

# **RUUKKUYRTTIEN KANNATTAVUUS KERROSVILJELYSSÄ**

Ruukkutimjamin ja -mintun kannattavuuden arviointi katetuottolaskennan avulla Robben Pikku Puutarha Oy:n kerrosviljelyhuoneessa



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Lepaa, puutarhatalouden koulutusohjelma

kevät, 2020

Tomi Kuusimäki

Puutarhatalous  
Lepaa

---

<b>Tekijä</b>	Tomi Kuusimäki	<b>Vuosi</b> 2020
<b>Työn nimi</b>	Ruukkuyrttien kannattavuus kerrosviljelyssä	
<b>Työn ohjaaja</b>	Pasi Käkelä	

---

## TIIVISTELMÄ

Ilmastonmuutos ja sään ääri-ilmiöt, viljelymaan väheneminen, makean veden niukkuus, väestönkasvu ja kaupungistuminen aiheuttavat tulevaisuuden globaalille ruoantuotannolle merkittäviä haasteita. Kerrosviljelyn on esitetty tehostavan resurssien käyttöä suljetussa ympäristössä eristetyinä ulkoilman vaikutuksilta. Vaadittavan maapinta-alan vähentäminen päällekkäisissä kerroksissa viljelemällä saattaa mahdollistaa tuotannon lähellä tiheästi asutettuja alueita, joilla maa on kallista.

Kerrosviljelyn kannattavuutta on kritisoitu korkeiden perustamis- ja tuotantokustannusten vuoksi. Tämän työn tavoitteena oli selvittää, mikä oli ruukkutimjamin ja -mintun viljelyn kannattavuuden taso katetuottolaskennan menetelmin Robben Pikku Puutarhan kerrosviljelyhuoneessa 2018. Tutkimuksen tuloksena saadut katetuottolaskelman tunnusluvut vaikuttivat liian positiivisilta. Tiedot investointikustannuksien suuruudesta vaikuttivat alhaisilta ja monia laskelmaan vaikuttavia työvaiheita arvioitiin, ja nämä tekijät vaikuttivat tutkimustulokseen luotettavuutta heikentäen eikä vastausta tutkimuskysymykseen saatu.

**Avainsanat** kerrosviljely, kannattavuus, katetuottolaskenta, ruukkuyrtti

**Sivut** 26 sivua

Degree Programme in Horticulture  
Lepaa

---

<b>Author</b>	Tomi Kuusimäki	<b>Year</b> 2020
<b>Subject</b>	Profitability of herb production in vertical farming	
<b>Supervisor</b>	Pasi Käkelä	

---

ABSTRACT

Climate change and extreme weather events, degradation of arable land, water scarcity, population growth and urbanization cause significant challenges for the food production systems in the future. It has been presented that vertical farming enhances resource use efficiency in a closed environment isolated from the influence of open air. Optimizing usage of floor area by stacking cultivation layers may make production possible near densely populated areas of high land prices.

The profitability of vertical farming has been criticized due to high initial investment and production costs. The aim of this thesis was to study the profitability of thyme and mint produced in Robbe's Little Garden's vertical farm in 2018 by utilizing cost-volume-profit analysis. The results seemed too positive. The amount of initial investments seemed too low and durations of some jobs were based on rough estimates, and these factors contributed to the lack of reliability of this study and the objective was not met.

**Keywords** vertical farming, profitability, cost-volume-profit analysis

**Pages** 26 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KERROSVILJELY.....	2
2.1	Historiaa ja nykypäivän laajuutta.....	3
2.2	Kerrosviljelyn eri muotoja .....	4
2.2.1	PFAL ja muut kaupallisen tuotannon mittakaavan kerrosviljelmät .....	4
2.2.2	Konttiviljelmät ja in-store-farmit.....	5
2.3	Kerrosviljelyn kustannukset ja kannattavuus.....	6
2.4	Vertikaaliviljelyyn soveltuvat viljelykasvit.....	8
2.5	Valotus.....	9
2.6	Ilmastohallinta .....	10
2.7	Kastelujärjestelmät .....	11
2.8	Resurssitehokkuus <i>Resource Use Efficiency RUE</i> .....	12
3	ROBBEN PIKKU PUUTARHA OY .....	13
4	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	13
4.1	Kerrosviljelyhuone .....	13
4.1.1	Tuotetut ja myydyt yrttiruukut vuodessa .....	15
4.2	Työkustannukset.....	16
4.2.1	Timjamin työvaiheet .....	16
4.2.2	Mintun työvaiheet .....	17
4.2.3	Sadonkorjuu ja muut työt .....	18
4.2.4	Työkustannuksien tarkkuus ja luotettavuus .....	19
4.3	Tarvike-, materiaali- ja sähkökustannukset.....	19
4.4	Poistot .....	20
4.5	Katetuottolaskenta .....	22
4.5.1	Muuttuvat ja kiinteät kustannukset .....	22
4.5.2	Katetuottolaskennan käsitteitä .....	23
4.5.3	Huomioita katetuottolaskennasta.....	23
5	TULOKSET .....	24
6	TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT.....	25
	LÄHTEET .....	27



## 1 JOHDANTO

Maailman väkiluvun on ennustettu kasvavan neljänneksellä 9,7 miljardiin vuoteen 2050 mennessä (YK 2019). 2018 maailman väestöstä 55 % asui kaupungeissa. Vuonna 2050 ennustetun väestönkasvun ja kaupungistumisen myötä kaupunkien väkiluvun arvioidaan kasvavan 2,5 miljardilla ja kaupunkiväestön osuuden olevan 68 % maailman väkiluvusta (YK 2018). Vastaaminen kasvaneeseen ruoantarpeeseen aiheuttaa suuria haasteita maatalouden tuotantojärjestelmien taloudellisen, ympäristöllisen ja sosiaalisen kestävyuden kannalta (FAO 16). Ruoantuotannon kasvu edellyttää suurempia satoja viljelypinta-alaan nähden, mutta samalla ympäristöllisesti kestävien viljelytekniikoiden käyttö on välttämätöntä viljeltävän maan kasvukunnon säilyttämiseksi. Ilmastonmuutos vaikuttaa jo sato-määriä alentavasti sään ääri-ilmiöiden kautta etenkin köyhemmissä maissa. Maatalous on yksi merkittävimmistä kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajista Resurssienkäytön tehostaminen ja ilmastollisesti kestävämpien toimintatapojen käyttöönotto ruoantuotannossa edellyttää huomattavia investointeja teknologiaan, tutkimukseen ja koulutukseen etenkin matalan ja keskitason tulotason maissa. (FAO 2018, 19, 52.)

Vastauksena muuttuneisiin globaaleihin olosuhteisiin perinteisen avo-maa- ja kasvihuonetuotannon rinnalle on esitetty täysin keinovalotettua suljettua kerrosviljelyä, joka mahdollistaa tehokkaamman veden, ravinteiden, hiilidioksidin ja valon hyödyntämisen perinteiseen kasvihuonetuotantoon verrattuna (Kozai 2019, 3). Kerrosviljely on ollut vuodesta 2010 lähtien tutkimuksen, liiketoiminnan ja investointien alana kasvava useissa maissa, ja 2015 jälkeen ilmiö on merkittävästi kansainvälistynyt ja monipuolistunut (Kozai 2019, 419). Butturini ja Marcelis (2019, 77) näkevät pääasiallisina vaikuttimina kerrosviljelyn suosion globaaliin laajenemiseen led-teknologian halpenemisen sekä lisääntyneen kysynnän puhtaasta lähiruoasta, joka on tuotettu minimaalisin panoksin. Vuonna 2018 maailmassa oli karkeasti arvioiden yli 500 kaupallisen tuotannon kerrosviljelmää (Kozai 2018, 8). IDTechEx-markkinatutkimusyhtiön tuottamassa selvityksessä ennustetaan maailmanlaajuisen kerrosviljelytuotannon arvon yli kaksinkertaistuvan nykyisestä noin 1,4 miljardiin euroon vuoteen 2030 mennessä (IDTechEx 2020).

Kerrosviljelyn puolesta on esitetty useita etuja tavanomaisiin kasvintuotantotapoihin verrattuna. Suljetun kerrosviljelyn hallitun ympäristön parametreja, kuten valituksen spektriä ja intensiteettiä sekä ilmasto-olosuhteita, tarkasti säätämällä on mahdollista vaikuttaa viljelykasvin kasvunopeuteen, ulkonäköön, makuun ja koostumukseen kuten vitamiini- tai nitraattipitoisuuteen. Tuuletustarpeen poistuessa hiilidioksidilannoitus tehostuu huomattavasti ja kasvien haihduttaman veden talteenotto mahdollistaa teoriassa täyden vedenkäyttötötehdokkuuden. Hyvin lämpöeristetyissä kerrosviljelmissä ympärivuotinen kasvintuotanto hallituissa

kasvuolosuhteissa on mahdollista myös erittäin kuuman tai kylmän ilmaston alueilla. Hyödyntämällä tehokkaammin maapinta-alaa kerrosviljelmät voivat sijaita lähellä kuluttajia, jolloin tuotteiden kuljetuksesta aiheutuvia päästöjä ja hävikkiä voidaan vähentää. (Kozai 2013, 447–453.) Minimoitaessa ilmanvaihtuvuus ja huolehdittaessa viljelyhygieniasta kasvituholais-ten ja -tautien riski pienenee ja haitallisten mikrobien kertyminen myytäviiin kasviin vähenee pidentäen tuotteen kauppakestävyyttä (Kozai 2018, 18).

Kerrosviljelyn kannattavuutta on kyseenalaistettu muun muassa korkeiden perustamis- ja tuotantokustannusten takia. Japanin maa- ja metsätalousministeriön 2018 tekemään kyselyyn vastanneista 215 kerrosviljelmästä noin puolet ilmoittivat olevansa voitollisia. Japanilaisen kerrosviljely-yrityksen kustannuksista oli noin neljännes työvoimakuluista, viidennes perustamiskustannuksista (pois lukien rakennus) aiheutuvista poistoista ja viidennes aiheutui pääosin led-valotuksen aiheuttamasta sähkökulutuksesta. Tulevaisuudessa viljelytoimenpiteisiin kuluvia työtunteja vähentävän automaation odotetaan yleistyvän teknologian kehityksen ja halpenemisen myötä. Kerrosviljelyssä yleisimmin tuotetut matala- ja nopeakasvuiset viljelykasvit eivät ole ravitsemuksellisesti merkittävässä osassa ravinnonsaannin osalta, mutta toisaalta tarkasti hallittavissa ollessaan kerrosviljelmät tarjoavat mahdollisuuksia esimerkiksi tuotantoon lääketieteellisuuden tarpeisiin. (Kozai & Niu 2019, 22–29.)

Robben Pikku Puutarhan vuonna 2016 valmistunut noin 500 viljelyneliömetrin kerrosviljelyhuone oli Suomen ensimmäinen led-valotettu monikerrosviljelmä. Tämän opinnäytetyön tutkimuskysymys on ”Mikä on ruukutimjamin ja -mintun viljelyn kannattavuus katetuottolaskennan menetelmin arvioituna Robben Pikku Puutarhan kerrosviljelyhuoneessa keväällä 2018?”. Vastaavan kaltaista julkista tutkimusta kerrosviljelyn kannattavuudesta perustuen kaupallista tuotantoa harjoittavan yrityksen toimintaan ei tekijän tietojen mukaan ole tehty lukuun ottamatta Ijichin (2018) japaniksi julkaistua tutkimusta.

## 2 KERROSVILJELY

Kerrosviljely on päällekkäisissä horisontaalisissa viljelykerroksissa täysin tai osittain keinovalotettua kasvintuotantoa. Kerrosviljelystä käytetään myös nimitystä vertikaaliviljely, jonka voi tulkita tarkoittavan myös vertikaalisesti orientoitunutta viljelyä esimerkiksi pylväissä tai seinissä. Euroopassa ja Yhdysvalloissa ehkäpä yleisin englanninkielinen nimitys kerrosviljelmälle on *vertical farm*, kun taas Japanissa ja muualla Aasiassa käytetään termiä *plant factory* tai *plant factory with artificial lighting* (lyh. PFAL, suom. ”keinovalotettu kasvitehdas”). (Butturini & Marcelis 2019, 77)

## 2.1 Historiaa ja nykypäivän laajuutta

Kerrosviljelyssä keskeisten vesiviljelyn ja led-valaisimien teknologian kehityksen kannalta Kubota (2019, 70) toteaa Yhdysvaltojen ja sen avaruusjärjestö NASA:n roolin merkittäväksi. NASA:n kokeet kasvien vesiviljelystä keinovalon avulla 1980-luvulla sekä pyrkimykset optimoida valotukseen kuluvan sähkön ja saadun sadon suhde rahoittamalla tutkimus- ja kehitystyötä edesauttoivat ensimmäisen led-pohjaisen kasvivalaisinjärjestelmän kehittämistä tuoden tietoa sinisen ja punaisen valon aallonpitoisuuksien merkityksestä kasvien yhteyttämisen ja kehityksen kannalta.

1980-luvulta lähtien Yhdysvalloissa ja Japanissa oli muutamia kaupallisia täysin HPS-valaisimin keinovalotettuja sisätilaviljelmiä. Japanissa 1990-luvun loppupuolella loisteputkivalaisimien käyttöönotto mahdollisti 4–15 viljelykerroksen sijoittamisen päällekkäin korkeussuunnassa alle puolen metrin välein. Japanin ensimmäisiä led-valotettuja kaupallisen tuotannon PFAL:eja oli toiminnassa vuodesta 2005 lähtien, mutta ledit yleistyivät vasta vuonna 2015 ja niiden käyttöönotto laski sähkönkulutusta yli kolmanneksen (Kozai 2018, 6). Japanissa oli 186 kaupallisen tuotannon kerrosviljelmää vuonna 2017. (Kozai 2019, 35-36.)

2000-luvun alkupuolella Yhdysvalloissa ja Kanadassa rakennettiin muutama kaupallisen mittakaavan tuotantolaitos lääkeaineiden viljelyyn. Kaupallisia lehtivihanneksia tuottavia kerrosviljelmiä perustettiin 2010-luvulla niiden määrän lähes nelinkertaistuttua 2015–2017 välisenä aikana. USA:ssa oli vuonna 2017 arviolta yli 30 kaupallista kerrosviljelmää sekä yli sata pienemmän skaalan konttiviljelmää. (Kubota 2019, 69–71.)

Kiinan ensimmäinen tutkimuskäyttöön rakennettu PFAL otettiin käyttöön 2002 ja ensimmäinen kaupallinen PFAL 2009. 2019 Kiinassa oli yhteensä noin 200 kerrosviljelmää. (Tong & Yang 2019, 55.) Taiwanissa oli vuonna 2018 yli 100 kaupallisen tuotannon viljelmää ja taiwanilaiset yritykset olivat rakentaneet ulkomaille noin 15 PFAL:ia, joista lähes kaikki Kiinaan (Fang 2019, 39–40).

Euroopassa kerrosviljelmät ovat vielä toistaiseksi suhteellisen vähälukuisia ja pääosin pienikokoisia, mutta ala on huomattavasti kasvanut viime vuodet globaalin trendin mukaisesti. Kerrosviljelyala on houkutellut kasvavan joukon startup-yrityksiä sekä investointeja muun muassa pieniä kodinkoneita tuottavan Groupe SEB -konsortion ja huonekalumyymäläketju Ikean kaltaisilta isoilta yrityksiltä. Monet isot eurooppalaiset ruokakaupaketjut sijoittaneet myymälöihinsä in-store -kerrosviljelmiä. Useat perinteiset kasvivalaisinvalmistajat, siemenjalostajat, kasvihuone-, ilmastonhallinta- ja automaatiotekniikkaan erikoistuneet yritykset ovat laajentaneet toimintaansa kerrosviljelysektorille. Suurin osa kerrosviljely-yrityksistä on teknologian tarjoajia eivätkä kaupallisen tuotannon viljelmiä. Euroopassa merkittäviä toimijoita kerrosviljelyn tutkimuksen saralla ovat olleet alankomaalaiset Wageningenin yliopisto, PlantLab, Signify (entinen



Philips Lighting) GrowWise-tutkimuskeskuksessaan sekä yhteistyössä HAS ammattikorkeakoulun ja Botanyn kanssa BrightBox-tutkimuskeskuksessa. (Butturini & Marcelis 2019, 77–86.)

Suomessa kaupallisen tuotannon kerrosviljelyn edelläkävijä on ollut Robben Pikku Puutarha, jonka 2016 käyttöönotettu noin 500 viljelyneliömetrin vertikaalihuone oli Suomen ensimmäinen kaupallisen tuotannon monikerrosviljelmä. 2018 yritys otti käyttöön Fujitsun kanssa yhteistyössä rahoitetun viisikerroksisen 4 440 viljelyneliömetrin huoneen, josta puolet on Fujitsu Greenhouse Technology Finlandilla vuokratkäytössä. Kerrosviljelyyn suunniteltuja led-valaisimia tarjoavat suomalaisyritykset Valoya ja Netled, joka myy myös valmiita kerrosviljelyratkaisuja. Novarbo on kehittänyt sovellutuksia kerrosviljelyssä syntyvän lämmön hyödyntämiseksi led-valaisimien nestejäähdytyksen ja ilmastonhallintaan kehitetyn pisaraverhojärjestelmän avulla. Novarbo myös tarjoaa avaimet käteen -periaatteella automatisoituja kerrosviljelyratkaisuja, joiden seuranta ja ohjaus tapahtuvat kehittelemänsä ohjelmiston kautta. (Novarbo, n.d.) Sekä Netledillä että Novarbolla on omat koekerrosviljelmät. Hämeen ammattikorkeakoulun Lepaan toimipisteessä otettiin käyttöön 2019 Lucchinin toimitama konttikerrosviljelmä, jota käytetään tutkimus- ja opetuskäytössä. Pinoa Foods tuottaa kerrosviljeltyjä versoja ja Salladsfabriken basilikaa, korianteria ja salaattia.

## 2.2 Kerrosviljelyn eri muotoja

Kerrosviljely on pääomaintensiivinen uusi ala. Monet toimijat ovat pyrkineet kehittelemään omiin liiketoimintamalleihinsa soveltuvia erilaisia kerrosviljelyratkaisuja. Kozai ja Niu (2019, 18) jakavat kasvintuotannon sisätiloissa täysin keinovalotettuihin suljettuihin tuotantotiloihin sekä aurinvaloa hyödyntäviin osittain keinovalotettuihin ja tuuletettaviin kasvihuonetta muistuttaviin tiloihin. Erilaisia vertikaaliviljelmiä ovat muun muassa PFAL-tyyliset isomman mittakaavan tuotantolaitokset, pienemmät taimituotantotilat tai tutkimuskäyttöön tarkoitetut ”*climate chamber*” -huoneet, konttiviljelmät ja in-store -viljelmät ruokakaupoissa ja ravintoloissa. (Butturini & Marcelis 2019, 79.)

### 2.2.1 PFAL ja muut kaupallisen tuotannon mittakaavan kerrosviljelmät

Kozain ja Niun (2019, 4) mukaan PFAL (*plant factory with artificial lighting*, suom. ”keinovalotettu kasvitehdas”) on yksi suljetun kasvintuotannon järjestelmistä (engl. *closed plant production system*, lyh. CPPS), jossa kasvit sitovat itseensä kaikki tuotantotilaan välitetyt tuotantopanokset minimoitaessa päästöt ympäristöön. PFAL on tehokkaasti lämpöeristetty ja lähes ilmatiivis varastomainen rakennus, jossa on tyypillisesti 4–16 päällekkäistä 40–100 cm välein olevaa, nykyään lähes poikkeuksetta led-valaisimin keinovalotettua viljelykerrosta. Ilmastointikoneet poistavat viljelyhuoneesta lamppujen tuottaman lämmön ja kasvien haihduttaman

vesihöyryn ilmankierrättimien tasatessa ilman jakautumista ja tehostaessa kasvien yhteyttämistä ja haihduttamista. Hiilidioksidilannoitusjärjestelmän avulla ylläpidetään valojakson aikana noin 1000 ppm CO<sub>2</sub>-tasoa. Ravinneliuosjärjestelmä koostuu emoliuos- ja sekoitussäiliöistä sekä viljelyaltaista- tai kouruista palautuvan suodatetun ravinneliuoksen UV-sterilisointijärjestelmästä. Ohjainyksiköllä hallitaan viljelyparametreja. (Kozai 2018, 7; Kozai & Niu 2019, 95.)

Yhdysvalloissa ja Euroopassa on PFAL:iksi kutsuttavia kerrosviljelmiä, jotka eroavat aiemmin kuvaillusta PFAL:n määritelmästä ja täten vaikuttaakin, että aiempi kuvaus on Japanissa ja Aasiassa yleistyneen mallin mukainen. Kubota (2019, 71) toteaa Yhdysvalloissa monen PFAL:n olevan perustettu ilmatilavuudeltaan suureen vanhaan varastorakennukseen ilman hiilidioksidilannoitusta. Butturin ja Marceliksen (2019, 83) mainitsevat 23 yritystä esimerkkinä Euroopassa toimivista PFAL:eiksi luokittelemistaan kaupallisen tuotannon kerrosviljelmistä, joiden lattiapinta-alan koko vaihtelee reilusta 100 neliömetristä yli 5000 neliömetriin.

Japanissa pieniä, lattiapinta-alaltaan 15–100 m<sup>2</sup> kerrosviljelmiä käytetään kaupallisessa siemen- ja pistokastaimituotannossa, jossa kasvu-aika on lyhyt ja istutustiheys suuri. Tuotannossa on vartettuja ja varttamattomia kurkkua, tomaattia ja munakoisoa sekä salaattia ja pinaattia, sekä koristekasvien siemen- ja pistokastaimia. (Kozai & Niu, 2019, 4.) Tällaisia PFAL:eja oli Japanissa 2014 noin 300 eri sijainnissa (Kozai 2019, 36). Alankomaissa kerrosviljelyratkaisuja osana tuotantoa käytetään muun muassa salaatin taimikasvatukseen ja tulppaanien hyötämiseen (Certhon n.d.; Butturini & Marcelis 2019, 85). Kubota (2019, 71) toteaa yhdistelmän, jossa kerrosviljelmässä tuotetaan taimet jatkokasvatettavaksi kasvihuoneessa, vaikuttavan toimivalta ja pitää odotettavana sen yleistymistä vihanne- ja koristekasvituotannossa Yhdysvalloissa.

### 2.2.2 Konttilijelmät ja in-store-farmit

Rahtikonttiin rakennetut kerrosviljelmät tarjoavat valmiin avaimet käteen -tyylisten mahdollisuuden modulaarisesti skaalattavissa olevaan tuotantoon, jota on mahdollista etäohjata mobiililaitteilla konttivalmistajan tarjoamien valmiiden kasvikohtaisten ilmasto-, valo- ja ravinneliuosasetusten yhdistelmien eli kasvureseptien avulla (Freight Farms n.d.). Vuonna 2017 Yhdysvalloissa oli yli sata konttilijelmää. Luonnonvarakeskuksen tekemien laskelmien mukaan salaattista saatavan hinnan tulisi olla kolminkertainen kasvihuonesalaattiin verrattuna, jotta noin 100 000 euroa maksava konttilijelmä olisi kannattava investointi (Helsingin sanomat 2020). Ranskalainen Agricoool viljelee kehittämissään konteissa Ranskassa ja Dubaissa mansikoita ja lehtivihanneksia (Agricoool n.d.). Konttilijelmien sijoittaminen esimerkiksi ruokakaupan tai ravintolan yhteyteen voi olla tapa korostaa lähiruoka-ajattelua ja olla osa urbaania kiertotaloutta. Esimerkiksi Urban Crop Solutions -yrityksen toimittamissa konttilijelmissä Ikean Malmön ja Helsingborgin myymälöiden yhteydessä tuotetaan

salaatteja myymäläravintoloihin hyödyntäen ravintoloiden ruokajätteistä Bonbion valmistamaa vesiviljelyravinnetta. (Urban Crop Solutions 2019; Bonbio n.d.) Konttiviljelmä voi olla opetus- ja tutkimuskäytössä kustannuksiltaan ja ominaisuuksiltaan järkevä vaihtoehto, kuten Lepaan esimerkki osoittaa.

Ruokakauppoihin ja ravintoloihin sijoitettujen pienten kerrosviljelmien määrä on ollut viime vuodet kasvussa, ja saksalaisen yrityksen Infarmin toimittamia viljelmiä oli kaupoissa, ravintoloissa ja jakelukeskuksissa Saksassa, Ranskassa, Sveitsissä ja Luxemburgissa yhteensä yli 350 vuonna 2019 (Butturini & Marcelis 2019, 81). Suomessa Robbes Lilla Trädgårdin toimittama ensimmäinen ruokakaupan kerrosviljelmä otettiin käyttöön lokakuussa 2019 K-Supermarket Triplassa (STT 2019).

### 2.3 Kerrosviljelyn kustannukset ja kannattavuus

Kozain (2018, 58–59) mukaan menestyvä kerrosviljely-yritys on hyvin suunniteltu ja kohtuullisin kustannuksin rakennettu ja sen toiminta on kustannustehokasta myynnin vastatessa lähes maksimituotantokapasiteettia. Markkinatilanteen selvittäminen ohjaa yrityksen sijainnin määrittämistä ja pyrkimyksenä on luoda uusia markkinoita olemassa olevien puutarha-alan toimijoiden kanssa kilpailemisen sijaan. Butturini ja Marcelis (2019, 78) toteavat, että asemansa vakiinnuttaneet tuotantotehokkaat kasvihuoneyritykset, jotka ovat hyötyneet kerrosviljelyn kiihdyttämästä hallitun ympäristön viljelyn tutkimuksesta, saattavat kilpailla samoista markkinoista kerrosviljely-yritysten kanssa etenkin Alankomaiden kaltaisilla kasvihuonetuotantokeskittymien alueilla.

Butturinin ja Marceliksen (2019) toteavat, että Rabobankin (2018) selvitysten mukaan kerrosviljelyn perustamiskustannukset voivat olla kymmenkertaiset korkean teknologian kasvihuoneeseen verrattuna, tuotantokustannukset viljelyneliometriä kohden 2,5–5-kertaiset ja salaatin yksikköhinnan kaksinkertainen alankomaalaiseen kasvihuonetuotantoon verrattuna.

Japan Plant Factory Associationin yritystoiminnan suunnittelukaavakkeisiin pohjautuvassa kuvitellussa esimerkissä 1000 neliömetrin rakennuksessa on reilun 800 lattianeliömetrin alalla 6-kerroksisia hyllykköjä, joiden yhteenlaskettu viljelypinta-ala on noin 2000 m<sup>2</sup>. Rakennus on vuokrattu ja kerrosviljelmän perustamisen mukaan lukien kylmiön ja tarvikkeet on arvioitu maksavan noin 2,2 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria eli noin 1019 USD/viljelyneliometri, josta himmennettävien led-valaisimien osuus on 310 USD/m<sup>2</sup> valotusintensiteetillä 100 μmol/m<sup>2</sup>/s. 200 μmol/m<sup>2</sup>/s valotusvoimakkuudella vastaava kustannus on 537 USD/m<sup>2</sup>. (Uraisami 2018, 88–103.)

Belgialaisen kerrosviljelyratkaisuja tarjoavan Urban Crop Solutions -yrityksen modulaarisen *ModuleX PlantFactoryn* hinta viljelyneliometriä kohden

on noin 1800 euroa. Olemassa olevaan rakennukseen perustettavan yli 5000 viljelyneliömetrin *Large Scale PlantFactory*n hinta on 2500–3000 €/viljelyneliömetri automaatioasteesta riippuen. (Urban Crop Solutions 2020.)

Japanilaisessa led-valotetussa lehtisalaattia tuottavassa kerrosviljely-yrityksessä yksittäisistä kustannuseristä merkittävimmät olivat perustamisinvestoinneista aiheutuvat poistot sekä työ- ja sähkökustannukset (Taulukko 1). Tarkasteluajanjaksona tuotanto vastasi 90 % maksimikapasiteetista ja 95 % tuotannosta myytiin hintaan 0,85 USD/salaatti (80 g). (Kozain 2018 mukaan Ijichi 2018.)

Taulukko 1. Kustannuksien jakautuminen lehtisalaatin tuotannossa japanilaisessa kerrosviljely-yrityksessä (Kozai 2018, 59).

	Osuus myyntituotoista, %	Osuus tuotantokustannuksista, %
Poistot	20	23
Työkustannukset	22	26
Sähkökustannukset	19	21
Logistiikka, jakelu	6	6
Tarvikkeet	6	7
Siemenet	2	2
Verot, tonttivuokra	1	1
Muut kustannukset	12	14
Tuotto	12	–
Yhteensä	100	100

Toisessa japanilaisessa lehtisalaattia tuottavassa kerrosviljely-yrityksessä viljelytöihin, joita ei oltu automatisoitu, kului noin 2,2 kertaa enemmän aikaa verrattuna muihin työvaiheisiin, joista pakkaus oli osittain automatisoitu (Taulukko 2). Automaation odotetaan vähentävän työkustannuksia noin puolella tulevina vuosina. (Kozai 2018, 58–59.)

Taulukko 2. Työvaiheiden osuus lehtisalaatin tuotannossa japanilaisessa kerrosviljely-yrityksessä 2016 (Kozai 2018, 59).

Työvaihe	Osuus kaikista työtunneista, %
Kylvö	3
1. istutus	7
2. istutus	21
Sadonkorjuu	38
Pussitus	12
Pussit laatikoihin	6
Viljelypaneelien puhdistus	6
Siivous	7

Kozain (2018, 59) mukaan sähkönkulutuksesta noin 75–80 % aiheutuu valotuksesta, 15–20 % ilmastohallinnasta ja 5 % muista sähkölaitteista.

Luonnonvarakeskuksen (2017, 33–34) laskelmien mukaan kerrosviljelyn vuotuinen sähkönkulutus tuotettua salaattia kohden on 40 % korkeampi kuin kasvihuoneessa valotettaessa saman hyötysuhteen led-valaisimilla yhtä suurella neliömetrikohtaisella asennusteholla.

Kehittyneemmän ympäristöhallinnan, sopivien lajikkeiden ja tehostuneen tilankäytön myötä Kozai ja Niu (2019, 22) uskovat PFAL:ien vuotuisen tuotantomäärien kasvavan 5–10 vuodessa 20 % perustamiskustannusten pienentyen muutaman prosentin vuodessa.

## 2.4 Vertikaaliviljelyyn soveltuvat viljelykasvit

Kozain (2019, 19) mukaan kaupalliseen tuotantoon PFAL:issä soveltuvilta kasveilta edellytetään tiettyjä ominaisuuksia. Viljelykasvin on oltava enintään 30 cm korkea, sillä viljelykerrokset ovat korkeussuunnassa 40-100 cm välein. Taimikasvatuksen jälkeen lopulliseen tiheyteen istutettuna kasvin on oltava myyntikuntoinen 10-30 päivässä korkeassa ilman CO<sub>2</sub>-konsentraatiossa (n. 1000 ppm), matalassa valotasossa ja korkeassa istutustiheydessä. Puhtaan, tuoreen, maukkaan, ravinteikkaan ja kasvinsuojeluainejäämiä sisältämättömän tuotteen korkeaa arvoa on mahdollista nostaa ympäristöhallinnallisin keinoin. Myytävien kasvosien tuorepainon on oltava 85 % kokonaistuorepainosta juuristo mukaan lukien. Energiaravintoaineiden, kuten hiilihyaattien, rasvojen ja valkuaisaineiden, ravitsemuksellisesti merkittävien kasvilähteiden kuten riisin, viljojen ja perunan sekä muiden pitkän viljelyajan vaativien kasvien kerrosviljely ei ole kannattavaa, sillä niistä saatavat tuotot eivät riitä kattamaan tuotantokuluja. Kookkaiden kasvien kuten monivuotisten hedelmäpuiden viljely ei ole tilankäytöllisesti mahdollista (Kozai & Niu 2019, 20).

PFAL:issa tuotetut kasvit ovat pääasiassa lehtivihanneksia, joista tavallisimmat ovat lehtisalaatit (*Lactuca sativa*), lehtisinapit (*Brassica juncea*), mizuna (*Brassica rapa subsp. nipposinica*), sinappikaali (*Eruca vesicaria*) ja basilika (*Ocimum basilicum*). Vihannes- ja lääkekasveja, joiden lehdet sekä juuret ovat myytävissä ja jotka ovat enintään 30 cm korkeita, on otettu kokeiluun. Esimerkkejä näistä ovat nauris (*Brassica rapa var. rapa*), porkkana (*Daucus carota*), retiisi (*Raphanus sativus var. sativus*), kiinanginseng (*Panax ginseng*) ja japaninkarhunputki (*Angelica acutiloba*). Lisäksi Kozai (28-30, 2020) visioi lukuisista mahdollisuuksista tulevana vuosikymmeninä, mikäli perustamis- ja tuotantokustannuksia saadaan odotusten mukaisesti laskettua. Tällöin PFAL:issa tuotettuja kasveja voitaisiin hyödyntää raaka-aineina muun muassa ruoka-, lääke- ja kosmetiikkateollisuuden tuotteissa ja tuotantokasvivalikoimaa voitaisiin laajentaa marjakasveilla kuten mansikalla.

Jalostettaessa lajikkeita tavanomaiseen tuotantoon vastustuskyky tauteja ja tuholaisia vastaan on tärkeimpiä tavoiteltuja ominaisuuksia. Suljetussa kerrosviljelyssä tuholais- ja tautiriski on huomattavasti pienempi minimoitessa ulkoilman pääsy tuotantotilaan, jolloin olisi mahdollista kasvattaa

esimerkiksi maukkaampia tai nopeakasvuisempia lajikkeita, joita ei voisi heikomman vastustuskyvyn vuoksi käyttää avomaa- tai kasvihuoneviljelyssä. Kerrosviljelyssä tärkeitä lajikeominaisuuksia ovat muun muassa hyvä lämmönsietokyky vähäisemmän viilennystarpeen tuomien kustannushyötyjen vuoksi sekä salaateilla vähäinen lehdenreunapoltteen esiintyminen nopean kasvun aikaan otollisissa kerrosviljelyolosuhteissa. Salaattilajikkeiden väliset erot kasvunopeudessa ovat olleet merkittäviä kerrosviljelykokeissa painottaen lajikevalinnan merkitystä kannattavan viljelyn kannalta. (Lu & Shimamura 2018, 44–45.)

Kozai (2018, 9) mainitsee yksinkertaisena keinona arvioida kasvin soveltuvuutta kerrosviljelyyn laskemalla myytävän sadon ja kulutetun sähkön suhteen (kg tai kpl/kWh; myyntituotot/sähkötulot). Kubota (2019, 211) toteaa vuorokauden kokonaisvalokertymän (*daily light integral*, DLI) olevan määrittävä tekijä rajatessa PFAL:issa viljeltävissä olevien kasvien joukkoa ja että lisätutkimuksia eri kasvilajien ja lajikkeiden DLI:n vähimmäis-suosituksista kerrosviljelyssä tarvitaan. Kasvavan DLI:n on huomattu vaikuttavan lineaarisesti salaatin kasvua lisäävästi ja yleisesti salaateille ja lehtivihanneksille suositeltu DLI on 12–17 mol/m<sup>2</sup>/vrk. Saman DLI:n saavuttamiseksi voidaan vuorokauden aikana valottaa korkeammalla valotusteholla lyhyemmän aikaa tai vastaavasti valojakso voi olla pidempi ja valotusvoimakkuus pienempi. Valotettaessa 20 h/vrk PAR-valon intensiteetillä 167 μmol/m<sup>2</sup> saavutetaan DLI 12 mol/m<sup>2</sup>/vrk.

## 2.5 Valotus

Kerrosviljelyssä käytetään nykyään pääsääntöisesti led-valaisimia. Valotusta suunniteltaessa huomioitavia tekijöitä ovat muun muassa valaisimien asettelu kerroksissa huomioiden valon tasaisen jakautumisen ja heijastumisen viljelytilassa halutun PAR-valon intensiteetin (μmol/m<sup>2</sup>/s) saavuttamiseksi, valojakso sekä valaisimen spektri ja hyötysuhde. Täysin keinovälitetun kerrosviljelyn valotuksen sähkötulotus on merkittävä kustannustekijä. Valotuksen optimointi on avainasemassa tuotannollisesti ja kustannuksiltaan tehokkaan viljelyn kannalta. (Kozai & Zhang 2016, 52).

Valaisinvalmistajien ilmoittamat keskimääräiset käyttötunnit ennen valon intensiteetin laskua 90 prosenttiin alkuperäisestä ovat noin 35 000 tuntia passiivisen jäähdytyksen valaisimilla, mikä vastaa noin kuutta vuotta valotettaessa 16 h/vrk (Philips 2018; Valoya 2020; GE Current 2018). Käyttöikä voi olla mahdollista pidentää valaisimien jäähdytyksellä ja käyttämällä alemmaa jännitettä, joka samalla huonontaa hyötysuhdetta. Passiivisella jäähdytyksellä tarkoitetaan valaisimen lämpösäteily johtumista ympäröivään ilmaan alumiinisen jäähdyttimen kautta. Aktiivisia jäähdytystapoja ovat neste- tai tuuletusjäähdytys. (Luonnonvarakeskus 2017, 9, 12.)

Valon intensiteetti, valojakso ja valon spektri ovat merkittäviä kasvin kasvuun, kehitykseen sekä sekundaarimetaboliaan ja ravinteikkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Valotusvoimakkuus pidetään yleensä tasaisena kerrosviljelyssä. Kaupallisen tuotannon PFAL:issa valotusvoimakkuus lehtivihanneksille on usein 150–250  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  ja valojakso 16 h/vrk, jolloin DLI on 8,64–14,4 mol/vrk. Korkeat DLI-arvot edistävät satomääriä ja sekundaaristen aineenvaihduntatuotteiden kertymistä lisäten samalla kustannuksia kasvaneen valotustarpeen myötä, joten kulujen vähentämiseksi tulisi pyrkiä määrältään ja laadultaan riittävän korkeaan satoon pienimmällä mahdollisella DLI-arvolla. (Dou & Niu 2019, 159.)

PAR-valon aallonpituusalue on 400–700 nm, mutta myös UV-säteily (315–400 nm) ja kaukopainainen valo (700–800 nm) vaikuttavat kasvin fysiologiaan. Kasvien reagoiminen valon eri aallonpituuksiin on laji- ja lajikekohtaista ja saman laatuinen valo esimerkiksi eri DLI-arvoilla voi vaikuttaa eri tavalla samoihin kasveihin. Led-teknologian avulla on mahdollista yhdistellä tiettyjä aallonpituusalueita emittoivia siruja halutun spektrin mukaiseksi yhdistelmäksi. (Dou & Niu 2019, 161.)

Fujiwaran (2019, 145–146) mukaan sinisen (huippuaallonpituus noin 460 nm) ja punaisen (noin 660 nm) yhdistelmä on yleisin PFAL:issa käytössä olevista spektreistä. Yleisesti vihannesviljelyssä käytössä olevissa led-valaisimissa spektri jakautuu niin, että syvänpunaisen osuus on 80–90 % ja sinisen 10–20 %. Lisäksi käytössä on vihreillä, valkoisilla ja kaukopunaisilla led-sirulla täydennettyjä valaisimia. Fosforipinnoitetun sinisen ledin tuottama valkoinen valo sisältää valon aallonpituuksia koko PAR-alueelta ja sen spektriin voi vaikuttaa fluoresoivan pinnoitusmateriaalin avulla. (Nozue & Gomi 2018, 202.)

Led-valaisimen sähkönkulutus ja hyötysuhde ovat riippuvaisia valaisimen sisältämistä led-sirusta, sillä valon tuotto vaatii enemmän energiaa mitä lyhytaaltoisempaa valo on. Teoreettinen maksimi 400 nm sinisen valon tuottamiseksi on 3,34  $\mu\text{mol}/\text{J}$  ja 700 nm punaisen valon 5,85  $\mu\text{mol}/\text{J}$ . Vuonna 2017 led-valaisimien hyötysuhde vaihteli välillä 2,0–3,2  $\mu\text{mol}/\text{J}$  ja sen uskotaan kehittyvän tulevina vuosina (Kozai & Nozue 2018, 178).

## 2.6 Ilmastonhallinta

Kerrosviljelyssä ei ole varsinaista lämmitystarvetta led-valotuksen aiheuttaman lämmön vuoksi. Valaisinputken lämpö johtuu jäähdyttimen kautta ympäröivään ilmaan tai lämpö kuljetetaan pois huoneesta nestejäähdytyksellä, jolloin ylimääräisen lämmön hyödyntäminen on mahdollista esimerkiksi viereisessä kasvihuoneessa. Kasvit sitovat yhteyttämällä kemialliseksi energiaksi vain pienen osan led-valaisimien PAR-säteilystä lopun energian absorboituessa lämmöksi kasveihin ja rakenteisiin. Kasvit säätelevät lämpötilaansa haihduttamalla, jolloin lämpöenergiaa poistuu kasveista ilmarakojen kautta vesihöyryyn sitoutuneena latenttilämpönä. Suljetussa kerrosviljelyssä ei kasvihuoneviljelyn tavoin tuuleteta, jolloin on

tehokasta pitää jatkuvia korkeita hiilidioksiditasoja. Ylimääräinen kosteus ja lämpö poistetaan ilmasta ilmalämpöpumpulla, jolloin kosteus kondensoituu jäähdytyspaneeliin, josta vesi voidaan palauttaa kastelukiertoon. Novarbon pisaraverhojärjestelmässä kosteus ja lämpö sitoutuvat veteen, josta lämpöpumpun avulla erotettu lämpö on mahdollista hyödyntää. Lämmön- ja kosteudenpoiston kuormituksen keventämistä voi ohjata jakamalla tilan valotus eri ryhmiin, jolloin osa kerroksista on pimeänä. Tällöin on mahdollista jakaa sähkönkulutusta tasaisemmin pyrkien minimoimaan kulutus kalliiden siirtotuntien aikaan. (Niu, Kozai & Sabeh 2019, 188.)

Krueger, Meeuws ja Meeuws (2018, 127–128) esittävät, että sisätiloissa kasvien haihdutukseen eniten vaikuttavia tekijöitä kyllästysvajautta ja ilmavirran nopeutta hallitsemalla ohjataan haihdutusta pyrkimällä erottamaan korkean hyötysuhteen led-valotuksen vaikutus yhteyttämisen ohjaamiseen. Sekoittumattomissa kerroksissa hitaasti kulkeva ilma kiertää jatkuvasti huoneen toisen puolelta toiselle noin 30 kertaa tunnissa, jolloin tulo- ja poistoilma ovat lähestulkoon tavoitearvoja vastaavat ja kasvien haihdutus on tasaista kaikkialla kaikissa kerroksissa.

Ilmaa kierrättävillä puhaltimilla aikaansaadun ilmavirran avulla hallitaan lehteä ympäröivän ohuen, lähellä kyllästymiskosteutta olevan ilmakerroksen paksuutta haihdutuksen tehostamiseksi. Haihdutuksen ollessa tehokasta kasvin ravinteidenotto haihdutusvirran mukana tehostuu, mikä on tärkeää riittävän  $\text{Ca}^{2+}$ -ionien kulkeutumisen takia muun muassa salaatin lehdenreunapolttien ehkäisemiseksi. Sopiva ilmavirran nopeus kaasuvaihdon tehokkuuden kannalta on 0,5–1 m/s. Suuremmilla nopeuksilla lisääntyy riski mekaanisen stressin aiheuttamisesta kasveille. (Niu, Kozai & Sabeh 2019, 186–187.)

Kerrosviljelyssä ihanteellinen kyllästysvajausarvojen väli on 0,8–0,95 kPa ja optimiarvo 0,85 kPa. Liian matala kyllästysvajausarvo voi johtaa haihdutuksen vähenemiseen ja veden kondensoitumiseen kasvien ja rakenteiden pinnoille. Liian korkea kyllästysvajaus voi johtaa ilmarakojen sulkeutumiseen kasvien kompensoidessa nestejännityksen ylläpitämisen vaativaa korkeaa vedentarvetta. (Niu, Kozai & Sabeh 2019, 188–189.)

PFAL:ssa pyritään minimoimaan ilmanvaihtuvuus, jotta ympäristöhallinta on tarkempaa ja jotta kasvintuholaiset ja taudinaiheuttajat eivät pääsisi tuotantotilaan. Etyleenin kertymisen välttämiseksi ilman on vaihdettava ja hyvin eristetyissä tuotantotiloissa ilmanvaihtokerroin on noin 0,01–0,02 kertaa tunnissa. (Niu, Kozai & Sabeh 2019, 195.)

## 2.7 Kastelujärjestelmät

Kaupallisen tuotannon kerrosviljely-yrityksissä käytetään yleisimmin ravinneliuosviljelymenetelmiä, joista tavallisimmat ovat DFT (*deep flow technique*) ja NFT (*nutrient film technique*) joidenkin käyttäen



aeroponista menetelmää, jossa juurille suihkutetaan jatkuvasti hienoja-koista ravinneliuossumua. Tyypillisesti kasvit kylvetään sienimäisiin kuutioihin, jotka kiinnittävät kasvin viljelypaneeliin. Myös inaktiivisia kasvu-alustoja kuten kivivillaa ja perliittiä sekä aktiivisia turvekasvu-alustoja käytetään. Suljetussa kastelujärjestelmässä viljelyaltaista tai -kouruista palautuva lannoiteliuos suodatetaan, otsonoidaan tai UV-säteilytetään ja ohjataan paluuvesisäiliöön, johon liuoksen johtokykyä, happamuutta ja tasoa mittaavien sensorien lukemien perusteella lannoitteensekoitin lisää uutta liuosta. Lehtivihanneksille sopiva johtokyky on 0,8–1,5 mS/cm tai mikasvatusvaiheessa, jonka jälkeen antoliuoksen johtokyky on 1,5–2,5 mS/cm pH:n ollessa välillä 5–7. Ravinneliuoksen lämpötila on tärkeä tekijä kasvun kannalta, ja useimmille kerrosviljelyille kasveille optimi on 18–20 °C. (Lu & Shimamura 2018, 31–37.)

## 2.8 Resurssitehokkuus *Resource Use Efficiency RUE*

Vedenkäyttötehokkuudella (*water-use efficiency, WUE*) tarkoitetaan kasvin yhteyttämällä sitomaa hiiltä eli kasvin biomassaa suhteessa kasvin käyttämään vesimäärään (Hatfield & Dold 2019). Suljetussa kerrosviljelyssä *WUE* voidaan määrittellä kasvien tuorepainon ja vesiviljelyaltauksiin tai NFT-kouruihin johdetun lannoiteliuoksen ja ravinneliuosäiliöön takaisin johdetun veden massojen erotuksen suhteena. Kasveihin sitoutuu noin 5 % juurten ottamasta vedestä kasvien haihduttaessa loput 95 %. Ilmatiloi- viissä PFAL:ssa lähes koko kasvien haihduttama vesimäärä kondensoituu ilmastointikoneen jäähdytyspaneeliin, josta vesi johdetaan takaisin ravinneliuosäiliöön ja täten *WUE* on 0,95. Kasvihuoneen vastaava arvo on 0,05 olettaen, että kaikki kasvien haihduttama vesi menetetään. (Kozai 2018, 16-17.) Graamans ja muut (2018, 36) olettivat tutkimuksessaan kasvihuoneessa kasvien ottavan kaiken veden ilman kastelujärjestelmän aiheuttamia hukkia. Kasvien haihduttamasta vedestä suuri osa tuuletettiin ulos. Katteeseen ja lämmönvaihtimeen kondensoituneesta vedestä 90 % palautettiin kiertoon ja salaattien oletettiin assimiloineen 7 % kuiva-ainepitoisuusarvioiden perusteella. Suljetun kerrosviljelyn kasvien oletettiin sitovan kaiken veden.

Tutkimuksessaan Graamans, Baeza, van den Dobbelstee, Tsafara ja Stanghellini (2018, 32) vertailivat mallinnoiksiin perustuvien laskelmien avulla kasvitehtaiden ja kasvihuoneiden salaatinviljelyn resurssitehokkuutta kolmessa eri ilmastollisesti erilaisessa kohteessa Ruotsissa, Alankomaissa ja Arabiemiirikunnissa, joihin kuhunkin sijoitettiin vertailtavat kasvihuone- ja vertikaaliviljelmät. Kasvitehtaiden kokonaisenergiatehokkuus oli kasvihuonetuotantoa korkeampi, mutta ostetun energian tarve oli suurempi kasvitehtaissa. Veden, hiilidioksidin ja vaadittavan maapinta-alan suhteen kasvitehtaat olivat tehokkaampia kaikissa kohteissa. Arabiemiirikunnissa kasvitehtaan sähkönkulutus salaatin kuiva-ainepitoisuuden verrattuna oli suurempi kuin kasvihuoneen jäähdyttämisestä aiheutuva sähkönkulutus.

### 3 ROBBERN PIKKU PUUTARHA OY

Robben Pikku Puutarha on Lindkoskella, Lapinjärvellä vuodesta 2002 toiminut kasvihuoneyritys, joka tuottaa noin 1,5 hehtaarin kasvihuonealalla yrttejä, salaatteja, versoja ja syötäviä kukkia. Yritys työllisti vuonna 2019 27 henkilöä. Liikevaihto oli 3,2 miljoonaa euroa ja liikevaihtoprosentti - 6,3 % (Suomen Asiakastieto Oy). Tuotteet myydään pääasiassa tukkuihin ja pieni osa ravintoloihin sekä vientiin ulkomaille. Tuotettujen ruukkuyrttien osuus oli noin 9% koko maan ruukkuyrttituotannosta (Vapo Oy, 2019). Kasvihuonealaa on laajennettu vuosina 2008, 2012 ja 2018. Vuonna 2016 otettiin käyttöön kerrosviljelyhuone, jonka lattiapinta-ala on 150 m<sup>2</sup> ja viljelyala noin 500 m<sup>2</sup>. Koeviljelytulosten myötä japanilainen it-yhtiö Fujitsu Greenhouse Technology Finland Oy ja Robben Pikku Puutarha tekivät kahden miljoonan euron yhteistyösopimuksen uuden viljelypinta-alaltaan 4400 m<sup>2</sup> kerrosviljelyhuoneen perustamisesta. 2018 käyttönotetussa automatisoidussa huoneessa Fujitsun kehittämän Akisai-pilvilustan avulla analysoidaan huoneeseen sijoitettujen sensoreiden ja kameroiden tallentamaa dataa, jonka perusteella viljelyä etäohjataan. (Fujitsu 2018)

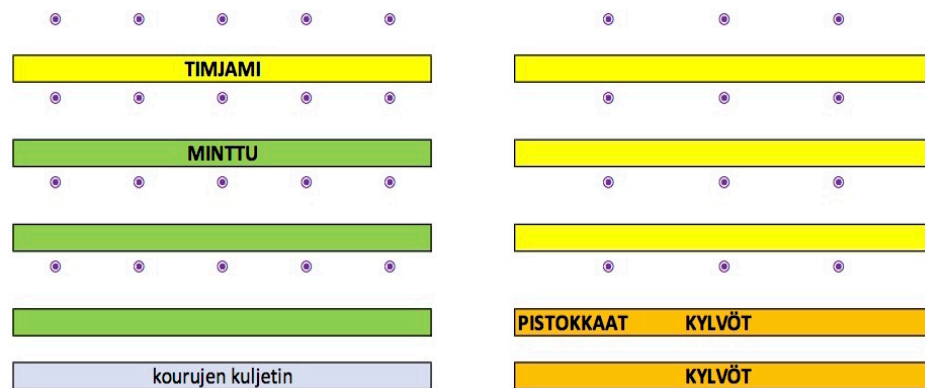
### 4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Timjamin ja mintun katetuottolaskelman rakennus- ja tarvikekustannukset palkkakustannuksia lukuun ottamatta Robben Pikku Puutarhan kerrosviljelyhuoneessa perustuvat Robert Jordakselta saatuihin tiedonantoihin. Työvaiheiden kestot laskelmissa perustuvat keväällä 2018 Robben Pikku Puutarhalla tekijän suorittaman harjoittelujakson aikana tekemiin mittauksiin ja arvioihin sekä työntekijöiden tiedonantoihin. Kerättyjen tietojen perusteella tehtiin katetuottolaskelma kerrosviljelyn taloudellisen kannattavuuden arvioimiseksi.

#### 4.1 Kerrosviljelyhuone

2016 käyttönotetun kerrosuoneen lattiapinta-ala on 150 m<sup>2</sup> ja viljelypinta-ala noin 500 m<sup>2</sup>. Huone oli luvussa 2.2 kuvailtu auringonvaloa hyödyntävä tuotantotila, jossa oli lasikatteinen kasvihuonekatto. Auringon säteily aiheutti lämpiminä kevätpäivinä erittäin korkeita lämpötiloja huoneessa mittausarvojen yltäessä jopa 40-celsiusasteeseen. Näin ollen tuuletustarve oli suuri, jolloin hiilidioksidilannoituksen tehokkuus laski. Kesällä 2018 huone remontoitiin, jolloin kattoon asennettiin sandwich-tyyliset elementit ja viljelyjärjestelmiin tehtiin parannuksia. Tämän työn tiedot ja mittaukset perustuvat huoneeseen ennen korjaustoimenpiteitä. Huoneessa oli kaksi kerroskasvatuslinjaa, jotka kumpikin ovat 14 metriä pitkiä ja kummassakin käytetään 3,7 metrin levyisiä kasvatuskouruja. Lännenpuoleisissa linjoissa oli viisi pituussuuntaan asennettua led-

valaisinlinjaa ja idänpuoleisessa kolme (Kuva 1). Kolme valaisinlinjaa oli todettu riittämättömäksi jakamaan valoa tasaisesti koko kourun leveydelle. Täten idänpuoleisissa kerroksissa käytettiin avoimia kouruja, jotta ruukut pystyttiin asettamaan valaisinlinjojen alle kahdeksan ruukun tiivimmissä ryhmissä. Lännenpuoleisissa kerroksissa käytettiin suljettuja kouruja.



Kuva 1. Kaavakuva kerrosviljelyhuoneesta eteläpäädyistä tarkasteltuna. Vasemmalla ovat lännenpuoleiset linjastot. Pituussuuntaan asennettuja valaisinlinjoja merkitsevät pallot kuvaavat led-valaisinlinjojen määrää ja sijoittumista viljelykerroksissa. Kylvölinjastojen oikealla puolella sijaitsi mintun pistokkaiden juurrutuksessa käytetty sivupöytä.

Lännen puolella oli neljä ja idän puolella kolme varsinaista tuotantolinjastoa, johon jokaiseen mahtui enintään 120 viljelykourua (Taulukko 3). Idänpuoleinen alin valottamaton linjasto oli varattu timjamikylvöksille. Tätä ylempi oli valotettu timjamin taimikasvatus- ja mintun pistokkaiden juurrutuslinjasto. Molemmassa linjastossa voi olla enintään 40 kourua, ja kummassakin linjastossa oli viisi 24 ruukun kennoa timjamia ja ylemmässä lisäksi kaksi kennoa mintun pistokkaita. Idän puolella oli sivupöytä, josta oli varattu 50 kennolle mintun pistokkaita noin 10 m<sup>2</sup>. Täten kokonaisviljelypinta-ala oli timjamille 296 m<sup>2</sup> ja mintulle 179 m<sup>2</sup> ja niiden summa 475 m<sup>2</sup>.

Taulukko 3. Tuotantolinjastojen kapasiteetti

	Linjasto	Timjami	Minttu	Yhteensä
Kerrokset, kpl	1	4	3	7
Kourut, kpl	120	480	360	840
Ruukut, kpl	2 880	11 520	8 640	20 160
Pinta-ala, m <sup>2</sup>	51,8	296	179	362,6

Tuotantolinjojen kulkusuunta oli huoneen eteläpääty, jossa korjuuvalmiit yrttiruukut pussitettiin, pakattiin kuuden ryhmässä pahvilaatikoihin ja kuljetettiin rullakoissa pakkaamoon tilausten kokoamista varten. Käytetyt kourut pestiin ja desinfioitiin samassa päädyssä, josta ne asetettiin lännenpuoleisien kerroksien alimmalle tasolle, jossa kourujenkuljetin vei ne pohjoispäätyyn istutusta varten.

#### 4.1.1 Tuotetut ja mydyt yrttiruukut vuodessa

Tuotettujen ruukkujen lukumäärä vuodessa perustuu keväällä 2018 olleeseen normaaliin tuotantotahtiin, joka oli 960 timjami- ja 720 mintturuukua päivässä (Taulukko 4). Timjamin kasvatusaika laskelmassa on 22 työpäivää, johon sisältyy viisi työpäivää valottamattomalla kylvölinjalla ja viisi työpäivää taimikasvatuslinjalla. Mintun kasvatusaika on 16 työpäivää, johon on laskettu taimikasvatus sivupöydällä ja taimikasvatuslinjalla. Yrityksessä tuotanto oli suunniteltu työpäiviin perustuen, jolloin toteutunut kasvatusaika vaihteli muutamilla päivillä viljelyerien välillä. Kertomalla kasvatusaika työpäivinä vuodenväliin ja työpäivien suhteella (365 pv : 251 pv) saadaan keskimääräiseksi kasvatusajaksi timjamille 32,0 ja mintulle 23,8 vuorokautta. Itäneiden ja istutuskuntoisten timjamiruukkujen osuudeksi arvioitiin 99 %. Mintun pistokkaiden juurtuvuudeksi arvioitiin 22 juurtunutta ruukua 24:stä. Timjamin kauppakuntoisten ruukkujen osuudeksi arvioitiin 22 ja mintun 21 kappaletta jokaista 24 ruukun kourua kohden. Molempien kasvien linjojen täyttöasteeksi arvioitiin 90 %. Näiden tietojen perusteella lasketut laskelmassa käytetyt myyntimäärät saatavat poiketa toteutuneista kerrosviljelyhuoneen myyntimääristä, joita ei ollut saatavilla. Kappalehinta on todellinen yrttiruukun myyntihinta vuonna 2018 (Jordas 2018).

Taulukko 4. Timjamin ja mintun tuotanto ja myynti

	Timjami	Minttu
Tuotanto, kpl/vuosi	240 960	180 720
Kasvuaika, työpäiviä	22	16
Itävyys, juurtuvuus, %	99	92
Täyttöaste, %	90	90
Kauppakuntoisuus, %	91,7	87,5
Myydyt ruukut, kpl	196 804	130 457
Hinta, €/ruukku	0,79	0,79
Myyntituotot, €/vuosi	155 475	103 061

## 4.2 Työkustannukset

Timjamin ja mintun kerrosviljelyn työkustannusten selvittämiseksi työvaiheiden kestoja mitattiin ja arvioitiin osittain työntekijöiden tiedonantoihin perustuen. Kustannusten laskennassa käytettiin palkkakustannuksena 14,45 €/h, joka muodostui 8,5 € tuntipalkasta kerrottuna 1,7:lla. Työpäivien määränä käytettiin vuoden 2017 251 päivää, jolloin vuodessa työtunteja oli 2 008.

### 4.2.1 Timjamin työvaiheet

Timjamin lisäysmenetelmä oli siemenkylvö koneella. Kylvökoneen yhteyteen oli kytketty turvekasvualustapaalien murskain. Kone täytti kasvualustalla 24 ruukun kennot ja kylvi timjamin siemenet määrätyillä asetuksilla. Koneen kylvökapasiteetti oli noin 72 ruukkua eli kolme kennoa minuutissa (Gunn 2018). Keväällä 2018 kylvettiin päivittäin 40 kennoa timjamia. Kylvökoneen säätöjen tekemiseen ja kennojen, ruukkujen sekä turvepaalin koneeseen lisäämiseen kuluva työaika perustuu arvioon (Taulukko 5). Kylvetyt kennot asetettiin kuormalavalle, joka kuljetettiin kylvöhuoneen vieressä sijaitsevaan kerrosviljelyhuoneeseen. Kennot nostettiin kylvölinjastoon asetettuihin kouruihin. Kourut, joissa oli viisi kylvökennoa, nostettiin viiden työpäivän kuluttua huoneen eteläpäädyssä valotulle taimikasvatuslinjastolle. Yhden kourun nostamiseen vaadittavaksi ajaksi on arvioitu 30 sekuntia, johon sisältyy kourujen linjastolla kulke- miseksi vaadittavaan napinpainallukseen ja kourujen odotteluun kuluva aika.

Taulukko 5. Timjamin työvaiheiden kestot 40 kennoa eli 960 ruukkua kohden.

	Kylvö, kuljetus	Kennot kylvölinjastoon	Kennot taimikasvatuslinjastoon	Istutus lopulliseen tiheyteen
Kesto/960 ruukkua	23 min	13 min	4 min	1 h 20 min

Viiden työpäivän kuluttua timjamiruukut istutettiin lopulliseen tiheyteen tuotantolinjastoille huoneen pohjoispäädyssä. Lännenpuoleisten linjastojen ylin kerros oli ainoa, johon istutettiin timjamia suljettuihin kouruihin. Muut linjat olivat idänpuoleisissa kerroksissa, joissa ruukut istutettiin kolmeen kahdeksan ruukun ryhmään valaisinlinjojen alle. Istutetut kourut siirrettiin niihin linjastoihin, joista satoa oli kerätty. Ainoastaan ylimpiin kerroksiin kouruja nostettaessa tarvittiin porraskärryä. Yhden kennon istuttamisen kouruun ja sen nostamisen paikoilleen linjastoon yhteenlaskettuna keskimääräisenä kestona laskelmassa käytetään 2 min/kouru eli 24 ruukkua (Vereshchak 2018).

#### 4.2.2 Mintun työvaiheet

Puutarhan tuottaman mintun taimet ostettiin juurtuneina pistokkaina ulkopuoliselta yritykseltä. Mintun pääasiallinen lisäystapa kerrosviljelyhuoneessa oli itse tehty pistokaslisäys ostopistokkaista kasvatetuista taimista. Pistokaslisäystapa vaihtui keväällä 2018. Alkuperäinen tapa oli leikata pistokkaita veteen juurtumaan muovikennoihin, joista ne pistettiin viiden päivän kuluttua lopullisiin myyntiruukkuihin. Ruukut täytettiin kasvualustalla kylvö- ja ruukutuskoneella. Osa ruukutetuista pistokaskennoista asetettiin taimikasvatuslinjastoon, jossa yhdessä kourussa oli kaksi minttu- ja viisi timjamikennoa. Loput kennoista asetettiin idänpuoleisella sivulla olleeseen pöydälle. Taimikasvatusvaiheen jälkeen pistokastaimet latvottiin istutettaessa lopulliseen tiheyteen. Näiden työvaiheiden kestot laskelmissa perustuvat mittauksiin (Taulukko 6). Tavanomainen päivittäinen tuotantomäärä vertikaalihuoneessa oli 30 kennoa eli 720 ruukkua.

Taulukko 6. Mintun alkuperäisen pistokaslisäystavan työvaiheiden kestot 30 kennoa eli 720 ruukkua kohden kerrosviljelyhuoneessa.

	Pistokkaiden leikkaaminen	Ruukkujen täyttö koneella	Pistäminen ruukkuihin	Latvonta	Yht.
Kesto/ 720 ruukkua	1 h 48 min	18 min	1 h 8 min	24 min	3 h 38 min

Taulukko 7. Uuden pistokaslisäystavan työvaiheiden kestot 720 ruukkua kohden.

	Pistokkaiden leikkaus ja pistäminen	Ruukkujen täyttö koneella	Istutus ruukkuun	Yhteensä
Kesto/ 720 ruukkua	2 h 21 min	1 h 34 min	18 min	4 h 13 min

Uudessa pistokaslisäystavassa leikatut pistokkaat pistettiin suoraan 153 potin kennoihin. Kennot täytettiin kasvualustalla käsin, mikä on huomioitu pistokkaiden leikkauksen ja pistämisen työvaiheissa (Taulukko 7). Pistokaskennot asetettiin sivupöydälle. Tavoiteaika juurtumiselle ennen istutusta ruukkuihin oli 10 työpäivää, mutta lisääntyneestä tuotantotarpeesta johtuen tavoiteaika saattoi puolittua. Kerrosviljelyhuoneen remontin lähestyttyä tuotetut pistokastaimet istutettiin uuteen kasvihuoneeseen, mistä johtuen päivittäiset pistokasmäärät eivät vastanneet aiempaa 720 ruukun päivittäistä tuotantoa. Työvaiheiden kestot perustuvat mittauksien pohjalta tehtyihin arvioihin ja ne ovat muunnettu vastaamaan 30

kennon päivittäistä tuotantoa. Uusi pistokastapa on 16 % ja euromääräisesti 12,5 senttiä kalliimpi. Vereshchakin (2018) tiedonantoon perustuen istutuksen lopulliseen tiheyteen on arvioitu kestävän yhden tunnin päivässä 30 kennon päivittäisellä tuotantomäärällä.

#### 4.2.3 Sadonkorjuu ja muut työt

Sadonkorjuu-, pakkaamo- ja varastotöiden kestot timjamilla ja mintulla ovat laskelmassa samat ruukku kohden. Työvaiheiden kokonaiskestot perustuvat katetuottolaskelman mukaisesti myytyjen ruukkujen määriin. Korjuuvalmiit yrttiruukut pussitetaan ja laitetaan pahvilaatikoihin, joihin menee kuusi yrttpussia laatikkoa kohden. Laatikot lastataan rullakoihin, jotka kuljetaan kasvihuoneesta pakkaamoon tilausten kokoamista varten. Tilaukset kootaan kuormalavoille, jotka kuljetetaan kylmiöön ja suljetaan kuljetusta varten. Pahvilaatikkojen kokoamisen ja lastaamisen rullakoihin, rullakoiden kuljetuksen pakkaamosta kerrosviljelyhuoneeseen, pahvilaatikoiden tarroituksen ja sadonkorjuun työaikamenekit perustuvat mittauksiin (Taulukko 8).

Taulukko 8. Sadonkorjuun työmenekit

	Laatikoiden kokoaminen rullakoon	Tarroitus	Yrttiruukujen pussitus	Rullakon kuljetus pakkaamoon ja takaisin
Kesto/32 ltk	5 min	3 min 51 s	30 min	5 min
Kesto/pv, timjami	20 min	16 min	2 h 3 min	20 min
Kesto/pv, minttu	14 min	10 min	1 h 21 min	14 min

Tilausten vastaanottamisen ja tarrojen tulostuksen, yrtilaatikoiden kokoamisen kuormalavoille ja niiden pakkaamisen kuljetusta varten sekä muiden varastotöiden työvaiheiden kestot perustuvat arvioihin (Taulukko 9). Muiden varastotöiden jakautuminen perustuu vuoden 2017 arvioituun 3,2 miljoonan ruukun kokonaistuotantoon yrityksessä.

Taulukko 9. Pakkaamon ja varaston työmenekit

	Tilausten vastaanotto, tarrojen tulostus	Lavojen kokoaminen, kuljetus kylmiöön	Lavojen sulkeminen	Muut varastotyöt
Kesto/64 ltk	2 min 4 s	5 min	3 min	1 min 48 s
Kesto/pv, timjami	12 min 56 s	10 min 13 s	6 min 8 s	3 min 41 s
Kesto/pv, minttu	8 min 34 s	6 min 46 s	4 min 4 s	2 min 27 s

Biologisten torjuntaeliöiden levitykseen on arvioitu kuluvan työaika puoli tuntia viikossa, joka jakautuu timjamin ja mintun viljelypinta-alan mukaan. Kourujen pesun ja kuljetuksen (1 h/vk), siivouksen (1 h/vk) sekä suunnittelun ja ylläpidon (1 h/vk) työt on kohdistettu tuotettujen ruukumäärien suhteen mukaisesti. Johtotyön osuus on kohdistettu kerrosviljelyhuoneeseen arvioitujen myyntimäärien mukaisesti. Tuntikorvauksena käytettiin 15 euroa, sivukulukertoimena 1,75 ja koko yritykseen kohdistuvan työn kestona 2 008 tuntia vuodessa.

#### 4.2.4 Työkustannuksien tarkkuus ja luotettavuus

Vuotuinen yhteenlaskettu työmenekki timjamille ja mintulle (alkuperäinen pistokaslisyys) vastaa 1,95 henkilön vuotuisia työtunteja (Taulukko 10). Ainoastaan kerrosviljelyhuoneessa tehtävien töiden työtunnit ovat laskelmassa timjamia kohden 5,5 h ja vastaavasti mintulla (alkuperäinen pistokaslisyys) 7,0 h työpäivässä. Täten päivittäisiin töihin vaaditaan noin 1,6 työntekijää, mikä vastannee harjoittelujakson aikana muodostunutta käsitystä. Arvioitujen työvaiheiden merkittävä määrä ja tarkasti tiettyä työvaihetta onnistuneesti mitattujen kertojen vähyyks heikentävät huomattavasti työkustannusten määrittelyn tarkkuutta ja luotettavuutta.

Taulukko 10. Palkkakustannukset yhteensä.

	Timjami	Minttu, alkuperäinen pistokaslisyystapa	Minttu, uusi pistokaslisyystapa
Työtunnit/päivä	7,3 h	8,3 h	8,9 h
Työtunnit/vuosi	1838 h	2 081 h	2 229 h
Palkkakustannukset/vuosi	26 555 €	30 071 €	32 204 €
Palkkakustannukset/ruukku, myyty	0,13 €	0,23 €	0,25 €

#### 4.3 Tarvike-, materiaali- ja sähkökustannukset

Timjamin siemenkustannukset perustuvat aiempiin yrityksessä tehtyihin kokeisiin, joissa todettiin siemenmenekiksi 0,06 grammaa siementä ruukua kohden. Kilogramman siemenpussin hinta oli 300 euroa, jonka perusteella laskettiin ruukkukohtainen kustannus (Taulukko 11). Ostetun mintun pistokastaimen hinta oli 0,20 €/kpl ja laskelmissa arvioitiin, että sataa itse tuotettua pistokasta kohden vaaditaan yksi ostotaimi uudeksi lisäysmateriaaliksi. Yhtä ruukkukerrosta arvioitiin uudelleenkäytettävän kolme kertaa. Ruukku-, kasvualusta-, hiilidioksidi-, lannoite-, vesi-, torjuntaeliö-



ja kasvinsuojeluainekustannukset jaettiin tuotettujen ruukkujen perusteella. Yrttipussien ja niiden pakkauslaatikkojen kustannukset määräytyivät myyntimäärien mukaan. Tiedot kustannuksista saatiin Jordakselta (2018). Hiilidioksidi- ja lannoitekustannukset vaikuttavat arvioilta, joita saattaisi olla tarpeen tarkentaa.

Sähkönkulutuksen arvioitiin silmämääräisesti ohjausjärjestelmäohjelman piirtämän sähkönkulutuskäyrän perusteella olevan 0,041 MWh kaikkina vuoden tunteina. Arvioitu kerrosviljelyhuoneen osuus vuonna 2017 toteutuneesta koko yrityksen sähkönkulutuksesta oli 10 %, jonka mukaan laskettiin sähkönsiirron perus- ja tehomaksun kerrosviljelyhuoneeseen kohdistuvat osuudet. Sähkön hinta kokonaisuudessaan kerrosviljelyhuoneessa sisältäen käyttö- ja siirtokustannukset sekä sähköveron vuonna 2018 oli 65 €/MWh perustuen yrityksen sähkölaskuun. (Jordas 2018.)

Taulukko 11. Materiaali- ja sähkökustannukset vuoden ajalta jaettuna timjamin ja mintun osuuksiin.

		Timjami	Minttu
Siemenet/pistokkaat		4 228 €	361 €
Ruukku	0,023 €/kpl	5 542 €	4 157 €
Kenno	0,035 €/kpl	88 €	66 €
Kasvualusta	0,02 €/ruukku	4 819 €	3 614 €
Yrttipussi	0,0224 €/pussi	4 408 €	2 922 €
Pahvilaatikko	0,063 €/kpl	2 077 €	1 377 €
Torjuntaeliöt, ks. -aineet	2 935 €/vuosi	1 677 €	1 258 €
Hiilidioksidi	1 000 €/vuosi	571 €	429 €
Lannoitteet	1 000 €/vuosi	571 €	429 €
Vesi	500 €/vuosi	286 €	214 €
Sähkö	23 196 €/vuosi	13 255 €	9 941 €
Yhteensä		37 534 €	24 768 €

Vakuutuskuiluksi arvioitiin 2000 euroa ja markkinointi- ja toimistokuluiksi 3000 euroa. Nämä kulut jaettiin tuotettujen ruukkujen perusteella. Rahtikuluja ei ole huomioitu.

#### 4.4 Poistot

Tiedot vertikaalihuoneen investoinneista perustuvat Jordakselta (2018) saatuun tiedonantoon. Laskelmassa on käytetty tasapoistomenetelmää (Taulukko 12) ja kustannukset on jaettu timjamin ja mintun kesken myytyjen ruukkujen mukaan. On epäselvää, sisältääkö kohta ”Rakennukset” ainoastaan vertikaalihuoneen osuuden kasvihuonerakennuksen poistoista vai sisältääkö se myös muun muassa osuuden kylmiöstä, pakkaamosta ja sosiaalitalasta. Laskettaessa rakennuksen, ledien, automaation,

kasvatuslinjojen ja kylvökoneen osuuden summan suhde timjamin ja mintun kerrosviljelyhuoneen viljelypinta-alaan (475 m<sup>2</sup>) saadaan kokonaiskustannuksiksi 298 €/m<sup>2</sup>, joka on hyvin matala verrattuna luvussa 2.3 esitettyihin arvioihin.

Investointien suuruus tuntuu pieneltä, joten niistä on luultavasti vähennetty ainakin investointituen määrä. 2017 tammikuussa voimaan tullessa maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa rakentamisinvestointien hyväksyttävistä yksikkökustannuksista eriteltiin ensimmäistä kertaa täysin keinovalotettu kasvuhuone, jonka hyväksyttäviksi enimmäisyksikkökustannukseksi määriteltiin 450 €/hum<sup>2</sup> sisältäen ilmastoautomaatiikan, lämpöputkistot ja kastelulaitteet (Finlex 2016). Tasaisen yrtti- ja salaattikasvatuslinjaston valaistuksen enimmäiskustannuksena oli 110 €/m<sup>2</sup>, joskin kerrosviljelyn osalta raja määräytyy tarjousten perusteella. Kasvihuoneutuotannon investointien avustuksen osuus hyväksyttävistä kustannuksista on 30 % (Finlex 2015) ja Luonnonvarakeskuksen (2016) mukaan ledinvestointien osalta 40 %. Olettaen, että kaikki investoinnit olisivat kokonaisuudessaan tukikelpoisia edellä mainittujen avustusosuuksien mukaisesti, olisivat perustamiskustannukset ennen investointitukea viljelypinta-alaa kohden 443 €/m<sup>2</sup>.

Taulukko 12. Vuotuiset poistot ja niiden perusteena olevat investoinnit jaettuna timjamin ja mintun kesken.

	Kerrosviljelyhuoneen osuus investoinnista	Poistoaika (v)	Poistot/vuosi	Timjami	Minttu
Rakennukset	37 500 €	20	1 875 €	1 128 €	747 €
LED ja jäähdytys	35 000	5	7 000 €	4 210 €	2 790 €
Automaatio	10 000 €	5	2 000 €	1 203 €	797 €
Kasvatuslinjastot	55 000 €	10	5 500 €	3 308 €	2 192 €
Kylvökone	3 953 €	10	395 €	226 €	169 €
Yhteensä	141 453 €		16 770 €	10 073 €	6 697 €

Led-investointi ennen investointitukea noin 424 valotettua viljelyneliömetriä kohden olisi 138 euroa. Luvussa 2.3 mainittu kustannusarvio led-valaisimille passiivisella jäähdytyksellä 200 µmol/m<sup>2</sup>/s valotusvoimakkuudella on noin 450 €/m<sup>2</sup>. Jos Taulukossa 12 mainittu 35 000 euroa olisi vuotuinen poisto ja alkuperäinen investointi 175 000 euroa, olisi kustannus 413 €/m<sup>2</sup>. Jos varmuudella vain kerroshuoneeseen kohdistuvien automaation ja kasvatuslinjastojen kustannusten kohdalla olisivat vuotuiset poistot samalla logiikalla 10 000 ja 55 000 euroa, olisi yhteenlaskettu

kokonaiskustannus 475 m<sup>2</sup> kohden 1710 euroa. Vertailun vuoksi laskelmissa on mukana alkuperäisen 298 €/m<sup>2</sup> mallin lisäksi tämä 1710 €/m<sup>2</sup> -malli sekä luvussa 2.3 esitetyn Uraisamin (2018, 103) arviota mukaileva malli, jossa yhteenlasketut perustamiskustannukset ovat 1000 €/m<sup>2</sup>.

#### 4.5 Katetuottolaskenta

Yrityksen laskentatoimen ”tehtävänä on kerätä ja rekisteröidä yrityksen toimintoja kuvaavia arvo- ja määrälukuja sekä laatia niihin perustuvia raportteja ja laskelmia yritysjohdon, rahoittajien ja muiden sidosryhmien yrityksen taloutta koskevan päätöksenteon tueksi” (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 13). Laskentatoimi jakautuu kahteen pääalueeseen. Kirjanpitoon perustuvan yleisen laskentatoimen (*financial accounting*) tehtävänä on rekisteröidä tietoa ja laatia sen pohjalta tilinpäätös, johon sisältyvät muun muassa tuloslaskelma ja tase. Johdon laskentatoimi (*management accounting*) hyödyntää rekisteröityä tietoa laatimalla laskelmia koskien yrityksen suunnittelua ja tavoitteita sekä tarkkailemalla tavoitteiden toteutumista osana yrityksen päätöksentekoa.

Katetuottolaskennan avulla voidaan analysoida lyhyellä aikavälillä yrityksen toiminnan tulokseen vaikuttavia tekijöitä, jolloin tarkastelun kohteena voi olla koko yritys, osa siitä tai yksittäinen tuote. Katetuottolaskenta perustuu yrityksen kustannusten jakamiseen muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin. Katetuotto saadaan vähentämällä myyntituotoista muuttuvat kustannukset. Katetuoton ollessa suurempi kuin kiinteät kustannukset tulos on positiivinen eli syntyy voittoa. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 67.)

##### 4.5.1 Muuttuvat ja kiinteät kustannukset

Kustannusten jakaminen muuttuviin ja kiinteisiin on katetuottolaskennan perusolettamus. Muuttuvien kustannuksien voi määrittellä olevan selvästi riippuvaisia yrityksen toiminta-asteen vaihtelusta. Katetuottolaskennassa oletetaan, että tuotannon kasvaessa tai supistuessa muuttuvat kustannukset kasvavat tai laskevat toiminta-asteen muutoksien mukaisesti. Muuttuvia kustannuksia ovat muun muassa valmistamiseen ja myyntiin vaadittavat raaka-aine-, tarvike-, palkka- ja energiakustannukset ja rahat.

Kiinteät kustannukset eivät ole suoraan riippuvaisia tuotannon tai myynnin vaihteluista. Ne muuttuvat tuotantokapasiteetin määrittävien potentiaalitekijöiden muuttuessa. Kiinteiksi kustannuksiksi voidaan luokitella muun muassa liiketilan vuokrat, omaisuudesta aiheutuvat poistot, kiinteät kuukausipalkat, korot ja mainonta. Kiinteät seisontakustannukset ovat kustannuksia, joita aiheutuu yrityksen toiminnan väliaikaisesti lakatessakin. Niitä ovat esimerkiksi vuokrat ja poistot. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 56–57.)

Katetuottolaskennan avulla voidaan arvioida toiminnan volyymin eli esimerkiksi tarkasteltavien tuotteiden kokonaismyynnin vaikutusta kannattavuuteen toiminta-asteen normaalilla vaihteluvälillä. Oletuksena on, että tarkasteltavalla aikavälillä volyymin vaihtelua rajoittavat vakiona pysyvät kiinteät kustannukset. Myös yksikkökohtaisten muuttuvien kustannusten sekä myyntituottojen oletetaan pysyvän samoina. Täten tarkasteltavan ajanjakson järkevänä enimmäispituutena pidetään yhtä vuotta. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 68.)

#### 4.5.2 Katetuottolaskennan käsitteitä

Myyntituotot saadaan kertomalla laskelman tarkastelujakson aikana myyty suoritemäärä kerrottuna yksikköhinnalla. Vähentämällä myyntituotoista muuttuvat kustannukset saadaan katetuotto. Jakamalla katetuotto myyntituotoilla saadaan katetuottoprosentti. Tulos saadaan vähentämällä katetuotosta kiinteät kulut. Tulos- tai voittoprosentti kertoo tuloksen suhteen myyntituotoista.

Kriittinen myynti eli kriittinen piste on se suoritemäärä, josta saaduilla myyntituotoilla katetaan kaikki kustannukset tekemättä tappiota. Myyntituottojen kriittinen piste lasketaan jakamalla kiinteät kustannukset katetuottoprosentilla. Myyntivolyymin kriittinen piste saadaan jakamalla kiinteät kustannukset katetuoton ja myyntivolyymin suhdeluvulla.

Nykyisen myynnin ja kriittisen pisteen myynnin eroa kutsutaan varmuusmarginaaliksi. Varmuusmarginaali kertoo, kuinka paljon myynti voi laskea tai kuinka paljon sen on noustava, jotta yrityksen tulos olisi nolla. Varmuusmarginaaliprosentti (varmuusmarginaali/nykyinen myynti) ilmoittaa suhdelukuna vaadittavan eron nollatulokseen pääsemiseksi. Myyntihinnan kriittinen piste ilmoittaa sen yksikköhinnan, jolla saavutetaan nollatulos. Myyntihinnan kriittinen piste on yksikkökohtaisten muuttuvien ja kiinteiden kustannuksien summa. Myyntihinnan varmuusmarginaali on nykyinen myyntihinta vähennettynä myyntihinnan kriittisellä pisteellä. Se kertoo, kuinka paljon yksikköhinnan on muututtava, jotta tulos olisi nolla. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 67–71.)

#### 4.5.3 Huomioita katetuottolaskennasta

Katetuottolaskenta on käyttökelpoinen työkalu arvioitaessa tai suunniteltaessa yritystoimintaa, mutta on huomioitava sen todellisuutta pelkistävät ominaisuudet. Jako kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin on arvioitava toimialakohtaisesti eikä se ole välttämättä silloinkaan ongelmatonta. Tehtäessä herkkyyksianalyysia toiminta-asteen vaihteluiden muutoksiin perustuen on arvioitava muutoksien realistisuutta muuttumattomien kiinteiden kustannusten mukaisesti. Myynnin tai valmistuksen kasvaessa on mahdollista, että suuremmat ostomäärät mahdollistavat matalammat muuttuvat yksikkökustannukset. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 72–74.)

## 5 TULOKSET

Muuttuvat yksikkökustannukset olivat timjamilla 0,10 ja 0,12 euroa matalammat minttuihin<sup>1,2</sup> verrattuna (Taulukko 13). Timjamin tulosprosentti oli 39 prosenttia minttua<sup>1</sup> korkeampi.

Taulukko 13. Timjamin ja mintun katetuottolaskelman tunnuslukuja

	Timjami	Minttu <sup>1</sup>	Minttu <sup>2</sup>
Myyntivo-lyymi, kpl	196 804 kpl	130 457 kpl	130 457 kpl
Myyntihinta, €/kpl	0,79 €	0,79 €	0,79 €
Muuttuvat kustannukset, €/kpl	0,33 €	0,42 €	0,44 €
Kiinteät kustannukset, €	17 822 €	12 226 €	12 226 €
Myyntituotot, €	155 475 €	103 061 €	103 061 €
Muuttuvat kustannukset, €	64 079 €	54 839 €	56 973 €
Katetuotto, €	91 396 €	48 222 €	46 088 €
Katetuotto-%	59 %	47 %	45 %
Tulos	73 574 €	35 996 €	33 862 €
Tulos, %	47 %	35 %	33 %
Kriittinen piste, €	30 3017 €	26 130 €	27 340 €
Kriittinen piste, kpl	38 377 kpl	33 076 kpl	34 607 kpl
Varmuusmarginaali, €	125 158 €	76 931 €	75 721 €
Varmuusmarginaali, kpl	158 428 kpl	97 381 kpl	95 850 kpl
Myyntihinnan kriittinen piste, €/kpl	0,42 €	0,51 €	0,53 €
Myyntihinnan varmuusmarginaali, €	0,37 €	0,28 €	0,26 €

Minttu<sup>1</sup> = alkuperäinen pistokaslisäystapa

Minttu<sup>2</sup> = uusi lisäystapa

Luvussa 4.4 selostettujen eri perustamiskustannuksiin pohjautuvien mallien mukaan tehdyissä vertailulaskelmissa poistot olivat korkeammat alkuperäiseen malliin verrattuna (Taulukko 14). Yhdessä vertailulaskelmassa myytyjen kauppakuntoisten yrttiruukkujen osuus oli 15 % pienempi, minkä johdosta satomääristä riippuvien töiden muuttuvat kustannukset olivat matalammat samassa suhteessa. Muissa laskelmissa kaikki muut kustannukset poistoja lukuun ottamatta pysyivät samoina kuin

alkuperäisessä mallissa. 1710 €/m<sup>2</sup> mallissa varmuusmarginaalin osuus myyntituotoista oli timjamilla 24 % ja mintulla 4 %. Vastaavasti myyntihinnanvarmuusmarginaali oli timjamilla 0,11 euroa ja mintulla 0,01 euroa.

Taulukko 14. Timjamin ja mintun tulosprosentit vertailulaskelmissa

	Alkuperäinen	1000 €/ m <sup>2</sup>	Myynti -15 % 1000 €/m <sup>2</sup>	1710/m <sup>2</sup>
Timjami	47,3 %	32,0 %	22,2 %	14,3 %
Minttu <sup>1</sup>	34,9 %	19,6 %	7,6 %	1,9 %

Minttu<sup>1</sup> = alkuperäinen pistokaslisäystapa

## 6 TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT

Sähkökustannusten osuus on 16 % kaikista timjamin ja mintun tuotantokustannuksista. Muutettaessa sähkökustannus vastaamaan Japanin hintoja käyttämällä sähkön kokonaishintana 0,187 €/kWh (Global Petrol Prices 2019) sähkön osuus olisi 34 % tuotantokustannuksista. Tämä eroaa japanilaisen led-valotetun kerrosviljelmän sähkönkulutuksen osuudesta, joka oli noin viidennes tuotantokustannuksista (ks. luku 2.3). On tosin huomioitava, että Japanissa valotusintensiivisyys voi olla 50 % matalampi, jolloin myös valotuksen aiheuttama sähkönkulutus on pienempi. 1000 € -mallissa osuudet olivat 12 % Suomen ja 29 % Japanin sähköhinnassa sekä vastaavasti 10 % ja 25 % 1710 € -mallissa.

Työkustannukset kokonaisuudessaan sisältäen johto- ja tuotantotyöt mintun aiemmalla lisäystavalla ovat 62 016 euroa, joka on 42 % kaikista tuotantokustannuksista. Laskettuna 1000 €/m<sup>2</sup> perustamisinvestoinneilla osuus on 33 % ja 1710 €/m<sup>2</sup> -mallissa 26 %, joka on aivan sama kuin luvussa 2.3 esitetyn japanilaisyrittäjän vastaava osuus. Yritys tuottaa salaattia eri viljelytekniikalla, joten se ei ole kovin hyvä vertailukohta mutta tarjoaa jonkinlaista kuvaa mahdollisesta kustannusrakenteesta. On mahdollista, että tuotantotöiden kustannukset ovat liian matalat laskelmissa. Tuotantotyökustannusten noustessa neljäsosalla tuotannon ja myynnin pysyessä samalla tasolla, tulos on timjamilla 10 ja mintulla 17 prosenttiyksikköä matalampi alkuperäisessä mallissa. Vastaavasti työkustannusten noustessa 1000 €/m<sup>2</sup> -mallissa tulosprosentit timjamille ja mintulle ovat 28 % ja 12 % ja 1710 €/m<sup>2</sup> -mallissa 10 % ja -5 %.

Eri viljelyneliömetrikustannuksilla laskettaessa poistojen osuus on kokonaiskustannuksista 11 %, 30 % ja 44 %, joka on 21 prosenttiyksikköä korkeampi luvussa 2.3 mainittua osuutta. Luvun 4.3 taulukossa 11 esitettyjen

tarvike- ja muiden kustannuksien osuus lukuun ottamatta sähkökustannuksia on tuotantokustannuksista 26 % alkuperäisessä mallissa, 1000 €/m<sup>2</sup> -laskelmassa 21 % ja 1710 €/m<sup>2</sup> -mallissa 17 %.

Katetuottolaskelman luvut vaikuttavat epärealistisen positiivisilta etenkin timjamin osalta alkuperäisen mallin lisäksi myös 1000 €/m<sup>2</sup> -mallin vertailulaskelmassa. Jordaksen (2018) arvio oli, että tulos vertikaalihuoneen osalta olisi noin 25 %. Luvussa 2.3 esitetyn japanilaisyhtiön tulosprosentti on 12 %, joka vastaa lähes 1710 €/m<sup>2</sup> -mallin timjamin 14 % tulostoa. 1000 €/m<sup>2</sup> perustamiskustannuksilla ja 15 % pienemmällä myynnillä sekä 1710 €/m<sup>2</sup> perustamiskustannuksilla laskettuna katetuottolaskelman tunnusluvut vaikuttavat realistisimmilta. Työkustannusten osuus saattaa olla lähellä toteutunutta ainakin kerrosviljelyhuoneessa tehtävien viljelytöiden osalta. Perustamisinvestoinneista aiheutuvat poistokustannukset vaikuttavat liian alhaisilta. Alkuperäisessä laskelmassa poistojen osuus kiinteistä kustannuksista on yli puolet sekä timjamilla että mintulla ja niiden vaikutus on huomattava kokonaisuuden ja laskelman luotettavuuden kannalta.

Katetuottolaskelmasta saadut tulokset alkuperäisillä poistoilla laskettaessa eivät vaikuta uskottavilta, mikä johtunee kustannuksiin liittyvistä mahdollisista virheellisyyksistä, epätarkoista arvioista ja mahdollisesta kokonaisuuden kannalta merkittävien kustannuksien puuttumisesta laskelmasta. Näin ollen tutkimus ei onnistu selvittämään luotettavalla tasolla ruukuttimjamin ja -mintun kannattavuutta kerrosviljelyhuoneessa Robben Pikku Puutarhalla. Tutkimuskysymyksessä haettua kannattavuutta ei täten pystytä tutkimuksen perusteella määrittämään riittävällä tarkkuudella eikä tutkimuskysymykseen saada vastausta. Vertailulaskelmat kalliimmilla investointikustannuksilla ja pienemmällä myyntivolymyymilla osoittavat, että etenkin koneella siemenlisätyn ruukkuyrtin tuotanto kerrosviljelyhuoneessa saattaa olla kannattavaa.

Onnistuneelle tutkimukselle aiheesta on varmasti paljon kiinnostusta useiden yritysten hakiessa tuottavaa kerrosviljelykonseptia eri investointi- ja teknologiatasojen tuotantotiloissa. Esimerkiksi Robben Pikku Puutarhan automatisoidun isomman kerrosviljelyhuoneen kannattavuuden arviointi toisi varmasti arvokasta tietoa kerrosviljelyn mahdollisuuksista Suomessa ja ulkomailla. Kerrosviljelyn mahdollistama tuotantotilan ympäristötekijöiden tarkka hallinta ja seuranta niiden vaikutuksista kasvien kasvuun ja esimerkiksi sekundaarimetaboliaan tarjonnevat merkittäviä mahdollisuuksia tulevaisuuden kasvintutkimuksen, -tuotannon ja -jalostuksen aloilla. Kannattavien kerrosviljelykonseptien kehittäminen ja niiden ympäristövaikutusten tarkka määrittäminen ja minimoiminen ovat luonnollisia edellytyksiä kerrosviljelyn mahdollisessa vakiintumisessa osana tulevaisuuden ruoantuotantoa, ja lähivuosien kehitys selkeyttänee kerrosviljelyn potentiaalia kestävästä tuotantotapana.

## LÄHTEET

Agricool (n.d.). Mission. Haettu 11.4.2020 osoitteesta <https://www.agri-cool.co/en/mission>

Bonbio (n.d.). IKEA to Grow Its Own Lettuce. Haettu 11.4.2020 osoitteesta <https://www.bonbio.com/en/customer-case/ikea/>

Butturini, M. & Marcelis, L. (2019). Vertical farming in Europe: present status and outlook. Teoksessa T. Kozai, G. Niu & M. Takagaki (toim.) *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production, Second Edition*. Elsevier Science & Technology, 77–88.

Certhon (n.d.). Project Deliscious. Haettu 11.4.2020 osoitteesta <https://www.certhon.com/en/projects/deliscious>

FAO (2018). The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Haettu 23.3.2020 osoitteesta <http://www.fao.org/3/CA1553EN/ca1553en.pdf>

Finlex (2016). Maa- ja metsätalousministeriön asetus maatalouden investointien hyväksyttävistä yksikkökustannuksista. Haettu 26.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161559>

Finlex (2015). Valtioneuvoston asetus maatalan investointituen kohdentamisesta. Haettu 26.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150241#a241-2015>

Freight Farms (n.d.). Climate-controlled Smart Farm. Haettu 11.4.2020 osoitteesta <https://www.freightfarms.com/greenery/#climate-control>

Fujitsu (2018). Robbe tuottaa salaattia ja yrttejä älykkäässä kasvuhuoneessa. Haettu 22.5.2020 osoitteesta [https://www.net.fujitsu.fi/fi-FI/2018/Robbe tuottaa salaattia ja yrtteja alykk\(9849\)](https://www.net.fujitsu.fi/fi-FI/2018/Robbe_tuottaa_salaattia_ja_yrtteja_alykk(9849))

Gang, W. (2019). PFAL business and R&D in Asia and North America: status and perspectives: Taiwan. Teoksessa T. Kozai, G. Niu & M. Takagaki (toim.) *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production, Second Edition*. Elsevier Science & Technology, 39–51.

GE Current (2018). Arize Lynk Led Growing System. Haettu 23.4. osoitteesta [https://products.gecurrent.com/sites/products.current-byge.com/files/documents/document\\_file/HORT214-GE-Arize-Lynk-LED-EU-Specsheet.pdf](https://products.gecurrent.com/sites/products.current-byge.com/files/documents/document_file/HORT214-GE-Arize-Lynk-LED-EU-Specsheet.pdf)



GlobalPetrolPrices.com (2019). Japan electricity prices. Haettu 23.5. osoitteesta [https://www.globalpetrolprices.com/Japan/electricity\\_prices/](https://www.globalpetrolprices.com/Japan/electricity_prices/)

Graamans, L., Baeza, E., van den Dobbelstee, A., Tsafara, I. & Stanghellini, C. (2018). Plant factories versus greenhouses: Comparison of resource use efficiency. *Agricultural Systems* 160 (2018), 31–43.

Helsingin Sanomat (2020). Voiko mullistava viljelytapa ratkaista maailman ruokakriisit? Suomesta on tullut futuristiselta näyttävän vertikaaliviljelyn edelläkävijä. Haettu 23.4.2020 osoitteesta <https://www.hs.fi/talous/art-2000006359994.html>

IDTechEx (2020). Vertical Farming: 2020–2030. Haettu 13.5.2020 osoitteesta <https://www.idtechex.com/en/research-report/vertical-farming-2020-2030/719>

Kozai, T. (2013). Resource use efficiency of closed plant production system with artificial light: Concept, estimation and application to plant factory. *Proceedings of the Japan Academy* 89(10), 447–461.

Kozai, T. (2018). Current Status of Plant Factories with Artificial Lighting (PFALs) and Smart PFALs. Teoksessa T. Kozai (toim.) *Smart Plant Factory: The Next Generation Indoor Vertical Farms*. Singapore: Springer Nature Ltd. Singapore

Kozai, T. (2019). PFALs in operation and its perspectives: Introduction. Teoksessa T. Kozai, G. Niu & M. Takagaki (toim.) *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production, Second Edition*. Elsevier Science & Technology, 419.

Kubota, C. (2019). PFAL business and R&D in Asia and North America: status and perspectives: North America. Teoksessa T. Kozai, G. Niu & M. Takagaki (toim.) *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production, Second Edition*. Elsevier Science & Technology, 77–88.

Lu, N. & Shimamura, S. (2018). Protocols, Issues and Potential Improvements of Current Cultivation Systems. Teoksessa T. Kozai (toim.) *Smart Plant Factory: The Next Generation Indoor Vertical Farms*. Singapore: Springer Nature Ltd. Singapore, 31–49.

Neilimo, K.; Uusi-Rauva, E. (2005). *Johdon laskentatoimi*. Helsinki: Edita Prima Oy.

Novarbo Oy (n.d.). Novarbo Vertical Farming: Turn-key Plant Factory Solutions. Haettu 30.5.2020 osoitteesta [https://www.novarbo.fi/media/novarbo/esitteet/novarbo\\_vertical\\_farm\\_fi\\_web.pdf](https://www.novarbo.fi/media/novarbo/esitteet/novarbo_vertical_farm_fi_web.pdf)

Philips Lighting Holding B.V. (2018). Philips Greenpower Led Production Module. Haettu 23.4. osoitteesta [https://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Global/Horticulture/ODLI20180806\\_001-UPD-en\\_AA-Product-sheet-production-module-EN.pdf](https://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Global/Horticulture/ODLI20180806_001-UPD-en_AA-Product-sheet-production-module-EN.pdf)

Rabobank (2018). Vertical farming in the Netherlands. Rabobank, Lambert van Horen. Luento 27.6.2018, Venlo, Alankomaat.

STT Viestintäpalvelut Oy (2019). K-Supermarket Tripla tekee valmisruoan vallankumouksen — kauppa kasvattaa jopa yrttinsä itse. Haettu 11.4.2020 osoitteesta <https://www.sttinfo.fi/tiedote/k-supermarket-tripla-tekee-valmisruoan-vallankumouksen-kauppa-kasvattaa-jopa-yrttinsa-itse?publisherId=69817681&releaseId=69867247>

Suomen Asiakastieto Oy (n.d.). Robbes Lilla Trädgård Ab. Haettu 18.4.2020 osoitteesta <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/robbes-lilla-tradgard-ab/10834041/taloustiedot>

Urban Crop Solutions (2019). UCS Container Farms Deliver Fresh Food to Ikea Stores. Haettu 11.4.2020 osoitteesta <https://urbancropsolutions.com/ucs-solutions-deliver-fresh-food-to-ikea-stores/>

Urban Crop Solutions (2020). Introduction Brochure. Haettavissa osoitteesta <https://info.urbancropsolutions.com/indoor-vertical-farming#form>

Valoya Oy (2020). Led Grow Lights Product Brochure. Haettu 23.4. osoitteesta [https://www.valoya.com/wp-content/uploads/2020/05/EN\\_Product-Brochure\\_2020.2.pdf](https://www.valoya.com/wp-content/uploads/2020/05/EN_Product-Brochure_2020.2.pdf)

Yhdistyneet kansakunnat (2018). World Urbanization Prospects 2018: Highlights. Haettu 23.3.2020 osoitteesta <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>

Yhdistyneet kansakunnat (2019). World Population Prospects 2019: Highlights. Haettu 23.3.2020 osoitteesta [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf)

#### Haastattelut

Jordas, R. (2018). Toimitusjohtaja, Robbes Lilla Trädgård. Sähköposti-viesti. 5.4.2018

Gunn, R. (2018). Kylvövastaava, Robbes Lilla Trädgård. Henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu. 21.5.2018.

Vereshchak, D. (2018). Kerrosviljelyvastaava, Robbes Lilla Trädgård. Henkilökohtainen tiedonanto, haastattelu. 14.5.2018.