



Chili Laurila

# Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen kasvihuonekonseptin suunnittelu

Biojätteen hyödyntämismahdollisuudet  
kasvihuoneviljelyssä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

26.3.2024

# Tiivistelmä

Tekijä:	Chili Laurila
Otsikko:	Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen kasvihuonekonseptin suunnittelu – biojätteen hyödyntämismahdollisuudet kasvihuoneviljelyssä
Sivumäärä:	73 sivua
Aika:	26.3.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine:	Energiantuotantomenetelmät
Ohjaajat:	Lehtori Juha Juselius Projektipäällikkö Johanna Virtanen

---

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli pohtia jätepohjaisten resurssien hyödyntämistä kasvihuoneviljelyssä ja tehdä suunnitelma kasvihuonekonseptista Helsingin seudun ympäristöpalveluille eli HSY:lle sekä suunnitella konseptin ensimmäinen pilottikasvihuone Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen. Lisäksi työssä pohdittiin mahdollisuutta kaupalliseen kasvihuoneviljelyyn ekoteollisuuskeskuksen resursseja hyödyntäen.

Työ toteutettiin tekemällä laaja kirjallisuuskatsaus kasvihuoneviljelyyn sekä HSY:n ja erityisesti Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen toimintaan. Työssä käsitellään myös kasvihuoneen ylläpitoon vaadittavia resursseja. Työssä syvennytään erityisesti biojätteen käsittelyprosessiin. Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksessa mädätetään ja kompostoidaan biojätteitä. Prosessin lopputuotteina syntyy mullan valmistukseen käytettävää kompostia sekä sähkön ja lämmön tuotannossa käytettävää biokaasua.

Tehdyn selvityksen perusteella voidaan todeta, että Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen on mahdollista perustaa kausikasvihuone, joka hyödyntää HSY:n omia, jättestä jalostettuja resursseja viljelyssä. Kaupallinen kasvihuoneviljely Ämmässuolla ei ole poissuljettua, mutta asia vaatisi lisäselvityksiä koskien esimerkiksi veden ja lämmön riittävyyttä.

Kausikasvihuoneeksi soveltuu parhaiten kasvihuone, jonka pinta-ala on noin 20 m<sup>2</sup> ja jonka katemateriaalina on lasi. Parhaaksi mahdolliseksi lämmitysmuodoksi valittiin sähkölämmitys kohtuullisten aloituskustannusten takia. Paras kastelutekniikka on pisara- tai tihkukastelu. Kasvualustana toimii bio- ja viherjätteestä valmistettu multa, jota on lannoitettu kompostilla sekä biohiilellä.

Avainsanat: biojäte, kasvihuoneviljely, kiertotalous, komposti, multa

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Chili Laurila  
Title: Greenhouse Concept Design for Ämmässuo Eco-Industrial Centre – Biowaste and Its Potential in Greenhouse Farming  
Number of Pages: 73 pages  
Date: 26 March 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Energy and Environmental Technology  
Professional Major: Energy Production Technology  
Supervisors: Juha Juselius, Senior Lecturer  
Johanna Virtanen, Project Manager

---

The aim of this thesis was to investigate the use of waste-based resources in greenhouse farming and to design a greenhouse concept for the Helsinki Region Environmental Services Authority (HSY). A pilot greenhouse was designed for the Ämmässuo eco-industrial centre. The potential for commercial greenhouse farming using the resources of the eco-industrial centre was also explored.

The thesis project was implemented by conducting an extensive literature review on greenhouse farming and the operations of HSY, specifically in the Ämmässuo eco-industrial centre. The report covers the resources required to operate a greenhouse. It focuses on the biowaste treatment process at Ämmässuo eco-industrial centre. The process produces two end products: compost for soil production and biogas for electricity and heat production.

The research indicates that it is possible to establish a seasonal greenhouse in the Ämmässuo eco-industrial centre using HSY's own waste-based resources for greenhouse farming. However, commercial greenhouse farming at Ämmässuo requires further investigation of the availability of water and heat.

A seasonal greenhouse with tempered glass glazing and an area of approximately 20 m<sup>2</sup> would be ideal. Electric heating is recommended due to the relatively low initial expenses. The most effective irrigation technique is drip or drop irrigation. The growing medium is soil made from organic and green waste, fertilized with compost and biochar.

Keywords: biowaste, circular economy, compost, greenhouse farming, soil

# Sisällys

## Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Kasvihuonekonseptin tavoitteet	3
2.1	Tuotekehitys	5
2.2	Virkistyskäyttö	6
2.3	Kasvihuone markkinointiviestinnässä	6
3	Helsingin seudun ympäristöpalvelut	8
3.1	Vesihuolto	8
3.2	Jätehuolto	9
3.3	Seutu- ja ympäristötieto	9
4	Ämmässuon ekoteollisuuskeskus	11
4.1	Bio- ja viherjätteen käsittely	11
4.2	Mullan valmistus	13
4.3	Energian tuotanto	14
4.4	Vesi	15
5	Kasvihuoneen suunnittelu	17
5.1	Kasvihuoneen lähtöarvot	17
5.2	Kasvihuoneen sijainti	19
5.3	Kasvihuoneen katemateriaali	21
5.4	Kasvualusta	21
5.5	Lannoitus ja ravinteet	22
5.6	Kastelu- ja pesuvesi	25
5.6.1	Veden laatuvaatimukset	26
5.6.2	Sumutus	29
5.6.3	Pisarakastelu	29
5.6.4	Tihkukastelu	30
5.7	Valo	31
5.8	Lämpö	36
5.8.1	Lämpöenergian tarve	42
5.8.2	Kaukolämpö	46

5.8.3 Sähkölämmitys	46
5.9 Ilmanvaihto	47
5.10 Sähkö	48
5.11 Työvoima	49
5.12 Kasvihuoneen rakentaminen	50
5.13 Biologinen torjunta	52
5.14 Terve ja turvallinen kasvihuone	54
5.14.1 Ämmäsuon eliölajisto	55
5.14.2 Työturvallisuus ja -ergonomia	56
5.15 Kustannukset	56
6 Kasvihuoneessa viljeltävät kasvit	58
6.1 Kurkku	58
6.2 Mansikka	59
6.3 Paprika	59
6.4 Salaatti	60
6.5 Yrtit	61
6.6 Tomaatti	61
6.7 Versot	62
7 Yhteenveto	63
Lähteet	64

## Lyhenteet ja käsitteet

- CHP: *Combined heat and power*. Laitos, jossa tuotetaan sekä lämpöä että sähköä.
- CO<sub>2</sub> ekv: Hiilidioksidiekvivalentti. Käytetään kuvaamaan eri kasvihuonekaasupäästöjen yhteisvaikutusta.
- COD<sub>Mn</sub>: *Chemical oxygen demand*. Kemiallinen hapenkulutus.
- HSY: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.
- kWh: Kilowattitunti. Energian kulutuksen mittaamiseen käytetty yksikkö.
- PAR: *Photosynthetically Active Radiation*. Fotosynteettisesti aktiivinen eli kasveille käyttökelpoinen säteily.
- pmy: Pesäkkeen muodostava yksikkö. Ilmaisee mikrobipitoisuuden.
- ppm: *Parts per million*. Miljoonasosa.

## 1 Johdanto

Kasvihuoneviljely nojaa vahvasti hitaasti uusiutuvien ja fossiilisten resurssien käyttöön. Suomessa kasvihuoneviljelyyn käytetään 362 hehtaarin pinta-ala ja tästä yli puolet on syötävien kasvien viljelyä (1). Yli 90 %:lla kasvihuoneessa viljellyillä vihanneksilla ja kukilla on kasvualustana erittäin hitaasti uusiutuva kasvuturve. Keski-Euroopassa käytössä on kasvuturpeen lisäksi runsaasti kivivil-  
laa, joka on uusiutumaton ja kierrätykseen kelpaamaton materiaali. (2.)

Vuonna 2021 Suomessa toimivien kasvihuoneyritysten energiankulutus oli 1 706 GWh, mikä on 6 ‰ Suomen kokonaisenergiankulutuksesta (3; 4). Kasvihuoneiden lämmitykseen käytetystä energiasta 44 % on tuotettu uusiutumattomilla energianlähteillä (5). Kasvihuoneyritysten, joiden lämmitetty kasvihuoneala on yli 1 000 m<sup>2</sup>, kokonaisenergiankulutus koostuu puuperäisistä polttoaineista (36 %), uusiutumattomista ja hitaasti uusiutuvista energianlähteistä (24 %), sähköstä (36 %) sekä muista energianlähteistä (4 %) (4).

Ruoan tuotannossa mietitään jatkuvasti uusia ratkaisuja, joiden avulla kasvihuoneviljely olisi vähemmän riippuvainen hitaasti uusiutuvista ja fossiilisista resursseista, kuten kasvuturpeesta ja maakaasusta. Alalla tehdään jatkuvaa selvitystyötä erityisesti turpeen käytön vähentämiseksi ja korvaamiseksi uusiutuvilla kasvualustoilla, kuten mädätteellä tai viherjätekompostilla. Lisäksi etsitään erilaisia vaihtoehtoja kasvihuoneiden lämmityksen toteuttamiseksi kestävimmin keinoin, kuten jätevedenpuhdistuslaitosten ja datakeskusten hukkalämpöä hyödyntäen. (6; 7.) Myös kasvihuoneyrityksissä syntyvistä biojätteistä saadaan mädättämällä tuotettua biokaasua, jota voidaan hyödyntää kasvihuoneiden lämmityksessä fossiilisen maakaasun sijaan.

Euroopassa on useita jätteidenkäsittelylaitoksia, joiden yhteydessä toimii kasvihuone. Kasvihuoneiden läheisyyteen on myös rakennettu biokaasureaktoreita. Biojätteiden käsittelystä syntynyt, enimmäkseen metaanista koostuva biokaasu poltetaan, sillä metaani on voimakas kasvihuonekaasu ilmakehään

joutuessaan. Polttamisen avulla saadaan tuotettua sähköä sekä lämpöä kasvi- huoneille hyödynnettäväksi. Myös polttamisen sivutuotteena syntynyttä hiilidiok- sidia voidaan hyödyntää kasvien hiilidioksidilannoituksessa. (8.)

Tämän insinööriyön tarkoituksena on tehdä laaja kirjallinen suunnitelma kasvi- huonekonseptista Helsingin seudun ympäristöpalveluille eli HSY:lle sekä pohtia mahdollisuuksia hyödyntää ja jalostaa biojättepohjaisia resursseja, kuten biokaa- sua ja kompostia, kaupallisessa kasvihuoneviljelyssä käytettäväksi. Kasvihuo- nekonseptin ensimmäinen pilottikasvihuone on kausikasvihuone, joka sijoittuu Espoossa sijaitsevaan Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen. Kasvihuone- konseptin suunnitelman pääpaino on kiertotaloudessa. Suunnitelmassa on pyritty käyttämään mahdollisimman paljon Ämmässuon ekoteollisuuskeskuk- sessa tuotettuja kierrätettyjä ja jättepohjaisia materiaaleja sekä resursseja, kuten bio- ja viherjätteistä valmistettua multaa sekä bio- ja kaatopaikkakaasuista val- mistettua sähköä ja lämpöä. Kasvihuonekonseptin tavoitteita käsitellään laajem- min luvussa 2.

Tässä työssä kausikasvihuoneesta puhuttaessa tarkoitetaan pientä, alle 30 m<sup>2</sup>:n kasvihuonetta, jossa viljely ei ole ympärivuotista vaan se painottuu läm- pimälle ja valoisalle kaudelle. Kausikasvihuoneessa valo ja lämpö on pääsään- töisesti peräisin auringosta, eikä keinovaloa tai lämmitystä käytetä jatkuvasti. Kaupallisella kasvihuoneella puolestaan tarkoitetaan suurta, jopa tuhansien ne- liömetrien kokoista kasvihuonetta, jossa viljely on ammattimaista ja sen tarkoi- tuksena on ruoan tai koristekasvien kaupallisesti kannattava tuotanto. Viljely on usein ympärivuotista ja siinä hyödynnetään keinovaloa ja erilaisia lämmitysme- netelmiä.



## 2 Kasvihuonekonseptin tavoitteet

Kasvihuonekonseptin tavoitteena on perustaa Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen pieni kausikasvihuone, jota voidaan hyödyntää niin HSY:n omien multa- ja lannoitetuotteiden testaukseen, viestintään ja mainontaan kuin myös työntekijöiden virkistämiseen. Kasvihuoneella voidaan myös pyrkiä parantamaan alueen imagoa ja lisäämään tietoisuutta biojätteen lajittelusta, käsittelystä ja niiden hyödyistä. Kausikasvihuoneen avulla voidaan myös arvioida kaupallisen kasvihuoneen sopivuutta Ämmässuolle. Jätepohjaisten resurssien hyödyntäminen viljelyssä voi sekä laskea ruoantuotannon kustannuksia että vähentää sen ilmastovaikutuksia huomattavasti verrattuna fossiilisten resurssien avulla tuotettuun ruokaan.

Ihmisten toiminnan tuottamat kasvihuonekaasupäästöt ovat pääasiallinen syy siihen, että maapallon keskilämpötila on noussut esiteolliseen aikaan verrattuna 1,1 °C (9). Globaaleista kasvihuonekaasupäästöistä merkittävä osa, nykyisin lähes kolmannes, on peräisin ruoan tuotannosta (10). Ruoan tuotannosta aiheutuvia päästöjä voidaan tulevaisuudessa vähentää lisäämällä kasviperäisen ruoan tuotantoa ja käyttöä sekä siirtymällä uusiutuvan energian käyttöön erityisesti kasvihuoneviljelyssä. Suomessa 92 % muiden kuin viljakasvien viljelyyn käytetystä energiasta kuluu kasvihuoneissa, vaikka kasvihuoneiden viljelypinta-ala on ainoastaan 2 % viljelyyn käytetystä pinta-alasta (11). Tehokkaampia viljelymenetelmiä sekä uusiutuvia energianlähteitä hyödyntämällä esimerkiksi kasvihuonekurkun hiilijalanjälki voidaan laskea nykyisestä kahdesta kilogrammasta alle 0,3 kilogrammaan CO<sub>2</sub> ekv/kg (12, s. 3; 21–25).

Useissa Euroopan maissa on tehty sekä kirjallisia selvityksiä että konkreettisia testauksia koskien hukkalämmön hyödyntämistä kasvihuoneviljelyssä. Kasvihuoneita on perustettu ekoteollisuus- ja jätteenkäsittelykeskusten yhteyteen. Myös biojätteitä polttoaineenaan hyödyntäviä biokaasulaitoksia on rakennettu olemassa olevien kasvihuoneyrityksien läheisyyteen. Kasvihuoneiden lämmittäminen biokaasulla fossiilisten polttoaineiden sijaan on vähentänyt lämmityksen

päästöjä huomattavasti. Myös lämmityskustannukset ovat laskeneet. (13; 14; 15.)

Osana opinnäytetyöprosessia tutustuttiin Getliņi Eko -yritykseen Latviassa. Yritys on lähes täysin Riian kaupungin omistama, ja se vastaa Riian metropolialueen miljoonan asukkaan jätehuollosta. Rumbulan kunnassa sijaitsevassa jätteenkäsittelykeskuksessa käsitellään seka- ja biojätteitä. Jäteprosesseissa syntynyttä kaatopaikka- ja biokaasua poltetaan kaasureaktorissa sähkön tuottamiseksi. Polttamisen sivutuotteena syntynyttä lämpöä on hyödynnetty vuodesta 2011 lähtien kasvihuoneviljelyssä (kuva 1). Myös jätteenkäsittelykeskuksessa tuotettua sähköä hyödynnetään kasvihuoneviljelyssä, niin valotuksessa kuin ilmanvaihdossa. (16; 17; 18.)



Kuva 1. Getliņi Eko -yrityksen kasvihuone Latviassa, maaliskuussa 2024.

Jätteenkäsittelykeskuksen alueella sijaitsevassa 1,4 hehtaarin kokoisessa kasvihuoneessa viljellään kasvihuonekurkkua, tomaattia sekä pieniä määriä ampelikkua. Kasvihuone on oleellinen osa Riian metropolialueen ruoantuotantoa, sillä sen vuosittainen yli miljoonan kurkun ja tomaatin sato painottuu vuoden kylmimpään aikaan, jolloin muiden viljelijöiden sadon määrät ovat huomattavasti pienempiä. Kasvihuonetta hyödynnetään myös Getliņi Ekon markkinointiviestinnässä ja ympäristökasvatuksessa konkreettisenä esimerkkinä biojätteen lajittelun hyödyistä. Jätteenkäsittelykeskuksessa ja kasvihuoneella käy vuosittain yli 8 000 vierailijaa. (16; 17; 18.)

## 2.1 Tuotekehitys

Kausikasvihuone mahdollistaa tuotekehityksen ja -testauksen toteuttamisen pienessä mittakaavassa, jolloin etuna on tutkimusasetelman helppous ja pienemmät tarvittavat resurssit. HSY voi tehdä tutkimuksia sekä itsenäisesti että esimerkiksi oppilaitos- tai yritys yhteistyön muodossa.

Kasvihuonekonseptin ensimmäistä kausikasvihuonetta voidaan hyödyntää HSY:n omien tuotteiden, kuten kasvualustojen sekä lannoitteiden testauksessa. Kausikasvihuoneella voidaan esimerkiksi tutkia, miten Ämmässuolla tuotetut erilaiset multatuotteet soveltuvat kasvuturpeen ja kivivillan korvaajiksi ja voisiko näitä biopohjaisia materiaaleja hyödyntää tulevaisuudessa kaupallisessa kasvihuoneviljelyssä. Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää niin tuotteiden markkinoinnissa kuin mahdollisen kaupallisen kasvihuoneen perustamisessa. Kausikasvihuoneella voidaan myös tehdä pienimuotoisia testauksia koskien kehitteillä olevia lietepohjaisia lannoitteita, ennen kuin lannoitevalmisteita aletaan testata suuremmassa mittakaavassa.

Tutkimusta voi tehdä esimerkiksi Ämmässuon pyrolyysilaitoksessa valmistetun lietehiilen vaikutuksista kasvatusalustan ravinnepitoisuuksiin, sillä lietehiilen ravinteiden liukoisuudesta ei tällä hetkellä ole tarkkaa tietoa. Lietehiilen hyödyntäminen viljelyssä on ajankohtainen ja uusi mahdollisuus, sillä lokakuussa 2023 voimaan tullut maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista

mahdollistaa lietehiilen hyödyntämisen lannoitteena (19). Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää lannoitteiden valmistamisessa sekä kasvualustojen kehittämisessä.

## 2.2 Virkistyskäyttö

Yksi kausikasvihuoneen tavoitteista on Ämmässuon työntekijöiden virkistäytymisen. Laurea-ammattikorkeakoulun eLuontoluotsi-hankkeen loppuraportin mukaan lyhytkin vierailu luonnossa tai rakennetussa viherympäristössä, esimerkiksi lounastauon aikana, voi tutkitusti vähentää stressiä sekä edistää työkuorimituksesta palautumista (20).

Suunnitelma on, että kasvihuone sijoitetaan Ämmässuon toimistorakennusten läheisyyteen. Kasvihuoneen ympäristöä voidaan rakentaa viihtyisämmäksi sijoittamalla sen läheisyyteen ulkokalusteita, jotka mahdollistavat lounas- tai kahvitaun pitämisen viherympäristössä. Myös kokouksia voidaan järjestää ulkotiloissa. Lisäksi kasvihuoneesta on mahdollisuus poimia tuoreita kasviksia esimerkiksi lounaan kanssa nautittavaksi.

## 2.3 Kasvihuone markkinointiviestinnässä

Kasvihuonetta voidaan hyödyntää niin HSY:n viestinnässä kuin myös Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen toiminnan esittelyssä paikan päällä. Kasvihuoneen avulla voidaan tarjota alueen asukkaille mahdollisuus tulla tutustumaan Ämmässuon toimintaan, esimerkiksi järjestämällä kaikille avoimia vierailuja keran kuukaudessa satokauden aikana. Kasvihuonetta voidaan myös hyödyntää esitellessä jätehuollon toimintaa opiskelijoille sekä muille vierailijaryhmille.

Vierailulla voidaan esitellä alueen toimintaa ja kertoa biojätteen hyötykäytön mahdollisuuksista. Vierailijoilla olisi myös mahdollisuus esittää kysymyksiä Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen, HSY:n toimintaan sekä kierrätykseen liittyen. Kasvihuone toimii vierailulla helposti ymmärrettävänä konkreettisena esimerkkinä kiertotalouden hyödyistä, sillä kasvihuoneessa hyödynnettävät

resurssit ovat biojätteestä valmistettuja. Kasvihuoneeseen voidaan sijoittaa opasteita, joissa kerrotaan esimerkiksi, kuinka paljon biojätteitä on tarvittu kasvihuoneessa käytettävän mullan valmistamiseen.

Asukkaat voivat biojätteiden erilliskeräyksen lisäksi kompostoida biojätteitään asuinkiinteistön pihalla sijaitsevassa kompostorissa. HSY tarjoaa kompostoinnin aloittamisen tueksi kompostointikursseja ja infoja sekä etä- että lähitilaisuuksina. Nykyisiä tilaisuuksia voidaan täydentää kausikasvihuoneella tapahtuvalla opastuksella, jossa kerrotaan esimerkiksi kompostin hyödyntämismahdollisuuksia kasvihuone- ja parvekeviljelyssä. (21.)

Siisti, pieni ja lasinen kasvihuone sopii myös hyödynnettäväksi markkinointiviestinnässä. Kausikasvihuonetta voidaan hyödyntää niin HSY:n verkkosivuilla käytävissä kuvissa kuin myös erilaisissa markkinointimateriaaleissa. On mahdollista, että kasvihuoneen käyttö viestinnässä parantaa biojätekeräyksen imagoa ja jopa kannustaa asukkaita kierrättämään tai kompostoimaan biojätteensä nykyistä paremmin.

### 3 Helsingin seudun ympäristöpalvelut

Helsingin seudun ympäristöpalvelut eli HSY on kuntayhtymä, joka vastaa niin kunnallisista vesi- ja jätehuollon palveluista kuin myös seututiedon tuottamisesta. Kuntayhtymän jäsenkuntia ovat Helsinki, Espoo, Vantaa sekä Kauniai-nen. HSY on Suomen suurin julkinen ympäristöalan toimija, ja sen palveluita käyttää päivittäin yli miljoona asukasta. (22.) HSY:n päätoimipiste on Ilmalassa Helsingissä. Päätoimipisteen lisäksi HSY:llä on ekoteollisuuskeskus Espoon Ämmäsuolla, kuusi Sortti-kierrätysasemaa, kaksi jätevedenpuhdistamoa, kaksi vedenpuhdistamoa sekä yksi pohjavesiasema puhtaan talousveden tuotantoon. (23.) HSY:n strategisista tavoitteista ovat esimerkiksi pääkaupunkiseudun kiertotalouden vahvistaminen sekä hiilineutraali jäte- ja vesihuolto vuoteen 2030 mennessä. Tavoitteet tähtäävät maailman kestävimmän kaupunkiseudun luomi-seen. (24.)

Kasvihuonekonseptin ensimmäisen kasvihuoneen sijainniksi on valittu Ämmäsuon ekoteollisuuskeskus, sillä alueella tuotetaan niin Sortti-asetien kuin asuk-kaiden sekä yritysten jätteistä resursseja, joita kasvihuone tarvitsee: multaa, lämpöä sekä sähköä. Lisäksi Ämmäsuolla on pinta- ja pohjavesien talteen-ottoa. Ämmäsuon ekoteollisuuskeskuksen alueen resursseja käsitellään yksi-tyiskohtaisemmin tämän työn luvussa 4.

#### 3.1 Vesihuolto

Helsingin seudun ympäristöpalvelut vastaa toimivasta vesihuollosta pääkaupun-kiseudulla. HSY:n palveluita ovat niin puhtaan veden toimitus kuin jäte- ja hule-vesien käsittely. Alueella syntyy vuodessa 130 miljoonaa kuutiota jätevettä, jonka puhdistamisesta HSY vastaa. Jäteveden puhdistuksessa syntyy sivutuot-teenä biokaasua ja jätevesilietettä. Tuotettu biokaasu hyödynnetään energian-tuotannossa ja jätevesilietettä käytetään mullan valmistuksessa. Puhdistetun jäteveden lämpö hyödynnetään kaukolämpönä Helsingissä. (25; 26.)

Syntyneen jätevesilietteen määrä on pysynyt tasaisena edellisten viiden vuoden aikana. HSY:n jätevedenpuhdistamoilla muodostuu vuosittain yhteensä noin 86–90 tonnia kuivattua yhdyskuntajätevesilietettä. Vuonna 2022 lietteestä suurin osa, 92,8 %, toimitettiin jatkojalostettavaksi Sipooseen Metsäpirtin kompostointikentälle. Kypsytetystä lietekompostista valmistetaan viherrakennus- ja maatalouskäyttöön sopivia tuotteita. (27; 28.) Multatuotteiden valmistusta käsitellään tarkemmin luvussa 4.2 Lietteestä 5,2 prosenttia toimitettiin Kekkilä Oy:lle Nurmijärven kompostointilaitokselle, missä siitä valmistetaan viherrakentamiseen sopivia kasvualustoja (27; 29). Loput kaksi prosenttia syntyneestä lietteestä kuljetetaan Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen kompostoitavaksi (27).

### 3.2 Jätehuolto

HSY vastaa pääkaupunkiseudun 1,2 miljoonan asukkaan jätehuollosta. Siihen sisältyy 8,9 miljoonaa jäteastian tyhjennystä vuodessa sekä yhteensä 550 000 Sortti-asemakäyntiä. Yhteensä Sortti-asemia on kuusi, joista yksi on pienempi Sortti-pienasema. Sortti-asemat vastaanottavat lajitellun kotitalousjätteen lisäksi esimerkiksi vaarallista jätettä, kiviaineksia sekä puutarhajätettä ja risuja. Vuosittain Sortti-asemille tuodaan puutarhajätteitä noin 12 000 tonnia. Asukkailta kerätyistä biojätteistä sekä Sortti-asemille toimitetuista viher- ja puutarhajätteistä tuotetaan bio- ja viherjätekompostia, jota hyödynnetään mullan valmistuksessa. Sortti-asemien lisäksi HSY:llä on Espoon Ämmässuolla sijaitseva ekoteollisuuskeskus, johon kuljetetaan vuosittain noin 50 000 tonnia pääkaupunkiseudun asukkaiden biojätteitä. (22; 30; 31; 32.)

### 3.3 Seutu- ja ympäristötieto

Yksi HSY:n tehtävistä on tuottaa, jalostaa ja jakaa seutu- ja ympäristötietoa. Suuri osa tuotetusta tiedosta julkaistaan avoimesti ja HSY:n avoimen datan sivustolla on vapaasti saatavilla 70 erilaista aineistoa. Tiedot käsittelevät esimerkiksi Helsingin seudun maankäytön, asumisen ja liikenteen seurantatietoja, pääväylien ja katujen pölyn määrää sekä yleistä ilmanlaatua. (33; 34.)

Pääkaupunkiseudun yleisen ilmanlaadun lisäksi HSY on seurannut Ämmässuon alueen ilmanlaatua ja sääoloja vuodesta 2002. Jätteiden käsittely voi vaikuttaa ilmanlaatuun, sillä jätteiden prosessoinnista syntyneet hajut ja pöly voivat levitä lähiympäristöön. Ämmässuon ilmanlaatua voi seurata reaaliaikaisesti HSY:n verkkosivustolla, minkä lisäksi ilmanlaadusta julkaistaan vuosittain raportti, joka on saatavilla HSY:n sähköisestä julkaisupalvelusta. Ämmässuolla mitataan hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten sekä haisevien rikkiyhdisteiden määrää kahdella eri mittausasemalla. (35.)



## 4 Ämmässuon ekoteollisuuskeskus

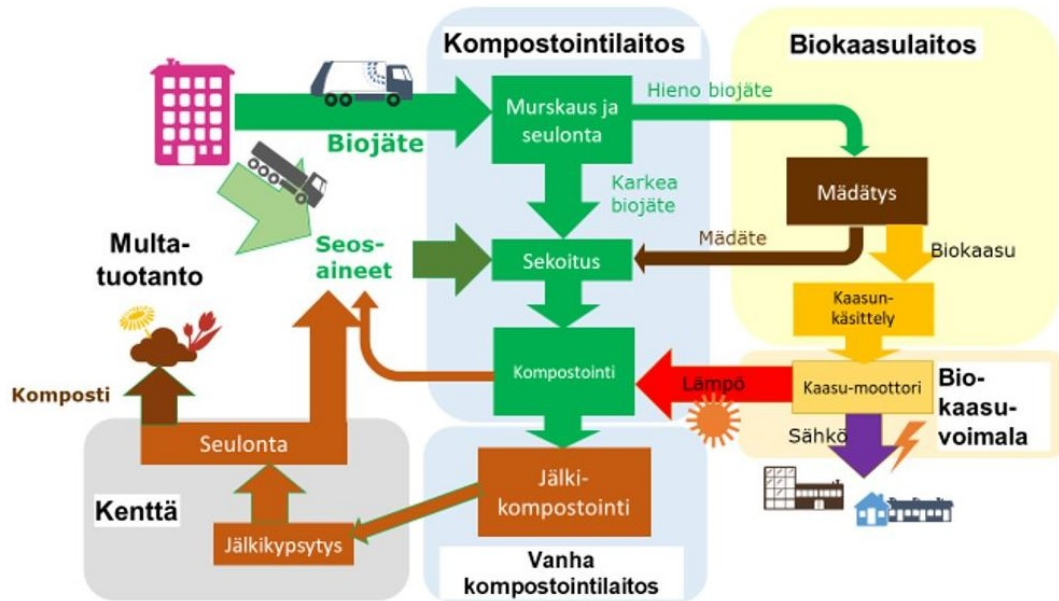
Ämmässuon ekoteollisuuskeskus on Espoossa sijaitseva moderni jätteenkäsittely- ja kiertotalouskeskus. Alue on laajuudeltaan yli kaksisataa hehtaaria. Ämmässuolla käsitellään biojätettä, kerätään ja hyödynnetään kaatopaikkakaasua sekä käsitellään ja hyötykäytetään jätevoimalan kuonaa ja tuhkaa. (36.) Ennen nykyistä, kiertotalouteen painottuvaa toimintaa Ämmässuolla toimi yhdyskuntajätteen loppusijoituspaikka vuosina 1987–2014 (37).

Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksessa otetaan talteen ja tuotetaan kasvihuoneen vaatimia resursseja kuten sähköä, lämpöä ja multaa. Energiaa saadaan tuotettua polttamalla biojätteistä valmistettua biokaasua sekä vanhan kaatopaikan alueelta kerättyä kaatopaikkakaasua. Alueen puhtaat pintavedet kerätään talteen ja hyödynnetään prosesseissa, joissa veden ei tarvitse olla laadultaan erinomaista.

Ämmässuolla on myös kiertotalouteen keskittyvää Ekomo-yritysyhteistyötä. Ekoteollisuuskeskuksessa toimivat yritykset hyödyntävät omassa toiminnassaan muiden tuottamia jätteitä. (38.) Tämän insinööriyön painopiste on kasvihuoneen suunnittelussa, mutta työssä pohditaan myös kaupallisen kasvihuoneviljelyn mahdollisuuksia Ämmässuolla osana Ekomo-yritysyhteistyötä.

### 4.1 Bio- ja viherjätteen käsittely

Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen saapuva biojäte murskataan ja seulotaan koon perusteella. Seulotusta biojätteestä noin puolet menee mädätykseen biokaasulaitokseen ja puolet suoraan kompostointiin. (39; 40.) Kuvassa 2 on esitetty Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelyn prosessikaavio.



Kuva 2. Biojätteen käsittelyn prosessikaavio (41).

Hieno, alle 80-millimetrinen biojäteaines mädätetään biokaasulaitoksessa, mistä syntyy lopputuotteena biokaasua ja mädätysjännöstä. Biokaasu hyödynnetään sekä sähkön että lämmön tuotantoon Ämmäsuolla sijaitsevassa HSY:n omassa biokaasuvoimalassa. Vuodessa biokaasua tuotetaan 4,4 miljoonaa kuutiometriä, mistä saadaan 9,5 gigawattituntia sähköä ja 8,6 GWh lämpöä. (40.) Lämpö hyödynnetään Ämmäsuolla rakennusten lämmittämiseen ja prosessilämpönä (42).

Karkeasta aineksesta kompostoidaan yhdessä biokaasulaitoksessa syntyneen mädätejännöksen sekä erilaisista puuhakkeista koostuvien tukiaineiden kanssa biojätekompostia (40). Tukiaineena käytettävä puuhake on peräisin Ämmäsuolle toimitetusta puuperäisestä jätteestä, joka sisältää puita, risuja sekä kantoja (43). Kompostointiprosessin kokonaiskesto on keskimäärin puoli vuotta, ja siihen sisältyy laitospöytätyön lisäksi ulkotiloissa tapahtuva kompostin kypsyttäminen. Vuodessa biojätekompostia syntyy noin 17 000 tonnia, ja sitä voidaan hyödyntää maataloudessa maanparannusaineena tai mullan raaka-aineena. (40.) Biojätekompostin lisäksi HSY valmistaa viherjätekompostia puutarhajätteitä kompostoimalla (44).

## 4.2 Mullan valmistus

HSY valmistaa multaa, jonka se joko käyttää itse tai myy Metsäpirtin tuotemerkin alla. Multaa on valmistettu esimerkiksi vanhan kaatopaikan pintarakenteissa hyödynnettäväksi (41, s. 37). Myytäviksi tuotteiksi Ämmäsuolla valmistetaan bio- ja viherjätekompostista Metsäpirtin Biomultaa, joka soveltuu sekä puutarhettä viherrakennuskäyttöön. Valmis multa sisältää noin 40 prosenttia kompostia. Biomullan raaka-aineita kompostin lisäksi on hietapitoisesta kivennäismaasta valmistettu hiekka sekä turve pienissä määrin. Multa valmistetaan sekoittamalla raaka-aineet ja seulomalla se 25 millimetrin seulaa käyttäen. (40; 44.)

Biomullan tarkka koostumus vaihtelee valmistuserän mukaan. Tyypillisesti Metsäpirtin Biomullasta noin puolet (46–56 %) on hiekkaa. Viherjätekompostia valmiissa mullassa on noin 25–33 %, biojätekompostia 12–15 % ja turvetta 5–10 %. (45.) HSY valmistaa Ämmäsuolla tehtävän Metsäpirtin Biomullan lisäksi kolmea eri multatuotetta Sipoossa sijaitsevalla Metsäpirtin multakentällä. Sipoossa valmistetaan nurmikko-, puutarha- ja inframultaa, joissa hyödynnetään biojätekompostin lisäksi puhdistamolietteestä valmistettua kompostia sekä hevostallien kuivikelantaa. (30.)

Metsäpirtin Puutarhamullan suurin ero Biomultaan verrattuna on käytetty komposti. Puutarhamullan valmistamisessa hyödynnetään biojätekompostin sijaan liete- ja viherjätekompostia (28). Jätevesilietteestä valmistettua, hyvin kypsytettyä kompostia voi turvallisesti hyödyntää elintarvikkeiden viljelyyn käytetyn kasvualustan valmistuksessa.

Jätevesilietteen käytössä on rajoitteita, mikäli lietettä käytetään suoraan lannoitteena, eikä osana kasvualustan valmistusta (46). Jätevesiliete saattaa sisältää pieniä määriä haitallisia aineita, kuten lääkejäämiä sekä PFAS-yhdisteitä, jotka voivat vaikuttaa maaperän mikrobitoimintaan, mikäli runsaita määriä lietettä levitetään samalle alueelle usein. Hyvällä jätevedenpuhdistuksella sekä tehokkaalla kompostoinnilla pystytään kuitenkin minimoimaan haitallisten aineiden jäämät valmiissa multatuotteissa. (47; 48.)

Multatuotteiden valmistamisen lisäksi HSY on kehittämässä ravinteiden talteenottoprosessia, jonka avulla tulevaisuudessa voidaan valmistaa kierrätyslannoitteita jätevesien sisältämistä ravinteista (49). Jätevedenpuhdistusprosessin jälkeen jätevesi sisältää runsaasti fosforia, joka otetaan talteen Ravita-prosessin avulla prosessin päätteeksi. Osa fosforista jää jätevesilietteeseen, ja sitä pyritään hyödyntämään pyrolyysin avulla. Pyrolyysi tapahtuu Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksessa sijaitsevassa koetoimintalaitoksessa, missä lietteestä valmistetaan bio- ja lietehiiltä. Koelaitoksessa on testattu jätevesilietteen lisäksi muitakin materiaaleja, kuten Sortti-asemille toimitettua käsiteltyä puutavaraa. (50; 51.)

### 4.3 Energian tuotanto

Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksessa tuotetaan energiaa kahdessa sekä lämpöä että sähköä tuottavassa CHP (Combined Heat and Power) -voimalaitoksessa. CHP 1 on vuonna 2010 rakennettu kaasuvoimala, jossa polttoaineena on Ämmäsvuoresta kerätyt kaatopaikkakaasut. (37.) Vuonna 2022 CHP 1 -voimalassa kaatopaikkakaasuista tuotettiin sähköä 28 400 MWh ja lämpöä 11 300 MWh. (52; 53.) Kaatopaikkakaasun ja siitä saatavan energian määrä vähenee vuosittain noin 5 %, kun kaatopaikalle ei enää loppusijoiteta uusia yhdyskuntajätteitä.

CHP 2 on vuonna 2017 valmistunut voimala, jonka polttoaineena on biojätteen käsittelystä syntynyt biokaasu (54). Vuonna 2022 CHP 2 -voimalaitoksessa biokaasun avulla tuotettiin sekä sähköä että lämpöä 8 800 MWh (52; 53.) Biokaasun ja siitä saatavan energian määrä tulee lisääntymään tulevaisuudessa, kun mädätteen jalostaminen maatalouskäyttöön -hanke käynnistyy. Hankkeen rakentamisen odotetaan alkavan maaliskuussa 2024, ja sen on suunniteltu valmistuvan loppuvuonna 2025. Hanke tulee lisäämään biokaasun tuotantoa yli puolella vuoden 2022 tuotantomäärään verrattuna. (55.)

Yhteensä CHP 1 ja CHP 2 -voimalaitokset tuottivat sähköä 37 200 MWh, josta noin 16 000 MWh käytettiin Ämmässuolla ja loput, 21 200 MWh, myytiin

valtakunnan sähköverkkoon. Lämpöä tuotettiin yhteensä noin 20 000 MWh, josta 13 000 MWh hyödynnettiin Ämmässuon omassa aluelämpöverkossa toimistorakennusten, kompostointilaitoksen ja muiden tilojen lämmitykseen. (56.)

#### 4.4 Vesi

Ämmässuon ekoteollisuuskeskus on liittynyt HSY:n talousvesi- ja viemäriverkostoon. Talousvesiverkoston tämänhetkinen kapasiteetti riittää hyvin kasvihuoneen tarpeisiin. Talousveden käyttö kaupallisessa kasvihuoneessa vaatii lisäselvityksiä. Kasvihuoneviljelyssä vettä kuluu vuorokaudessa noin 35–67 m<sup>3</sup> viljeltävää hehtaaria kohden. Veden kulutukseen vaikuttaa kasvihuoneen sijainnin ja viljeltävä kasvilajin lisäksi käytetty kasvualusta ja kastelutekniikka. (18; 57.)

Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksessa on tavallisen, puhtaan talousveden lisäksi käytössä niin sanottua teknistä vettä, jota käytetään erilaisissa prosesseissa ja toiminnoissa talousveden säästämiseksi. Tekninen vesi koostuu Ämmässuon alueelta pumpatusta pohjavedestä sekä alueelta kerätyistä puhtaista hulevesistä. Likainen eli jätteiden kanssa kosketuksissa ollut hulevesi johdetaan jätevedenpuhdistukseen, eli sitä ei hyödynnetä teknisenä vetenä hygieniasyistä. (58.)

Teknistä vettä kerätään Ämmässuolla sijaitseviin altaisiin, josta sitä pumpataan alueen teknisen veden verkostoon. Altaissa pyritään pitämään teknistä vettä reservissä jatkuvasti noin 6 000 m<sup>3</sup>, eli sen loppuminen on erittäin epätodennäköistä ja harvinaista. Jos näin kuitenkin tapahtuu esimerkiksi erittäin kuivan sään ja pohjaveden pilaantumisen takia, teknisen veden verkostoon voidaan pumpata puhdasta vesijohtovettä varapumppausjärjestelmän avulla. (58.)

Suurin osa teknisestä vedestä on sade- ja sulamisvesistä koostuvaa hulevettä, joten käytettävissä olevan teknisen veden määrä on riippuvainen sademäärästä ja lämpötilasta. Kuivimpina kuukausina teknistä vettä voi kertyä vain 3 000 m<sup>3</sup>, kun taas syksyn sadesäällä kertyneen teknisen veden määrä on usein yli

30 000 m<sup>3</sup> kuukaudessa. Teknisen veden käyttömäärät vaihtelevat, ollen keskimäärin noin 500–2 000 m<sup>3</sup> kuukaudessa, mikä on 2–50 prosenttia kertyneen veden määrästä. Käyttämättä jäänyt tekninen vesi vuodatetaan altaista yli. Lokakuiden 2022 ja 2023 välillä pienin ylivuotomäärä on ollut heinäkuussa 2023, jolloin teknistä vettä jäi yli vain 1 700 m<sup>3</sup>. (58.)

Teknisen veden hyödyntämisessä kasvihuoneen kastelu- ja pesuvetenä tulee ottaa huomioon teknisen veden laatuvahtelut. Myös veden laatuvaatimukset koskien kastelu- ja pesuvettä tulee huomioida. Alueen vesien laatua seurataan säännöllisesti yli kymmenestä pisteestä, joskaan sitä ei tutkita yhtä laajasti kuin vesijohtovettä. Ämmäsuon havainto- ja pohjavesipisteistä sekä teknisestä vedestä otettavat näytteet antavat kuitenkin suuntaa teknisen veden sopivuudesta kasteluvedeksi. Pinta- ja pohjavesien mittausten tuloksista raportoidaan vuosittain julkaistavassa Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksen toiminta -raportissa. Raportit ovat luettavissa HSY:n sähköisessä julkaisupalvelussa.

Yksi vesijohtoveden ja syötävien kasvin osien pesuveden mikrobiologisista vaatimuksista koskee *Escherichia coli* -bakteeria, ja sen enimmäisarvo on 0 pesäkkeen muodostavaa yksikköä eli pmy:tä 100 millilitrassa tutkittavaa vettä (59). Ämmäsuon ekoteollisuuskeskuksen kalliopohjavesipisteissä 106 sekä 257/07 on kuitenkin löydetty *E. coli* -bakteereita useina vuosina (41). Näin ollen voidaan todeta, että teknisen veden nykyinen laatu on riittämätön käytettäväksi kasvihuoneen ainoana vetenä. Kausikasvihuoneessa tulee siis käyttää Ämmäsuolla saatavissa olevaa puhdasta vesijohtovettä.

Säännöllisten vesinäytteiden lisäksi teknisestä vedestä otettiin joulukuussa 2023 ylimääräinen näyte, joka analysoitiin laboratorioissa. Analyysin tulokset ovat esitetty taulukossa 2 ja teknisen veden sopivuutta kastelu- ja pesuvedeksi käsitellään tarkemmin luvussa 5.6.1.

## 5 Kasvihuoneen suunnittelu

Kasvihuoneviljelyllä tarkoitetaan kasvien viljelyä, joka tapahtuu ilmastollisesti säädettyissä olosuhteissa avoimella maalla viljelyn sijaan. Kasvihuoneviljelyn etuna avomaaviljelyyn verrattuna on pidempi ja tehokkaampi satokausi sekä monipuolisemmat kasvivaltoehdot. Kasvihuoneen olosuhteita voidaan säätää sopimaan myös sellaisille kasveille, jotka eivät paikallisessa ilmastossa avo- maalla menestyisi. Kasvihuoneen läpinäkyvän katteen tarkoitus on päästää au- ringon valo läpi, mutta pitää kasvihuoneen sisällä kasveista ja niiden kasvualus- tasta heijastunut lämpösäteily. Tiivis katemateriaali, kuten lasi tai kennomuovi, pitää viljelmät myös tuulelta suojattuna. Näin kasvihuoneen lämpötila pääsee kohoamaan ympäröivän ulkolämpötilan yläpuolelle. (60, s. 11.)

Kasvihuonekonseptin ensimmäisen kasvihuoneen eli Ämmässuon ekoteolli- suuskeskuksen alueelle sijoittuvan pienen kausikasvihuoneen suunnittelu pe- rustuu tiettyihin, osin oletettuihin, lähtöarvoihin. Näitä lähtöarvoja ovat muun muassa kasvihuoneen koko ja katemateriaalit sekä kasvihuoneeseen sijoitetta- vien kasvien lajikkeet ja lukumäärät. Kasvihuoneelle tehdään nämä oletukset, jotta kasvihuoneen vaatimien resurssien, kuten lämmityksen, ilmanvaihdon, veden sekä sähkön, käytön tarve voidaan laskea.

### 5.1 Kasvihuoneen lähtöarvot

Kausikasvihuoneen suunnitelman pohjana käytetään kuvassa 3 näkyvää kasvi- huonetta, joka sijaitsee vuosina 2021–2023 Helsingissä sijaitsevan kauppakeskus Triplan katolla osana PasilaHUB-hanketta. Hankkeessa viljeltiin kasviksia ja yrt- tejä kauppakeskuksen ravintoloiden käytettäväksi. Tämän opinnäytetyön tekijä työskenteli vuoden 2023 viljelykauden ajan Triplan kasvihuoneella, minkä ansi- osta opinnäytetyön tekijällä on omakohtaista kokemusta pienimuotoisesta kasvi- huoneviljelystä. Kausikasvihuoneen suunnitelmassa hyödynnetään Triplan kas- vihuoneen tietoja ja mittaustuloksia koskien esimerkiksi kasvihuoneen sisäläm- pötilaa.



Kuva 3. PasilaHUB-hankkeen kasvihuone Helsingissä, kauppakeskus Triplan katolla syyskuussa 2023.

Kasvihuonekonseptin suunnitelmassa käytetty kasvihuone on samanlainen kuin PasilaHUB-hankkeessa käytössä ollut kasvihuone. Se on pinta-alaltaan  $21,4 \text{ m}^2$ . Sen runko on valmistettu alumiinista ja katemateriaalina on kolme millimetriä paksu turvalasi. (61.) Kasvihuoneen katteen pinta-ala on  $62,5 \text{ m}^2$ . Kasvihuoneen tilavuus on  $49,8 \text{ m}^3$  (62).

Kausikasvihuoneeseen on valittu monipuolisesti erilaisia syötäviä kasviksia, joiden ideaalit kasvuolosuhteet ovat lähellä toisiaan. Kasvihuoneeseen suunnitellut kasvit, niiden vaatima pinta-ala sekä kasvualustan syvyys on esitetty taulukossa 1. Kasvilajeista ja -lajikkeista sekä niiden viljelemisestä kerrotaan tarkemmin luvussa 6.



Taulukko 1. Kausikasvihuoneeseen suunnitellut kasvit ja niiden kasvupaikkojen vaatimukset.

Laji	Määrä, kpl	Pinta-ala, m <sup>2</sup>	Syvyys, m	Mullan tarve, m <sup>3</sup>
Kurkku	9	2,75	0,50	1,40
Mansikka	13	0,90	0,15	0,14
Paprika	13	0,90	0,15	0,14
Salaatti	19	1,65	0,30	0,50
Tomaatti	13	0,90	0,15	0,14
Yhteensä	67	7,1		2,32

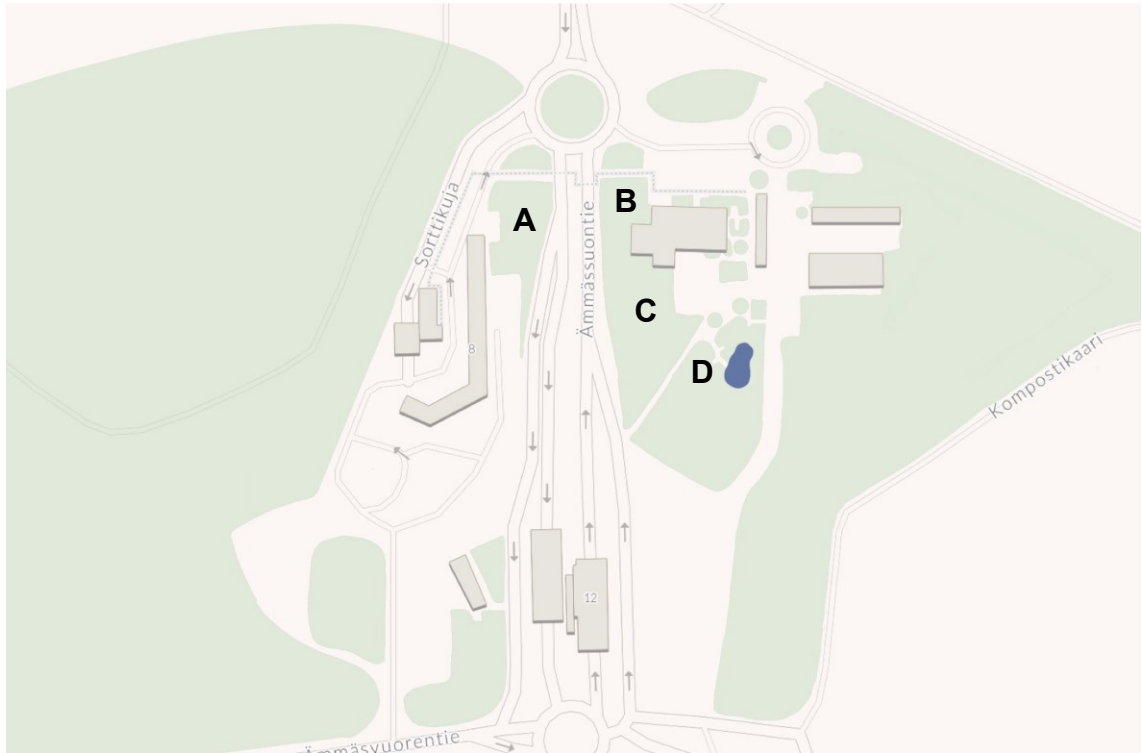
Kausikasvihuoneen pinta-alasta vain noin kolmannes tullaan hyödyntämään viljelyalana, jotta kasvihuoneen käytävät ovat tarpeeksi leveät työskentelyyn ja esteettömään liikkumiseen. Luvussa 5.12 käsitellään tarkemmin kasvien sijoittamista kasvihuoneeseen.

## 5.2 Kasvihuoneen sijainti

Kasvihuoneen sijoittelussa tulee huomioida auringonvalon saanti, eli kasvihuonetta ei tule sijoittaa esimerkiksi isojen rakennusten tai metsän varjoon. Etenkään kasvihuoneen länsi- tai eteläpuolella ei tule olla varjostavia rakennelmia. Myös alueen tuulisuus tulee ottaa huomioon, sillä tuuli lisää lämmityksen tarvetta. Tuulen vaikutusta voi pyrkiä pienentämään tuulisuojavailla, joka sijoitetaan kasvihuoneen pohjoispuolelle. Tuulisuojava voidaan myös hyödyntää olemassa olevaa rakennusta sijoittamalla kasvihuone sen eteläpuolelle. Suuren, kaupallisen kasvihuoneen sijoittamisessa tulee ottaa huomioon ympärivuotisen kasvihuoneen aiheuttama valosaasteen määrä, niin lähialueen asukkaille kuin eläimille. (60, s. 31–32.)

Kausikasvihuoneen sijoittelussa Ämmäsuolla tulee ottaa huomioon etäisyys jäteisiin, vierailijoiden turvallinen pääsy kasvihuoneelle sekä vesi- ja sähköliitäntöjen läheisyys. Turvallisin valinta on sijoittaa kausikasvihuone jollekin alueen

sisääntulon läheisyydessä sijaitsevalle viheralueille. Sijainnin valinnassa tulee myös huomioida alueen maaperä sekä maan tasaisuus. Epätasaista aluetta voidaan tasoittaa esimerkiksi kivimurskeella. Tasainen alusta on kasvihuoneelle tärkeä ominaisuus, jotta kasveille annettu vesi leviää tasaisesti eikä kerry kasvatuslaatikoiden matalaan pätyyn. Mahdollisia sijainteja kasvihuoneelle on neljä, ja ne on merkitty kuvaan 4 kirjaimilla A–D.



Kuva 4. Kartta Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen sisäänkäynnin ja Sortti-aseman alueesta (63).

Kasvihuoneen sijainti valitaan yhdessä alueen käyttäjien kanssa. Sijainneissa A ja B kasvihuone olisi parhaiten näkyvillä Sortti-aseman asiakkaille. Sijainnin A haasteena on vierailijoiden turvallinen pääsy kasvihuoneelle, ja sijainnin B haasteena on viereisen toimistorakennuksen aiheuttama varjo. Sijainneissa C ja D kasvihuoneella olisi eniten tilaa, mutta kasvihuone olisi huonosti näkyvillä Sortti-aseman asiakkaille.

### 5.3 Kasvihuoneen katemateriaali

Kasvihuoneiden katemateriaalina käytetään pääsääntöisesti lasia tai erilaisia muoveja. Lasin valonläpäisykyky on vaihtoehtoista parhain ja pitkäkestoisin. Lasinen kate on myös helppo puhdistaa. Haittapuolena lasisessa katteessa on sen korkea hinta, helpompi hajoaminen kovalla tuulella ja suurempi lämmitystarve muoviseen kennolevyyn verrattuna. (60, s. 26–29.)

Kennolevyjä voidaan valmistaa sekä akryylista että polykarbonaatista. Näistä akryylikennolevy läpäisee paremmin valoa, lähes yhtä hyvin kuin lasi. Lämmitystehon tarve kennolevykasvihuoneilla on noin puolet lasista valmistettuun kasvihuoneeseen verrattuna. (60, s. 26–29.) Ympäri vuotiseen ja isomman mitta-kaavan kaupalliseen kasvihuoneviljelyyn akryylikennolevystä valmistettu kasvihuone on ehdoton valinta. Pienemmässä kausikasvihuoneessa, jossa viljely tapahtuu vain lämpiminä vuodenaikoina, on lasinen kasvihuone hyvä vaihtoehto sen helpomman puhdistamisen ja siistimmän ulkonäön takia.

### 5.4 Kasvualusta

Kasvit tarvitsevat kasvualustan, joka tyypillisesti kausikasvihuoneessa on multaa, turvetta, kompostia tai näiden seosta. Kaupallisessa kasvihuoneviljelyssä kasvualustana käytetään esimerkiksi turvetta tai kivivillaa (64). Tässä suunnitelmassa kasvualustana käytetään multaa, sillä sitä on helposti saatavilla ja se on ekologisempaa turpeeseen ja kivivillan verrattuna. Turpeen ilmastovaikutukset ovat noin 90–150 kg CO<sub>2</sub> ekv/m<sup>3</sup>, samoin kuin kivivillan (12, s. 33; 65).

Kaupallisesti tuotetun mullan ilmastovaikutukset ovat Kekkilä Oy:n mukaan noin 0,04 kg CO<sub>2</sub> ekv/kg multaa, mikä vastaa 20 kg CO<sub>2</sub> ekv/m<sup>3</sup> multaa, kun mullan tilavuuspaino on 500 g/l (66; 67). Bio- ja viherjätteistä sekä lietteestä tehdyn mullan ilmastovaikutuksien voidaan olettaa olevan tätäkin pienemmät, sillä nämä mullat sisältävät vähemmän turvetta ja enemmän kierrätettyjä raaka-aineita. Kausikasvihuoneen vuosittaisen kasvualustan tarpeen ollessa noin 2–3 m<sup>3</sup> voidaan turpeen sijasta multaa käyttämällä päästöjä vähentää jopa 400 kg CO<sub>2</sub> ekv.

## 5.5 Lannoitus ja ravinteet

Kasvit tarvitsevat fotosynteesiin tarvittavien aineiden eli hiilidioksidin, veden ja valon lisäksi ravinteita eli kivennäisaineita kasvaakseen. Kasveille tärkeimmät pääravinteet ovat niin sanotut NPK-ravinteet eli typpi (N), fosfori (P) sekä kalium (K). Pääravinteiden lisäksi kasvit tarvitsevat pieniä määriä muitakin kivennäisaineita, kuten sinkkiä ja kuparia. (68, s. 149.)

Kasvin lannoitustarve koostuu kolmesta osasta; kasvin ottamista ravinteista, kasvualustaan sitoutuneista ravinteista ja siitä pois huuhtoutuneista ravinteista (68, s. 191). Mullassa on sitoutuneena erityisesti kasvien pääravinteita vaihtelevissa määrin (44; 69). Ravinteiden huuhtoutuminen pois ei kasvihuoneviljelyssä ole lähtökohtaisesti ongelma. Kasvualusta pysyy usein optimaalisessa kosteudessa koko kasvukauden, ja viljelyjärjestelmät ovat usein suljetun kierron järjestelmiä eli kasvualustasta pois valunut vesi käytetään uudestaan. Näin ollen kasvihuoneviljelyssä lannoitustarve koostuu lähinnä kasvin ravinnetarpeista. (68, s. 191.)

Kasvien lannoitus voidaan jakaa perus- ja hoitolannoitukseen. Peruslannoitus on kasvualustakohtaista, ja se antaa hyvän lähtökohdan kasvulle. Hoitolannoituksen tehtävä on pitää yllä kasvualustan optimaalista ravinnepitoisuutta koko kasvukauden ajan. Tarvittavan hoitolannoituksen määrä ja laatu vaihtelee kasvatettavan kasvilajin sekä valon määrän mukaan. (68, s. 214.) Valon määrää voidaan arvioida esimerkiksi Ilmatieteen laitoksen kuukausittaisten auringonpaistetuntien keskiarvon avulla, jotka ovat nähtävissä luvun 5.7 taulukossa 3. Lisävalotusta käyttäessä myös keinovalon määrä tulee huomioida auringonpaistetuntien lisäksi.

Kausikasvihuoneessa sekä perus- että hoitolannoitus voidaan toteuttaa bio- ja viherjätekompostia sekä biohiiltä hyödyntäen, sillä kasvin osista valmistettu komposti sisältää kaikki kasvien kasvuun tarvittavat ravinteet. Bio- ja viherjätekomposti sisältää erityisesti typpeä ja kaliumia helposti hyödynnettävissä muodoissa. Kompostin sisältämästä fosforista vain noin 15 % on kasvien

hyödynnettävissä, joten sen määrää tulee lisätä bio- tai lietehiiltä käyttämällä. (70, s. 36–44; 71, s. 19.)

Kasvualustaan sitoutuneiden ravinteiden määrää voidaan lisätä sekoittamalla multaan pieni määrä kompostia. Kurkulle ja tomaatille voidaan keväällä lisätä kypsää tai puolikypsää viherjätekompostia 5–15 cm:n kerros mullan päälle peruslannoitukseksi. Muille kasveille sopiva peruslannoitus mullan sisältämän ravinteiden lisäksi on 2–5 cm:n kerros kypsää bio- tai viherjätekompostia multaan sekoitettuna. (70, s. 124–125.) Fosforipitoisuuden nostamiseksi kasvualustaan voidaan lisätä bio- tai lietehiiltä. Hämeen ammattikorkeakoulun uuttokokeiden perusteella hiiltä tulee lisätä 1 % kasvualustan painosta, jotta liukoisen fosforin määrä kasvualustassa kasvaa. Suurempi määrä, 2–4 % biohiiltä, ei lisää liukoisen fosforin määrää. (72.)

Kasvualustassa olevien ravinteiden määrää voidaan seurata mittaamalla kasvualustan puristeveden sähkönjohtavuutta. Mikäli sähkönjohtavuus laskee huomattavasti, kasvit hoitolannoitetaan. Kausikasvihuoneessa hoitolannoitus voidaan toteuttaa sekoittamalla kasteluveden joukkoon kompostia sekä levittämällä bio- tai lietehiiltä kasvualustan päälle. Kompostivedellä kastelu tulee tehdä käsivoimin, sillä automaattiset kastelujärjestelmät tukkiutuvat sen käytöstä.

Puristeveden sähkönjohtavuutta tulee seurata lannoituksen jälkeen, sillä ravinnepitoisuuden kohoaminen kasvualustassa voi johtaa kasvin vedenottokyvyn heikentymiseen. Mikäli alustan ravinnepitoisuus on kohonnut huomattavasti, sitä voidaan pyrkiä alentamaan vähentämällä lannoitusta hetkellisesti tai huuhtelemalla kasvualustaa ravinteettomalla vedellä. (68, s. 198–199.) Puristeveden sähkönjohtavuuden mittauksia tulee tehdä säännöllisesti, esimerkiksi viikon välein viljelykauden alussa ja myöhemmin 1–3 viikon välein. Mittausten ajankohdassa on otettava huomioon edellisestä kastelusta kulunut aika, mikäli kasvien kastelu ei ole jatkuvaa. Mittaustulokset ja edellisestä kastelusta kulunut aika kirjataan ylös, jotta muutokset kasvualustan ravinnepitoisuudessa voidaan havaita.

## Hiilidioksidilannoitus

Ravinteiden lisäämisen lisäksi kasvit voivat hyötyä hiilidioksidilannoituksesta. Kaupallisissa kasvihuoneissa hiilidioksidin määrä on usein minimitekijä eli kasvin kasvua eniten rajoittava tekijä. Hiilidioksidia on ulkoilmassa noin 400 ppm. Tiiviissä kasvihuoneessa hiilidioksidipitoisuus voi päivällä jopa puolittua, sillä kasvusto sitoo hiilidioksidin itseensä. Tämä alentunut hiilidioksidipitoisuus rajoittaa kasvien kasvua entisestään. Hiilidioksidin määrää kasvihuoneessa voidaan kuitenkin lisätä hiilidioksidilannoituksen avulla. (60, s. 83–85.)

Hiilidioksidilannoitus on kaupallisissa kasvihuoneissa erittäin yleistä. Kasvihuoneessa voidaan havaita jopa kahdellatoista prosentilla lisääntynyt kasvu, kun matalaa hiilidioksidipitoisuutta nostetaan 100 ppm:llä (60, s. 85). Hiilidioksidilannoituksen toteuttaminen pienessä ei-kaupallisessa kasvihuoneessa ei pääsääntöisesti ole hyödyllistä korkeiden kustannusten ja pienen hyödyn takia. Ämmäsuon kausikasvihuoneeseen ei suunnitella toteutettavan hiilidioksidilannoitusta edellä mainittujen seikkojen takia.

Kaupallisessa kasvihuoneviljelyssä hiilidioksidia lisätään kasveille valoisaan aikaan ja lämpötilan ollessa yli 15 °C. Lannoituksen onnistumista lisää ilman teho- kas kiertäminen kasvihuoneessa. Näin pyritään varmistamaan, että lisättyä hiilidioksidia pääsee myös tiiviiseen kasvustoon. Lisätyn hiilidioksidin määrä vaihtelee viljeltävien kasvien ja käytettyjen valojen tehon mukaan, sillä kasvit tarvitsevat hiilidioksidin hyödyntämiseen eli yhteyttämiseen runsaasti valoa.

Luonnonvaloviljelyssä kurkulle ja tomaatille hyvä hiilidioksidipitoisuus on 600–1 000 ppm. Salaatille sopiva hiilidioksidipitoisuus on alhaisempi, 400–800 ppm. Mikäli viljelyssä käytetään luonnonvalon lisäksi keinovaloa, hiilidioksidia voidaan lisätä kasvihuoneeseen enemmän, kurkulla ja tomaatilla jopa 1 200 ppm ja salaatilla 1 000 ppm. (60, s. 85).

Mikäli Ekomo-toimija tulisi Ämmäsuolle harjoittamaan ammattimaista kasvihuoneviljelyä, tulee hiilidioksidilannoituksen käyttöä pohtia tarkemmin. Yksi mahdollisuus on toteuttaa hiilidioksidilannoitus lämmityksen sivutuotteena, mikäli

kasvihuoneen lämmitys toteutetaan biokaasua polttamalla. Poltosta syntynyt hiilidioksidi sitoutuisi kasveihin sen sijaan, että se joutuisi ilmakehään, missä hiilidioksidilla on ilmastoa lämmittävä vaikutus.

## 5.6 Kastelu- ja pesuvesi

Puhtaan veden käyttäminen syötäväksi tarkoitettujen kasvien kasteluun on tärkeää. Kasvit koostuvat suurimmaksi osaksi vedestä, ja veteen liuenneet ravinteet voivat kulkeutua kasvin syötäviin osiin. Veteen liuenneiden ravinteiden määrää voidaan seurata mittaamalla kastelu- tai puristeveden johtokykyä, sillä puhdas vesi ei juurikaan johda sähköä, mutta veteen liuenneet aineet lisäävät johtokykyä. Kasvi pystyy hyödyntämään vettä ja siihen liuenneita ravinteita tehokkaammin, kun kasvualusta on lämmin. (60, s. 74–78).

Kasvien veden tarve vaihtelee valon määrän mukaan. Kun suunnitellun kasvihuoneen pääasiallinen valonlähde on luonnonvalo, veden tarve on suurimmillaan kesä- ja heinäkuussa. Kaupallisessa kasvihuoneessa vihannesten viljelyssä veden tarve on valoisampaan aikaan noin 5–7 l/vrk/m<sup>2</sup>. (60, s. 32.) Kausikasvihuoneessa veden tarve on pienempi, sillä kausikasvihuoneessa viljeltäviä kasveja ei ole istutettu yhtä tiheästi kuin kaupallisessa kasvihuoneessa. Kausikasvihuoneessa kasvuolosuhteet eivät myöskään ole yhtä ideaalit, minkä seurauksena kasvit eivät pysty hyödyntämään yhtä suuria vesimääriä. Kausikasvihuoneen veden huippukulutuksen arvioimiseksi voidaan kuitenkin käyttää arvoa 7 l/vrk/m<sup>2</sup>.

Kausikasvihuoneessa viljeltävä pinta-ala on 7,1 m<sup>2</sup> eli laskennallinen kasteluv veden tarve on korkeintaan 50 litraa vuorokaudessa, mikä vastaa 1,5 m<sup>3</sup> vettä kuukaudessa. Lisäksi vettä kuluu pieniä määriä ruukkujen ja muiden kasvatusvälineiden sekä työvälineiden ja käsien pesuun. Veden kulutus kasvaa viljelykauden alussa ja lopussa, kun kasvihuone otetaan käyttöön ja poistetaan käytöstä, sillä kasvihuoneen sisus tulee puhdistaa ennen viljelyä ja sen jälkeen.

Veden kulutukseen vaikuttaa myös käytetty kastelujärjestelmä. Suljetussa kastelujärjestelmässä kasveilta yli jäänyt kasteluvesi kerätään talteen ja hyödynnetään kastelussa uudestaan suodatuksen jälkeen. Avoimessa järjestelmässä yli jäänyt vesi ohjataan pois kasvihuoneelta, minkä seurauksena veden ja ravinteiden tarve kasvaa huomattavasti. (60, s. 144.)

Kaikki kastelujärjestelmät tarvitsevat vesipisteen, liitäntäputkia ja liittimiä. Kastelujärjestelmän toteutuksen mukaan saatetaan myös tarvita vesisäiliö, pumppuja sekä ajastimia. Näiden tarkka määrä ja hinta vaihtelee valittujen osien ja kasvihuoneen koon sekä vesipisteen etäisyyden mukaan, mutta karkeana hinta-arviona voidaan pitää 1–2 €/metri. Kausikasvihuoneen kolme viljelyjärjestelmää tarvitsevat omat pienet pumput. Näiden kappalehinta uutena hankittuna on noin 15–20 €. Lisäksi kurkku- ja salaattilaatikot tarvitsevat joko pumput (15–20 €) ja ajastimet (5–10 €) tai kastelujärjestelmän, joka voi olla jatkuvasti päällä. Mahdolliset vesisäiliöt voidaan sijoittaa kasvatuslaatikoiden tai -järjestelmien alle.

### 5.6.1 Veden laatuvaatimukset

Helppo ja turvallinen valinta kasvihuoneessa käytettäväksi vedeksi on vesijohtovesi. Kaupallisessa kasvihuoneessa veden kulutus on kuitenkin suurta, jolloin kustannusten vähentämiseksi kasteluvetenä voidaan myös käyttää hyvälaatuisia pintavesiä, jotka on vähintäänkin suodatettu ennen käyttöä. Suodatus on tarpeen, jotta kastelujärjestelmien suuttimet eivät tukkiudu vedessä olevasta roskasta tai maa-aineista. (60, s. 32.)

Kasvihuoneessa käytettävän veden laatuvaatimukset vaihtelevat veden alkuperän, käyttötarkoituksen sekä käytettävän kastelutekniikan mukaan. Vettä ei tarvitse tutkia, mikäli kasteluvetenä on käytössä talousvesi, jonka laatua seurataan vettä toimittavan laitoksen toimesta. Jos kastelueden alkuperänä on oma vesilähde, kuten pintavesien talteenotto tai oma kaivo, tulee Ruokaviraston mukaan kasteluvesi tutkituttaa, kun vesi on kosketuksissa kasvisten syötävien osien kanssa. Altakastelutekniikkaa hyödyntäessä veden tutkimuksia ei vaadita. (73.)



Kasteluvdestä otetusta vesinäytteestä arvioidaan aistinvaraisesti haju ja väri, jotka eivät saa olla poikkeavat. Laboratoriossa vedestä tutkitaan erilaisten bakteerien määriä. *E. coli* -bakteeria saa esiintyä 100 millilitran näytteessä korkeintaan 300 pesäkkeen muodostavaa yksikköä (pmy). Suolistoperäisiä enterokokkeja saa olla enintään 200 pmy/100 ml. Kasteluvetenä käytettävästä pintavedestä tulee myös tutkia, ettei siinä ole syanobakteerien eli niin sanotun sinilevän massaesiintymiä. (73.)

Kasteluvettä tiukemmat vaatimukset on kasvien syötävien osien pesuun käytetyllä vedellä. Pesuveden tulee täyttää vaatimukset, jotka on annettu sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Asetuksen mukaan pesuvedessä ei saa esiintyä suolistoperäisiä enterokokkeja tai *E. coli* -bakteereita lainkaan. Asetus antaa myös muita raja- ja tavoitearvoja veden ominaisuuksille sekä vedessä esiintyvillä yhdisteillä. (73; 74.)

Taulukossa 2 on esitetty joulukuussa 2023 otetun Ämmässuon teknisen veden näytteenoton tulokset. Tekninen vesi saavutti suurimman osan tutkituista kastelu- ja pesuvedelle asetetuista laatuvaatimuksista, kemiallisen hapenkulutuksen eli COD<sub>Mn</sub>-arvon ollessa ainoa analyysituloksensa viitearvojen ulkopuolella. Vedestä ei kuitenkaan analysoitu kaikkia tarvittavia arvoja, kuten torjunta-aineiden jäämiä tai niiden hajoamis- ja reaktiotuotteita. (74.)

Taulukko 2. Ämmässuon teknisestä vedestä joulukuussa 2023 otettuja tutkimustuloksia (75).

<b>Analyysin nimi</b>	<b>Tulos</b>
Alumiini, Al, liukoinen	42 µg/l
Arseeni, As, liukoinen	1,2 µg/l
Boori, B, liukoinen	80 µg/l
COD <sub>Mn</sub> -arvo, kemiallinen hapenkulutus	6,4 mg/l
Fluoridi, F	0,5 mg/l
Kloridi, Cl	36 mg/l
Kromi, Cr, liukoinen	0,64 µg/l
Kupari, Cu, liukoinen	6,3 µg/l
Lyijy, Pb, liukoinen	0,4 µg/l
Mangaani, Mn, liukoinen	< 3 µg/l
Natrium, Na, liukoinen	45 mg/l
Nikkeli, Ni, liukoinen	0,9 µg/l
Nitraattityppi, NO <sub>3</sub> -N	4 000 µg/l
pH	7,3
Rauta, Fe, liukoinen	32 µg/l
Sulfaatti, SO <sub>4</sub>	68 mg/l
Sähkönjohtavuus (25 °C)	51 mS/m

Teknisen veden hyödyntäminen kasvihuoneviljelyssä vaatii lisätutkimuksia, joissa selvitettäisiin esimerkiksi suolistoperäisten bakteerien esiintymisen tiheyttä ja määrää. Lisätutkimusten perusteella voidaan arvioida, soveltuuko tekninen vesi käytettäväksi suoraan kontaktiin kasvien syötävien osien kanssa vai ainoastaan altakasteluvedeksi. On myös mahdollista, että tekninen vesi ei sen epätasaisen laadun vuoksi sovellu ollenkaan kasvihuoneviljelykäyttöön ilman veden puhdistusta.

Kausikasvihuoneessa tarvittu veden määrä on niin vähäinen, että kasteluun kannattaa käyttää puhdasta vesijohtovettä, sillä sen hyödyntäminen ei vaadi suuria alkuinvestointeja. Lisäksi vesijohtovettä voidaan käyttää sekä kastelu- että pesuvetenä, jolloin kasvihuoneeseen tarvitaan vain yksi vesijohto.

Laajamittaisessa kaupallisessa kasvihuoneviljelyssä vaihtoehtona voidaan myös pohtia kahta erillistä vesijohtoa, jolloin alkuinvestointi on suurempi, mutta käyttökustannukset laskevat ajan kanssa. Ämmäsuon tekninen vesi saattaa soveltua kasvihuoneessa kasteluvedeksi, mikäli lisätutkimuksissa ei havaita mitään poikkeavaa ja *E. coli* -bakteerien sekä suolistoperäisten enterokokkien pitoisuudet pysyvät tarpeeksi matalina. Teknisellä vedellä kastelu tulisi kuitenkin varotoimena toteuttaa altakastelumenetelmiä hyödyntäen. Myös kasvihuoneen katolta kerätyn sadeveden soveltuvuutta kasteluvedeksi tulisi selvittää. Kasvihuoneen välineiden ja kasvien syötävien osien pesuvetenä tulee käyttää vesijohtovettä.

### 5.6.2 Sumutus

Sumutuksella eli sadetuksella tarkoitetaan kastelujärjestelmää, jossa kastelu tapahtuu kasvihuoneen katossa sijaitsevien suuttimien avulla. Sumutuksella voidaan kastelun lisäksi kosteuttaa ja viilentää kasvihuoneen ilmaa. Sumutuksen haittapuolena on kasvien kastuminen, mikä voi johtaa erilaisten ei-toivottujen kasvustojen syntymiseen. Lisäksi sumutuksen viilentävän vaikutuksen vuoksi iso osa sumutuksessa käytetystä vedestä haihtuu ilmaan eikä näin ollen kastele kasvia. Hienosumutusta käytetään nykyisin lähinnä ilman viilennykseen eikä kasvien kasteluun sen tehottomuuden ja mahdollisten haittojen takia. (76, s. 71.) Sumutuksessa käytetyn veden täytyy olla laadultaan erinomaista, sillä vesi on suoraan kosketuksissa kasvin syötävien osien kanssa.

### 5.6.3 Pisarakastelu

Pisara- eli tippakastelulla tarkoitetaan automaattista kastelua, jossa vesi tippuu pisara kerrallaan reiitetyistä putkesta tai letkusta kasvin viereen (77).

Reikäletkun tilalla voidaan myös käyttää huokoisesta materiaalista valmistettua letkua. Pisarakasteluun käytettävä putki tai letku on sijoitettu kasvualustan päälle.

Pisarakastelu sopii hyvin kausikasvihuoneeseen. Pisarakastelun etuna on kastelujärjestelmän yksinkertaisuus ja edullisuus, sillä se voidaan halutessaan rakentaa itse puutarhaletkua rei'ittämällä. Kaupallisissa pisarakastelujärjestelmissä kasteluveden määrää on helpompi ja tarkempi hallita.

Pisarakasteluun käytettävän letkun hinta vaihtelee materiaalien, letkun koon ja ostettavan määrän mukaan, mutta karkeaksi hinta-arvioksi voidaan sanoa 1–3 €/metri reikäletkua. Pisarakasteluun tarkoitettuja kastelujärjestelmiä on helposti saatavilla niin kuluttajille kuin ammattiviljelyyn. (78; 79.)

#### 5.6.4 Tihkukastelu

Tihku- eli tippukastelulla tarkoitetaan kastelutapaa, jossa vesi tihkuu kasvualustan sisään kasvin juurien läheisyyteen. Tihkujärjestelmää käytetään usein ruukkukasvien viljelyssä. Tihkukastelujärjestelmä koostuu putkista tai letkuista, johon on kiinnitetty kasvualustaan upotettuja hiusletkuja tai tippusuuttimia. Tihkukastelussa etuna on pienet häviöt veden haihtumisessa. Ongelmana puolestaan on usein kastelujärjestelmän tukkiutuminen. (76, s. 69.) Ruukkuviljelyssä tihkukastelu voidaan myös toteuttaa altakasteluna, jolloin kasvualustan suoran kastelun sijaan kastellaan ruukkujen alla olevaa mattoa. Altakastelun etuna on myös löyhemmät vaatimukset veden laadun suhteen.

Tihkukastelua voidaan hyödyntää niin kausikasvihuoneessa kuin kaupallisessa kasvihuoneessa. Tihkukastelujärjestelmä on pisarakastelujärjestelmää monimutkaisempi, joten sen hankintakustannukset ovat suuremmat, mutta kastelun tarkkuus on parempi pisarakasteluun verrattuna. Tihkukastelujärjestelmään tarvitaan rei'itetyn letkun lisäksi hiusletkuja, joiden kappalehinta on noin 0,5 € (80). Hiusletkuja tarvitaan yleensä 3–4 kappaletta metriä kohden, jolloin tihkukastelujärjestelmän hankintakustannukset ovat noin kaksinkertaiset pisarakasteluun

verrattuna. Tihkukastelujärjestelmiä ja -tarvikkeita myydään kotimaisissa kaupoissa pääsääntöisesti suurina, ammattimaiseen viljelyyn sopivina erinä.

## 5.7 Valo

Kasvihuoneessa tapahtuvassa luonnonvaloviljelyssä viljelykauden pituuteen vaikuttaa lämpötilaa enemmän luonnonvalon määrä. Kasvua tapahtuu, kun auringosta saatava säteilyn määrä on riittävä, noin  $65 \text{ Wh/m}^2/\text{vrk}$ , ja kun PAR (Photosynthetically Active Radiation) -valosumma on vähintään 12 moolia vuorokaudessa. Kaupallisessa kasvihuoneviljelyssä tarvittava minimisäteily määrä voi olla huomattavasti suurempikin kasvilajin mukaan, jotta viljely on taloudellisesti kannattavaa. (60, s. 54–65.)

Kasvihuoneen ulkopuolelta tuleva valo läpäisee kasvihuoneen katteen parhaiten, kun se on kohtisuorassa valon tulo-suuntaan nähden. Erityisesti suuremman mittakaavan kasvihuoneessa itse kasvihuoneen asemoinnin lisäksi tulee huomioida viljelyrivien suunta. Viljelyrivien suuntia valitessa tulee ottaa huomioon ilmansuunnat, mikäli viljeltävä kasvi on kurkku, tomaatti tai muu korkean kasvuston tekevä kasvi.

Matalilla kasvustoilla, kuten salaatilla tai yrteillä, ei rivien ilmansuunnalla ole juuri merkitystä. Koska auringonpaisteen suunta liikkuu päivän kuluessa idästä länteen, on korkeilla kasveilla tehokkain tapa laittaa kasvirivit pohjois-eteläsuuntaan, jolloin etelästä tuleva auringon valo pääsee tasaisesti kaikkien rivien väliin. Itä-länsisuuntaan istutetut rivit puolestaan varjostavat toisiaan, jolloin etelän puolella oleva rivi saa eniten valoa ja puolestaan pohjoisin rivi saa vähiten valoa. (60, s. 32–33.)

Itä-länsisuunnassa olevat rivit voivat olla toimiva ratkaisu silloin, kun samassa kasvihuoneessa viljellään eri korkuisia kasvilajeja ja korkeimmat kasvit istutetaan pohjoisen puolelle. Kausikasvihuoneessa rivien asemoinnilla ei viljelyn optimoinnin kannalta ole yhtä merkittävää vaikutusta kuin kaupallisessa kasvihuoneessa, jossa tyypillisesti tehoviljellään vain yhtä kasvilajia kerrallaan.

Viljelykauden pituus Suomessa kasvihuoneissa on noin kahdeksan kuukautta, jos lisävaloa ei käytetä. Kasvihuoneen viljelykausi ajoittuu yleensä helmi- ja lokakuun väliin. Vaasan ja Seinäjoen korkeudella tyypillinen viljelykausi ammattimaisessa viljelyssä on 20.2.–20.10. (60, s. 32–33.) Auringonpaistetuntien määrä on pääkaupunkiseudulla vuosittain noin 6–10 % suurempi kuin Seinäjoen korkeudella, eli viljelykausi voi pääkaupunkiseudulla olla syksystä hieman pidempi. Auringonpaistetuntien määrät ovat nähtävissä taulukossa 3. Auringonpaisteeksi lasketaan aika, kun auringon suunnasta suoraan saapuvan säteilyn intensiteetti on 120 W/m<sup>2</sup> tai enemmän. (81.)

Taulukko 3. Auringonpaistetuntien keskiarvo vuosina 1991–2020 (82).

Kuukausi	Auringonpaistetunteja kuukaudessa			Auringonpaistetunteja vuorokaudessa
	Seinä-joki	Helsinki-Vantaa, lentokenttä	Helsinki, Kumpula	Helsinki-Vantaa, lentokenttä
Tammikuu	30	37	35	1,2
Helmikuu	71	68	71	2,4
Maaliskuu	145	143	146	4,6
Huhtikuu	189	196	203	6,5
Toukokuu	267	285	296	9,2
Kesäkuu	276	273	278	9,1
Heinäkuu	268	292	308	9,4
Elokuu	207	238	248	7,7
Syyskuu	140	150	160	5,0
Lokakuu	80	84	89	2,7
Marraskuu	31	34	32	1,1
Joulukuu	17	24	23	0,8
Yhteensä	1 721	1 824	1 889	5,0

Viljelykautta voidaan pidentää käyttämällä lisävaloa lokakuun puolivälistä helmi-kuun loppuun. Kasveille tärkeää on valo, jonka aallonpituus on 400–700 nm eli käytännössä koko näkyvän valon spektri on kasvien hyödynnettävissä. Tätä aluetta kutsutaan PAR-säteilyksi tai -valoksi. Auringon kokonaissäteilystä vain 49 % on kasvien tarvitsevaa fotosynteettisesti aktiivista säteilyä eli PAR-valoa. Eriväriset valot eli eri aallonpituuden omaava säteily vaikuttaa kasveihin eri tavoin. Parhaiten kasvit pystyvät hyödyntämään 400–510 nm:n ja 610–700 nm:n säteilyä eli sinistä ja punaista valoa. Näkyvän valon lisäksi kasvit voivat hyötyä infrapunasäteilystä (800–1 000 nm), sillä se lämmittää kasvia. (60, s. 54–65; 83, s. 6.)

Valo vaikuttaa kasvun lisäksi kasvin ulkonäköön. Huomattava vaikutus on punaisen ja kaukopunaisen valon välisellä suhteella. Päivänvalossa on molempia punaisia yhtä paljon, jolloin kasvi kasvaa tasaisesti. Kaukopunaista valoa on punaista valoa enemmän hämärässä, kuten tiiviin kasvuston keskellä. Liiallinen määrä kaukopunaista valoa aktivoi kasvissa olevaa fytokromi fr -proteiinia liikaa. Tämän seurauksena kasvin pituuskasvu lisääntyy ja kasvi käyttää energiansa varren kasvattamiseen lehtien ja hedelmien kasvun sijaan. Lisäksi fytokromi fr käynnistää kasvin varjoisalla puolella kasvuhormoni auksiinin tuotannon, joka pidentää varjoisan puolen soluja. Näin kasvi lähtee kasvamaan usein vinoon, taipuen kohti valonlähdettä. (60, s. 54–59.)

Kasvin tasapainoisen kasvun edellytyksenä on kirkas ja tasaisesti kasvin joka puolelta tuleva valo. Käytännössä näitä on luonnonvaloa hyödyntävässä viljelyssä hankala saavuttaa. Mikäli kasvi on ruukussa ja lähtee kurottautumaan kohti valoa, voidaan ruukkua käännettä kasvin tasaisen kasvun takaamiseksi. Myös tukemalla korkeampia kasvustoja voidaan vaikuttaa kasvun suuntaan. Keinovalon lisäys kasvihuoneeseen luonnonvalon lisäksi on tapa saada kasvi kasvamaan tasaisemmin, kun valo tulee samanaikaisesti tasaisesti kasvin ympärille. Kasvihuoneessa olevan valon määrää voidaan mitata tai laskea. Pienessä kasvihuoneessa valon määrän mittaaminen itse ei tuota merkittävää lisähyötyä, vaan valon määrää voidaan arvioida käytössä olevien lamppujen tehon ja auringon säteilyn määrän (taulukko 4) perusteella.

Taulukko 4. Globaalisäteilyn eli Auringon kokonaissäteilyn keskiarvo vuosina 1991–2020 Helsinki-Vantaan lentoasemalla. (82)

<b>Kuukausi</b>	<b>Globaalisäteily, MJ/m<sup>2</sup></b>	<b>Globaalisäteily, kWh/m<sup>2</sup></b>
Tammikuu	32	9
Helmikuu	90	25
Maaliskuu	244	68
Huhtikuu	403	112
Toukokuu	592	164
Kesäkuu	615	171
Heinäkuu	615	171
Elokuu	470	131
Syyskuu	270	75
Lokakuu	120	33
Marraskuu	35	10
Joulukuu	16	4
Yhteensä	3 504	973

Kaikki auringon säteily ei kuitenkaan pääse kasvihuoneen sisälle. Kasvihuoneen katemateriaali vaikuttaa siihen, miten suuri osa valosta läpäisee kateen. (84, s. 6). Taulukossa 5 on kerrottu yleisempien katemateriaalien valonläpäisykykyjä. Valonläpäisykyky on taulukon mukainen, kun valo tulee siihen 90 asteen kulmassa. Käytännössä näin on harvoin, joten valonläpäisykyvystä voidaan vähentää noin 10 prosenttiyksikköä, jotta saadaan todellisuutta paremmin vastaava arvo (84, s. 6). Näin ollen lasisen kasvihuoneen valonläpäisykyky on noin 75 %.



Taulukko 5. Kasvihuonekatteiden valonläpäisykyky (60, s. 29).

Katemateriaali	Valonläpäisy
Lasi	86–92 %
Akryylikennolevy, 16 mm	86–91 %
2-kertainen polykarbonaattikennolevy, 10 mm	77–85 %
3-kertainen polykarbonaattikennolevy, 16 mm	70–73 %

Kasvihuoneen valon määrä ilmoitetaan usein päivittäisenä PAR-valosummana.

Sopiva PAR-valosumma on noin 12–25 moolia vuorokaudessa (60, s. 110).

Auringosta saatavan PAR-valon määrä  $S$  voidaan laskea kaavalla 1.

$$S = R \cdot \text{läpäisevyys} \cdot 3,6 \cdot \text{valotehokkuus} \quad (1)$$

$S$  on PAR-valon summa ( $\text{mol/m}^2$ )

$R$  on auringon kokonaissäteilyn summa ( $\text{kWh/m}^2$ )

Läpäisevyys on materiaalikohtainen arvo (0–1)

Valotehokkuus on valonlähteestä riippuvainen arvo.

Auringon kuukausittaiset kokonaissäteilyn summat on ilmoitettu taulukossa 4.

Auringon valotehokkuus on vakio, ja sen arvo on 2,3 (60, s. 110). Näiden tietojen avulla saadaan laskettua kuukausittainen PAR-kertymä, joka voidaan muuntaa vuorokausikohtaiseksi PAR-kertymäksi jakamalla saatu luku kuukauden päivien määrällä. Kasvihuoneen kuukausittaiset ja päivittäiset PAR-kertymät on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Kasvihuoneen PAR-kertymä.

Kuukausi	PAR-kertymä keskimäärin, mol/m <sup>2</sup> /kk	PAR-kertymä keskimäärin, mol/m <sup>2</sup> /vrk
Tammikuu	55	1,8
Helmikuu	155	5,5
Maaliskuu	421	13,6
Huhtikuu	695	23,2
Toukokuu	1 021	32,9
Kesäkuu	1 061	35,4
Heinäkuu	1 061	34,2
Elokuu	811	26,2
Syyskuu	466	15,5
Lokakuu	207	6,7
Marraskuu	60	2,0
Joulukuu	27	0,9

Taulukosta 6 nähdään, että yksinomaan auringosta saatava PAR-kertymä on kasveille sopiva maaliskuusta syyskuuhun. Kasvit eivät siis tarvitse lisävaloa kausikasvihuoneessa, jossa viljely ei ole ympärivuotista.

## 5.8 Lämpö

Kasvien kehitykseen, kasvun ja sadon määrään vaikuttaa lämpötila. Optimaalinen lämpötila Suomessa kasvatettaville kasveille on valoisaan aikaan noin 15–25 °C. Tarkkaan lämpötila vaikuttaa kasvilaji, kasvun vaihe sekä muut kasvuolosuhteet. Minimilämpötila tyypillisillä viljelykasveilla on usein 3–5 °C ja maksimilämpötila on usein noin 30–35 °C. (60, s. 48–52.) Sopiva yölämpötila useille kukille, kurkulle ja tomaatille on noin 16–18 °C (60, s. 213, 262).

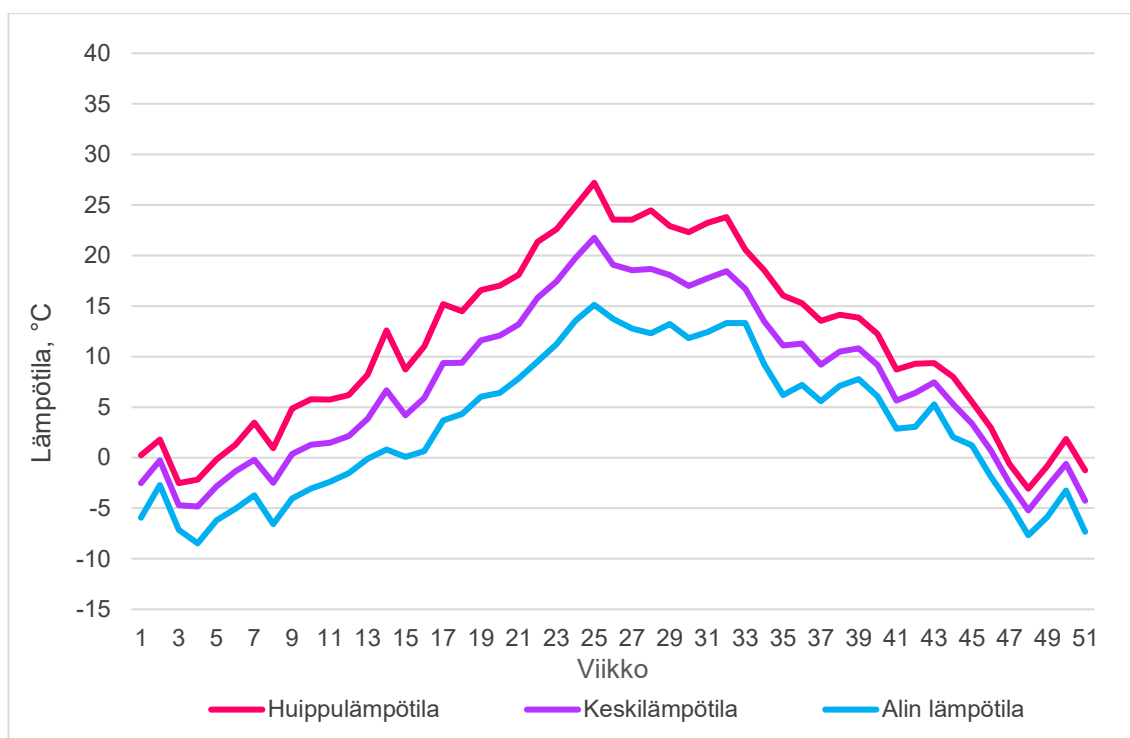
Kasvihuoneen lämpötilaan vaikuttavat sisään tuleva lämpö ja kasvihuoneesta poistuva lämpö. Kausikasvihuoneessa tärkein lämmönlähde on auringon säteily. Kasvihuoneesta poistuu lämpöä johtumalla katteiden, sokkelin ja maapohjan kautta. Lämpöhäviöitä syntyy myös tuuletuksesta sekä kasvihuoneen rakenteiden väleissä olevista pienistä aukoista.

Kaupallista kasvihuoneviljelyä suunnitellessa määritetään tavoitearvot valoisan ajan lämpötilan eli päivälämpötilan lisäksi pimeän ajan lämpötilalle eli yölämpötilalle ja kasvualustan lämpötilalle. Sopiva yölämpötila on kasvun kannalta tärkeää. Jos se on liian korkea, kasvu on hentoa ja venyvää. Liian matala yölämpötila puolestaan aiheuttaa rehevää lehtien kasvua, jolloin esimerkiksi tomaatin hedelmän saama energiamäärä on liian pieni, kun kasvin sokeri varastoituu lehtiin hedelmän sijaan. Lisäksi määritetään tuuletuslämpötila eli alin lämpötila, milloin kasvihuoneen tuuletus tulee aloittaa. (60, s. 52–53.)

Kausikasvihuoneelle määritetään ainoastaan päivä- ja yölämpötila sekä tuuletuslämpötila. Nämä mitataan kasvihuoneen ilmasta, mieluiten vähintään kahdesta eri kohdasta. Kasvualustan lämpötilaa seurataan usein ympärivuotisissa kaupallisissa kasvihuoneissa kasvuolosuhteiden optimoimiseksi, mutta tämä ei ole tarpeen pienemmissä kausikasvihuoneissa.

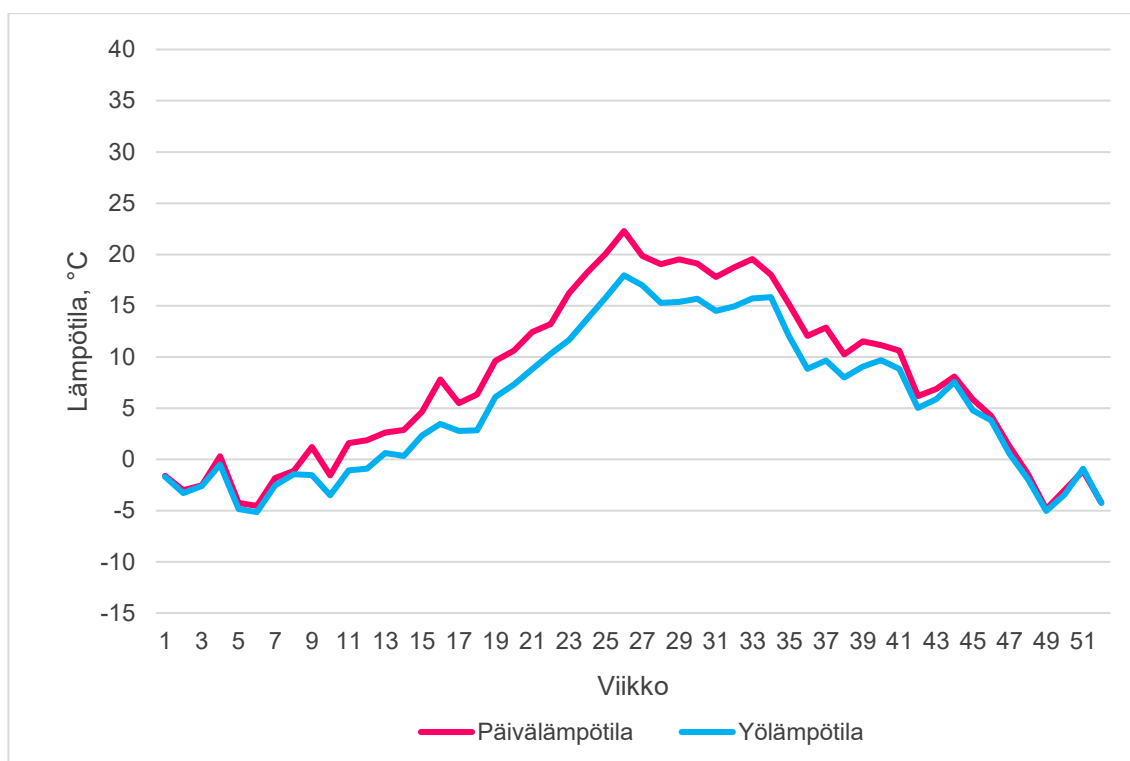
Tavoitteena on käyttää mahdollisimman vähän lisälämpöä kausikasvihuoneessa, joten kasvihuoneen lämpötila tulee olemaan viljelykauden alussa tavoitelämpötiloja matalampi. Viileämmän lämpötilan takia kausikasvihuoneen kasvit tulevat kasvamaan hitaammin satokauden alkaessa. Tämä ei kuitenkaan haittaa, sillä kyseessä ei ole kaupallisesti kannattavaan viljelyyn tähtäävä kasvihuone. Lisäksi suurimman osan satokaudesta kausikasvihuoneen lämpötila on kasveille sopiva auringosta saatavan lämmön takia.

Kuvassa 5 on esitetty ulkoilman viikkokohtaiset laskennalliset minimi- ja maksimilämpötilat sekä keskilämpötila. Lämpötilat perustuvat Ilmatieteen laitoksen tuottamaan, Helsinki-Vantaan lentokentällä vuosina 2020–2022 mitattuun avoimeen dataan (85).



Kuva 5. Vuosien 2020–2022 keskimääräiset lämpötilat. Kuvaajan huippulämpötilat sekä alimmat lämpötilat on laskettu ottamalla keskiarvo Ilmatieteen laitoksen mittaamista kyseisen viikon alimmista ja ylimmistä lämpötiloista. (85).

Kasvihuoneen suunnittelussa on tärkeää tietää vuorokauden keskilämpötilan lisäksi keskimääräiset yö- ja päivälämpötilat. Kuvassa 6 nähdään vuosien 2020–2022 valoisan ja pimeän ajan keskimääräiset lämpötilat. Keskilämpötilat on laskettu hyödyntäen Ilmatieteen laitoksen avoimen datan tuntikohtaisia lämpötilamittauksia (85). Valoisa aika on määritetty pyöristämällä auringon nousu- ja laskuajat lähimpään tuntiin (86). Esimerkiksi auringon noustessa kello 7.18 on päivän ensimmäisen valoisa tunti 7.00 ja puolestaan auringon noustessa kello 5.47 on ensimmäiseksi valoiseksi tunniksi määritetty 6.00.



Kuva 6. Päivä- ja yölämpötilojen viikkokohtaiset keskiarvot vuosina 2020–2022 Helsinki-Vantaan lentoasemalla (85; 86).

Kuvassa 6 on esitetty ulkoilman lämpötila. Kasvihuoneilmion takia lämpötila suljetussa kasvihuoneessa nousee korkeammalle kuin ympäröivässä ulkoilmassa. Taulukossa 7 vertaillaan kausikasvihuoneessa mitattua sisälämpötilaa ulkoilman lämpötilaan. Ulkoilman tuntikohtaiset lämpötilatiedot on haettu Ilmatieteen laitoksen avoimen datan palvelusta (87). Kasvihuoneen lämpötilaa mitattiin kesällä 2023 kauppakeskus Triplan katolla sijaitsevassa kausikasvihuoneessa Helsingin Pasilassa. Mittaukset suoritettiin kasvihuoneen päädyissä sijaitsevilla RuuviTag-antureilla. Osana PasilaHUB-hanketta Triplan katolla sijaitsevi vuosina 2021–2023 kausikasvihuone, jossa viljeltiin kasviksia ja yrtejä Triplan ravintoloiden käytettäväksi (88). Kauppakeskus Triplan kasvihuone oli kooltaan ja materiaaleiltaan vastaava kuin tämän opinnäytetyön kasvihuonekonseptin suunnitelmassa käytetty kausikasvihuone, joten mittaustuloksia voidaan soveltaa kausikasvihuoneen suunnitelmaan. Triplan kasvihuoneessa ei käytetty mittausten aikaan lisävaloa tai -lämmitystä.

Triplan katolla kasvihuoneen lämpötila kohosi jopa 15 °C ulkoilman lämpötilaa korkeammalle. Öisin kasvihuoneen lämpötila laskee ulkoilman tasolle. Suurimmat lämpötilaerot havaittiin iltapäivällä. Mittaustulosten perusteella voidaan laskea, kuinka paljon korkeampi keskimäärin kasvihuoneen sisälämpötila on ulkoilman lämpötilaan verrattuna (taulukko 7).

Taulukko 7. Triplan katolla sijainneen kausikasvihuoneen valoisan ajan sisälämpötila verrattuna ulkolämpötilaan sekä niiden erotus.

Kellonaika	Kasvihuoneen lämpötila, °C	Ulkoilman lämpötila, °C	Lämpötilaero, °C
8.00–11.59	14,8	13,5	1,3
12.00–15.59	26,2	19,1	7,1
16:00–19.59	30,0	19,0	11,0

Kun tiedetään keskimääräinen ulkolämpötila sekä miten kasvihuoneen lämpötila vaihtelee vuorokaudenajan ja ulkolämpötilan mukaan, voidaan arvioida, mikä suunnitellun kausikasvihuoneen valoisan ajan lämpötila tulee olemaan. Pimeän ajan matalimmaksi lämpötilaksi oletetaan ympäröivän ilman lämpötila, sillä kasvihuoneen lämpötilan nousu on seurausta auringon paisteen aiheuttamasta kasvihuoneilmiöstä.

Kausikasvihuoneen päivälämpötilat on laskettu esimerkkikoodia 1 hyödyntäen:

```

if
    aika < 12:00:
        T_kasvihuone += 1,3 C

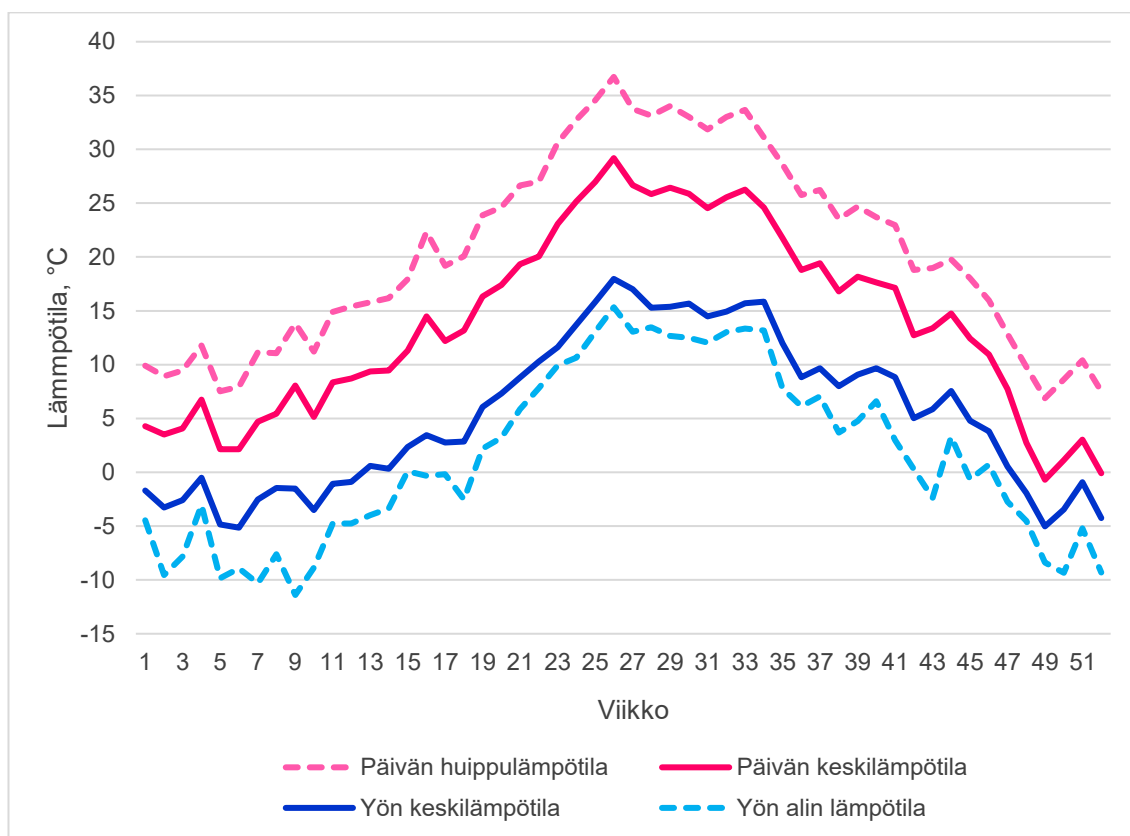
elif
    12:00 < aika < 16:00
        T_kasvihuone += 7,1 C

else
    kellonaika ≥ 16:00
        T_kasvihuone += 11,0 C

```

Esimerkkikoodi 1. Kasvihuoneen päivälämpötilan laskeminen ulkoilman lämpötilan ja kellonajan avulla.

Laskennalliset arviot kausikasvihuoneen sisälämpötilasta on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Kausikasvihuoneen laskennallinen sisälämpötila ilman lämmitystä. Yön alin lämpötila on viikkokohtainen laskennallinen keskiarvo vuosien 2020–2022 matalimmista lämpötiloista. Yön keskilämpötila on keskiarvo viikon pimeän ajan lämpötiloista. Päivälämpötilat on laskettu vastaavalla tavalla, hyödyntäen valoisan ajan lämpötilamittauksia.

Kausikasvihuoneelle sopiva viljelykausi luonnonvalon riittävyyden perusteella on maaliskuusta syyskuuhun eli noin viikot 9–40. Lämmityksen tarvetta kausikasvihuoneessa voidaan arvioida kuvan 7 perusteella. Kausikasvihuoneen keskimääräinen päivälämpötila on kasveille sopiva, yli +10 °C, viikosta 15 eli huhtikuun puolivälistä eteenpäin. Yölämpötila on korkeampi kuin +5 °C viikosta 19 eli toukokuun puolivälistä eteenpäin, mutta mahdollisuus yölämmitykseen on hyvä olemassa toukokuun loppuun asti satunnaisten yöpakkasten takia. Syksyllä viljelykausi loppuu rajallisen valon määrän takia, eli lämmitys on tarpeen ainoastaan keväällä.

### 5.8.1 Lämpöenergian tarve

Lämmön tarve mitoitetaan suurimman mahdollisen tehontarpeen mukaan. Tehontarpeeseen vaikuttavat haluttu sisälämpötila, ympäröivän ulkoilman lämpötila sekä katemateriaali. Tehontarve lasketaan kaavalla 2 (76, s. 66).

$$\dot{Q} = U' \cdot A \cdot \Delta T \quad (2)$$

$\dot{Q}$  on lämpöteho (W)

$U'$  on katteen lämmönläpäisykerroin ( $W/m^2/^\circ C$ )

$A$  on katteen pinta-ala ( $m^2$ )

$\Delta T$  on haluttu lämpötilaero ulkoilman ja kasvihuoneen sisälämpötilan välissä.

Kaavassa käytetään  $U'$ -arvoa  $U$ -arvon sijaan, sillä  $U'$  ottaa huomioon katteen teoreettisen lämmönläpäisykerroimen lisäksi häviöt, kuten maahan johtuvan lämmön. Lasikatteen  $U'$ -arvo on noin  $7,2 W/m^2$  ja 16-millimetrinen akryylikennolevyn noin  $3,7 W/m^2$ . (76, s. 66–67).

Lämpötilaeroa laskettaessa (kaava 3) täytyy ottaa huomioon kasvihuoneilmiö, jonka seurauksena kasvihuoneen lämpötila kohoaa päivällä korkeammalle kuin ympäröivän ilman lämpötila. Taulukosta 7 nähdään, kuinka paljon korkeampi kasvihuoneen lämpötila on ulkolämpötilaan verrattuna.

$$\Delta T = T_{in} - (T_{out} + T_{kasvihuoneilmiö}) \quad (3)$$

$T_{in}$  on kasvihuoneen haluttu sisälämpötila ( $^\circ C$ )

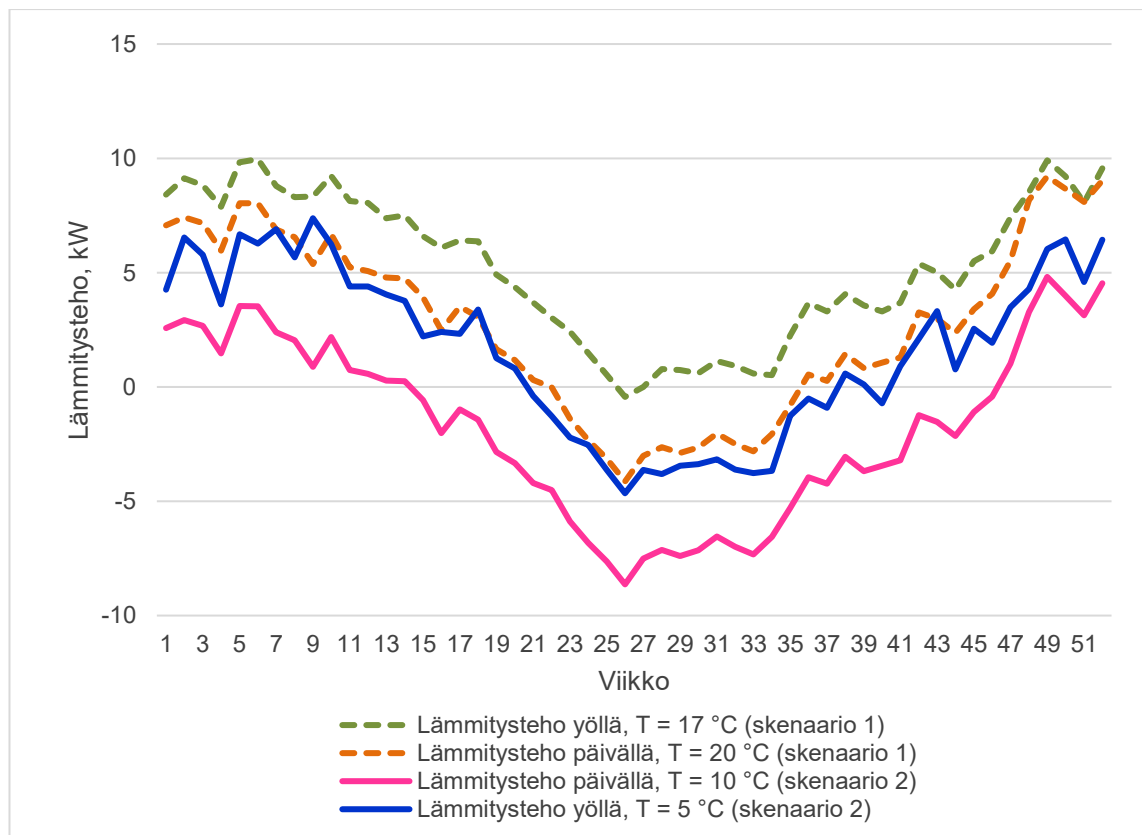
$T_{out}$  on kasvihuonetta ympäröivän ulkoilman lämpötila ( $^\circ C$ )



$T_{kasvihuoneilmiö}$  on kasvihuoneilmistä aiheutuva, kasvihuoneen sisäilmaa lämmittävä vaikutus (°C).

Kasvihuoneilmiön vaikutus kausikasvihuoneessa on suurimmillaan iltapäivällä. Yön pimeinä tunteina kasvihuoneilmiö ei lämmitä kasvihuonetta, joten kasvihuoneilmiön vaikutus on 0 °C.

Kaavan 2 avulla on laskettu kausikasvihuoneen lämpötehon tarve kahdessa eri skenaariossa. Molemmissa skenaarioissa kasvihuoneen katteen pinta-ala on 62,5 m<sup>2</sup> ja katemateriaalina on lasi. Ensimmäinen skenaario on esitetty kuvassa katkoviivoin ja siinä kausikasvihuoneen tavoitelämpötila on kasveille optimaalinen, 20 °C päivällä ja 17 °C yöllä. Toinen skenaario on esitetty yhtenäisillä viivoilla, ja siinä kausikasvihuoneen tavoitelämpötilat ovat matalammat energian säästämiseksi, 10 °C päivällä ja 5 °C yöllä. Kuvassa 8 on esitetty molempien skenaarioiden tehontarpeet.



Kuva 8. Kausikasvihuoneen laskennallinen lämmitysteho skenaarioissa 1 ja 2.

Kuvaajista nähdään, että skenaariossa 1 kasvikasvihuone tarvitsee lämmitystä öisin lähes koko luonnonvalosatokauden ajan ja päiväsaikaan toukokuun loppupuolelle saakka. Skenaariossa 2 lämmityksen tarve on huomattavasti pienempää, sillä päiväsaikaan lämmitystä ei tarvita viikon 15 eli huhtikuun puolivälin jälkeen. Mahdollisuus yölämmitykseen on kuitenkin oltava toukokuun loppuun saakka hallariskin takia. Molemmissa skenaarioissa kasvikasvihuoneen lämmitysteho saa negatiivisia arvoja kesäviikkoina. Tämä tarkoittaa, että kasvihuoneen lämpötila on korkeampi kuin tavoitelämpötila ja kasvihuonetta tarvitsee mahdollisesti tuulettaa.

Tarvittu lämpöenergian määrä saadaan laskettua kertomalla lämmitysteho ajalla eli tuntien määrällä (kaava 4).

$$Q = \dot{Q}_{p\grave{a}iv\grave{a}} \cdot t_{p\grave{a}iv\grave{a}} + \dot{Q}_{y\ddot{o}} \cdot t_{y\ddot{o}} \quad (4)$$

$Q$  on tarvittava lämpömäärä (Wh)

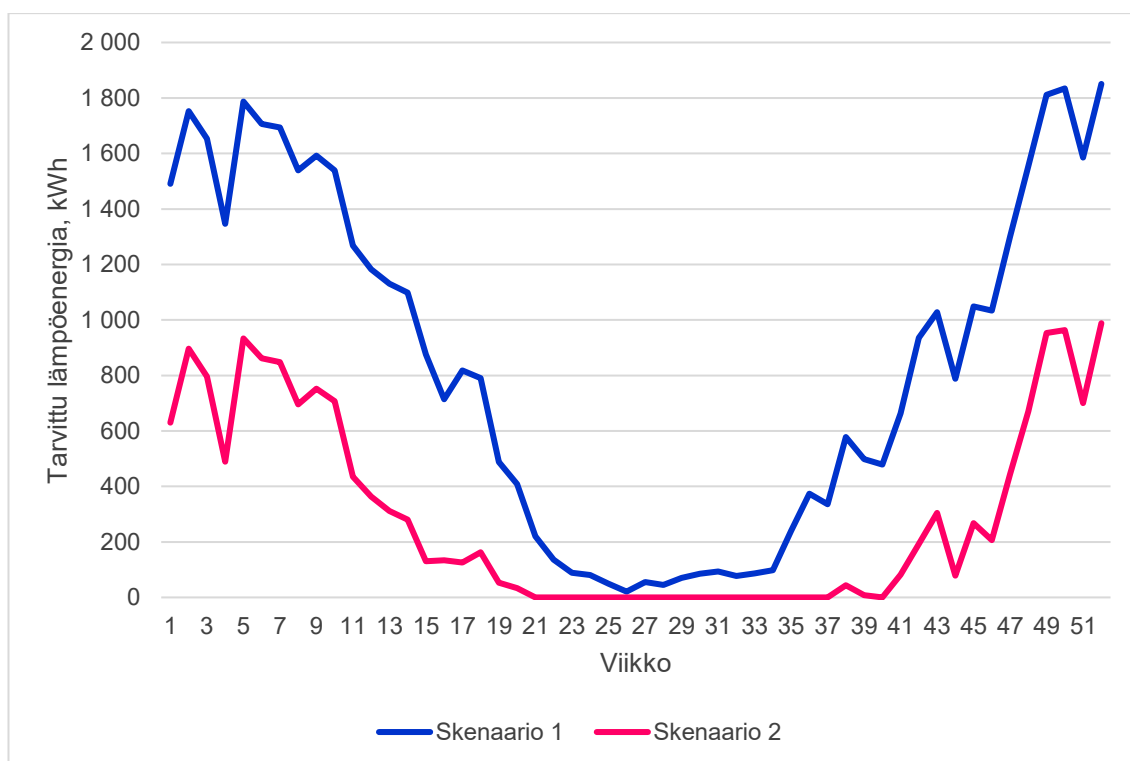
$\dot{Q}_{p\grave{a}iv\grave{a}}$  on lämmitysteho päivällä (W)

$\dot{Q}_{y\ddot{o}}$  on lämmitysteho yöllä (W)

$t_{p\grave{a}iv\grave{a}}$  on viikon valoisien tuntien summa (h)

$t_{y\ddot{o}}$  on viikon pimeiden tuntien summa (h).

Kuvissa 8 ja 9 voidaan nähdä, että kasvihuoneen tarvitsema lämmön määrä vähenee huomattavasti, kun kasvihuoneen tavoiteltua sisälämpötilaa alennetaan (skenaario 2). Myös lämmityskauden pituus lyhenee merkittävästi, koko satokauden 32 viikosta alle 12 viikkoon.



Kuva 9. Kausikasvihuoneen viikoittainen lämpöenergian määrä kahdessa eri skenaariossa. Skenaariossa 1 kasvihuoneen päivälämpötila on 20 °C ja yölämpötila on 17 °C. Skenaariossa 2 kasvihuoneen päivälämpötila on 10 °C ja yölämpötila on 5 °C.

Kaupallisen kasvihuoneen lämmittäminen kasvien optimilämpötilaan on tärkeää, jotta kasvu on mahdollisimman tehokasta ja taloudellisesti kannattavaa. Kausikasvihuoneessa kasvien hitaampi kasvu alkukaudesta ei kuitenkaan ole haitaksi, joten kasvihuoneen lämpötilaa voidaan keväällä pitää optimilämpötilaa matalammalla. Luonnonvaloviljelykauden eli viikkojen 9–40 aikana lämmityksen matalampi tavoitelämpötila vähentää kasvihuoneen energiankulutusta noin 80 %. Tämä säästää jopa 12 100 kWh energiaa, mikä vastaa sähkölämmitteisen omakotitalon vuosittaista energiankulutusta (89; 90). Kausikasvihuoneen kokonaislämmönkulutus 10 °C päivälämpötilalla ja 5 °C yölämpötilalla on korkeintaan 3 500 kWh vuodessa.

### 5.8.2 Kaukolämpö

Kasvihuoneen lämmitys Ämmässuolla tuotetun kaukolämmön avulla voidaan toteuttaa kahdella eri tapaa. Ensimmäinen vaihtoehto on liittää kasvihuone kaukolämpöverkkoon, jolloin kasvihuoneeseen voidaan toteuttaa vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Toinen vaihtoehto on liittää kasvihuone alueen kaasuverkostoon, jolloin lämpö tuotetaan kasvihuoneessa bio- ja kaatopaikkakaasua polttamalla. Kaasun polttamisesta syntyvää hiilidioksidia voidaan myös hyödyntää hiilidioksidilannoituksena.

Molemmissa vaihtoehtoissa verkostoon liittymisen kustannukset ovat suunnitteen samansuuruiset, vähintään noin 40 000 euroa. Kustannukset vaihtelevat tarvittavan kaasu- tai kaukolämpöputken pituuden mukaan. (91.) Liittymisen lisäksi kaukolämmön kuluja ovat lämmitysjärjestelmän toteuttaminen kasvihuoneeseen, kulutetun kaukolämmön tai biokaasun hinta sekä järjestelmän huolto- ja ylläpitokulut.

Kaukolämmön hyödyntäminen kasvihuoneen lämmityksessä on realistinen vaihtoehto vain suuressa kaupallisessa kasvihuoneessa, jossa lämmön tarve on runsasta ja viljely on ympärivuotista. Pientä kausikasvihuonetta ei tule liittää kaukolämpöverkkoon suurten alkuinvestointien takia.

### 5.8.3 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys soveltuu hyvin niin kaupallisiin kuin pienempiin kasvihuoneisiin, sillä sähkölämmityksen käyttäminen ei vaadi suuria alkuinvestointeja. Kausikasvihuoneen sähkölämmitys voidaan toteuttaa esimerkiksi lämminilmapuhallinta hyödyntämällä, jolloin hankintakustannukset ovat noin 150–450 euroa. Lämminilmapuhaltimen lisäksi kasvihuoneeseen tulee hankkia pakkasvahti, joka ehkäisee hallavaurioita, muttei nosta kasvihuoneen lämpötilaa huomattavasti. Pakkasvahtia tulee käyttää vähintään toukokuun loppuun asti. Sekä lämminilmapuhaltimen että pakkasvahdin hankinnassa tulee huomioida laitteiden

säänkestävyys, sillä osa myytävistä lämmittimistä on tarkoitettu ainoastaan sisäkäyttöön.

Ämmäsuon kasvihuoneessa tarvittava lämmitysteho on riippuvainen viljelyn aloitusajankohdasta. Kuvasta 8 nähdään, että tehon tarve on suurimmillaan 7,4 kW, mikäli viljely aloitetaan viikolla 9 eli luonnonvalon määrän ollessa riittävä. Viikolla 12 huipputehoksi riittää 4,4 kW ja viikolla 15 eli huhtikuun puolivälissä 3,4 kW. Taulukossa 8 on esitetty sähkölämmityksen alkuinvestoinnit ja vuosittaiset käyttökustannukset, kun sähkön hinta on 0,10 €/kWh.

Taulukko 8. Kasvihuoneen sähkölämmityksen kustannukset (92; 93).

<b>Viljelyn aloitusajankohta</b>	<b>Viikko 9</b>	<b>Viikko 12</b>	<b>Viikko 15</b>
Pakkasvahdin (200 W) hankintahinta	20 €	20 €	20 €
Lämminilmapuhaltimen teho	7 400 W	4 400 W	3 400 W
Lämminilmapuhaltimen hankintahinta	160–440 €	105–325 €	105–325 €
Lämmityksen kustannukset vuodessa (0,10 €/kWh)	354 €	164 €	69 €

## 5.9 Ilmanvaihto

Suomessa kasvihuoneissa tyypillisesti viljeltävät kasvit sietävät korkeimmillaan 30–35 °C:n lämpötiloja (60, s. 48–52). Kesäkuukausina on riski, että suljetun kasvihuoneen lämpötila kohoaa liian korkealle. Lämpötilaa pyritään usein laskemaan tuulettamisella tai sumutuksella (60, s. 39). Ilmanvaihdolle voi myös olla tarvetta, jos kasvihuone sijaitsee osittain varjossa ja lämpötilaerot kasvihuoneen sisällä ovat huomattavat.

Kasvihuoneen ilmanvaihto voidaan toteuttaa sekä koneellisesti että ilman sähköä. Yleinen tapa toteuttaa pienen kasvihuoneen tuuletus sähköttömästi on asentaa kattoluukkuihin lämpölaajenemiseen perustuvat avaajat, jotka alkavat raottamaan kasvihuoneen ikkunoita lämpötilan ylittäessä 17–25 °C. Osaan myytävistä kasvihuoneista on asennettuna automaattiset avaajat valmiina,

mutta niitä voi myös ostaa erikseen noin 40 euron kappalehintaan. (94; 95)  
Ilmanvaihtoa voidaan tarvittaessa tehostaa asentamalla kanavapuhaltimia kasvihuoneen katteeseen tehtyyn läpivientiin.

Lämpötilaerojen tasaamiseksi kasvihuoneessa voidaan käyttää tuulettimia, jotka sekoittavat eri lämpöiset ilmamassat. Tuulettimien tarvittu teho vaihtelee olosuhteiden ja kasvihuoneen koon mukaan. Kauppakeskus Triplan katolla sijainneessa kasvihuoneessa lämpötilaerojen tasoittamiseen käytettiin teholtaan 15 watin tuulettimia. Tuulettimia oli käytössä tarpeen mukaan 4–8 kappaletta.

### 5.10 Sähkö

Merkittävä osa suomalaisten kasvihuoneyritysten käyttämästä energiasta on nykyisin sähköä. Vuonna 2006 noin 25 % kasvihuoneyritysten käyttämästä energiasta oli sähköä, kun vuonna 2021 luku oli noussut jo 36,3 %:iin. Suurin osa sähköstä kuluu kasvihuoneiden valotukseen, mutta sähköön käytön lisääntymistä selittää myös fossiilisten lämmitysmuotojen vähentäminen ja sähkölämmityksen lisääntyminen. (4.) Kaupallisissa kasvihuoneissa sähköä kuluttaa myös ilmanvaihto sekä erilaiset anturit ja mittalaitteet.

Ämmässuon kausikasvihuoneessa sähköön kulutus tulee koostumaan lämmityksestä, ilmanvaihdosta sekä kastelujärjestelmistä. Kausikasvihuoneen mittaukset eivät yleensä ole jatkuvatoimisia, vaan esimerkiksi kastelu- ja puristeveden pH- ja EC-arvoja mitataan tarvittaessa paristokäyttöisellä mittalaitteella.

Suurin osa kausikasvihuoneella käytetystä sähköstä kuluu lämmitykseen. Ilmanvaihtoon ja kasteluun tarvittava sähkö määrä vaihtelee lämpötilan mukaan. Arviot kausikasvihuoneen kuukausikohtaisesta sähkökulutuksesta on esitetty taulukossa 9. Ilmanvaihtoon tarvittavan sähköön kulutus on suurimmillaan, mikäli kahdeksaa tuuletinta käytetään täydellä teholla puolet vuorokaudesta. Automaattiseen kasteluun tarvittavien pumppujen yhteenlaskettu teho on korkeintaan 53 W ja niiden käyttöaika on noin 0,5–2 tuntia vuorokaudessa.

Taulukko 9. Ämmässuon kausikasvihuoneen kuukausittainen sähkönkulutus.

Kuukausi	Lämmitys, kWh	Ilmanvaihto, kWh	Kastelu, kWh	Yhteensä, kWh
Maaliskuu	1 818	0	0,8–1,6	1 819–1 820
Huhtikuu	671	0	0,8–2,4	672–673
Toukokuu	250	0	0,8–3,2	251–253
Kesäkuu	0	0–44	0,8–3,2	1–47
Heinäkuu	0	0–44	0,8–3,2	1–47
Elokuu	0	0–44	0,8–3,2	1–47
Syyskuu	0	0	0,8–3,2	1–3

### 5.11 Työvoima

Kausikasvihuoneessa tarvittu työmäärä vaihtelee satokauden vaiheen mukaan. Satokauden alussa kasvien kasvun ollessa hitaampaa on myös työn tarve vähäisempi. Työmäärää lisää uusien kasvien istuttaminen sekä kasvatuksen aloittamiseen ja päättämiseen liittyvät toimenpiteet.

Viljelyn aloittaminen on satokauden työläin vaihe, ja siihen tulee allokoida 1–2 henkilötyöviikkoa käytettäväksi. Viljelyä aloittaessa kasvihuone, viljelyjärjestelmät ja -laatikot sekä muut tarvikkeet tulee pestä. Kastelujärjestelmien toimivuus tulee testata ennen kasvien istuttamista ja kasvatusalustaan tulee sekoittaa peruslannoitus. Aikaa vie myös kasvien siementen ja taimien hankinta sekä istutus. Satokauden alussa kasvien hoitotoimenpiteet eivät vielä vaadi paljon aikaa, mutta aikaa kuluu kastelun ja lämmityksen säätämiseen sopivalle tasolle. Satokauden edistyessä lämmityksen tarve loppuu ja kastelu toimii automaattisesti. Kausikasvihuoneen tavanomaisiin hoitotoimenpiteisiin on hyvä varata aikaa 2–8 tuntia viikossa. Työmäärä on suurimmillaan keskikesällä, jolloin kasvien kasvu on nopeinta ja esimerkiksi uusia salaatteja istutetaan viikoittain. Satokauden päättämiseen tulee allokoida vähintään yksi henkilötyöviikko, erityisesti ensimmäisen satokauden jälkeen. Mikäli kasvihuonetta ei pureta talven

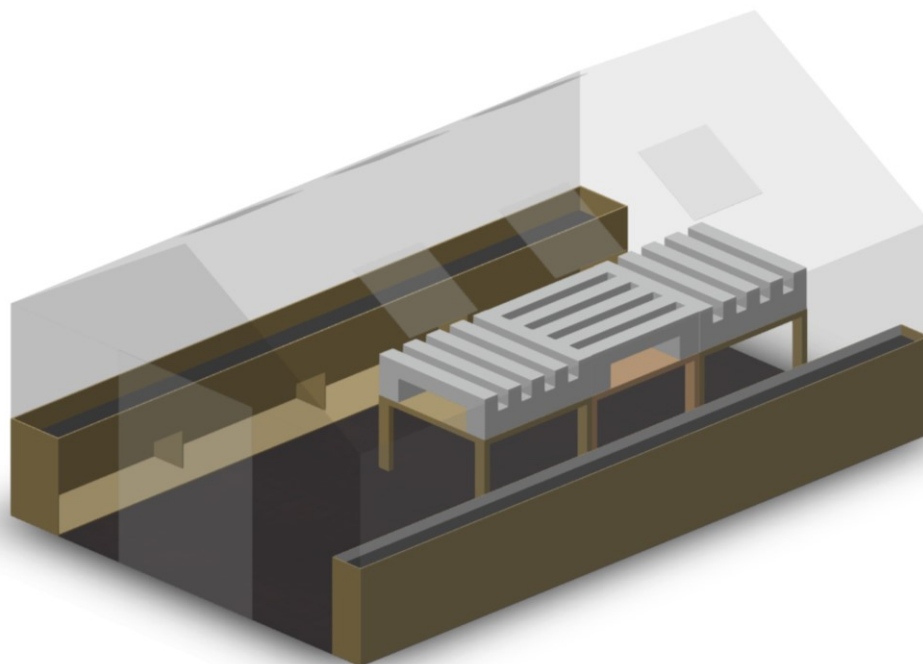
ajaksi, on kasvihuoneen kattoa puhdistettava lumesta suurimpien lumisateiden jälkeen.

## 5.12 Kasvihuoneen rakentaminen

Kasvihuone tulee pystyttää tasaiselle alueelle. Epätasainen maa tasataan hiekan tai kivimurskeen avulla, minkä jälkeen tasaisen alustan päälle voidaan rakentaa kova ja kestävä pohja esimerkiksi betonilaattojen avulla. Laattojen päälle rakennetaan joko suoraan kasvihuoneen sokkeli tai valetaan betoninen antura jakamaan kasvihuoneiden rakenteiden painoa laajemmalle pinta-alalle. Kasvihuoneen sokkelin voi ostaa valmiina teräksisenä tai rakentaa sen itse kevytsoraharkkoja käyttäen. (96.) Valmiin terässokkelin kustannus on noin 600 euroa, mutta sen asentamisen on huomattavasti nopeampaa, kuin harkkosokkelin rakentaminen. Kasvihuone pystytetään sokkelin päälle kasvihuoneen valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Ämmässuon kausikasvihuoneessa hyödynnetään sekä viljelyjärjestelmiä että kasvatuslaatikoita. Viljelyjärjestelmät soveltuvat parhaiten pienempien kasvien, kuten salaattien ja kuukausimansikoiden, viljelyyn. Kasvatuslaatikoiden mullan syvyys mahdollistaa tukevamman juuriston muodostamisen suuremmille kasvustoille, kuten kurkuille. Kuvassa 10 on nähtävillä mallinnus kausikasvihuoneesta. Kuvan taka-alalla sijaitsevaan kasvatuslaatikkoon istutetaan kurkut ja etualalla sijaitsevaan laatikkoon paprikat. Keskellä sijaitseviin viljelyjärjestelmiin istutetaan mansikat, salaatit sekä tomaatit.





Kuva 10. AutoCAD-ohjelmistolla tehty mallinnus Ämmässuon kasvikasvi-huoneesta ja viljelyjärjestelmien sekä -laatikoiden sijoittelusta.

Kurkkujen taimet istutetaan kasvihuoneen 5,5 metriä pitkälle sivulle rakennettuun kasvatuslaatikkoon. Kasvatuslaatikon leveys ja syvyys on vähintään 0,5 metriä. Kurkkuja tuetaan tarvittaessa ylöspäin. Kurkkulajikkeiksi voidaan valita toiveiden mukaan sekä avomaankurkkua että kasvihuonekurkkua. Paprikoille ja mahdollisille yrteille rakennetaan kasvihuoneen toiselle pitkälle sivulle kasvatuslaatikko, jonka leveys on ja syvyys on vähintään 0,3 m:ä. Tämä soveltuu pienille paprikalajikkeille ja yrteille. Kasvatuslaatikkoja täytyy korottaa riittävästi, jotta työskentelykorkeus on ergonomisempi. Vaihtoehtoisesti kasvatuslaatikko voidaan rakentaa noin 80 cm:ä korkeaksi, jolloin kasvihuoneessa tarvittavan mullan määrä kaksinkertaistuu, mutta kasvatuslaatikoiden rakenne on yksinkertaisempi ja kestävämpi. Kasvualustan suurempi määrä lisää kasvien hyödynnettävissä olevan peruslannoituksen määrää.

Kasvihuoneen keskellä sijaitsevilla viljelyjärjestelmissä (kuva 3) on sisäänrakennettu putkisto tippakastelua varten. Viljelyjärjestelmissä on paikka 23 kasville, mutta runsaille pensasmaisille kasvilajikkeille suositellaan käyttämään vain

joka toista paikkaa. Tomaattilajikkeiksi valitaan pieniä hedelmiä tuottavia lajikkeita. Sopivia mansikkalajikkeita ovat niin sanotut kuukausimansikat, jotka tuottavat pieniä ja makeita marjoja jatkuvasatoisesti. Salaattilajikkeiksi valitaan lajikkeita, joiden kukkiminen alkaa mahdollisimman myöhään.

Kasvatuslaatikot rakennetaan ulkokäyttöön soveltuvasta puumateriaalista ja niiden sisus vuorataan kosteudenkestävällä materiaalilla, kuten patolevyllä. Pitkiä kasvatuslaatikoita tuetaan pystysuunnassa olevilla tukirakenteilla laatikon pullistumisen välttämiseksi. Kasvatuslaatikkojen pätyihin tulee tehdä läpiviennit kastelujärjestelmiä varten.

### 5.13 Biologinen torjunta

Biologisella torjunnalla tarkoitetaan kasvinsuojelumenetelmää, jossa kasvin tuhoajat hävitetään kemiallisten torjunta-aineiden sijaan niiden luontaisia viholliseliöitä hyödyntäen. Biologisen torjunnan hyötyjä on esimerkiksi se, että syötäväksi tarkoitettuihin kasveihin ei jää jäämiä kemiallisista torjunta-aineista. Torjunta-aineita ei myöskään pääse kulkeutumaan kasteluveden kautta kasviin tai ympäristöön. Biologisen torjunnan onnistumisen edellytyksenä on kasvin tuhoajan tunnistaminen oikein, sillä eri haittaeliöillä on erilaiset luontaiset viholliset. (97, s. 106.)

Kasvihuoneessa useimmiten esiintyviä tuhoeläimiä ovat 0,4–1,5 millimetrin pituiset hyönteiset, joita voi olla haastavaa havaita ja tunnistaa paljaalla silmällä. Tunnistamisen avuksi tuhoeläimestä voidaan ottaa kuva, jota suurennetaan. Yleisimpiä tuhoeläimiä kasvihuoneessa ovat erilaiset vihannespunkit, kirvat ja ripsiäiset.

*Tetranychus urticae* eli vihannespunkki on yksi yleisimmistä kasvihuoneen tuhoeläimistä. Vihannespunkki elää kasvin lehtien alapinnoilla, mistä se imee nestettä lehtisoluista. Tämä voidaan havaita lehtien yläpinnoilta, sillä viherhiukkasten puute aiheuttaa kasvin lehtiin pieniä keltaisia pilkkuja. Lehtien heikko kunto

vaikuttaa sadon määrään, ja vihannespunkin valtaamista kurkuista ja tomaateista saatavat sadot ovat pieniä. (97, s. 108–109).

Vihannespunkin luontainen vihollinen on petopunkki *Phytoseiulus persimilis*, joka syö vihannespunkin munia ja toukkia. Petopunkki ei aiheuta kasveille haittaa, eikä niitä voi olla kasvihuoneessa liikaa. Petopunkkeja tulee hankkia välittömästi, kun vihannespunkkeja havaitaan kasvien lehtien alapinnoilla. (97, s. 108.) Petopunkkeja voi hankkia puutarhanhoitoon ja kasvihuoneviljelyyn erikoistuneista kaupoista, jotka toimittavat petopunkkeja postitse.

Kirvat vahingoittavat kasvien lehtiä saaden ne kasvamaan epämuotoisiksi sekä erittämällä lehtien päälle tahmaista nestettä, joka on otollinen kasvualusta haitallisille sienille. Kirvoja voidaan torjua useilla eli eliöillä, kuten kirvavainokaisilla (*Aphidus colemani* ja *Aphidus ervi*), jotka loisivat kirvoissa tai leppäkertuilla (*Coccinellidae*), jotka käyttävät kirvoja ravinnokseen. Koska hyötyeliöt voivat levitä kasvihuoneen ulkopuolelle, tulee biologisessa torjunnassa käyttää ensisijaisesti kotimaisia lajeja, kuten kuvassa 11 nähtävää seitsenpistepirkkoa (*Coccinella septempunctata*) tai ruutupirkkoa (*Propylea quatuordecimpunctata*). (97, s. 112–114; 98.)



Kuva 11. Seitsenpistepirkko syömässä kirvoja tillin varresta.

#### 5.14 Terve ja turvallinen kasvihuone

Kasvihuoneviljelyssä tulee ottaa huomioon kasvinterveyden lisäksi niin työturvallisuuteen ja työskentelyergonomiaan vaikuttavat tekijät kuin myös alueen ympäristön ja eliöstön suojelu.

Kasvihuoneviljelyssä tulee välttää pesemiseen ja kasteluun käytettyjen vesien päätymistä ympäristöön. Valumavedet saattavat sisältää runsaasti ravinteita, jotka voivat rehevöittää luonnon vesistöjä niihin päätyessään. Pesu- ja desinfiointiaineet voivat olla ympäristölle haitallisia erityisesti suurina pitoisuuksina, joten niiden annostelussa tulee noudattaa valmistajan ohjeita. Viljelyyn käytettävien tarvikkeiden puhdistaminen ennen ja jälkeen viljelykauden tulee tehdä alueella, josta hulevedet johdatetaan jätevedenpuhdistukseen.

### 5.14.1 Ämmässuon eliölajisto

Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen alueen ja sen lähiympäristön eliölajiston selvittämiseksi tehtiin havaintohaku Suomen Lajitietokeskuksen Laji.fi-portaaliin. Havaintohaku tehtiin WGS84-koordinaattijärjestelmän mukaiselle alueelle 60.225379–60.250303 N, 24.514693–24.562358 E. Ajanjaksoksi valittiin 1.1.2014–15.1.2024, sillä tänä aikana Ämmässuolle ei ole enää loppusijoitettu uusia yhdyskuntajätteitä, vaan alueen toiminta on ollut samankaltaista kuin nykyään, eli pääpainona on jätteiden loppusijoittamisen sijaan niiden jatkojalostaminen ja uusiokäyttö (37).

Suomen Lajitietokeskuksesta saatavilla olevien havaintojen mukaan Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen alueella ja sen läheisyydessä on havaittu satoja eri eliölajeja. Havainnoista kasvihuoneen kannalta merkittävimpiä ovat runsaat lintuhavainnot, joita on yhteensä yli 170 000. Runsaslukuisimmin on havaittu lokkeja (80 470 kpl), varislintuja (53 998 kpl) sekä kottaraisia (11 888 kpl). Myös varpusia (1 420 kpl) sekä rastaita (1 212 kpl) on havaittu. Lintuhavaintojen lisäksi alueella on havaittu hirvieläimiä. (99.) Alueella on myös havaittu rottia HSY:n julkaiseman Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toiminta vuonna 2022 -raportin mukaan (41).

Linnut ja rotat pystyvät hyödyntämään ravintonaan Ämmässuon eloperäisiä jätteitä, minkä seurauksen edellä mainittuja eläimiä esiintyy alueella ajoittain runsaasti. Rotat, lokit ja muut eläimet voivat levittää erilaisia taudinaiheuttajia mukanaan, minkä takia eläinten pääsy kasvihuoneeseen tulee estää. Eläinten pääsyn estäminen suojaa myös eläimiä vahingoittumiselta, sillä esimerkiksi rotat voivat jyrsiä kasvihuoneen sähköjohtoja. (100.) Tuulettamiseen käytettyjen ovien ja ikkunoiden aukot tulee suojata jyrsimisen ja nokkimisen kestäväällä metalliverkolla.

### 5.14.2 Työturvallisuus ja -ergonomia

Kasvihuoneella työskennellessä ergonomian kannalta suurimpia yksittäisiä tekijöitä on viljelmien korkeus. Viljelyjärjestelmien alle tulee sijoittaa tasot, jotka mahdollistavat työskentelyn sopivalla korkeudella. Kasvatuslaatikot tulee rakentaa korotettuina, jotta hoitotoimenpiteitä voidaan tehdä ilman jatkuvaa kumartelua.

Suuria määriä kuivaa multaa käsitellessä on suositeltavaa käyttää hengityksen-suojainta, jotta pölyn pääseminen elimistöön voidaan estää. Satokauden alussa ja lopussa suoritettava kasvatusastioiden pesu ja desinfiointi edellyttää suojakäsineiden ja -lasien käyttöä, sillä käytettävät kemikaalit ärsyttävät ihoa ja silmiä. Kasvihuoneen normaalit hoitotoimet eivät vaadi erityisiä toimenpiteitä työturvallisuuden takaamiseksi.

### 5.15 Kustannukset

Kasvihuonekonseptin kustannukset voidaan jakaa kertaluontoisiin ja vuosittaisiin hankintakustannuksiin sekä ylläpitokustannuksiin. Suurimpia kertaluonteisia kustannuksia on itse kasvihuoneen hankinta, kuljetus ja pystyttäminen. Vuosittain toistuvia hankintakustannuksia ovat taimien hankintahinnat, joita käsitellään tarkemmin luvussa 6. Kasvihuoneen kustannuksia voidaan alentaa huomattavasti hankkimalla käytetty kasvihuone, jolloin hankintakustannus voi olla 1 000 € tai alle uuden kasvihuoneen 4 000–6 000 €:n hinnan sijaan. Ämmässon kasvihuonekonseptissa on tarkoituksena, että kasvihuone ja siellä käytettävät viljelyjärjestelmät hankintaan käytettynä PasilaHUB-hankkeelta sen päätyttyä. Päätös hankkia suurimmat tarvikkeet käytettynä säästää niin rahaa kuin myös luonnonvaroja.

Kasvihuoneeseen tulee hankkia kasvatuslaatikoiden rakentamiseen sopivat materiaalit sekä kastelujärjestelmät. 98–100 mm:ä leveän painekyllästetyn puun hinta on noin 2,8–3,2 euroa metriä kohden, kun laudan paksuus on 48 mm:ä. Ohuemman, 19 mm paksun, laudan hinta on noin 1,2 €/m (101).

Kasvatuslaatikoiden korkeuden ollessa 80 cm:ä puutavaraa tarvitaan noin 190 metriä, jolloin puutavaran hankintahinta on noin 230–600 euroa valitun laudan paksuuden mukaan.

Pisara- tai tihkukastelujärjestelmien hankintahinta on noin 60–150 € kastelun toteutustavan mukaan vaihdellen. Hintaan vaikuttaa myös kausikasvihuoneen vesiliitännän tyyppi ja mahdollisten vesisäiliöiden tarve. Lämmityksen ja ilmanvaihdon hintaan vaikuttaa viljelyn aloittamisajankohta. Kertaluontoiset kustannukset lämmitysjärjestelmän rakentamisesta ovat 150–500 €:a, minkä lisäksi vuosittain toistuvat lämmityskulut ovat noin 70–350 euroa. Kustannuksia tulee lisäksi kasvihuoneelle tarvittavan infrastruktuurin rakentamisesta, eli vesi- ja sähköliitännän saamisesta kasvihuoneelle. Kyseisten liitännöiden hinnat vaihtelevat huomattavasti kasvihuoneen sijainnin mukaan. Lisäksi kustannuksia voi tulla kasvihuoneen pohjan tasoittamisesta.

Kasvihuonekonseptin perustamiskustannukset vaihtelevat suuresti valittujen toteutustapojen sekä materiaalien mukaan. Kasvihuoneen kertaluontoiset hankintakustannukset ovat noin 2 000–8 000 euroa. Vuosittain toistuvia kustannuksia ovat lämmitys ja sähkö sekä kasvien siementen ja taimien hankinta. Kasvihuoneen vuosittaiset käyttökustannukset ovat yhteensä noin 100–400 euroa työntekijäkustannusten lisäksi.

## 6 Kasvihuoneessa viljeltävät kasvit

Taimien kasvattaminen siemenestä saakka vaatii huomattavan määrän aikaa sekä energiaa. Nuoret taimet ovat vaativia kasvuolosuhteiden puolesta sekä herkkiä niiden vaihteluille. Taimien kasvattaminen siemenestä voi olla kannattavaa, kun kyseessä on kaupallinen kasvihuone ja saman kasvin taimia tarvitaan tuhansia. Ämmässuon kausikasvihuoneessa tarvittavien taimien määrä on kuitenkin pieni, joten suurin osa kasveista on kannattavaa ostaa esikasvatettuina taimina – vain salaattit kasvatetaan siemenestä saakka.

Kasvihuoneviljelyssä tulee huolehtia kasvien pölyttymisestä. Kasvihuoneessa saattaa vieraillla yksittäisiä pölytystä tekeviä hyönteisiä tuuletuksen aikana, mutta pölytyminen tulee varmistaa esimerkiksi kasvien varsia tärisyttämällä kukinnan aikaan. Kaupallisessa kasvihuoneviljelyssä pölyttämisestä voidaan huolehtia hankkimalla kasvihuoneeseen kimalaispesä (18).

### 6.1 Kurkku

Kurkku vaatii vähintään 2–4 viikon esikasvatuksen valoisassa ja lämpimässä sisätilassa, ennen kuin taimi voidaan siirtää kasvihuoneeseen kasvamaan. Resurssien säästämiseksi esikasvatettujen kurkun taimien hankkiminen kausikasvihuoneeseen on suositeltavaa. Kurkun taimien kappalehinta on noin 2–5 euroa lajikkeen ja ostopaikan mukaan. Kurkkujen esikasvatetut taimet voidaan istuttaa kasvihuoneeseen ilman päivälämpötilan ollessa 20 °C. Lämmittämättömässä kasvihuoneessa sopiva ajankohta on usein huhtikuun puolivälin jälkeen. Lämmityksellä istutusajankohtaa voidaan aikaistaa maaliskuun puolelle. Lämpimän ilman lisäksi kurkku viihtyy parhaiten kasvualustassa, jonka lämpötila on yli 18 °C. Myös kasteluveden on hyvä olla lämmintä. (97, s. 102.)

Kasvihuoneessa sopiva väli kurkkujen taimille on 60–100 cm lajikkeen mukaan (97, s. 64). Sopiva syvyys kurkkujen kasvualustalle on noin 50 cm, sillä avomaankurkkujen juuret yltyvät jopa 40 cm:n syvyyteen Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen mukaan (102, s. 46). Kausikasvihuoneen 5,5 metriä



pitkälle seinälle voi istuttaa 5–9 kurkun taimea. Kurkkuja tulee tukea viimeistään kukinnan alkaessa. Kasvihuoneessa kurkkuja voidaan tukea katosta roikkuvien narujen avulla.

## 6.2 Mansikka

Yhteen kausikasvihuoneen viljelyjärjestelmistä istutetaan mansikoita. Mansikkalajikkeeksi valitaan esimerkiksi Mignonette, Regina, Ria tai Rügen, sillä ne ovat vähän tilaa vaativia jatkuvasatoisia lajikkeita, joiden marjat ovat pieniä ja makeita. Mansikat ostetaan esikasvatettuina taimina, ja niiden kappalehinta on noin 1,5 € (103). Yhteen viljelyjärjestelmään sopiva määrä on noin 13 taimea, jolloin viljelyjärjestelmän joka toinen paikka on käytössä. Jokaisen paikan täyttämistä ei suositella, jottei kasvustosta tule liian tiivis valon saannin kannalta. Mansikan taimet voidaan istuttaa kasvihuoneeseen yöpakkasten loputtua. Jatkuvasatoisista mansikoista saadaan satoa kesäkuusta syyskuuhun.

## 6.3 Paprika

Erilaiset paprika- ja chililajikkeet viihtyvät parhaiten lämpimässä. Kasvun kannalta optimaalinen päivälämpötila on noin 20–27 °C ja sopiva yölämpötila on noin 17–22 °C kasvun vaiheen mukaan, vaikka kasvit selviävät matalimmissakin lämpötiloissa. Paprikoiden ongelmana ovat usein vihannespunkit ja kirvat. Niiden esiintymistä voidaan ennaltaehkäistä pitämällä ilmankosteus korkeana (noin 70–80 %) sumuttamalla kasvia usein. Paprikoilla yleisenä kasvuhäiriönä esiintyy latvamätää, joka on seurausta puutteellisesta kalsiumin saannista. (104, s. 16; 105).

Paprikan idätys siemenestä vaatii paljon aikaa ja lämpöä. Idätysaikana kasvu-alustan lämpötilan on hyvä olla jopa 26 °C, noin 5–8 viikon ajan. Siispä paprikan taimet ovat suositeltavaa ostaa valmiina, kun kyse on pienimuotoisesta kausikasvihuoneviljelystä. Esikasvatettuja taimia on saatavilla kymmeniä eri lajikkeita ja niiden kappalehinnat ovat kahdesta eurosta ylöspäin, vaihdellen lajikkeen ja ostopaikan mukaan. Paprikat ovat valmiita poimittavaksi noin 8–15 viikossa

taimen istuttamisesta. Paprika säilyy poimimisen jälkeen viileässä 2–3 viikkoa. (105.)

## 6.4 Salaatti

Erilaisia salaattilajikkeita on useita kymmeniä. Tunnettuja lehtisalaattilajikkeita ovat esimerkiksi Frillice eli jääsalaatti ja Cocarde eli tammenlehtisalaatti. Salaattilajikkeen valinnassa tulee kiinnittää huomiota siihen, onko lajike keräsalaatti vai löyhälehtinen salaatti. Kausikasvihuoneessa löyhälehtiset salaattilajikkeet ovat hyvä valinta, sillä niistä voidaan kerätä yksittäisiä lehtiä tarpeen mukaan, kun taas keräsalaatti tulee poimia kokonaisena. Salaatti säilyy poiminnan jälkeen viileässä muutamia päiviä.

Lehtisalaatit kasvavat nopeasti, tuottaen satoa jo noin 3–6 viikon kuluttua kylvöstä. Lehtisalaattia voidaankin näin ollen istuttaa suurempien ja hitaampien kasvustojen, kuten tomaatin ja kurkun, aluskasviksi satokauden alussa. Jos salaattisatoa halutaan tasaisesti koko satokauden ajan, uusia siemeniä voi kylvää noin kolmen viikon välein huhtikuusta elokuuhun. (104, s. 29–30; 106, s. 168.) Salaatin siemenet maksavat 1–6 euroa pussia kohden. Yhdessä siemenpussissa on pääsääntöisesti yli sata siementä, eli siementen vuosittaiset kustannukset eivät ylitä kymmentä euroa.

Salaatin tilan tarve vaihtelee käytetyn lajikkeen mukaan. Karkeana yleisohjeena salaatille sopiva kasvualustan syvyys sekä taimi- ja riviväli on 30 cm, mutta pienemmille lajikkeille riittää vähempikin tila. Näin ollen kausikasvihuoneen 5,5 metriä leveälle seinälle mahtuu kasvamaan 19 salaattia. Salaatit voidaan myös istuttaa viljelyjärjestelmiin, jolloin yhteen viljelyjärjestelmään voidaan istuttaa 13–23 salaattia lajikkeesta mukaan.

Salaattien kasteluun on parasta käyttää pisara- tai tihkukastelua. Päättökastelumenetelmät, kuten veden sumutus, johtavat usein sadon laadun heikentymiseen, sillä kosteat salaatin lehdet toimivat esimerkiksi homekasvustojen itämispaikkoina.

## 6.5 Yrtit

Kausikasvihuoneen viljelyjärjestelmässä voidaan salaattien lisäksi kasvattaa yrttejä lämpötilan ollessa sopiva. Optimaaliset olosuhteet vaihtelevat kasvilajin mukaan, mutta pääsääntöisesti yrtit ovat salaattilajikkeita herkempiä ääriämpötiloille.

Esimerkiksi basilika on helppohoitoinen, lämpimässä ja tuulensuojassa viihtyvä yritti. Basilikan taimet voidaan kasvattaa helposti itse siemenistä lähtien, kunhan taimien esikasvatukselle on tarpeeksi lämmin paikka. Basilikan kasvu pysähtyy alle 10 °C:ssa, ja kasvi vaurioituu alle 5 °C:n lämpötilassa (104, s. 10). Jos taimien esikasvatukselle ei ole käytettävissä tarpeeksi lämmintä paikkaa, basilika voidaan ostaa pienenä taimena tai ruokakaupasta saatavana ruukkuna. Ruokakaupasta ostettava basilika on kasvatettu ruokkuun tiiviisti nopean sadon saamiseksi. Pitkäkestoinen basilikasato vaatii tällöin juuripaakun jakamista pienempiin osiin.

## 6.6 Tomaatti

Tomaatti vaatii pitkän, jopa kymmenen viikon esikasvatusajan. Esikasvatukseen käytettävän tilan pitää olla lämmitetty ja valoisa. (97, s. 93.) Kausikasvihuoneessa tomaattien esikasvatus ei ole kannattavaa sen vaatimien resurssien takia, vaan on suositeltavaa hankkia tomaatit esikasvatettuina taimina, muutaman euron kappalehintaan. Kaupallisessa kasvihuoneviljelyssä esikasvatus voi olla kannattavaa, sillä tarvittavat taimimäärät voivat olla jopa tuhansia. Esikasvatettuja taimia hyödynnetään myös kaupallisessa kasvihuoneviljelyssä, sillä esikasvatettujen taimien hankinta voi nopeuttaa sadon kypsymistä sekä vähentää kasvitautien esiintymistä (18).

Tomaattilajikkeeksi valitaan ruukkukasvatukseen sopiva pienikokoinen lajike, kuten Tiny Tim. Esikasvatetut taimet istutetaan kasvihuoneeseen toukokuun loppupuolella. Tomaatin taimia istutetaan yhteen viljelyjärjestelmään 13 kappaletta. Kastelu toteutetaan automaattisella tippakastelujärjestelmällä, jotta

tomaatit saavat vettä mahdollisimman tasaisesti. Tomaatin kuivuminen ja äkillinen runsas vedensaanti johtaa helposti tomaattien halkeiluun.

Kasvihuoneessa tomaatille optimaalinen päivälämpötila on 16–26 °C, mutta se selviää myös muutaman asteen viileämmässä lämpötilassa sekä jopa 31 °C:n paahteessa. Tomaatille sopiva yölämpötila on 13–18 °C. (97, s. 95.) Kun tomaattiin alkaa kehittyä hedelmiä, kasvin paino lisääntyy huomattavasti. Viimeistään tässä vaiheessa kasvia tulee tukea. Kasvihuoneessa hyvä tapa tukea tomaattia on kiinnittää kasvihuoneen kattoon naruja, joihin tomaatti voi tukeutua. (97, s. 96.)

## 6.7 Versot

Suunniteltujen kasvien lisäksi kausikasvihuoneessa voidaan kasvattaa myös versoja. Nopeimmat ja pienimmät versot kasvavat syötäväksi sopivissa olosuhteissa noin viikossa. Suuremmatkin versot, kuten auringonkukka ja herne, ovat valmiita syötäväksi noin 2–3 viikossa, jonka jälkeen ne tulee kerätä ja käyttää mahdollisimman pian, sillä versot säilyvät 2–5 °C:ssa vain muutaman päivän. (104, s. 9.) Versoja tulee siis istuttaa säännöllisin väliajoin pieniä määriä kerrallaan jatkuvan sadon takaamiseksi. Hyvä käytäntö on esimerkiksi istuttaa uusia versoja joka maanantai, jolloin siemenet istutetaan tarjottimelle 2–3 cm kosteaan multakerrokseen ja asetetaan itämään pimeään paikkaan muutamaksi päiväksi. Tarjotin nostetaan valoisaan paikkaan käytetystä lajista ja olosuhteista riippuen torstaina tai perjantaina. Sato voidaan kerätä aikaisintaan istutusta seuraavalla viikolla.

Versot eivät vaadi suoraa auringonvaloa. Näin ollen versojen vähäinen kasvatusta ei välttämättä vaadi kasvihuoneeseen erillistä kasvatushyllyä, vaan versoja voidaan kasvattaa sijoittamalla tarjottimia viljelyjärjestelmien alle.

## 7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tehdä kirjallinen suunnitelma kasvihuone-konseptista Helsingin seudun ympäristöpalveluille sekä pohtia kaupallisen kasvihuoneen mahdollisuutta Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen. Työn tuloksena valmistui laaja kirjallinen raportti, joka sisältää suunnitelman kausikasvihuoneen perustamisesta sekä käsittelee mahdollisuuksia hyödyntää biojätepe- räisiä resursseja kasvihuoneviljelyssä.

Biojätteitä voidaan jalostaa monipuolisesti kasvihuoneviljelyssä hyödynnettäväksi. HSY:n valmistamia multatuotteita voidaan käyttää sellaisenaan kasvihuoneviljelyssä. Lämmityksen, valotuksen, kastelun sekä ilmanvaihdon toteuttamiseen kasvihuoneessa on olemassa useita eri tekniikoita, ja parhaan vaihtoehdon valintaan vaikuttaa kasvihuoneen käyttötarkoitus ja pinta-ala.

Tutkimustyön perusteella Ämmässuolle voidaan perustaa kausikasvihuone, joka hyödyntää biojäteprosessissa tuotettua energiaa ja multaa. Kausikasvihuoneen hankintakustannukset vaihtelevat huomattavasti kasvihuoneen koon, kate- ja runkomateriaalin sekä kasvihuoneen varusteiden mukaan. Kausikasvihuoneessa voidaan viljellä ilman lisävalotusta helmikuusta lokakuuhun. Lämmityskulujen ja energian säästämiseksi viljely suositellaan aloitettavan vasta huhtikuussa.

Selvityksen perusteella Ekomo-toimijan voisi olla mahdollista perustaa kaupallinen kasvihuone Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen, mutta lopullisten johtopäätösten tekeminen vaatii lisäselvityksiä koskien niin kasvihuoneen kannattavuutta ja sen tarvitsemia lupia kuin myös veden määrää ja laatua sekä lämpötehon riittävyttä. Myös mahdollisuutta käyttää Ämmässuolla tuotettua multaa kasvualustana kivivillan ja kasvuturpeen sijaan tulee selvittää.

## Lähteet

- 1 Puutarhatilastot 2022. 2023. Verkkoaineisto. Luonnonvarakeskus. <<https://www.luke.fi/fi/tilastot/puutarhatilastot/puutarhatilastot-2022>>. 16.2.2023. Luettu 2.1.2024.
- 2 Silvan, Niko. 2021. Kasvihuoneviljelijät etsivät vaihtoehtoja kasvuturpeelle – tukena Luken tuore selvitys. Verkkoaineisto. Luonnonvarakeskus. <<https://www.luke.fi/fi/palvelut/asiakasesimerkit/kasvihuoneviljelijat-etsivat-vaihtoehtoja-kasvuturpeelle-tukena-luken-tuore-selvitys>>. 26.11.2021. Luettu 2.1.2024.
- 3 Energia 2021 (ennakko). 2022. Verkkoaineisto. Luonnonvarakeskus. <<https://www.luke.fi/fi/tilastot/energia-tietojen-paivitys-paattynyt-2022-lopussa/energia-2021-ennakko>>. 26.4.2022. Luettu 2.1.2024.
- 4 Kasvihuoneyritysten energiankulutus. Verkkoaineisto. Luonnonvarakeskus, tilastotietokanta. <<https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/>>. Luettu 28.12.2023.
- 5 Jaakkonen, Anna-Kaisa. 2022. Kasvihuonetuotannossa sähkön käyttö kasvaa ja öljyn käyttö vähenee. Verkkoaineisto. Luonnonvarakeskus. <<https://www.luke.fi/fi/uutiset/kasvihuonetuotannossa-sahkon-kaytto-kasvaa-ja-oljyn-kaytto-vahenee>>. 15.3.2022. Luettu 2.1.2024.
- 6 A unique greenhouse powered by waste heat. 2022. Verkkoaineisto. Bodenxt. <<https://bodenxt.se/en/a-unique-greenhouse-powered-by-waste-heat/>>. 11.1.2022. Luettu 2.1.2024.
- 7 Ambrose, Jillian. 2019. Bigger than the O2: giant greenhouses to grow 20 tonnes of tomatoes a day. Verkkoaineisto. The Guardian. <<https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/03/giant-world-first-low-carbon-greenhouses-grow-20-tonnes-of-tomatoes-a-day>>. 3.10.2019. Luettu 3.1.2024.
- 8 Biokaasu. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/biokaasu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu)>. Päivitetty 6.8.2020. Luettu 10.1.2024.
- 9 IPCC:n raportti: ihmisten toiminta on aiheuttanut ennennäkemättömän laajoja ja nopeita muutoksia ilmastossamme. 2021. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/3vWBBiEr4enwl-PeUVUlxp0>>. 9.8.2021. Luettu 4.1.2024.

- 10 Douglas, Leah. 2023. How food and agriculture contribute to climate change. Verkkoaineisto. Reuters. <<https://www.reuters.com/business/environment/factbox-how-food-agriculture-contribute-climate-change-2023-12-02/>>. 2.12.2023. Luettu 4.1.2024.
- 11 Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus (GWh) tuotantosuunnittain 2020. Muuttujina tuotantosuunta, energianlähde, tieto ja vuosi. Verkkoaineisto. Luonnonvarakeskus, tilastotietokanta. <[https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_\\_02%20Maatalous\\_\\_02%20Rakenne\\_\\_08%20Maa-%20ja%20puutarhatalouden%20energiankulutus/01b\\_Maa\\_ja\\_puutarhatal\\_energiankulutus\\_tuot.px/table/tableViewLayout2/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0](https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__02%20Rakenne__08%20Maa-%20ja%20puutarhatalouden%20energiankulutus/01b_Maa_ja_puutarhatal_energiankulutus_tuot.px/table/tableViewLayout2/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0)>. Luettu 23.1.2024.
- 12 Kaukoranta, Timo; Näkkilä, Juha; Silvenius, Frans; Särkkä, Liisa; Tuhkanen, Eeva-Maria & Yrjänäinen, Heli. 2013. Kasvihuonetuotteiden ilmasto-vaikutuslaskelma. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.
- 13 Abwärmennutzung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. 2009. Verkkoaineisto. Sektion Erneuerbare Energien, Forschungsprogramm Biomasse. <[https://www.infothek-biomasse.ch/images/36\\_2009\\_BFE\\_Abwaermennutzung\\_in\\_landw\\_Biogasanlagen.pdf](https://www.infothek-biomasse.ch/images/36_2009_BFE_Abwaermennutzung_in_landw_Biogasanlagen.pdf)>. 23.1.2009. Luettu 4.1.2024.
- 14 Biogasanlagen und Gemüsebau: Je nachdem eine lohnende Partnerschaft. 2010. Verkkoaineisto. Eppenberger-media gmbh. <<https://www.eppenberger-media.ch/biogasanlagen-und-gemusebau-je-nachdem-eine-lohnende-partnerschaft/>>. 14.5.2010. Luettu 3.1.2024.
- 15 Ilmastolaskurissa käytetyt oletuskertoimet ja -arvot. 2005. Verkkoaineisto. Motiva Oy & WWF Suomi. <[https://www.motiva.fi/files/6515/Ilmastolaskurissa\\_kaytetyt\\_oletuskertoimet\\_ja\\_-arvot.pdf](https://www.motiva.fi/files/6515/Ilmastolaskurissa_kaytetyt_oletuskertoimet_ja_-arvot.pdf)>. Päivitetty 2011. Luettu 4.1.2024.
- 16 Par uzņēmumu. Verkkoaineisto. Getliņi Eko SIA. <<https://www.getlini.lv/par-uznemumu/>>. Luettu 3.1.2024.
- 17 Siltumnīca un veikals. Verkkoaineisto. Getliņi Eko SIA. <<https://www.getlini.lv/siltumnica/>>. Luettu 3.1.2024.
- 18 Getliņi Eko SIA, 2023. Rumbula, Latvia. Yritysvierailu 1.3.2024.
- 19 Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista. 964/2023. 6.10.2023.

- 20 Kanervo, Riikka; Marin, Kati; Pietikäinen, Minna; Pulkamo, Hannele & Wikström, Tiina. 2021. Eluontoluotsi työhyvinvoinnin tueksi: eLuontoluotsi-hankkeen loppuraportti. Helsinki: Laurea-julkaisut.
- 21 Kompostointi kiinteistöillä. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://hsy.fi/jatteet-ja-kierratys/kompostointi-kiinteistoilla/>>. Luettu 30.1.2024.
- 22 HSY yleisesittelydiat. 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY.
- 23 Toimipisteet. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/hsy/toimipisteet/>>. Luettu 13.11.2023.
- 24 Strategia ja vastuullisuus. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/hsy/strategia-ja-vastuullisuus/>>. Luettu 10.1.2024.
- 25 Näin vesihuolto toimii. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/nain-vesihuolto-toimii/>>. Luettu 31.10.2023.
- 26 Katri Valan lämpöpumppulaitos. Verkkoaineisto. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/tietoa-meista/energia/energiantuotanto/voimalaitokset/katri-vala>>. Luettu 23.1.2024.
- 27 Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2022 - Viikinmäen, Suomenojan ja Blominmäen jätevedenpuhdistamot. 2023. HSY:n julkaisuja 2/2023. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY.
- 28 Metsäpirtin Multa – Yritysassiakkaille. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://metsapirtinmulta.fi/yritysassiakkaille/>>. Luettu 6.11.2023.
- 29 Pulkkinen, Markku. 2020. Komposti lisää kasvualustan monimuotoisuutta. Verkkoaineisto. Kekkilä Oy. <<https://www.kekkila.fi/viherrakentaminen/artikkeli/komposti-lisaa-kasvualustan-monimuotoisuutta/>>. 17.3.2020. Päivitetty 17.3.2022. Luettu 6.11.2023.
- 30 Metsäpirtin Multa – Multatuotteiden tuoteselosteet. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://metsapirtinmulta.fi/metsapirtin-multatuotteet/#tuoteselosteet/>>. Luettu 17.10.2023.
- 31 Jätehuollon hinnasto 2023. 2023. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://julkaisu.hsy.fi/jatehuollon-hinnasto-2023-1.html#cK1A4R2qzM>>. Luettu 6.11.2023.



- 32 Kotitalousjätteen määrä jätelajeittain pääkaupunkiseudulla 2012–2022. 2023. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/ymparistotieto/avoindata/avoindata---sivut/paa-kaupunkiseudulla-syntyneen-kotitalousjätteen-kokonaismaara-jatelajeittain-ja-kotitalousjätteen-kierratysaste-/>>. Luettu 1.11.2023.
- 33 MAL-sopimusten seuranta. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/ilmanlaatu-ja-ilmasto/mal-seuranta/>>. Luettu 6.11.2023.
- 34 Ilmanlaatu. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/ilmanlaatu/>>. Luettu 6.11.2023.
- 35 Ilmanlaatu Ämmäsuolla 2022. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://julkaisu.hsy.fi/ilmanlaatu-ammassuolla-2022.pdf>>. Luettu 4.1.2024.
- 36 Ämmäsuon ekoteollisuuskeskus. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/jatteet-ja-kierratys/ammassuon-ekoteollisuuskeskus/>>. Luettu 16.10.2023.
- 37 Ämmäsuu 30 vuotta – kaatopaikasta kiertotalouden edelläkävijäksi. 2017. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.sttinfo.fi/tiedote/62946857/ammassuo-30-vuotta---kaato-paikasta-kiertotalouden-edellakavijaksi?publisherId=4346>>. 31.8.2017. Luettu 16.10.2023.
- 38 Ekomo-yritysyhteistyö. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/jatteet-ja-kierratys/yritysyhteistyota-ekomossa>>. Luettu 17.10.2023.
- 39 Biojätteen lajittelu torjuu ilmastonmuutosta ja tukee energiaomavaraisuutta. 2023. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/ymparistotieto/tiedotteet/biojätteen-lajittelu-torjuu-ilmastonmuutosta-ja-tukee-energiaomavaraisuutta>>. 18.9.2023. Luettu 28.10.2023.
- 40 Biojätteen käsittely. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/jatteet-ja-kierratys/biojätteen-kasittely/>>. Luettu 16.10.2023.
- 41 Korhonen, Tiila; Kuisma-Granvik, Sirkka & Ruokolainen, Minna. 2023. Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksen toiminta vuonna 2022. Helsinki: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY.

- 42 Pantsu, Pekka. 2020. Jos kotitaloudet lajittelisivat kaiken biojätteensä, saataisiin biokaasu jopa 90 000 autoon – nyt 60 prosenttia menee hukkaan. Verkkoaineisto. Yleisradio. <<https://yle.fi/a/3-11582576>>. 17.10.2020. Luettu 16.10.2023.
- 43 Bio- ja viherjätteen sekä jätevesilietteen käsittely. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toiminta vuonna 2020. 2021. Helsinki: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY.
- 44 Metsäpirtin Biomulta -tuoteseloste. 2018. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <[https://metsapirtinmulta.fi/wp-content/uploads/2019/03/metsapirtin\\_biomulta.pdf](https://metsapirtinmulta.fi/wp-content/uploads/2019/03/metsapirtin_biomulta.pdf)>. 20.3.2018. Luettu 17.10.2023.
- 45 Mullan reseptit. 2022. Yrityksen sisäinen aineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY.
- 46 Ukkonen, Risto. 2023. Viemäri- ja vessajätteestä saisi pelloille ikuisen ravinteiden lähteen, mutta sen turvallisuus mietityttää. Verkkoaineisto. Yleisradio. <<https://yle.fi/a/74-20035672>>. 20.6.2023. Luettu 9.1.2024.
- 47 Latva-Koivisto, Markku. 2023. Kenttäestari, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY, Espoo. Keskustelu 22.11.2023.
- 48 Kusnetsov, Jaana; Pitkänen, Tarja; Rämö, Sari; Salo, Tapio; Sarvi, Minna; Vieno, Niina & Ylivainio, Kari. 2018. Puhdistamolietteiden sisältämien haitta-aineiden aiheuttamat riskit lannoitekäytössä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2018. Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- 49 Ravita. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/ravita/>>. Luettu 1.3.2024.
- 50 Lietehiilihanke. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/lietehiilihanke>>. Luettu 6.2.2024.
- 51 Jäteveden ravinteiden ja hiilen kokonaisvaltainen talteenotto (RAHI 2). Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/ymparistotieto/projektit-ja-hankkeet/rahi-hanke/>>. Luettu 1.3.2024.
- 52 Kopalainen, Sauli. 2023. Toimintovastaava, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Espoo. Keskustelu 16.11.2023.
- 53 Kopalainen, Sauli. 2023. Toimintovastaava, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Espoo. Keskustelu 30.11.2023.

- 54 Biojätteen keräys alkoi pääkaupunkiseudulla 30 vuotta sitten. 2023. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/ymparistotieto/tiedotteet/biojätteen-kerays-alkoi-paa-kaupunkiseudulla-30-vuotta-sitten>>. 16.11.2023. Luettu 4.12.2023.
- 55 Biokaasulaitoksen mädätteen jalostus maatalouskäyttöön. 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY.
- 56 Ämmässuon energiavirrat (vuoden 2022 tunnusluvut). 2023. Yrityksen sisäinen aineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY.
- 57 Pöntinen, Anu. 2016. Suomalaisen kurkun tuotanto on juuri nyt huipussaan – sähköä kuluu päivässä enemmän kuin omakotitalossa vuodessa. Verkkoaineisto. Yleisradio. <<https://yle.fi/a/3-8607081>>. 19.1.2016. Luettu 16.1.2024.
- 58 Järvelä, Eetu. 2023. Käyttöinsinööri, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Espoo. Keskustelu 21.11.2023.
- 59 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta. 2015.
- 60 Järvinen, Mika; Karjalainen, Kaisa & Vuollet, Arto. 2016. Kasvihuoneviljely: Tuotantotekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.
- 61 Kasvihuone Juliana Gardener 21,4 m<sup>2</sup> turvalasilla. Verkkoaineisto. Kivikangas Oy. <<https://www.kivikangas.fi/juliana-gardener-214-msup2-turvalasilla-harmaa-runko>>. Luettu 27.11.2023.
- 62 Juliana Gartner. Verkkoaineisto. Juliana Drivhuse A/S. <<https://en.juliana.com/juliana-gartner/p/64033/99445>>. Luettu 28.11.2023.
- 63 Palvelukartta. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://palvelukartta.hel.fi/fi>>. Luettu 19.2.2024.
- 64 Schönberg, Kalle. 2021. Turpeesta tehty keksintö siivitti Suomen kasvihuoneet ennätysdatoihin ja levisi maailmalle – nyt siitä luopuminen uhkaa ajaa puutarhurit ahdinkoon. Verkkoaineisto. Yleisradio. <<https://yle.fi/a/3-11834583>>. 15.3.2021. Luettu 4.12.2023.
- 65 Toboso-Chavero, Susana; Madrid-López, Cristina; Villalba, Gara; Gabarrell Durany, Xavier; Hückstädt, Arne B.; Finkbeiner, Matthias & Lehmann, Annkatrin. 2021. Environmental and social life cycle assessment of growing media for urban rooftop farming. The International Journal of Life Cycle Assessment 26, 2085–2102. 18.10.2021.

- 66 Multatuotteiden ilmastokuormitus on vähäistä. Verkkoaineisto. Biolan Oy. <[https://www.biolan.fi/media/ohjeet-ja-esitteet/hiihijalanjalki\\_multa\\_lannoitteet.pdf](https://www.biolan.fi/media/ohjeet-ja-esitteet/hiihijalanjalki_multa_lannoitteet.pdf)>. Luettu 4.12.2023.
- 67 Tuotteet: Biolan Musta Multa. Verkkoaineisto. Biolan Oy. <<https://www.biolan.fi/tuotteet/biolan-musta-multa.html>>. Luettu 4.12.2023.
- 68 Puustjärvi, Viljo. 1991. Kasvu ja kasvun hallinta kasvihuoneviljelyssä. Helsinki: Kauppapuutarhaliitto.
- 69 Metsäpirtin Puutarhamulta -tuoteseloste. 2022. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY.
- 70 Tuominen, Kirsi. 2015. Kaikki kompostoinnista ja maanparannuksesta. Helsinki: Minerva Kustannus Oy.
- 71 Ikonen, Saana. 2019. Kompostoidun biojätteen tuotteistaminen lannoitevalmistekksi. Diplomityö. Tampereen Yliopisto.
- 72 Harju, Vilhelmiina; Tiainen, Satu; Niemi, Joni & Kymäläinen, Maritta. 2023. Fosforin liukoisuustestaukset - Lietebiohiilen ja mädätteiden fosforin liukoistuminen uuttokokeissa. Hämeen Ammattikorkeakoulu, 2023.
- 73 Alkutuotannossa käytettävän veden laatuvaatimukset. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/elintarvikkeiden-alkutuotanto/veden-laatuvaatimukset>>. Luettu 27.12.2023.
- 74 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. 2001.
- 75 Järvelä, Eetu. 2023. Käyttöinsinööri, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. Espoo. Keskustelu 28.12.2023.
- 76 Alm, Martin; Backman, Tove; Jaakkonen, Anna-Kaisa; Kanniainen, Teo; Kivisaari, Antti; Koivunen, Taina; Lindqvist, Isa; Murman, Tom; Salonen, Kai; Taulavuori, Timo; Tuominen, Jukka; Uronen, Kaisa-Reetta; Vuollet, Arto & Vänninen, Irene. 2003. Tehokkaasti kasvihuoneesta. 3. korjattu painos. Jyväskylä: Opetushallitus.
- 77 Tippakastelu | pisarakastelu. Verkkoaineisto. Tieteen termipankki. <<https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:tippakastelu>>. Luettu 27.12.2023.
- 78 Tihkuletkut. Verkkoaineisto. Järvenkylä Oy. <<https://jarvenkyla.fi/fi/group/tihkuletkut/4>>. Luettu 27.12.2023.

- 79 K-rauta. Pihan kastelu. Verkkoaineisto. Kesko Oyj. <<https://www.k-rauta.fi/kategoria/piha/pihan-kastelu>>. Luettu 27.12.2023.
- 80 Tippukasteluosat. Verkkoaineisto. Järvenkylä Oy. <<https://jarvenkyla.fi/fi/group/tippukasteluosat/55>>. Luettu 27.12.2023.
- 81 Havaintosuureet: Mitä havainnoimme? Auringon säteily. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintosuureet>>. Luettu 13.12.2023.
- 82 Auringonpaiste- ja säteilytilastot. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>>. Luettu 12.12.2023.
- 83 Kaukoranta, Timo; Jokinen, Kari; Näkkilä, Juha & Särkkä, Liisa. 2017. LED-valotusta kasvihuoneeseen: Tutkimustuloksia ja kokemuksia 2016. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 13/2017. Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- 84 Sarka, Aku. 2021. Tutkimuskasvihuoneen suunnittelu ja toteutus. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 85 Avoin data, Helsinki-Vantaan lentoasema: 1.1.2020-31.12.2022. Muuttujina päivämäärä, ylin lämpötila [°C], alin lämpötila [°C], ilman keskilämpötila [°C]. 2023. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <[https://fmiodata-timeseries-convert.fmi.fi/Vantaa%20Helsinki-Vantaan%20lentoasema:%201.1.2020%20-%2031.12.2022\\_fac4f0f8-bd99-4323-8ea5-752e075c3a85.html](https://fmiodata-timeseries-convert.fmi.fi/Vantaa%20Helsinki-Vantaan%20lentoasema:%201.1.2020%20-%2031.12.2022_fac4f0f8-bd99-4323-8ea5-752e075c3a85.html)>. Luettu 12.12.2023.
- 86 Moisio, Osmo. Auringon nousu- ja laskuajat sekä hämärän kesto; Vantaa 60.3, 24.85. Verkkoaineisto. <<http://www.moisio.fi/taivas/aurinkokalenteri.php?mode=1&zc=37&paikka=Vantaa&latdeg=60.3&long=24.85&dy=18&mn=12&yr=2023&kk=12&seku=0>>. Luettu 18.12.2023.
- 87 Avoin data, Helsinki Kaisaniemi: 1.5.2023-30.6.2023. Muuttujina päivämäärä, tunti, ylin lämpötila [°C], alin lämpötila [°C], ilman keskilämpötila [°C], kosteus [%]. 2023. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <[https://fmiodata-timeseries-convert.fmi.fi/Helsinki%20Kaisaniemi:%201.5.2023%20-%2030.6.2023\\_17b8d896-7815-46f1-8540-a407a8c07527.html](https://fmiodata-timeseries-convert.fmi.fi/Helsinki%20Kaisaniemi:%201.5.2023%20-%2030.6.2023_17b8d896-7815-46f1-8540-a407a8c07527.html)>. Luettu 12.12.2023.
- 88 Triplan kasvihuoneelta yrtit lautaselle. 2023. Verkkoaineisto. Mall of Tripla. <<https://malloftripla.fi/ajankohtaista/243/triplan-kasvihuoneelta-yrtit-lautaselle/>>. 21.7.2023. Luettu 1.11.2023.

- 89 Omakotitalon sähkönkulutus – mistä se koostuu. 2020. Verkkoaineisto. Vaasan Sähkö Oy. <<https://www.vaasansahko.fi/energianeuvonta/omakotitalon-sahkonkulutus-mista-se-koostuu/>>. 17.12.2020. Luettu 28.12.2023.
- 90 Energiatehokas sähkölämmitys. 2023. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/remontoi\\_ja\\_huolla/energiatehokas\\_sahkolammitys](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys)>. 17.1.2023. Luettu 28.12.2023.
- 91 Virtanen, Johanna. 2023. Projektipäällikkö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY, Espoo. Keskustelu 30.11.2023.
- 92 K-Rauta. Lämmitys. Verkkoaineisto. Kesko Oyj. <<https://www.k-rauta.fi/kategoria/lvi/lammitys>>. Luettu 12.2.2024.
- 93 Lämmitys ja viilennys. Verkkoaineisto. Puuilo Oyj. <<https://www.puuilo.fi/rakentaminen/lammitys-ja-viilennys>>. Luettu 12.2.2024.
- 94 K-Rauta. Kasvihuonetarvikkeet. Verkkoaineisto. Kesko Oyj. <<https://www.k-rauta.fi/kategoria/piha/puutarha/kasvihuoneet/kasvihuonetarvikkeet>>. Luettu 19.2.2024.
- 95 Automaattiavaajat. Verkkoaineisto. Kivikangas Oy. <<https://www.kivikangas.fi/automaattiavaajat>>. Luettu 19.2.2024.
- 96 Kasvihuoneen perustukset. 2019. Verkkoaineisto. Kivikangas Oy. <[https://www.kivikangas.fi/kasvihuoneen-perustukset\\_1](https://www.kivikangas.fi/kasvihuoneen-perustukset_1)>. 24.6.2019. Luettu 21.2.2024.
- 97 Åberg Secher, Marie; Koivunen, Taina (käänt.) & Tiilimäki, Aretta (käänt.). 2005. Kasvihuone. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.
- 98 Tolvanen, Mattias. 2020. Lennä, lennä leppäkerttu – kaikki Suomen piste-pirkot. Tieteessä tapahtuu 3/2020.
- 99 Tiedostolataus HBF.83013. Muuttujina aika 2014-01-01 jälkeen, koordinaatit 60.225379–60.250303 N 24.514693–24.562358, aineiston alkuperä on ammattilaisaineistot; asiantuntijan varmistama, yhteisön varmistama, ei arvioitu, epävarma; tai asiantuntevat harrastajat; asiantuntijan varmistama, yhteisön varmistama, ei arvioitu; tai kansalaishavainnot; asiantuntijan varmistama tai yhteisön varmistama. 2024. Verkkoaineisto. Suomen Lajitietokeskus. <<http://tun.fi/HBF.83013>>. Haettu 15.1.2024. Luettu 15.1.2024.
- 100 Elintarvikeala: Tuholaistorjunta. 2023. Verkkoaineisto. Ruokavirasto. <<https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/tilat-ja-valineet/tuhoelaintorjunta>>. Päivitetty 5.9.2023. Luettu 15.1.2024.

- 101 K-Rauta. Kyllästetty puutavara. Verkkoaineisto. Kesko Oyj. <<https://www.k-rauta.fi/kategoria/puutavara/kyllastetty-puutavara>>. Luettu 28.2.2024.
- 102 Suojala, Terhi; Hoppula, Kalle; Kankaanhuhta, Kalle; Karhula, Timo; Muuttomaa, Elina; Outa, Pia; Peltonen, Mika; Pulkkinen, Janne; Tikanmäki, Elisa & Salo, Tapio. 2004. Puutarhakasvien tihkukastelu ja kastelulannoitus avomaalla: Viljely, teknologia ja talous. Maa- ja elintarviketalous 46. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.
- 103 Taimet. Verkkoaineisto. Puutarhatalo Sydänmaa Oy. <[https://kauppa.puutarhatalo.fi/epages/puutarhatalo.sf/fi\\_FI/?ObjectPath=/Shops/2016012902/Categories/Taimet](https://kauppa.puutarhatalo.fi/epages/puutarhatalo.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2016012902/Categories/Taimet)>. Luettu 29.2.2024.
- 104 Koivunen, Taina & Suontausta, Marita. 2007. Salaattikirja. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 105 Tiirikainen, Tuula. 2016. Kasvihuonevihannesten kasvattaminen: Vihannespaprikan viljely. Opintomateriaali. Keski-Uudenmaan koulutuskuntayhtymä Keuda.
- 106 Bird, Richard & Uski, Katja (käänt.). 2013. Vihannesviljelykirja. Helsinki: Readme.fi.
- 107 Blominmäen jätevedenpuhdistamo tekee huipputulosta Itämeren hyväksi. 2023. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/ymparistotieto/tiedotteet/blominmaen-jatevedenpuhdistamo-tekee-huipputulosta/>>. 31.8.2023. Luettu 6.11.2023.
- 108 Mistä saat ilmanlaatutietoja? Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/ilmanlaatu-ja-ilmastomasto/mista-saat-ilmanlaatutietoja/>>. Luettu 6.11.2023.