

AALTO-YLIOPISTO  
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu  
Arkkitehtuurin koulutusohjelma

# Integroitu viherhuone omavaraisuuden parantajana

Kandidaatintyö  
23.5.2018

Jonna Tuupainen

<b>Tekijä</b> Jonna Tuupainen		
<b>Työn nimi</b> Integroitu viherhuone omavaraisuuden parantajana		
<b>Laitos</b> Arkkitehtuurin laitos		
<b>Koulutusohjelma</b> Arkkitehtuuri		
<b>Vastuupettaja</b> Hannu Huttunen		
<b>Ohjaaja</b> Helena Teräväinen		
<b>Vuosi</b> 2018	<b>Sivumäärä</b> 22	<b>Kieli</b> suomi

### Tiivistelmä

Tutkielmassa käsitellään rakennuksen ja viherhuoneen symbioosia systeeminä, jossa molemmat toimivat hyödykkeen tai palvelun tuottajana (kuten: kasvikset, passiivinen aurinkoenergia, toimintaympäristö, suoja). Keskeinen tavoite on selvittää, millä tavoin viherhuoneen integroinnilla voidaan parantaa rakennuksen omavaraisuutta.

Työssä selitetään ja havainnollistetaan, millä tavoin kyseisen systemin sivuvirtoja voidaan sitoa yhteen viherhuoneella ja viherhuoneessa tapahtuvilla toiminnoilla. Sivuvirtojen liittäminen yhteen luo kiertotaloutta rakennuksen sisällä eli rakennuksen sisäiset materiaali- ja energiavirrat kiertävät kehää. Sulkeutuvat virrat vähentävät materiaalin ja energian hukkaa, kun esimerkiksi rakennuksen biojätteet ja hukkalämpö poistoilmassa toimivat viherhuoneen sisäisen toiminnan, viljelyn tai huonekasvien kasvatuksen, raaka-aineena ja kasvatukseen sopivat pienilmaston parantajana.

Viherhuone toimii aurinkoenergian passiivisena kerääjänä. Viherhuoneella puskurivyöhykkeessä voidaan vähentää rakennuksen lämmönhukkaa ja teknisin apuvälinein viherhuoneella voidaan myös kerätä ja varastoida rakenteisiin passiivisesti kerättyä lämpöenergiaa. Tällöin parannetaan rakennuksen omavaraisuutta energiankulutuksen suhteen.

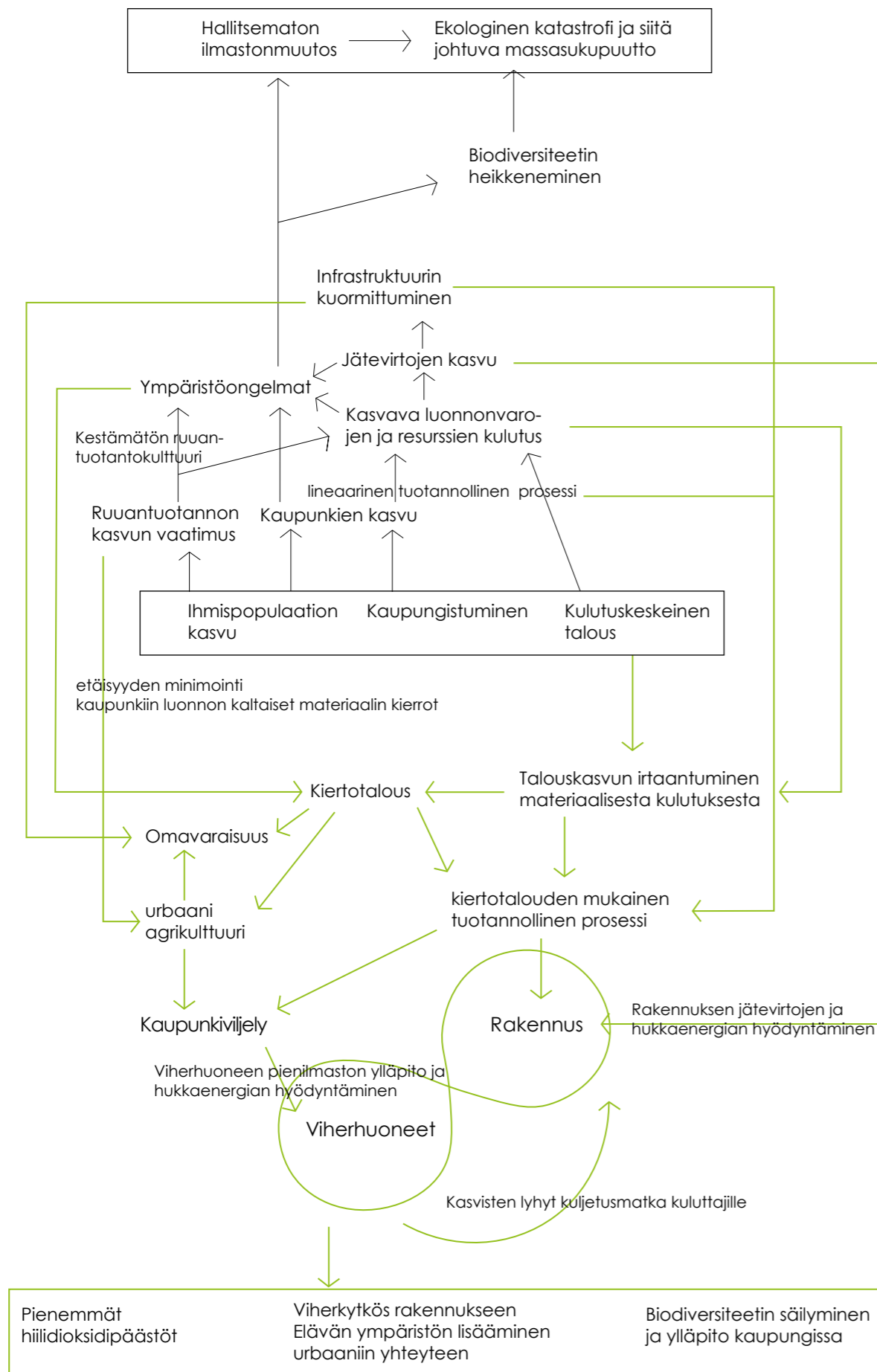
Rakennuksen ja viherhuoneen muodostamaa symbioosia tutkiskellaan enimmäkseen viherhuoneen näkökulmasta ja oleellista omavaraisuuden parantamisessa on se, että viherhuoneessa tapahtuu jonkinlaista kasvien kasvatusta, sillä silloin saadaan suljettua enemmän sivuvirtoja. Materiaalivirtoihin liittyvät kierrot keskittyvät eniten puutarhatoimintaan.

Kiertotalouden edistäminen rakennuskohtaisesti edistää omavaraisuutta. Kun viherhuoneen toiminnalla vähennetään systeemistä poistuvaa materiaali- ja energiamäärää, kuormittaa se silloin vähemmän infrastruktuuria ja on siitä riippumattomampi eli omavaraisempi.

**Avainsanat** viherhuone, sivuvirta, kiertotalous, omavaraisuus, viljely, kaupunkiviljely

## Sisällysluettelo

1. Johdanto	5
2. Tavoitteet ja termien määrittely	7
3. Viherhuoneet ja omavaraisuus	12
3.1 Viherhuoneen rakennusmateriaalit	12
3.2 Viherhuoneen energiavirrat ja toiminta	13
3.3 Kasvien kasvatusta viherhuoneessa	15
4. Yhteenveto	19
5. Lähteluettelo	21



▼ Viereisessä ajatuskartassa esitän ajatusprosessini, joka johtaa työni rajaukseen. Lähtökohtana tutkimukselleni on todellisuuskäsitys, jonka mukaan maailman sietokyky on koetuksella. Pohjaoletuksena on yhtäläinen ja etenkin ammatillinen eettinen vastuu asiantilan parantamiseksi oman ammattinsa ja kykyjensä puitteissa. Lähtöoletuksena on se, että viherhuone voi lisätä rakennusten ekovaikuttavuutta lisäämällä mahdollisuuksia kiertotalouden harjoittamiseen sekä energian tuottajana että biojätteiden käsittelypaikkana ja ruuantuotannon mahdollistajana. “Ekovaikuttavuudella tavoitellaan suljettuja aineen kiertokulkuja, jossa jatkuvasti ylläpidetään aineen laatua ja käyttökelpoisuutta” (Jonas Löfroos, s.15; Braungart, McDonough & Bollinger 2006, s.1-2).

## 1. Johdanto

Tutkimukseni aihe muodostuu halustani ymmärtää ja parantaa ammattini keinoin maailmaa ja sen keskeisiä ongelmia. Arkkitehteilla muiden asiantuntijoiden tavoin on ammatillinen vastuu pyrkiä vaikuttamaan ympäristöönsä positiivisesti, joten kandidaatin tutkielmani avulla pyrin pääsemään lähemmäs maailmanlaajusten ongelmien alkulähdettä ja mahdollisia ratkaisuja.

Yksi keskeisimmistä ihmiselämää ja -hyvinvointia ylläpitävistä resursseista on ruoka. Jake Butcherin (2009) mukaan se on tärkeä sekä biologisesti että kulttuurillisesti, sillä se on selviytymisen lisäksi tiivis osa ihmisen ja luonnon sekä toisten ihmisten välisestä kanssakäymisestä. Hänen mukaansa viime vuosikymmeninä viljelymenetelmiä on tehostettu kemikaalein, konein, monokulttuurin sekä geneettisen muuntelun keinoin, ja se on johtanut ruoantuotannon aiheuttamiin ympäristö- ja terveysongelmiin, rahallisiin kustannuksiin ja jatkuvaan haittaan yhteisöille.

Julia Ajanko luonnehtii diplomityössään (2017), että “sellaisenaan kaupungit kuvastavat kestäättömiä lineaarisia systeemejä” (s.27). Hän perustaa mielipiteensä viittauksellaan kahdesta tutkimuksesta (Zaman & Lehman, 2011, Butcher 2009), joiden mukaan kaupunkiväestön kasvun johdosta myös kulutus ja jätemäärät ovat kasvaneet samassa tahdissa. Hän esittelee myös Deelstra & Girardetin (2000) ajatukseen siitä, että “kaupunkisuunnittelussa tulisi pyrkiä tehokkaammin luonnon ekosysteemien mukaisiin kiertäviin malleihin, joissa organismin kaikki tuotokset toimivat myös syötteinä, uudistaen ja ylläpitäen koko elävää ympäristöä.” (s.27). Samankaltaisella ajatuksella voi ajatella myös rakennuksen toimintaa. Mitä vähemmän rakennuksesta poistuu jätettä, sitä vähemmän se kuormittaa infrastruktuuria ja tukee samalla elävää ympäristöä kasvien ja ravinnon muodossa.

Ilmastonmuutos ja ekologinen katastrofi ja siitä seuraava massasukupuutto ovat ajankohtaisia riskejä, jotka uhkaavat ihmiskuntaa (Pamlin, Armstrong, 2015). Ihmiskokoon kasvaessa myös kaupungit kasvavat. Kaupunkien kasvaessa niiden infrastruktuurista tulee monimutkaisempaa, kuten tulee myös ruuan tuonnista ja jakelusta, sekä jätteiden käsittelystä, joista osa on ruuantähteitä ja muuta biologisesti hajoavaa materiaalia. Kun kaupungin koko kasvaa, on laadukkaan kaupunkiympäristön ylläpito hankalampaa. Toimintojen sekoittuminen on tärkeää monipuolisen kaupunkiympä-

päristön kannalta. Keskeistä siinä on kaupungin toistuvien tapahtumien ja niihin liittyvien tilallisten tekijöiden suhde, sillä tiloihin ja tilallisiin järjestelyihin vaikuttamalla voidaan mahdollistaa toimintoja ja tapahtumia. (Alexander, 1977 ja 1979; Tässä :Söderström, 2012, s.34-35) Ilman tilallista ja infrastruktuurin suomaa mahdollisuutta, olisi kiertotalouden harjoittaminen kaupungissa vaikeaa.

Food and agriculture organisation (FAO, 2017) kertoo sivuillaan kaupunkiviljelystä. Kasviksilla on lyhyt kasvusykli, minkä vuoksi ne soveltuvat hyvin kaupunkiviljelyyn. Kaupunkiviljelyn hyödyiksi mainitaan myös lyhyempi kuluttajan ja viljelijän välimatka, jonka vuoksi tuotteiden pakkaamisen ja varastoinnin tarve vähenevät. Viljelijän on myös mahdollista saada parempi voitto, sillä välikäsiä ruoan jakelussa ei tarvita.

Suomeen tuodaan enemmän elintarvikkeita kuin viedään ulkomaille. Maataloustuotteista tuodaan eniten vihanneksia ja kasviksia, kalaa, kahvia, hedelmiä ja erikoiskasveja (Ruokatieto, 7.4.2018). Suomessa omavarainen kasvisten ja vihannesten tuotanto ei onnistu ympärivuotisesti ilman kasvihuoneita. Erilliset kasvihuonerakennukset ovat kuitenkin energiaintensiivisiä ylläpitää erityisesti kylminä kuukausina. Niissä ei myöskään voida yleensä hyödyntää kunnolla passiivista aurinkoenergiaa, sillä lämpö häviää tuuletuksen myötä pois (Lappalainen N., 2010).

Samaan aikaan Suomessa rakennusten energiankulutus lisääntyy jatkuvasti. Vuonna 2007 rakennusten energiankulutus, rakennustarvikkeiden valmistus ja rakentamisen energia olivat 35% Suomen vuotuisista kasvihuonepäästöistä. Rakennuksien energiankulutus oli taas 39% kokonaiskulutuksesta. (www.tilastokeskus.fi, 2007; tässä: Lappalainen M., 2010, s.12). Energiankulutusta ja siitä johtuvia kasvihuonepäästöjä pyritään pienentämään muun muassa lisäeristämällä ja tiivistämällä rakennuksia, kasvattamalla seinien paksuutta, ottamalla hukkaenergia talteen teknisillä ratkaisuin tai suosimalla päästöttömiä energiamuotoja.

Kun kasvihuone on osa rakennusta, sitä kutsutaan viherhuoneeksi. (Erat & Björkholtz, 1982, s.37) Viherhuoneiden ylläpito vaatii vähemmän energiaa kuin irrallaan olevan kasvihuoneen, sillä se saa suojaa sitä ympäröivältä rakennukselta. Kirjassa "From Eco-Cities to Living Machines: Principles of Ecological Design" (Todd & Todd, 1993) esitellään tapoja integroida ruuantuotanto, biologisten jätteiden kierrätys ja kasvillisuus osaksi kortteleita ja rakennuksia. Kirjassa esitellään erityisesti erilaisia viherhuoneratkaisuja osana kerrostaloja, julkista tilaa sekä ruuantuotantolaitoksia. Kirjan keskeinen teema on kaupungin alueiden omavaraisuuden lisääminen eri ratkaisuin, joista yksi on erilaiset kasvi- ja viherhuoneet. Pyrkimyksenä on luonnonmukaiset kiertokulut kaupunkirakenteen sisällä.

Puskurivyöhykkeessä sijaitsevien viherhuoneiden vaikutusta rakennusten passiivisena lämmönlähteenä on tutkittu (Bruno Erat), mutta viherhuoneiden mahdollistamaa kaupunkiviljelyä ei ole nähty liiketoiminnan kannalta järkevänä julkisen tilan tai toimittilojen ratkaisuna ennen kuin vasta viime vuosina, kun paine ruuantuotannon tehostamiseen ja uusien ruuantuotantotapojen löytämiseen on kasvanut. Idea ei ole kuitenkaan uusi, vaan ihannekuvia omavaraisesta ja ekologisesta kaupungista on ennenkin esitetty

(Todd & Todd, 1993). Myös luonnonvarakeskuksen Voimakas-hankkeen tulosten selvityksessä (Eriksson T. ym. 2018) kerrotaan, että urbaanin puutarhatuotannon merkitys kasvaa tulevaisuudessa, kun kaupunkikeskusten ympärille keskittynyt rakentaminen hankaloittaa maaseudulla tapahtuvan puutarhatuotannon työvoiman saatavuuteen ja kuljetuksen järjestämiseen.

Puolilämpimät viherhuoneet ovat kaikenkaikkiaan monikäyttöisiä ja eri käyttötarkoituksiin muuntuvia tiloja. Asuntojen osana viherhuone toimii viljely- ja oleskelutilana, lämpimämpänä ulkotilana. Julkisen rakennuksen tai korttelin osana viherhuoneessa voidaan viljellä, pyörittää ravintolan terassia, järjestää tapahtumia ja hoitaa rakennuksen osien välinen liikkuminen.

## 2. Tavoitteet ja termien määrittely

Tutkimukseni päätavoitteena on selittää periaatteen tasolla, miten viherhuoneen ja rakennuksen symbioosilla voidaan parantaa sen omavaraisuutta. Osatavoitteenani ovat:

1. Selittää ja havainnollistaa kaavioiden avulla, kuinka rakennusta ja viherhuonetta voidaan käsitellä eräänlaisena tuotantoprosessien symbioosina.
2. Mitkä ovat viherhuoneen pääasialliset rakennusmateriaalit ja niiden suhde kiertotalouteen?

### Kiertotalous

Kiertotaloudessa pyritään kytkemään irti taloudellinen kasvu luonnonvarojen kulutuksesta, eli keskittymään tavaroiden tuottamisen sijaan palveluita. Hyödykkeiden tuotantoprosesseissa pyritään teollisiin ja agroekologisiin symbiooseihin, joissa toisen jätte tai tuotannon sivuvirta on toisen raaka-aine. Agroekologisen symbioosin "tavoitteena on energia- ja ravinneomavarainen tuotantomalli, jossa tehokas ravinteiden kierrätys säästää luonnonvaroja ja vähentää ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin" (Sitra, 2018).

Kiertotalouden mukaisessa ympäristössä kulutusta tapahtuu vain biologisessa kierrossa, jossa kompostoinnin tai anaerobisen hajoamisen myötä ravinteet palaavat kulutuksen jälkeen tuotannon uusiksi rakennusaineiksi esimerkiksi mullan muodossa. Teollisessa tuotannossa keskeinen ideologia on pyrkiä materiaalin kiertokulkuun, jossa tuotteita kunnostetaan ja parannellaan erilaisien strategioiden kautta kuten: korjaus, uusiokäyttö ja uudelleen valmistus tai loppujen lopuksi kierrätys. (Ellen MacArthur Foundation, 2017)

Tuotantoprosessissa systeemin tuotannon ja palveluiden sivuvirratt minimoidaan tai käytetään jonkun muun tuotteen raaka-aineena ja -energiana. Sivuvirralla tarkoitetaan tuotannossa tai palveluissa tapahtuvaa materiaalista tai energian hukkaa ja ylijäämää, jota ei voida hyödyntää lopullisessa tuotteessa. Kiertotaloudella pyritään siis luonnon kaltaiseen materiaalin ja energian kulkuun, jossa materiaali, ravinteet ja energia kiertävät kehää. Tällöin ympäristö ei kuormitu jätteistä ja päästöistä, koska niiden syntyminen on minimoitu olemattomiin.

## Omavaraisuus

Suomen kielitoimiston sanakirjan mukaan omavaraisuus tarkoittaa muista riippumattomuutta, kulutushyödykkeensä itse tuottamista ja niillä toimeentulemistä. Pasi Toiviaisen (1998) mukaan omavaraisuutta voidaan lähestyä myös termodynamiikan termein. Tällöin ”omavarainen systeemi on suljettu systeemi” (s.39). Toivainen tarkoittaa suljetulla systeemillä sitä, että systeemin tuottama epäjärjestys, eli entropia, ei saa kasautua eli ”systeemissä on oltava enemmän resursseja tuottavia kuin niitä hajottavia prosesseja”. Tässä tutkielmassa käytän omavaraisuuden käsitettä molemmissa merkityksissä.

Omavaraisuus on kiertotaloutta alueellisempaa ja riippumattomaa pitkälle kehitetystä infrastruktuurista. Se on kiertotaloutta pienimmässä mahdollisessa mittakaavassa. Se kuvaa ihannetilaa, jossa rakennuksen sisäinen toiminta ei tarvitsisi ulkoisia materiaaleja ja energian syötevirtoja. Omavaraisuus liittyy tutkielmassani ensisijaisesti viherhuoneiden käyttötapaan ja viherhuoneen ja rakennuksen symbioosin hyödyntämiseen parhaalla mahdollisella tavalla.

## Integroitu viherhuone

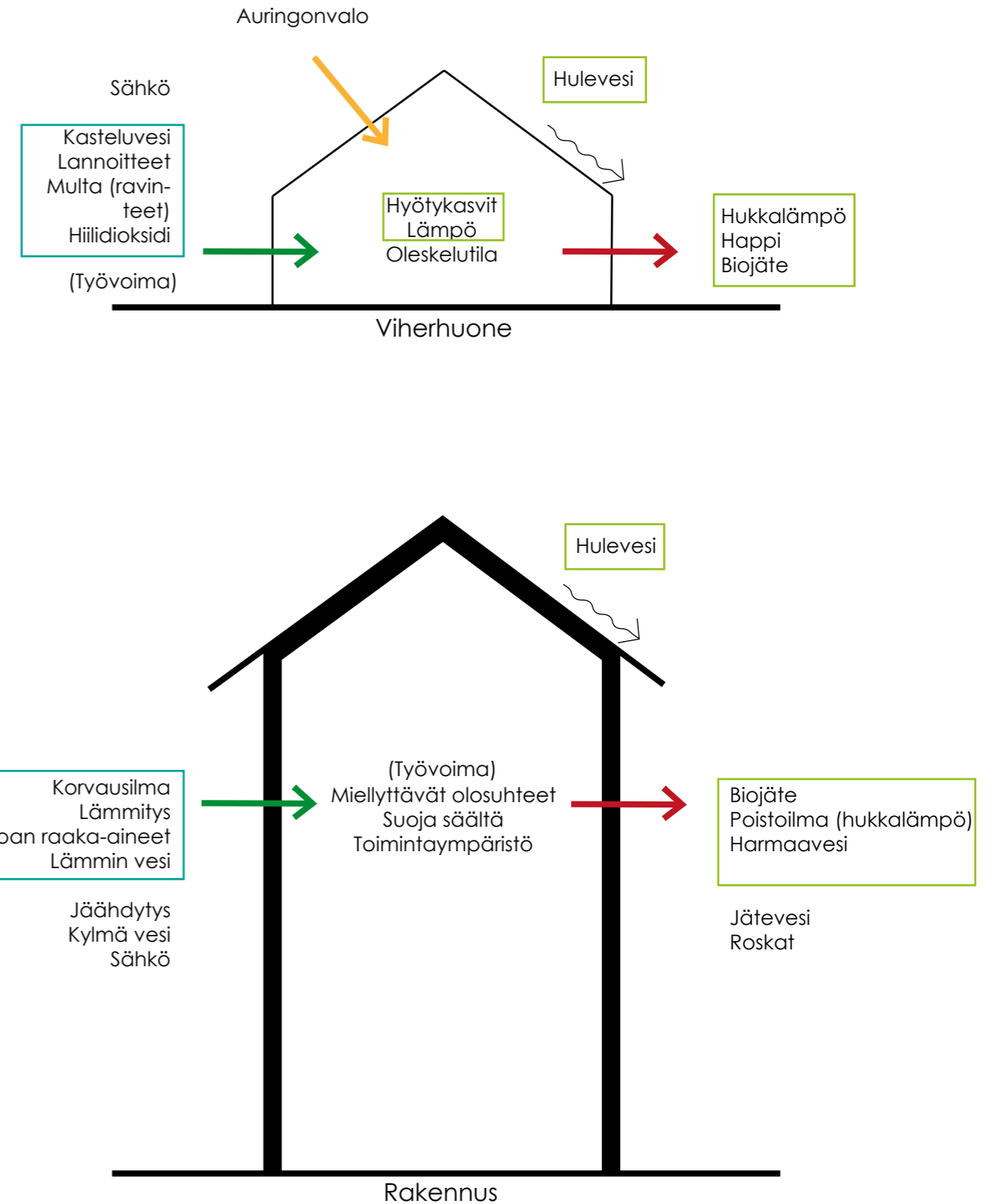
”Kasvihuoneita, jotka rakennetaan aurinkotalon yhteyteen, kutsutaan viherhuoneiksi, koska hyötykasviviljely ei ole niiden ainoa tarkoitus. Ne toimivat myös aurinkokerääjänä, suojaavana rakennusosana ja suojattuna ja suurimman osan vuodesta lämpimänä ulkotilana.” (Erat & Björkholtz, 1982, s.37)

Viherhuoneet mielletään yleensä asunnon lisähuoneeksi, jossa voi viljellä. Julkisissa rakennuksissa olevia lasisia rakennusosia voidaan myös kutsua viherhuoneiksi, riippuen siitä, miten viherhuone määritellään. Symbioosin osana olevasta tilasta käytän tutkimuksessa nimeä viherhuone, sillä kasvihuone tarkoittaa itseään seisovaa ja rakennuksesta riippumatonta viljelyrakennelmaa, kun taas aurinkohuone, lasitettu terassi tai aula eivät viittaa kasvien kasvattamiseen, joka on oleellinen toiminta systeemin sivuvirtojen yhteen sovittamisessa.

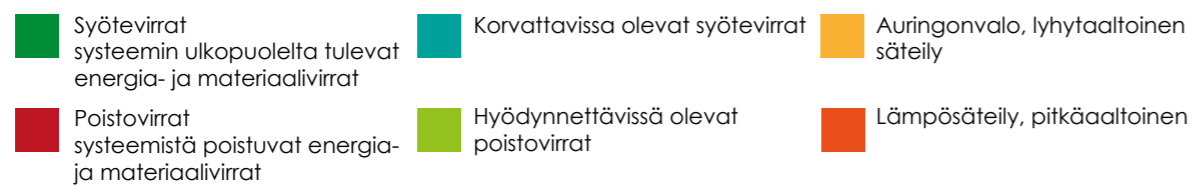
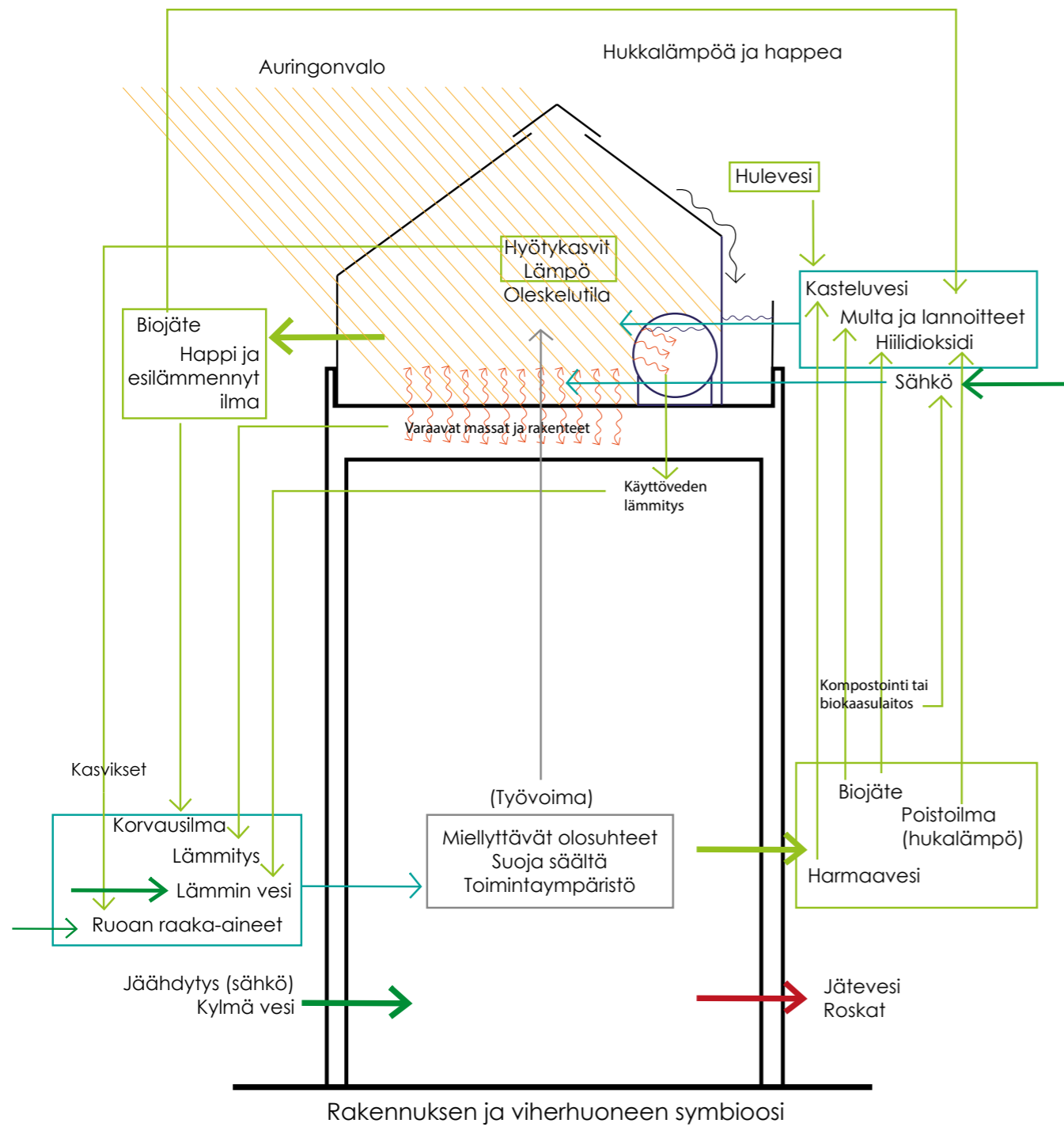
Integroidulla viherhuoneella tarkoitan siis viherhuonetta, joka on osa suurempaa rakennusta, esimerkiksi kerrostaloa tai toimistorakennusta, mutta joka sijaitsee rakennuksen puskurivyöhykkeessä.

## Puskurivyöhyke

”Puskurivyöhykkeeksi nimitetään puolilämmintä tilaa, joka sijaitsee lämmitettävän sisätilan ja ulkotilan välissä. Puskuri tasaa vuorokauden ja vuodenaikojen muutosten vaikutuksia ja muodostaa oman vuodenaikansa sisä- ja ulkotilan väliin.” (Lappalainen N., 2010, s.83) ”Puolilämmin tila on rajattu lämmittämätön tila, joka saa lämpöenergiaa tilan ulkopuolelta.” (Lappalainen N., 2010, s.79)



Kaavio 1. Rakennusta ja viherhuonetta voidaan tutkiskella erikseen lineaarisina systeeminä, joissa tapahtuva kulutus, palvelu tai tuotanto vie raaka-aineita ja energiaa ja tuottaa sivuvirtana tai palvelun seurauksena jättemateriaalia ja hukkaenergiaa. Laatikoituina on hyödynnettävät poistovirrat ja korvattavat syötevirrat.



Kaavio 2. Rakennuksen ja viherhuoneen symbioosi ja suljetut sivuvirrat

Kandidaatin tutkielmani on kirjallisuuskatsaus ja keskityn siinä käsittelemään passiivisia tai vähäisesti teknisiä viherhuoneratkaisuja: Mitä vähemmän tekniikkaa viherhuone vaatii, sitä vähemmän se kuluttaa sähköä eli ulkoista energiaa. Vähätekniset ratkaisut ovat lähtökohtaisesti omavaraisempia ja niiden huoltaminen ja korjaaminen on yksinkertaisempaa. Puskurivyöhykkeen typologiaan myös kuuluu se, että puskurivyöhykkeessä sijaitsevia tiloja ei pääsääntöisesti lämmitetä tai viilennetä.

Käsittelen työssäni yleisiä periaatteita omavaraisuuden edistämiseksi, joten käsittelen vain viitteellisesti ratkaisujen ja viherhuoneen ensisijaisen käyttötarkoituksen suhdetta. Esittelen periaatteen ratkaisuja, jotka hyödyntävät pääasiassa passiivista aurinkoenergiaa tai rakennuksen sivuvirtoja, eli omavaraisuutta ja kiertotaloutta edistäviä, teknisiä ratkaisuja. En ota kantaa siihen, minkä kokoinen viherhuone on kannattavaa rakentaa kaupalliseen tarkoitukseen.

### Viherhuoneen ja rakennuksen symbioosi

Jos tarkastellaan viherhuonetta ja rakennusta systeeminä, jotka tuottavat jonkinlaista hyötyä tai palvelua, voidaan niitä ylläpitävät resurssit ja ylläpidosta johtuvat sivuvirrat sekä jätteet erotella sivun 9 kaavion 1 mukaisella tavalla, joka myös kuvastaa lineaarista tuotantoprosessia, jossa hyödykkeen tuotanto ja kulutus on suoraviivaista ja siitä aiheutuu jätettä.

Viherhuoneen tuottamia hyötyjä ovat hyötykasvit, lämpö ja oleskelutila. Näiden hyödykkeiden ja palvelun (oleskelutila) tuottamiseen tarvitaan itse tilan lisäksi erilaisia raaka-aineita: Multaa, lannoitteita, vettä, hiilidioksidia, auringonvaloa, työvoimaa ja mahdollisesti sähköä.

Rakennuksen tuottamia palveluita ovat miellyttävät olosuhteet oleskelulle, suoja säältä (ja ihmisiltä) sekä toimintaympäristö. Niiden ylläpitämiseen tarvitaan: lämmitysenergiaa, korvausilmaa, ruoan raaka-aineita, lämmintä vettä, jäähdytysenergiaa, kylmää vettä ja sähköä. Rakennus myös sisältää aina myös ihmisiä joko asukkaina tai työntekijöinä, jolloin rakennuksen voisi sanoa sisältävän aina myös työvoimaa. Rakennuksesta poistuu: biojätettä, hukkalämpöä ja hiilidioksidia poistoilmassa, harmaavettä, jätevettä ja roskaa.

Kaaviolla 2 havainnollistetaan periaatteen tasolla, miten viherhuoneen integroinnilla voidaan sulkea energia- ja materiaalivirtoja symbioosia tukevaksi kokonaisuudeksi.

### 3. Viherhuoneet ja omavaraisuus

#### 3.1 Viherhuoneen rakennusmateriaalit

Viherhuoneen pääasialliset rakennusmateriaalit ovat auringonvaloa läpäisevät levyt tai ikkunat ja läpinäkyviä levyjä kannattava runkomateriaali. Läpinäkyvänä materiaalina pysyvään viherhuoneeseen kannattaa Eratin ja Woolstonin mukaan (1983, s.126) käyttää jäykkää tai puolijäykkää materiaaleja. Viherhuonekirjassa he ovat arvioineet parhaimpia läpinäkyviä materiaaleja viherhuoneen käyttöön. He vertailevat keskenään lasia ja muoveja sekä muovisekoituksia, joista parhaat arvot saavat: vahvistettu lasikuitu, ohut akryyli ja lasi.

Vaikka joillain muoveilla on Eratin ja Woolstonin tutkimuksen mukaan parempia ominaisuuksia kuin lasilla, on lasin oltava ensisijainen muoveihin verrattuna, sillä se on ekologisempi materiaali. Muovit eivät toteuta ekologisesti kestävä rakennuksen vaatimuksia, jotka Jonas Löfroos on koonnut diplomityössään (2013, s.36). Muovit ovat jalostettuja öljystä, joka kuuluu maan ainevarastoihin eli uusiutumattomiin materiaaleihin. Muoviset materiaalit eivät ole helposti palautettavissa luonnon kiertokulkuun ja poltettaessa ne lisäävät kasvihuonekaasuja ilmakehässä. Lasi kuuluu materiaalina myös ainevarastoihin, mutta se on Löfroosin mukaan ekologisempi materiaali, sillä sen raaka-aineet ovat saatavissa läheltä maanpintaa. Molemmat materiaalit ovat kierrätettävissä, mutta sen kuuluisi kuitenkin olla viimeinen kiertotalouden muoto, sillä tuotteen kierrätys on usein verrattavissa uuden tuotteen tuottamiseen, sillä sen muokkaamiseen tarvitaan ulkoista energiaa (Sitra, .

Viherhuoneen läpinäkyväksi materiaaliksi voi käyttää myös ikkunoita. Dylan Kwok esittelee diplomityössään "Urban Agripuncture" (2009) ideoita ikkunoiden uusiokäytöstä viherhuoneiden rakentamiseen. Työssä esitellään strategiaa, jonka tarkoituksena on lisätä alueellista tietoisuutta terveellisemmästä ruokavaliosta ja sosiaalisesta hyvinvoinnista yhteisöllisten kasvihuoneiden avulla. Työssä on pyritty huomioimaan ekologiset arvot ja kiertotalous, sillä ikkunoille on etsitty uusiokäyttöä sellaisenaan. Vanhoihin rakennuksiin vaihdetaan energiatehokkaammat ikkunat, ja vanhat ikkunat käytetään materiaalina rakennuksen kylkeen tai katolle rakennettavaan viherhuoneeseen tai korttelin sisäpihalle kasvihuoneeseen. Viherhuoneen ikkunat voivat olla myös uusia, mutta käytettyjen ikkunoiden uusiokäyttö tukisi kiertotaloutta.

Runkomateriaalia valittaessa on tärkeää, että materiaalin ja sen liitosten on kestävä viherhuoneen kosteutta. Luontevat valinnat ovat kosteutta kestävät puutuotteet sekä kevytmetallit (Erat, Woolston, 1983, s.118). Metallin käyttö runkorakenteena voi olla perusteltua, mikäli viherhuoneen koko on tarpeeksi suuri. Puu on muissa tapauksissa kuitenkin ekologisempi materiaali. Vaikka metalli on kierrätettävissä, kuuluu metalli ainevarastoihin ja puu ainevarantoihin, eli uusiutuviin materiaaleihin (Löfroos, 2013).

Mikäli viherhuoneella pyritään tukemaan omavaraisuutta, on sen rakennusmateriaaleissakin pyrittävä paikallisuuteen ja ekologiseen kestävytyteen. Mikäli viherhuone rakennetaan, rakennuksen ikkunaremontin yhteydessä, vanhoista ikkunoista, on se ainakin

kiertotalouden näkökulmasta parempi. Viherhuonetta rakennettaessa ei kuitenkaan voida saavuttaa omavaraisuutta, sillä kyseisiä rakennusmateriaaleja ei yleensä voida tuottaa itse, pienessä yhteisössä, ainakaan kaupunkirakenteen sisällä. Mikäli viherhuoneen rakentamisessa käytetään lähiympäristöstä saatuja rakenteita ja materiaaleja, voidaan parantaa alueen sisäistä omavaraisuutta.

#### 3.2 Viherhuoneen energiavirrat ja toiminta

Viherhuoneessa voidaan kerätä passiivista aurinkoenergiaa. Passiivnen aurinkoenergia on lämpöä, jota voidaan varastoida ja hyödyntää eri tavoin, ja tällä tavoin vähentää rakennuksen lämmittämiseen kuluva ulkoista energiaa (Erat, 1983). Rakennuksen lämmitystä hyödyttävä lämmön varastointi tähtää samalla viherhuoneen vuorokautisen lämmönvaihtelun tasaamiseen, mikä hyödyttää myös viherhuoneessa mahdollista viljelytoimintaa sekä tekee viherhuoneesta miellyttävämmän oleskelutilan (Lappalainen N., 2010, s.87).

Passiivista aurinkoenergiaa syntyy viherhuoneessa tapahtuvan kasvihuoneilmion ja savupiippuilmion avulla (Lappalainen N., 2010, s.83). Kasvihuoneilmiossa valo, joka on lyhytaaltoista säteilyä, läpäisee lasin, ja kohdatessaan tummia pintoja tai kasvin, se muuttuu pitkäaaltoiseksi lämpösäteilyksi. Lämpösäteily ei läpäise useimpia materiaaleja, vaan lämmittää niitä. Osa materiaaleihin johtuneesta lämmöstä siirtyy ilmaan ja aiheuttaa luonnollisia energiavirtoja, konvektioa. Energiavirrat pyrkivät tasaantumaan ulko-vaipan kautta ulkoilmaan tai maaperään tai ympäristöä viileämpiin, eli lämpöä varastoiviin, aineisiin. (Erat, Woolston, 1983, s.39). Savupiippuilmioilla tarkoitetaan sitä, kun lämmennyt ilma nousee ylöspäin. Rakenteiden ylä- ja alapäissä olevilla luukuilla voidaan vahvistaa luonnollista ilmavirtaa (Lappalainen N., 2010, s.83).

Lämpöä voidaan varastoida ja hyödyntää esimerkiksi seuraavanlaisilla tavoilla: lämmittämällä rakenteita ja massoja, lämmittämällä vettä viherhuoneessa ja ottamalla ilmanvaihdon korvausilma viherhuoneesta. Viherhuoneessa esilämmennettyä ilmaa voidaan käyttää hyödyksi ottamalla huoneistojen korvausilma viherhuoneesta. Tämä kuitenkin edellyttää sitä, ettei viherhuoneessa esimerkiksi tupakoida (Lappalainen N., 2010).

Mikäli viherhuonetta käytetään pääosin viljelyyn, voidaan sitä lämmittää ilmanvaihdon poistoilmalla, jolloin poistoilman hiilidioksidi toimii kasvien lannoitteena, eikä poistoilman lämmön varastointiin tarvita erillisiä teknisiä järjestelmiä. Tällöin rakennuksen sivuvirta, poistoilma hyödynnetään sekä lämpönä että lannoitteena. Jos poistoilmalla lämmitetään myös oleskelutilana toimivaa viherhuonetta, johtamalla poistoilma viherhuoneen kautta ulos, on poistoilman puhdistus otettava huomioon (Lappalainen N., 2010).

Passiivisen aurinkoenergian keskeisin ongelma on se, että etenkin pohjoisilla leveyspiireillä aurinko lämmittää eniten silloin, kun lämmityksen tarve on vähäisin (Lappalainen N., 2010).

Viherhuoneen lämpötila vaihtelee auringonvalon määrän mukaan, joten vuorokautinen lämpövaihtelu on viherhuoneessa suurta. Lämpövaihtelua voidaan passiivisesti tasoittaa kiinnittämällä huomiota rakenteelliseen muotoon ja sijoittamalla viherhuoneeseen

varaavia massoja. Lämmön varastoitumista rakenteisiin voidaan parantaa puoliaktiivisiksi kutsutuilla ratkaisuilla, joiden toiminta perustuu varaavien massojen lisäksi koneelliseen ilmankiertoon. Koneellisella ilmankierrolla lämpö siirtyy ilmasta tehokkaammin rakenteisiin. (Erat, Woolston, 1983)

Korvausilman ottaminen viherhuoneesta on kannattavinta silloin, kun viherhuonetta ei kylminä kuukausina käytetä viljelyyn, eli sitä ei lämmitetä, vaan kaikki lämpö on passiivista aurinkoenergiaa. Mikäli viherhuonetta käytetään viljelyyn, on huomioitava viherhuoneen korkeampi kosteusprosentti, josta voi aiheutua haittaa. Toisaalta ilmanvaihdon poistoilmaa voitaisiin käyttää viherhuoneiden lämmitykseen ja johtaa viherhuoneeseen etenkin kylminä kuukausina, jolloin viherhuoneen lämmönhukka on suurin. Tällöin viherhuonetta ei tarvitse tuulettaa hiilidioksidipitoisella ulkoilmalla, kun kasvien tarvitsema hiilidioksidi saadaan rakennuksen poistoilmasta. Poistoilman hukkalämpö voitaisiin siten myös hyödyntää suoraan vailla teknisiä apuvälineitä.

Jos rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto, voidaan viherhuonetta käyttää silloinkin korvausilman ottamiseen. Tällöin on kuitenkin kannattavinta sijoittaa viherhuone rakennuksen alasaan, josta lämmennyt ilma luonnollisesti nousee ylöspäin ja kulkee huoneiston läpi (Erat & Woolston, 1983)

Lämmönvarastoinnin ratkaisumalleja:

Luonnonvoimalla toimivat passiiviset ratkaisut perustuvat lämpöä varaaviin joko irrallisiin tai rakenteellisiin massoihin. Passiiviset ratkaisut hyödyntävät kasvihuoneen luonnollisia energiavirtoja eli kasvihuoneen omaa kasvihuoneilmiötä. Irralliset lämpöä varaavat massat tasaavat lähinnä viherhuoneen lämpötilaeroja. Lämpöä voidaan kuitenkin varastoida viherhuoneen ja rakennuksen yhteisiin rakenteisiin: Viherhuoneen ja huoneiston lattiaan, viherhuoneen ja huoneiston väliseen seinään tai luonnonkierron avulla viherhuoneen ja huoneiston lattiassa sijaitsevaan kivivarastoon. Mikäli rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto ja korvausilma otetaan viherhuoneesta, lämpö varastoituu rakennuksen rakenteisiin myös silloin, kun se matkaa huoneiston läpi. (Erat & Woolston, 1983, s. 41-45)

Puoliaktiiviset ratkaisut perustuvat lämpöä varastoiiviin rakenteellisiin massoihin, joihin johtuvaa lämpöenergiaa kasvatetaan teknisin ratkaisuin, kuten koneellisella ilmankierrolla rakenteiden läpi. Lämpöä varastoivat massat toimivat lähtökohtaisesti tehokkaammin, kun käytetään apuna puhallinta, joka lisää lämmön siirtymistä rakenteisiin (Erat & Woolston, 1983, s.46). Käyttöveden lämmitys säiliöissä rakennuksessa toimivien ihmisten käyttötarkoituksiin (Todd & Todd, 1993, s.113) voidaan myös laskea puoliaktiiviseksi ratkaisuksi. Käyttöveden lämmitys vaatii kuitenkin joustavaa teknistä systeemiä, sillä auringonsäteilyn ollessa vähäisempää, veden lämmitykseen tarvitaan lisäksi ulkoista energiaa.

Passiivinen lämmönvarastointi ja aurinkoenergian hyödyntäminen teknisten järjestelmien avulla lisää omavaraisuutta, sillä se vähentää tarvetta ulkoisiin energianlähteisiin. Sähköntuotannon suhteen viherhuoneesta ei kuitenkaan ole hyötyä, ellei sähköntuotantotapa perustu passiivisen aurinkoenergian aiheuttamaan lämpöön tai biokaasuun.

### 3.3 Kasvien kasvatusta viherhuoneessa

Kasville suotuisa kasvihuoneen pienilmasto muodostuu auringonsäteilyn, lämpötilan, suhteellisen ilmankosteuden ja hiilidioksidin sopivista suhteista. Pohjoismaissa oleellista kasvien kasvukaudelle on lämmön lisäksi valon riittävä saatavuus. Ilmasto-oppaan mukaan (ilmasto-opas.fi, 2018) ilmastonmuutos pidentää Suomen termistä kasvukautta. Terminen kasvukausi tarkoittaa kautta, jolloin vuorokauden keskilämpötila ylittää +5°C. Nettisivulla huomaetaan kuitenkin, etteivät kasvit pysty hyödyntämään tätä kasvukauden pidentymistä tehokkaasti, sillä auringonsäteilyn määrä on liian pieni.

Viherhuone pidentää kasvukautta, sillä se kerää passiivista aurinkoenergiaa ja täten on aina tilana lämpimämpi kuin ulkoilma. Toisaalta syksyllä ja keväällä viherhuoneen suuntaus kaakko-ete-lä-lounas suuntaan on parhain riittävän säteilymäärän saavuttamiseksi. Hyvä nyrkkisääntö viherhuoneen suunnittelulle riittävän valon suhteen on se, että viherhuoneesta ulospäin katsottaessa pitäisi näkyä noin puolet taivaankannesta (Erat & Woolston, 1983). Viherhuoneeseen on myös helppo integroida keinovalaistusta, jolloin auringonsäteilyn vähäisyydestä huolimatta, ympärivuotinen viljely olisi viherhuoneissa mahdollista.

Lämpötilavaihtelu, jossa kasvit pärjäävät, on n. 7-30 °C. Kasvun kannalta pienempi lämpövaihtelu on kuitenkin parempi. Lehtien lämpötila on auringon paistaessa ilmaa korkeampi ja yöllä sitä matalampi. Kosteuden tiivistyminen lehdille viileinä öinä voi aiheuttaa riskin jäätymiselle ja homeen muodostumiselle. Lämpöä varaavalla massalla ja eristysverhoilla tai sulkuluukuilla voidaan ehkäistä lämpötilan laskemista liian alhaiseksi. Lämpöä varastoiva massa tasaa myös päivällä viherhuoneen lämpötilan nousua (Erat, Woolston, 1983, s.158), mutta yllälämpenemistä voi ehkäistä myös riittävällä tuuletuksella, mikä tasaa myös liiallista kosteutta (Vox, ym., 2010).

Suunnitellessa viherhuonetta voi viherhuoneen muotoon ja varjostukseen vaikuttaa niin, että auringon ollessa zenitissä, viherhuoneeseen pääsevää säteilyä hillitään varjostavilla elementeillä (Erat & Woolston, 1983). Viherhuoneen katto voi olla osittain valoa läpäisemätön, tai sitten valon määrää voi säädellä erilaisilla viherhuoneen ulkopuolisilla säleiköillä tai varjostavilla kankailla.

Toisaalta Suomessa kasvukauden loppuessa ja vuorokauden keskilämpötilan tippuessa alle +5°C, viherhuoneen lämmittäminen on oleellista kasvuolosuhteiden ylläpitämiseksi. Tällöin rakennuksesta johdettava poistoilma voi toimia viherhuoneen peruslämmön ylläpitäjänä.

Kasvun kannalta ideaali ilman suhteellinen kosteus on 60-80 %. Liian korkea suhteellinen kosteus nostaa monien sienitautien kehittymisen riskiä (Vox, ym. 2010). Mikäli kasvihuonetta käytetään pääasiassa kaupalliseen viljelyyn, voi olla, että ideaalin kasvuympäristön vaatima suhteellinen kosteus on liian suuri korvausilman ottamiseen viherhuoneesta. Jos viherhuoneesta otetaan korvausilmaa, tulisi sen suhteellisen kosteusprosentin olla lähempänä ideaalia sisäilman suhteellista kosteutta. Rakennustieto Oy:n



(1995) mukaan ihannealue rakennuksen sisäilman suhteelliselle kosteudelle on 40-60 %. Ihannevälikä oleva kosteusprosentti koetaan miellyttävimpänä oleskeluun. Pitkäaikainen suuri suhteellinen sisäilman kosteus vaarantaa terveyttä ja aiheuttaa rakennusvaurioita. Symbioosin toimimisen kannalta olisi siis hyvä, jos viherhuoneen suhteellinen ilmankosteus pidettäisiin lähellä 60 %, mutta kuitenkin sen alle. Tällöin riski kosteusvaurioiden syntymiseen on pienempi, mutta kasvun kannalta ollaan lähellä ideaalia lukuväliä.

Viherhuoneen hiilidioksidipitoisuus on kasvien yhteyttämissen kannalta tärkeää. Todd ja Todd puhuvat Biojätteiden alueellisen kompostoinnin puolesta (1993, s.105-107). Kotitalousjätteet voidaan kierrättää viherhuoneessa kompostoimalla tai käyttämällä ja samalla huolehtia viherhuoneen tarpeellisesta hiilidioksidin määrästä (Erat & Woolston, 1983, s.150). Hiilidioksidipitoisuutta voidaan pitää yllä myös johtamalla rakennuksen hiilidioksidipitoisuus poistoilma suoraan viherhuoneeseen. Kompostoinnilla voidaan myös tuottaa luonnonmukaista lannoitetta, jolloin keinotekoisien ravinteiden käyttöä voidaan vähentää. Toisaalta biojätteet on mahdollista myös muuttaa biokaasuksi ja ravinteiksi: Mikäli biomateriaalin käyttö on resurssitehokasta, voi kaupungissa tapahtuva kasvihuoneviljelykin olla kestävä. Tällöin alueen biojäte voidaan käyttää biokaasutehtaissa ja siitä syntyvät energia ja ravinteet voidaan käyttää paikalliseen tuotantoon (Rasi ym. 2015).

#### Viljelymenetelmät:

Erona perinteiseen kasvihuoneeseen, rakennukseen integroidussa viherhuoneessa viljely tapahtuu joko istutuslaatikoissa, irrallisissa tai integroiduissa, tai hydroponisessa viljelysystemissä. Istutuslaatikoissa viljely on 15 kertaa tehokkaampaa kuin maassa tapahtuva viljely (FAO, 2017).

Hydroponisessa viljelyssä eli vesiviljelyssä kasvit eivät kasva mullassa, vaan jossain muussa kasvatusalustassa ja saavat ravinteensa kasteluvdestä. Artikkelissa "Sustainable Greenhouse Systems" (Vox ym. 2010) puhutaan hydroponisen viljelyn Vesiviljelyssä ei tarvitse käyttää maaperän desinfiointiaineita tai tuholaismyrkkyjä. Viherhuoneen alhaisemman kosteusprosentin ja kasvien ponnekkouden vuoksi se voi myös laskea herkkyyttä sairauksille. Kasteluveden ravinnepitoisuuksien manipuloinnilla voidaan myös parantaa kasvien kestävyttä erilaisia taudinaiheuttajia vastaan. Hyvä esimerkki tällaisesta vesiviljelyperiaatteella toimivasta rakennukseen integroidusta viherhuoneesta on esimerkiksi New Yorkissa toimiva Sky Vegetables -yritys (Sky Vegetables Inc., 21.5.2018), joka tuottaa hydroponisella viljelyllä yrttejä ja mausteita.

Mullassa viljely viherhuoneessa tapahtuu joko istutuslaatikoissa tai viherhuoneen lattiaan integroidussa maa-aineksessa. Istutuslaatikot ovat halvempia ja helpommin vaihdettavissa ja korjattavissa sekä siirreltävässä kuin viherkattorakenne, joka vaatii yleensä suuria investointeja sekä perustettaessa että korjattaessa.

Hydroponinen viljely saattaa olla tehokkaampaa tuotannollisesti, mutta se ei hyödynnä rakennuksen sivuvirtoja yhtä hyvin kuin mullassa tapahtuva viljely. Kompostoinnin lopputuloksena

taas saadaan ravinnepitoista multaa, jolloin ylimääräisten ravinteiden lisäämistä voidaan vähentää. (Erat, Woolston, 1983). Vesiviljelyssä ravinteet liuotetaan kasteluveteen, jolloin perinteinen mulkaksi kompostointi ei ole hyvä ratkaisu.

Biojätteiden kierrätys viherhuoneessa vaatii kuitenkin asukkaiden omaa halukkuutta. Mikäli puhutaan toimistotaloista tai julkisista rakennuksista, joissa yleensä käytetään siivouspalvelua, biojätteiden kuljetus viherhuoneen kompostiin voi toimia käytännössä paremmin, kunhan ohjeistus roskien lajittelussa on selkeää. Toisaalta kompostointi lannoitteeksi voidaan toteuttaa myös muualla, mutta silloin hiilidioksidin riittävä saanti on toteutettava muilla tavoin, kuten poistoilman kierrätyksellä tai riittävällä tuuletuksella.

Integroidun viherhuoneen voi ajatella parantavan rakennuksen ja viherhuoneen systeemin omavaraisuutta, jos sitä verrataan kaupallisen kasvihuoneutuotannon ongelmiin. Artikkelin Sustainable Greenhouse Systems (Vox, ym., 2010) mukaan normaali kaupallinen kasvihuoneutuotanto aiheuttaa paljon jätettä, vaatii paljon vettä ja kemikaaleja, sekä on investoinneiltaan, työvoimaltaan ja energiankäytöltään pinta-alayksikköä kohden intensiivistä. Kaupallisen kasvihuoneutuotannon ekologista kestävyttä voidaan parantaa seuraavin tavoin (referoitu artikkelista, s.3):

- 1) Tehokas pienilmaston kontrollointi
- 2) Uusiutuvien energianlähteiden suosiminen
- 3) Innovatiivisten, mutta kierrätettävien, verhoismateriaalien käyttö
- 4) Tehokas, maaperää säästävä, veden ja ravinteiden jakelu kasveille
- 5) Kemikaalien käytön vähentäminen integroidun tuholaiistorjunnan avulla.

Rakennuksen ja viherhuoneen muodostamassa symbioosissa maaperän köyhtymisen estäminen tapahtuu automaattisesti, sillä viljely ei tapahdu maaperässä. Mikäli rakennuksista poistuvaa biojätettä prosessoidaan lannoitteeksi, saadaan kasvien vaatimat ravinteetkin symbioosin sisältä. Lisäksi hyödynnettäessä sadevettä ja rakennuksen harmaavettä, voidaan myös vähentää vedenkulutusta. Lisäksi symbioosissa toteutuu uusiutuvien energianlähteiden käyttäminen, sillä passiivisen aurinkoenergian lisäksi, rakennuksen poistoilma toimii sekä lämmön ylläpitäjänä että hiilidioksidipitoisuuden kasvattajana. Jos biojäte lisäksi kompostoidaan viherhuoneen sisällä, siitä vapautuu hiilidioksidia. Tällöin hiilidioksidi muodostuu luonnonmuokaisesti, eikä fossiilisia polttoaineita tarvitse käyttää. Symbioosilla voidaan tukea passiivisia ja vähemmän teknisiä keinoja viherhuoneen suotuisan pienilmaston ylläpitoon. Tuholaiistorjunta on kohdista ainoa, jossa symbioosista ei ole lainkaan hyötyä suhteessa normaaliin kasvihuoneeseen. Rakennuksen ja viherhuoneen symbioosi parantaa viljelytoiminnan omavaraisuutta, vaikkakin ei täysin kaikkien kohtien suhteen. Omavaraisuuden lisäys kuitenkin tekee siitä perinteiseen kasvihuoneutuotantoon verrattuna ekologisesti kestävämpää.

## 4. Yhteenveto

Viherhuoneiden mahdollistama ruoantuotanto voi hyödyttää niin yksilöä, korttelin yhteisöä kuin koko kaupungin asukkaita (Sky Vegetables Inc., 21.5.2018). Kuluttajalle paikallisia, myrkyttömiä ja tuoreita kasviksia, rakennuksen tasolla se sulkee rakennuksesta poistuvia materiaali- ja energiavirtoja ja toimii lisäeristykseenä sijaitessaan puskurivyökkeessä. Kaupunki hyötyy paikallisesta ja ympärivuotisesta ruoantuotannosta, joka tukee kestävästä kehitystä ja luo työpaikkoja sekä koulutusmahdollisuuksia (Sky Vegetables, 21.5.2018).

Viherhuoneiden mahdollistama omavaraisuus riippuu jossain määrin niistä ihmisistä, jotka sitä käyttävät. Lämpötekniset ominaisuudet ja viljelyyn suotuisa pienilmasto, sekä jätteiden lajittelun systeemit voidaan mahdollistaa suunnittelulla, mutta itse viljelyn järjestäminen, jätteiden lajittelu ja systeemin ylläpito vaatii rakennusta käyttävien ihmisten halukkuutta. Arkkitehtuurilla voidaan vain luoda puitteet omavaraisemmalle tavalle elää, mutta puitteilla ei luoda automaattisesti toimintaa. Toisaalta passiivisten viherhuoneiden etu on siinä, että viherhuoneita voi käyttää moneen tarkoitukseen. Mikäli viljelytoiminta ei kukoista, voidaan viherhuonetta käyttää pelkkään oleskeluun, pitää sitä talvipuutarhana, puolilämpimänä terassinä tai vaikka leikkipaikkana. Silloinkin viherhuoneesta on hyötyä, sillä se kerää passiivista aurinkoenergiaa ja on lämpimämpi ja suojatumpi ulkotila, jossa voi oleskella myös huonolla tai kylmällä säällä, sillä viherhuoneen ilma on aina ulkoilmaa lämpimämpää.

Ruoantuotannon omavaraisuuteen liittyy tiiviisti taloudellisuus ja työvoima. Hyötykasvien tuotanto voi parantaa yksittäisten ruokakuntien ja yhteisöjen omavaraisuutta suhteessa muualta tuotuihin elintarvikkeisiin. Tämä kuitenkin vaatii yksittäisten ihmisten omaa panosta ja halukkuutta tai sitten liittymistä esimerkiksi ruokaosuuskuntiin, joissa kuluttajat osallistuvat viljelijän kustannuksiin, mutta viljelyn hoitaa ammattilainen. Tällaisia osuuskuntia on jo Suomessakin, kuten esimerkiksi Kaupunkilaisen oma pelto-osuuskunta ([www.omapelto.fi](http://www.omapelto.fi)). Tällainen systeemi voisi toimia myös osana kaupakeskuksia tai toimistorakennuksia, joissa yritykset, esimerkiksi ravintolat, osallistuvat viljelykustannuksiin ja saavat vastineeksi lähellä tuotettuja elintarvikkeita. Tämä käytäntö mahdollistaa sen, että kuluttaja luo suhteen viljelijän kanssa ja on näin itse osana viljelytoimintaa, eikä välikäsiä viljelijän ja kuluttajan välillä tarvita.

Vaikka viherhuone mahdollistaakin omavaraisempaa ruoantuotantoa, jätehuoltoa ja lämmitystä, olisi jatkotutkimuksessa kiinnostavaa käsitellä viherhuoneen rakentamisen kannattavuutta: Minkä kokoinen viherhuone on kaupallisesti kannattavaa rakentaa? Kumpi on energiataloudellisesti kannattavampi, puoliaktiivinen vai täysin teknisesti kontrolloitu viherhuone? Kuinka keskitetysti ruoantuotantoa kannattaisi harjoittaa urbaanissa ympäristössä? Minkälaisia ratkaisuja nykyinen lainsäädäntö mahdollistaa? Minkälaisia selvityksiä vaaditaan kaupalliseen tarkoitukseen perustettuun viherhuoneeseen kaupungissa? Voisiko viherhuone toimia vuokrattavana liiketilana tai sen osana esimerkiksi kaupakeskusten

katoilla?

Mikäli puhutaan ruoantuotannon omavaraisuudesta kaupungin tasolla, voi ruoantuotannon keskittäminen olla perusteltua. Pienempiin yksiköihin hajautettuna kuitenkin perustamiskustannukset pienenevät. Se, mikä on viherhuoneen koon, tekniikan ja viljelymenetelmän suhde, jotta tuloksena olisi kaupallisesti kiinnostava liiketila, onkin kiinnostava kysymys. Pienimuotoisempien viherhuoneiden integrointi olemassaolevaan rakennuskantaan voi myös olla realistisempaa kuin löytää olemassaolevan kaupunkirakenteen sisältä riittävästi tilaa suurien kerrosviljelmäkompleksien rakentamiseen. Kaupallisessa viljelyssä on myös otettava huomioon elintarvikehuoneistojen lainsäädäntö.

Viherhuoneen ja rakennuksen muodostaman systeemin toimivuus riippuu pitkälti siitä, mihin tarkoitukseen viherhuone rakennetaan (esim. kaupallinen, yhteisöllinen, pedagoginen vai asunnon osana oleva puutarha). Käyttötarkoitus määrää myös sen millaisia kasveja integroidussa viherhuoneessa olisi kannattavaa kasvattaa. Erilaisten käyttötarkoitusten vaikutus arkkitehtoniseen muotoiluun on huomattava. Kotiviherhuoneessa voidaan (pienin teknisin apuvälinein) melko vapaasti kasvattaa monenlaisia kasveja, joita normaalisti puutarhatuotannollakin pystytään tarjoamaan. Tällöin mikroilmaston laatua voi puutarhanhoitoa harrastava muokata melko helposti, vaikka se ei olisikaan niin kontrolloitua kuin tuotannossa. Jos tuotetaan kaupallisesti, niin tarvitaan tasaista laatua. Tällöin viherhuoneen pääkäyttötarkoitus ei ole oleskelu ja pienviljely, vaan tuotantolaitos, jolloin viherhuoneen pienilmasto voidaan teknisesti viritellä jollekin tietylle lajikkeelle sopivaksi.

Kummassakin tapauksessa arkkitehtoniset konseptit, jotka liittyvät integrointiin, ovat erilaisia. Tällöin vastaus seuraaviin kysymyksiin vaihtelee: Mihin kohtaan rakennusta viherhuone on järkevää sijoittaa symbioosin yhteistoiminnan kannalta? Millaisista materiaaleista runko ja läpinäkyvä viherhuone on hyvä tehdä? Millainen viherhuoneen muoto olisi toiminnallisesti, teknisesti sekä esteettisesti käyttötarkoitukseen sopiva?

## 5. Lähteluettelo

Ajanko J. (2017). *Kaupunkiviljelyn mahdollisuudet kiertotalouden näkökulmasta katsottuna: Tapaustutkimuksena Turun kaupungin viljelypalstat* (pro gradu -tutkielma). Turun yliopisto, Turku.

Alexander, C., Ishikawa S. & Silverstein M. (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. 1171 s. Oxford University Press, New York.

Alexander C. (1979). *The Timeless way of Building*. 552 s. Oxford University Press, New York.

Butcher, J. (2009). *Investigating the potential for the expansion of urban agriculture in the city of Edinburgh*. Dissertation. University of Edinburgh. Saatavilla: <<http://www.cityfarmer.info/2009/10/04/investigating-the-potential-for-the-expansion-of-urban-agriculture-in-the-city-of-edinburgh/>>

Ellen MacArthur Foundation (2017). *Circular Economy Overview: The concept of a circular economy*. Luettu 13.5.2018. <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>>

Erat B., Woolston G. (1983). *Viherhuonekirja*. Porvoo: Rakentajain kustannus Oy, WSOY.

Erat B., Björkholtz D. (1982). *Luonnonmukainen talo*. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy, WSOY

Eriksson T., Halla H., Jokinen K., Jokinen L., Kalliomäki H., Karhu S., Koivisto A., Koponen A., Mattila T., Saarimaa R., Suojala-Ahlfors T., Särkkä L., Varho V. (2018). *Elinvoimaa puutarhasektorin uudistamiseen ja kasvuun: Voimakas-hankkeen (2015-2017) tulokset, johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset*. Luke (luonnonvarakeskus) ja biotalousjulkaisut. <[http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541504/luke-luobio\\_5\\_2018.pdf?sequence=1](http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541504/luke-luobio_5_2018.pdf?sequence=1)>

Food and Agriculture Organisation, FAO (2017). *Urban agriculture*. Luettu 23.2.2018. <<http://www.fao.org/urban-agriculture/en/>>

Ilmasto-opas (2018). *Kasvukaudet pidentyvät ja lämpenevät*. Luettu 20.5.2018 <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/b801e77a-b461-42cf-8f8b-be63658776ab/kasvukaudet-pidentyvat-ja-lampenevat.html>>

Kaupunkilaisen oma pelto. *Tietoa meistä*. Luettu 21.5.2018. <<https://www.omapelto.fi/tietoa-meista/>>

Lappalainen M. (2010). *Energia- ja ekologiakäsikirja: Suunnittelu ja rakentaminen*. Rakennustieto Oy, Helsinki

Lappalainen N. (2010). *Kerrospihatalo: Rakennus pukeutuu energia- tehokkaaksi* (diplomityö). Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere.

Löfroos J. (2013). *Vaatimukset ekologisesti kestäväälle rakennukselle: Rakennussuunnittelu aineen kiertokulun ehdoilla* (diplomityö). <[https://issuu.com/jonas.lofroos/docs/vaatimukset\\_ekologisesti\\_kestavalle\\_rakennukselle](https://issuu.com/jonas.lofroos/docs/vaatimukset_ekologisesti_kestavalle_rakennukselle)>

Pamlin D., Armstrong S. (2015). *Global Challenges: 12 Risks that threaten human civilisation: The case for a new risk category*. Global Challenges Foundation. <<https://api.globalchallenges.org/static/wp-content/uploads/12-Risks-with-infinite-impact.pdf>>

Rakennustieto Oy (1995). *RT 07-10564: Rakennuksen sisäilmasto: sisäilmasto, sisäilmasuunnittelu*. RT Net, Aalto-portaalin kautta. Luettu 20.5.2018

Rasi S., Tampio E., Jokinen K., Marttinen S., Kurppa S., Varho V., Vielma J. (2015). *Resource efficient future cities -possibilities for food production*. Research report no D1.3-1. <http://www.bestfinalreport.fi>

Ruokatieto Yhdistys ry (2018). *Tuonti ja vienti: Suomesta viedään ruokaa ulkomaille, ja ulkomailta tuodaan ruokaa myös Suomeen*. Luettu 13.5.2018. <<https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokavisa-vastuullisuus-ruokaketjussa/paikallinen-hyvinvointi/ruuan-tuotanto-suomessa/tuonti-ja-vienti>>

Sjöstedt T. (2017). *Mitä nämä käsitteet tarkoittavat?*. Sitra. Luettu 13.5.2018. <<https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/>>

Sky Vegetables Inc. (ei päivystä). *About: Good for you, good for the planet*. Luettu 21.5.2018. <<http://www.skyvegetables.com/bio-1/>>

Söderström, Panu (2012). *Elävät kaupunkikeskukset: Kaupunkiympäristön monipuolisuus ja laatu verkostokaupungin keskuksissa*. Suomen ympäristö 32/2012, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Todd Nancy Jack, Todd John (1993). *From Eco-Cities to Living Machines: Principles of Ecological Design*. North Atlantic Books, Berkley, California.

Toiviainen P. (1998). *Paikallinen omavaraisuus urbaanissa yhdyskuntarakenteessa -johdatus 2000-luvun kaupunkisuunnitteluun* (diplomityö). Teknillinen korkeakoulu, Espoo.

Vox G., Teitel M., Pardossi A., Minuto A., Tinivella F. & Schettini E. (2010). Sustainable Greenhouse Systems. Teoksessa Salazar A., Rios I. (toim.), *Sustainable Agriculture: Technology, Planning and Management*. Agriculture Issues and Policies Series. New York: Nova Science Publishers Incorporated.