

Timo Loiva, Sanna Teinilä, Marikki Väisänen

KIEPPI-HANKE
URBAANI AQUAPONICS-VILJELY
Case Hiedanranta

TRT-25010 Ajankohtaisia kiertotalouden haasteita ja ratkaisuja
Maaliskuu 2021

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. AQUAPONICS-JÄRJESTELMÄN TAUSTA JA KUVAUS	3
2.1 Mikä on aquaponinen kasvatusjärjestelmä?	3
2.2 Aquaponisen kasvatusjärjestelmän prosessi ja järjestelmämallit	5
2.3 Aquaponisen järjestelmän tilat ja laitteet	10
3. JÄRJESTELMÄN OLOSUHTEET JA KUSTANNUKSET	11
3.1 Kalat	13
3.2 Viljelykasvit	16
3.3 Energiankulutus	18
4. KONSEPTI-IDEOITA HIEDANRANTAAN	21
5. YHTEENVETO	24
LÄHTEET	25

1. JOHDANTO

Ruoantuotannossa on teollisuuden uudistumisen näkökulmasta suuria murroksen mahdollisuuksia. Uudet teknologiat mahdollistavat sen, että ruoantuotanto voi ainakin osittain siirtyä kaupunkeihin niin, että peltoviljely ja ylipäänsä ulkoilmassa tapahtuva ruuan kasvatus vähenee. Urbaani ruoantuotanto on kansainvälisesti erittäin voimakkaassa kasvussa ja siihen on löydetty myös täysin uudenlaisia alustoja ja sovelluksia. Led-valotekniikka ja vertikaaliviljely mahdollistavat esimerkiksi vihannesten ja hedelmien kasvattamisen myös pienissä sisätiloissa, kuten konteissa. Esimerkiksi konttilviljelyn etuina ovat viljelysten helppo liikuteltavuus paikasta toiseen ja lähelle loppukäyttäjää, jolloin sadon kuljetusmatkat vähenevät ja riski kasvitautien leviämislle on pienempi. Niissä voidaan helposti soveltaa erilaisia vesiviljelyn tai teknisen viljelyn periaatteita ja tuottaa satoa ympäri vuoden. Aquaponinen viljely yhdistää suljetussa kiertossa vesieläinten, kuten kalojen tai rapujen, sekä kasvintuotantoa. (Valtioneuvosto. 2019)

Lähellä kuluttajaa tapahtuva ruoantuotanto voi vähentää merkittävästi ruokaketjussa syntyvää hävikkiä. Vertikaalisen viljelyn avulla tuoretuotteita voidaan muun muassa kasvattaa vähittäiskaupan tiloissa, ja tuotteiden pakkauskokoja voidaan helpommin räätälöidä. Urbaani ruoantuotanto mahdollistaa myös uudenlaisen kortteliruoantuotannon tai jopa korttelikiertotalouden toteuttamisen. Jälkimmäiseen kuuluu olennaisena osana orgaanisten jätteiden ravinteiden jatkojalostaminen paikallisen ruoantuotannon tarpeisiin. Paikallinen tuotanto voi synnyttää omavaraisia alueita, joissa energia ja ravinteet kiertävät. Kaupungit voivat osoittaa paikkoja tällaiseen toimintaan ja samalla ruuan tuottajan sekä kuluttajan roolit voivat yhdistyä. (Valtioneuvosto. 2019). Tampereen Hiedanranta on alue, jonka Tampereen kaupunki on osoittanut tällaisia kestäviä ja urbaaneja kekeiluja varten, ja alue tullaan rakentamaan erilaisia resurssitehokkuuden ja kiertotalousmalleja hyödyntäen.

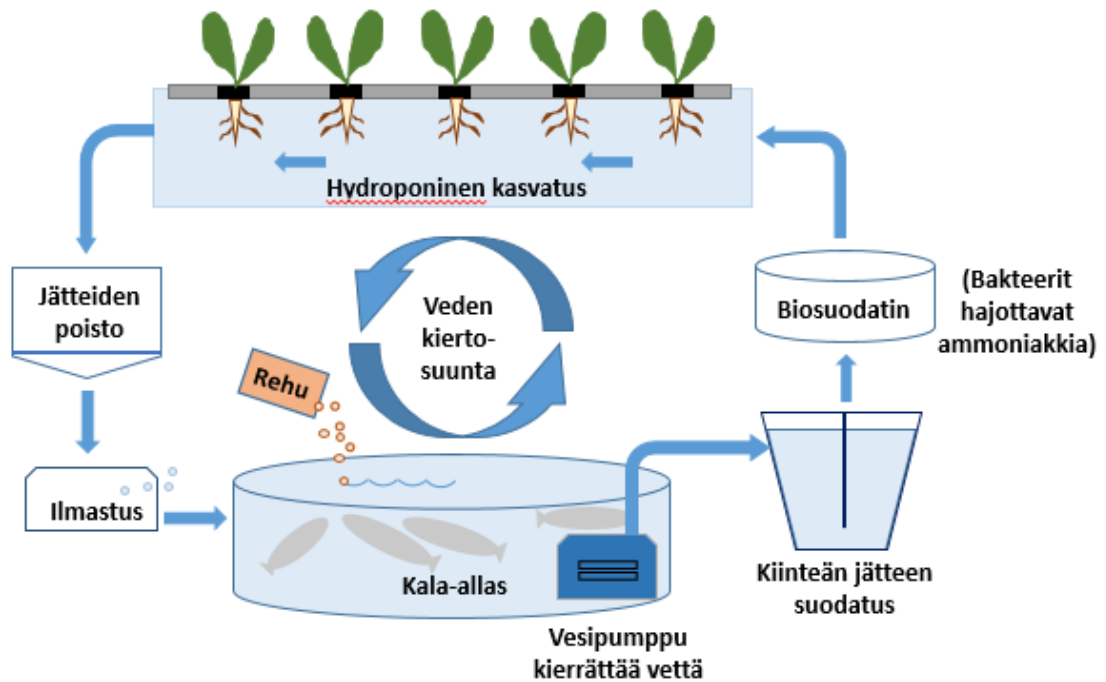
KIEPPI-hankkeessa kehitetään Espoon Kerasta, Tampereen Hiedanrannasta ja Turun Tiedepuistosta kestäviä kaupunginosia. Niihin syntyy uutta yritystoimintaa sekä työpaikkoja kierto- ja jakamistalouden saralle. Tavoitteena on tuottaa hiilineutraalin kaupunginosan kumppanuusmali, jossa kaupunkien kasvuun tarvittu materiaalivirrat kiertävät mahdollisimman kestävästi ja resurssiviisaasti. Yksi Tampereen Hiedanrannan teemoista on urbaanin ruoantuotannon ratkaisut, johon tässä raportissa käsitelty aquaponinen järjestelmä liittyy. (Tampere.fi 2021)

Aluksi tässä raportissa esitellään aquaponisen viljelyn perusteet sekä erilaisia järjestelmämalleja. Sen jälkeen perehdytään viljelyn vaatimiin olosuhteisiin sekä viljelykasvien että kalojen osalta. Myös järjestelmän kustannuksia käsitellään yleisellä tasolla. Lopuksi luodaan katsaus erilaisiin konsepti-ideoihin, joita eri toimijat voivat tulevaisuudessa soveltaa Hiedanrannassa.

2. AQUAPONICS-JÄRJESTELMÄN TAUSTA JA KUVAUS

2.1 Mikä on aquaponinen kasvatusjärjestelmä?

Aquaponinen viljelyjärjestelmä on ruoan alkutuotannon järjestelmä, jossa yhdistyvät kalankasvatus ja hydroponinen eli vesiviljelyyn perustuva kasvintuotanto, jossa kasvit kasvavat ilman multaa. Aquaponinen järjestelmä on kasvien, kalojen, bakteerien ja joskus myös muiden organismien muodostama symbioottisen kasvun ekosysteemi (Thorarinsdottir 2015). Aquaponisessa viljelyssä sekä kalat että kasvit kasvavat samassa vedessä ja infrastruktuurissa, joka perustuu veden kiertoon. Kalat elävät vedessä rikastaen sitä ulosteellaan, ja ravinnerikas vesi lannoittaa kasveja, jolloin erillistä lannoitusta ei tarvita. Kasvit ja mikrobit taas puhdistavat vettä, jossa kalat kasvavat, joten ne kaikki tukevat toistensa kasvua. (Nelson 2008)



Kuva 1. Aquaponisen kasvatusjärjestelmän prosessikuvaus. (mukailen Thorarinsdottir 2015)

Somervillen et al. (2014) mukaan aquaponisen viljelyn tutkimuksen ensiaskeleet otettiin 1970-luvun lopulla Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa, ja vuosikymmenien aikana tuotantojärjestelmä on kehittynyt nykyiseen moderniin muotoonsa. 1980- ja 1990-luvuilla

järjestelmän suunnittelun, biosuodatuksen sekä optimaalisten kala-kasvi –suhteiden tunnistamisen myötä luotiin suljettuja, vettä ja ravinteita kierrättäviä kasvatusjärjestelmiä. (Somerville et al. 2014)

Aquaponinen järjestelmä on kestävä ruoantuotantoa, sillä se on monella tapaa resurssitehokasta. Päivittäinen vedenkulutus on veden kiertoon perustuvassa toiminnassa minimoitu. Järjestelmä ratkaisee myös ihanteellisesti kalankasvatuksessa syntyvän ravinnerikkaan veden käsittelyongelman, kun se ohjataan hydroponisen viljelyn tarpeisiin. Kunnolla toteutettuna järjestelmä ei joko tuota lainkaan jätettä tai kierrättää tai käytä ne muuten omassa toiminnassaan. Lisäksi suurikin määrä ruokaa voidaan tuottaa paljon tavanomaista pienemmässä tilassa, koska kasvinviljelyyn ei tarvita maata. (Nelson 2008). Khandakerin mukaan aquaponisen viljelyn kestävyys ruoantuotantomenetelmänä perustuu siihen, että kasveja voidaan kasvattaa tilatehokkaammin verrattuna tavalliseen maanviljelyyn (Khandaker 2018). Aquaponinen kasvatus sopii siten myös kaupunkialueille tuoreen ja terveellisen lähiruoan tuotantotavaksi.

Nelson (2008) esittelee aquaponisen viljelymallin hydroponisen viljelyn luomuversiona, ja hänen mukaansa aquaponisessa kasvatuksessa toteutuvat sekä luomuviljelyn, vesi-viljelyn että maanviljelyn edut. Järjestelmän etuja ovat kiertotalouden mukainen ravinneri-kierto, jätteettömyys, vesitehokkuus ja tuotantoeläinten eli kalojen terveys ja turvallisuus. (Nelson 2008). Somervillen et al. (2014) mukaan aquaponinen järjestelmä on mukautuva toimien hyvin erilaisissa olosuhteissa, ja se voidaan skaalata viljelijöiden taitojen ja mielenkiinnon mukaan. Järjestelmä voidaan toteuttaa high-tech tai low-tech toteutuksena, ja kalliina tai maltillisena investointina. Lisäksi järjestelmän mukauttamiseksi paikalliseen kulttuuriin ja ympäristöön, voidaan hyödyntää paikallista osaamista ja materiaaleja. Kiteytettynä aquaponinen tuotanto sopii parhaiten paikkoihin, joissa maa on kallista, vesi vähissä ja köyhä maaperä. Aquaponisen järjestelmän jokapäiväisen toiminnan onnistumiseksi tarvitaan kuitenkin aina asiasta kiinnostunut henkilö tai ryhmä. (Somerville et al. 2014). Myös Nelson pitää järjestelmän heikkoutena sitä, että toiminta vaatii koulutetun henkilön, joka kykenee hoitamaan sekä kalan- että kasvinkasvatusta. (Nelson 2008)

Nelsonin (2008) mukaan aquaponinen ruoantuotanto on suosituinta kotikasvatuksena omiin tarpeisiin. Ruoan hinnan noustessa ihmiset eri maissa ovat löytäneet siitä erinomaista tavan tuottaa itselleen tuoretta ruokaa. Alun perin aquaponisen järjestelmän arvioitiinkin sopivan vain pientuotantoon ja tarjottavaksi premium-hintoja maksaville asiakkaille. Teknologian kehittymisen ja käyttöönoton myötä kasvattajat ovat alkaneet tuottaa ruokaa isommissa määrin myös kaupalliseen tuotantoon. Intensiivinen ja suhteellisen pienissä tiloissa tapahtuva kalan- ja kasvientuotanto, voidaan sujuvasti sijoittaa myös kaupunkiympäristöön. Suljettukiertoinen aquaponinen järjestelmä voikin olla hyvin

kannattavaa uusille pienille kasvattajille. Yhdysvalloissa ja Kanadassa on jo 1990-luvulta asti ollut useita aquaponista suurtuotantoa menestyksellä ja kannattavasti harjoittavia toimijoita. Myös monet pientuottajat ovat onnistuneet kasvamaan tarjoamalla tuoretta kalaa niin vähittäiskaupoille, ravintoloille kuin torikauppiaille. Pienen markkinan kasvua ovat vauhdittaneet kuluttajien halu saada tuoretta ja turvallista ruokaa sekä tarve kehittää resurssitehokkaampi ja siten myös ympäristöystävällisempi ruoantuotantojärjestelmä. (Nelson 2008).

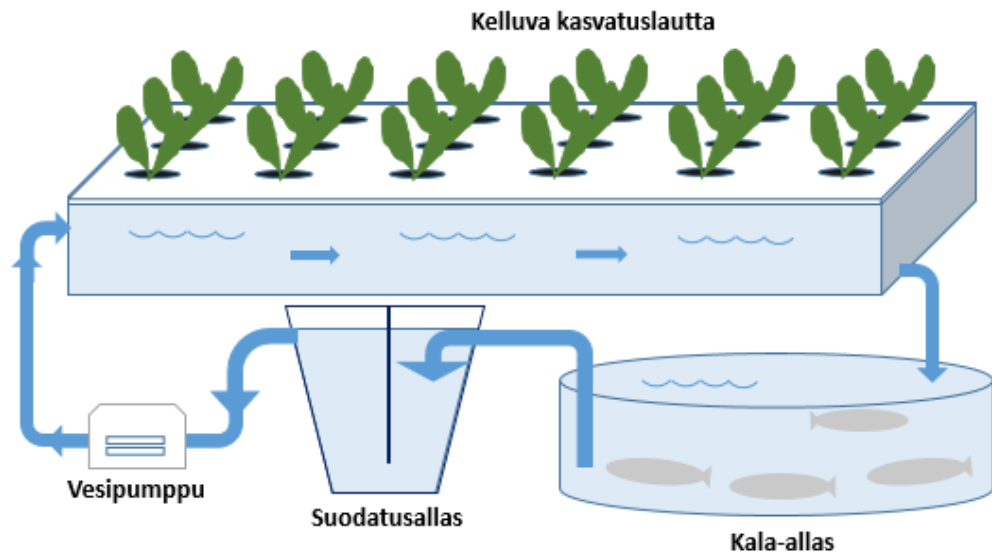
2.2 Aquaponisen kasvatusjärjestelmän prosessi ja järjestelmämallit

Aquaponisen järjestelmän ensisijainen syöte on kalanrehu, jonka kalat syövät. Kalojen uloste käytetään kasvien lannoitteeksi. Järjestelmä tuottaa kolmenlaista satoa; kalaa, kasveja ja hyödyllisiä bakteereja. Useat erilaiset, hyödylliset bakteerit muuttavat kalojen jätteiden myrkylliset komponentit kasveille hyödynnettävään muotoon. Ilman näitä hyödyllisiä bakteereita aquaponinen järjestelmä ei toimi, mutta oikeissa ympäristöolosuhteissa bakteerit menestyvät järjestelmässä. (Nelson 2008)

Kalojen tuottamat jätteet sisältävät ammoniakkia, joka on myrkyllinen aineenvaihduntatuote. Ammoniakin muuttaminen nitraatiksi on pääsyy siihen, että aquaponisessa tuotannossa on mahdollista säästää vettä merkittävästi. Perinteisissä kalankasvatusjärjestelmissä vettä tulee vaihtaa useammin, jotta ammoniakkipitoisuus pysyy kaloille myrkyllisten rajojen alapuolella. Hyödyllisiä bakteereja on kolmenlaisia: *Nitrosomonas*-suvun bakteerit muokkaavat ammoniumin nitriitiksi ja *Nitrobacter*- sekä *Nitrospira*-suvun bakteerit muuttavat nitriitin edelleen nitraatiksi. Bakteerit elävät biosuodattimessa, joka on tyypillisesti kanisteri tai tankki, jossa on huokoista materiaalia, bakteereja ja hyvin ilmastettua vettä. Pienimuotoisessa tuotannossa biosuodatin voi olla hyvin yksinkertainen rakenteeltaan. (Thorarinsdottir 2015)

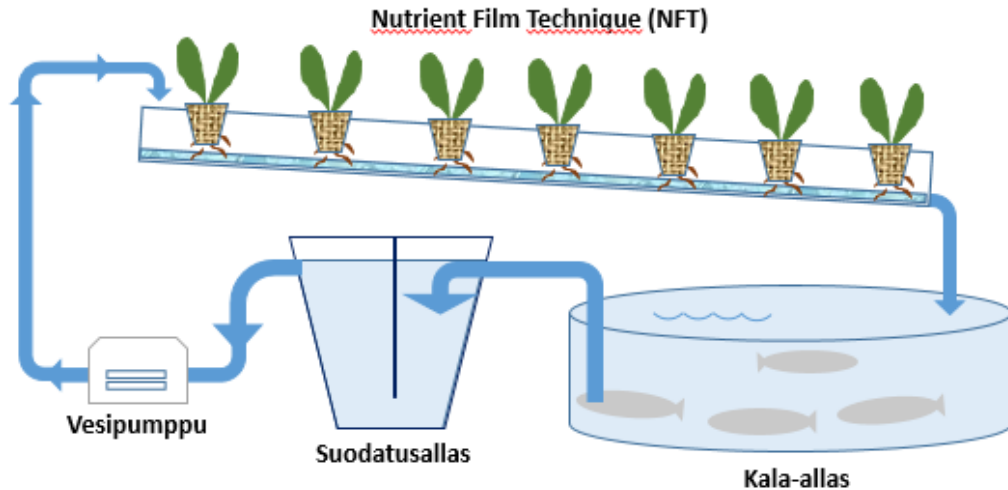
Aquaponisessa viljelyssä on kolme pääasiallista järjestelmämallia; Raft/DWC (Deep Water Culture), NFT (Nutrient Film Technique) ja media-filled bed, jotka eroavat toisistaan erityisesti kasvienkasvatuksen osalta.

Raft - tai Deep Water Culture System -järjestelmämallissa ravinnerikas vesi johdetaan kala-altaasta kasvienkasvatustaaseen, jossa kasvatettavat kasvit kelluvat esimerkiksi styroxlautoilla. Vesi kulkee altaan läpi kastellen ja lannoittaen sen päällä kelluvien kasvien juuria. Lopuksi puhdistunut vesi ohjataan takaisin kala-altaaseen. DWC-järjestelmämallissa veden tarve kasvien kasvatukseen on suurin (Nelson 2008 ja Aquaponics Exposed n.d.)



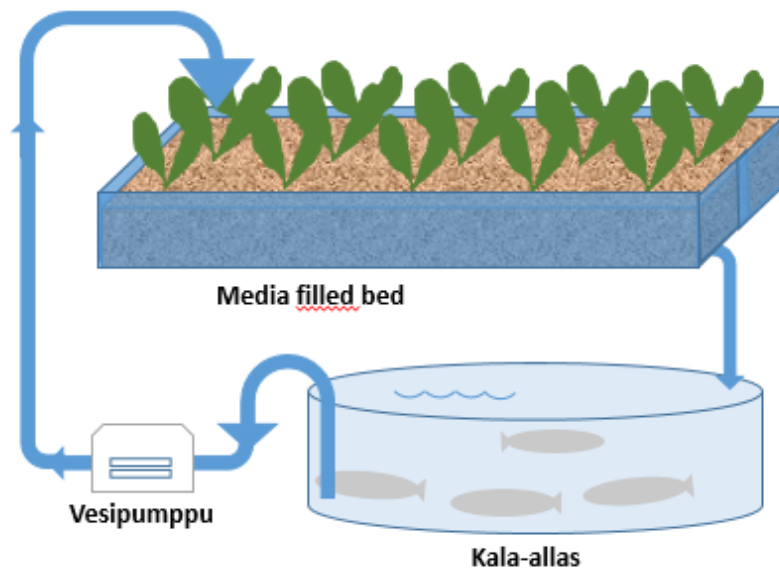
Kuva 2. Raft / DWC -järjestelmämallissa kasvit kasvavat kelluvaan levyyn upotetuissa istutuskoreissa, juuret runsaassa ravinnevedessä. (mukaillen Nelson 2008 ja Aquaponics Exposed n.d.)

NFT (Nutrient-Film Technique) -järjestelmämallissa kasvit kasvavat kapeissa kasvatuskouruissa tai -kanavissa, joissa virtaa kala-altaista tuleva ravinteikas vesinoro. Vedentarve kasvinkasvatukseen on vain noin neljäsosa raft –malliin verrattuna, kun vettä tarvitaan vain kasvien juurille. NFT-järjestelmässä voidaankin kasvattaa noin nelinkertainen määrä kasveja tai vain neljäsosa kaloista verrattuna Raft-järjestelmään. (Nelson 2008)



Kuva 3. NFT -järjestelmämallissa kasvit on istutettu istutuskoreissa kapeisiin kanaviin, joiden pohjalla virtaa ravinteikas vesinoro. (mukaillen Hygrow 2019)

Media-filled bed -järjestelmämalli on kapasiteetiltaan pienempi kuin edelliset. Siinä kasvit kasvavat kasvatusaltaassa kasvatusalustassa, joka voi olla esimerkiksi kevytsoraa, hiekkaa tai perliittiä eli lasirakeita. Media-filled bed -järjestelmämallissa veden pinta vuoroin nostetaan kasvienkasvatusaltaassa korkealle ja sitten annetaan sitten kuivua veden valuessa painovoimaisesti takaisin kala-altaaseen. (Nelson 2008) Mallia kutsutaan myös Flood & Drain -järjestelmäksi. Tässä järjestelmämallissa sekä veden mekaaninen ja biologinen puhdistus että mineralisointi tapahtuu kasvien kasvualustassa. Järjestelmämalli on yksikertainen ja investointina edullinen sekä yleisin kotikäytössä oleva aquaponisen viljelyn järjestelmämalli (Go Green Aquaponics n.d.)



Kuva 4. Media-filled bed -järjestelmämallissa kasvit kasvavat kasvualustalla, jonne kala-altaan ravinnerikas vesi ajoittain pumpataan ja annetaan valua takaisin. (mukaillen Hygrow 2019 ja Nelson 2008)

Taulukossa 1 on esitetty vertailua eri järjestelmämalleista.

Taulukko 1. ***Aquaponisen viljelyn järjestelmämallien vertailu. (Nelson 2008 ja Thorarinsdottir 2015)***

	Yleistä	Edut	Heikkoudet
Raft / DWC (Deep Water Culture)	Sopii sekä pien- että suurtuotantoon. Kalojen kiinteä uloste poistetaan -> hyödynnettävissä. Sopii kaupalliseen käyttöön.	Paljon tietoa, Paljon käytetty, Pitkälle kehitetty. Iso vesimassa antaa joustoa. Hyvin tuottava.	Vaatii enemmän puhdistuslaitteistoa kuin media-filled-bed. Suodattimien puhdistus päivittäin ja jaksoittain.
NFT (Nutrient-Film Technique)	Paras suureen kasvintuotannon ja pieneen kalan-kasvatukseen malliin. Kalojen kiinteä uloste poistetaan -> hyödynnettävissä. Erityisesti salaatti- ja yrttikasvatukseen. Sopii kaupalliseen käyttöön.	Ehkä kannattavin, koska kasvien määrä suuri kaloihin verrattuna. Laajaan kaupalliseen tuotantoon -> salaateista nopeasti liikevaihtoa ->Korkea tuottavuus. Sopii NFT-mallin tunteville.	Vaatii enemmän puhdistuslaitteistoa kuin media-filled bed. Veden määrä minimaalinen -> riskialtis Raftiin verrattuna. Ravinne-putkisto voi tukkeutua. Suodattimien puhdistus päivittäin ja jaksoittain.
Media-Filled Bed	Sopii pien- ja kotituotantoon. Mekaaninen ja biologinen puhdistus usein kasvatusalustassa -> kiinteä jäte hyödynnetään järjestelmässä. Sopii puutarhamaiseen monikasviseen viljelyyn.	Paljon käyttäjäryhmiä, joilta tukea. Voidaan hyödyntää air lift –pumppua veden siirtoon ja ilmastukseen. Edullisin rakentaa.	Matalin tuotantomäärä. Tarvitsee ajoittain täydellisen puhdistuksen, mikä keskeyttää tuotannon.

Jokaisessa järjestelmämallissa on omat etunsa ja heikkoutensa. Kaupallisesti käytetyimmät mallit ovat DWC- ja NFT-järjestelmät, mutta kotikäyttöön tai pienimuotoiseen toimintaan voisi parhaiten soveltua Media-Filled Bed- malli. Jokaisessa mallissa tulee kuitenkin sitoutua laitteiston puhdistamiseen säännöllisesti. Järjestelmämalli on tärkeä valita toiminnan koon mukaan.

2.3 Aquaponisen järjestelmän tilat ja laitteet

Kuten aiemmin esitetyssä kuvassa 1 nähdään, ovat Aquaponisten järjestelmien perusosat kala-allas, ilmastus- ja puhdistusjärjestelmät sekä kasvien kasvatusalustat ja kastelujärjestelmä.

Kaikkiin aquaponisiin järjestelmiin tarvitaan ainakin yksi kala-allas, isompiin usein useampia, mutta altaiden koko, muoto ja materiaalit voivat vaihdella. Harrastuskäyttöön voi sopia lasinen akvaario, mutta pieni koejärjestelmä voidaan tehdä jopa muovisaaveihin tai -tynnyreihin. Koti- tai kaupalliseen käyttöön oleva isompi järjestelmä tehdään usein polyeteeni- tai lasikuitualtaisiin, joiden koko voi olla yhdestä kuutiometreistä kymmeneen kuutiometriin. Pyöreissä altaissa käytetään monikäyttöistä altaan keskellä olevaa pystyputkea veden korkeuden säätämiseen, estämään kaloja joutumasta pohjan poistoputkeen sekä veden ja jätevirran ohjaamiseen pois. (Nelson 2008)

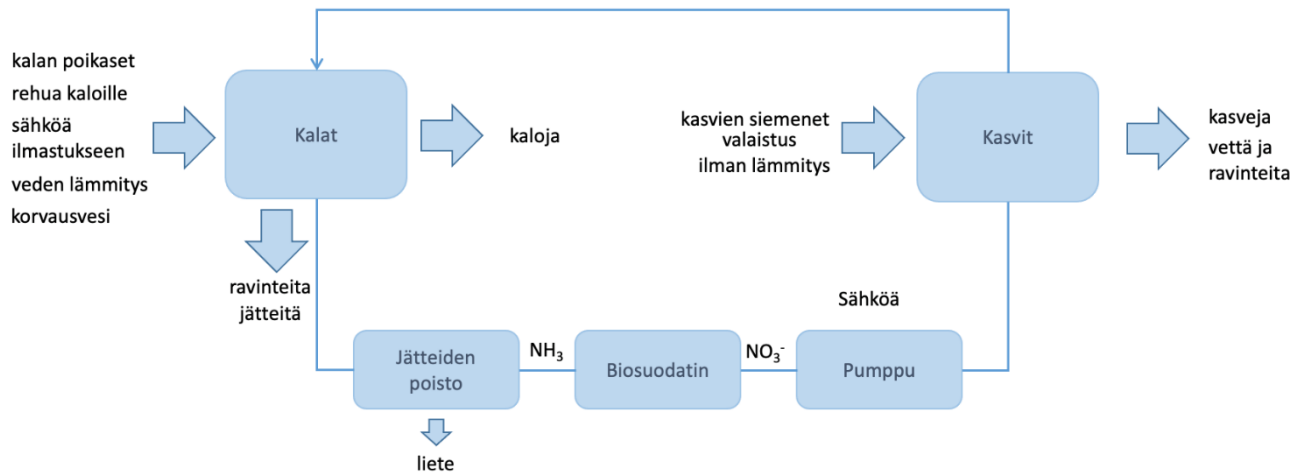
Kaikissa aquaponisissa järjestelmissä tulee olla kaloille, kasveille ja hyödyllisille bakteereille riittävä ilmastus. Ilmausjärjestelmiä on erilaisia ja niitä käytetään eri lailla aquaponisen viljelyn järjestelmästä riippuen. Myös kiinteän aineksen poistoa varten tarvitaan puhdistuslaite kaikkiin kolmeen Nelsonin kuvaamaan aquaponiseen järjestelmämalliin. (Nelson 2008)

Kasvien kasvatukseen aquaponisessa viljelyssä tarvitaan kasvatusalusta kastelujärjestelmään, valaistus ja lämmitysjärjestelmä. Nelsonin (2008) kuvaamien horisontaalisten kasvualustojen lisäksi nykyisin toteutetaan myös vertikaalista eli monikerrosviljelyä. Vertikaaliviljelyssä kasvit kasvavat riippuvissa tai pystymallisissa rakenteissa, jolloin tilankäyttö on tehokasta (Bernstein 2011). Vertikaaliviljelyssä on useita toteutustapoja, kuten kerroksittain olevat kasvatuslavat, muoviset kasvatuspylväät, joissa kasvit ovat omissa koloissaan, ylhäältäpäin kasteltavat huopataskuseinäkkeet, joissa kasvit kasvavat huopataskuissa materiaalin kuljettaessa ravinnevetä sekä täyteen kasveja istutetut kasvisseinät, joita kutsutaan myös vertikaalisiksi puutarhoiksi ja viherseiniksi. Hakusanoilla vertical garden, green wall ja plant wall löytyy internetistä runsaasti kuvia erilaisista toteutuksista.

3. JÄRJESTELMÄN OLOSUHTEET JA KUSTANNUKSET

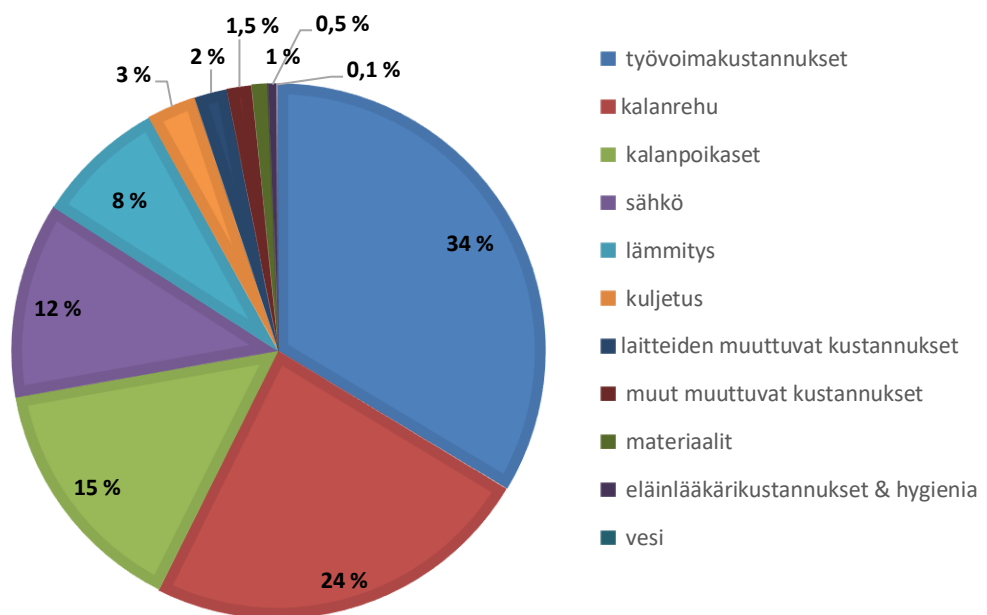
Tässä raportissa tarkastellaan artesaanikokoluokan aquaponista tuotantoa. Tällaisessa kokoluokassa kalanviljelytilavuus voisi olla esimerkiksi 10 m³ (Love et al. 2015). Pienimuotoinen liiketoiminta on helpompi aloittaa ja siihen ei vaadita yhtä suuria alkuinvestointeja kuin suurempaan teolliseen tuotantoon. Suomessa aquaponics on vielä suhteellisen tuntematon ja uusi ruuantuotantojärjestelmä. Hiedanrantaan perustettava järjestelmä voisikin toimia eräänlaisena pilottina. On vaikea arvioida etukäteen, onko markkina vielä valmis tällaiselle toiminnalle. Haasteena voi myös olla asenneilmapiiri ja asiakkaiden epäilykset esimerkiksi järjestelmän hygieenisyydestä. Tavoitteena on kuitenkin löytää Hiedanrantaan toimija tai toimijoita, jotka perustavat alueelle aquaponisen kasvatustajärjestelmän ja mahdollisesti yritystoiminnan sen ympärille. Erilaisia konsepti-ideoita on esitelty tarkemmin luvussa 4.

Tässä raportissa aquaponiseen viljelyyn esimerkkilajeiksi valikoituivat jääsalaatti sekä kylmän veden kalat, kuten kirjolohi, siika tai kuha. Jääsalaatti on helppo ja nopea kasvattaa ja kuluttajille tuttu tuote. Salaatin tuotto on myös suhteellisen hyvin ennustettavissa, koska sen tuottajahinta on noin 0,75 € (Karhula et al. 2018). Aquaponisissa järjestelmissä kasvatetaan tyypillisesti lämpimän veden kaloja, joista etenkin Tilapia-suvun kalat sekä erilaiset monnit ovat suosittuja (Engle 2015). Suomessa lämpimän veden kalat eivät kuitenkaan ole kuluttajalle tuttuja ja niiden valitseminen järjestelmään voi olla taloudellinen riski. Kylmän veden kalat ovat kuluttajalle tutumpia ja niistä voitaisiin saada korkeampi tuotto. Englen (2015) mukaan kustannusarvioiden tulee olla varovaisia ja alakanttiin arvioituja, koska yllättäviä haasteita saattaa ilmaantua. Kalat voivat esimerkiksi sairastua tai salaattisato voi homehtua. Markkinointisuunnitelman tulee olla realistinen ja toimiva, koska kalan kasvatusta sisätiloissa on jopa kolme kertaa kalliimpaa kuin kasvatusta ulkoaltaissa. (Engle 2015) Kuvassa 5 on havainnollistettu aquaponisen järjestelmän energia- ja materiaalivirrat.



Kuva 5. Aquaponisen järjestelmän materiaali- ja energiavirrat

Aquaponisen viljelyn käyttökustannukset ovat monen tekijän summa. Kuvassa 6 on kuvattuna aquaponisen viljelyn suuntaa antava kustannusrakenne.



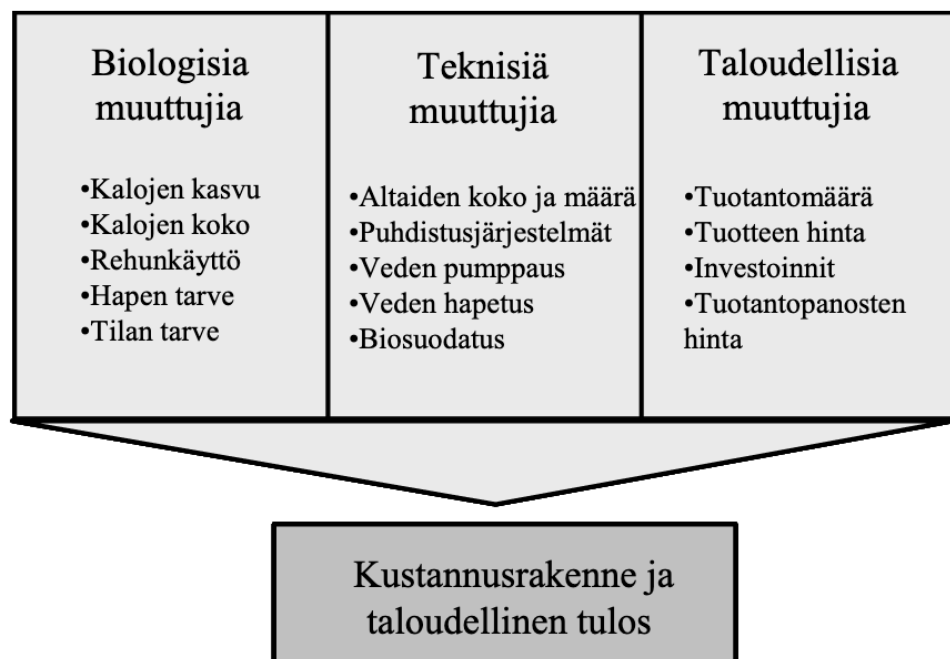
Kuva 6. Aquaponisen järjestelmän suuntaa antava kustannusrakenne. (mukaillen Goddek et al. 2019)

Kustannusrakenteesta huomataan, että työvoimakustannukset aiheuttavat yli kolmasosan kaikista kustannuksista. Työvoimakustannuksiin vaikuttaa merkittävästi muun mu-

assa valittu järjestelmämalli sekä yritystoiminnan muoto. Kalanrehu ja -poikaset aiheuttavat toiseksi suurimmat kustannukset. Kalanpoikasia on periaatteessa mahdollista kasvattaa itse toiminnan vakiintuessa, ja sillä on mahdollista alentaa kustannuksia. Toisaalta poikasten kasvatukseen vaaditut alkuinvestoinnit voivat olla suhteellisen suuret (Leppänen et al. 2018).

3.1 Kalat

Aquaponisen viljelyn kalankasvatuksen osuus on verrattavissa kiertovesiviljelyyn. Kummassakin tapauksessa vesi kiertää laitoksessa ja sitä puhdistetaan, ilmastetaan ja lämmitetään. Kalojen viljelyyn liittyviä muuttujia ja kustannuseriä on koottuna kuvaan 7.



Kuva 7. Kalankasvatuksen kustannusrakenne (Koskela et al. 2007)

Kalojen ravinto on yksi merkittävistä kuluista aquaponisessa viljelyssä. Vaihtoehtoja kalojen ravinnoksi on monia, ja rehun valinta riippuu kalalajista. Urbanissa kiertotalousajatuksen pohjalle rakentuvassa järjestelmässä olisi tietysti tavoitteiden mukaista, että kalojen ravinto olisi tuotettu lähellä ja muita olemassa olevia resursseja ja materiaaliavintoja hyödyntäen. Tavoitteena on tuottaa ruokaa ympäristöystävällisesti ja resursseja viisaasti käyttäen, joten myös kalanrehun on oltava mahdollisimman vähäpäästöisesti tuotettua.

Kustannusten osalta referenssiä on helppo hakea kaupallisista tietyille kalalajeille suunnatuista kalanrehuvalmisteista. Paikallisesti aquaponista järjestelmää varten tuotettu rehu voisi olla tavoitteiden mukaista, mutta toisaalta se vaatisi uuden monivaiheisen prosessin ja lisää työvoimaresursseja, joten sen toteuttamisessa saattaisi olla taloudellisia haasteita. Sopivan ravinnon kehittäminen vaatisi myös tutkimustyötä, minkä takia helpompaa ja mitä todennäköisimmin edullisempaa olisi käyttää kiertovesiviljelyyn kehitettyä lajikohtaista kalanrehua – ainakin mikäli toimintaa tehdään pienemmällä skaalalla. Niitä käyttämällä kasvun optimointi lienee helpointa, sillä ravintosisältö on suunniteltu vastaamaan kalojen tarpeita kiertovesiviljelyn olosuhteissa.

Toisaalta kaupallinen kalanrehu ei välttämättä tue artesaani- ja lähiruokaimagoa, hiili-neutraaliutta eikä kiertotaloutta. Eräs esimerkki paikallisesti tuotetusta kalanrehusta aquaponisessa kalanviljelyssä on asekärpästen toukat, jotka taas käyttävät ravintonaan paikallisen kahvilan biojätteitä (California State University Chico 2021). Sopivaa kalanrehutuotetta voisi etsiä myös eläintuotannon sivuvirtoja käsittelevien yritysten valikoimista.

Järjestelmä tarvitsee vettä, aluksi kasvatustankkien täyttämiseen ja käytön aikana prosessista poistuvan veden korvaamiseen. Veden lähde on yksi valinta, verkostoveden lisäksi voidaan käyttää myös esimerkiksi rakennuksen katoilta kerättävää sadevettä ja kasvihuoneesta kerättyä haihduntavettä (Beckers 2019). Veden kierto on lähes suljettu, sillä erään tutkimuksen mukaan aquaponisen järjestelmän päivittäinen veden poistuminen on noin 1 % järjestelmän kokonaistilavuudesta (Love et al. 2015). Oletettavasti tämä riippuu paljolti järjestelmän suunnittelusta sekä esimerkiksi kasvatettavista kasveista, sillä osa vedestä siirtyy pois kasvien mukana.

Kalankasvatuksessa olennainen kysymys on, mistä poikaset tulevat. Kalanpoikasia voi ostaa toisilta yrityksiltä tai poikaset voi kasvattaa itse paikan päällä. Kalanpoikasia kasvatavia yrityksiä löytyy Suomesta monia, joista useimmat ovat erityisesti lohenpoikasten kasvatamiseen erikoistuneita, mutta ainakin kuhan ja siian poikasia on saatavilla. Kalanpoikaset voidaan hautoa munista paikan päällä, jolloin kalojen koko elinkaari sijoittuu laitokselle, ja samalla vältetään kalojen kuljetuksilta ja menoeriltä ulkoisille toimijoille. Monissa kaupallisen mittakaavan aquaponisissa järjestelmissä toimitaankin näin, mikä vaatii tietysti ammattitaitoisen henkilökunnan läsnäoloa (Peckas naturodlingar 2020; Pienikalatila 2018). Oletettavasti pienemmän mittakaavan laitoksessa poikasten kasvattaminen itse ei ole järkevää, sillä se vaatii investointeja ja paljon työtä.

Kalalajin valinta on tärkeä päätös aquaponisen järjestelmän suunnittelemisessa, sillä moni muu muuttuja pitää säätää kalalajin mukaan. Vaihtoehtoja on monia, mutta kriteerinä oltava, että kalalaji soveltuu allasviljelyyn ja sen viljely on sallittua, ja että se on hyvä

ruokakala (Simon 2019). Kalalajin markkinatilannetta on tärkeä seurata kalalajia valitessa, koska kalasta saatava myyntihinta on tärkeimpiä kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Samoin kalan kasvunopeus on merkittävä tekijä kasvatuksen kannattavuuteen. Eri kalalajeilla on erilainen allastilan tarve, ja se vaikuttaa laitoksen kannattavuuteen. Kalalajille ominainen hapen tarve on hyvä tietää, sillä se vaikuttaa ilmastuksen tarpeeseen (Koskela et al. 2017)

Aquaponisessa kalanviljelyssä yleisesti käytettyjä kalalajeja ovat esimerkiksi tilapia ja clarias. Nämä ovat trooppisia kalalajeja ja vaativat korkeampaa veden lämpötilaa, mikä aiheuttaa energiakustannuksia (Simon 2019). Tutuilla kalalajeilla toisaalta arvellaan olevan enemmän kysyntää Suomessa. Suomessa on kasvatettu kiertovesiviljelyllä sampea, nieriää, siikaa ja kuhaa (Luke 2021). Periaatteessa kiertovesiviljelyyn soveltuvat lajit pitäisivät soveltua myös aquaponiseen viljelyyn. Näistä esimerkiksi kuha voisi olla sopiva laji, koska sille löytyy poikastuotantoa ja valmiita kiertovesirehuja. Ruotsissa on onnistuneesti viljelty kirjolohta aquaponisella järjestelmällä suuremmalla mittakaavalla (Peckas naturodlingar 2020). Myös Suomessa viljellään aquaponisessa järjestelmässä kirjolohta ja lisäksi siikaa (Pieni kalatila 2021) Kirjoloheen alhainen markkinahinta saattaa tuottaa kannattavuusongelman varsinkin pienessä mittakaavassa toteutettuna, ja siksi kuluttajahinnaltaan arvokkaamman kalalajin valinta voi olla järkevää.

Kaloista huolehtiminen vaatii työvoimaa, sillä olosuhteet täytyy säilyttää suotuisina koko ajan. Työvoiman tarvetta on kuitenkin vaikea arvioida, sillä se riippuu paljon järjestelmän laajuudesta ja siitä, mitkä kaikki työvaiheet toteutetaan paikan päällä. Veden tilaa on seurattava säännöllisesti ja pidettävä huolta, että veden laatu on kaloille sopiva. Tärkeimmät veden laatuparametrit ovat liukoinen happi, pH, lämpötila, typpiyhdisteiden pitoisuudet ja sähkönjohtavuus. (Thorarinsdottir 2015) Monia asioita pystytään automatisoimaan, mikä kuitenkin tarkoittaa suurempia investointeja.

Kalojen teurastus ja jatkokäsittely ovat myös merkittäviä kustannuseriä kalanviljelyssä. Näiden vaiheiden kustannukset riippuvat taas toimintamallista: tehdäänkö nämä paikan päällä ja oman henkilökunnan toimesta vai eri yritysten yhteistyönä. Jalostusarvon parantaminen nostaa tuotteen hintaa, ja siten usein myös parantaa kannattavuutta. Jalostusarvon lisääminen voi tarkoittaa tässä tapauksessa esimerkiksi kalojen jalostamista fileiksi, kypsennetyiksi tuotteiksi, kalaravintolan annoksiksi tai yhteisölliseksi ruoantuotannoksi.

3.2 Viljelykasvit

Aquaponisessa järjestelmässä kasvatetut viljelykasvit ovat tärkeässä osassa kalojen lisäksi. Tyypillisesti viljelyyn on valittu erilaisia yrttejä, hedelmäkasveja ja lehtivihanneksia (Goddek et al. 2019). Salaateista esimerkiksi roomansalaatti ja yrteistä basilika ovat olleet hyvin suosittuja aquaponisissa järjestelmissä (Goddek et al. 2019). Salaatti on järkevä valinta viljelykasviksi järjestelmää perustettaessa ja toiminnan aloittamisessa, koska sen kasvattaminen on helppoa (Jokinen 2021). Yrteistä tai hedelmäkasveista saatava tuotto on tyypillisesti parempi kuin salaatista saatava tuotto, mutta niiden viljely on usein hieman monimutkaisempaa ja voi vaatia myös enemmän työvoimaa (Goddek et al. 2019).

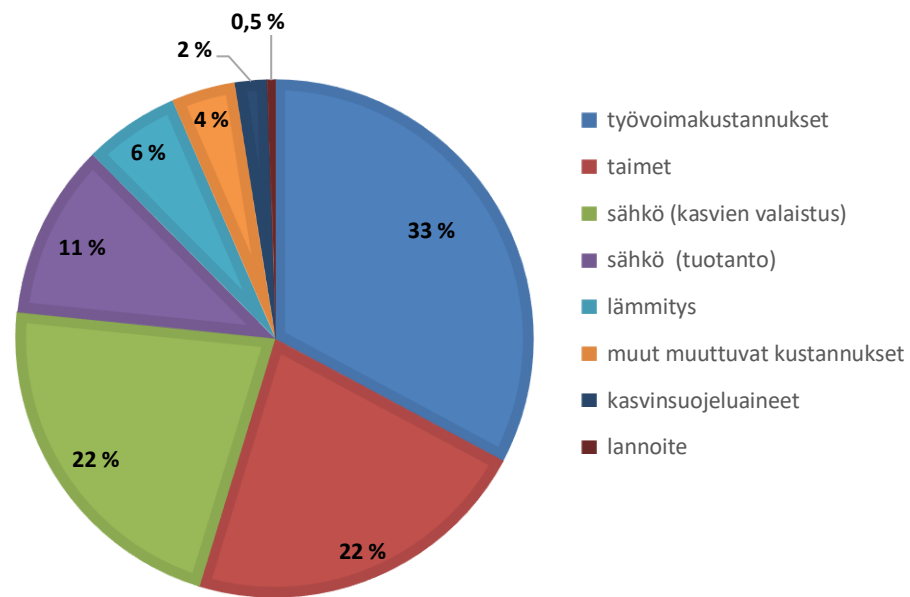
Tässä selvityksessä viljelyyn valittu lajike on jääsalaatti (*Lactuca sativa* L.) (Guimarães et al. 2016). Jääsalaattia on helppo kasvattaa ja se sisältää vitamiineja sekä mineraalisuoloja (Guimarães et al. 2016). Tyypillisesti jääsalaatin kasvuaika on noin 4–6 viikkoa (Ruokatieto 2021). Salaattia voidaan kasvattaa erilaisilla tiheyksillä, yleensä tiheytenä on noin 16–44 kasvia/m². Satokausi taas on yleensä noin 21–28 päivää, kun kasvualustana on käytetty kelluvaa raft-mallia. Raft-mallin koon tulisi olla 1 m² per 180 g kalanrehua päivässä (Rakocy et al. 2006). Kasvun aikana on tärkeää seurata kasvien terveyttä ja lehtien väriä. Esimerkiksi lakastuminen voi olla merkki siitä, että kasvilla on terveysongelmaa tai sen ravinteiden saanti ei ole optimaalista. Ravinteiden saannin epätasapaino saattaa johtua esimerkiksi pH-arvon muutoksista. pH:n tulisi aina pysyä 6.0–7.0 välillä. (Thorarinsdottir 2015)

Salaatin kasvatus voidaan toteuttaa monenlaisilla järjestelmämalleilla joko kasvu- tai kasvihuoneessa. Yleensä salaattia kasvatetaan kuitenkin joko raft- tai NFT-mallilla. NFT-mallin etuna on se, että ravinteiden hallinta ja täydentäminen on helpompaa verrattuna raft-malliin. Raft-mallissa kasvitautien, kuten *Pythium*-juuristotaudin runsastuminen voi aiheutua ongelmaksi. (Jokinen 2021) Kuvassa 8 on esimerkki salaatin kasvattamisesta raft-järjestelmämallilla, jossa valaistuksena on käytetty led-lamppuja.



Kuva 8. Kelluva lautta salaattien kasvatusalustana ja led-valaistus. (Aquaponicspro.eu 2021)

Salaatin tuotannon kustannuksia on haastava arvioida yleisesti, koska kustannuksiin vaikuttaa merkittävästi valittu järjestelmämalli. Suuntaa antavia arvioita on kuitenkin mahdollista tehdä. Kuvassa 9 on esitetty esimerkki salaatin tuotannon kustannusrakenteesta pienimuotoisessa aquaponisessa viljelyssä.



Kuva 9. Salaatin tuotannon suuntaa antava kustannusrakenne. (mukaillen Goddek et al. 2019)

Kuvan 9 perusteella huomataan, että työvoimakustannukset ovat merkittävin yksittäinen kustannustekijä myös salaatin kasvattamisen kustannusrakenteessa. Lisäksi taimien hankinta sekä sähkö muodostavat merkittävän osan kustannuksista. Sähkökustannuksia on kuitenkin mahdollista alentaa led-lamppujen avulla (Anderson 2010). Erillistä lannoittamista ei tarvita merkittävästi, koska kalojen uloste toimii salaatin lannoitusaineena.

3.3 Energiankulutus

Lämmitys on merkittävä osa aquaponista systeemiä järjestelmämallista riippumatta. Lämpötilan tulee pysyä tasaisena läpi vuoden, sillä muutokset saattavat vahingoittaa etenkin kaloja sekä nitrifioivia bakteereja. (Goddek et al. 2015) Suomessa kylminä talvi-kuukausina energiankulutus kasvaa ja se aiheuttaa lisää kustannuksia. Kesäkuukausina taas on mahdollista, että vesi lämpenee liikaa ja sitä tulee jäähdyttää. Lämmityksen tarpeeseen ja siitä aiheutuneisiin kustannuksiin vaikuttaa merkittävästi järjestelmämalli. (Somerville et al. 2014)

Jääsalaattia viljellään tyypillisesti kasvihuoneessa keinovalon avulla, joka on energiain-tensiivisempi vaihtoehto perinteiseen luonnonvalotuotantoon verrattuna. Suomen olo-suhteissa tehostettua valaistusta vaaditaan lokakuun alkupuolelta huhtikuun loppuun (Särkkä et al. 2008). Ympärivuotisessa tuotannossa energiatehokkuus saattaa kuitenkin olla jopa parempi kuin luonnonvalotuotannossa. Salaatin vaatima valon määrä on 100–200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$, joka on huomattavasti vähemmän kuin esimerkiksi kurkun vaatima valon määrä 300–400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$. Jääsalaatin viljely kuluttaa siis vähemmän energiaa kuin monet muut kasvihuoneessa viljeltyt viljelykasvit. Toisaalta valon vähäisempi määrä saattaa jossain määrin lisätä kasvihuoneen lämmityksen tarvetta. (Leppänen et al. 2018)

Kasvihuoneen valotus toteutetaan perinteisesti suurpainenatriumlampuilla. Salaatin kasvatukseen sopivampi aallonpituus on kuitenkin led-lampuilla (Jokinen 2021). Ledien avulla kasvihuoneen valaistuksen spektri on mahdollista säätää optimaalisemmaksi siten, että painotetaan niitä aallonpituusalueita, joita salaattit tehokkaimmin hyödyntävät. Näin kokonaisenergiankulutusta voidaan pienentää ja jättää tarpeettomat aallonpituudet kokonaan pois. Suurpainenatriumlamppujen lämmitysvaikutus on myös liian suuri salaatille (Jokinen 2021). Lisäksi ledit saattavat dramaattisesti vähentää sähkönkulutusta verrattuna suurpainenatriumlamppuihin, joiden kuluttamasta sähköenergiasta vaan 35 % saadaan muunnettua kasvien yhteyttämiseen soveltuvaan muotoon. Ledien säätäminen eri kasvun vaiheen ja vuorokaudenajan mukaan on myös helpompaa. (Anderson 2010) Ledien käytössä joudutaan kuitenkin lisäämään lämmitystä, koska hukkalämpöä on vähemmän (Kaukoranta et al. 2012).

Valaistuksen lisäksi energiakulutusta kasvattaa tehokas lämpötilan säätely. Jäähdyttämällä voidaan nostaa vuosisatoa 10–15 %, eikä sähköenergian kulutus kasva merkittävästi. On myös mahdollista, että jäähdytysvesi otetaan talteen lämpöpumpun avulla ja käyttää esimerkiksi yöaikaan tai muutaman päivän päästä viileämpänä ajanjaksona. Vastaavasti myös hiilidioksidipäästöt vähenevät koko vuodelle laskien. (Kaukoranta et al. 2012)

Kalojen sopivien kasvuolosuhteiden luomiseksi tarvitaan energiaa. Energiaratkaisuja on monenlaisia ja niiden hyvä suunnittelu on tärkeää kannattavuuden näkökulmasta, sillä heikolla suunnittelulla saa energiakustannukset nousemaan epäsuotuisiksi. Sähköenergiaa tarvitaan veden pumppaukseen ja ilmastamiseen. Veden liikkuminen on edellytys kaikkien elävien organismien selviämiseksi aquaponisessa viljelyssä (Somerville et al. 2014). Veden kierto ja puhdistaminen ylläpitää veden laatua ja pitää jätteet pois vedestä. Veden tarvitsee virrata kalanviljelyaltaissa myös kalojen lihasten kasvun edistämiseksi

(Peckas naturodlingar 2020) Veden pysähtyminen aiheuttaisi jätteiden kerääntymistä ja muutoksia veden laatuun, mikä voisi tappaa kalat nopeastikin. Yleisesti käytetty ohjearvo veden kierrätysnopeuteen olisi, että vesitilavuus kiertäisi järjestelmän kahdesti tunnissa, mikä tarkoittaisi 1000 litran järjestelmälle 2000 l/h pumppausnopeutta. Kuitenkin, jos järjestelmän kasvatustiheys, on pienempi, niin myös veden kierrätysnopeus voi olla pienempi, esimerkiksi kerran tunnissa. Pumpun tehokkuus riippuu pumppumallista, mutta eräs sähkönkulutuksen laskentaa auttava arvio on, että vedenalainenpumppu liikuttaa noin 40 litraa vettä tunnissa yhtä wattituntia kohden. (Somerville et al. 2014)

Kalat ja bakteerit tarvitsevat liuennutta happea järjestelmän vedessä. Kohtuullisen tiheässä kasvatettavat kalat kuluttavat veden happea nopeasti, joten happea täytyy lisätä ilmastamalla. Ilmastuksessa käytetään vedenalaisia ilmaputkia ja ilmastuskiviä, jotka tuottavat ilmakuplia veteen ja lisäävät veden happipitoisuutta. (Somerville et al. 2014) Ilmastus kuluttaa sähköä, mikä pitää ottaa huomioon kustannuslaskelmissa.

Kalat ovat vaihtolämpöisiä eläimiä ja niiden kyky sopeutua suuriin lämpötilan vaihteluihin vedessä on huono. Eri kalalajeilla on erilaiset optimaaliset kasvulämpötilat, joten veden lämmitykseen kuluva energia riippuu pitkälti kalalajista. Lämmöneristys, veden lämmittimet ja jäähdyttimet auttavat saavuttamaan vakaan lämpötilan. Eristeiden käyttäminen estää lämmön karkaamista kala-altaasta etenkin talviaikaan. Toisaalta näiden apuvälineiden käyttäminen voi tulla kalliiksi. (Somerville et al. 2014) Tästä syystä Suomen olosuhteisiin sopivat parhaiten kylmempiin vesiin sopeutuneet kalat, koska veden lämmitystarve ei ole yhtä suuri kuin esimerkiksi lämpimän veden kalojen kohdalla.

Hiedanrannassa energia lämmitykseen voitaisiin saada esimerkiksi biokaasulaitoksesta, joka käyttää polttoaineenaan muun muassa kuivakäymälöiden jätteitä sekä biojätettä. Alueelle on tarkoituksena myös asentaa aurinkopaneeleita ja aurinkokeräimiä, jotka voisivat myös toimia järjestelmän lämmitystarkoituksessa. Somerville et al. (2014) mukaan vesi- ja ilmapumppujen vaatima sähkö voidaan tuottaa aurinkosähkökennojen, AC/DC-muuntajien ja suurien paristojen avulla. Paristot varmistavat virran saannin myös yöaikaan ja pilvisinä päivinä. (Somerville et al. 2014) Lisäksi Hiedanrannassa toimii Carbofex-niminen yritys, joka tuottaa biohiiltä puuhakkeesta. Biohiilen avulla voidaan samaan aikaan sitoa hiilidioksidia ja tuottaa hiilinegatiivista kaukolämpöä. (Carbofex.fi 2021) Lähellä tuotettu hiilinegatiivinen lämpöenergia voisi olla monella tapaa viisas vaihtoehto aquaponisen tuotannon energianlähteenä, sillä se tukee artesaanituotantoa ja pyrkimystä ympäristöystävälliseen tuotantoon.

4. KONSEPTI-IDEOITA HIEDANRANTAAN

Aquaponisen tuotannon toimintamallien, olosuhteiden ja kustannusrakenteen kuvaamisen ja eri lähteistä löytyneiden mallien pohjalta on koostettu konsepti-ideoita Hiedanrannan aquaponisen viljelyn vaihtoehtoiksi toimintamalleiksi. Eri ideat voivat toimia erilaisin resurssein, motiivein ja tavoittein oleville toimijoille. Konsepti-ideoiden osuutta ei ole koostettu tieteellisin perustein, vaan pyritty ideoimaan erilaisia, lennokkaampiakin vaihtoehtoja toimeksiantajan toiveen mukaisesti.

Ravintola kuin akvaario-puutarha.
Suomen elämyksellisin kalaravintola, jossa kala on taatusti tuoretta ja salaatti raikasta- rinnakkain ekotehokkaaksi ja supertuoreeksi kasvatettu.

- Kalaravintola, joka kasvattaa itse kalaa sekä salaatteja ja yrttejä aquaponisen viljelyn avulla
- Ravintolan yrittiseinä ja ”akvaario” tarjoavat asiakkaille visuaalisia elämyksiä ja viestivät superlähellä tuotetuista raaka-aineista, jotka antavat ”talon tapaan” –käsitteelle uuden merkityksen.
- Henkilökunta hoitaa ravintolatoiminnan lisäksi myös kalan- ja kasvinviljelyä.

Hiedanrannan Aquaponila- urbaani kalan- ja vihannesten viljelypaikka, jossa voi tutustua kaupunkiviljelyn saloihin.

- Urbaanin ruoantuotannon malleja havainnollistava ja avartava opetus- ja kasvatuskäyttöön/nähtävyys
- Kiertokäyntejä niin koululaisille kuin muille pienryhmille.

Supertuore -korttelikasvattajien kalat & kasvikset ovat supertuoreita ja ekotehokkaita

- Asukkaiden -viljely-yhteisö, joka yhdessä kasvattaa lähikortteliston asukkaille kalaa ja kasviksia
- Yhteistyössä on voimaa ja vaivanpalkkana osakkaat/osallistujat saavat lähiruokaa
- Esim. osuuskuntamallitoimintaa, jossa voidaan myös myydä tuotteita ulkopuolisille.

(Fish & Fresh) FrISH & Friends – tuoretta ja ekologisesti tuotettua kalaa ja kasviksia kumppanuuskasvattajalta lähiyhteisölle

- Kumppanuuskasvatusmalli (CSA)
- Lähiyhteisön tuella resurssitehokkaasti kasvatettua kalaa ja kasviksia tuoreina ja terveellisinä, suoraan kasvattajalta kotikeittiöön.

Hiedanrannan kalatarha – paikalliset tuorevihannekset ja tuoretta, vastuullisimmin tuotettua kalaa lähikaupoille ja ravintoloille

- Aquaponisen viljelyn ammattimaista tuotantoa
- Tiivis yhteistyö esim. paikallisten myymälöiden ja kalaravintolan kanssa.

Yllä esitetyt konseptilla on omat erityispiirteensä ja niistä ei voi suoraan sanoa, mikä toimisi parhaiten Hiedanrannassa. Paras ratkaisu saattaisi löytyä myös yhdistelemällä konsepteja. Konseptien vertailun helpottamiseksi niiden etuja ja haasteita on koottuna taulukkoon 2.

Taulukko 2. **Konseptivaihtoehtojen edut ja haasteet**

Konsepti	Edut	Haasteet
Tuotanto paikallisille	+ yksinkertainen liiketoimintamalli + vakioasiakkaat ja jakelijat + vähemmän henkilökuntaa	- tulot ainoastaan tuotteista - kannattavuus todennäköisempää suuremmassa mittakaavassa
Nähtävyys/opetuskäyttö	+ lisätuloja vierailijoista + parempi mahdollisuus rahoitukseen?	- kävijämäärien ennustettavuus haasteellista -> epä säännölliset tulovirrat
Kalaravintola	+ konseptin raikkaus, kiinnostavuus, imago + ei välikäsiä -> hinta tuotteesta + ravintolan ja viljelyn henkilökunta samaa -> ajankäytön tehokkuus	- suuri investointi, merkittävät riskit - vaatii korkean hintatason -> riittääkö asiakkaita? - henkilökunnan koulutus vie aikaa
Kasvattaminen tilauksesta	+ tulojen ennustettavuus ja tasaisuus + yksinkertainen liiketoimintamalli + ei ylijäämätuotantoa	- tulot ainoastaan tuotteista - kannattavuus todennäköisempää suuremmassa mittakaavassa
Asukkaiden yhteishoitojärjestelmä	+ ei välikäsiä + mahdollista	- organisointi vaikeaa - sitouttaminen vaikeaa - myyntihinta matalampi

Konseptin valinta on ensisijainen kysymys, ja se riippuu täysin toimijan intresseistä sekä resursseista. Ensin on päätettävä, minkälaista bisnestä aquaponisella viljelyllä halutaan tehdä. Sen jälkeen on arvioitava, minkälainen järjestelmä on mahdollista luoda käytettävissä olevilla resursseilla. Kussakin konseptissa on omat etunsa ja haasteensa, joten tärkeintä on löytää konsepti, joka sopii parhaiten vallitsevaan tilanteeseen.

5. YHTEENVETO

Toimintatapa ja liiketoimintamalli vaikuttavat toiminnan kannattavuuteen. Lisäksi jalostusarvon nosto yleensä parantaa kannattavuutta. Toimintamallin valintaan vaikuttavat toimijatahon kiinnostus, osaaminen ja resurssit. Huomioon otettavia asioita ovat muun muassa: yrityksen ja sen omistajien kiinnostus ja sitoutuminen aquaponiseen tuotantoon, investointitarve ja -kyky, käytettävissä tai hankittavissa oleva osaaminen, mitkä vaiheet ja toiminnot hoidetaan itse, mitä ostetaan, kuinka pitkälle jalostettuina tuotteet myydään ja liittyykö toimintamalliin palveluja sekä tietysti potentiaalisten asiakkaiden tarpeet, toiveet ja odotukset. Yksinkertaisimmillaan aquaponinen tuotanto voi siis olla tietyn ryhmän omaan käyttöön tapahtuvaa ruoantuotantoa, mutta se voi myös laajentua mitä moninaisimpiin jatkojalostettuihin tuotteisiin tai palvelumalleihin.

Toiminta- ja järjestelmämallin valinta on tärkeää, koska vaihtoehtoja on paljon. Merkittävänä tekijä on toimijan tai toimijoiden kiinnostus ja käytettävissä olevat resurssit. Esimerkiksi kalaravintola vaatii suuret alkuinvestoinnit sekä osaavan henkilökunnan. Parhaimmillaan ravintola voi kuitenkin menestyä hyvin ja saada laajan asiakaskunnan. Lähiruoka ja ekologisuus voivat nousta ravintolan myyntivaltiksi. Lisäksi samanlaista konseptia ei ole muilla lähiseudun yrittäjillä, mikä vähentää kilpailua.

Tampereen Hiedanrannassa aquaponiseen viljelyyn perustuva yritys- tai opetustoiminta voisi menestyä hyvin, koska alueesta rakennetaan kestävästä kaupunginosaa. Lisäksi alueelle muuttavilla asukkailla on todennäköisesti keskimääräistä enemmän kiinnostusta muun muassa urbaaniin ruoantuotantoon ja kestävään elämäntapaan. Haasteita riittää varmasti myös, esimerkiksi mahdollisten asiakkaiden asenneilmapiirin kannalta. Aquaponisessa viljelyssä on kuitenkin paljon potentiaalia ja etuna on se, että se voidaan toteuttaa hyvin monella eri tavalla.

LÄHTEET

Anderson, Janne. (2010). LED-valaistus kasvihuoneisiin. Aalto-yliopisto Teknillinen korkeakoulu. Saatavissa (viitattu 26.1.2021): <http://lib.tkk.fi/Dipl/2010/urn100209.pdf>

Aquaponics Exposed. (n.d.) Saatavissa (viitattu 20.3.2021): [Deep Water Culture in Aquaponics - Aquaponics Exposed](#)

Aquaponicspro.eu. (2021). Showcases. Saatavissa (viitattu 28.1.2021): <http://aquaponicspro.eu/showcases/#page-content>

Beckers, Steven. (2019) Aquaponics: a positive impact circular economy approach to feeding cities. Field Actions Science Reports, Special Issue 20, 2019. pp. 78-84. Saatavissa (viitattu 20.1.2021): <https://journals.openedition.org/factsreports/5757>

Bernstein, Silvia. (2011). Aquaponic gardening: a step-by-step guide to raising vegetables and fish together. New Society Publishers, Canada.

California State University Chico. Full-Circle Food Chain Aquaponic Food Production. Saatavissa (viitattu 20.1.2021): <https://www.csuchico.edu/regenerativeagriculture/research/aquaponics.shtml>

Engle, Carole R. (2015). Economics of Aquaponics. Southern Regional Aquaculture Center. No. 5006. Saatavissa (viitattu 28.1.2021): https://shareok.org/bitstream/handle/11244/319796/oksd_srsc_5006_2016-07.pdf?sequence=1

Goddek, Simon & Delaide, Boris & Mankasingh, Utra & Ragnarsdottir, Kirstin Vala & Jijakli, Haissam M. & Thorarinsdottir, Ragnheidur. (2015). Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. Sustainability. 7. pp. 4199-4224

Go Green Aquaponics. (n.d.) Saatavissa (viitattu 20.3.2021): [What is a Media Based Aquaponics System? | Go Green Aquaponics](#)

Guimarães, Isaias P. & de Oliveira, Francisco de A. & Torres, Salvador B. & Pereira, Francisco E. C. B. & de França, Francisco D. & de Oliveira, Mychelle K. T. (2018). Use of fish-farming wastewater in lettuce cultivation. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Saatavissa (viitattu 18.1.2021): https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662016000800728

Hygrow. (2019). Aquaponic System, A system that combines aquaculture with hydroponics in a symbiotic environment. European Project Semester. NOVA. Saatavissa (viitattu 21.3.2021) [Autumn-2019-Aquaponics-Final-Report-Part-1-of-3.pdf \(novia.fi\)](#)

Jokinen, Kari. Johtava tutkija. Luonnonvarakeskus. Sähköpostitiedustelu. 2.2.2021.

Karhula, Timo & Kaukoranta, Timo & Mattila, Tiina & Jokinen, Kari (2018). Löytyykö konttilijelystä kannattavuutta? Puutarha- ja kauppa. 1. Saatavissa (viitattu 2.2.2021): <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/541566>

Khandaker, Mohammed & Kotzen, Benz. (2018). The potential for combining living wall and vertical farming systems with aquaponics with special emphasis on substrates. (viitattu 17.3.2021): [The potential for combining living wall and vertical farming systems with](#)

[aquaponics with special emphasis on substrates - Khandaker - 2018 - Aquaculture Research - Wiley Online Library](#)

Koskela, Juha & Kankainen, Markus & Setälä, Jari & Naukkarinen, Martti & Vielma, Jouni. (2007). Kuhan ruokakalakasvatuksen kannattavuus verkkoallaskasvatuksessa ja lämminvesiviljelyssä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Saatavissa (viitattu 2.2.2021): <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/536775>

Kaukoranta, Timo & Näkkilä, Juha & Särkkä, Liisa & Jokinen, Kari. (2012). Energian käytön ja kasvihuonekaasujen vähentämisen potentiaali kasvihuonetuotannossa. MTT Puutarhatuotanto. Saatavissa (viitattu 26.1.2021): <https://journal.fi/sms/article/view/75495>

Leppänen, Tero & Anttila, Janne & Lind, Vesa & Haapasalo, Harri & Ulvi, Teemu & Rytönen, Anne-Mari & Ihme, Raimo & Vehviläinen, Harri & Jokinen, Kari & Kankainen, Markus & Vielma, Jouni. (2018). Kalankasvatuksen ympärille rakennettava yritysekosysteemi- SIBE-projektin tapaustutkimus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. Saatavissa (viitattu 18.1.2021): https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541452/luke-luobio_3_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Love, David & Uhl, Michael & Genello, Laura. (2015). Energy and water use of a small-scale raft aquaponics system in Baltimore, Maryland, United states. Aquacultural Engineering, Volume 68, 2015. Pages 19-27. Saatavissa (viitattu 20.1.2021): <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.07.003>

Luonnonvarakeskus LUKE (2021). Kalan kiertovesikasvatus. Saatavissa (viitattu 25.2.2021): <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/kalat-ja-kalatalous/kalanviljely/kalan-kiertovesikasvatus/>

Nelson, Rebecca L. & Pade, John S. (2008). Aquaponic Food Production Raising fish and plants for food and profit. Nelson and Pade, Inc.

Peckas naturodlingar (2020). Pecka's virtual tour 2020. Saatavissa (viitattu 20.1.2021): <https://kuula.co/share/7cyJD/collection/7IC50?fs=1&vr=1&sd=1&thumbs=1&chrome-less=1&logo=0>

Pieni kalatila (2018). Kalanpoikaset kasvavat omalla tilalla. Saatavissa (viitattu 10.3.2021): <https://pienikalatila.fi/kalanpoikaset-kasvavat-omalla-tilalla/>

Pieni kalatila (2021). Tuoretta kalaa – vain tuore voi olla parasta. Saatavissa (viitattu 10.3.2021): https://pienikalatila.fi/tuoretta_kalaa/

Rakocy, James E. & Bailey, Donald S. & Shultz, R. Charlie & Danaher, Jason J. (2006). A Commercial-Scale Aquaponic System Developed At The University Of The Virgin Islands. Saatavissa (viitattu 26.1.2021): https://www.academia.edu/10319236/A_Commercial_Scale_Aquaponic_System_Developed_at_the_University_of_the_Virgin_Islands

Ruokatieto. (2021). Salaattikasvit. Saatavissa (viitattu 26.1.2021): <https://www.ruokatieto.fi/sv/node/608>

Simon, Tobias (2019). Aquaponics kerrostalossa – Yhdistetty kala- ja vihannesviljely kaupunkiolosuhteissa, Case: Vaasan Ravilaakso. Opinnäytetyö. Saatavissa (viitattu 2.2.2021): <https://www.theseus.fi/handle/10024/227626>

Somerville, Christopher & Cohen, Moti & Pantanella, Edoardo & Stankus, Austin & Lovatelli, Alessandro. (2014). Small-scale aquaponic food production. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Saatavissa (viitattu 25.2.2021): <http://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf>

Särkkä, Liisa & Luomala, Eeva-Maria & Hovi-Pekkanen, Tiina & Kaukoranta, Timo & Tahvonen, Risto & Huttunen, Jukka & Alinikula, Miia. (2008). Kasvihuoneen jäähdytyksellä parempaan ilmastoon ja satoon. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Saatavissa (viitattu 26.1.2021): <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/473756/met122.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tampere.fi. (2021). KIEPPI. Saatavissa (viitattu 28.2.2021): <https://www.tampere.fi/smart-tampere/kestava-tampere-2030-ohjelma/kieppi.html>

Thorarinsdottir, Ragnheidur I. (2015). Aquaponics Guidelines. Saatavissa (viitattu 26.1.2021): https://skemman.is/bitstream/1946/23343/1/Guidelines_Aquaponics_20151112.pdf

Valtioneuvosto. (2019). Kestävän kehityksen innovaatiot: Katsaus YK:n Agenda 2030 kehitystavoitteisiin ja vastaaviin suomalaisiin innovaatioihin. Saatavissa (viitattu 1.2.2021): <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161903>

Kiitos myös Heikki Ahopellolle näkemyksiämme avaavasta haastattelusta 30.10.2020. Haastattelija Sanna Teinilä, Tampere.