	0,001

TAULUKKO 32. ICP-analyysi kasvihuonejäte R3

Alkuaine	Mitattu ppb	Laimennus	Koko ppb	mg/kg kuivatussa näytteessä	mg/kg kosteassa näytteessä	% kuivatussa näytteessä	% kosteassa näytteessä
Al	13,7	10	137	13,19	0,88	0,001	0,000
As	1	10	10	0,96	0,06	0,0001	0,000
Ba	8,485	10	84,85	8,17	0,55	0,001	0,000
Be	1	10	10	0,96	0,06	0,0001	0,000
Bi	1	10	10	0,96	0,06	0,0001	0,000
Ca	320,9	2000	641800	61770,93	4144,83	6,18	0,414
Cd	0,0518	10	0,518	0,05	0,00	0,000005	0,000
Co	0,2	10	2	0,19	0,01	0,00002	0,000
Cr	1	10	10	0,96	0,06	0,0001	0,000
Cu	8,105	10	81,05	7,80	0,52	0,001	0,000
Fe	174,1	10	1741	167,56	11,24	0,02	0,001
Ga	1	10	10	0,96	0,06	0,0001	0,000
Hg	0,02483	10	0,2483	0,02	0,00	0,000002	0,000
K	717	1000	717000	69008,66	4630,48	6,90	0,463
Li	n.d.	10					
Mg	67,05	500	33525	3226,66	216,51	0,32	0,022
Mn	356,1	10	3561	342,73	23,00	0,03	0,002
Mo	4,647	10	46,47	4,47	0,30	0,0004	0,000
Na	140,4	10	1404	135,13	9,07	0,01	0,001
Ni	1	10	10	0,96	0,06	0,0001	0,000
P	158,5	1000	158500	15255,05	1023,61	1,53	0,102
Pb	0,5	10	5	0,48	0,03	0,0000	0,000
Rb	8,389	10	83,89	8,07	0,54	0,001	0,000
S	8553	10	85530	8231,95	552,36	0,82	0,055
Sb	5	10	50	4,81	0,32	0,0005	0,000
Se	5	10	50	4,81	0,32	0,0005	0,000
Sn	11	10	110	10,59	0,71	0,001	0,000
Sr	362,2	10	3622	348,60	23,39	0,03	0,002
Tl	n.d.	10					
U	1	10	10	0,96	0,06	0,0001	0,000
V	1	10	10	0,96	0,06	0,0001	0,000
Zn	83,3	10	833	80,17	5,38	0,01	0,001

TAULUKKO 33. Keskiarvot ICP-analyysiin tuloksista

KESKIARVOT	mg/kg kuivatussa näytteessä	mg/kg kosteassa näytteessä	% kuivatussa näytteessä	% kosteassa näytteessä
Al	16,50	1,11	0,002	0,000
As	1,00	0,07	0,0001	0,000
Ba	8,56	0,57	0,001	0,000

Be	1,00	0,07	0,0001	0,000
Bi	1,00	0,07	0,0001	0,000
Ca	63085,72	4233,05	6,31	0,423
Cd	0,05	0,00	0,00001	0,000
Co	0,20	0,01	0,00002	0,000
Cr	1,00	0,07	0,0001	0,000
Cu	8,03	0,54	0,001	0,000
Fe	174,71	11,72	0,02	0,001
Ga	1,00	0,07	0,0001	0,000
Hg	0,03	0,00	0,000003	0,000
K	57548,14	3861,48	5,75	0,386
Li	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mg	15038,96	1009,11	1,50	0,101
Mn	354,11	23,76	0,04	0,002
Mo	14178,21	951,36	1,42	0,095
Na	134,89	9,05	0,01	0,001
Ni	1,00	0,07	0,0001	0,000
P	15350,43	1030,01	1,54	0,103
Pb	0,50	0,03	0,00005	0,000
Rb	8,05	0,54	0,001	0,000
S	8153,50	547,10	0,82	0,055
Sb	4,98	0,33	0,0005	0,000
Se	4,98	0,33	0,0005	0,000
Sn	4,20	0,28	0,0004	0,000
Sr	356,33	23,91	0,04	0,002
Tl	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
U	1,00	0,07	0,00010	0,000
V	1,00	0,07	0,0001	0,000
Zn	81,29	5,45	0,01	0,001

6.1.6 Tuloksien yhteenveto

Näytteet sisältävät lupaavia määriä kalsiumia, kaliumia ja magnesiumia, jotka ovat ihmiselle tärkeitä arvoaineita. Joten tämä jätejäte voisi olla sopiva kasvualusta ruuan kasvattamista varten tai arvoaineita voitaisiin hyödyntää muunlaisiin tuotteisiin. Ehdotamme että tätä sivuvirtaa kannattaa tutkia lisää sekä toteuttaa kasvukokeita, joissa tätä jätettä hyödynnetään.

LÄHTEET

Seppänen, O., Hausen, A., Hyvärinen, K., Heikkilä, P., Kaappola, E., Kosonen, R., Oksanen, R., Raitio, J., Ripatti, H., Saari, A., Tarvainen, K., & Vuolle, M. (2004). *Ilmastoinnin suunnittelu*. Suomen LVI-liitto SuLVI ry.