

Asuintiloihin soveltuvan viljelyjärjestelmän laatutavoiteteoria

Aapeli Savola (aapeli.savola@utu.fi)

Pro gradu -tutkielma

Käsityökasvatus

Turun yliopisto

Opettajankoulutuslaitos, Rauman yksikkö

Huhtikuu 2019

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

TURUN YLIOPISTO

Opettajankoulutuslaitos, Rauman yksikkö

SAVOLA AAPELI

Asuintiloihin soveltuvan viljelyjärjestelmän laatutavoiteteoria

Pro gradu -tutkielma, 101 sivua ja tuote

Käsityökasvatus

Huhtikuu 2019

Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena on luoda laatutavoiteteoria asuintiloihin soveltuvan viljelyjärjestelmän tuottamiseksi. Tuotteen tarkoituksena on mahdollistaa hyötykasvien viljely ympärivuotisesti ja samalla parantaa asunnon viihtyvyyttä.

Opinnäytetyö on laadullinen tutkimus, jonka toteutus perustuu peräkkäisistä teoriaketjuista rakentuvaan tutkivan tuottamisen malliin. Siinä käsityötajua eli käsityötä ohjaavaa ajattelua tutkitaan luomalla tuottamista ohjaava laatutavoiteteoreema ja testaamalla valmis tuote käyttökohteessaan.

Viljelyjärjestelmälle luotiin tarveanalyysin ja kirjallisuusselvityksen pohjalta laatutavoitteisto, joka testattiin suunnittelemalla ja valmistamalla tuote sekä arvioimalla sille asetettuja dimensioituja tavoitteita. Työn taustateoriasta johdettu tutkimuskysymys kuuluu: *Miten suunniteltu ja valmistettu tuote vastaa asetettuja laatutavoitekriteerejä, eli kuinka laatutavoiteteoreema kykenee ratkaisemaan tuotteen toteutuksen?* Toisena tutkimuskysymyksenä on: *Miten kotiviljelyjärjestelmä voidaan suunnitella ja toteuttaa laatutavoitteiden mukaan?* Tutkimusaineisto kerättiin suorittamalla mittauksia ja laskelmia sekä havainnoimalla ja arvioimalla tuotetta käyttökohteessa. Testauksen keskeinen osa oli koekäyttökoko, johon kuului viiden viikon kasvatuskokeilu. Siinä kasvien kasvua vesiviljelyjärjestelmässä verrattiin multakasvatukseen.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi asuintiloihin soveltuva ravinnekalvotekniikkaan perustuva vesiviljelyjärjestelmä, joka täytti ja osin ylitti sille asetetut toimivuuden, asuinmukavuuden, turvallisuuden ja ekologisuuden laatukriteerit. Käsityötäjän voitiin näin osoittaa ohjanneen onnistuneesti tavoitteiden asettamista sekä suunnittelua ja valmistamista. Tutkielma sisältää myös yksityiskohtaisen kuvauksen tuotteen suunnitteluperusteista ja valmistuksesta. Vaikka tuote on tällaisenaan esteettinen ja käyttökelpoinen, sen valaistusta ja vesi-ravinnejärjestelmää on mahdollista edelleen kehittää. Viljelyjärjestelmän käyttökohdetta voitaisiin laajentaa asuintilasta ja liittää se esimerkiksi koulumaailmaan didaktiseksi välineeksi.

Asiasanat: käsityökasvatus, käsityötaju, tutkiva tuottaminen, kotiviljely, viljelyjärjestelmä, vesiviljely, hydroponiikka, ravinnekalvotekniikka, tutkiva tuottaminen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	5
2 TUTKIVA TUOTTAMINEN TUTKIMUSMENETELMÄNÄ	8
2.1 Tutkiva tuottaminen tutkimusmenetelmänä	8
2.2 Tutkiva tuottaminen tässä opinnäytetyössä	10
3 TUTKIMUSKOHTTEEN MÄÄRITTELY JA AIETUOTTEEN EKSISTENSSIEHDOT	12
3.1 Tuottamishankkeen lähtökohdat	12
3.2 Käyttökohteen perusta	13
3.3 Käyttäjäperusta	14
3.4 Viljelytekniinen perusta	15
3.5 Rakenne- ja materiaaliperusta	18
3.6 Turvallisuusperusta	19
3.7 Ekologinen perusta	20
3.8 Käsityö- ja työperusta	21
3.9 Kehityspäerusta	21
4 LAATUTAVOITTEET	23
4.1 Laatu käsitteenä	23
4.2 Laatatavoitteiden johtaminen	24
4.3 Laatatavoiteprofiilin luominen	28
4.3.1 Toimivuus	29
4.3.2 Asuinmukavuus	31
4.3.3 Turvallisuus	34
4.3.4 Ekologisuus	35

4.4 Laatuavoitteiden testauksen määrittely	38
4.5 Tutkimuskysymykset	43
5 TUOTTEEN JA VALMISTUKSEN SUUNNITTELU	44
5.1 Suunnittelu tutkivassa tuottamisessa	44
5.2 Suunnittelun teoreettisia lähtökohtia	44
5.3 Tuotteen suunnittelu	48
5.3.1 Viljelyjärjestelmän rakenteen ja viljelytekniikan valinta	48
5.3.2 Viljelyjärjestelmän rakenteellisten ja teknisten ratkaisujen suunnittelu	51
5.4 Valmistuksen suunnittelu	60
6 VILJELYJÄRJESTELMÄN VALMISTUS	63
6.1 Valmistusprosessi	63
6.2 Valmistuksen arviointi	67
7 LAATUTAVOITETEOREEMAN TESTAUS	69
7.1 Testauksen peruseräaatteet	69
7.2 Toimivuus	69
7.3 Asuinmukavuus	75
7.4 Turvallisuus	80
7.5 Ekologisuus	82
7.6 Yhteenveto tuloksista	85
8 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI	88
8.1 Laadullisen tutkimuksen luotettavuus	88
8.2 Tämän tutkimuksen luotettavuuden arviointi	90
9 PÄÄTELMÄT	95
LÄHTEET	97

1 JOHDANTO

Erilaiset ekologiset ja poliittiset syyt ovat lisänneet ihmisten kiinnostusta elintarviketuotantoketjua kohtaan. Kiinnostus näkyy muun muassa luomu- ja lähituotteiden suosiossa, ja osa ihmisistä on halukkaita tuottamaan itse ainakin osan omasta ravinnostaan. Viljely voi olla harrastus, josta saa mielihyvää ja joka samalla tuottaa tuoretta ravintoa, joka ainakin koetaan ekologiseksi. Omakotitalossa asuessa voi tehdä oman kasvimaan, ja kaupungeissa harrastetaan muun muassa siirtolapuutarha- ja kasvatuslaatikkoviljelyä. Monet harrastamiseen sopivat viljelymuodot ovat tosin Suomessa mahdollisia lähinnä vain kesällä – talvella viljeleminen on vaikeaa kylmyyden ja pimeyden takia.

Ympärivuotinen tehokas viljely onnistuu Suomessa sisätiloissa talvellakin keinovalon avulla. Asuintiloissa viljeleminen ei kuitenkaan ole ongelmaton: Kasvit vievät paljon tilaa sekä vaativat runsaasti valoa, jonka tuottaminen on ainakin perinteisesti kuluttanut paljon energiaa. Viljely voi olla myös asuintiloihin liian sotkuista. Oikeanlaisia teknologioita hyödyntämällä huonoja puolia on mahdollista vähentää. Tässä työssä paneudun asuintiloihin soveltuvan viljelyjärjestelmän kehittämiseen, toteuttamiseen ja testaamiseen. Käytännön tavoitteenani onkin löytää yksi ratkaisu ympärivuotiseen viljelyharrastukseen.

Parhaimmillaan sisätiloissa toimiva viljelyjärjestelmä tuottaa merkittäviä määriä tuoreita ruoka- ja maustekasveja, mahdollistaa kasvien kasvun seuraamisen, luo viihtyvyyttä parantavan sisustuselementin ja jopa parantaa huoneilman laatua. Tällöin pystytään perustelemaan järjestelmän viemä tila, sen kuluttama energia, hankintakustannukset sekä ylläpitoon kuluva aika. Vastaavia asuintiloihin sopivia, kotiviljelijöitä monipuolisesti palvelevia tuotteita ei kuitenkaan juuri ole markkinoilla. Tämän työn yhtenä tarkoituksena on tuottaa teoriaa, jonka avulla voidaan valmistaa asuintiloihin soveltuva viljelyjärjestelmä.

Tutkimukseni edustaa käsityökasvatuksen tieteenalaa, jonka tärkeänä tehtävänä on tutkia tuottamista ohjaavaa ajattelua eli käsityötajua. Käsityötajulla (engl. craft sense) tarkoitetaan oppijan kykyä saavuttaa käsityöhön liittyvää tietoa, taitoa ja ymmärrystä. Käsityötajun kehittyminen perustuu tuotteiden valmistamiseen ja tuottamisprosessin arviointiin. (Virta, Metsärinne & Kallio 2013, 50.)

Tutkimukseni perustana on Metsärinteen ja Kallion esittelemä tutkivan tuottamisen malli (Metsärinne & Kallio 2011a), jossa käsityötajua tutkitaan tuottamista ohjaavan laatutavoiteteorian rakentamisen ja testaamisen avulla (tarkemmin luvussa 2).

Tämän työn tutkimustavoitteena on 1) muodostaa uniikki laatutavoiteteoreema, joka mahdollistaa asuintiloihin soveltuvan viljelyjärjestelmän tuottamisen, 2) valmistaa tuote ja 3) testata sitä suhteessa asetettuihin dimensioituihin laatutavoitteisiin tutkivan tuottamisen mallia soveltaen. Käsityötajun tutkimiseksi siis ideoin, suunnittelen ja valmistan tuotteen, jonka ominaisuuksia vertaan aluksi määrittämiini laatukriteereihin.

Koska tutkimuksen kohteena on tutkijan yksilöllinen käsityötaju ja uniikki tuote, tutkimus ei pyri yleistettävyyteen kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen kautta. Opinnäytetyöni tutkimusote on siten laadullinen eli kvalitatiivinen. Anttilan (2005) mukaan laadullinen tutkimus pyrkii ilmiön ymmärtämiseen, selittämiseen, tulkintaan ja usein myös soveltamiseen. Laadulliselle tutkimukselle voidaan asettaa seuraavia tavoitteita:

- kuvailla jotakin ilmiötä seikkaperäisesti
- antaa ilmiön sisällöille tulkintoja
- saada jokin asia ymmärrettäväksi
- löytää ilmiöön sisältyviä merkityksiä
- kehittää todellisuutta vastaavasta aineistoista uutta teoriaa.

Muun muassa tutkijan mielenkiinto, käytännön kokemukset ja tausta voivat vaikuttaa tutkimuksen lähestymistapaan. Laadullisessa tutkimuksessa tutkija on yhtä aikaa tutkija, havainnoitsija ja osallistuja, jonka tutkimuksen onnistumiseksi tulee pitää sopivaa etäisyyttä tutkittavaan ilmiöön. (Anttila 2005, 276, 278, 280.)

Tutkivassa tuottamisessa voidaan soveltaa minkä tahansa tieteenalan tietoa ja välineistöä tarpeen mukaan (Metsärinne & Kallio 2011a, 44). Hyödynnänkin työssäni myös yleistä laadun ja tuotesuunnittelun teoriaa, joka on ohjannut osin tämän opinnäytetyön tuotesuunnitteluprosessia. Tutkimusprosessin eri vaiheissa tukeudun lisäksi muiden tutkimusaiheeni kannalta relevanttien tieteenalojen kuten esimerkiksi muotoilun, kasvinviljelyn sekä materiaalitekniikan tietämykseen. Laatutavoitteiden toteutumista testataan osin kokeellisin menetelmin, osin perustuen vapaisiin havaintoihin ja subjektiiviseen arviointiin.

Tutkimusprojektini tuottaa tietoa kokonaisesta monipuolisesta käsityöprosessista, jossa yhdistyvät monenlaiset materiaalit ja valmistustekniikat. Vaikka tuotteessa käytettävät teknologiat, kuten vesi-ravinnejärjestelmän tietyt osat ja kasveille sopiva valaistus, ovat olemassa, niiden uudenlainen sovellus tuottaa uudenlaisen järjestelmän. Koska vastaavaa tuotetta ei ole tiettävästi olemassa eikä sellaista ole ainakaan toteutettu vastaavalla tutkivalla prosessilla, syntyy väistämättä uutta tietoa (ks. Metsärinne & Kallio 2011b, 111).

2 TUTKIVA TUOTTAMINEN TUTKIMUSMENETELMÄNÄ

2.1 Tutkiva tuottaminen tutkimusmenetelmänä

Tutkiva tuottaminen on lähestymisote tai menetelmä, jolla voidaan tutkia käsityötä ohjaavaa ajattelua eli käsityötajua, didaktiikkaa sekä käsityön välineitä ja menetelmiä. Tutkivan tuottamisen malli on kehitetty Turun yliopiston opettajankoulutuslaitoksen Rauman yksikössä. Se perustuu muun muassa käsityökasvatuksen perustutkimustuloksiin, tutkielmaopintojen ohjaukseen sekä opiskelijoiden tutkielmiin ja niihin liittyviin tutkimuksiin. (Metsärinne & Kallio 2011a, 7, 9.)

Tutkiva tuottaminen muodostuu teoriaketjusta, joka koostuu uuden tiedon tuottamista ohjaavan tiedon rakentamisesta ja sen todistamisesta tuottamalla käsityötuote sekä tuloksen arvioimisesta käyttökohteessa. Käsityötäjän tutkimus perustuu tässä menetelmässä siis tuottamista ohjaavan laatutavoiteteorian rakentamiseen ja testaamiseen. Testivälineenä ja arvioinnin kohteena on tuotettava tuote. Menetelmällä selvitetään, ovatko asetetut laatutavoitteet soveltuvia ja tarkoituksenmukaisia tuottamistehtävän kannalta ja ovatko ne toteutettavissa suunnittelun ja valmistuksen avulla. (Metsärinne & Kallio 2011a, 23, 34.)

Tutkivan tuottamisen malli koostuu kolmesta toisiinsa kytkeytyvästä osasta: 1) määrittelyteoreettisesta, 2) tuottamisteoreettisesta ja 3) luotettavuusteoreettisesta osasta. Nämä osat jakautuvat yhteensä seitsemään vaiheeseen, jotka etenevät hankkeen hahmottelusta luotettavuuden arviointiin. Menetelmän soveltaminen vaihtelee kuitenkin tutkimuksen tarkoituksen, tutkimusaiheen ja -kohteen sekä tarvittavien tiedonhankinta- ja analyysimenetelmien mukaan. (Metsärinne & Kallio 2011a, 21.)

Menetelmän kolmeen pääosaan sisältyy useita teorian rakentamisen vaiheita. Käsityötutkija yhdistelee eri aloilta peräisin olevia ratkaisuja ja tietoja ja ratkaisee eri vaiheisiin liittyviä ongelmia käsityötäjänsä avulla samalla kehittäen sitä. (Metsärinne & Kallio 2011a, 36–37.)

Määrittelyteoreettisessa osassa kuvaillaan tutkivan tuottamisen kohde ja esitetään teoria, joka ohjaa tuottamista. Määrittelyteoreettisen tiedon rakentelu voi olla muun muassa loogista ja hypoteettista. Siinä kootaan tuottamisen kohteen laatuun vaikuttavia tietoja ja

perehdytään aiempaan tutkimukseen ja tietämykseen. (Metsärinne & Kallio 2011a, 21, 36, 38.)

Tutkivan tuottamisen ensimmäinen vaihe on käsityöhankkeen hahmottelu sekä tutkimuskohteen kuvailu ja rajaaminen. Toisessa vaiheessa määritetään aietuotteelle asetettavat perusehdot sekä niistä johdetut laatutavoitteet. Niiden avulla voidaan analysoida ja määrittää aietuotteen ominaisuuksia. Laatutavoitteet pitää myös dimensioida, jolloin asetetaan kunkin tavoitteen vähimmäis- ja tavoitetaso. Laatukriteereille annetaan myös painoarvot sen mukaan, kuinka tärkeänä suhteessa kokonaisuuteen tutkija niitä pitää. Laatukriteerit ja -dimensiot muodostavat yhdessä laatutavoiteteoreeman. (Metsärinne & Kallio 2011a, 36–51.)

Kolmas tutkivan tuottamisen vaihe on laatutavoiteteoreeman testauksen määrittely. Testaaminen tapahtuu tuottamalla tuote ja sijoittamalla se käyttökohteeseensa. Testiteoreemassa määritetään, miten valmista tuotetta tullaan arvioimaan suhteessa laatutavoitteisiin. On siis määritettävä arviointikohteet sekä arviointitiedon hankinta- ja analyysimenetelmät. Arviointikohteet operationaalistetaan tutkittaviksi kysymyksiksi. (Metsärinne & Kallio 2011a, 36, 52.) Haasteena on saada laatutavoitteet sellaiseen muotoon, että niitä pystyy testaamaan empiirisesti, jotta testaus ei jäisi vain käyttäjän mielipiteen tasolle. On esimerkiksi helppoa määrittellä sallittavan toimintaäänien desibeliarvo ja mitata se valmiista tuotteesta desibelimittarilla. Toisaalta vaikkapa tuotteen ulkonäön arviointi jää helposti käyttäjien subjektiivisen arvion tasolle.

Todistamisteoreettisen osan tarkoituksena on testata teoria tuottamalla ja arvioimalla tulosta käyttökohteessa (Metsärinne & Kallio, 2011a, 21). Neljäs vaihe onkin tuotteen eli testivälineen ja sen valmistuksen suunnittelun teoretisointi. Tässä vaiheessa tapahtuu tuotteen ja sen valmistuksen yksityiskohtainen suunnittelu. Suunnittelun teoretisointiin kuuluu myös menetelmien valinta sekä niiden perusteleva. Sopivien ratkaisujen löytäminen vaatii tiedonhankinnan lisäksi kokeiluja. Viidennessä vaiheessa tuote valmistetaan samalla arvioiden valmistuksen suunnitelmaa. Kuudennessa vaiheessa tuote sijoitetaan käyttökohteeseen, jossa sitä testataan laatutavoiteteoreeman asettamien laatutavoitteiden suunnassa testiteoreeman mukaisesti. (Metsärinne & Kallio 2011a, 35–36, 58–59, 64–65.)

Seitsemäs, viimeinen vaihe tutkivassa tuottamisessa on tutkimuksen luotettavuuden arviointi. Tässä vaiheessa arvioidaan tutkimustulosten luotettavuutta sekä teoriaketjun rakentumista. Luotettavuutta arvioidaan tarkastelemalla tiedonhankintaa ja tiedon analysointimenetelmiä. (Metsärinne & Kallio 2011a, 65.)

Esimerkkejä Turun opettajakoulutuslaitoksen Rauman yksikössä tehdyistä käsityökasvatuksen opinnäytetöistä, joissa on sovellettu tutkivan tuottamisen mallia ovat muun muassa Otto Hintsalan ja Olli Vaaramon (2017) opinnäytetyö *Jääkiekkovarusteiden kuivauskaapin laatutavoiteteoreema*, Eetu Kanervan ja Joonas Hyrskyn (2018) *Kevyen ja siirrettävän kenttäsaunan tuottaminen ja testaus* sekä Sampo Ristiojan & Satu Ristiojan (2017) *Muunneltava pinnasänky*. Ne kaikki sisältävät tutkivan tuottamisen määrittely-, todistamis- ja luotettavuusteoreettiset osat. Jokaisen mainitun opinnäytetyön tuotteen todettiin vähintään pääosin vastaavan laatutavoiteteoreemaa ja vähimmäistavoitteiden toteutuneen tai ylittyneen. Opinnäytetöissä on kuitenkin eroja tutkimusongelmien muotoilussa, sisällön painotuksissa ja testausmenetelmissä.

2.2 Tutkiva tuottaminen tässä opinnäytetyössä

Tämä työ noudattaa tutkivan tuottamisen mallin perusrakennetta. Määrittelyteoreettisessa osassa (luvut 3 ja 4) määrittelen käsityöohjauksen, kuvaan tuotteen eksistenssiehdot eri perustojen avulla sekä esitän laatutavoiteteoreeman määrittelemällä tuotteen laatutavoitekriteerit vähimmäis- ja tavoitetasoineen. Lisäksi laatutavoitteet on operationaalistettu ja niille esitetään arviointimenetelmät (testiteoreema). Todistamisteoreettisessa osassa (luvut 5–7) kuvaan tuotteen suunnittelu- ja valmistusprosessin sekä valmiin tuotteen ja sen testauksen. Luotettavuusteoreettisessa osassa luvussa 8 arvioin tutkimuksen luotettavuutta. (Kuvio 1.) Pääosa tuottamiseen tarvittavasta teoriasta sisältyy määrittelyteoreettiseen osaan, mutta osan teoriaa esitän vasta suunnitteluosiossa. Suunnittelun yhteydessä tuon esille sellaista tietoa, joka perustelee suunnittelussa tekemiäni ratkaisuja.

Määrittelyteoreettinen osa

- 1) Käsityöhankkeen hahmottelu
- 2) Tuotteen perusehtojen kuvaaminen sekä laatutavoitekriteerien määrittely ja dimensiointi
- 3) Testauksen määrittely: arviointikohteiden operationalisointi ja arviointimenetelmät

- **Tutkimuskohteen rajaus**
- **Laatutavoiteteoreema**
- **Testiteoreema**

Todistamisteoreettinen osa

- 4) Tuotteen suunnittelu
- 5) Tuotteen valmistus ja sen arviointi
- 6) Laatutavoiteteoreeman testaus

- **Suunnitteluteoreema**
- **Valmis tuote**
- **Laatutavoiteteoreeman testauksen tulos**

Luotettavuusteoreettinen osa

- 7) Tutkimuksen luotettavuuden arviointi

- **Arvio tutkimuksen luotettavuudesta**

Kuvio 1. Tutkivan tuottamisen malli tässä työssä.

3 TUTKIMUSKOHTTEEN MÄÄRITTELY JA AIETUOTTEEN EKSISTENSSIEHDOT

3.1 Tuottamishankkeen lähtökohdat

Tuottamishankkeeseen ryhtymisen mielekkyyttä voidaan arvioida arvo- ja riskianalyysin perusteella – miksi tuottamiseen kannattaisi ryhtyä tai miksi olla ryhtymättä. Vaikka tutkivan tuottamisen kohteeksi on usein hahmoteltu tuoteongelma ja sen ratkaisu, Metsärinne ja Kallio (2011a, 46) määrittelevät tutkimustehtävän laajemmin: ”Tutkimustehtävänä ei ole vain tuoteongelmien ratkaisu vaan tutkivan tuottamisen kohteeksi hahmotettavan elinympäristön todellisuustilan (välinetodellisuuden) kokonaisvaltaisempi parantaminen.” Kallion (2014, 15) mukaan kokonainen käsityö aloitetaan tutkimalla omaa elinympäristöä avoimin mielin, hakemalla parantamista kaipaavia kohteita ja jäsentämällä ne käsityönä ratkaistavaksi. Tavoitteena on korjata jossakin kohteessa koettu välineettömyyden tunne (Metsärinne & Kallio 2011a, 41). Tässä opinnäytetyössä toteutettava tuote pyrkii poistamaan ympärivuotiseen kotiviljelyyn tarvittavan välineen puutteen.

Jo tuotteen nimeäminen on sen yhden olemassaoloehdon määrittämistä (Metsärinne & Kallio 2011a, 48). Tämän työn aietuotteesta käytän määrittelyvaiheessa nimeä *viljelyjärjestelmä* ollakseni rajoittamatta sen toteutusmahdollisuuksia.

Aietuotteen olemassaoloa voidaan perustella eri näkökulmien avulla. Tuotteella voi olla muun muassa käyttökohteen, käyttäjä-, muoto-, materiaali-, rakenne-, käsityö-, turvallisuusperusta ja ekologinen perusta. (Metsärinne & Kallio 2011a, 83–84.) Eksistenssiehtojen rajanveto on kuitenkin hankalaa, koska perustat muodostavat verkoston ja sama ehto voidaan hahmottaa useamman ulottuvuuden näkökulmasta. Esimerkiksi turvallisuus liittyy kiinteästi niin varsinaiseen turvallisuusperustaan kuin käyttäjä- ja käyttökohteen perustoihin. Seuraavassa perusehdot on ryhmitelty korostaen niitä ulottuvuuksia, jotka koen keskeisiksi aietuotteeni kannalta, vaikka rajanvedot eivät ole eksakteja. Lisäksi Metsärinne ja Kallio (2011a, 83) toteavat, että kuvailun vaiheet ovat vuorovaikutuksellisia ja riippuvaisia toisistaan.

3.2 Käyttökohteen perusta

Käyttökohteeksi olen määritellyt kotiviljelyn asuutilassa. Käyttökohteella tarkoitetaan tässä työssä siis käyttötarkoituksen ja käyttöympäristön muodostamaa kokonaisuutta.

Sillä, minne tuote suunnitellaan ja sijoitetaan, on keskeinen merkitys tuotteelta vaadittavien ominaisuuksien kannalta (Metsärinne & Kallio 2011a, 85). Tuotteen on tarkoitus palvella pienimuotoista viljelyä ilman erillisiä tiloja kuten kasvihuonetta. Ympärivuotisen viljelyn tavoite sulkee pois ulkotilojen ja viherhuoneiden käytön Suomen olosuhteissa.

Visioimani viljelyjärjestelmän käyttöympäristöksi valitsin asuutilat, ensisijaisesti yksityisasunnon. Kun viljelyjärjestelmä sijaitsee käyttäjänsä kotona, siinä kasvavat tuotteet, esimerkiksi maustekasvit, ovat heti käytettävissä. Myös sen käyttö ja hoito onnistuvat silloin osana arkea, eikä erillisiä tiloja vaadita.

Viljelyjärjestelmän sijoittaminen asuutiloihin asettaa kuitenkin tuotteelle monenlaisia haasteita niin asuinmukavuuden kuin turvallisuudenkin osalta. Asuutiloissa täytyy muun muassa huomioida valaistuksesta koitua lämmöntuotto ja kasveista haihtuva kosteus. Kastelujärjestelmän vuoto voi aiheuttaa vakavia vaurioita rakenteille (ks. myös luku 3.5 Turvallisuusperusta).

Viihtyvyyteen vaikuttaa muun muassa tuotteen estetiikka, jonka täytyy olla asuutiloihin sopiva. Kirjassa Käytettävyyden psykologia esteettisen visuaalisen suunnittelun peruseriaatteiksi mainitaan selkeys, johdonmukaisuus, miellyttävä ulkonäkö ja yksinkertaisuus. Eri ihmisten arvostamat piirteet tosin vaihtelevat. (Sinkkonen, Kuoppala, Parkkinen & Vastamäki 2002, 178–179.) Useimmat kokevat miellyttäväksi tuotteen, joka on symmetrinen, puhdaslinjainen ja perustuu yksinkertaisiin geometrisiin muotoihin (Kettunen 2001, 21). Tässä tapauksessa viljelyjärjestelmän tulisi kokonaisuudessaan parantaa käyttäjän kokemaa viihtyvyyttä eikä heikentää sitä. Tuotteen on tarkoitus olla pelkistetyn tyylikäs, viimeistelty kokonaisuus, jossa kasvavat kasvit jäävät ulkonäöllisesti keskeiseen rooliin.

Kodissa tuote ei saa tuottaa häiritsevää melua tai valoa. Asuutilojen hyväksyttävissä olevista äänitasoista on säädetty asumisterveysasetuksessa (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015) sekä Rakentamismääräyskokoelman osassa C1: Ääneneristys ja meluntorjunta

rakennuksessa (Ympäristöministeriö 1998). Niissä äänitasot on määritetty sekä maksimiäänenvoimakkuuden että keskiarvoisen äänitason mukaan. Asumisterveysasetus erottelee myös päivä- ja yöaikaisen melutason. Rinnastan toteutettavan viljelyjärjestelmän näissä säännöstoissa mainittuihin LVIS-laitteisiin, joita ovat esimerkiksi ilmanvaihto- ja lämmityslaitteet. Hyväksyttäviä äänitasoja arvioitaessa on otettava huomioon myös impulssimainen ja kapeakaistainen melu. Impulssimaisella melulla tarkoitetaan asumisterveysasetuksen mukaan melua, joka sisältää kuulohavainnoin ja mittaamalla erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä toistuvia lyhytkestoisia ääniä. Kapeakaistainen melu taas tarkoittaa melua, joka sisältää kuulohavainnoin ja mittaamalla erotettavissa olevia melun haitallisuutta lisääviä äänemäisiä tai kapeakaistaisia komponentteja. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015, 2 §.)

Kun tuote suunnitellaan asuintiloihin, on otettava huomioon sen viemä tila. Sisätila on arvokasta, ja sitä on harvoin liikaa, joten viljelyjärjestelmä täytyy suunnitella viemään mahdollisimman vähän tilaa. Tuote täytyy voida sijoittaa asuintiloissa esimerkiksi keittiöön tai olohuoneeseen. Suunnittelemassani viljelyjärjestelmässä lähdän liikkeelle omasta asunnostani ja arvioistani tuotteen sijoitusmahdollisuuksista tavanomaisissa asunnoissa. Kokoon vaikuttavat myös muut tekijät, kuten siirreltävyys ja haluttu kasvatuspinta-ala. Tilankäytöllisistä syistä viljelyjärjestelmä on usein järkevää sijoittaa seinää vasten. Tämän takia tuotteessa täytyy olla jonkinlainen mahdollisuus kääntää tai liikutella sitä, jotta kasveja voi hoitaa ja kerätä helposti myös toisesta suunnasta.

Viljelyjärjestelmän välinearvot voidaan kiteyttää seuraavasti:

1. syötävien kasvien tuottaminen
2. viljelyharrastuksen mahdollistaminen ympärivuotisesti asuintiloissa
3. käyttöympäristön viihtyvyyden lisääminen.

3.3 Käyttäjäperusta

Tuotteelle asetetut vaatimukset määrittyvät osaltaan käyttäjän ominaisuuksista ja vaatimuksista (Metsärinne & Kallio 2011a, 85). Suunnittelussa on siis huomioitava käyttäjän tarpeet. Tässä tutkimuksessa toimin itse tuotteen pääasiallisena käyttäjänä ja testaajana. Vaikka suunnittelen tuotetta omista lähtökohdistani, yritän luoda tuotteen, joka soveltuisi yleiseen kotitalouskäyttöön. Pyrin yleistämään viljelyjärjestelmän

käyttäjäksi kenet tahansa henkilön, joka haluaa kasvattaa syötäviä kasveja kotonaan. Lähtökohtaisesti tällaisella käyttäjällä ei tarvitse olla aluksi erityisosaamista kasvien kasvattamisesta, ja viljelyjärjestelmän perusominaisuuksien käyttöön täytyy voida opastaa verrattain yksinkertaisen ohjeistuksen avulla. Toisaalta osaamisesta on hyötyä esimerkiksi idätettäessä omia taimia tai kastelujärjestelmän ravinnepitoisuuksien määrittelyssä kasvatettaville kasveille ihanteelliseksi. Käyttäjän näkökulmasta viljelyjärjestelmän käyttäminen tai huoltaminen ei saa viedä paljoa aikaa.

3.4 Viljelytekninen perusta

Kasvien kasvuun vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa ilman hiilidioksidipitoisuus, ilman lämpötila, ilmankosteus, kasvatusalustan veden ja ilman määrä sekä kasvien saamien ravinteiden määrä. Kasvutekijöitä säätämällä pyritään siihen, että kasvi pystyisi yhteyttämään mahdollisimman tehokkaasti. Viljelyssä tavoitteena on, että kasvi muotoutuu halutulla tavalla ja että energiaa varastoituu satona käytettäviin osiin. (Jaakkonen & Vuollet 2003, 29.)

Valo

Valo on kasvien energianlähde, jota ne absorboivat yhteyttämistä varten. Yhteyttäessään kasvi muuttaa hiilidioksidin ja veden valon energian avulla sokereiksi. Niitä kasvi käyttää yhdessä juurilla imemiensä ravinneaineiden kanssa kasvamiseen. Valo vaikuttaa näin kasvimassan tuotantoon sekä kasvin muotoon, suuntautumiseen ja kasvurytmiin. Kasvien kasvu riippuu siitä, kuinka pitkään ne saavat valoa, kuinka voimakasta valo on sekä mikä on valon suunta ja sen laatu.

Valon eri aallonpituudet imeytyvät kasviin eri tavoilla. Valon aallonpituusalueita, jota kasvit voivat hyödyntää yhteyttämässä, kutsutaan PAR-säteilyksi (photosynthetically active radiation), joka on lähes sama kuin näkyvän valon alue. Yhteyttämisen kannalta tärkeimpiä ovat kuitenkin valon siniset ja punaiset sävyt. (Järvinen, Karjalainen & Vuollet 2016, 56.) Kasvien valontarve vaihtelee lajin ja kasvuvaiheen mukaan.

Lämpötila

Kasvit tarvitsevat kasvaakseen sopivan lämpötilan. Yhteyttämistä voi tapahtua 7–33 celsiusasteen lämpötiloissa, mutta eri kasveilla on erilaiset optimilämpötilat. Yleisesti kasvu nopeutuu lämpötilan noustessa mutta vain tiettyyn rajaan saakka. (Jaakkonen & Vuollet 2003, 45–46.)

Kasvualusta

Kasvualustalla tarkoitetaan sitä ainetta, jossa kasvi kasvaa. Kasvualusta huolehtii kasvin hapen, veden ja ravinteiden saannista sekä tukee juuria samaan tapaan kuin maa (Resh 2004, 119).

Eri kasvualustoilla on monia erilaisia ominaisuuksia ja niitä voidaan jaotella monilla tavoilla. Yleisesti kasvualustat jaetaan aktiivisiin alustoihin, jotka pystyvät pidättämään ja luovuttamaan ravinteita kasveille, sekä inaktiivisiin alustoihin, joilla ei ole ravinnepidätyskykyä. Aktiiviset kasvualustat voidaan lannoittaa etukäteen, kun taas inaktiivisissa kasvialustoissa kasvin käyttöön tulevat ravinteet annetaan vasta kasteluveden mukana. Kasvualustassa kasveille tärkeitä ovat sen fysikaaliset, kemialliset ja biologiset ominaisuudet. (Kanniainen 2003, 121–123.)

Hyvässä kasvualustassa täytyy olla korkea kokonaishuokostilavuus sekä sopiva vesi- ja ilmatila. Esimerkiksi kivivillassa kokonaishuokostilavuus on yli 95 %. Jos kasvualustan vesitila on liian suuri suhteessa ilmatilaan, juurien hapenpuutteen riski kasvaa. Hyvän kasvualustan pitää olla myös kestävä, eikä se saa painua esimerkiksi kasaan, jolloin sen ominaisuudet muuttuvat. Kemiallisista ominaisuuksista kasvualustalta vaaditaan muun muassa sopivaa pH-arvoa (yleisesti 5–6,5) ja sitä, että se ei sisällä haitallisia aineita. Hyvässä kasvualustassa ei myöskään esiinny kasveille haitallista mikrobitoimintaa. (Kanniainen 2003, 123–124.)

Vesiviljelyssä kasveja on mahdollista kasvattaa ilman kiinteää kasvualustaa. Taimet voidaan kuitenkin kasvattaa kiinteässä kasvualustassa, josta juuret kasvavat ulos. Tällöin puhutaan paakkutaimesta. Kasvualustasta ulos kasvaneita juuria huuhdellaan jatkuvasti tai väliajoin ravinneliuoksella. Esimerkiksi salaattia kasvatetaan ilman kiinteää kasvualustaa NFT- eli ravintokalvotekniikalla. (Kanniainen 2003, 125–132.)

Kasvualustoina käytetään muun muassa erilaisia turpeita, kivivillaa, perliittiä ja kevytsoraa. Kasvualustamateriaaleja voidaan käyttää myös erilaisina seoksina. (Kanniainen 2003, 125–132.) Kasvualustan valinta määräytyy saatavuuden, kasvatustavan, laadun ja hinnan mukaan (Resh 2004, 119).

Vesi

Suurin osa kasvin massasta on vettä, ja kasvit tarvitsevat sitä moniin toimintoihin. Esimerkiksi lehtivihanneksista n. 90 % on vettä. Ilman vettä fotosynteesi ei ole mahdollinen. Lisäksi vesi toimii liuottimena, jossa ovat kaikki aineenvaihdunnan raaka-aineet. Veden nestejännitys taas pitää kasvin pystyssä. Vedenpuute aiheuttaa kasveissa yleisimmin kasvuhäiriöitä. Se, että kasvi ei saa tarpeeksi vettä, voi johtua liian vähäisestä kastelusta tai virheellisestä lannoituksesta. Toisaalta vettä voi olla kasvualustassa liikaakin, mikä johtaa hapenpuutteeseen ja estää juurien tarkoituksenmukaista toimintaa. Veden tarpeeseen vaikuttavat kasvilaji, kasvualusta, lämpötila ja valon määrä. (Jaakkonen & Vuollet 2003, 49–51; Järvinen ym. 2016, 74–75.)

Ravinteet ja ravinneliuos

Kasviravinteita ovat ne aineet, jotka ovat välttämättömiä kasvin kasvuun ja kehitykselle. Ravinteet voidaan jakaa makro- ja mikroravinteisiin. Makroravinteita kasvi käyttää paljon, kun taas mikroravinteita tarvitaan vain vähän. Makroravinteita ovat hiili, happi, vety, typpi, fosfori, rikki, kalium, kalsium ja magnesium. Mikroravinteisiin kuuluvat rauta, mangaani, kupari, sinkki, molybdeeni, boori ja kloori. Ravinteiden pitää myös olla oikeassa muodossa, jotta kasvi pystyy hyödyntämään niitä. Eri kasveilla on erilaiset optimaaliset ravinnepitoisuudet. Näitä pitoisuuksia on tutkittu melko tarkasti lajikohtaisesti, mutta kasvien ravinteidensaantia on käytännössä mahdotonta säädellä aivan täydellisesti. (Kanniainen 2003, 141–144.)

Jos kasvien ravinnetarpeita ei pystytä tyydyttämään kasveille sopivalla tavalla, niiden kasvu häiriintyy. Häiriöt voivat johtua joko liian vähäisestä lannoituksesta tai ylilannoituksesta. Ravinteiden puutosoireet näkyvät eri kasveissa kasvilajin ja puuttuvan ravinteen mukaan eri tavoilla: esimerkiksi lehtien reunojen kuivumisena, kun kalsiumia ei ole riittävästi. (Kanniainen 2003, 152–153.) Havainnekuvia ravintoaineiden puutosten vaikutuksesta kasveihin löytyy sivustosta <https://www.epicgardening.com/plant->

nutrients/ (Williams 2019). Vesikasvatuksessa ravinneliuos huolehtii kasvin veden ja ravintoaineiden saannin lisäksi osaltaan myös hapen saannista (Resh 2004, 119).

Markkinoilla on harrastekäyttöön monia erilaisia valmiita ravinneliuoksia, jotka sisältävät kaikki kasvien tarvitsemat ravinteet kasveille sopivassa muodossa. Sakkaantumisen takia ravinneliuos koostuu yleensä kahdesta erillisestä osasta.

3.5 Rakenne- ja materiaaliperusta

Ympärivuotisesti tehokkaasti asuintiloissa toimivassa viljelyjärjestelmässä täytyy oman arvioni mukaan yhdistyä ainakin kolme järjestelmää: 1) kastelujärjestelmä, joka kuljettaa veden ja ravinteet kasveille, 2) valaistusjärjestelmä, joka takaa kasveille riittävän valonsaannin sekä 3) runkorakenne, joka toimii kastelu- ja valaistusjärjestelmän kiinnitysalustana ja muodostaa kasvien kasvatuspaikat yhdessä kastelujärjestelmän kanssa.

Sopivien materiaalien valitsemiseksi on tunnettava niiden ominaisuudet mukaan lukien hinta sekä eri valmistusmenetelmien, käyttöympäristön ja toimintojen vaikutus ominaisuuksiin. Materiaalilta vaadittavia ominaisuuksia voivat olla muun muassa erilaiset mekaaniset, lämpötila-, korroosio- ja tuotanto-ominaisuudet sekä muut ominaisuudet, kuten paino, ulkonäkö ja pintakäsittelyvyys. (Koivisto ym. 2008, 7–15.)

Aineet, jotka liukenevat materiaalista, saattavat vaikuttaa suoraan veden ominaisuuksiin, kuten sen kemialliseen, tekniseen tai terveydelliseen laatuun (Kekki, Keinänen-Toivola, Kaunisto & Luntamo 2007, 20). Erityisesti tässä työssä on kiinnitettävä huomiota veden kanssa kosketuksissa olevista materiaaleista kuten muovista mahdollisesti liukeneviin haitallisiin aineisiin.

Kuusi kiteytti jo vuonna 1994 julkaisussaan Materiaalit murroksessa kestävän kehityksen mukaiset ja tämänkin työn kannalta relevantit materiaalipoliittiset tavoitteet seuraavasti:

- energian säästö tai aurinkoenergian hyödyntämisen lisääminen
- materiaalien kierrätys
- kestävä ja luotettava materiaaliratkaisut
- sellaisten materiaalien käyttö, jotka luonto pystyy palauttamaan kiertokulkuun tai joista ei jää luonnon kiertokulkuun haittaavia jäämiä

- terveyden ja hyvinvoinnin pysyvästi takaavat materiaalivalinnat (Kuusi 1994, 9).

Viljelyjärjestelmän kolme osaa ja järjestelmässä olevat kasvit rajaavat osaltaan siinä käytettävien materiaalien ominaisuuksia, jotka lopulta johtavat materiaalivalintoihin. Eri osissa materiaaleilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia. Runkorakenteessa korostuu kestävyys mutta myös visuaalisuus. Sen materiaalivalintoihin vaikuttavat turvallisuus, kestävyys ja ulkonäkö. Suunnittelussa viljelyjärjestelmässä jokaisen materiaalin täytyy olla joko täysin vedenkestävä, kosteudenkestävä tai suojattu vedenkestävästi. Järjestelmän turvallisuuteen liittyviä rakennetekijöitä käsitellään tarkemmin seuraavaksi turvallisuusperustassa.

3.6 Turvallisuusperusta

Jokaiseen tuotteeseen sisältyy riskejä. Viljelyjärjestelmän riskitekijät voidaan jakaa ihmisiin kohdistuviin ja käyttöympäristöön liittyviin riskeihin. Osittain nämä riskit ovat myös päällekkäisiä: esimerkiksi tulipaloriski uhkaa sekä ympäristöä että ihmisiä.

Viljelyjärjestelmässä täytyy huomioida käyttäjän kannalta ainakin vakaus, sähköturvallisuus, tulipalovaara, ilmanlaadulliset tekijät ja elintarviketurvallisuus. Tyypilliset asuintiloissa käytettävät melko korkeat ja raskaat rakenteet kuten kirjahyllyt aiheuttavat vakavan vaaran kaatuessaan. Tästä syystä viljelyjärjestelmästä pitää tehdä rakenteellisesti tukeva. Viljelyjärjestelmän sähköllä toimivat järjestelmät kuten valaistus voivat aiheuttaa sähköiskun. Vialliset sähkölaitteet voivat aiheuttaa myös tulipalon. Myös kastelujärjestelmän vesi tuo sähköjärjestelmän toteutukselle omat haasteensa. Viljelyjärjestelmän kastelujärjestelmän mahdolliset vuodot ja kasveista haihtuva kosteus aiheuttavat asuintilalle riskitekijöitä.

Vaikka turvallisuuslainsäädäntö ei koske itse rakennettuja sähkölaitteita, yhtenä lähtökohtana turvallisuudessa voidaan pitää kaupallisille tuotteille asetettuja turvallisuusvaatimuksia (muun muassa Sosiaali- ja terveysministeriö 2015; SFS 6000-5-51:2017). Näitä vaatimuksia tarkastellaan tarkemmin luvussa 5 suunnittelun yhteydessä. Viljelyjärjestelmään liittyy myös elintarvikelaki, koska se tuottaa syötäviä kasveja. Sen mukaan elintarvikkeiden kemiallisen, fysikaalisen, mikrobiologisen ja terveydellisen laadun tulee olla sellainen, ettei ihmisen terveydelle aiheudu vaaraa (Elintarvikelaki 2006,

7 §). PVC:n pehmenneaineina käytettyjen ftalaattien on epäilty altistavan monille vakaville sairauksille (Terveystieteiden tutkimuskeskus ja Hyvinvoinnin tutkimuskeskus 2018), minkä vuoksi niiden käyttöä on turvallisinta välttää. Lisäksi PVC sisältää monia muita lisäaineita, joilla pyritään vaikuttamaan sen ominaisuuksiin. Elintarvikehyväksytyjen muovien taas tulee valmistusmateriaaleiltaan olla monomeeritasolta lähtien elintarvikekäyttöön hyväksytyjä ja EU-säädösten mukaisia (Muoviteollisuus ry n.d.).

3.7 Ekologinen perusta

Viljelyjärjestelmän suunnittelussa yksi tärkeä lähtökohta on sen ekologisuus. Osin asiaa sivuttiin jo materiaalivalintojen yhteydessä, eikä ekologisuutta voikaan tarkastella irrallaan muista perustoista. Van Hemel (1998, Walkerin & Girardin 2013, 112 mukaan) on listannut seitsemän ympäristöystävällisen suunnittelun strategiaa, joista erityisesti kohdat 1, 5 ja 6 ovat merkityksellisiä tämän opinnäytetyön aietuotteen suunnittelun kannalta:

1. vähän kuormittavien materiaalien valinta (mm. uusiutuvat ja puhtaat materiaalit)
2. materiaalin säästeliäs käyttö
3. valmistustekniikoiden optimointi (mm. vähäinen materiaalihukka)
4. jakelujärjestelmän optimointi
5. käytön suunnittelu vähän kuormittavaksi (mm. energiatehokkuus, käyttötarvikkeiden kulutus)
6. tuotteen suunnittelu pitkäikäiseksi (mm. luotettavuus ja kestävyys, ylläpidon helppous ja korjattavuus, muuntautuavuus, ajaton muotoilu)
7. tuotteen loppukäytön suunnittelu (mm. hävitettävyys, kierrätettävyys).

Ympäristöystävällisyyden kannalta huomioitavia asioita ovat viljelyjärjestelmässäni ainakin valmistusmateriaalien ja osien käyttöikä ja korjattavuus, energiankulutus, vedenkulutus sekä kuluvat aineet ja tarvikkeet, kuten ravinteet ja mahdolliset kasvatusalustat. Kaikkien edellä mainittujen tekijöiden ekologisuuteen voidaan vaikuttaa suunnitteluratkaisuilla. Lisäksi tuote ei saa olla työläs tai epämukava käyttää, koska muuten se voi jäädä käyttämättä.

3.8 Käsiyö- ja työperusta

Käsiyö- ja työperustassa arvioidaan aiotun tuotteen tuottamisedellytyksiä. Aietuotteen tuottamismahdollisuuksien pitää olla suuremmat kuin mahdollisuudet epäonnistua, ja tuottamisella täytyy olla myös aikarajat (Metsärinne & Kallio 2011a, 86). Viljelyjärjestelmän täytyy olla suunniteltavissa ja valmistettavissa omalla nykyisellä ja prosessin aikana hankkimallani käsiyöosaamisella (tiedot ja taidot) siltä osin kuin tuote on toteutettavissa käytettävissäni olevilla välineillä. Lisäksi sen tulee syntyä siinä ajassa, joka minun on mahdollista käyttää siihen muun opinnäytetyön kirjoittamisen ohessa. Arvioin tämän ajan olevan runsaan kahden viikon työtunnit eli 100 tuntia.

3.9 Kehityspäerusta

Erilaisia asuintiloihin suunniteltuja viljelyjärjestelmiä on kehitelty paljon. Niille ei ole virallista luokittelua, mutta niitä voi jaotella esimerkiksi kasvatusmenetelmän, kasvatuskapasiteetin ja valaistuksen mukaan.

Pöytäpuutarhat ovat melko yleinen kotiviljelyn tarpeeseen kehitetty tuote. Niissä käytetään erilaisia kasvatusmenetelmiä, kuten erilaisia vesikasvatuksen muotoja. Kaupallisissa pöytäpuutarhoissa on usein oma pienitehoinen kasvatusvalo. Pöytäpuutarhojen kasvatuskapasiteetti jää hyvin vähäiseksi pienen pinta-alan ja tehottoman valaistuksen takia. Niiden hyvänä puolena on toisaalta juuri pieni koko ja sen tuoma helppo sijoitettavuus. Monet mallit vaikuttavat olevan tarkoitettuja lähinnä pidentämään kaupan salaatti- ja yrttiruukkujen elinikää. Esimerkkejä kaupallisista pöytäpuutarhoista ovat muun muassa Fiskarsin KitchenGarden Basic, Tregrenin Herbie Indoor Garden ja Zengrown Kitchen Garden (ks. esim. Kuningaskuluttaja 2015).

Start up -yrityksellä Kasviportaati Oy:llä on myynnissä Supragarden-niminen pystysuuntainen vesiviljelyjärjestelmä, joka vaikuttaa olevan kaupallisista tuotteista lähimpänä asettamieni tavoitteiden mukaista tuotetta. Supragarden koostuu lattialla olevasta vesisäiliöstä ja sen päälle lisättävistä putkimaisista moduuleista, joilla voidaan muodostaa erilaisia viherseinäratkaisuja. (Kasviportaati Oy.)

Kotiviljelyharrastajat ovat kehittäneet paljon erilaisia niin kutsuttuja tee-se-itse-
viljelyjärjestelmiä. Näistä harrastelijatuotteista on löydettävissä omaa visiotani
lähimpänä olevia viljelyjärjestelmiä.

On olemassa myös erilaisia viherseiniä, jotka on suunniteltu sisustuselementeiksi ja joita
markkinoidaan ilmanlaadun parantamiseen. En kuitenkaan käsittele niitä, koska niitä ei
ole suunniteltu ravintokasvien kasvattamiseen, johon tämän työ keskittyy.

Aietuotteeni uutuusarvo on se, että järjestelmä tuottaa tehokkaammin syötäviä kasveja
kuin kaupalliset pöytäpuutarhat. Aietuotteeni on myös ulkonäöltään kalustemaisempi
kuin edellä mainitsemani Supragarden tai harrastelijoiden vastaavat ratkaisut.

4 LAATUTAVOITTEET

4.1 Laatu käsitteenä

Laatu on moniulotteinen käsite, joka voidaan määritellä ja tulkita eri tavoin ja monesta näkökulmasta (esim. Juran 1988, 10–11; Lecklin 2006, 18–20; Foster 2017, 27; Goetsch & Davis 2016; Lillrank 1998, 28–41). Juran (1988, 11; 1998, 21) erottaa laatu-sanana kaksi poikkeavaa merkitystä:

1. Laatu tarkoittaa tuotteiden piirteitä, jotka ovat asiakkaiden tarpeiden mukaisia ja tekevät asiakkaista tyytyväisiä.
2. Laatu on tuotteen virheettömyyttä, jolloin vältetään esimerkiksi tuotteen virheiden aiheuttamilta kielteisiltä seurauksilta, kuten vikaantuminen käytössä ja asiakasvalitukset.

Yksi tunnetuimmista laadun lyhyistä määritelmistä on Juranin ytimekäs kiteytys: laatu on tuotteen soveltuvuutta käyttötarkoitukseen (fitness for use) (Juran 1988, 11). Standardin SFS-EN ISO 9000 mukaan (2015, 6) tuotteiden ja palveluiden laatuun sisältyy niiden käyttötarkoituksen ja toimivuuden lisäksi myös asiakkaan kokema arvo ja hänen niistä saamansa hyöty.

Suomalainen laatuteoreetikko Paul Lillrank (1998, 28–39) taas erottelee seuraavat laadun ulottuvuudet:

- tuotantokeskeinen laatu, joka tarkoittaa tuotteen virheettömyyttä
- suunnittelu- eli tuotokeskeinen laatu, joka tarkoittaa tuotteen suorituskykyä sisältäen muun muassa luotettavuuden, kestävyuden ja huollettavuuden
- asiakaskeskeinen laatu, joka tarkoittaa tuotteen soveltuvuutta kokonaisuutena asiakkaan tarpeisiin
- systeemi- eli ympäristökeskeinen laatu, joka tarkoittaa tuotteen vaikutuksia ympäröivään yhteiskuntaan ja ympäristöön tavoitteena yhteinen hyvä.

Käytännön toiminnassa kaikki nämä Lillrankin mainitsevat näkökulmat ovat useimmiten edustettuna (Lecklin 2006, 20).

Garvinin (1988, 49–50) laatumääritelmä on vieläkin laajempi. Se käsittää kahdeksan laatutekijää:

1. suorituskyky, tuotteen ensisijaiset toiminnalliset ominaisuudet (performance)
2. tuotteen toissijaiset ominaisuudet (features)
3. luotettavuus (reliability)
4. vaatimustenmukaisuus (conformance)
5. kestävyys (durability)
6. huollettavuus/korjattavuus (serviceability)
7. esteettisyys (aesthetics)
8. koettu laatu (perceived quality).

Kojonkoski-Rännäli (2009, 70) huomauttaa, etteivät tällaiset ominaisuudet ole suoraan nähtävissä tuotteessa, vaan ne tulevat näkyviin vasta käytössä. Vasta kun tuotetta käytetään ja se kuluu, ilmenee esimerkiksi materiaalien ja valmistustekniikoiden tarkoituksenmukaisuus sekä muodon ergonomisuus.

Edellä esitellyt laatumäärittelyt soveltuvat ensisijaisesti yritysten ja organisaatioiden toiminnan ja tuotannon arviointiin. Niitä voi kuitenkin mielestäni osin soveltaa myös käsityötuotteiden laadun tarkasteluun. Esimerkiksi Lillrankin (2003, 31–32) suunnittelu- eli tuotokeskeinen laatu liittyy käyttökohteen perustaan ja systeemi- eli ympäristökeskeinen laatu ekologiseen perustaan sekä niistä johdettaviin laatuksiteereihin. Osa määrittelyistä painottaa laadun asiakasnäkökulmaa, esimerkiksi asiakkaan kokemaa hyötyä. Vaikka tämän opinnäytetyön tuotteella ei ole varsinaista asiakasta tai asiakaskuntaa, sillä on kuitenkin käyttäjä eli opinnäytetyön tekijä, jonka näkökulmasta laatua voidaan arvioida.

Käsityötuotteen laadun keskiössä on joka tapauksessa tuotteelle asetettujen tavoitteiden toteutuminen. Metsärinne ja Kallio (2011a, 49) painottavat, että käsityössä laatu voidaan määritellä ainoastaan suhteessa niihin tavoitteisiin, jotka sille on asetettu. Tuotteen laatu tulee ilmi, kun toteutuneita ominaisuuksia verrataan laatuavoitteisiin. Laatu on siten sidoksissa esimerkiksi tuotteen käyttökohteeseen.

4.2 Laatuavoitteiden johtaminen

Tutkivan tuottamisen mallin mukaan laatuavoitteoreema rakennetaan aietuotteen eksistenssi- eli tuotteen olemassaolon perusehdoista. Niistä johdetaan laatuavoitteita, jotka ovat aietuotteelle asetettavia ehtoja eli kriteerejä ja joille määritellään tavoitearvoja

eli dimensioita. Laatutavoitteiden avulla voidaan analysoida ja määritellä aietuotteen ominaisuuksia. (Metsärinne & Kallio 2011a, 39, 50.) Näin laatukriteerit ohjaavat tuotteen suunnittelua ja valmistusta.

Käsityön tekijä asettaa itse työnsä laatutavoitteet, ellei kyse ole tilaustuotteesta, tai ne voivat olla yleisiä tuotteita koskevia vaatimuksia, kuten esimerkiksi turvallisuus-, kestävyys- ja ympäristöystävällisyysvaatimuksia. Tavoitteet pyritään asettamaan realistisesti, sillä liian korkeat tavoitteet voivat jäädä saavuttamatta ja liian matalien tavoitteiden toteutuminen taas ei tuota tyydytystä. (Metsärinne & Kallio 2011a, 49–50.)

Metsärinne & Kallio (2011a, 49) nostavat esiin myös laadun arvosidonnaisuuden, joka liittyy asetettuihin tavoitteisiin, aikaan, kulttuuriin sekä arvioijan näkökulmaan ja asemaan. Sekä laatutavoitteiden valinta että niiden dimensiointi heijastavatkin osittain tekijänsä ja välillisesti toimintaympäristön arvoja. Lisäksi niihin vaikuttaa mielestäni tekijän kyky hahmottaa tuotteen keskeiset toiminnot. Tavoite- ja dimensiovalinnoissani olen teorian lisäksi hyödyntänyt aiempia kasvatuskokeilujani ja niistä saatuja kokemuksia.

Edellisessä luvussa kuvattiin suuri joukko erilaisia ehtoja, jota tuotteeni eli viljelyjärjestelmän tulee täyttää. Yhteisenä nimittäjänä vaadituille tavoitteille voidaan pitää käytettävyyttä. Standardin SFS-EN ISO 9241-210 (2010, 16) määritelmän mukaan käytettävyyden tarkoittaa sitä, miten hyvin määrätty käyttäjä voi käyttää järjestelmää, tuotetta tai palvelua tietyssä käyttötilanteessa saavuttaakseen määritetyt tavoitteet tuloksellisesti, tehokkaasti ja tyytyväisinä. Värynen, Nevala ja Päivinen (2004, 17) kuvaavat aiemman standardin vastaavan määritelmän pohjalta käytettävyyttä seuraavasti: *“Käytettävyyden kuvaus kuvaa sitä, miten tuotteella saavutetaan määritellyt tavoitteet tuloksellisesti, tehokkaasti ja miellyttävästi. Tehokkuus kuvaa ihmisen voimavarojen käyttötarpeen suhdetta tavoitteiden saavuttamiseen. Miellyttävyyden kokemisen edellytys on tyytyväisyys, mikä puolestaan tarkoittaa tässä yhteydessä epämukavuuden puuttumista ja myönteistä suhtautumista tuotteen käyttöön.”* Toisaalta käytettävyyden voidaan tulkita huomattavasti kapea-alaisemmin vain tuotteen ominaisuudeksi, joka kuvaa, kuinka sujuvasti tuotteen toimintoja käyttäjä käyttää päästäkseen haluamaansa päämäärään (Kuutti 2003, 13).

Käytettävyys on siis moniulotteinen käsite, joka liittyy useisiin aiemmin mainittuihin eksistenssiehtoihin. Sen takia käytettävyys ei esiinny erillisenä ehtona laatutavoiteteoreemassani, vaikka se on tuotteen olemassaolon mielekkyyden olennainen edellytys ja tavoite.

Edellä luvussa 3 esitetyistä eksistenssiehdoista eri perustoja osittain yhdistämällä olen valinnut niistä keskeiset ja johtanut niistä kymmenen ehtoa, jotka jakautuvat neljään laatukriteeriin seuraavasti:

1. Toimivuus

- Kasvien on kasvettava tehokkaasti.
- Käytön on oltava helppoa.

2. Asuinmukavuus

- Tilankäytön on oltava tehokasta.
- Toiminnan on oltava hiljaista.
- Kokonaisuuden on oltava esteettinen.

3. Turvallisuus

- Tuotteen on oltava turvallinen käyttäjälle.
- Tuotteen on oltava turvallinen käyttöympäristölle.

4. Ekologisuus

- Tuotteen on oltava kestävä.
- Tuotteen on oltava korjattavissa.
- Käytön on oltava kustannustehokasta.

Laatutavoitteet on koottu kriteereittäin myös taulukkoon 1.

Taulukko 1. Laatutavoitteet kriteereittäin

Kriteeri	Laatutavoite
Toimivuus	Kasvien kasvun tehokkuus
	Käytön helppous
Asuinmukavuus	Tilankäytön tarkoituksenmukaisuus
	Järjestelmän hiljaisuus
	Kokonaisuuden esteettisyys
Turvallisuus	Turvallisuus käyttäjälle
	Turvallisuus käyttöympäristölle
Ekologisuus	Kestävyys
	Korjattavuus
	Kustannustehokkuus

Se, että aietuote on viljelyjärjestelmä, määrittää tuotteelle tiettyjä vaatimuksia, jotta se täyttäisi viljelyjärjestelmän keskeisen eksistenssiehdon. Viljely on tavoitteellista toimintaa, jonka tarkoituksena on tuottaa tehokkaasti kasveja johonkin tarkoitukseen. Tästä eksistenssiehdosta voidaan johtaa **kasvien kasvun tehokkuuden** laatutavoite.

Aietuotteen yhtenä keskeisenä eksistenssiehtona on soveltuminen asuintiloihin. Jotta tuote soveltuisi käytettäväksi asuintiloissa, on sen täytettävä tiettyjä asuinmukavuuteen ja turvallisuuteen liittyviä laatutavoitteita. Asuinmukavuuteen kuuluviksi laatutavoitteiksi on määritelty **tilankäytön tarkoituksenmukaisuus, järjestelmän hiljaisuus sekä kokonaisuuden esteettisyys**. Asuintiloihin soveltuakseen tuotteen on oltava myös **turvallinen käyttöympäristölleen**.

Asuintiloihin sijoittuminen määrittää vahvasti tuotteen käyttökohteen perustan lisäksi myös käyttäjäperustaa. Asuintilan ja tuotteen käyttäjillä on tiettyjä tarpeita ja odotuksia, joiden perusteella on määritelty laatutavoitteeksi muun muassa, että viljelyjärjestelmän **käytön on oltava kokonaisuudessaan helppoa ja turvallista asuintilan käyttäjille**.

Tuotteen käyttäjillä on myös selkeästi arvopohjaiseksi mielletäviä odotuksia. Ekologisesta näkökulmasta tässä tuottamishankkeessa laatutavoitteiksi määrittävät **kestävyys ja korjattavuus sekä kustannustehokkuus**.

4.3 Laatutavoiteprofiilin luominen

Tutkivan tuottamisen mallin määrittelyteoreettiseen osaan kuuluu laatutavoitteiden dimensiointi sekä niiden painoarvojen määrittely, joista muodostuu tuotteen laatutavoiteprofiili (Metsärinne & Kallio 2011a, 51).

Jotta laatutavoitteiden toteutumista voidaan mitata tai arvioida, ne täytyy operationalisoida. Operationaalisessa määrittelyssä käsitteet saatetaan mittavaan muotoon. Operationalisoitu käsitteenmäärittely ei kuitenkaan ole sama kuin käsitteen koko merkitys, vaan sen tarkoitus on kuvata, miten käsitettä pyritään mittaamaan. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 154–155; Niiniluoto 2002, 185–187.)

Operationaalisia määritelmiä ei ole mahdollista arvioida yleispätevin kriteerein. Niiden valinta on kuitenkin merkittävä tutkimuksen validiuden kannalta. On kysyttävä, mittaavatko muuttujat juuri sitä, mitä on ollut tarkoitus mitata. (Hirsjärvi ym. 2009, 155.)

Tässä opinnäytetyössä laatuominaisuudet yhdistetään kohteessa havaittaviin mitattaviin ominaisuuksiin sekä näiden ominaisuuksien dimensioinnin yhteydessä, että muodostettaessa testausteoremaa. Näin teoreettisia käsitteitä toimivuus, asuinmukavuus, turvallisuus, ekologisuus ja niiden mukaisia laatutavoitteita voidaan havainnoida ja mitata mahdollisimman täsmällisesti. Dimensiointi tarkoittaa laatutavoitteen ulottuvuuksien määrittelyä. Kunkin laatutavoitteen täytyy vähintään toteutua vähimmäistason mukaisesti, jotta tavoite voidaan katsoa tuotteessa täytetyksi. Tuottamisen teorettinen perusta rakentuu laatutavoitteiden vähimmäistason mukaan. (Metsärinne & Kallio 2011a, 50–51.)

Olen määritellyt jokaiselle laatutavoitteelle tasot 1–5, joiden toteutumista tarkastelen arviointivaiheessa ja jotka osaltaan ohjaavat myös suunnittelua. Kullekin laatutavoitteelle on asetettu vähimmäistaso sekä tavoitetaso. Tavoitetaso on se tavoitteen toteutumisen taso, johon olen ensisijaisesti pyrkinyt. Vähimmäisvaatimustaso ja tavoitetaso voivat olla myös samoja.

Laatutavoiteprofiilin toinen elementti on laatutavoitteiden keskinäinen hierarkia eli niille määriteltävät painoarvot suhteessa laadun kokonaisuuteen. Olen määrittänyt painoarvot prosentuaalisesti, niin että painoarvo voi olla 5, 10 tai 15 % siten, että kokonaisuus on 100 %. Prosenttiosuudet kuvastavat ominaisuuden yleistä merkittävyyttä sekä toisaalta

tekijän henkilökohtaisia painotuksia. Suunnittelu vaatii väistämättä kompromissien tekemistä, ja painoarvot sekä ohjaavat suunnitteluratkaisuja että tekevät arvovalinnat näkyväksi.

4.3.1 Toimivuus

Kasvien kasvun tehokkuus

Kasvien kasvun tehokkuus on viljelyjärjestelmän ensisijainen laatutavoite. Ilman tehokasta kasvien tuottoa ei voida perustella sen vaatimaa tilaa, työtä ja resursseja. Lisäksi viljelyjärjestelmän täytyy pystyä tuottamaan kasveja ympärivuotisesti (ilman voimakasta auringonvaloa), jotta sen voidaan katsoa olevan tehokas. Kasvun tehokkuus määritellään viljelyjärjestelmän kyvyllä tuottaa mahdollisimman paljon kasvien syötäviä osia suhteessa verrokkijärjestelmään. Tämä tavoite pitää sisällään myös viljelyjärjestelmän kyvyn tuottaa laadukkaita ja terveitä kasveja, koska huonolaatuisia kasveja ei lasketa mukaan arvioitaessa tehokkuutta. Kasvien kasvun tehokkuutta vähentäviä asioita ovat muun muassa kasvien kuoleminen, kasvuhäiriöt ja kasvisairaudet sekä se, että viljelyjärjestelmä ei toimi koko testijakson ajan.

Kasvien tehokkaan kasvun laatutavoite dimensioituna viiteen tasoon:

1. Viljelyjärjestelmä ei tuota lainkaan syömäkelpoisia kasveja. Järjestelmässä kasvavat kasvit kuolevat, tai tuotettujen kasvien laatu on liian heikko syötäväksi.
2. Viljelyjärjestelmä tuottaa pieniä määriä syötäviä kasveja, mutta vähemmän kuin verrokkina toimiva kasvatustapa.
3. Viljelyjärjestelmä tuottaa saman verran ($\pm 10\%$) kuin verrokkijärjestelmä.
4. Viljelyjärjestelmä tuottaa 50 % enemmän syötäviä kasvinosia kuin verrokkijärjestelmä.
5. Viljelyjärjestelmä tuottaa kaksinkertaisen määrän tai enemmän syötäviä kasveja kuin verrokkijärjestelmä.

Vähimmäistaso: 3 Tavoitetaso: 4 Painoarvo: 15 %

Kriteerin toteutumisen vähimmäisvaatimustasona on, että viljelyjärjestelmä tuottaa yhtä paljon syötäväksi kelpaavia osia suhteessa käytettyyn kasvatuspinta-alaan kuin

testauksessa määritelty verrokkijärjestelmä. Tavoitetasona on vastaavasti ylittää verrokkimenetelmän tuotanto 50 prosentilla.

Käytön helppous

Jotta viljelyjärjestelmän käyttö olisi mielekästä, ei sen hoitamiseen saa kulua liikaa aikaa ja vaivaa. Käytön helppouteen kuuluu myös, että se ei vaadi jatkuvasti esimerkiksi kasteluun tai puhdistukseen liittyviä toimenpiteitä. Viljelyjärjestelmä ei saa myöskään vaatia jatkuvaa läsnäoloa, ja sen tulee pystyä toimimaan ilman käyttäjää esimerkiksi lomamatkan ajan. Käytön helppous tarkoittaa tässä käyttäjän arvioimaa helppokäyttöisyyttä sekä järjestelmän kykyä toimia tietyn ajanjakson ilman käyttäjätoimenpiteitä.

Käytön helppous -laatutavoite dimensioituna viiteen tasoon:

1. Viljelyjärjestelmä vaatii käyttäjältä jatkuvaa huomiota. Sen käyttäminen koetaan hankalaksi ja vaivalloiseksi.
2. Viljelyjärjestelmän käyttäminen koetaan melko vaivalloiseksi. Järjestelmä vaatii päivittäisiä toimenpiteitä.
3. Tuotteen käyttäminen on melko sujuvaa. Järjestelmä toimii tarkoituksenmukaisesti viikon ilman käyttäjän toimenpiteitä.
4. Edellisen lisäksi: Ajoittaiset toimenpiteet kuten järjestelmän puhdistus onnistuvat ilman viljelyjärjestelmän purkua.
5. Järjestelmän käyttö koetaan helpoksi ja sujuvaksi. Järjestelmä toimii tarkoituksenmukaisesti kaksi viikkoa ilman käyttäjän toimenpiteitä. Ajoittaiset toimenpiteet kuten järjestelmän puhdistus onnistuu ilman laitteen purkua.

Vähimmäistaso: 3 Tavoitetaso: 4 Painoarvo: 10 %

Kriteerin toteutumisen vähimmäistasona on, että viljelyjärjestelmän käyttö on melko sujuvaa ja kasvit selviävät viikon ilman käyttäjän toimenpiteitä. Tavoitetaso ylittää vähimmäistason siinä, että myös puhdistus onnistuu ilman laitteen purkua.

4.3.2 Asuinmukavuus

Tilankäytön tarkoituksenmukaisuus

Viljelyjärjestelmän käyttökohteen ollessa asuintiloissa tulee sen tilankäytön olla tehokasta. Järjestelmän koon tulee olla sellainen, että se on helppo sijoittaa tavanomaiseen asuintilaan. Tavoitteena on, ettei järjestelmä vie enempää lattiapinta-alaa kuin pienehkö lipasto tai kaappi. Tavoitteena on, että tarvittavat tarvikkeet saadaan säilytettyä samassa tilassa viljelyjärjestelmän kanssa siihen liitettyssä säilytysratkaisussa. Tarkoituksenmukaiseen tilankäyttöön katsotaan kuuluvaksi myös viljelyjärjestelmän siirreltävyytensä: jos viljelyjärjestelmää voidaan tarvittaessa liikutella, on sen tilankäyttö joustavampaa. Tarkoituksenmukainen tilankäyttö tarkoittaa tässä siis vähäisehköä, pienehköön lipastoon tai kaappiin vertautuvaa tilantarvetta sekä siirreltävyyttä.

Tilankäytön tarkoituksenmukaisuus -laatutavoite dimensioituna viiteen tasoon:

1. Viljelyjärjestelmä vie huomattavasti enemmän tilaa kuin on suunniteltu. Järjestelmä vaatii kiinteän asennuksen asuintilaan, eikä sitä voida siirrellä. Viljelyjärjestelmän käyttöön kuuluvat tarvikkeet vaativat oman tilansa.
2. Viljelyjärjestelmä vie huomattavasti enemmän tilaa kuin on suunniteltu. Viljelyjärjestelmän käyttöön kuuluvat tarvikkeet vaativat oman tilansa. Järjestelmää on mahdollista siirtää tarpeen vaatiessa.
3. Viljelyjärjestelmä vie lattiapinta-alaa suunnitellun määrän. Viljelyjärjestelmän käyttöön kuuluvat tarvikkeet vaativat oman tilansa. Järjestelmää on mahdollista siirtää tarpeen vaatiessa.
4. Viljelyjärjestelmä vie lattiapinta-alaa suunnitellun määrän. Viljelyjärjestelmän käyttöön kuuluvat tarvikkeet saadaan säilytettyä viljelyjärjestelmän yhteydessä. Järjestelmää on mahdollista siirtää tarpeen vaatiessa.
5. Viljelyjärjestelmä vie lattiapinta-alaa selvästi vähemmän kuin tavoitteeksi on asetettu. Viljelyjärjestelmän käyttöön kuuluvat tarvikkeet saadaan säilytettyä viljelyjärjestelmän yhteydessä. Järjestelmän siirtely tarpeen mukaan on helppoa.

Vähimmäistaso: 3 Tavoitetaso: 4 Painoarvo: 10 %

Tuotteen vähimmäistasona on, että se vie lattiapinta-alaa vain suunnitellun määrän ja että järjestelmää voidaan siirrellä. Tarkoituksenmukaisen tilankäytön tavoitetaso ylittää

vähimmäistason siten, että viljelyjärjestelmän käyttöön kuuluvat tarvikkeet voidaan säilyttää järjestelmän yhteydessä eivätkä ne tarvitse erillistä tilaa tai säilytysratkaisua.

Järjestelmän hiljaisuus

Järjestelmän hiljaisuus -kriteeri tarkoittaa sitä, viljelyjärjestelmä ei aiheuta asuinmukavuutta häiritsevää ääntä. Kyse on sekä mitattavissa olevasta perusäänitasosta että kuulonvaraisesti havaittavista, mahdollisesti häiritsevistä äänistä kuten sirinä ja lorina, eli kapeakaistaisesta ja impulssimaisesta melusta. Jos järjestelmä tuottaa liian häiritsevää ääntä normaalin käytön aikana, sitä ei voida pitää sopivana asuintiloihin. Järjestelmän jatkuvasti tai toistuvasti tuottamat äänet eivät saa olla kovempia tai häiritsevempiä aistinvaraisesti arvioituna kuin tavanomaisten jatkuvatoimisten kotitalouslaitteiden kuten jääkaapin tai ilmastointilaitteen aiheuttamat äänet. Viljelyjärjestelmän äänenvoimakkuus ei saa ylittää asuintiloille säädöksissä ja Rakentamismääräyskokoelman C1 määräyksissä määriteltyjä maksimitasoja (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015, liite 2; Ympäristöministeriö 1998, 5). Dimensioissa äänitasot perustuvat näihin ohjeisiin ja opinnäytetyön tekijän omaan arvioon.

Järjestelmän hiljaisuus -laatutavoite dimensioituna viiteen tasoon:

1. Viljelyjärjestelmän tuottama ääni on epätasainen, ja äänitaso ylittää 45 dB.
2. Viljelyjärjestelmän tuottama äänitaso on enintään 33 dB. Ajoittain esiintyy häiritsevää impulssimaista tai kapea-alaista melua.
3. Viljelyjärjestelmä tuottama äänitaso alle 28 dB. Häiritsevää impulssimaista tai kapea-alaista ääntä esiintyy vain harvoin.
4. Viljelyjärjestelmän tuottama äänitaso enintään 24 dB. Impulssimaista tai kapea-alaista häiritsevää ääntä ei esiinny.
5. Viljelyjärjestelmän tuottama äänitaso on alle 20 dB. Järjestelmän toimintaan liittyvät äänet eivät erotu tilan muista äänistä.

Vähimmäistaso: 3 Tavoitetaso: 3 Painoarvo: 15 %

Hiljaisen toiminnan laatutavoitteen sekä vähimmäis- että tavoitetasolla äänenvoimakkuus ei ylitä 28 dB:ä ja impulssimaista tai kapea-alaista ääntä esiintyy vain harvoin. Tavoitetaso alittaa Rakentamismääräyskokoelmassa C1 (Sosiaali- ja terveysministeriö 1998) määritetyn LVIS-laitteille ja niihin rinnastuville laitteille sallitun suurimman

keskiäänitason (LAeq) asunnossa (28–33 dB). Lisäksi se alittaa asumisterveysasetuksessa (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015, liite 2) määritetyn toimenpiderajan yleisesti asuintiloissa (keskiäänitaso (LAeq) 35 dB päivällä ja 30 dB yöllä).

Kokonaisuuden esteettisyys

Tuotettavan viljelyjärjestelmän tavoitteena on olla esteettinen kokonaisuus, jonka voidaan katsoa parantavan viihtyvyyttä huonetilassa, johon se on sijoitettu. Järjestelmän esteettisen kokonaisuuden tulee olla vähintään neutraali. Esteettiseen kokonaisuuteen lasketaan itse järjestelmän ulkonäkö, järjestelmän ulkonäkö viljelykasveineen ja järjestelmän mahdollisesti tuottaman valon miellyttävyys ja sopivuus asuintilaan. Valossa huomioitavia seikkoja ovat sen sävy ja voimakkuus.

Kokonaisuuden esteettisyys -laatutavoite dimensioituna viiteen tasoon:

1. Ulkonäkö on asukkaita häiritsevä ja epäsiisti. Viljelyjärjestelmän valot tekee mieli sammuttaa samassa tilassa oleskeltaessa.
2. Tuotteen muotoilu ja viimeistely häiritsevät silmää. Viljelyjärjestelmän tuottama valo koetaan epämiellyttäväksi.
3. Järjestelmän ulkonäkö on käyttäjän arvion mukaan neutraali. Viljelyjärjestelmän valoa ei koeta häiritseväksi. Ulkonäkötä voidaan kuvailla selkeäksi ja johdonmukaiseksi.
4. Viljelyjärjestelmä sopii ulkonäkönsä puolesta hyvin asuintilaan ja parantaa viihtyvyyttä. Sen valaistus toimii osana asunnon muuta valaistusta. Ulkonäkötä voidaan kuvailla tyylikkääksi ja viimeistellyksi.
5. Viljelyjärjestelmä toimii näyttävänä sisustuselementtinä parantaen viihtyvyyttä ja sen valaistus toimii osana asunnon muuta valaistusta.

Vähimmäistaso: 3 Tavoitetaso: 4 Painoarvo: 10 %

Tavoitteen vähimmäistasolla järjestelmä on käyttäjän arvion mukaan vähintään neutraali eli sitä ei koeta häiritseväksi, mutta se ei toisaalta myöskään paranna viihtyvyyttä. Tavoitetasona on, että viljelyjärjestelmä lisää käyttäjän kokemaa viihtyisyyttä käyttökohteessa. Lisäksi tavoitetasoon kuuluu, että järjestelmän valaistus toimii osana asunnon muuta valaistusta.

4.3.3 Turvallisuus

Turvallisuus käyttäjälle

Viljelyjärjestelmän tulee olla turvallinen sen käyttäjille. Asuintilaan sijoitetun viljelyjärjestelmän täytyy olla myös turvallinen kaikille tilassa oleville henkilöille ja kotieläimille.

Turvallisuus käyttäjille tarkoittaa sitä, että järjestelmä tai sen osat eivät uhkaa käyttäjien tai muiden samassa tilassa toimivien henkilöiden henkeä tai terveyttä.

Turvallisuus käyttäjälle -laatutavoite dimensioituna viiteen tasoon:

1. Viljelyjärjestelmän käyttö todetaan niin vaaralliseksi, että se täytyy keskeyttää käyttöjakson aikana.
2. Viljelyjärjestelmä tai sen käyttö ei aiheuta hengenvaaraa, eikä henkeä tai terveyttä vaarantavia tilanteita ole odotettavissa.
3. Viljelyjärjestelmä ei aiheuta vaaraa hengelle tai terveydelle ja tapaturmariski on pieni.
4. Edellisen lisäksi järjestelmän osat eivät sisällä tietävästi terveydelle haitallisia yhdisteitä. Järjestelmässä ei havaita mikrobikasvustoa, joka voisi heikentää huoneilman laatua.
5. Edellisen lisäksi kaikki järjestelmän osat ovat virallisesti elintarvikekelpoisia. Sähköturvallisuutta on parannettu erillisillä suojalaitteilla.

Vähimmäistaso: 3 Tavoitetaso: 4 Painoarvo: 10 %

Käyttäjäturvallisuuden vähimmäistasona on, että viljelyjärjestelmä ei aiheuta vaaraa hengelle tai terveydelle ja tapaturmariski on pieni. Tavoitetaso sisältää vähimmäistason tavoitteiden lisäksi sen, että järjestelmän osat eivät sisällä tietävästi terveydelle haitallisia yhdisteitä, jotka saattaisivat teoriassa kulkeutua syötävien kasvien kautta ihmisen elimistöön.

Turvallisuus käyttöympäristölle

Viljelyjärjestelmä ei saa aiheuttaa vahinkoa myöskään käyttöympäristölle. Tuotteen suunnittelussa täytyy huomioida kasvien kasteluun käytettävä vesi ja niiden tuottama

kosteus sitten, ettei kosteusvaurioita pääse syntymään, sekä sähköturvallisuuteen liittyvät tekijät.

Turvallisuus käyttöympäristölle -laatutavoite dimensioituna viiteen tasoon:

1. Viljelyjärjestelmän käyttö sisältää liikaa riskejä käyttöympäristölle, jotta sen voitaisiin katsoa sopivan asuintiloihin.
2. Viljelyjärjestelmässä ilmenee käyttöympäristölle riskitekijöitä, jotka vaativat tarkkailua.
3. Viljelyjärjestelmässä ei esiinny merkittäviä vuotoja testijakson aikana. Siihen sisältyvät sähkölaitteet eivät vaaranna paloturvallisuutta.
4. Viljelyjärjestelmässä ei esiinny testijakson aikana järjestelmän ulkopuolisia vesivuotoja eikä niiden ilmeneminen vaikuta todennäköiseltä. Järjestelmään liittyvät sähkölaitteet ja -asennukset täyttävät turvallisuusmääräykset.
5. Järjestelmä on täysin turvallinen käyttöympäristölle, eikä siinä ole havaittavia tai ennakoitavia riskitekijöitä.

Vähimmäistaso: 3 Tavoitetaso: 4 Painoarvo: 10 %

Laatutavoitteen turvallisuus käyttöympäristölle vähimmäistasona on, että viljelyjärjestelmässä ei esiinny merkittäviä vuotoja, eikä se vaaranna paloturvallisuutta. Tavoitetasona puolestaan on, että viljelyjärjestelmässä ei ilmene veden vuotamista järjestelmän ulkopuolelle. Lisäksi kaikki viljelyjärjestelmän osana toimivat sähkölaitteet ja niiden asennukset täyttävät turvallisuusmääräykset.

4.3.4 Ekologisuus

Kestävyys

Viljelyjärjestelmän täytyy olla kaikkine osineen kestävä. Kestävyys tarkoittaa tässä työssä sitä, että järjestelmä on toimintavarma ja rakenteeltaan sellainen, ettei sen tavanomainen käyttö ja siirtely paikasta toiseen vahingoita sitä. Lisäksi kestävyydellä tarkoitetaan sitä, että käytettävät materiaalit ja osat ovat ominaisuuksiltaan pitkäikäisiä. Kestävyydellä viitataan myös kulutuskestävyyteen, eli tuote ei saa olla materiaaleiltaan sellainen, että se kuluu tai siinä ilmenee kosteusvaurioita normaalissa käytössä silmin havaittavasti.

Kestävyys-laaturavoite dimensioituna viiteen tasoon:

1. Järjestelmässä ilmenee merkittäviä ongelmia, jotka vaativat tuotteen uudelleensuunnittelua ja/tai kuluneisuus tai materiaalin muutokset ovat häiritseviä.
2. Järjestelmässä ilmenee vähäisiä ongelmia, mutta käyttöä voidaan jatkaa niiden korjaamisen jälkeen. Jonkin verran kulumista tai kosteusvaurioita voi olla havaittavissa testijakson päättyessä.
3. Järjestelmä kestää testijakson ajan ilman merkittäviä ongelmia, eikä se kulu havaittavasti. Materiaaleissa ei havaittavissa merkittävää kulumista tai kosteuden vaikutusta testijakson päättyessä.
4. Järjestelmä toimii testijakson ajan ilman ongelmia eikä kulumista ole havaittavissa testijakson päättyessä. Kaikki käytetyt materiaalit ja osat ovat kosteudenkestäviä.
5. Edellisen lisäksi materiaaleilla ja osilla on tunnetusti pitkä käyttöikä.

Vähimmäistaso: 2 Tavoitetaso: 3 Painoarvo: 10 %

Vähimmäistavoitteena on, että viljelyjärjestelmässä ilmenee vain vähäisiä ongelmia ja käyttöä voidaan jatkaa niiden korjaamisen jälkeen. Lisäksi järjestelmässä ei ole näkyvissä merkittävää kulumista eikä kosteuden aiheuttamia vaurioita. Tavoitetasona on, että järjestelmässä ei ilmene testijakson aikana merkittäviä ongelmia eikä siinä ole havaittavissa merkittävää kulumista tai kosteuden aiheuttamia vaurioita.

Korjattavuus

Korjattavuus tarkoittaa sitä, että järjestelmän kuluvat tai todennäköisimmin vioittuvat osat ovat vaihdettavissa erillisinä osina. Korjauskustannusten ja työhön vaadittavan ajan tulee olla sellainen, että korjaaminen on kannattavaa.

Korjattavuus-laaturavoite dimensioituna viiteen tasoon:

1. Korjaaminen on vaikeaa ja työlästä sekä siihen tarvitaan erikoistyökaluja tai -osaamista. Tuotteen uusiminen kokonaisuudessaan on korjaamista kannattavampaa. Yhteensopivia varaosia ei ole saatavilla tai niiden hankkiminen on vaikeaa.

2. Korjaaminen on vaikeaa ja työlästä, sekä siihen tarvitaan erikoistyökaluja tai -osaamista. Vastaavia varaosia on saatavilla. Useimpien vikojen korjaaminen voidaan katsoa kannattavaksi.
3. Yleisimpien odotettavissa olevien vikojen korjaaminen onnistuu käyttäen tavallisimpia työkaluja. Vastaavia osia on saatavilla arviointihetkellä. Lähes kaikkien mahdollisten vikojen korjaaminen on taloudellisesti kannattavaa.
4. Yleisimpien odotettavissa olevien vikojen korjaaminen onnistuu kohtuullisin ponnistuksin kotiooloissa käyttäen tavallisimpia työkaluja. Vastaavia osia on saatavilla arviointihetkellä.
5. Yleisimmin vioittuvat osat ovat helposti vaihdettavissa, ja vastaavien osien saatavuus on hyvä. Kaikkia materiaaleja voidaan korjata ja uudistaa esimerkiksi uusimalla pintakäsittely. Mahdollisesti uusimista tarvitsevien osien saatavuus oletettavasti hyvää myös tulevaisuudessa.

Vähimmäistaso: 2 Tavoitetaso: 4 Painoarvo: 5 %

Vähimmäistasona on, että korjaaminen on mahdollista, mutta se saa olla vaikeaa ja työlästä, sekä siihen tarvitaan erikoistyökaluja tai -osaamista. Vastaavia varaosia on kuitenkin saatavilla, ja useimpien vikojen korjaaminen voidaan katsoa kannattavaksi. Tavoitetasona on, että yleisimpien odotettavissa olevien vikojen korjaaminen onnistuu käyttäen tavallisimpia työkaluja ja vastaavia osia on saatavilla. Tavoitetasoon kuuluu myös, että lähes kaikkien mahdollisten vikojen korjaaminen on taloudellisesti kannattavaa.

Kustannustehokkuus

Jotta viljelyjärjestelmän käyttö on perusteltua, tulee siihen liittyvien kustannusten olla kohtuulliset suhteessa kasvien tuotantoon. Mahdollisiin kustannuksiin kuuluvat muun muassa sähkönkulutus, kasviraivinteet, kasvualustat ja siemenet. Kustannustehokkuus tarkoittaa tässä työssä sitä, että järjestelmän käyttökustannukset eli tuotantokustannukset ovat kohtuullisia. Hankintakustannuksia ei tässä huomioida kustannustehokkuuden arvioinnissa, koska kyse on yksittäiskappaleen valmistuksesta.

Kustannustehokkuus-laatumavoite dimensioituna viiteen tasoon:

1. Kasveista saatava taloudellinen hyöty ei ole suhteessa järjestelmästä aiheutuviin tuotantokustannuksiin. Kustannukset ovat yli kaksinkertaiset vastaavien kasvien ostamiseen verrattuna.
2. Kasvien tuotantokustannukset ovat jonkin verran suuremmat kuin kaupan vastaavien tuotteiden hinnat.
3. Kasvien tuotantokustannukset ovat suunnilleen samalla tasolla ($\pm 10\%$) kuin kaupan vastaavien tuotteiden hinnat.
4. Kasvien tuotantokustannukset ovat pienemmät kuin kaupan vastaavien tuotteiden hinnat.
5. Kasvien tuotantokustannukset ovat alle puolet vastaavien tuotteiden hinnoista kaupassa.

Vähimmäistaso: 3 Tavoitetaso: 4 Painoarvo: 5 %

Vähimmäistasona on, että viljelyjärjestelmällä kasvien tuotantokustannukset ovat enintään samalla tasolla kuin vastaavien kasvien hinta kaupassa. Tavoitetaso on, että viljelyjärjestelmällä saadaan tuotettua kasveja edullisemmin kuin kaupan vastaavien tuotteiden hinnat.

4.4 Laatutavoitteiden testauksen määrittely

Kun tutkivan tuottamisen menetelmää käytetään käsityötajun tutkimiseen, testaamisen kohteena ei ole tuote sinänsä vaan tuottamista koskeva ajattelu. Tässä määrittelyteoreettisen osan viimeisessä vaiheessa rakennetaan testiteoreema eli määritellään, kuinka laatutavoiteteoreema aiotaan testata tuotteen valmistuksen jälkeen. Testiteoreemassa määritellään arviointikohteet sekä arviointitiedon hankinta- ja analyysimenetelmät. Tiedonhankinnan tulee perustua harkiten valittuihin tutkimusmetodeihin. Laatutavoitteille määritellyt dimensiot operationalisoidaan tutkittaviksi kysymyksiksi. (Peltonen 2007, 24–25, 67; Metsärinne & Kallio 2011a, 52–53.)

Testauksessa tuotteen laatutavoiteprofiilia verrataan siihen, miten tuotteen lähinnä empiirisesti arvioitavat laatutavoitteet toteutuvat käyttökohteessa. Teoreeman testaus tapahtuu siis rakentamalla tuote ja vertaamalla sille määritellyjä tavoitteita toteutumaan. Testauksen kohteet ja tavat vaikuttavat tuottamisvaiheessa tehtäviin valintoihin.

Laatutavoiteteoreeman pätevyys riippuu tavoite- ja toteutuma-arvojen kohtaamisesta. (Metsärinne & Kallio 2011a, 52.)

Lillrankin mukaan laatua mittaamalla ja arvioimalla voidaan erottaa hyvää huonosta ja laittaa asioita tärkeysjärjestykseen. Yleisesti mittaus perustuu mittariin, jolla saadaan selkeä, esimerkiksi numeerinen, toistettavissa oleva mittaustulos. Mitattavat asiat ovat siis sellaisia, joissa ilmiön ja mittaustuloksen välillä on tunnettu yhteys. Arviointi taas perustuu jossain määrin arvioijien subjektiivisiin näkemyksiin. Se sopii monimutkaisempiin ja laaja-alaisempiin asioihin, joita ei voida ainakaan kokonaisuudessaan mitata täsmällisesti. (Lillrank 1998, 24–25.) Tosin kuten Soininen ja Merisuo-Storm (2009, 79) toteavat, mittaaminen voidaan määritellä eri tavoin ja sillä voidaan tarkoittaa ominaisuuksia tarkastelua myös ilman niiden määrällistä mittausta.

Tässä opinnäytetyössä tehtävän tuotteen laadun testaamisessa käytetään sekä mittausta että arviointia. Mittaamisella tarkoitan tässä nimenomaan ominaisuuksien määrällistä selvittämistä ja arvioinnilla ominaisuuksien luonnehdintaa arvioijan tulkitsemana. Esimerkiksi hiljainen toiminta laatutavoitteena on suoraan mitattavissa äänenvoimakkuusmittarin avulla. Toisaalta laatutavoitteekseni määrittelemää esteettistä kokonaisuutta ei voida mitata, vaan sen toteutuminen jää jopa melko subjektiivisen arvioinnin varaan.

Jos fyysisestä kohteesta halutaan tutkia sen dynaamista muuttumista, tarvitaan useampia eriaikaisia havaintoja eli toistuvaa tarkkailua. Yksi tarkkaileva tutkimustapa on havainnointi, joka voi olla monenlaista. (Routio 2000, 66–71.) Systemaattisessa havainnoinnissa havainnot pyritään tekemään järjestelmällisesti ja täsmällisesti. Siinä voidaan käyttää tarkistuslistaa, johon havainnoija merkitsee, esiintyykö jokin nimetty piirre ajanjakson kuluessa vai ei ja kuinka monta kertaa se esiintyy. Lisäksi voidaan käyttää erilaisia arviointiasteikkoja, esimerkiksi erinomainen, hyvä, huono, tai pisteytystä. Havainnointi voi olla myös vapaasti muotoutuvaa, mikä on tyypillistä osallistuvalla havainnoinnilla. (Hirsjärvi ym. 2009, 214–216.) Tässä työssä käytetään vapaata havainnointia. Jatkuva havainnointi tapahtuu normaalin asumisen yhteydessä kirjaamalla toiminnalliset poikkeamat ja valokuvaamalla kasvien kasvua. Järjestelmä tarkastetaan testijakson aikana joka aamu ja ilta.

Kokeellisten tutkimusmenetelmien tavoitteena on tutkia ilmiön reaktiota tai vaikutusta johonkin, toisin sanoen kahden asian välistä suhdetta. Tutkimustulosta häiritseviä tekijöitä pyritään kontrolloimaan tai eliminoimaan ne. Tutkimus on systemaattista ja hallittua havaintojen tekoa, ja siinä käytetään tavallisesti vertailu- tai kontrolliryhmää. Klassisessa koetilanteessa muut muuttujat pidetään vakiona paitsi yksittäinen muuttuja, jonka annetaan muuttua. Kvasikokeellinen tutkimus muistuttaa varsinaista kokeellista tutkimusta, mutta siinä ei kontrolloida tai manipuloida kaikkia muuttujia vaan ainoastaan osaa niistä. Siinä kuitenkin koetetaan päästä niin lähelle kokeellista tutkimusasetelmaa kuin mahdollista. (Anttila 2005, 269–275.) Tämän tutkimuksen koejärjestelyitä kasvatuskokeilussa voidaan pitää kvasikokeellisina, sillä kaikkia muuttujia ei käyttökohteessa pystytä kontrolloimaan ja vakioimaan.

Seuraavassa on kuvattu jokainen laatutavoite ja esitetty suunnitelma sen testaamiseksi mittaamalla tai arvioimalla. Laatutavoitteet painoarvoineen, arviointikohteet ja arviointitavat on koottu lopuksi taulukkoon 2.

Kasvien kasvun tehokkuuden arvioimiseksi olen suunnitellut koejärjestelyn, jossa vertaan kasvunopeutta omassa viljelyjärjestelmässäni ja verrokkijärjestelmässä. Kasvatuskokeilussa kasvatetaan kolmen viikon ajan rooman- eli sidesalaattia ja basilikaa. Kasvun tehokkuuden toteutumista arvioidaan punnitsemalla kasveista erotellut syötävät osat. Testijaksoa edeltää kahden viikon taimikasvatus, jonka jälkeen taimet koulitaan ja siirretään varsinaiseen kasvatukseen. Testijakson aikana kasvien kasvua seurataan ja kasvit valokuvataan päivittäin.

Valaistus vakioidaan käyttämällä samanlaista valaistusta viljelyjärjestelmässä sekä verrokkijärjestelmässä. Molemmat kasvatukset toteutetaan samassa tilassa, jolloin myös muun muassa lämpötila ja ilmankosteus ovat samat. Samat asiat vakioidaan myös taimikasvatusvaiheessa.

Viljelyjärjestelmän käytön helppoutta tullaan arvioimaan subjektiivisesti käyttäjän jatkuvan havainnoinnin perusteella käyttöjakson aikana. Lisäksi arvioidaan, pystyykö viljelyjärjestelmä toimimaan laatudimensioissa (ks. luku 4.3.1) määritellyn ajanjakson ilman käyttäjän toimenpiteitä kuten kastelua. Lisäksi laite puhdistetaan testijakson päätteeksi ja samalla arvioidaan puhdistuksen työläyttä.

Tilankäytön tarkoituksenmukaisuuden arvioimiseksi mitataan viljelyjärjestelmän vaatima lattiapinta-ala sekä kokeillaan tarvikkeiden säilyttämistä viljelyjärjestelmän yhteydessä ja järjestelmän siirtämistä.

Järjestelmän hiljaisuutta tutkitaan mittaamalla sen tuottamaa melua äänenvoimakkuusmittarilla ja vertaamalla tuloksia asumisterveysasetuksen ja rakentamismääräyskokoelman C1 esittämiin raja-arvoihin perustuviin laatutavoitedimensioihin. Mittausjakso valitaan siten, että äänitason vaihdellessa se käsittää järjestelmän tuottamat erivoimakkuuksiset äänet. Lisäksi käyttäjä arvioi kuulonvaraisesti järjestelmän mahdollisesti tuottamia häiritseviä, impulssimaisia tai kapea-alaisia, ääniä.

Kokonaisuuden esteettisyyttä arvioidaan ulkonäön miellyttävyyden, asuintilan sopivuuden ja valon miellyttävyyden perusteella havainnoimalla näitä tekijöitä testijakson aikana.

Turvallisuutta käyttäjälle arvioidaan järjestelmän käytön, toiminnan ja osien turvallisuuden perusteella vertaamalla osia turvallisuusmääräyksiin. Lisäksi käyttäjä havainnoi ja arvioi käyttökokemuksen perusteella turvallisuutta testijakson aikana.

Turvallisuutta käyttöympäristölle tarkastellaan järjestelmän osien ja käytön turvallisuuden perusteella havainnoiden sekä arvioiden sähkön ja veden mahdollisesti aiheuttamia riskejä. Lisäksi arviossa huomioidaan sähköturvallisuusmääräykset.

Viljelyjärjestelmän kestävyyttä arvioidaan tarkastellen sen toimintavarmuutta, vaurioitumista ja kulumista testijakson aikana. Lisäksi arvioidaan osien käyttöikä materiaalien tunnettujen ominaisuuksien sekä valmistajien ilmoittamien käyttöikä tietojen mukaan.

Korjattavuutta tarkastellaan arvioimalla, miten helposti ja taloudellisesti järjestelmän kuluvat tai todennäköisimmin vioittuvat osat ovat vaihdettavissa tai korjattavissa. Lisäksi selvitetään varaosien saatavuus.

Viljelyjärjestelmän kustannustehokkuuden arvioimiseksi lasketaan käyttökustannukset ja verrataan niitä kahden kaupan hintoihin arviointihetkellä. Käyttökustannuksen laskennassa otetaan huomioon sähkönkulutus, siementen hankinta sekä kuluvat tarvikkeet kuten kasvualustat ja ravinteet.

Taulukko 2. Laatutavoitteet painoarvoineen sekä niiden operationalisointi ja arviointisuunnitelma. Arvioijana ja havainnoijana tutkija.

Kriteeri-kokonaisuus	Laatutavoite	Mittauksen/arvioinnin kohde	Mittaus-/arviointimenetelmä
TOIMIVUUS	Kasvien kasvun tehokkuus 15 %	Järjestelmän kyky tuottaa syötäviä kasveja	Kasvatuskokeilu (testijakso idätys + 3 vk) viljelyjärjestelmällä ja verrokkijärjestelmällä Syöntikelpoisten kasvinosien mittaaminen punnitsemalla
	Käytön helppous 10 %	Käytön helppous ja sujuvuus Käytön vaatima huomio	Kasvatuskokeilu (3 vk) Jatkuva päivittäinen havainnointi testijakson aikana, arviointi
ASUINMUKAVUUS	Tilankäytön tarkoituksenmukaisuus 10 %	Järjestelmän viemä lattiapinta-ala Tarvikkeiden vaatima tila Siirrettävyys	Ulkomittojen mittaus Sisätilan riittävyyden arviointi Siirrettävyyden arviointi kokeilemalla
	Järjestelmän hiljaisuus 15 %	Järjestelmän tuottama keskiäänitaso Järjestelmän tuottamat häiritsevät (impulssimaiset tai kapea-alaiset) äänet	Äänitason mittaus äänenvoimakkuusmittarilla. Vertaaminen asumisterveysasetuksen ja Rakentamismääräyskokoelman C1 esittämiin raja-arvoihin Jatkuva päivittäinen havainnointi, tutkijan subjektiivinen arvio
	Kokonaisuuden esteettisyys 10 %	Ulkonäön miellyttävyys ja sopivuus asuintilaan Valon miellyttävyys	Arviointi Jatkuva havainnointi testijakson (3 vk) ajan
TURVALLISUUS	Turvallisuus käyttäjälle 10 %	Järjestelmän käytön turvallisuus Järjestelmän toiminnan turvallisuus Järjestelmän osien turvallisuus	Tuotteen osien ominaisuuksien vertailu turvallisuusmääräyksiin Arviointi testijakson alussa ja jatkuva päivittäinen arviointi
	Turvallisuus käyttöympäristölle 10 %	Järjestelmän osien ja käytön turvallisuus käyttöympäristölle (veden ja sähkön aiheuttamat riskit)	Jatkuva päivittäinen havainnointi ja arviointi Vertaaminen sähköturvallisuusmääräyksiin
EKOLOGISUUS	Kestävyys 10 %	Toimintavarmuus Osien käyttöikä Vaurioituminen Kuluminen	Jatkuva päivittäinen havainnointi testijakson (3 vk) ajan Arviointi materiaalien tunnettujen ominaisuuksien sekä valmistajien ilmoittamien käyttöikä tietojen perusteella
	Korjattavuus 5 %	Korjaamisen työläys ja vaativuus Varaosien saatavuus	Arviointi Saatavuustietojen selvittäminen
	Kustannustehokkuus 5 %	Järjestelmän tuottama hyöty suhteessa tuotantokustannuksiin	Käyttökustannusten laskenta ja vertaaminen kahden kaupan hintoihin arviointihetkellä

4.5 Tutkimuskysymykset

Luvussa 3 on määritelty viljelyjärjestelmälle tuotteen eksistenssiehdoista johdetut laatutavoitteet dimensioineen, toisin sanoen esitetty tuotteen laatutavoiteteoreema. Työn taustateoriasta johdettu päätutkimuskysymys kuuluu:

Miten suunniteltu ja valmistettu tuote vastaa asetettuja laatutavoitekriteerejä, eli kuinka laatutavoiteteoreema kykenee ratkaisemaan tuotteen toteutuksen?

Kyse on tutkijan käsityötä ohjaavan ajattelun testaamisesta valmista tuotetta arvioimalla, ei siis pelkän tuoteongelman ratkaisemisesta. Koska tuotteen suunnittelu ja toteutus ovat kuitenkin erottamaton osa laatutavoiteteoreeman todistamista, varsinaiseen tutkimusongelmaan liittyy olennaisesti seuraava empiirinen tutkimuskysymys:

Miten kotiviljelyjärjestelmä voidaan suunnitella ja toteuttaa laatutavoitteiden mukaan?

Tutkimuskysymyksiin vastataan kuvaamalla ja arvioimalla tuotteen suunnittelua ja valmistusta sekä testaamalla valmis tuote laatutavoiteteoreeman arviointisuunnitelman mukaisesti käyttökohteessaan.

5 TUOTTEEN JA VALMISTUKSEN SUUNNITTELU

5.1 Suunnittelu tutkivassa tuottamisessa

Tutkivan tuottamisen todistamisteoreettisen osan ensimmäinen vaihe on testivälineenä toimivan tuotteen ja sen valmistuksen suunnittelu eli suunnitteluteoreeman esittäminen. Siinä tuotetta ja sen valmistusta kuvaava ajattelu tehdään näkyväksi tuote- ja valmistusteoreeman avulla ja tuote valmistetaan niiden ohjaamana. Tuotteen suunnittelulla ja valmistelulla todistetaan empiirisesti tuotteen laatutavoiteteoreema päteväksi. Käsitöissä tuotteen suunnittelu ja valmistus nivoutuvat yleisesti toisiinsa. Raportoinnissa suunnittelu ja valmistus on kuitenkin erotettava, jotta tutkimus voidaan toistaa luotettavuuden arvioimiseksi. (Metsärinne & Kallio 2011a, 55–59.)

Tuotesuunnittelun aluksi suunnittelu kytketään laatutavoitteisiin eli muodostetaan tieto siitä, miten määrittelyvaiheessa asetettuun päämäärään pyritään käsityön avulla. Kun tuottamiskohteeseen on määrittelyvaiheessa perehdytty huolellisesti, tutkija on selvillä siitä, mikä tuottamiskohde on ja mitä suunnittelulla pyritään saavuttamaan ja kehittämään. (Metsärinne & Kallio 2011a, 88.)

5.2 Suunnittelun teoreettisia lähtökohtia

Tuotekehitys voi olla perustaltaan käyttäjä-, teknologia-, suunnittelija- tai tuotantolähtöistä, tai kyse voi olla kustomoidusta, vain vähän standardituotteesta poikkeavasta tuotteesta. Käyttäjälähtöisessä tuotesuunnittelussa lähtökohtana ovat asiakkaan tarpeet, kun taas teknologialähtöisessä uudelle teknologialle, rakenteelle tai muodolle kehitetään sovelluksia ja niille aletaan etsiä markkinoita. Suunnittelijalähtöisessä suunnittelussa lähtökohtana on suunnittelijan tai muotoilijan idea ja tuotantolähtöisessä tuotteessa oleva teknologinen systeemi. (Kettunen 2001, 49.) Käyttäjälähtöisessä suunnittelussa voidaan käyttäjätiedon avulla saada selville, miten ja miksi käyttäjät toimivat ja mitkä ovat heidän toiveensa. Käyttäjätietoa voidaan hankkia eri keinoin tutkimalla tulevia ja nykyisiä käyttäjiä ja tekemällä heidän kanssaan yhteistyötä. Käyttäjätiedon avulla on mahdollista luoda käyttäjille hyödyllinen, haluttava, käytettävä ja miellyttävä tuote. (Hyysalo 2009, 18–20.)

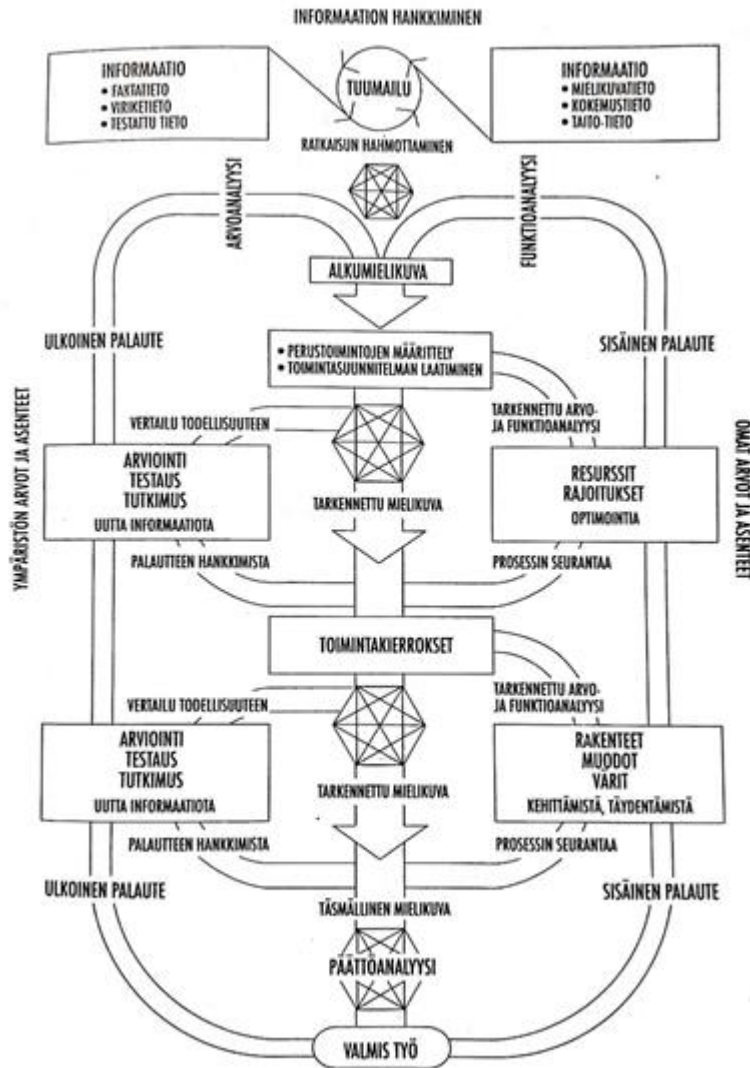
Oman tuotteeni tuotekehitystä luonnehtii selvimmin käyttäjälähtöinen ja suunnittelijälähtöinen suunnittelu. Ajatus tuotteesta on lähtenyt kotiviljelyn tarpeista, joita olen lähtenyt ratkomaan suunnittelijan eli oman ideani pohjalta. Tuotteen käyttöön liittyvät tavoitteet perustuvat pitkälti aikaisempiin kokemuksiini ja omaan harkintaani, enkä ole kerännyt käyttäjätietoa erikseen. Myös Hyysalo (2009, 76) toteaa, että käyttäjätiedon hankinta ei ole itseisarvo vaan tuotekehittäjä voi tuntea käyttöympäristöä riittävästi.

Seitamaa-Hakkarainen (n.d.) on luetellut eri suunnitteluteorioiden pohjalta seuraavia suunnitteluprosessin tyypillisiä osavaiheita:

1. tehtävän määrittely ja hahmotus
2. käsitteellinen suunnittelu, johon kuuluu muun muassa perustoimintojen määrittely ja toimintasuunnitelman tekeminen
3. alustava suunnitelman tekeminen ja suunnitteluelementtien määrittely
4. varsinainen suunnittelu, joka sisältää rakenteen ja muodon, josta edetään yksityiskohtien suunnittelemiseen
5. dokumentointi, johon kuuluu muun muassa luonnosten saattaminen luettavaan muotoon.

Seitamaa-Hakkaraisen mukaan tutkijat ovat melko yksimielisiä suunnitteluprosessin luonteesta. Suunnitteluprosessia luonnehtii jaksollisuus, syklisyys ja iteratiivisuus. Suunnittelu kehittyy asteittain, kun tuoteongelmaa muotoillaan uudelleen muun muassa osittamalla ongelmaa ja testaamalla suunnitteluideoita. (Seitamaa-Hakkarainen n.d.)

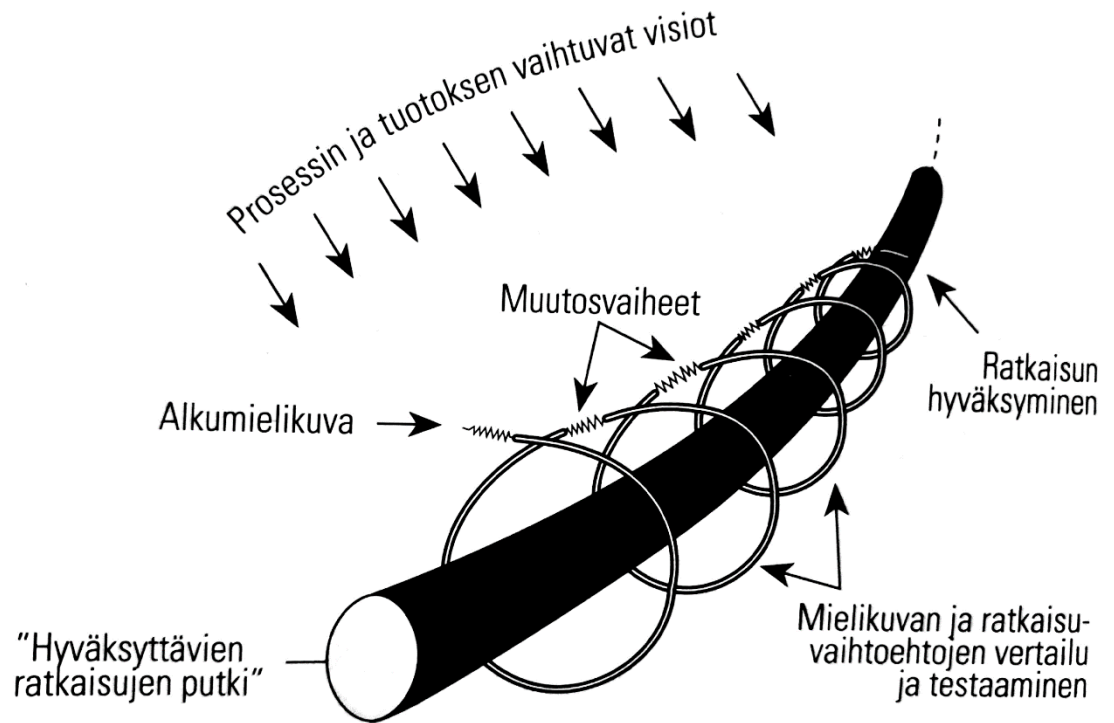
Anttilan suunnittelu- ja valmistusprosessin teoreettisessa mallissa (1996, 111) prosessi alkaa alkumielikuvasta, tiedonhankkimisesta, tuumailusta ja etenee määrittelyyn, toimintasuunnitelmien ja toimintakierrosten kautta täsmälliseen mielikuvaan, päättöanalyysiin ja valmiiseen työhön. Prosessiin kuuluu sekä sisäistä että arvioinnin, testauksen ja tutkimuksen kautta tulevaa ulkoista palautetta. (Kuvio 2.) Metsärinne ja Kallio (2011a, 58) tulkitsevat Anttilan mallin tuumailuvaiheen käsittävän tutkivan tuottamisen mallin koko määrittelyteoreettisen osan.



Kuvio 2. Käsiyötuotteen suunnittelu- ja valmistusprosessin teoreettinen malli (Anttila 1996, 111).

Eräs tunnettu suunnittelumalli on Anttilankin esittelemä Zeiselin spiraalimalli (1984, 14) (kuvio 3). Siinä suunnittelu etenee “hyväksyttävien ratkaisujen putken” ympärillä spiraalimaisesti alkumielikuvasta täsmentyvien visioiden sekä ratkaisuvaihtoehtojen vertailun ja testauksen avulla kohti ratkaisun hyväksymistä. Kierrosten aikana suunnitelmaa verrataan aiempiin kokemuksiin, hallussa olevaan tietoon ja tavoitteisiin. Vaihtoehtoista haetaan erilaisten kriteerien avulla hyväksyttävä vastaus. Lisäksi mielikuvatietoa verrataan testaustietoon. Oivallusten ja uuden tiedon myötä suunnittelija muokkaa ajattelemaansa lopputuotetta. (Anttila 1996, 98–99.) Myös Metsärinteen ja Kallion (2011a, 57–58) mukaan käsityössä tuotteen suunnittelu ja valmistus limittyvät ja

valmistuksen aikana saatava uusi tieto muuttaa tai ohjaa tuote- ja valmistussuunnitelmaa. Kanerva ja Hyrsky ovat pro gradu -tutkielmassaan (2018) tulkinneet Zeiselin spiraalimallia siten, että hyväksyttävien ratkaisujen putken alkupää on heidän tuotteensa laatutavoitteisto ja loppupää tarkoittaa tilannetta, jossa laatutavoitteiston vähimmäisvaatimukset on täytetty.



Kuvio 3. Zeiselin spiraalimalli suunnitteluprosessin etenemisestä (Zeisel 1984, 14, Anttilan 1996, 98 mukaan).

Omassa työssäni on samankaltaisuutta Anttilan ja Zeiselin tuotesuunnittelumallien kanssa, mutta erillisiä toimintakierroksia tai muita vaihteita ei ole selkeästi erotettavissa. Metsärinne ja Kallio toteavatkin (2011a), että tuotteen suunnittelu ja valmistus etenevät harvoin lineaarisesti, vaan ne etenevät siten, että vaihteita ehkä ohitetaan ja jostain vaiheesta saatetaan palata alkuun. Heidän mukaansa tällaista etenemistä voisi kuvailla ympyrällä, josta etenemissuuntia kuvaavia nuolia menee ristiin rastiin. (Metsärinne & Kallio 2011a, 91.) Myös Anttila kuvailee, että suunnittelu muodostuu tavallisesti useista haaroittuvista, päällekkäisistä ja rinnakkaisista kierroksista, jotka voivat olla suurempia

tai pienempiä. Näiden toimintasykliä ylläpitäminen vaatii suunnittelijalta ja valmistajalta asiantuntemusta ja käsityötaidon hallintaa. (Anttila 1996, 110.)

5.3 Tuotteen suunnittelu

Viljelyjärjestelmäni suunnittelu eteni tyypillisen suunnitteluprosessin tapaan iteratiivisena prosessina tuottamishankkeen määrittelyn ja alkumielikuvan kautta perustoimintojen määrittelyyn, rakenteen ja muodon hahmotukseen ja edelleen yhä yksityiskohtaisempaan suunnitteluun.

5.3.1 Viljelyjärjestelmän rakenteen ja viljelytekniikan valinta

Tuotetta suunnitellaan tuotevision pohjalta, jolla tarkoitetaan aietuotteen haavekuvaa (Metsärinne & Kallio 2011a, 58). Tuotteen suunnittelu alkoi mielikuvien hahmottelusta paperille. Alkuperäinen tuoteongelma ehti hautua mielessäni jo noin 10 vuotta, ennen kuin se valikoitui tämän opinnäytetyön aiheeksi.

Melko nopeasti mieleen tuli ajatus päällekkäisistä seinälle sijoitettavista kasvutasoista. Asuintilaan sijoitettaessa kasvien lisävalon tarve oli myös selvää, ja järjestelmään hahmottui seinästä kasvien eteen kurottuvia valaisimia. Yksi alkuperäisistä ajatuksista oli myös kattoon asennettavat valaisimet, jotka osoittavat seinään kiinnitettyjen kasvitasojen suuntaan.

Tällaisten pohdintojen jälkeen palasin suunnittelussa ikään kuin taaksepäin ryhtyessäni tekemään tätä opinnäytetyötä tutkivan tuottamisen mallin mukaan ja aloin pohtia niitä tarpeita, joista alkuperäinen idea oli syntynyt. Pyrin unohtamaan aikaisemmat mielikuvani ja aloittamaan pohtimisen tuotteen tavoitteiden sekä tuoteongelman ratkaisemisen pohjalta. Opinnäytetyöni keskeisen tuoteongelman voisi tiivistää muotoon: millainen tuote kasvattaisi tehokkaasti syötäviä kasveja ja mahtuisi pieneenkin asuntoon? Kokonaisuuden piti olla myös miellyttävän näköinen tai ainakin sellainen, että se ei heikentäisi kodin viihtyvyyttä.

Tässä vaiheessa tutustuin sekä markkinoilla oleviin että internetistä löytyviin puutarhaharrastajien rakentamiin viljelyjärjestelmiin. Mietin myös, missä tavanomaisessa asunnossa voisi olla tarpeeksi tilaa kasvattaa kasveja. Pohdin siis, millainen ratkaisu veisi kaikkein vähiten asunnossa hyödynnettävää tilaa. Asunnossa

vaikuttaa olevan korkealla enemmän tilaa kuin lattian tasossa, ja varsinkaan sisäkatossa ei ole usein kuin valaisimet. Yksi ratkaisujatus olikin noin 1 x 2 metrin kokoinen, katon läheisyyteen sijoitettava viljelytaso, jonka voisi esimerkiksi vinssien avulla laskea alas hoitoa ja leikkaamista varten. Kattoon kiinnitettävä järjestelmä vaatisi kuitenkin sopivia kattorakenteita ja tarkoittaisi kiinteää asennusta. Myös seinälle kiinnitettävä rakenne karsiutui pois jo vuokra-asunnon kiinnitysrajoitusten takia. Seinään suoraan kiinnitettävään järjestelmään liittyi myös muita rajoitteita, kuten vaatimus hoidon helppoudesta ja turvallisuudesta rakenteille.

Päädyinkin hyllymäiseen pystysuuntaiseen itse seisovaan rakenteeseen, sillä se käyttää vain melko vähän lattiapinta-alaa suhteessa tilavuuteen. Tällainen järjestelmä ei välttämättä tarvitse seinäkiinnitystä, mikä mahdollistaa myös järjestelmän liikuteltavuuden. Ratkaistavaksi ongelmaksi jäi kuitenkin korkeuden mukanaan tuoma kaatumisvaara.

Sen jälkeen piti ratkaista, miten kasvien kasvun keskeisimmät edellytykset, valo, vesi ja ravinteidensaanti, voidaan täyttää riittävän turvallisesti ja esteettisesti käyttökohteessa. Näihin vaatimuksiin halusin yhdistää myös helppohoitoisuuden ja sen, että kasvien kasvuedellytysten täyttäminen ei vaadi käyttäjältä jatkuvia toimenpiteitä, kuten kastelua.

Ratkaisuksi valikoitui vesi- eli hydroponinen viljely. Siinä kasveja kasvatetaan suoraan ravinneliuksessa, jonka lisäksi tarvitaan jonkinlainen kasvia tukeva kasvualusta. Menetelmää nimitetäänkin myös ravinneliuosviljelyksi. Tekniikalla viljellään muun muassa salaatteja, yrttejä sekä lehtivihanneksia. (Järvinen ym. 2016, 154; Kanninen 2003, 132.)

Päädyin hydroponiseen viljelyyn sen tarjoamien mahdollisuuksien takia. Hydroponisen viljelyn etuja suhteessa multaviljelyyn ovat Reshin (2004, 31–32) mukaan muun muassa seuraavat: kasvien ravinteiden saanti kontrolloidusti ja niille sopivassa muodossa, lannoitteiden tehokas käyttö, suuremmat sadot, tilankäytön tehokkuus, nopeampi kasvu oikeissa valaistusolosuhteissa, rikkakasvien, kasvitautien ja -tuholaisten puuttuminen kasvatusalustasta sekä vedenkäytön tehokkuus. Näistä ominaisuuksista monet tukevat laatutavoitteideni toteutumista. Lisäksi monet harrastajien suosimat kotiviljelyjärjestelmät perustuvat erilaisiin hydroponisiin ratkaisuihin. Hydroponisia

vesiviljelytekniikoita on useita erilaisia, joista esittelen lyhyesti tämän projektin kannalta varteenotettavat vaihtoehdot.

Syvävesiviljelyssä (engl. deep water culture) juuret kasvavat suoraan vedessä, jota hapetetaan jatkuvasti pumpulla (Van Patten 2008, 219). Järjestelmä on tehokas ja helppo rakentaa, mutta ei sovellu omaan järjestelmääni, koska vesisäiliön täytyy olla suoraan kosketuksissa kasvien juuriin, päällekkäinen rakenne olisi hyvin raskas. Syvävesikasvatus vaatisi myös kasvikohtaiset tai vähintään kerroskohtaiset erilliset pumput ja vesisäiliöt.

Aeroponisessa viljelyssä taas kasvien juuristot ovat pimeässä kasvatustilassa, jossa niitä ajoittain sumutetaan ravinneliuksella. Aeroponiikka on tehokkain tunnettu viljelymenetelmä. (Van Patten 2008, 227.) Arvioin aeroponisen järjestelmän kuitenkin liian monimutkaiseksi ja vikaherkäksi omaan käyttööni. Pidin ongelmana esimerkiksi suuttimien tukkeutumista ravinteiden kertyessä niihin sekä ravinneliuksen sumuttamiseen vaadittavan melko kovan paineen tuottaman pumpun melua. Yläkautta kastelevissa järjestelmissä ravinneliuos annostellaan yksittäisille kasveille erillisellä suuttimella pientä letkua pitkin. Ravinneliuos valuu kasvien juuristosta ja kasvualustasta taikaisin samaan säiliöön, josta se pumpataan. (Van Patten 2008, 219–220.) Yläkautta kastelevista järjestelmistä käytetään usein nimitystä tippukastelu (esim. Koivunen 2003). Ongelmana tippukastelumenetelmässä voidaan pitää suuttimien tukkeutumisalttiutta (Kanniainen 2003, 69).

Tulvakastelussa (engl. ebb and flow) ravinneliuosta pumpataan useita kertoja päivässä kasvatuspeditille, josta se valuu takaisin säiliöön. Tulvakastelu on rakenteeltaan yksinkertainen ja tehokas viljelyjärjestelmä. (Van Patten 2008, 214–217.) Se olisikin ollut varteenotettava vaihtoehto käytettäväksi omassa järjestelmässäni. Arvioin sen kuitenkin monimutkaisemmaksi rakentaa ja alttiimmaksi vuodoille kuin valitsemani NFT- (nutrient film technique) eli ravinnekalvotekniikka.

Ravinnekalvotekniikassa kasvit sijoitetaan kourun pohjalle, jossa virtaa ravinneliuosta (Kanniainen 2003, 132). Ravinneliuos hapettuu jatkuvasti virratessaan loivasti laskevaa kourua pitkin juurien läpi. Kourujen kaltevuus pitää veden liikkeellä ja estää sitä seisautumasta. Oikein säädettynä ravinnekalvotekniikka on erittäin tehokas vesiviljelymetodi, koska vesi hapettuu hyvin ja ravinneliuksen imeytyminen kasveihin

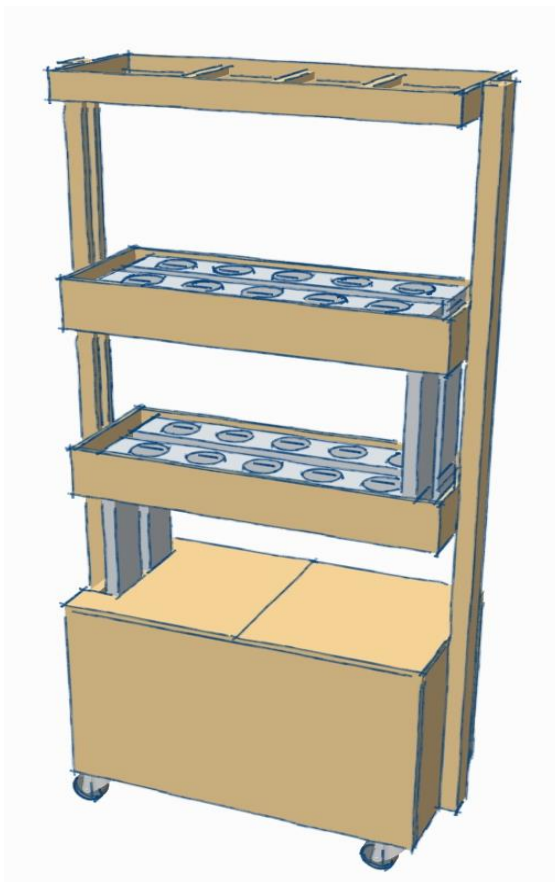
on optimaalista. Kourut ovat päältä suljettuja, jotta ilmankosteus pysyy korkeana eikä valo pääse juuristoon. (Van Patten 2008, 223–224.)

Ravinnekalvotekniikka luo kasvun edellytykset veden ja ravinteiden saannin osalta. Lisäksi tarvitaan kuitenkin valoa ja jonkinlainen runkorakenne, joka kannattelee muun muassa valoja ja vesiviljelyjärjestelmään liittyviä osia kuten vesisäiliötä, kasvatuskouruja pumppua ja letkuja.

Viljelyjärjestelmän rakenne- ja teknisiä ratkaisuja sekä niihin liittyviä materiaalivalintoja tarkastellaan yksityiskohtaisesti seuraavassa luvussa.

5.3.2 Viljelyjärjestelmän rakenteellisten ja teknisten ratkaisujen suunnittelu

Viljelyjärjestelmäni koostuu kolmesta osakokonaisuudesta, jotka ovat runkorakenne, valaistus ja vesi-ravinnejärjestelmä. Niiden suunnittelussa tuli huomioida kaikki laatuksiteerit: toimivuus, asuinmukavuus, turvallisuus ja ekologisuus. Järjestelmän perusrakenne ilmenee kuvasta 1.



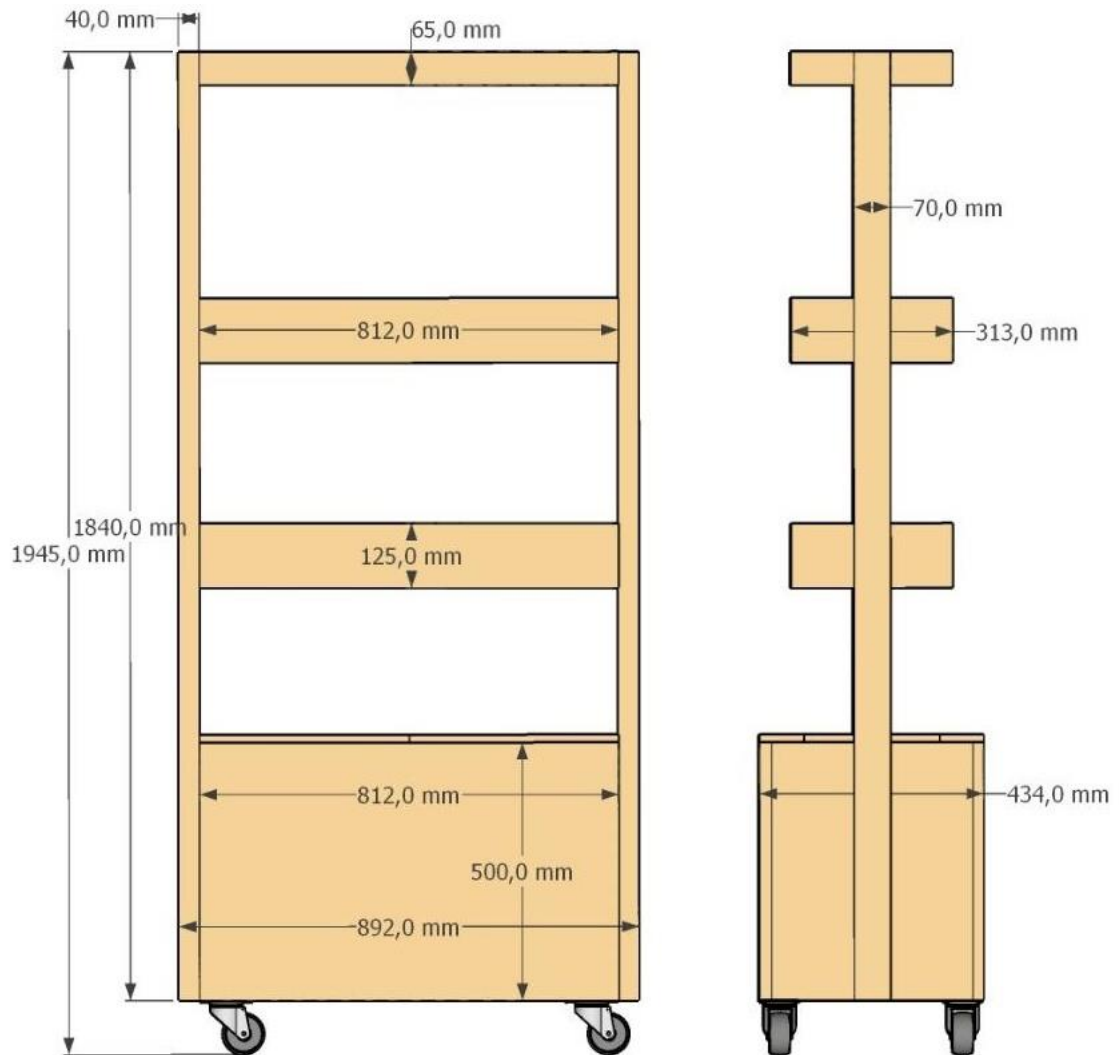
Kuva 1. Viljelyjärjestelmän suunniteltu perusrakenne.

Runkorakenne

Runkorakenteen tehtävänä on toimia valaisinten ja vesi-ravinnejärjestelmän kiinnitysalustana ja tarjota mahdollisimman suuri kasvatusala suhteessa järjestelmän viemään tilaan. Runkorakenteen tulee olla myös tukeva ja kestää kosteutta, eikä se saa olla helposti kaatuva. Lisäksi siinä tuli ottaa huomioon käytettävyyden ja esteettisyyden vaatimukset.

Runkorakenne koostuu seuraavista keskeisistä osista: Tukevan perustan muodostaa laatikko-osa, jonka sisälle sijoitetaan vesisäiliö ja järjestelmään kuuluvaa laitteistoa. Laatikko-osaan kiinnittyy kaksi pylvästä, jotka kannattelevat kasvatustasoja ja ylimmäksi tulevaa valaisintasoa. Pylväiden väliin kiinnittyy kaksi kasvatustasoa, joihin kumpaankin sijoitetaan kaksi kasvatuskourua. Pylväissä on ura, joka kätkee johdot. Kasvatustasojen tehtävänä on toimia myös kourujen ja valaisimien peitelevyinä sivuilta katsoessa. Valaisintaso on rakenteeltaan samanlainen kuin kasvatustasot, mutta se sisältää vain valaisimet. Lisäksi runkoon voidaan katsoa kuuluvaksi pohjaan kiinnitetyt neljä rengasta ja laatikon päälle tuleva kaksiosainen kansi. Renkaiden on kestettävä koko järjestelmän paino myös siirrellessä, ja viljelyjärjestelmä tulee voida lukita paikoilleen. Osat on kiinnitetty toisiinsa ruuveilla, ja ne voidaan irrottaa toisistaan tarvittaessa.

Rungon mitoituksessa tähdättiin tehokkuuteen, käytännöllisyyteen, tasapainoiseen ulkonäköön ja järjestelmän kohtalaisen helppoon sijoitettavuuteen kokonsa puolesta. Myös valaistukselle ja vesi-ravinnejärjestelmälle sekä kasveille tuli varata riittävästi tilaa. Rungon ulkonäön tasapainoisuutta ja mittasuhteita hahmottelin muun muassa piirrosten, paperimallien ja 3D-mallinnuksen avulla. Kaikki 3D-mallit piirrettiin SketchUp-ohjelmalla. Myös rakenteiden kestävyydellä, materiaalilla ja mahdollisilla liitostekniikoilla oli vaikutusta rakenteiden muodostumiseen. Suunnitteluvaiheessa määritellyt mitat ilmenevät kuvasta 2.



Kuva 2. Runkorakenne mittoineen ilman kasvatuskourustoa.

Rungon materiaalin piti olla sellainen, että se kestää kosteutta ja satunnaista roiskevettä. Halusin käyttää puuta sen työstettävyyden, ulkonäön, tinnun ja saatavuuden takia. Puumateriaaliksi valikoitui tarkemmin koivu sen kovuuden ja neutraalin ulkonäön takia. Koivu ei kuitenkaan itsessään kestä kosteutta ilman sopivaa pintakäsittelyä, minkä takia kaikki puuosat suunniteltiin käsiteltäväksi öljyvahalla. Valitsin pintakäsittelyaineeksi öljyvahan sen ominaisuuksien ja aikaisempien käyttökokemusteni perusteella. Puuosissa suunniteltiin käytettäväksi jiriliitoksia viimeistellyn ulkonäön saavuttamiseksi.

Valaistus

Kuten luvussa 3.4 todettiin, kasvit tarvitsevat paljon ja oikeanlaista valoa. Valon määrän täytyy olla riittävän suuri, jotta kasvien kasvu olisi jatkuvasti tehokasta. Valon sävyn piti olla sopiva kasveille, eikä se saanut häiritä huonetilassa oleskelevia tai olla huomiota herättävä. Kasvien kasvattamiseen on kehitetty suuri määrä erilaisia kasvivaloja, joista läheskään kaikki eivät kuitenkaan sovellu asuintiloihin.

Viljelyjärjestelmäni valitsin kaupallisia 46,5 cm pitkiä 16 W:n LED-kasvilamppuja (Ikea Växer). LED-valot ovat hyvin energiatehokkaita eivätkä tuota paljoa hukkalämpöä. Suunnittelin rungon niin, että kuhunkin tasoon voi kiinnittää ruuveilla kahdesta neljään valoyksikköä tarpeen mukaan. Lopulliseen valojen määrään vaikuttavat muun muassa lamppujen korkea hinta ja sopivaksi koettu valon kirkkaus käyttökohteessa. Toisaalta valitsemani valot voidaan sammuttaa myös yksitellen tarpeen mukaan. Valot saavat virtansa järjestelmän laatikko-osaan sijoitetusta jakorasiasta. Sähkö tulee kaikille laitteille yhtä jatkojohtoa pitkin pylvään sisäkautta. Standardin SFS 6000-5-51:2017 taulukossa 51A.2 määritellään ulkoiset olosuhteet ja niitä vastaavat laitteiden valintaan ja asentamiseen vaadittavat ominaisuudet. Viljelyjärjestelmään valitut valot ovat IPX4-luokitettuja, eli ne ovat roiskesuojattuja joka suunnasta ja sopivat näin tiloihin, joissa sähkölaitteet voivat joutua alttiiksi roiskuvalle vedelle.

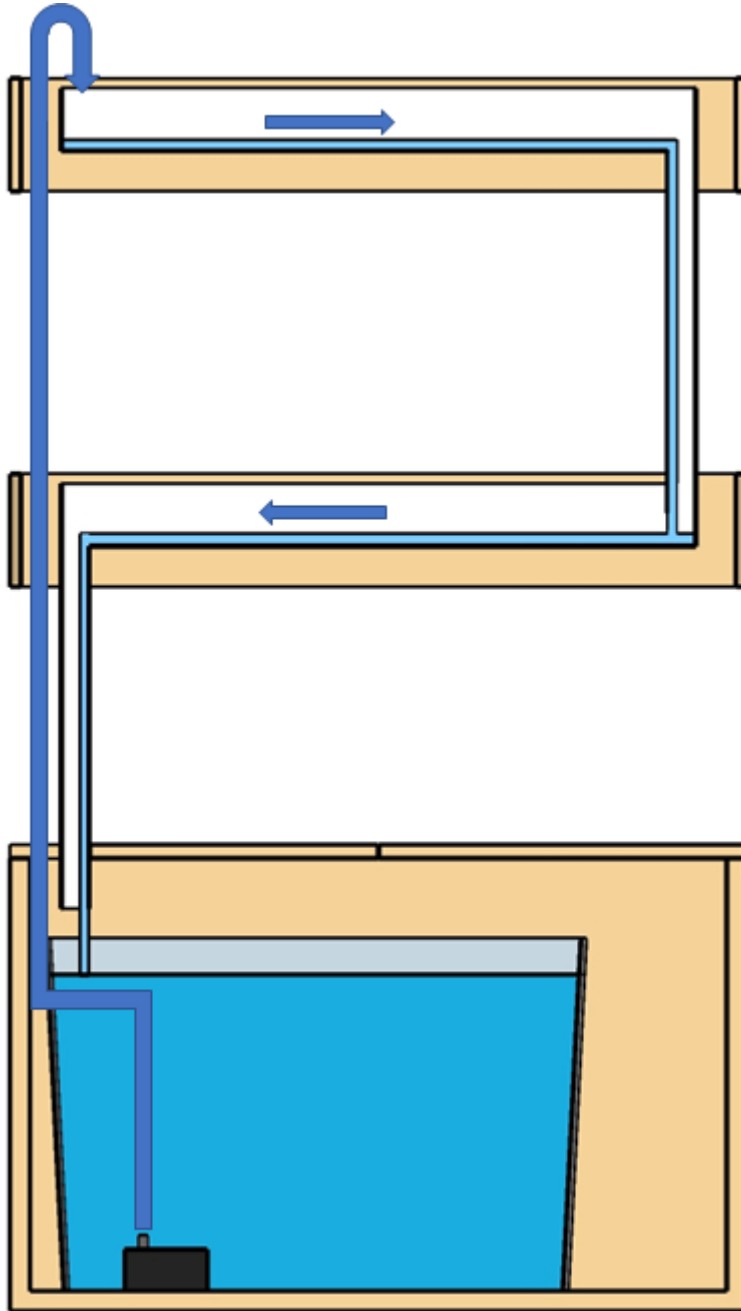
Vesi-ravinnejärjestelmä

Vesi-ravinnejärjestelmä voidaan pitää koko tuotteen ydinosana, jota runko ja valaistus palvelevat. Sen tehtävänä on luoda kasveille hyvät olosuhteet kasvualustan sekä ravinteiden ja veden saannin osalta. Tämä viljelyjärjestelmä perustuu ravinnekalvotekniikkaan, jossa ravinnepitoinen vesi eli ravinneliuos valuu ohuena 1–3 mm:n kalvona kaltevien kasvatuskourujen pohjaa pitkin samalla huuhdellen kasvien juuria. Ravinneliuos pumpataan uppopumpulla ylimmän tason kasvatuskouruihin, josta se palaa alemman tason kourujen kautta painovoimaisesti takaisin vesisäiliöön ja sieltä uudelleen kierto.

Vesi-ravinnejärjestelmä koostuu seuraavista osista:

- 50 litran vesisäiliö
- teräksinen kasvatuskourusto
- 25 W:n uppopumppu
- silikoniletku liittiminen
- vedenojaimet.

Järjestelmän toimintaperiaate on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Ravinneliuoksen kierto viljelyjärjestelmässä.

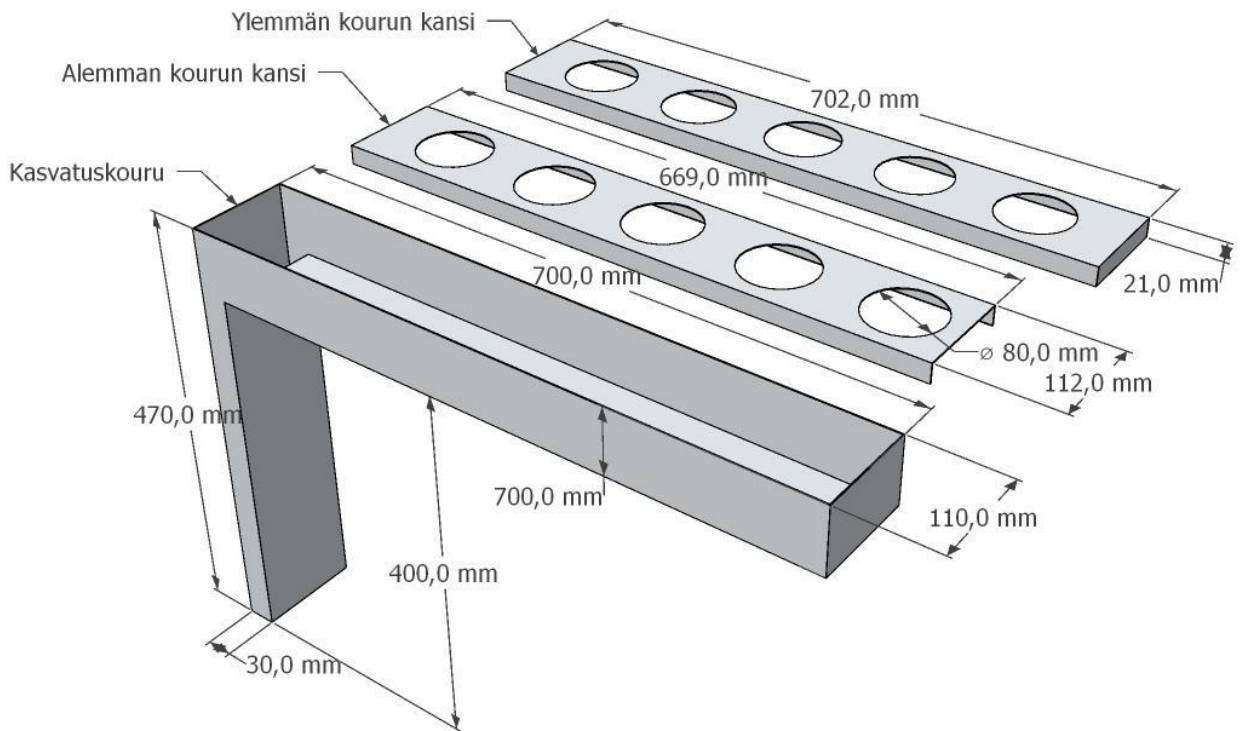
Ravinneliuoskiertojärjestelmän suunnittelussa piti huomioida asuinmukavuuden osalta erityisesti sen tuottama ääni sekä turvallisuuden tavoitteiden kannalta sen tiiveys ja materiaalien sopivuus elintarvikkeiden tuotantoon. Muita huomioitavia asioita olivat järjestelmän luotettavuus ja suorituskykyisyys kasvien kasvun tehokkuuden tavoitteen saavuttamiseksi. Lisäksi tämän järjestelmän näkyvien osien piti olla tyylikkäästi esteettisyyden laatutavoitteen täyttämiseksi.

Vesisäiliöksi valikoitui Plastex SmartStorage 45 pro (tilavuus 50 l), joka on valmistettu polypropeenista ja on elintarvikehyväksytty. Se on tilavuudeltaan sopiva ja tarpeeksi kestävä. Se ei ole kuitenkaan rakenteeltaan paras mahdollinen vesisäiliöksi, mutta sopivampiakaan ratkaisuja ei löytynyt markkinoilta, vaan sellainen olisi pitänyt valmistaa itse. Muita vaihtoehtoja olivat muun muassa erilaiset kanisterit, joiden muoto, tilavuus tai elintarvikekäyttöön soveltumaton materiaali tekivät niistä huonompia vaihtoehtoja. Heikkoutena valitussa vesisäiliössä on seinämän muoto ja osittain epätarkoituksenmukainen mitoitus. Seinämän suoruus mahdollistaa teoriassa veden läikkymisen viljelyjärjestelmää liikuteltaessa. Mitoituksen puolesta säiliön olisi hyvä olla korkeampi. Ensisijaisesti etsin säiliöitä, joita olisi voinut sijoittaa viljelyjärjestelmän laatikko-osaan kaksi rinnakkain. Tällainen kaksiosainen säiliö olisi mahdollistanut erilliset erilaisilla ravinnepitoisuuksilla toimivat vesi-ravinnekierrat.

Kasvatuskourusto koostuu neljästä erillisestä pystyputken ja vaakasuuntaisen kourun muodostamasta kiinteästä elementistä. Kasvatuskourut ja niiden kannet on mitoitettu viidelle kasvatuspisteelle. Kasvatuspisteet ovat pyöreitä ja halkaisijaltaan 80 mm. Kasvit sijoitetaan verkkoruukuissa U-palkkimaisen vaakakourun kanteen tehtyihin aukkoihin. Pystysuuntaisen, nelikulmisen putken tehtävänä taas on kuljettaa vesi alempaan kasvatuskouruun tai vesisäiliöön. Kourujen mitoitus suunniteltiin sellaiseksi, että niiden sisään mahtuu järjestelmään sopivat verkkoruukut sekä vesikalvo valumaan pohjalla.

Valmistusvaiheessa kourujen toimintaa testattiin valuttamalla niihin vettä pullosta ja myöhemmin pumpusta. Tämän testauksen tarkoituksena oli varmistaa, että vesikalvo levittäytyy koko kourun leveydelle eikä esimerkiksi kulje vain toista laittaa pitkin. Veden levittäytymiseen huomattiin vaikuttavan veden määrä ja kourujen kulma sekä se, miten vesi syötetään kouruun. Testauksen perusteella kouruun tuleva vesi kohdistettiin kourun

takaseinään – ikään kuin luonnollista virtausta vastaan – johon osuessaan se levittäytyy koko kourun leveydelle. Myös verkkoruukkujen vaikutusta virtaukseen kokeiltiin erikokoisilla ja erimuotoisilla ruukuilla. Testin perusteella päädyttiin yläreunan halkaisijaltaan 80 mm:n verkkoruukkuihin, joiden korkeus on 70 mm. Kasvatuskourut ja kannet mitoitettiin siten, että verkkoruukun alle jää 2–3 mm:n rako, jotta vesikalvo pääsee



kulkemaan sen alta. Kasvatuskourujen rakenne ja mitat on esitetty kuvassa 4.

Kuva 4. 3D-malli kasvatuskouruston osista.

Kourujen täytyy pystyä kantamaan kasvien ja ravinneliuoksen paino sekä kestää niiden käyttöön liittyvää rasitusta. Niiden tulee myös kestää lievästi hapanta ravinneliuosta, jonka pH on yleisesti 5,5–6,5, sekä voimakasta valoa. Huomioitavaa oli myös materiaalin elintarviketurvallisuus. Näistä syistä päädyin materiaalivalinnassa austeniittiseen ruostumattomaan teräkseen 1.4301, AISI 304. Vaihtoehtona oli hyvin saatavilla olevat polyvinyylidikloridimuovista valmistettu ilmastointi- tai viemäriputki. Vaikka monet harrastajat käyttävät niitä vesiviljelyssä, en halunnut valita PVC-putkia mahdollisten

terveysriskien vuoksi. Lisäksi etenkin viemäriputken ulkonäköä voidaan pitää epäesteettisenä. Sen pyöreä muoto ei myöskään ole ihanteellinen vesikalvotekniikkaa hyödyntävässä järjestelmässä: pyöreässä putkessa ruukun pohja jää selvästi kourun pohjan yläpuolelle. Tällöin putkeen tarvitaan paljon vettä, jotta myös ne kasvit, joilla ei ole vielä riittävän pitkiä juuria, eivät pääse kuivumaan. Van Patten (2008, 224) mainitsee PVC:stä valmistettujen kasvatuskourujen huonoksi puoleksi, että valoa pääsee ohuen seinämän läpi juurille, jolloin ne vihertyvät ja mätänevät helpommin.

Ruostumattoman teräksen ongelmana on kuitenkin kallis hinta ja osin vaikea työstettävyys. Austeniittisten (nikkeliä sisältävien) ruostumattomien terästen lastuaminen on hankalaa niiden sitkeyden ja muokkauslujuuttumisen vuoksi, mutta toisaalta niiden hitsaus- ja muovausominaisuudet ovat erinomaiset. (Sorsa 2015, 140.) Hinnasta ja osittain vaikeasta työstettävyydestä huolimatta pidän ruostumatonta terästä tarkoituksenmukaisena materiaalivalintana, koska se on hyvin kestävä ja kierrätettävää ja siten pitkällä tähtäimellä sekä kustannustehokas että ekologinen vaihtoehto. Ruostumatonta terästä myös käytetään muun muassa elintarvikkeiden valmistusvälineissä panimoissa ja meijereissä sekä teollisuuden kemikaalisäiliöissä (Sorsa 2015, 140). Lisäksi katson harjatun ruostumattoman teräksen ja vaalean koivun muodostavan näyttävän materiaaliparin.

Materiaalipaksuudeksi määritin jäykkyyden, painon, saatavuuden ja työstettävyyden perusteella 1 mm. Koska ruostumatonta terästä ei ole saatavilla sopivan kokoisena ja paksuisena putki- tai palkkimateriaalina, niin kourut valmistetaan levyateriaalista. Ruostumattoman teräksen viimeistelyksi suunniteltiin suosittu harjaus, mikä tekee siitä tyylikkään sisustusmateriaalin.

Pumpun tehtävänä on kuljettaa jatkuvasti ravinneliuosta vesisäiliöstä ylempiin kasvatuskouruihin. Pumpun täytyy siis vähintään soveltua jatkuvaan toimintaan ja kyetä pumppaamaan vesi 1,5 m:n korkeuteen (miniminostokorkeus 1,5 m). Pumpun on lisäksi oltava varmatoiminen, koska ravinneliuksen kierron pysähtyessä päiväksi tai pidemmäksi aikaa erityisesti pienet juuret kuivuvat ja kuolevat (Van Patten 2008, 224). Asuinmukavuuden takaamiseksi pumpun on oltava myös riittävän hiljainen. Pumpuksi valittiin 25 W:n tehoinen Neptun NPT-O 1500 -uppopumppu, jonka nostokorkeudeksi on ilmoitettu 1,9 m ja sen on ilmoitettu pumppaavan maksimissaan 1500 litraa vettä tunnissa. Kun nostokorkeus on noin 1,5 m, pumppausnopeus on kuitenkin huomattavasti

matalampi kuin 1500 l/h. Valitsin järjestelmään uppopumpun, koska pumpun ollessa suoraan vesisäiliössä vuotoriski on pienempi kuin pumpun ollessa säiliön ulkopuolella. Pumppua markkinoidaan suihkulähdepumppuna ulkokäyttöön, ja se on IP68-luokitettu. Järjestelmää koekäytettiin myös Laing DDC 3.2 -pumpulla, jonka korkein nostokorkeus on jopa 4,7 m. Kyseistä pumppua ei voi kuitenkaan upottaa veteen, ja sen ilmaaminen osana viljelyjärjestelmää osoittautui vaikeaksi. Laing DDC 3.2 -pumppu saattaisi olla toimiva ratkaisu, jos järjestelmän vesisäiliössä olisi letkulähtö säiliön alareunassa, vedenpinnan alapuolella. Pumpun sijoittaminen säiliön ulkopuolelle lisää kuitenkin mahdollisia vuotokohteita, koska se vaatii useita letkuliitoksia.

Letkun, joka kuljettaa veden uppopumpulta ylempään kasvatuskouruun, täytyy olla sopivan kokoinen ja riittävän taipuisa. Lisäksi halusin varmistaa tuotteen turvallisuuden käyttäjille valitsemalla elintarviketurvallisen letkumateriaalin. Näistä syistä päädyin sisähalkaisijaltaan 12 mm:n (ulkohalkaisija 15 mm) silikoniletkuun. Letku on mahdollista kuljettaa joko pylväässä olevaa uraa pitkin ja jakaa T-liittimellä ylimpiin kasvatuskouruihin, tai se voidaan haaroittaa vesisäiliössä kahteen osaan ja kuljettaa ylös kasvatuskourujen sisällä. Letkun lopullinen sijoitus oli määrä ratkaista koekäytön aikana esimerkiksi pumppaustehon ja käytettävyyden mukaan.

Lorinan poistamiseksi järjestelmään suunniteltiin veden virtaukseen vaikuttavia vedenohjaimia. Ylempien ja alempien kasvatuskourujen risteyskohtaan päätin sijoittaa pienisilmäisestä ruostumattomasta teräsverkosta valmistetut rullamaiset rakenteet. Teräsverkon ensisijaisena tehtävänä on vaikuttaa veden virtaukseen lorinan vaimentamiseksi, minkä lisäksi se toimii lisäksi suurempien kappaleiden suodattimena. Uskoakseni teräsverkko myös lisää toivottavaa veden hapettumista rikkoessaan sen läpi kulkeutuvan nesteen rakennetta. Veden ohjaamiseen suunnittelin aluksi myös akvaarioissa suodattimena käytettävää vaahtomuovia, jossa on avoin solurakenne. Päädyin kuitenkin teräsverkkoon, koska se on kestävä ja pestävää eikä se sisällä kemikaaliturvallisuusriskejä. Veden lorinan poistamiseksi sen palatessa kasvatuskourustosta vesisäiliöön tehtiin useita erilaisia kokeiluja ennen toimivan ratkaisun löytämistä. Kokeilin pitkänomaista muovipussia, sisärengasta sekä sihtiverkon ja silikonialustan yhdistelmää. Lopulta yksinkertaisimmaksi ja toimivimmaksi vaihtoehdoksi valikoitui alemman kasvatuskourun pystyputkeen kiinnitettävä rullattu

silikonialusta, jota pitkin vesi valuu säiliöön. Käyttämäni silikonimateriaali on myös elintarviketurvallista.

Lisäksi vesi-ravinnejärjestelmä vaatii toimiakseen verkkoruukkuja (\varnothing 80 mm, 20 kpl), joihin taimikasvatetut kasvit sijoitetaan, sekä kasvatusalustamateriaalia. Kivivillaa käytetään idättämiseen erillisessä idätysastiassa, ja myöhemmin se tukee kasvia ja kiinnittää sen paikoilleen kasvatuskourussa. Se on huokoinen ja kestävä materiaali, jonka vesi- ja ilmatasapainoa on helppo ylläpitää (Järvinen ym. 2016, 132). Kivivillan lisäksi verkkoruukkuihin laitetaan kevytsoraa, jonka tehtävänä on täyttää verkkoruukku siten, että kasvi pysyy hyvin paikoillaan. Kevytsora estää myös valon pääsyä kasvatuskouruun ja juurille. Kevytsora on huokoinen ja inaktiivinen materiaali, jota voidaan käyttää sellaisenaan tai kasvualustaseoksissa (Järvinen ym. 2016, 133). Lisäksi käyttämättömiä kasvipaikkoja varten tarvitaan umpisolumuovista tehtäviä peitelevyjä, jotka estävät roskien ja valon kulkeutumisen avoimista rei'istä järjestelmään.

5.4 Valmistuksen suunnittelu

Runko

Rungon valmistuksessa käytettävä materiaali on puusepänkuivaa koivua. Liimaukset tehdään D3-luokitetulla kosteudenkestävällä liimalla. Pääasiallisena liitostekniikkana on Lamello-liitos, joka on poratappiliitoksen mukaelma. Valmistus aloitetaan runkoon tarvittavan liimapuulevyn valmistuksesta. Käytettävän puumateriaalin yksi sivu sahataan pyörösahalla suoraksi ja sopivaan mittaan liimapuulevyn mitoituksen mukaan. Sahauksen jälkeen kappale höylätään oikohöylällä suoraksi sahatun pinnan mukaan. Oikaistu puumateriaali sahataan pyörösahalla rimoiksi. Rimat järjestetään puun syysuunnat huomioiden siten, että levyssä tapahtuisi mahdollisimman vähän taipumista eri suuntaan vääntävien voimien kumotessa toisensa. Rimat liimataan kosteudenkestävällä liimalla ja puristetaan tiiviisti toisiaan vastaan kiskopuristimilla.

Valmiista liimapuulevystä sahataan osat laatikon valmistusta varten. Laatikon päädyt ja sivut sahataan jiiriin eli 45 asteen kulmaan. Laatikon pohja mitoitetaan siten, että se mahtuu reunojen sisään ja liitetään paikoilleen Lamello-liitoksilla. Edellä kuvatut osat liitetään toisiinsa samanaikaisesti Lamello-liitoksilla ja puristetaan tiiviisti paikoilleen liiman kuivumisen ajaksi. Laatikon päätyyn jrsitään lovi, josta johdot pääsevät

kulkemaan laatikosta sisään ja ulos. Laatikon kaksiosainen kansi tehdään ohuemmaksi höylätystä liimapuulevystä, jotta sitä olisi kevyt liikutella. Kansilevyjen pohjaan liimataan laatikon sisähalkaisijan mittaiset rimat, jotka estävät kantta taipumasta ja pitävät sen paikoillaan laatikon päällä. Toiseen kannen osaan sahataan lovet kasvatuskourujen pystyputkia varten. Kaikki kappaleet hiotaan ja pintakäsitellään joka puolelta vähintään kahteen kertaan kirkkaalla öljyvahalla. Lopuksi laatikon pohjaan kiinnitetään renkaat ruuveilla.

Pylväitä varten liimapuulevy liimataan kaksinkertaiseksi liimapuupalkin muodostamiseksi siten, että yksittäinen pylväs koostuu vähintään neljästä osasta. Rakenteen tarkoituksena on estää taipumista. Pylväisiin jyrsitään yläjyrsimellä ura johtoja ja letkua varten. Lopuksi pylväät lyhennetään sopivaan mittaan ja höylätään tasohöylällä haluttuun paksuuteen. Pylväiden särmät viimeistellään höyläämällä ja hiomalla käsin. Hiotut kappaleet pintakäsitellään kirkkaalla öljyvahalla vähintään kaksi kertaa.

Kasvatustasojen seinämät valmistetaan yhtenäisistä tasapaksuiksi höylätyistä ja oikeaan mittaan sahatuista puukappaleista. Kasvatustasojen sivut ja päädyt liitetään jiiriin Lamello-liitoksella. Samanlainen mutta matalampi valotaso valmistetaan samalla tavalla. Tasojen sivuihin sisäpuolelle ruuvataan ohuet pitkittäissuuntaiset rimat. Nämä rimat muodostavat ikään kuin kiskon, jonka varassa poikittaiset rimat pysyvät. Poikittaisiin rimoihin kiinnitetään valoyksiköt, ja ne tukevat niiden päälle asettuvia kasvatuskouruja. Kaikki kasvatustasojen ja valotason osat hiotaan ja pintakäsitellään kirkkaalla öljyvahalla vähintään kahteen kertaan.

Lopuksi erilliset osat liitetään toisiinsa. Pylväät kiinnitetään vähintään neljällä huonekaluruuvilla laatikon sisäpuolelta. Kiinnityspisteet sijoitetaan mahdollisimman alas ja ylös suhteessa laatikon reunaan, jotta rakenteesta tulee mahdollisimman tukeva. Kasvatus ja valotasot kiinnitetään pylväisiin kahdella ruuvilla kummastakin päästä siten, että valotaso on ylimpänä. Viimeisenä laatikko-osan pohjan kulmiin kiinnitettiin Ikean Rill-pyörät neljällä ruuvilla. Pyörien halkaisija on 75 mm ja enimmäiskuormitus 55 kg rengasta kohti, jolloin niiden kokonaiskantavuus on 220 kg.

Kasvatuskourusto

Kasvatuskourut valmistetaan 1 mm:n paksuisesta ruostumattomasta teräslevystä. Osat piirrotetaan levyyn ja leikataan oikean kokoisiksi paloiksi levyleikkurilla. Pystyputki mitoitetaan siten, että pystyputki mahtuu alemman kourun sisään. Kourujen ja putkien seinämät kantataan kanttauskoneella. Saumat hitsataan TIG-hitsillä sopivaa lisäainetta käyttäen. Saumojen tulee olla vesitiiviitä ja siistejä. Mahdolliset hitsauksesta tulevat värjäytymät poistetaan. Kansien reunat taivutetaan kanttaamalla, mutta niiden saumoja ei tarvitse hitsata. Kansiin porataan koteloporalla reiät kasvatuspisteitä varten. Kaikki terävät kohdat viilataan. Osat puhdistetaan ennen käyttöönottoa.

Viljelyjärjestelmän kokoaminen

Näiden käsityötekniisten vaiheiden jälkeen valot kiinnitetään ja vesikiertojärjestelmän osat laitetaan paikoilleen. Valot ruuvataan valo- ja kasvatustasojen poikkirimoihin pitkittäin ruuveilla kummastakin päästä. Valojen johdot pujotetaan kulkemaan pylväiden uria pitkin jo kasvatuskourujen kiinnitysvaiheessa. Muuntajat asetetaan laatikon vastakkaiseen päähän suhteessa vesisäiliöön. Pylvään kiinnityksen yhteydessä pylvään uraan asetetaan jatkojohto, jonka naarasliitin tulee laatikon sisään ja urosliitin pylvään alareunasta järjestelmän ulkopuolelle. Laatikon sisäpuolelle laitetaan haaroituspistorasia, johon valaisimet ja pumppu voidaan kiinnittää. Kasvatuskourut asetellaan kasvatustasojen poikkirimojen päälle pitkittäin siten, että ylemmän kasvatuskourun pystyputken päät menevät alemman kourun sisään. Kasvatuskourut tulevat eri kasvatustasoille siten, että pystyputket asettuvat eri päihin ylemmässä ja alemmassa kerroksessa. Vesisäiliö sijoitetaan laatikon pohjalle. Uppopumppu asetetaan resonointia vaimentavien silikoniletkujen päälle säiliön pohjalle. Pumppuun liitetään sopivan mittaiset silikoniletkut sen mukaan, johdetaanko letkut ylimpään kasvatuskouruun kourujen sisältä vai niiden ulkopuolella pylvään uraa pitkin. Jälkimmäisessä ratkaisussa letkut kulkevat ylemmälle tasolle kasvatuskourujen kansissa olevien aukkojen kautta.

6 VILJELYJÄRJESTELMÄN VALMISTUS

6.1 Valmistusprosessi

Tutkivassa tuottamisessa itse tuote on käsityötajun ohjaamana valmistettava testausväline, jonka avulla voidaan empiirisesti osoittaa laatutavoiteteoreeman pätevyys ja siten tutkia tuottamista ohjaavaa ajattelua. Lisäksi tuotteen valmistus osoittaa käytettyjen teknologioiden soveltuvuuden ja niiden käyttötaidon suhteessa tuote- ja valmistussuunnitelmaan. (Metsärinne & Kallio 2011a, 58–59.)

Valmistuksessa minulla oli käytettävissä suuren yhtenäiskoulun teknisen työn tilat välineistöineen. Käytettäviä työkoneita olivat pyörösaha, vannesaha, oikohöylä, tasohöylä, penkkiporakone, laikkahiomakone, käsijyrsin ja epäkeskohiomakone. Muuta käytössäni ollutta välineistöä olivat muun muassa käsihöylä, erilaiset puristimet, hiomatarvikkeet ja mittausvälineet.

Runko

Viljelyjärjestelmän valmistus aloitettiin rungon valmistuksesta edellä kuvatussa valmistussuunnitelman mukaisesti. Rungon valmistus oli monimutkaisin osuus viljelyjärjestelmän osakokonaisuuksista, ja se vei myös eniten aikaa.

Rungon valmistus alkoi laatikko-osaan tarvittavan liimapuulevyn tekemisestä. Liimapuulevyn valmistukseen käytettiin lahjoituksena saatua vialliseksi todettua pontillista koivulankkua. Itse tehdyn liimapuulevyn lisäksi laatikon valmistuksessa hyödynnettiin käytöstä poistettuja koivuisia pulpetinkansia. Valmiin levyn paksuudeksi tuli 21 mm. Seuraavaksi levyt sahattiin pyörösahalla oikeaan kokoon.

Levyt oli alun perin tarkoitus liittää jiiriin Lamello-liitoksella, mutta koska Lamello-liitospaloja ei ollut valmistukseen varattuna aikana riittävästi saatavilla, päädyin liittämään laatikko-osan sivu- ja päätykappaleet toisiinsa levyn läpi poratuilla puutapeilla vahvistetulla puskuliitoksella. Poratappiliitosratkaisu on kestävä, mutta näkyvien puutappien ja levyn päiden takia se edustaa eri tyyliä kuin mihin olin pyrkinyt. Laatikko-osan ison koon (810 x 500 x 450 mm) ja puutappien suuren määrän takia kokoaminen liimausta varten sekä puristaminen liimauksen aikana oli melko työlästä. Liimauksessa

käytettiin apuna ruuvipuristimien lisäksi myös kulma- ja vannepuristimia. Liimauksen jälkeen laatikko-osa hiottiin kauttaaltaan epäkeskohiomakoneella karkeudella 150. Laatikon sisäpinta käsiteltiin valkoisella Osmo Colorin öljyvahalla ja ulkopinnat värittömällä TopOililla. Pintakäsittely toistettiin neljä kertaa mahdollisimman hyvän kestävyuden saavuttamiseksi.

Kasvatustasojen ja valotason perusrakenne valmistettiin höylätystä koivulankusta, joka halkaistiin vannesahalla puumateriaalin säästämiseksi. Halusin tehdä nämä osat kokonaisuudesta puusta ulkonäkösyistä. Osissa oli havaittavissa pientä taipumista ja voidaan todeta, että liimapuulevy olisi kestänyt paremmin. Liitokset tehtiin jiiriin käyttäen Lamello-liitosta. Kasvatustasoihin kuuluvat lamppujen kiinnittämiseen tarkoitetut poikkipuut työstettiin liimapuulevyn valmistuksessa yli jääneistä rimoista.

Kasvatuskourusto

Laadin suunnitelman työpiirustuksineen kasvatuskourujen valmistusta varten. Lisäksi viimeistelin osat poistamalla terävät kulmat ja puhdistamalla työstöjäljet. Koska ruostumattoman teräksen työstäminen edellyttää erityisvälineistöä, jota minulla ei ollut käytettävissä, kasvatuskouruston valmistuksesta vastasi Tmi Cojin Ville Salminen. Lisäksi arvioin erityisesti melko ohuen 1 mm:n teräslevyn hitsaamisen vesitiiviiksi vaativan metallialan ammattiosaamista. Valmiit kourut olivat suunnitelmien mukaiset.

Viljelyjärjestelmän kokoaminen

Viljelyjärjestelmän kokoaminen aloitettiin pylväiden kiinnittämisestä laatikko-osaan (kuva 5). Laatikkoon tuleva jatkojohto piti asettaa pylväässä olevaan kouruun jo pylvästä kiinnittäessä, sillä muuten sitä ei pysty pujottamaan katkaisematta johtoa. Kasvatustasoja ja valotasoa kiinnitettäessä puolestaan valojen johdot pujotettiin pylväiden uriin. Vesisäiliö sijoitettiin paikalleen laatikko-osaan ennen alemman kasvatustason kiinnittämistä, koska muuten siihen ei olisi ollut riittävästi tilaa. Vesisäiliön kanteen leikattiin reiät letkua, putkia ja pumpun johtoa varten sekä avattava luukku, jonka kautta ravinneliuosta voidaan lisätä ja tarkkailla. Valot kiinnitettiin poikkirimoihin suunnitelman mukaisesti ja asetettiin omille tasoilleen.



Kuva 5. Runko-osan kokoamisen ensimmäinen vaihe. Taustalla viimeistelyä vaille valmiita kasvatuskouruja.

Tämän jälkeen vesi-ravinnejärjestelmän kokoaminen aloitettiin asettamalla kasvatuskourut paikoilleen. Pumppu laitettiin vesisäiliön pohjalle pehmusteena olevan silikoniletkukiepin päälle. Pumpun ja ylempien kasvatuskourujen välille mitoitettiin sopiva letku, joka jaettiin kahteen letkun yläpäässä T-liittimellä. Letku pujotettiin vesisäiliössä olevalle pumpulle pylväässä olevaa uraa pitkin. Myös letkun kuljettaminen kasvatuskouruston sisällä kokeiltiin ja todettiin toimivaksi. Letku päätettiin kuitenkin vetää pylvään uraa pitkin, jotta järjestelmää testattaessa kourujen siirtely olisi tarvittaessa helpompaa. Järjestelmän käytön vakiintuessa letkut on tarkoitus siirtää kourujen sisään, koska silloin ne olisivat täysin piilossa. Seuraavaksi asennettiin kasvatuskourujen pystyputkiin veden tiputusta estävät ja karkeasuodattimena toimivat teräsverkot. Lisäksi

alempien kourujen vesisäiliöön johtavien pystyputkien päihin asennettiin leivonta-alustasta leikatusta silikonilevystä rullatut ja nippusitein kiinnitetyt vedenohjaimet. Näillä keinoin häiritsevä lorina saatiin käytännössä kokonaan pois. Käyttökohteessa pumpun ja valojen sähköjohdot liitetään vielä laatikko-osassa olevaan jakorasiaan.

Kokoonpantu viljelyjärjestelmä käyttökohteessa ennen testausta on nähtävissä kuvassa 6.



Kuva 6. Viljelyjärjestelmä valmiina käyttöttestaukseen.

6.2 Valmistuksen arviointi

Tuotteen valmistuksen ja sitä edeltävien tuote- ja valmistussuunnitelman voidaan katsoa vastaavan tämän opinnäytetyön empiiriseen tutkimuskysymykseen *Miten kotiviljelyjärjestelmä voidaan suunnitella ja valmistaa laatutavoitteiden mukaan?*

Tuote saatiin toteutettua melko tarkasti luvussa 5.4 esitetyn valmistussuunnitelman mukaisesti. Valmistuksen aikana päädyttiin kuitenkin joihinkin muutoksiin ja valmistusteknisiin ratkaisuihin, joita ei ollut huomioitu etukäteen. Tämä onkin oletettavaa valmistettaessa uniikkia ja uudenlaista tuotetta käsityöllisin menetelmin. Tätä tukee myös Metsärinnten ja Kallion (2011a, 57) toteamus siitä, että valmistuksen aikana saatu uusi tieto voi muuttaa tuote- ja valmistussuunnitelmaa.

Kasvatustasot päätettiin mitoittaa hieman eri korkeudelle vielä valmistuksen aikana ja pylväistä tehtiin noin 100 mm pidemmät. Kasvatustasojen korkeutta nostamalla haluttiin mahdollistaa kasvien kasvua korkeammiksi. Esimerkiksi puulevyjen ainepaksuudet määrittyivät tarkalleen vasta valmistuksen aikana, mutta laatikko-osan sisämitat pidettiin hyvin tarkasti suunnitelman mukaisina, koska valitun vesisäiliön mitat asettivat minimirajat mitoitukselle ja toisaalta säiliön haluttiin asettuvan tiiviisti paikalleen.

Visuaalisesti merkittävin poikkeama suunnitelmasta johtui laatikko-osan liitostekniikan muutoksesta, joka toi tappien ja levyjen päät näkyviin. Ratkaisuun päädyttiin Lamello-liitospalojen saatavuusongelmien ja tiiviin aikataulun takia. Osittain syynä oli myös pitkän yhtenäisen jiiriliitoksen vaatima työstötarkkuus. Alkuperäisessä suunnitelmassa kasvatustasojen ja laatikko-osan visuaalinen ilme olisi ollut yhtenäisempi ja laatikko olisi ollut keveämmän näköinen. Puskuliitos, joka paljastaa levyn paksuuden päädyistä katsottuna, luo jossain määrin raskaan vaikutelman. Myös läpitaipituksessa näkyvät puutapin päät lisäävät vaikutelmaa raskaasta rakennelmasta. Toisaalta näkyvää liitostekniikkaa voidaan pitää luottamusta herättävänä.

Valmistusteknisesti vaikeuksia aiheutti käytettävän puumateriaalin epätasalaatuisuus, joka hidasti liimapuulevyjen valmistusta. Päätös rakentaa valotaso ja kasvitasot yhtenäisestä puusta osoittautui haasteelliseksi puun luonnollisen vääntymisen takia. Kyseisissä osissa on havaittavissa muun muassa pitkien sivujen vähäistä kovertumista. Pintakäsittelyn ja pitkittäisten ja poikittaisten rimojen asentamisen jälkeen vinoutta ei kuitenkaan ole juuri havaittavissa.

Rungon valmistukseen kului aikaa noin 80 tuntia kolmen viikon aikana. Tähän aikaan sisältyy vain itse valmistus ja siihen liittyvät kokeilut. Rungon valmistukseen kului jonkin verran enemmän aikaa kuin olin arvioinut.

Järjestelmän alkuperäinen kokoaminen sujui nopeasti ja suunnitelmien mukaan. Valojen johtojen asettaminen kulkemaan pylvään uraan samalla, kun kasvatustasot pantiin paikoilleen, oli hieman odotettua työläämpää. Valojen johtojen asettaminen olisi huomattavasti helpompaa, jos johto voitaisiin pujottaa rungon kokoamisen jälkeen. Tämä olisi mahdollista, jos johdon voisi irrottaa muuntajasta tai valaisinosasta, jotka eivät mahdu kulkemaan pylvään urasta. Käyttämissäni valoissa johtoja ei kuitenkaan ole tehty irrottaviksi, mutta niihin olisi helppo lisätä liittimet.

Ensimmäisen kokoamisen jälkeen järjestelmään tehtiin vielä muutoksia valojen muuntajien asennuksen osalta. Käyttökokeilun alussa laatikko-osassa sijaitsevat valaisiminen muuntajat lämpenivät liikaa. Olin arvioinut muuntajien tuottaman lämmön olevan niin vähäistä, että ne voidaan asentaa melko tiiviisti. Ongelma ratkaistiin asentamalla muuntajat kehikon avulla irti toisistaan, jotta ne pääsevät jäähtymään paremmin. Muuntajien lämpötilaa seurattiin tämän jälkeen muutaman päivän ajan ja todettiin, että niiden lämpötila ei nouse enää liian korkeaksi.

Valmistusteknisesti viljelyjärjestelmä oli teräksistä kasvatuskourustoa lukuun ottamatta valmistettavissa omalla käsityöosaamisellani. Valmistus vaati kuitenkin huolellista suunnittelua, kokeiluja sekä perehtymistä materiaalien ja laitteiden ominaisuuksiin. Lisäksi viljelyjärjestelmän suunnittelu vaati viljelytekniikan opiskelua. Siltä osin hankin osaamista alan kirjallisuudesta, harrastajien verkkofoorumeilta ja Helsingin aikuisopiston vesiviljelykurssilta. Käsityöllisin tekniikoin valmistettu kasvatusjärjestelmä on näkyviltä osin viimeistelty kokonaisuus. Sen vastaavuutta laatutavoitteisiin tarkastellaan seuraavassa luvussa.

7 LAATUTAVOITETEOREEMAN TESTAUS

7.1 Testauksen peruseriaatteen

Laatutavoiteteoreeman testausta varten tuote sijoitetaan käyttökohteeseensa ja sitä arvioidaan suunnitellusti testiteoreeman mukaisesti. Testauksessa selvitetään, miten tuote täyttää sille asetetut tavoitteet. Näin saadaan näkyviin tuotteen välinearvo ja voidaan arvioida tavoitemääritysten pätevyys. Ensijainen tutkimuskohde ei kuitenkaan ole tuotteen erinomaisuus vaan se, miten käsityötaju on ohjannut tuottamisessa tehtyjä valintoja ja niiden perusteluja. Ensin tuotetta arvioidaan ja siitä hankitaan tietoa ja sen jälkeen analysoitua tietoa verrataan laatutavoitteisiin. Laatutavoiteteoreema voi testauksessa saada vahvistuksen tai jäädä vahvistamatta. (Metsärinne & Kallio 2011a: 64–65.)

Testausta varten viljelyjärjestelmä sijoitettiin käyttökohteeseen eli opinnäytetyön tekijän kotiin, missä se otettiin viljelykäyttöön ja sitä arvioitiin testaussuunnitelman mukaisesti.

7.2 Toimivuus

Viljelyjärjestelmän toimivuuden testaamiseksi järjestettiin kasvatuskokeilu, joka koostui kahden viikon idätys- ja taimikasvatusjaksosta viljelyjärjestelmän ulkopuolella sekä kolmen viikon kasvatukselta viljelyjärjestelmässä ja verrokkijärjestelmässä. Kokeilussa oli kaksi verraten nopeakasvuista viljelykasvia: roomansalaatti ja basilika. Siemenet kylvettiin 24.2.2019 siemenpussien ohjeiden mukaan. Viljelyjärjestelmää varten siemenet istutettiin Ikean kannelliseen Växer-taimilaatikkoon kivivillaan paineltuihin koloihin. Taimilaatikkoon lisätyn veden pH säädettiin noin 6,5:een, mutta tässä vaiheessa veteen ei lisätty ravinteita. Verrokkikasvit kylvettiin Biolanin kylvö- ja taimimultaan kannellisiin taimilaatikkoihin. Kaikki kasvatuslaatikot asetettiin kolmen 16,5 W:n Ikea Växer -kasvatusvalon alle noin 12 tunniksi vuorokaudessa. Taimikasvatusvaiheessa multaan kylvetyt kasvit itivät ja kasvoivat nopeammin kuin kivivillaan kylvetyt.

Vesiviljelyjärjestelmään siirrettiin 9.3.2019 viisi roomansalaatin ja neljä basilikan taimia sisältävää kivivillapaakkua. Ne asetettiin verkkoruukkuhin, joiden lopputila täytettiin kevytsoralla, ja sijoitettiin vesiviljelyjärjestelmän kasvatuspisteisiin. Järjestelmän veden pH-arvoksi säädettiin noin 6,5 ja veteen lisättiin ravinnevalmistajan suosituksen mukaan

1 millilitra litraa kohti GHE Mato- ja Micro-vesiviljelyravinteita. Samana päivänä siirrettiin mullassa kasvaneista taimista vastaava määrä salaatin ja basilikan taimia omiin 8 cm halkaisijaltaan oleviin kuituruukkuihin, jotka täytettiin kylvö- ja taimimullalla.

Mullassa kasvavat kasvit sijoitettiin viljelyjärjestelmän laatikko-osan kannen päälle, missä oli samanlainen valaistus kuin kasvatustasoilla. Valon määrä mitattiin myös luksimittarilla. Vesiviljelyjärjestelmän eri kasvatuspisteiden kohdalla valaistus vaihteli mittausten mukaan siten, että keskellä 3 cm:n korkeudella viljelykourun kannen tasosta oli noin 17 000 luksia ja reunimmaisessa pisteessä noin 8 000 luksia. Mullassa kasvaviin kasveihin kohdistui hieman enemmän, noin 20 000 luksia, koska ne olivat lähempänä valaisimia kuin viljelyjärjestelmän kasvatuspisteissä olevat kasvit.

Mullassa olevia kasveja kasteltiin päivittäin kevyesti hanavedellä. Multakasvien kasteluun ja vesiviljelyjärjestelmän ravinneliuoksen pohjana käytetyn hanaveden pH-arvoksi mitattiin noin 7 ja sen sähkönjohtavuudeksi (EC) 0,14. Veden sähkönjohtavuutta (EC) ja pH-arvoa mitattiin digitaalisella pH-EC-mittarilla. Veden pH-arvo mitattiin myös indikaattoritippojen avulla. Alkuvaiheessa mullassa kasvavat kasvit olivat silmämääräisesti suurempia kuin vesiviljelyjärjestelmän kasvit – etenkin basilikassa ero oli huomattava. Viikko vesiviljelyjärjestelmään siirtämisen jälkeen siinä kasvaneet salaattit olivat kuitenkin huomattavasti suurempia kuin mullassa kasvaneet (kuva 7).

Kasvatusjakson loppupuolella myös basilikat ohittivat mullassa kasvavat verrokkikasvit. Multatakasvatuksessa kasvit olivat tässä vaiheessa huomattavasti haaleamman vihreitä ja niiden kasvu oli hidastunut, vaikka mullan, kastelun ja valon määrä arvioitiin riittäväksi. Niihin kohdistuvaa valoa myös mitattiin luksimittarilla. Vesiviljelyssä olleiden kasvien kasvuhäiriöitä ja niiden seurauksia kuvataan käytön helppous -laatutavoitteen testauksen yhteydessä.



Kuva 7. Roomansalaatit 16. päivä.

Kasvatuskokeilun aikana kaikkia muuttujia ei pystytty vakioimaan. Vesi-ravinne-liuoksen pH vaihteli välillä 5–7, mullan ravinnepitoisuutta eikä kasvun hidastumisen syytä voitu selvittää, ja kuten edellä mainittiin, valotehoa ei kaikille kasveille ollut mahdollista yhdenmukaistaa. Lisäksi, vaikka tavoitteena oli sijoittaa kasvatuspisteisiin vain yksi taimi, vielä vesikasvatuksen aikana osasta kasvatuspaakkuja ilmaantui pääkasvin juurelle sivutaimia, joita ei poistettu. Viljelyjärjestelmän käyttö ei myöskään ollut täysin optimaalista, koska se vaati opettelua esimerkiksi ravinteiden ja happamuuden säätämisen osalta. Van Patten (2008, 224) pitääkin ravinnekalvotekniikkaa varsin vaativana kasvatusmuotona. Pitempi viljelykokemus auttaisi myös ymmärtämään eri kasvilajien tarpeita esimerkiksi ravinteiden, valaistuksen ja leikkaamisen osalta.

Kasvien kasvun tehokkuutta tutkittiin edellä kuvatun kasvatuskokeilun avulla vertaamalla viljelyjärjestelmän ja verrokkijärjestelmän kykyä tuottaa syötäviä kasvinosia. Idätyksen ja taimikasvatuksen jälkeisen varsinaisen kasvatusjakson jatkuttua kolme viikkoa kasvit leikattiin 2.4. ja niiden syötävät osat punnittiin keittiövaa’alla (kuva 8).



Kuva 8. Yksittäisen roomansalaatin punnitus.

Salaattikasveja korjattiin vesiviljelyjärjestelmän viidestä kasvupisteestä yhteensä kuusi kappaletta ja ne punnittiin. Niiden yhteispaino oli 417 g ja yksittäisten kasvien painon vaihteluväli 54–95 g. Multakasvatuksessa olleita salaattikasveja oli myös kuusi kasvia viidestä kasvatusruukusta. Niiden yhteispaino oli 21 g. Yksittäisten kasvien painoa ei punnittu luotettavuussyistä erikseen niiden alhaisen painon takia.

Punnittuja vesiviljelyssä kasvatettuja basilikoja punnittiin kuusi kappaletta neljästä kasvatuspisteestä. Niiden yhteispaino oli 38 g. Multakasvatuksessa olleita basilikoja oli sama määrä, ja niiden yhteispaino oli 10 g.

Kasvatuskokeilu siis osoitti vesiviljelyn ylivoiman ja viljelyjärjestelmän toimivuuden. Tosin tuloksia arvioidessa on huomioitava edellä kerrotut havainnot kasvatuskokeilun rajoitteista. Joka tapauksessa kasvuero oli huomattava niin punnitusvaiheessa kuin kasvatuksen alkuvaiheen jälkeen.

Kasvien kasvun tehokkuudessa sekä roomansalaatin että basilikan osalta saavutettiin korkein määritelty laatutaso (5), koska kasvu oli moninkertaista suhteessa mullassa kasvatettuihin verrokkikasveihin.

Käytön helppoutta tarkasteltiin arvioimalla viljelyjärjestelmän käyttöön liittyvien erilaisten toimenpiteiden sujuvuutta sekä kokeilemalla, kuinka pitkään järjestelmä toimii tarkoituksenmukaisesti ilman käyttäjän toimenpiteitä. Käyttöön liittyviä toimenpiteitä olivat taimien siirtäminen järjestelmään, pumpun ja valaistuksen kytkeminen päälle ja pois, kasvien leikkaus, ravinneliuoksen lisääminen ja poistaminen sekä järjestelmän puhdistus. Lisäksi siihen kuului ravinneliuoksen tarkkailu, toisin sanoen pH:n ja EC:n eli liuoksen sähkönjohtavuuden mittaaminen sekä liuoksen määrän ja järjestelmän visuaalinen havainnointi. Liuoksen sähkönjohtavuutta mittaamalla voidaan selvittää siihen liuenneiden mineraalisuolojen määrää, joka puolestaan kertoo ravinnepitoisuudesta.

Taimien siirtäminen viljelyjärjestelmään sujui kokeilujaksolla helposti ja ravinneliuoksen pH-arvoa sekä sähkönjohtavuutta voitiin seurata helposti vesisäiliön kannesta olevasta luukusta. Veden laadun tarkkailu silmämääräisesti onnistui myös hyvin. Luukun kautta saatiin lisättyä vettä ja pumpattua ravinneliuosta pois erillisellä pienellä uppopumpulla. Veden poistaminen ja lisääminen aiheuttivat vähäisiä roiskeita, mutta ne voitiin toteuttaa riittävän siististi olohuoneessa. Koin prosessin kuitenkin hieman työlääksi, koska veden lisäämiseen tarvittiin erillinen kanisteri ja letku sekä poistamiseen erillinen uppopumppu. Kasvien todettiin olevan sopivalla korkeudella ja hyvin saavutettavissa niiden huoltoon ja leikkausta varten. Kasvivalojen ja pumpun ohjaaminen on vaivatonta, koska valaistus toimii ajastimella ja pumppu on jatkuvasti päällä. Mikäli valot halutaan sammuttaa niiden ollessa ajastetusti päällä, ne täytyy sammuttaa yksitellen valaisimissa olevista kytkimistä.

Järjestelmä pystyttiin puhdistamaan kokonaisuudessaan, mutta huolellinen puhdistus vaatii vesi-ravinnejärjestelmän purkamista. Kasvatuskokeilun lopussa tehdyssä perusteellisen puhdistuksen yhteydessä pumppu otettiin pois säiliöstä ja kasvatuskourut nostettiin kasvatustasoilta puhdistusta varten. Kokeilujakson perusteella puhdistukseksi riittää ajoittainen ravinneliuoksen vaihto, vedenohjaimien huuhtelu ja samalla vesisäiliön pohjan pyyhintä.

Järjestelmän toimivuutta ilman käyttäjän toimenpiteitä kokeiltiin täyttämällä vesisäiliö täyteen eli 50 litralla ravinneliuosta. Kokeilun oli tarkoitus selvittää, voiko kasvit jättää viljelyjärjestelmään esimerkiksi lomamatkan ajaksi. Tänä aikana järjestelmän toimintaa seurattiin päivittäin puuttumatta siihen.

Viikon kuluttua salaateissa alkoi ilmetä kasvuhäiriöitä (kuva 9), joten käyttäjän toimenpiteitä tarvittiin ja jäljellä olevan liuoksen määrä mitattiin. Basilikoissa kasvuhäiriöitä ei ilmennyt. Kasvuhäiriöiden syy jäi epäselväksi, mutta todennäköisesti syynä oli liian korkeaksi noussut ravinnepitoisuus veden kuluessa ravinteita nopeammin. 50 litrasta ravinneliuosta viikon jälkeen oli jäljellä vielä 42 litraa, joten pidempikin ajanjakso olisi ollut mahdollinen. Todennäköisesti kahden viikon jakso ilman käyttäjän toimenpiteitä olisi mahdollista saavuttaa. Kasvuhäiriöiden ilmenemisen jälkeen ravinneliuos vaihdettiin puolet miedompaan, 0,5 ml kumpaakin ravinneseosta litraa kohti, minkä jälkeen ongelmat poistuivat eikä niitä enää ilmennyt kasvatusjakson aikana. Tämä antaa viitteitä siitä, että kasvuhäiriöiden taustalla tosiaan oli liiallinen ravinnepitoisuus. Kasvuhäiriöt eivät johtuneet ainakaan kokonaisuudessaan viljelyjärjestelmän ominaisuuksista, esimerkiksi liian pienestä vesisäiliöstä, vaan lähinnä käyttäjän kokemattomuudesta vesiviljelyn harrastajana. Tässä kokeessa ei pystytty erottelemaan eri muuttujien vaikutusta, joten testauksen tuloksiin vaikuttivat myös varsinaisesta testauskohteesta eli viljelyjärjestelmästä riippumattomat tekijät.

Käytön helppous -laatutavoitteen osalta saavutettiin vähimmäistaso (3): viljelyjärjestelmän käyttäminen osoittautui melko sujuvaksi, ja järjestelmä toimi tarkoituksenmukaisesti viikon ilman käyttäjän toimenpiteitä. Tavoitetason (4) saavuttaminen olisi edellyttänyt sitä, että järjestelmää ei olisi tarvinnut purkaa huoltoa varten, mutta se ei kaikin osin osoittautunut mahdolliseksi.

Käytön helppoudessa arvioin saavutetuksi tavoitetason 3 eli vähimmäistavoitetason, koska viljelyjärjestelmän käyttö osoittautui melko sujuvaksi ja järjestelmä toimi tarkoituksenmukaisesti viikon ilman toimenpiteitä.



Kuva 9. Kasvuhäiriöitä nuorissa lehdissä.

7.3 Asuinmukavuus

Tilankäytön tarkoituksenmukaisuutta arvioitiin ensin järjestelmän viemän tilan perusteella, mittaamalla ulkomitat. Tilankäytössä ratkaisevaa oli se, kuinka paljon lattiapinta-alaa järjestelmä vaatii. Viljelyjärjestelmän laatikko-osan ulkomitat ovat 812 mm x 434 mm (noin 0,35 m²) ja leveys pylväiden kanssa on 892 mm. Kokonaisuuden korkeus renkaineen on 1945 mm.

Toinen tilankäytön tarkoituksenmukaisuuden arviointikriteeri oli viljelyjärjestelmään kuuluvien säilytystilojen riittävyys järjestelmän käyttöön liittyville tarvikkeille. Viljelyjärjestelmän yhteydessä sen laatikko-osassa on mahdollista säilyttää istutukseen liittyviä tarvikkeita, kuten kivivillakuutioita (20 kpl), verkkoruukkuja (20 kpl) ja 3 litraa kevytsoraa, mikä vastaa koko järjestelmän uudelleen istuttamista. Lisäksi laatikko-osan sisälle mahtuu pienet tarvikkeet kuten pH-EC-lämpömittari, pH-testiaine ja sen koeputki sekä mittaruiskut pH-säätöön käytettävän aineen ja ravinteiden säännöstelyyn. Muita viljelyjärjestelmän käyttöön liittyviä tarveaineita ovat erilaiset kasviraivinteet, joita laatikko-osaan mahtuu kaksi litran pulloa. Kuitenkaan esimerkiksi taimien kasvatukseen käytettäviä minikasvihuoneita ei voida säilyttää laatikko-osan sisällä. Lisäksi

järjestelmän laatikko-osan kansi muodostaa tason, jolla tarvikkeita voidaan haluttaessa säilyttää.

Kolmas tilankäytön tarkoituksenmukaisuuden kriteeri oli siirrettävyys, jota arvioitiin kokeilemalla. Järjestelmä todettiin helpoksi siirrellä ja kääntää tasaisella lattiapinnalla. Kynnysten ylittäminen vaatii järjestelmän päätyjen nostamista kynnyksen kohdalla. Viljelyjärjestelmää siirrettäessä matot täytyy siirtää pois tieltä tai järjestelmää pitää hieman nostaa niiden kohdalla erityisesti silloin, kun vesisäiliö on täynnä ravinneliuosta. Siirtelyyn liittyvä riskitekijä on veden läikkyminen säiliöstä laatikko-osan sisään. Testauksessa läikkymistä ei kuitenkaan esiintynyt.

Viljelyjärjestelmän laatutavoitteeksi määriteltiin sekä vähimmäis- (3) että tavoitetasolla (4), että viljelyjärjestelmä vie lattiapinta-alaa suunnitellun eli pienehkön kaapin viemän määrän. Kummallakin tasolla vaatimuksena oli myös mahdollisuus siirtää järjestelmää tarvittaessa. Näiden lisäksi tavoitetasoksi määriteltiin mahdollisuus säilyttää käyttöön liittyviä tarvikkeita järjestelmän yhteydessä. Mittojen, arvioinnin ja kokeilun perusteella voidaan todeta, että tilankäytön osalta vähimmäistaso ylitettiin ja tavoitetaso 4 saavutettiin.

Järjestelmän hiljaisuutta arvioitiin mittaamalla sen tuottamaa melutasoa sekä seuraamalla siitä kuuluvia ääniä muun havainnoinnin yhteydessä. Melutasoa mitattiin Rakentamismääräyskokoelman osan C1 Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa (Ympäristöministeriö 1998) liitteessä määritettyä melunmittaustapaa mukaillen. Laitteen huonetilaan tuottamaa ääntä mitattiin siis 1,2–1,5 metrin korkeudelta huoneen keskikohdassa eli noin kahden metrin etäisyydeltä siitä. Mittaus suoritettiin sekä Biltman Sound level meter ART.15-342 -äänenvoimakkuusmittarilla että matkapuhelimen äänenvoimakkuussovelluksella. Mittalaitetta ei kalibroitu, mutta kumpikin mittaustapa antoi ± 1 dB:n tarkkuudella samoja arvoja. Mittauksen kesto määriteltiin siten, että järjestelmän normaalin käytön aikana kuuluvat erilaiset äänet osuvat mittausjaksoon. Melunmittaus koostui yhdeksästä minuutin mittausjaksosta, jotka toteutettiin kolmen sarjoissa 15 minuutin aikana. Toisena päivänä tehtiin yksi kolmen mittauksen sarja ja toisena kaksi. Viljelyjärjestelmän suurimman äänilähteen eli sen pumpun ollessa jatkuvasti päällä äänitason vaihtelua ei kuitenkaan käytännöllisesti katsoen esiinny.

Koska yksittäisen äänilähteen tuottaman melun tarkka mittaaminen olisi vaatinut laboratorio-olosuhteet, mittauksessa ei erotettu käyttökohteen muuta äänitasoa viljelyjärjestelmän tuottamasta melusta. Asunto pyrittiin pitämään mahdollisimman äänettömänä, mutta mittaustuloksissa on havaittavissa jääkaapin ja ilmastoinnin vaikutus. Mikäli mittauksen aikana oli havaittavissa korvin kuultavaa ulkopuolelta tulevaa ääntä, mittaus hylättiin ja tehtiin uudelleen.

Huoneen äänitaso vaihteli välillä seuraavasti: ensimmäisessä mittaussarjassa 23,7–25,9 dB, toisessa mittaussarjassa 25,2–28,3 dB ja kolmannessa mittaussarjassa 23,6–27 dB (kuva 10). Koska huoneen kokonaisäänitaso jäi tällaiseksi, voidaan katsoa, että sekä vähimmäis- että tavoitetaso (3) saavutettiin. Järjestelmän hiljaisuus varmistettiin vielä lähietäisyydeltä, jolloin äänitaso pysyi edelleen suurin piirtein samana.



Kuva 10. Melunmittaus.

Kuulonvaraisesti järjestelmästä on havaittavissa uppopumpun tasainen ja matala käyntiääni sekä hyvin hiljaista ajoittaista liplatusta. Käyttöjakson aikana kuitenkin todettiin, ettei järjestelmästä normaalin asumisen yhteydessä kuulu havaittavaa ääntä ja että esimerkiksi melko hiljaisen pöytätietokoneen tuulettimien humina oli helpommin erotettavissa. Myös jääkaappi-pakastimen kompressorin käyntiääni on huomattavasti voimakkaampi. Käyttöympäristön ilmastoinnin tuottamat äänet arvioin kuulonvaraisesti

yhtä voimakkaiksi kuin viljelyjärjestelmän äänet käyttöympäristön ilmastointilaitteen ollessa normaalilla teholla.

Testijakson aikana tapahtuneen sähkökatkon jälkeen järjestelmästä kuului selvää lorinaa, joka johtui letkuun jääneestä ilmasta. Ylimääräinen ääni poistui letkujen ilmauksen jälkeen. Järjestelmän vedenohjauksen todettiin testijakson aikana vaativan tarkkaa asettelua: jos vedenohjaimet eivät olleet juuri sopivassa asennossa, lorinaa ilmeni. Vedenohjaimien asettelu saattoi vaatia useita yrityksiä, kunnes paras lopputulos saavutettiin. Myös vesisäiliössä olevan ravinneliuoksen määrän todettiin vaikuttavan järjestelmän tuottamaan ääneen siten, että ääni oli hiljaisempi säiliön ollessa täynnä ja kovempi vajaalla säiliöllä. Tarkoituksenmukaisessa käytössä säiliössä onkin jatkuvasti 35–45 litraa ravinneliuosta.

Testaus osoitti, että järjestelmän hiljaisuus -laatutavoite täyttyi vähimmäistasolla (3), joka oli asetettu myös tavoitetasoksi. Viljelyjärjestelmän tuottama äänitaso oli enintään 28 dB, eikä impulssimaista tai kapea-alaista häiritsevää ääntä esiintynyt.

Kokonaisuuden esteettisyyttä arvioitiin subjektiivisesti käyttöjakson aikana. Oman arvioni perusteella viljelyjärjestelmän ulkonäkö sopii hyvin asuintilaan, ja etenkin kasvien ollessa hyvässä kasvuvauhdissa koen sen parantavan tilan viihtyvyyttä. Kuvassa 11 viljelyjärjestelmä on sijoitettuna käyttöympäristöön. Huomioitavaa on se, että järjestelmään valitut kasvit ja niiden koko sekä kunto vaikuttavat kokonaisuuden esteettiseen vaikutelmaan. Pelkkää järjestelmää arvioitaessa voidaan todeta sen olevan viimeistelty ja tyylikäs. Tyylikkyyden keskeisimpinä elementteinä pidän selkeälinjaista yksinkertaista muotoilua, laadukkaita materiaaleja ja sopusuhtaista mitoitusta. Myös materiaalivalintojen osalta harjatun teräksen ja öljyvahatun koivun yhdistelmä on mielestäni onnistunut. Se, että runko on jätetty puunväriseksi paljastaen puun kuviot, saattaa jakaa mielipiteitä, ja joihinkin ympäristöihin voisi sopia paremmin sävytetyllä vahalla tai maalilla tehty pintakäsittely. Valaistuksen johdot ovat vähäiseltä osin näkyvillä, vaikka ne kulkevat laatikko-osasta valaisimille pylvään kourua pitkin ja kasvatustasojen sisäpuolella. En kuitenkaan koe johtojen osittaista näkymistä ongelmaksi, koska vaaleat ja ohuet johdot ovat melko huomaamattomia.



Kuva 11. Viljelyjärjestelmä sijoitettuna asuintilaan.

Viljelyjärjestelmän rungon ja kasvien lisäksi siihen kuuluva valaistus on keskeinen tekijä visuaalisen ilmeen muodostumisessa. Valaistus tuo kasvien vehreyden kauniisti esille, ja kokonaisuudessaan valon sävy on melko miellyttävä, vaikka se on jonkin verran kylmempi kuin asuintilojen yleisvalaistuksen sävy. Valaistus on tosin niin kirkas, ettei se sovi tunnelmavalaukukseen. Järjestelmään kuuluvat valaisimet on kuitenkin helppo sammuttaa. Valot on mahdollista sammuttaa myös yksittäin, jolloin kokonaisuuden huoneistoon tuottamaa valoa voidaan säädellä. Valaistukseen olisi lisäksi mahdollista asentaa himmennystoiminto. On kuitenkin huomioitava, että pitkäkestoinen tehokas valaistus on pakollinen kasvien kasvun kannalta. Valaistus voidaan ajastaa käynnistymään hyvin aikaisin, jolloin esimerkiksi 12 tunnin valojakso saavutetaan, vaikka valot sammutettaisiin jo alkuillasta.

Kokonaisuuden esteettisyys -laatutavoitteen voidaan katsoa täyttävän tavoitetason (4) kriteerit: viljelyjärjestelmä sopii ulkonäkönsä puolesta hyvin asuintilaan ja parantaa viihtyvyyttä ja sen valaistus toimii osana asunnon muuta valaistusta. Ulkonäköä pitää

tällä tasolla voida kuvailla tyylikkääksi ja viimeistellyksi. Parhaan kasvukauden aikana viljelyjärjestelmä yltää ulkonäön osalta jopa tasolle 5 eli toimii näyttävänä, viihtyvyyttä parantavana sisustuselementtinä.

7.4 Turvallisuus

Tuotteen turvallisuutta käyttäjälle arvioitiin havainnoimalla ja arvioimalla siihen liittyviä riskitekijöitä sekä vertaamalla järjestelmään kuuluvia valmiina ostettuja sähkölaitteita turvallisuusmääräyksiin. Laitteissa tuli olla oikea vedenkestävyysluokitus suhteessa niiden käyttöön. Sähköturvallisuuteen liittyviin tekijöihin oli kiinnitetty huomiota suunnittelussa ja valittu käyttöön IPX4-luokitettut Ikea Växer -valaisimet sekä IPX8-luokiteltu, jatkuvan upotuksen kestävä Neptun NPT-O 1500 -pumppu (uppopumppu). IPX4-suojausluokka on tarkoitettu suojaukseen roiskeilta kaikista suunnista ja tiloihin, joissa sähkölaitteet voivat joutua alttiiksi roiskuvalle vedelle, ja IPX8 laitteille, kun jatkuva ja täydellinen peittyminen vedellä on mahdollista (SFS 6000-5-51:2017, 16–17).

Alun perin olin arvioinut muuntajien lämmöntuoton niin pieneksi, että erillistä ilmanvaihtoa ei tarvita. Testijakson alussa kuitenkin ilmeni, että valaisimien muuntajat alkoivat lämmetä, joten ne asennettiin uudelleen kauemmaksi toisistaan. Olisikin todennäköisesti järkevämpää, että järjestelmässä olisi vain yksi tehokkaampi muuntaja, josta kaikki valot saisivat virtansa. Nykyinen seitsemän erillisen muuntajan ratkaisu ei ole ainakaan tilankäytöllisesti kovin tehokas.

Turvallisuutta käyttäjälle huomioitiin myös materiaalivalinnoissa. Tavoitteena oli käyttää mahdollisimman paljon elintarvikehyväksytyjä materiaaleja niissä kohteissa, jotka ovat kosketuksissa kasvien tai ravinneliuoksen kanssa. Kasvatuskourujen (ruostumaton teräs), letkujen (elintarvikehyväksytty silikoni) ja vesisäiliön (elintarvikehyväksytty polypropeeni) materiaalit ovat turvallisia käyttäjälle. Myös käyttämäni verkkoruukut ja kivivilla ovat viljelyyn tarkoitettuja. Pumpun pintamateriaalin elintarviketurvallisuutta ei voitu varmentaa. Järjestelmässä ei myöskään esiintynyt havaittavaa mikrobikasvustoa, joka voisi heikentää huoneilman laatua.

Viljelyjärjestelmän kaatumisriski oli huomioitu tuotetta suunniteltaessa ja valmistettaessa. Kaatumisriskin vähentämiseksi järjestelmän painopiste oli suunniteltu mahdollisimman matalalle. 50 litran vesisäiliön paino sen ollessa täytettynä tekee

järjestelmästä hyvin vaikean kaataa. Kaatumisriskiä kokeiltiin työntämällä ja vetämällä tuotetta eri suunnista. Tällöin viljelyjärjestelmä ei alkanut kaatua, mutta se saattoi siirtyä renkaidensa varassa.

Havaintojen ja arvioinnin perusteella voidaan todeta, että Tuotteen turvallisuus käyttäjälle -laatutavoitteen osalta päästiin tavoitetasolle (4): viljelyjärjestelmä on oletettavasti käyttäjälle turvallinen niin rakenteensa kuin materiaalivalintojen, sähköjärjestelmän ja ilmanlaadun osalta.

Turvallisuutta käyttöympäristölle arvioitiin järjestelmän osien ja käytön turvallisuuden perusteella. Testijakson aikana havainnoitiin ja arvioitiin sähköön ja veteen mahdollisesti liittyviä riskejä. Lisäksi arviossa kiinnitettiin huomiota sähköturvallisuusmääräyksiin (standardin SFS 6000-5-51:2017 mukainen suojaus vedeltä).

Edellä jo käyttäjäturvallisuutta arvioitaessa mainittiin IPX4-suojausluokan mukaiset valaisimet sekä ilmanvaihdon parantaminen laatikko-osassa. Nämä valinnat vaikuttavat myös paloturvallisuuteen.

Vesivuotoja ei ilmennyt testijakson aikana, mutta vähäisiä vesiroiskeita syntyi veden lisäämisen ja poistamisen sekä istutuksen yhteydessä. Vuotaessaan järjestelmä voisi aiheuttaa ikävän vesivahingon kymmenien litrojen valuessa lattialle. On kuitenkin epätodennäköistä, että vettä pääsisi vuotamaan viljelyjärjestelmän ulkopuolelle seuraavista syistä:

- uppopumpun ansiosta vain yksi letkuliitos (T-haaraliitos) sijaitsee vesisäiliön ulkopuolella
- letkuihin ei kohdistu räsitystä
- vesisäiliö on paksu ja kestävä
- vahvarakenteinen laatikko-osa suojaa vesisäiliötä
- kasvatuskourujen rakenne on yksinkertainen ja sisäkkäinen
- kasvatuskourut on valmistettu kestävästä materiaalista.

Yksi mahdollinen syy järjestelmän vuotamiselle voisi olla se, että esimerkiksi irronneet juuren osat tukkisivat kasvatuskourujen pystyputket, jolloin vedenpinta pääsisi nousemaan yli reunojen. Tämä on kuitenkin lähes mahdotonta putkien leveyden takia.

Viljelyjärjestelmän turvallinen toiminta vaatii kuitenkin puhdistusta ja tarkistamista huoltotoimien yhteydessä.

Edellä kuvatun perusteella turvallisuus käyttöympäristölle -laatutavoitteen voi katsoa täyttävän tavoitetason (4) kriteerit, koska testijakson aikana ei esiintynyt lainkaan vesivuotoja eikä niiden ilmeneminen vaikuta todennäköiseltä. Lisäksi sähkölaitteissa on otettu huomioon käyttöympäristön vaatimukset (standardin SFS 6000-5-51:2017 mukainen IPX-luokka). Viljelyjärjestelmän täyttä riskittömyyttä (taso 5) ei kuitenkaan voida taata.

7.5 Ekologisuus

Tuotteen kestävyyttä arvioitiin testijakson aikaisen toimintavarmuuden ja kulumisen sekä materiaalien tunnettujen ominaisuuksien ja valmistajien ilmoittamien käyttöikä tietojen perusteella.

Växer-kasvatusvalojen arvioiduksi kestoiksi myyjä ilmoittaa noin 25 000 tuntia, joka tarkoittaa 12 tunnin päivittäisessä käytössä vajaata kuutta vuotta. Neptunus-pumpun takuu-aika on viisi vuotta, ja sen akseli on mahdollista vaihtaa. Pumppu on helposti uusittavissa sen käyttöiän loppuessa. Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen kasvatuskourujen käyttöiän voidaan olettaa olevan erittäin pitkä. Rungon materiaalina käytetty koivu käsiteltyä öljyvahalla on osoittautunut kasvatuskokeilun aikana hyväksi kosteudenkestoltaan. Lisäksi käsiteltyjen puuosien pinta kestää melko hyvin kolhuja. Viljelyjärjestelmän muut osat kuten vesisäiliönä käytetty Storage Pro -säilytyslaatikko, jatkojohdot ja silikoniletkut ovat materiaaleiltaan kestäviä ja kaupallisina tuotteina tarvittaessa helposti uusittavissa.

Viljelyjärjestelmässä ei ilmennyt vikaantumista, eikä varsinaista kulumista ollut havaittavissa. Puuosiin tuli joitakin pieniä kolhuja, esimerkiksi kun laatikko-osan kantta käsiteltiin huolimattomasti.

Tuotteen kestävyden osalta ylitettiin sekä vähimmäistaso (2) että tavoitetaso (3) ja päästiin laatu tasolle 5, koska järjestelmä toimi testijakson ajan ilman ongelmia eikä kulumista ollut havaittavissa testijakson päättyessä. Kaikki materiaalit olivat myös

kosteudenkestäviä, sekä materiaaleilla ja osilla voitiin arvioida olevan tunnetusti pitkä käyttöikä.

Tuotteen korjattavuutta arvioitiin sen perusteella, miten helposti ja taloudellisesti järjestelmän kuluvat tai todennäköisimmin vioittuvat osat ovat vaihdettavissa tai korjattavissa. Lisäksi selvitettiin alkuperäistä vastaavien varaosien saatavuus.

Todennäköisimmin vioittuviksi arvioin järjestelmään kuuluvat sähkölaitteet eli valot ja pumpun. Växer-kasvivalojen myynti on Suomessa lopetettu, mutta järjestelmään sopivia vastaavia kasvatusvaloja on saatavilla. Viljelyjärjestelmän rakenne mahdollistaa erilaisten valojen kiinnittämisen ja kohdistamisen, koska rimat, joihin valot kiinnitetään, ovat siirrettäviä ja niitä voidaan tarvittaessa helposti lisätä. Lisäksi valaistus koostuu useasta erillisestä valaisimesta, jotka voidaan vaihtaa yksitellen. Uppopumppu on helposti uusittavissa sen käyttöiän päättyessä. Käytössä olevan Neptun NPT-O 1500 -uppopumpun impelleri akseleineen on helposti vaihdettavissa. Pumppuun sopivaa impelleriosa oli kirjoitushetkellä saatavilla ulkomaisista verkkokaupoista noin 15 €:n hintaan. Myös Neptun-pumppua vastaavia järjestelmään sopivia suihkulähdeuppopumppuja on yleisesti saatavilla.

Ruostumattomasta teräksestä valmistetut pinnat voidaan entistää esimerkiksi uusimalla harjauksikäsitely. Puiset pinnat voidaan myös hioa ja pintakäsitellä tarvittaessa uudelleen, mikä pidentää rungon käyttöikä.

Pumppu ja letkut ovat tarvittaessa vaihdettavissa kokonaan ilman työkaluja, ja valaisinten vaihtoon tarvitaan vain sopiva ruuvimeisseli.

Myös tuotteen korjattavuus -laatutavoitteen voidaan katsoa ylittävän niin vähimmäis- (2) kuin tavoitetason 4 ja yltävän laatusolulle 5. Yleisimmin vioittuvat osat ovat helposti vaihdettavissa, ja vastaavien osien saatavuus on hyvä. Kaikkia materiaaleja (puuta ja metallia) voidaan korjata ja uudistaa esimerkiksi uusimalla pintakäsitely. Mahdollisesti uusimista tarvitsevien osien saatavuus on oletettavasti hyvä myös tulevaisuudessa.

Käytön kustannustehokkuutta arvioitiin vertaamalla kasvien kasvattamisen kustannuksia suhteessa samojen kasvien ostoon kaupasta. Kuluviksi tarvikkeiksi laskettiin kasvien siemenet, kevytsora, kivivilla ja ravinteet sekä järjestelmän sähkönkulutus. Vedenkulutusta ei otettu huomioon. Kustannuksiin ei laskettu myöskään

järjestelmän hankinnan tai sellaisten tarvikkeiden hintaa, joita voidaan käyttää pitkään. Kasvatukseen kuluva työtä ei ole huomioitu kustannuksissa, koska se arvioidaan harrastuksenomaiseksi toiminnaksi. Järjestelmässä voidaan kasvattaa 20 kasvatuspisteessä kerrallaan, mutta kustannustehokkuutta arvioidaan ensin 10 kasvatuspisteellä, koska osassa pisteistä voi olla pidempiaikaisia kasveja.

Kasvien hintoja arvioitiin yksikkökohtaisesti (kasvatuspiste, kaupan ruukkuyrtti tai -salaatti). Vesiviljelyjärjestelmässä kasveja ei normaalisti käytetä kerralla loppuun, vaan ne jatkavat kasvamista ja niistä saadaan useita satoja. Suunnitellussa käytössä kotikasvatuksessa kasveja korjataan tarpeen mukaan siten, että ne ehtivät uusiutua välissä. Tämän takia hintoja ei ole mielekästä vertailla punnitsemalla kasveja.

Sähkön hinnaksi laskettiin sähkösopimukseni mukainen 11 snt/kWh. Käyttämäni kasviraivon hinta on 10 €/l. Ravinneliuoksen kulutukseksi laskettiin 100 litraa, jolloin koko liuos voidaan vaihtaa kerran kokonaan kasvatusjakson aikana. 100 litraan ravinneliuosta kuluu yhteensä 2 dl yhdistelmäravinteita, eli ravinneliuoksen osuus on yhteensä 2 € kaikkia kasveja kohti. Ravinneliuoksen joukkoon lisätään säännöllisesti vettä mutta ei ravinteita, koska vesi kuluu ravinteita nopeammin. Kivivillakuution hinta on 20 snt ja kevytsoran 5 snt kasvatuspistettä kohti. Siementen hinnat ovat yleisesti huomattavasti alle 1 snt siementä kohti. Siementen kasvatuspiste kohtaiseksi hinnaksi laskettiin 5 snt, koska kaikki eivät idä ja yhteen kasvatuspisteeseen voidaan istuttaa useita siemeniä.

Sähkönkulutus laskettiin seuraavasti:

- Valaistuksen sähkönkulutus kasvatusjakson aikana: $35 \text{ vrk} \times 12 \text{ h/vrk} \times 0,1155 \text{ kW/h} \times 11 \text{ snt/kW/h} = 5,53 \text{ €}$
- Pumpun sähkönkulutus kasvatusjakson aikana: $35 \text{ päivää} \times 24 \text{ tuntia} \times 0,025 \text{ kW/h} \times 11 \text{ senttiä} = 2,31 \text{ €}$.

Kasvatuskustannukset 10 kasvulla laskettuna olivat siten: kivivilla 2 €, sähkö 7,84 €, siemenet 0,5 €, ravinteet 2 € ja kevytsora 0,5 € eli yhteensä 12,84 €. Näin saadaan 1,3 € kasvia kohti.

Kustannukset 20 kasvulla taas olivat: kivivilla 4 €, sähkö 7,84 €, siemenet 1 €, ravinteet 2 €, kevytsora 1 € eli yhteensä 15,84 €. Näin saadaan 0,80 € kasvia kohti.

Kasvatuskustannuksia verrattiin kahden ruokakaupan hintoihin 27.3.2019. Kotimainen basilika ruukussa maksoi 1,45 € (Lidl Kauklahti) ja 1,99 € (K-Supermarket Hämeenkyli), jolloin keskiarvohinnaksi tuli 1,72 €. Kotimainen roomansalaatti ruukussa maksoi 1,45 € (Lidl Kauklahti) ja 1,70 € (K-Supermarket Hämeenkyli), jolloin keskiarvoksi tuli 1,58 €.

Kustannusvertailun perusteella käytön kustannustehokkuuden laatutavoite täyttää sille asetetun tavoitetason (4) jo silloin, kun järjestelmä on vain puoliksi kasvatuskäytössä. Täyskäytössä ylletään jopa laatutasolle 5: kasvien tuotantokustannukset ovat alle puolet vastaavien tuotteiden hinnoista kaupassa. Pienessä taloudessa ei kuitenkaan ole tarpeen käyttää viljelyjärjestelmän koko kasvatuskapasiteettia, ja kasvatuspisteisiin voidaan sijoittaa hyvin myös koristekasveja.

7.6 Yhteenveto tuloksista

Tämä luku vastaa opinnäytetyön päätutkimuskysymykseen *Miten suunniteltu ja valmistettu tuote vastaa asetettuja laatutavoitekriteerejä, eli kuinka laatutavoiteteoreema kykenee ratkaisemaan tuotteen toteutuksen?*

Testauksen perusteella voidaan todeta, että viljelyjärjestelmä on toimiva, turvallinen, ekologinen ja asuintiloihin sopiva. Kaikissa laatutavoitteissa saavutettiin vähintään vähimmäistaso ja useimmissa se ylitettiin. Tavoitetasolle päästiin seuraavissa laatutavoitteissa, joiden yhteen laskettu painoarvo on 60 %:

- Tilankäytön on oltava tehokasta.
- Toiminnan on oltava hiljaista.
- Kokonaisuuden on oltava esteettinen.
- Tuotteen on oltava turvallinen käyttäjälle.
- Tuotteen on oltava turvallinen käyttöympäristölle.
- Käytön on oltava kustannustehokasta.

Seuraavien laatutavoitteiden osalta tavoitetaso ylittyi:

- Kasvien on kasvettava tehokkaasti.
- Tuotteen on oltava kestävä.

- Tuotteen on oltava korjattavissa.

Näiden laatutavoitteiden painoarvo on 30 %.

Vähimmäistaso saavutettiin laatutavoitteessa Käytön on oltava helppoa, jonka painoarvo on 10 %. Toiminnan hiljaisuuden laatutavoitteessa vähimmäistaso oli sama kuin tavoitetaso.

Testauksen perusteella viljelyjärjestelmä ylitti selvästi sille asetetut laatuvaatimukset. Testauksen tulokset kuvaavat myös tekijän käsityötajun kykyä ohjata viljelyjärjestelmän suunnittelua ja valmistusta käsityöllisin menetelmin. Laatutavoiteteoreema voidaan siis vahvistaa laatutavoiteteoriaksi.

Voi tietysti pohtia, oliko laatutavoitteet asetettu liian mataliksi ja siten liiankin helpoiksi saavuttaa. Käytännössä viljelyjärjestelmältä vaadittujen laatuominaisuuksien toteuttaminen oli kuitenkin haastavaa ja vaati laajaa tiedonhakua, huolellista suunnittelua, kokeilujen tekemistä, kohtalaisen suurta taloudellista panostusta sekä tarkkaa valmistusta. Tämän takia pidän laatutavoiteteoreemassa asetettuja laatudimensioita pääsääntöisesti tarkoituksenmukaisina ja tavoitetasoja realistisina. Testauksen suunnittelua ja käytännön toteutusta arvioidaan luotettavuusteoreettisessa osassa luvussa 8.2.

Koska viljelyjärjestelmälle asetetut laatutavoitteet saavutettiin, voidaan katsoa suunnittelu- ja valmistuslukujen 5 ja 6 vastaavan myös opinnäytetyön empiiriseen tutkimuskysymykseen *Miten kotiviljelyjärjestelmä voidaan suunnitella ja toteuttaa laatutavoitteiden mukaan?*

Testauksen tulokset on koottu taulukkoon 3, jossa on esitetty kunkin laatutavoitteen saavutettu laatutaso sekä vähimmäistaso.

Taulukko 3. Laatutavoitteiden saavuttaminen suhteessa vähimmäistasoon. Laatutasoa kuvaava numero viittaa luvussa 4.3 määritettyihin laatutavoitedimensioihin.

Laatutavoite ja sen vähimmäistaso	Saavutettu laatutavoitetaso
TOIMIVUUS	
Kasvien kasvun tehokkuus 15 % 3: Järjestelmän kyky tuottaa syötäviä kasveja sama \pm 10 % kuin verrokkijärjestelmällä	5 = Viljelyjärjestelmä tuottaa kaksinkertaisen määrän tai enemmän syötäviä kasveja kuin verrokkijärjestelmä
Käytön helppous 10 % 3: Käyttö melko sujuvaa, 1 vk ilman toimenpiteitä	3 = vähimmäistaso: Käyttö melko sujuvaa, 1 vk ilman toimenpiteitä
ASUINMUKAVUUS	
Tilankäytön tarkoituksenmukaisuus 10 % 3: Järjestelmän vaatima tila suunniteltu (n. pienehkön kaapin verran), tarvikkeille eri tila, siirtäminen mahdollista	4 = tavoitetaso: Järjestelmän vaatima tila suunniteltu (n. pienehkön kaapin verran), tarvikkeiden säilytys järjestelmässä ja siirtäminen mahdollista
Järjestelmän hiljaisuus 15 % 3: Järjestelmän tuottama äänitaso < 28 dB, häiritsevää impulssimaista tai kapea-alaista ääntä vain harvoin	3 = vähimmäis- ja tavoitetaso: Järjestelmän tuottama keskiäänitaso < 28 dB, häiritsevää impulssimaista tai kapea-alaista ääntä vain harvoin (testijakson aikana ei lainkaan)
Kokonaisuuden esteettisyys 10 % 3: Ulkonäkö neutraali (ei-häiritsevää), valo ei häiritsevää, ulkonäkö selkeä ja johdonmukainen	4 = tavoitetaso: Järjestelmä sopii asuintilaan ja parantaa viihtyvyyttä, valaistus integroituu asunnon muuhun valaistukseen, ulkonäkö tyylikäs ja viimeistelty
TURVALLISUUS	
Turvallisuus käyttäjälle 10 % 3: Käytöstä ei aiheudu hengenvaaraa, tapaturmariski pieni	4 = tavoitetaso: Käytöstä ei aiheudu hengenvaaraa, tapaturmariski pieni, osissa ei tiettävästi terveydelle haitallisia yhdisteitä, eikä havaittavaa mikrobikasvustoa
Turvallisuus käyttöympäristölle 10 % 3: Ei merkittäviä vesivuotoja testijakson aikana, ei tulipalovaaraa	4 = tavoitetaso: Ei järjestelmän ulkopuolisia vesivuotoja käyttöjärjestelmän aikana eikä niiden ilmeneminen todennäköistä, sähkölaitteet ja -asennukset turvallisuusmäärysten mukaiset
EKOLOGISUUS	
Kestävyys 10 % 2: Toimintaongelmat vähäisiä, järjestelmä käytettävissä korjauksen jälkeen, mahdollisesti jonkin verran kulumista tai kosteusvaurioita havaittavissa	5: Toimi testijakson ajan ilman ongelmia, eikä kulumista havaittavissa. Kaikki materiaalit ja osat ovat kosteudenkestäviä, ja niillä on tunnetusti pitkä käyttöikä.
Korjattavuus 5 % 2: Korjaaminen mahdollista, mutta vaikeaa ja työlästä ja vaatii erikoistyökaluja ja -osaamista, varaosia saatavilla, useimpien vikojen korjaaminen kannattavaa	5: Yleisimmin vioittuvat osat helposti vaihdettavissa, ja vastaavien osien saatavuus hyvä. Kaikki materiaalit korjattavissa ja uudistettavissa. Vastaavien osien saatavuus oletettavasti hyvä myös tulevaisuudessa
Kustannustehokkuus 5 % 3: Tuotantokustannuksen suunnilleen kaupan hintoja vastaavat (\pm 10 %)	4 = tavoitetaso: Tuotantokustannukset kaupan hintoja alhaisemmat

8 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI

8.1 Laadullisen tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuus on tutkimuksen olennainen osa, jota voidaan arvioida monin tavoin. Perinteisesti tätä on arvioitu kvantitatiivisen tutkimuksen piirissä syntyneiden käsitteiden validius ja reliaabelius kautta. Reliaabelius liittyy mittaustulosten toistettavuuteen ja ei-sattumanvaraisuuteen. Validius eli pätevyys taas kuvaa mittarin tai tutkimusmenetelmän kykyä mitata sitä, mitä on tarkoitus mitata. Laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen piirissä nämä peruskäsitteet on tulkittu eri tavoin ja niiden soveltuvuus laadullisen tutkimuksen tarkasteluun on jopa asetettu kyseenalaiseksi. (Hirsjärvi ym. 2009, 231–232; Soininen & Merisuo-Storm 2009, 164–165.) Lincoln ja Guba (1985) tarjoavat laadullisen tutkimuksen luotettavuuden tarkasteluun käsitettä uskottavuus (trustworthiness). Heidän mukaansa hyödylliseksi on perinteisesti koettu pohtia seuraavia asioita:

- Kuinka onnistutaan saavuttamaan tutkimuksen totuudellisuus?
- Ovatko tulokset sovellettavissa toiseen kontekstiin tai toisiin ryhmiin?
- Kuinka pysyviä tulokset olisivat, jos tutkimus toistettaisiin?
- Kuinka neutraali tutkimus on, eli kuinka varmasti tulokset eivät johdu tutkijan sidoksista, motivaatiosta, intresseistä tai näkökulmasta?

Validiuden ja reliaabeliuden asemesta Lincoln ja Guba (1985, 294–301) ehdottavat näiden kysymysten tarkasteluun laadullisissa tutkimuksissa käytettäväksi validiuden ja reliaabeliuden asemesta käsitteitä vastaavuus, siirrettävyys, luotettavuus ja vahvistettavuus. Eskola ja Suoranta (1998, 212–213) toteavat kuitenkin, etteivät sanat itsessään ole tärkeitä vaan niille annettu sisältö ja että käsitteiden merkitykset ovat neuvottelunvaraisia. Perimmiltään kysymys on tutkimuksen väitteiden perusteltavuudesta ja totuudenmukaisuudesta. Myös Soininen ja Merisuo-Storm (2009, 166) toteavat, että kvalitatiivisessa tutkimuksessa esiintyy vielä käsitteiden kirjavuutta. Luotettavuuden käsitteiden vaihtelevista tulkinnoista ja käsitteiden erilaisista käännöksistä mainitsevat myös Tuomi ja Sarajärvi (2013, 137).

Eskolan ja Suorannan (1998, 211–212) mukaan laadullisessa tutkimuksessa lähtökohtana on sen myöntäminen, että tutkija on tutkimuksensa keskeinen tutkimusväline.

Laadullisessa tutkimuksessa luotettavuuden arviointi ei heidän mukaansa näin ollen koskekaan mittauksen luotettavuutta vaan koko tutkimusprosessia. Niin ikään Metsärinne ja Kallio (2011a, 36, 66) toteavat, että luotettavuuden arviointi kohdistuu koko tutkimushankkeeseen ja että luotettavuuden periaatteiden on jatkuvasti ohjattava tutkimusprosessia.

Myös Soinisen ja Merisuo-Stormin mukaan luotettavuuden tarkastelu täytyy tehdä niin tutkimuksen mittausmenetelmien kuin koko tutkimuksen tasolla. Mittarin luotettavuutta arvioitaessa keskitytään mittausmenetelmien reliabiliteettiin ja valideuteen. Koko tutkimuksen tasolla taas paneudutaan saatavan tiedon pätevyyteen, yleistettävyyteen ja käyttökelpoisuuteen, jotka vaativat toteutuakseen luotettavaa mittaria. (Soininen & Merisuo-Storm 2009, 79.)

Laadullisen tutkimuksen luotettavuus on kytköksissä myös raportointiin. Tutkijan tulee selostaa tarkasti tutkimuksen toteuttamista. Aineiston tuottamisen olosuhteet on kerrottava selvästi ja totuudenmukaisesti. (Hirsjärvi ym. 2009, 232.) Tutkimusraportissa tulee esittää riittävästi tietoa siitä, miten tutkimus on tehty, jotta tutkimuksen tuloksia on mahdollista arvioida (Tuomi & Sarajärvi 2013, 141). Myös Anttilan (2005) mukaan laadullisen tutkimuksen raportoinnilta vaaditaan arvioitavuutta ja uskottavuutta. Arvioitavuus tarkoittaa sitä, että lukijan on mahdollista seurata ja kritisoida tutkijan päättelyä. Uskottavuudella Anttila viittaa siihen, että raportin pohjalta on uskottavaa, että tulkintoihin on päädytty kuvatulla tavalla. Jotta lukija voi nähdä, että tulokset eivät perustu pelkkään tutkijan intuitioon, tutkijan on kuvattava selkeästi aineistonsa, tulkintansa sekä ratkaisu- ja tulkintatapansa. Laadulliselle tutkimukselle esitettyä toistettavuuden vaatimusta Anttila kuitenkin pitää lähinnä tutkimusideaalina. (Anttila 2005, 514, 517–518.)

Tutkivassa tuottamisessa luotettavuutta arvioidaan yhdistämällä tuotteen määrittelyä koskevat vaiheet sen suunnitteluun, valmistukseen ja testaukseen. Tutkimuksen tulosten merkitystä ja luotettavuutta tarkastellaan suhteessa tutkimustehtävään. Tarkastelun kohteena ovat määrittelyteoreettisen vaiheen mahdolliset kartoittavat tutkimukset sekä tiedonhankinta ja niiden analysointi. Lisäksi arvioidaan tutkimuksessa käytettyjä tiedonhankinta- ja analyysimenetelmiä sekä niiden tarkoituksenmukaisuutta. (Metsärinne & Kallio 2011a, 36, 65.)

Seuraavassa luvussa tämän tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan tarkastellen kaikkia prosessin vaiheita pitäen silmällä tutkimuksen pätevyyttä, käyttökelpoisuutta ja osin myös yleistettävyyttä. Lisäksi pohdin, kuinka reliaabeleita ja valideja eri vaiheissa käytetyt mittarit ovat.

8.2 Tämän tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Anttilan (2005, 513) mukaan validissa tutkimuksessa jo tutkimusotteen tulee olla sellainen, että se tekee oikeutta tutkittavan ilmiön olemukselle. Huomio kiinnittyy siihen, kuinka hyvin tutkimusote ja käytetyt menetelmät vastaavat tutkittavaa ilmiötä.

Lähinnä laadullisen tutkimuksen piiriin kuuluvan tutkivan tuottamisen yksi keskeinen tutkimuskohde on käsityötaju, ja se liittyy tieteellisen tutkimisen käsityölliseen tuottamiseen. Tutkivaa tuottamista on sovellettu laajasti käsityökasvatuksen pro gradu -tutkielmissa, ja se on myös keskeinen menetelmä käsityökasvatuksen tieteenalalla. Mielestäni se on siten perusteltu valinta käsityökasvatuksen opinnäytetyön tekemiseen, kun halutaan saada tieteellistä tietoa tuottamiseen liittyvistä prosesseista ja ajattelusta. Käytännössä tutkiva tuottaminen myös osoittautui toimivaksi työkaluksi, jonka avulla oli mahdollista toteuttaa viljelyjärjestelmä sekä analyttisesti tarkastella sitä tuottamisen lähtökohdista aina valmiin tuotteen ja prosessin arviointiin. Tutkiva tuottaminen lähestymistapana antoi myös mahdollisuuden yhdistää monien tieteenalojen tietämystä ja lähestymistapoja.

Tutkimuksen luotettavuuden parantamiseksi on pyritty tarkkaan raportointiin. Valmistus on kuvailtu siten, että sen perusteella voidaan rakentaa vastaava tuote, jolla saavutetaan samat laatukriteerit. Myös testaus on esitetyn kuvauksen perusteella toistettavissa. Lisäksi kaikki suunnittelu- ja toteutusratkaisut on pyritty perustelevaan ajantasaiseen tutkimustietoon tukeutuen aina kun mahdollista. Lukijalle on avattu ratkaisuja ja arviointeja edeltävä päättelyketju, jolloin päätelmien tarkoituksenmukaisuutta on mahdollista arvioida.

Määrittelyvaiheessa pyrittiin hankkimaan mahdollisimman ajanmukaista tietoa edustavista ja luotettavista lähteistä. Perustason tietoa muun muassa materiaalien ominaisuuksista ja viljelytekniikasta kerättiin alan oppikirjoista ja oppaista. Keskeiset

tiedot tarkistettiin useista lähteistä. Kirjallisuuden ohessa käytännöllisempää tietoa hankittiin käytännön kokeiluilla ja aikuisopiston vesiviljelykurssilta.

Tuottamisen lähtökohtana olevat eksistenssiehdot määritettiin mahdollisimman loogisesti huomioiden käyttöympäristö, käyttäjä ja suunnitellut toiminnot, ekologiset näkökohdat sekä turvallisuusvaatimukset ja tekniseen toteutukseen liittyvät seikat. Lisäksi tuottamisen mielekkyyttä tarkasteltiin analysoimalla vastaavia tuotteita sekä viljelyharrastusta ja sen mahdollisuuksia erilaisissa ympäristöissä.

Laatutavoitekriteerit johdettiin esitellyistä perustoista niin, että ne kattoivat kaikki keskeiset eksistenssiehdot ja ohjaisivat näiden toteutumista lopullisessa tuotteessa. Lisäksi laatutavoitteet operationalisoitiin mahdollisimman konkreettisiksi ja yksiselitteisiksi. Dimensioinnin ja sen vähimmäistavoitetasojen lähtökohtana olivat perustoista nousevat vaatimukset. Kaikki määritellyt tasot ovat mahdollisiksi arvioituja toteumia valmiissa tuotteessa. Tavoitetasojen määrittely perustui toisaalta opinnäytetyön tekijän omiin mieltymyksiin ja toisaalta arvioihin onnistumismahdollisuuksista käytettävissä olevien resurssien rajoissa.

Testaussuunnitelmaa laadittaessa keskeisenä lähtökohtana pidettiin mittareitten validiutta, toisin sanoen niiden kykyä mitata haluttua ominaisuutta eli kutakin laatutavoitetta. Vaikka oli tiedossa, ettei kaikkia muuttujia kvasikokeellisessa kasvatuskokeilussa ollut mahdollista kontrolloida, kiinnitettiin huomiota myös mittareiden reliaabiliuteen. Havaintojen tuli olla täsmällisiä ja tarkkoja, eivätkä mittaukset saaneet olla sattumanvaraisia.

Suunnittelun perustana käytettiin määritettyjä laatukriteerejä. Suunnittelu pyrittiin tekemään huolellisesti sekä perustelemaan ja kuvaamaan siihen liittyvät ratkaisut tarkasti. Suunnitteluratkaisut esiteltiin myös rakennepiirustuksin. Suunnittelu perustui materiaali-, rakenne- ja viljelytekniseen tietoon, minkä lisäksi tehtiin erilaisia kokeiluja esimerkiksi veden virtauksesta, vesikalvon levittymisestä ja erilaisten pumppujen äänen tuotosta. Suunnitteluvaiheessa ei kuitenkaan pystytty ennakoimaan kaikkia tekijöitä, eivätkä ne ilmenneet alustavissa kokeiluissa. Esimerkiksi valaisimien muuntajien lämpenemiseen jouduttiin kehittämään ratkaisu vielä käyttökokeilun aikana. Pääosin valmistus toteutui suunnitelman mukaisesti. Valmistusta on jo aiemmin arvioitu erikseen yksityiskohtaisesti luvussa 6.2.

Testauksessa mitattavat kohteet määritettiin mahdollisimman tarkasti, jotta olisi selkeästi todettavissa, mikä laatutavoitetaso kulloinkin toteutuu. Testauksessa hyödynnettiin objektiivista määrällistä mittausta sekä subjektiivista arviointia. Evaluaation perusteet on avattu, jolloin testaustulosten luotettavuus on myös lukijan arvioitavissa. Määrällistä mittausta käytettiin aina, kun se oli mahdollista siten, että mitattavissa oleva suure vastaa luotettavasti mitattavaa ominaisuutta (esimerkiksi kasvun tehokkuuden mittaamisessa syötävien kasvinosien paino grammoina). Reliaabiliuden parantamiseksi mittauksia toistettiin ja mittaustapa vakioitiin. Mittauksissa mukailtiin mahdollisimman tarkasti olemassa olevia käytänteitä, määräyksiä ja ohjeita, mikäli niitä oli saatavilla. Mittalaitteiden valinnassa huomioitiin mittaustarkkuus ja tarkoituksenmukaisuus.

Tutkimuksen reliaabeliutta voidaan parantaa rinnakkaistestimenetelmällä eli käyttämällä vastaavaa ominaisuutta mittaavaa toista mittaria (Anttila 2005, 517). Äänenvoimakkuutta arvioitiin testauksessa sekä aistinvaraisesti että eri äänenvoimakkuusmittareilla mitaten ja todettiin tulosten samansuuntaisuus.

Viljelyjärjestelmän toimintaa seurattiin päivittäin vapaasti havainnoiden, jotta sellaiset ominaisuudet tulisivat esille, joita ei osattu ennakoida tai jotka eivät ilmenneet mitattaessa. Havainnointia tuettiin kasvien päivittäisellä kuvaamisella. Näin oli mahdollista varmistua tulosten yhdenmukaisuudesta ja ilmiön jatkuvuudesta ja tyypillisyydestä, jotka Anttila (2005, 516) mainitsee reliaabeliuden tarkistuskeinoiksi instrumentin tarkkuuden ja objektiivisuuden ohella.

Havainnoinnin luotettavuutta voidaan parantaa myös tutustumalla hyvin kohteeseen, käyttämällä runsaasti aikaa tutkittavan kohteen parissa, havainnoimalla kohdetta eri tilanteissa ja määrittelemällä huolellisesti observointikategoriat (Soininen & Merisuo-Storm 2009, 145–146). Nämä tekijät otettiin huomioon viljelyjärjestelmän observoinnissa.

Kestävyys- ja turvallisuusarvioissa materiaalien ominaisuuksia verrattiin tunnettuun ja ilmi pantuun tietoon, kuten sähköosien IPX-luokitukset ja käyttöikä tiedot, standardoidun teräsnimikkeen materiaalitekniset tiedot ja erilaisten muovimateriaalien elintarvikekelpoisuusmerkinnät.

Mittauksen luotettavuuteen pyrkivistä toimenpiteistä huolimatta osaan testauksesta liittyi selviä epävarmuustekijöitä. Kuten luvussa 7.1 kerrottiin, sekä vesiviljely- että

multakasvatuksessa ilmeni kasvien kasvuhäiriöitä, joiden syytä ei voitu todentaa. Kaikkia kasvatukseen liittyviä muuttujia ei pystytty kotikasvatuksessa kontrolloimaan. Lisäksi ongelmana oli se, että useampaa asiaa testattiin yhtä aikaa. Esimerkiksi se, kuinka kauan viljelyjärjestelmän annettiin toimia ilman käyttäjän toimenpiteitä, vaikutti kasvien kasvun tehokkuuden tuloksiin. Ravinneliuoksen arvojen jatkuvalla säätämällä kasvun tehokkuutta olisi todennäköisesti voitu parantaa. Kasvatuksen tehokkuutta ja taloudellisuutta arvioitiin myös pienen kasvimäärän perusteella. Tämän takia kasvatuskokeilun tulokset ovat siten lähinnä viitteellisiä eivätkä yleistettävissä. Täsmälliset kasvua koskevat yleistettävät tulokset vaatisivat täysin erilaista koejärjestelyä, jossa muuttujia voitaisiin vakioida ja tehdä tarkkoja mittauksia ja kemiallisia analyyseja. Tällainen tutkimuksen ei voida katsoa käsityökasvatuksen piiriin, ja se vaatii oman tieteenalansa osaamista ja erikoisvälineistöä. Erot vesiviljelyjärjestelmän ja verrokkijärjestelmän välillä olivat kuitenkin niin suuria, että niiden avulla voidaan todistaa laatutavoitteiden toteutuminen ja siten osoittaa viljelyjärjestelmän toimivuus.

Melunmittauksessa ei kotioloissa ollut mahdollista erottaa yksittäistä äänilähdettä taustamelusta, joten äänenvoimakkuusarvot ilmoitettiin huoneen kokonaismelutason perusteella. Koska tällöinkin äänitaso pysyi tavoitteessa, järjestelmän hiljaisuuden laatutavoitteen saavuttaminen voitiin todentaa, vaikkei laitteen omaa äänitasoa ollutkaan mahdollista ilmoittaa.

Kasvatuksen taloudellisuutta arvioitaessa todettiin, että vertailukohteita ei ollut määritetty tarpeeksi täsmällisesti: kaupan yrttiruukun hinnan vertaaminen jatkuvasti kasvatettavan kasvin arvoon ja tuotantokustannuksiin on väistämättä epätarkkaa. Tätä pyrittiin kompensoimaan perustelemalla arvioinnin tulosta. Huomioitavaa on myös, että järjestelmässä voidaan hyödyntää ruukuissa myytäviä ruokakasveja. Niiden juuret voidaan pestä mullasta, ja kasvit voidaan siirtää viljelyjärjestelmään. Kasvatuskokeilun aikana kaupan ruukkuyrttien siirtämistä viljelyjärjestelmään kokeiltiin basilikalla, oreganolla ja persiljalla, ja tulokset olivat hyviä. Tämä kokeilu ei kuitenkaan kuulunut varsinaisen tutkimuksen piiriin.

Eräs laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa pohdittava seikka on tutkijan neutraalius, eli se etteivät tulokset johdu tutkijan motivaatiosta, intresseistä tai näkemyksistä. Tutkimuksessa, jossa sama henkilö valmistaa ja arvioi tuotteen voidaan nähdä hyvän arviointituloksen olevan tutkijan intressinä. Erityisesti vapaan havainnoinnin objektiivisuus saattaa olla ongelmallista (Soininen & Merisuo-Storm 2009, 144–145).

Yksi keino parantaa luotettavuutta olisi tutkijatriangulaatio, jossa tutkimuksen tiedonhankintaan sekä tulosten analysointiin ja tulkintaan käytetään useampia henkilöitä (Hirsjärvi ym. 2009, 233; Soininen & Merisuo-Storm 2009, 168). Tässä tapauksessa esimerkiksi ulkopuolisen arvioijan tai arviointiryhmän käyttäminen oman arvioinnin vertailukohtana ei kuitenkaan tullut kyseeseen. Viljelyjärjestelmän toiminnan arviointi olisi vaatinut isokokoisien tuotteiden sijoittamista ulkopuolisen observoijan kotiin sekä jatkuvaa tarkkailua ja ajoittaisia hoitotoimia. Arvioija olisi pitänyt myös perehdyttää järjestelmän käyttöön. Sopivan arvioijan tai arvioijaryhmän löytäminen ja sitouttaminen työlääseen tutkimukseen olisi ollut vaikeaa. Ulkopuolinen arviointi ei ollut mielestäni välttämättömyys, koska testaus perustui pääosin objektiivisiin tosiseikkoihin ja tarkka raportointi tekee päättelyketjut näkyväksi. Lisäksi sellaiset ominaisuudet kuin ulkonäkö ja käyttömukavuus ovat joka tapauksessa melko subjektiivisia. Käsityönä valmistettava tuote voidaan myös valmistaa pelkästään tulevan käyttäjän mieltymysten mukaisesti, eikä sen välttämättä tarvitse miellyttää muita. Sen vuoksi laaja käyttäjätutkimus ei ollut tässä tutkimuksessa tarpeen.

Luotettavuuden edellä kuvatuista epävarmuustekijöistä huolimatta tutkimuksen voi katsoa osoittavan, miten asetetut laatutavoitteet toteutuivat. Opinnäytetyö antaa myös luotettavan vastauksen siihen, miten laatutavoitteissa kuvattu tuote voidaan valmistaa.

9 PÄÄTELMÄT

Tämän opinnäytetyön voidaan katsoa kuvaavan tekijänsä käsityötajua. Metsärinne ja Kallio (2011a, 69) mainitsevat tärkeimpiä ratkaisuja, jotka tutkivassa tuottamisessa tehdään käsityötajun ohjaamana:

- tuottamiskohteen hahmottaminen
- tuottamisen ratkaisuvaihtoehtojen rajaaminen
- tuotteen olemassaolon ehtojen määrittely
- tuotteen suunnitteluratkaisut
- tuotteen valmistus valintoineen

Opinnäytetyön alussa määritettiin mielekkääksi kehittämiskohteeksi kotiviljelyjärjestelmä ja puntaroitiin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja suhteessa käyttökohteen vaatimuksiin. Käsityötajun avulla määritettiin tuotteen eksistenssiehdot käyttökohteeseen ja käyttäjään liittyvien tekijöiden, viljelytekniikan tietämyksen, rakenne- ja materiaalitekniikan tietojen, turvallisuusseikkojen, ekologisuusnäkökulmien ja olemassa olevien kotiviljelyratkaisujen pohjalta. Näistä johdettiin dimensioitua laatutavoitteita, jotka ohjasivat suunnittelua. Valmistuksessa käsityötaju ilmeni tekniikkavalinnoissa ja itse työstössä sekä valmiissa produktissa.

Tämä opinnäytetyöprojekti on kehittänyt kykyäni etsiä laajasti tietoa ja lähestyä tuottamista kokonaisvaltaisesti. Huolellisesta kokonaisen käsityöprosessin läpikäymisestä on varmasti hyötyä myös ohjatessani oppilaita kohti kokonaista käsityötä. Kuten Metsärinne ja Kallio (2011a, 12) toteavat, tutkija on tehdessään tutkivaa tuottamista samassa tilanteessa kuin oppilas, joka toteuttaa kokonaista käsityötä. Opinnäytetyön tekijän käsityötaju myös kehittyi prosessin kuluessa.

Kaiken kaikkiaan tutkiva tuottaminen osoittautui toimivaksi menetelmäksi tuoda näkyväksi opinnäytetyön tekijän käsityötä ohjaavaa ajattelua. Opinnäytetyön taustateoriasta johdettuun tutkimuskysymykseen *Miten suunniteltu ja valmistettu tuote vastaa asetettuja laatutavoitekriteerejä, eli kuinka laatutavoiteteoreema kykenee ratkaisemaan tuotteen toteutuksen?* vastataan opinnäytetyön luvuissa 6 ja 7. Tutkivan tuottamisen menetelmä ohjasi myös huolelliseen, järjestelmälliseen ja tarkoituksenmukaiseen tiedonhankintaan, suunnitteluun ja valmistukseen. Työn

empiiriseen tutkimuskysymykseen *Miten kotiviljelyjärjestelmä voidaan suunnitella ja toteuttaa laatutavoitteiden mukaan?* vastaavat luvut 5 ja 6.

Asetetut laatutavoitteet saavutettiin ja osin jopa ylitettiin. Kasvatuskokeiluuni liittyi tutkimuksellisia rajoitteita, mutta siitä huolimatta uskon sen pystyvän osoittamaan, että järjestelmä toimii.

Vaikka kaikki laatutavoitteet täytyivät hyvin ja tuote on tällaisenaan täysin käyttökelpoinen, siinä on erilaisia kehittämismahdollisuuksia. Kuvattua tuottamisprosessia voidaan pitää vasta ensimmäisenä, joskin huolellisesti toteutettuna ja järjestelmällisenä, täydellisenä tuotesuunnittelusyklinä. Viljelyjärjestelmän tuotekehitys tulee jatkamaan opinnäytetyön valmistumisen jälkeen. Suunnitteluluvussa mainittu kahden tai kaksiosaisen vesisäiliön ratkaisu mahdollistaisi ravinneliuksen optimoimisen erilaisille kasveille. Kasvatuskokeilun aikana saatiinkin viitteitä, että siitä voisi olla hyötyä. Itse valmistetusta vesisäiliöstä olisi mahdollista tehdä myös juuri oikean kokoinen sekä siihen voisi liittää erilaisia ominaisuuksia kuten kiinnityspaikat pumpulle ja integroitu vedenohjaus säiliöön laskevalle liukselle. Vesi-ravinnekierron virtausnopeuden ja virtaavan liuksen määrän vaikutuksia olisi mielenkiintoista ja melko helppoa kokeilla. Olisi mahdollista skaalata viljelyjärjestelmää siten, että siinä olisi enemmän tasoja tai rakentaa pienempi vain yhden kasvatuskourun levyinen järjestelmä, joka veisi vähemmän tilaa. Valaistukseen liittyviä kiinnostavia kehityskohteita olisivat himmennettävät valot ja tasaisemmin myös kasvatuskourujen päihin kohdistuva valo. Vedenohjaimia olisi hyvä kehittää siten, että ne olisi helpompi asettaa paikoilleen.

Varsinaisen tuotekehityksen lisäksi viljelyjärjestelmä olisi kiinnostavaa kytkeä koulumaailmaan didaktisena välineenä. Järjestelmää voisi koekäyttää luokkahuoneessa ja selvittää, miten sitä voitaisiin hyödyntää kokemuksellisenä opetusvälineenä esimerkiksi ympäristöopissa ja biologiassa. Viljelyjärjestelmä mahdollistaisi kasvien kasvun seuraamisen koko lukuvuoden ajan. Oppilailla olisi esimerkiksi mahdollisuus seurata kasvien kasvua siemenestä itämisen ja kukinnan kautta aina uusien siementen syntymiseen. Viljelyjärjestelmällä olisi uskoakseni myös luokkahuoneen viihtyvyyttä parantava vaikutus.

LÄHTEET

Anttila, P. 1996. Käsitöiden ja muotoilun teoreettiset perusteet. Helsinki: WSOY.

Anttila, P. 2005. Ilmaisun, teoksen tekeminen ja tutkimus toiminta. Hamina: Akatiimi.

Elintarvikelaki 13.1.2006/23.

Eskola, J. & Suoranta J. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino.

Foster, T. S. 2017. Managing quality: Integrating the supply chain. 6th edition. Global edition. Harlow, England: Pearson Education Limited.

Garvin, D. A. 1988. Managing quality. The strategic and Competitive edge. New York: The Free Press.

Goetsch, D. L. & Davis, S. B. 2016. Quality management for organizational excellence: Introduction to total quality. 8th edition. Boston: Pearson.

Hintsala, O. & Vaaramo, O. 2017. Jääkiekkovarusteiden kuivauskaapin laatuvaateteoreema. Käsitöidenkasvatuksen pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto, Opettajankoulutuslaitos, Rauman yksikkö.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15., uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Hyrsky, J. & Kanerva E. 2018. Kevyen ja siirrettävän kenttäsahan tuottaminen ja testaus. Käsitöidenkasvatuksen pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto, Opettajankoulutuslaitos, Rauman yksikkö.

Hyysalo, S. 2009. Käyttäjä tuotekehityksessä. Tieto, tutkimus, menetelmät. Taideteollisen korkeakoulun julkaisusarja B 97. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu.

Jaakkonen, A.-K. & Vuollet, A. 2003. Kasvutekijät ja kasvu. Teoksessa T. Koivunen (toim.) Tehokkaasti kasvihuoneesta. Helsinki: Opetushallitus, 29–60.

Juran, J. M. 1988. Juran on planning for quality. New York: The Free Press.

- Juran, J. M. 1998. How to think about quality. Teoksessa J. M. Juran, & A. B. Godfrey (toim.) Juran's quality handbook. New York: McGraw-Hill, 2.1–2.18.
- Järvinen, M. 2016; Karjalainen, K. & Vuollet, A. Kasvihuoneviljely: tuotantotekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.
- Kallio, M. 2014. Riskiturvallisuus turvallisuuskasvatuksen kulttuurissa. Oppilaiden vastuullisuus, turvallisuustaju ja tuottamistoiminnan riskiraja peruskoulun käsityöopetuksessa. Turun yliopiston julkaisuja sarja C osa 382. Scripta Lingua Fennica Edita. Turun yliopisto.
- Kanniainen, T. 2003. Kasvualustat ja kasteluvesi. Teoksessa T. Koivunen (toim.) Tehokkaasti kasvihuoneesta. Helsinki: Opetushallitus, 121–139.
- Kasviporta Oy. Miten Supragarden toimii? <https://www.supragarden.com/ohjeet>. (Luettu 2.3.2019.)
- Kekki, T., Keinänen-Toivola, M., Kaunisto, T. & Luntamo, M. 2007. Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja 1. Rauma: Vesi-Instituutti.
- Kettunen, I. 2001. Muodon palapeli. Helsinki: WSOY.
- Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P. & Tuomikoski, J. 2008. Konetekniikan materiaalioppi. 12., uudistettu painos. Helsinki: Edita.
- Koivunen, T. (toim.) 2003. Tehokkaasti kasvihuoneesta. Helsinki: Opetushallitus.
- Kojonkoski-Rännäli, S. 2009. Laadun käsite ja laatutietoisuuden kehittyminen käsityössä. Teoksessa M. Metsärinne (toim.) Käsityökasvatus tieteenalana 20v. Sloyd education 20 years as discipline. Techne Series. Research in Sloyd Education and Craft Science A: 15/2019, 65–78.
- Kuusi, O. 1994. Materiaalit murroksessa. Helsinki: Valtion taloudellinen tutkimuskeskus.
- Kuutti, W. 2003. Käytettävyys, suunnittelu ja arviointi. Helsinki: Talentum.
- Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5., uudistettu painos. Helsinki: Talentum.

Lillrank, P. 1998. Laatuajattelu: Laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen tietoyhteiskunnassa. Helsinki: Otava.

Lincoln Y. S. & Guba, E. G. 1985. Naturalistic inquiry. Newbury Park, CA: Sage.

Metsärinne, M. & Kallio, M. 2011a. Johdatus tutkivaan tuottamiseen – Introduction into research-based production. Techne series. Research in sloyd education and craft science B: 16/2011.

Metsärinne, M. & Kallio, M. 2011b. Defining craft quality theory framework in sloyd education. Teoksessa M. Johansson & M. Porko-Hudd (toim.) Vetenskapliga perspektiv och metoder inom slöjdfältet. Techne series. Research in sloyd education and craft science A: 18, 111–126.

Muoviteollisuus ry. n.d. Elintarvikkeiden kanssa kosketuksiin joutuvat muovit. <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/elintarvikemuovit/>. (Luettu 10.3.2019.)

Niiniluoto, I. 2002. Johdatus tieteenfilosofiaan: Käsitteen- ja teorianmuodostus. Nidotun laitoksen 3. p. Helsinki: Otava.

Peltonen, J. 2007. Katosiko tekninen työ Turun yliopistosta? Teoksessa M. Metsärinne & J. Peltonen (toim.) Käsityön oppimisen innovointi. Techne Series. Research in Sloyd Education and Craft Science A: 11, 17–74.

Resh, H. M. 2004. Hydroponic food production: A definitive guidebook of soilless food-growing methods. 6th edition. Mahwah, NJ: Newconcept Press.

Ristioja S. & Ristioja S. 2017. Muunneltava pinnasänky. Käsityökasvatuksen pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto, Opettajankoulutuslaitos, Rauman yksikkö.

Routio, P. 2000. Tuote ja tieto. Tuotteiden tutkimuksen ja kehittämisen metodiopas. 5. painos. Taideteollisen korkeakoulun julkaisu C 5. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu.

SFS 6000-5-51:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-51: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt. Helsinki: Sesko ry, Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 9000. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 9241-210. 2010. Ihmisen ja järjestelmän vuorovaikutuksen ergonomia. Vuorovaikutteisten järjestelmien käyttäjakeskeinen suunnittelu. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Seitamaa-Hakkarainen, P. n.d. Suunnitteluprosessien teoriaa.

http://www.mlab.uiah.fi/polut/Design/teoria_suunnitteluprosessit.html. (Luettu 25.2.2019.)

Sinkkonen, I., Kuoppala, H., Parkkinen, J. & Vastamäki, R. 2002. Käytettävyyden psykologia. Helsinki: Edita, IT Press.

Soininen, M. & Merisuo-Storm, T. 2009. Kasvatustieteellisen tutkimuksen perusteet. Rauma: Turun yliopisto, Rauman opettajankoulutuslaitos.

Sorsa, Jouni. 2015. Materiaalitekniikka. Helsinki: Pro Oy.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015 = Asumisterveysasetus.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2018. Ftalaatit. <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/ftalaatit>. Päivitetty 16.12.2018. (Luettu 3.3.2019).

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2013. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 10., uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Van Hemel C. 1998. EcoDesign. Empirically Explored: Design for Environment in Dutch Small and Medium Sized Enterprises. Delft University of Technology: Delft: the Netherlands.

Van Patten, G. F. 2008. Gardening indoors: With soil & hydroponics. S. l.: Van Patten Publishing.

Virta, K., Metsärinne, M. & Kallio M. 2013. Supporting craft sense in early education. Teoksessa M.Johansson & M. Porco-Hudd (toim.) Making, materiality and knowledge. Teche Series. Research in Sloyd Education and Craft Science A: 20 (3), 50–61.

Väyrynen, S., Nevala, N. & Päivinen, M. 2004. Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Helsinki: Teknologiainfo, Teknova.

Walker, S., Giard, J. & Walker, H. L. 2013. The handbook of design for sustainability. London: Bloomsbury.

Williams, R. 2019. Plant nutrients explained: everything you ever need to know. March 28, 2017 and updated February 24, 2019. <https://www.epicgardening.com/plant-nutrients/>. (Luettu 3.3.2019.)

Yle. 2015. Kuningaskuluttaja. Pöytäpuutarhat lisäävät kaupan ruukkuyrttien ikää viikkoja. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2015/02/25/poytapuutarhat-lisaavat-kaupan-ruukkuyrttien-ikaa-viikkoja>. (Luettu 15.1.2019.)

Ympäristöministeriö. 1998. Rakentamismääräyskokoelma C1: Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa.

Zeisel, John. 1984. Inquiry by design. Cambridge: Cambridge University Press.