

KASVILAJIEN MENESTYMINEN VIHHERKATOILLA

Kevytsorabetoni-, biohiili- ja tiilimurskakasvualustan vaikutus menestymiseen



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Lepaa, Maisemasuunnittelun koulutusohjelma

kevät 2018

Susanna Rantanen

Maisemasuunnittelun koulutusohjelma
Lepaa

Tekijä	Susanna Rantanen	Vuosi 2018
Työn nimi	Kasvilajien menestyminen viherkatolla - kevytsorabetoni-, biohiili- ja tiilimurskakasvualustan vaikutus kasvien menestymiseen	
Työn ohjaaja/t	Kirsi Mäkinen	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia, miten erilaiset istutetut ja kylvetyt kasvit menestyvät viherkatolla ja miten kevytsorabetoni, biohiili ja tiilimurska kasvualustassa vaikuttavat kasvien selviytymiseen talvesta ja kasvuun ensimmäisen kasvukauden aikana. Helsingin yliopistossa käynnissä oleva hanke tekee viherkattotutkimusta Hollolan Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n teollisuushallin katolla. Tässä tutkimusosassa tutkitaan biohiilen vaikutusta kasvien kasvuun kevytsorabetonisessa kasvualustassa. Vertailuun on otettu mukaan myös tiilimurskainen kasvualusta. Helsingin yliopisto tilasi kasvien inventoinnin ja kasvualustojen vertailun kasvien kasvuun 25:stä eri koelaatikosta.

Kasvien inventointi tehtiin kesäkuun ja syyskuun alussa. Silmämääräisesti kasvit lajiteltiin 0 = kuolleiksi, 0,5 = heikoiksi tai 1 = elinvoimaisiksi. Jokaiselle kasvilajille laskettiin keskiarvo erikseen talvesta ja kasvukaudesta selviytymisestä eri kasvualustoissa. Jokaisesta koelaatikosta mitattiin syyskuussa 0,5 m x 1 m kokoisella kehikolla viherpeitteisyys ja kasvilajikohtaiset peittävyudet.

Yhden kasvukauden aikana saadut tulokset erosivat toisistaan vähän. Mäkimeiramin huono talvenkestävyys ja niittyhumalan kasvuston ruskettuminen olivat merkkejä niiden huonosta menestymisestä. Muu kasvillisuus menestyi melko hyvin ja eri kasvualustoilla oli enimmäkseen vähäinen vaikutus niiden kasvuun. Tosin mäkitervakko, kangasajuruoho ja sammaleet menestyivät paremmin kevytsorabetonisessa kasvualustassa kuin tiilimurskapohjaisessa. Biohiililisyksellä ei myöskään ollut vaikutusta lukuunottamatta mäkitervakkoa, jonka kasvua se edisti. Siemenet, erityisesti heinät itivät hyvin ja näyttivät kasvavan paremmin kevytsorabetonisessa kasvualustassa kuin tiilimurskaisessa.

Avainsanat viherkatto, kasvilajit, kasvualustat, viherpeitteisyys
Sivut 51 sivua, joista liitteitä 10 sivua

Degree Programme in Landscape Design
 Lepaa

Author	Susanna Rantanen	Year 2018
Subject	The success of plant species on the green roofs - The affect of lightweight aggregate concrete, biochar and crushed brick substrate on the plants	
Supervisors	Kirsi Mäkinen	

ABSTRACT

The aim of this thesis was to study the overwintering success and growth of various plant species during their first growing season in green roofs established by using three different substrates consisting mainly of lightweight aggregate concrete mixture, with or without biochar amendment, as well as crushed brick mixture. A research project in the University of Helsinki is studying an experimental green roof on the industrial hall of the concrete factory Rakennusbetoni- ja Elementti in Hollola, southern Finland. The research project commissioned the inventory of plants and the comparison of substrates on the success of plants in the 25 plots.

The inventory of plants was done in the beginning of June and September. The plants were sorted 0=dead, 0,5=weak and 1=vital. For each species of the plants the average was calculated and overwintering success and summertime growth was examined in each treatment. In September also the germination of seeds was studied and the cover of plants was measured inside a frame of 0,5 m x 1 m.

Only minor differences were found in plant growth between the different substrates. *Origanum vulgare* plantings had poor frost resistance over the winter especially in crushed brick substrate. *Prunella vulgaris* plantings were weak and rather unhealthy after the growing season. All other plants succeeded quite well. *Viscaria vulgaris*, *Thymus serpyllum* and mosses succeed better in lightweight aggregate concrete mixture than in crushed brick mixture. Biochar amendment did not affect the growth of plants with the exception of *V.vulgaris* that benefited from biochar presence. Seeds of especially grasses germinated well and seemed to grow better in crushed concrete than in brick mixture.

Keywords green roof, plant species, substrates, vegetation cover

Pages 51 pages including appendices 10 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	4
2	VIHERKATON KASVUALUSTA, KASVIT JA TUTKIMUKSET SUOMESSA.....	5
2.1	Kasvualustan vaatimukset.....	5
2.1.1	Betonimurska	6
2.1.2	Biohiili	7
2.1.3	Tiilimurska.....	8
2.1.4	Komposti.....	8
2.1.5	Hake	8
2.2	Viherkaton kasvillisuus.....	9
2.3	Viherkattojen kasvillisuustutkimuksia Suomessa	9
2.3.1	Helsingin yliopiston viherkattotutkimusryhmän tutkimus.....	9
2.3.2	Opinnäytetyö viherpeitteisyyden muutoksesta asennuksen jälkeisinä vuosina viherkatoilla.....	11
3	TUTKIMUSALUE- JA MENETELMÄT	12
3.1	Tutkittava viherkatto.....	12
3.2	Tutkimusmenetelmät	15
4	TULOKSET	17
4.1	Astiataimien inventointitulokset.....	17
4.2	Astiataimikohtaiset viherpeitteisyydet	23
4.3	Kylvetyt siemenet.....	24
4.4	Rikkaruohot ja sammaleet	26
4.5	Kasvialustojen viherpeitteisyys.....	27
5	TULOSTEN TARKASTELU	29
5.1	Kasvien menestyminen ja peittävyys.....	30
5.2	Kasvialustojen merkitys menestymiseen ja niiden viherpeitteisyydet.....	33
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	35
	LÄHTEET.....	36

Liitteet

Liite 1	Koelaatikoissa käytetyt istutussuunnitelmat
Liite 2	Kasvi-inventointitaulukko
Liite 3	Kevytsorabetonisten kasvialustojen kasvillisuudesta koostuvat viherpeitteisyydet
Liite 4	Kevytsorabetoni + biohiilikasvialustojen kasvillisuudesta koostuvat viherpeitteisyydet
Liite 5	Tiilimurskaisten kasvialustojen kasvillisuudesta koostuvat viherpeitteisyydet

1 JOHDANTO

Kaupungistumisen myötä läpäisemättömien pintarakenteiden määrä kasvaa ja ilmastomuutos tuo osaltaan omat vaikutuksensa Suomeen. Tämä tarkoittaa, että ihmisten kosketus vihreyteen pienenee ja hulevesien käsittelystä tulee hallitsemattomampaa. Taajama-alueilla hulevedet johdetaan pääosin hulevesiviemäriin tai vanhoilla keskusta-alueilla sekaviemäriin, jotka ovat yhteisiä jätevesien kanssa. Tästä syystä aiheutuu hallitsematonta tulvimista, kuivatusongelmia, jäteveden puhdistuksen heikkenemistä ja ohijuoksutuksia. (Suomen kuntaliitto 2012.) Viheralueet toimivat ihmisten virkistymisalueina, melua vähentävinä äänieristeinä ja ilman puhdistajina (Suomen ympäristökeskus SYKE 2016). Tiiviiseen kaupunkirakenteeseen ei enää mahdu tarpeeksi viheralueita. Tällöin joudutaan miettimään uusia ratkaisuja. Yksi näistä ratkaisuista on viherkatto. (Laurila, Jyrkänkallio-Mikkola, Mesimäki, Kallio, Kuoppamäki, Nieminen & Lehvävirta n.d., 4.) Viherkatot tarjoavat merkittäviä ekosysteemipalveluita, kuten huleveden hallintaa, energian säästöä, melun vähentämistä, ilmanpuhdistusta, biologista monimuotoisuutta ja esteettisiä arvoja (Gabrych, Kotze & Lehvävirta 2016). Suomalainen kaupunkisuunnittelu ja rakennuskulttuuri ovat olleet varovaisia nykyisten viherkattoratkaisujen kanssa. Keskustelut viherkattojen hyödyistä ovat kuitenkin herättäneet kasvavan kiinnostuksen viherkattoja kohtaan. (Laurila ym. n.d., 4.)

Viherkatolla on myös omat haasteensa. Merkittävä tekijä on katon perustamisen kustannukset, jotka tuovan lähes kaksinkertaisen kustannuslisän tavalliseen bitumikermikattoon verrattuna (Nurmi, Votsis, Perrels & Lehvävirta 2013, 46). Viherkatot jaetaan neljään eri tyyppiin kasvillisuuden mukaan (Rakennustieto Oy 2016). Viherkattotyypistä tiedetään, kuinka paljon kattoa täytyy huoltaa ja kuinka paljon se tuo kustannuksia. Suomen ilmasto tuo omat haasteensa viherkattokasvillisuudelle. Rakennesuunnittelijan tulee ottaa viherkatto huolellisesti huomioon sekä yläpohjan että kantavien rakenteiden suunnittelussa. Suomessa yhtenä haasteena voidaan pitää viherkatoista olevan tiedon vähyyttä ja arvostuksen puutetta. (Lalli 2016, 10.)

Helsingin Yliopiston *Viides-ulottuvuus* – tutkimusohjelmassa on tehty viherkattotutkimusta Hollolassa sijaitsevan teollisuushallin katolla. Ensimmäinen koeviherkatto perustettiin syksyllä 2013 ja toinen syksyllä 2016. Näillä viherkatoilla pyritään vähentämään tehdasalueelta tulevan huleveden määrää ja tutkitaan kevytsorabetonisen kasvualustan vaikutusta kasveihin ja valumaveden laatuun. (Kuoppamäki & Hagner 2016.)

Kasvien inventointia 2013 perustetulla viherkatolla on tehty jo useaan kertaan ja tulosten käsittely on parhaillaan käynnissä. Vuonna 2016 perustetun viherkaton kasvillisuudesta ei ole aikaisemmin tehty inventointia. Oma mielenkiinto kasvillisuuteen ja viherkattoihin, aikaisempi puutarhurikoulu-

tus ja hortonomikoulutuksen aikana saatu alan tieto ovat lähtökohtana tähän opinnäytetyöhön. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia viherkaton kasvillisuutta, arvioida niiden menestymistä kolmessa erilaisessa kasvualustassa sekä laskea koelaatikoista kehikon sisältä viherpeitteisyydet ja yhden astiataimen peitteisyys erilaisissa kasvualustoissa. Tulokset keskittyivät kasvien talvesta ja kasvukaudesta selviytymiseen ja kasvualustan merkityksestä siihen. Kasvualustan viherpeitteisyystuloksista nähtiin, kuinka paljon kasvualusta vaikuttaa kokonaisviherpeitteisyyteen. Yksittäisen astiataimen peitteisyyslaskennassa voitiin havaita, mitkä kasvilajit peittivät nopeasti kasvualustaa ja kuinka paljon eri kasvialustat vaikuttivat peitteisyyteen.

Tutkimuskysymyksinä ovat, mitkä kasvit menestyvät viherkatolla ja miten erilaiset kasvialustat vaikuttavat niiden menestymiseen.

2 VIHHERKATON KASVUALUSTA, KASVIT JA TUTKIMUKSET SUOMESSA

2.1 Kasvialustan vaatimukset

Kasvit ovat keskeisessä roolissa viherkatoilla. Kasvialustan ominaisuudet vaikuttavat kasvin fysiologisiin ominaisuuksiin ja vesitasapainoon. Tämä tarkoittaa, että kasvien tuoma hyöty viherkatoilla tulee esille oikean kasvialustan ominaisuuksien kautta (Young, Cameron, Sorrill, Edwards & Phoenix 2014). Viherkattojen rajatut kasvialustat vaativat erityisiä ominaisuuksia, jotta kasvit saavat tarvitsemansa veden ja ravinteet (Romar 2016, 2). Kasvialusta viherkatolle valitaan viherkaton tyyppin, halutun kasvillisuuden ja katolta vaadittavien ominaisuuksien mukaan. Kasvialustan valintaan vaikuttaa siis kasvillisuus, rakenteiden kantavuus ja käyttötarkoitus (Rakennustieto Oy 2016). Viherkaton kasvialustalta vaaditaan stabiiliisuutta, ilmavuutta ja huokoisuutta (Lalli 2016). Kasvialustan tulisi säilyttää kosteus mahdollisimman pitkään. Orgaanisen aineksen määrästä ollaan tarkempia kuin yleensä viherrakentamisessa paloturvallisuuden ja rikkaruohottumisen takia. Kasvialustan paksuudesta riippuen orgaanisen aineksen osuus on 1–14 paino %. Viherkaton kasvialustan tulisi olla ilmavaa, mutta rakenteeltaan stabiili, johon juuret helposti kiinnittyvät. Kasvialustan pH-arvo tulisi olla kasveille sopivan neutraalia. Kasvialusta tulisi olla myös rikkaruohoton. Maksaruohokattojen suositeltava kasvialustan syvyys on 60–80 mm. Niitty- ja ketokatoille suositusmitoiksi on annettu 150–200 mm. Heinäkattojen kasvialustan paksuudeksi riittää 200–300 mm. Kattopuutarhan kasvialustan paksuus määritellään kasvilajikohtaisesti, mutta ohjeena voidaan pitää 200–1000 mm. (Rakennustieto Oy 2016.)

Viherkaton kasvialustan orgaanisena aineksena voidaan käyttää mm. kompostia, kaarnaa, turvetta ja kookoskuitua. Epäorgaanisena raaka-aineena käytetään hiekkaa, kevytsoraa, liuske-, kalkki- ja laavakiveä, muovia, savea ja tiilimurskettä. (Tuhkanen, Juhanoja & Salo 2014, 12.)

Viherkaton kasvualustalta vaaditaan yhä enemmän ympäristöystävällisyyttä. Kasvualustamateriaaliksi tavoitellaan paikallisesti tuotettuja ja kierrätysmateriaaleista valmistettuja tuotteita. Kasvualustojen kierrätysmateriaaleina on käytetty mm. betoni- ja tiilimursketta. (Tuhkanen ym. 2014.)

2.1.1 Betonimurska

Betoni rakennusaineena on ollut käytössä maailmassa jo Rooman Pantheonin rakentamisen aikana. Uudelleen sitä alettiin käyttää 1800-luvulla Portland-sementin keksimisen jälkeen. Käyttö levisi nopeasti 1900-luvulla ja Suomessa vanhimmat kohteet ovat viime vuosisadan vaihteen kivitalojen valetut portaikot. Suomen teollistumisen aikana vuosina 1920–50 betoni otettiin käyttöön kaikilla rakentamisen osa-alueilla. (Betoniteollisuus ry n.d.)

Betonimurska on rakenteesta purettua ja murskattua betonia. Siinä on mukana muitakin materiaaleja ja epäpuhtauksia. (Lemola 2018.) Betonijätettä syntyy Suomessa 700 000–1 000 000 tonnia vuositasolla. Jätebetonia kierrätetään Suomessa jo noin 75 % ja se käytetään lähes kokonaan maanrakentamisessa. Betonimursketta on testattu viherrakentamisessa kantavissa kasvualustoissa ja viherkatoilla. Betonin sisältämien epäpuhtauksien ja korkean pH-arvon vaikutukset kasvualustoissa vaativat lisätutkimuksia, jotta se saadaan soveltumaan viherrakentamisen eri käyttötarkoituksiin. (Tuhkanen ym. 2014, 31.)

Hollolassa sijaitseva betoniteollisuuden yritys Rakennusbetoni- ja Elementti Oy on vuonna 1966 perustettu perheyritys. Yritykseen kuuluu kiviaineksia tuottava Hollolan Sora Oy ja sisaryhtiönä valmisbetonia tuottava Mikrobetoni Oy. Valmistettavasta betonimassasta yli 75 % on luonnon kiviainesta. Sementin osuus siitä on 15–20 % ja veden osuus noin 10 %. Yksi kyseisen yrityksen tuotteista on AKO Garden-kasvualusta, joka on kehitetty kierrätysmateriaalia käyttämällä viherkattojen kasvualustaksi. (Rakennusbetoni- ja elementti Oy 2017). Kierrätysmateriaali syntyy tehtaalla kevytsorabetonista valmistettavista väliseinäelementtien tuotannon sivutuotteena (kuva 1). Tuote on kevytsorabetonia, joka koostuu kevytsorasta, sementistä ja hiekasta. Tuote on normaalia betonia kevyempää, emäksistä ja siinä ei ole epäpuhtauksia kuten rakennuspurkujätteessä. Tuote kerätään talteen tuotannon yhteydessä ja murskataan myöhemmin kasvualustaan soveltuvaksi. Kevyenä tuotteena se soveltuu mainiosti viherkattojen kasvualustojen raaka-aineeksi. (Lemola 2018.)



Kuva 1. Tuotannon sivutuotteena syntyvä kevytsorabetoni (Kuoppamäki 2017).

2.1.2 Biohiili

Jo 500–2500 vuotta sitten intiaanit käyttivät biohiiltä ja kompostia maanparannusaineena (Häkkinen 2017, 2). Biohiili on pyrolyysissä syntyvä kiinteä alkuainehiili. Biohiiltä valmistetaan puumateriaalista lämpötilaa nostamalla 300–700 asteeseen ilman happea. Valmistusmenetelmä, -lämpötila ja käytettävä raaka-aine vaikuttavat biohiilen ominaisuuksiin. Tämän vuoksi biohiilen vaikutus maahan riippuu paljon biohiilestä, maaperästä ja kasvavasta kasvista. Biohiiltä ja sen vaikutuksia on tutkittu aktiivisesti kymmenen viime vuoden aikana. Biohiilestä saatava hyöty on nähtävästi suurin entuudestaan vähän hiiltä sisältävillä karkeilla kivennäismaalajeilla. (Vuori & Kangas n.d.) Biohiilen käyttö kasvualustassa tiedetään lisäävän kasvualustan veden pidätyskapasiteettia (International Biochar Initiative 2012). Kasvualustan pohjalle sijoitettu biohiili on tutkitusti vähentänyt ravinteiden huuhtoutumista viherkaton kasvualustasta (Kuoppamäki, Hagner, Lehvävirta & Setälä 2016). Valumaveden määrän fosfori- ja typpipitoisuudet biohiiltä sisältävässä kasvualustassa olivat paljon matalammat kuin verrokkina käytetyssä tiilimurskaisessa kasvualustassa (Kuoppamäki 2017). Biohiiltä sisältävässä maaperässä mikrobit viihtyvät hyvin. Puhdas biohiili ei välttämättä toimi toivotulla tavalla, vaan sen aktivoimiseen tarvitaan esim. mykorritsoja tai lantaa. Biohiili onkin tulossa vauhdilla käyttöön viherrakentamisessa maanparannusvaikutusten ansiosta. (Vuori ym. n.d.) Biohiili on edellä mainittujen hyvien ominaisuuksien lisäksi kevyttä, jolloin se soveltuu hyvin myös viherkattojen kasvualustoihin (Tuhkanen ym. 2014, 26.).

2.1.3 Tiilimurska

Maailmassa tiilen valmistaminen osattiin 2200 ekr. jälkeen Kaksoisvirranmaassa, josta se levisi Lähi-itään ja Välimeren ympäristöön. Täältä tiilen poltto levisi pohjoiseen Eurooppaan keskiajalla. Ensimmäiset tunnetut tiilirakennukset Suomessa on luultavasti 1200-luvun alkupuolelta. (Eklund & Mentu 2004.)

Korjaus- ja uudisrakentamisen seurauksena sekä vanhojen rakennusten purkamisesta syntyy tiilijätettä vuosittain noin 40 000 tonnia. Käytöstä poistettu tiili murskataan ja syntyy tiilimurska. (Vartiainen 2016.) Viherkattojen kasvualustassa tiilimurskasta on saatu hyviä kokemuksia Englannissa ja Saksassa. Tiilimurskan rakenne on hyvin huokoista ja kevyttä. Sen pH-arvo on emäksinen ja vedenpidätyskyky on hyvä. (Tuhkanen ym. 2014.) Englannissa on saatu hyviä tuloksia, kun tiilimurskan sekaan sekoitetun kompostin määrää on nostettu 15 %:sta 25 %:iin. Se on kasvattanut kasvien biomassaa 0,4 g ja korkeutta noin 5 cm. (Molineux, Fentiman & Gange 2009.) Hollolan koeviherkatoilla on tehty myös tutkimusta tiilimurskaisesta kasvualustasta. Aiemmat havainnot antavat syyn olettaa, että kevytsorabetoni pystyisi paremmin pidättämään ravinteita kuin tiilimurska (Kuoppamäki 2017).

2.1.4 Komposti

Kompostointi on hyvin vanhanaikainen menetelmä. Jo muinaiset kreikkalaiset ja roomalaiset lisäsivät sitä viljelyksilleen. (Earth matter. n.d.) Kasvit tarvitsevat ravinteita kasvaakseen terveinä ja vähän hoitoa tarvitsevina. Kompostin lisääminen kasvualustaan on luonnollinen ja pitkäkestoinen lannoitustapa. (Molineux ym. 2009.) Komposti sisältää paljon ravinteita, erityisesti typpeä. Se on myös hyvä ympäristö pieneliöille ja mikrobitoiminnalle. (Tuhkanen ym. 2014, 18.) Biohiileen sekoitettu komposti aktivoi hiilen toimintaa ja tiilimurskaan 25 % sekoitettuna se luo kasville paremmat kasvuedellytykset (Molineux ym. 2009). Kompostin ravinnetaso riippuu siitä, mitkä ovat sen raaka-aineet. Kompostia sisältävistä kasvualustoista tulee ottaa usein näytteitä, jotta laatu säilyy oikeana. Kompostia tullaan käyttämään viherrakentamisessa yhä enemmän sen hyvien ominaisuuksien vuoksi. (Tuhkanen ym. 2014, 18.) Viherkatoilta vaaditaan usein helpohoitoisuutta. Kompostin lisääminen viherkaton kasvualustaan vähentää lannoituksen tarvetta, pitää kasvualustan mururakenteen kasveille otollisena ja kasvun rehevänä. (Molineux ym. 2009.)

2.1.5 Hake

Haketta käytetään kompostin tukiaineena (Tuhkanen ym. 2014, 18). Hake pitää yllä ilmavuutta ja tukee kompostin pitkävaikutteista maanparannusta (Biolan 2017).

2.2 Viherkaton kasvillisuus

Viherkaton kasvillisuus tulee valita huolellisesti niin, että kasvit kestävät ilmastollisesti ja hoidollisesti vaaditut kriteerit. Kaavamääräykset, katon tavoite ja tarkoitus pyritään pitämään kriteereinä kasveja valittaessa. Kasvivalinnoissa tulee ottaa huomioon myös säädökset huleveden käsittelystä, katon kasvuolosuhteet ja kasvien kestävyys. Rakennuksen tyyli, kasvillisuuden katseluetäisyys ja eri näkymät antavat myös rajoja kasvillisuuden valintaan. Kasvualustan paksuus ja ominaisuudet sekä hoitoresurssit ja -kalusto on otettava myös huomioon kasveja valittaessa. (Rakennustieto Oy 2016.)

Viherkattokasvillisuudeksi suositellaan kestäviä kotimaisia lajeja ja lajikkeita. Viherkatolla on vaativat kasvuolosuhteet, kuten tuulisuus, kuivuus, paahde ja pakkanen. Kotimaiset FinE-kasvit ovat turvallisia käyttää, koska niissä on otettu huomioon ilmaston-, taudin- ja tuholaisten kestävyys (Luke 2014). Ne ovat myös näyttäviä ja helppohoitoisia koko kasvukauden. Kotimaisia luonnonkasveja käytettäessä tuetaan myös luonnon monimuotoisuutta. Haitallisia vieraslajeja ei suositella käytettäväksi ollenkaan, koska tuuli ja linnut voivat levittää siemeniä haitallisesti ympäristöön. (Rakennustieto Oy 2016.)

Suomessa erilaisia valmiita maksaruohomattoja on saatavana useammilta toimittajilta (Huuhtanen 2016). Jos tällaista valmista mattoa ei käytetä, niin viherkaton kasvillisuus saadaan astiataimilla ja kylvämällä. Astiataimilla saadaan heti näkyvää kasvillisuutta. Kylvöksillä saadaan laajennettua kasvilajistoa ja tuettua dynaamista ekosysteemiä (Sutton 2015).

2.3 Viherkattojen kasvillisuustutkimuksia Suomessa

2.3.1 Helsingin yliopiston viherkattotutkimusryhmän tutkimus

Viides Ulottovuus - viherkattotutkimusryhmän tohtorikoulutettava Malgorzata Gabrych on tehnyt viherkattojen tutkimusta Suomessa 2011. Tutkimuksessa oli mukana 51 viherkattoa Helsingin alueelta. Tutkimuksessa perehdyttiin viherkaton ominaisuuksien vaikutuksista kasvillisuuteen ja sen peittävyteen. Tutkimukseen otettiin vain ne viherkatot, joiden kattokaltevuus oli max. 14 astetta. Mediaanikattokulmat olivat 4 ja 4,3 astetta. (Gabrych ym. 2016.)

Kasvillisuus inventoitiin 0,5 m x 1 m kokoisista näyteruuduista. Pienimmistä katoista otettiin neljä ja isommista 23 näyteruutua. Jokaisesta näyteruudusta mitattiin kunkin kasvilajin peittävyys 0,2, 0,5, 1, 2, 3, ... 98, 99, 100 % tarkkuudella ja kasvilajit tunnistettiin lajitasolle. Ne kasvilajit, jotka eivät löytyneet näyteruuduilta, mutta löytyivät sen ulkopuolelta, kirjattiin

myös muistiin. Kasvualustan syvyys mitattiin metallisella tikulla. Tiedot katon iästä saatiin omistajien haastatteluista ja viranomaisilta. Katon koko ja korkeus tehtiin eri mittavälineillä (taulukko 1). Tutkimuksesta ei käynyt ilmi, oliko kasvillisuudet istutettu taimista vai kylvetty siemenistä.

Näytteenottojen jälkeen tutkimusryhmä jakoi katot kasvillisuuden mukaan kahteen eri kategoriaan. Katot, joissa oli 0-2 % muita kuin maksaruoho- ja sammallajeja nimettiin *Sedum-moss green roof* (SMR). Katot, joissa oli 3 % tai enemmän muita lajeja kuin maksaruoho- tai sammallajeja, nimettiin *Meadow green roof* (MER). (Gabrych ym. 2016.)

Taulukko 1. Tutkimusryhmän viherkattojen ominaisuudet (Gabrych ym. 2016).

	SMR (<i>n</i> = 22, if not stated otherwise)	MER (<i>n</i> = 28)
Establishment method	22/0	2/26
Substrate depth (cm)	3, 3 (2–5)	11, 10 (3–24)
Substrate pH	7, 7 (6–8; <i>n</i> = 10)	7, 6 (6–8; <i>n</i> = 17)
Substrate organic matter	11, 10 (2–20; <i>n</i> = 10)	17, 16 (7–32; <i>n</i> = 17)
Age (years)	4, 5 (1–10)	12, 10 (2–41)
Size (m ²)	246, 143 (10–559)	133, 53 (9–350)
Height (m)	3, 3 (1–7)	4, 3 (1–11)

Tutkimuksessa löydettiin kaikkiaan 230 kasvilajia, joista 7 oli harvinaisia. Tutkimuksen tuloksista käy ilmi, että kasvualustan syvyys, viherkaton ikä, koko ja korkeus vaikuttavat kasvilajistoon. Ohut kasvualusta ja nuori viherkatto ovat otollisia maksaruohoille ja sammaleille. Paksumpi kasvualusta ja vanhempi viherkatto tukevat puolestaan niittykasvillisuutta. Viherkaton iän vaikutus näkyi siinä, että maksaruohokatolla maksaruohot vähenivät ja sammaleisuus alkoi runsastumaan. Niittymäisemmissä viherkatoissa iän myötä maksaruoholajien osuus pieneni entisestään. (Gabrych ym. 2016.)

Helsingin yliopiston tutkimuksessa SMR-katoilla keltamaksaruohon n. 30 % peittävyys laski 10 vuoden aikana muutama prosenttiin kasvualustan ollessa 5 cm, mutta nousi muutamasta prosentista yli 20 prosenttiin 10 vuoden aikana kasvualustan ollessa vain 2 cm (Gabrych ym. 2016). Sammaleen viherpeitteisyyteen kasvualustan syvyyden kasvu kahdesta kahdeksaan senttimetriin lisäsi vain pientä kasvua n. 0,2 %:iin. Viherkaton koko ja korkeus eivät vaikuttaneet huomattavasti sammalpeitteisyyden kasvuun. (Gabrych ym. 2016.)

MER-katoilla ruohokasvien viherpeitteisyys kasvoi kasvualustan syvyyden ja iän kasvaessa n. 2 %:sta yli 10 %:iin. Puuvartisilla kasveilla peitteisyys kasvoi huomattavasti vasta kasvualustan kasvaessa n. 20 cm eteenpäin n. 0,5 %:sta yli 6 %:iin. Isomaksaruohon viherpeitteisyys näytti alkavan kasvaa jyrkästi vasta n. 20 vuoden ikäisessä viherkatossa n. 1 %:sta yli 10 %:iin. Keltamaksaruohon 6 %:n viherpeitteisyys laski hurjasti ensimmäisen 10 vuoden aikana aina 0 %:iin asti kasvualustan ollessa enemmän kuin 5 cm. Viherkaton koon kasvaessa keltamaksaruohon viherpeitteisyys alkoi kuitenkin kasvaa. Heinien viherpeitteisyys alkoi kasvaa 5 %:sta n. 20 vuoden iästä eteenpäin yli 80 %:iin. Kasvualustan syvyyden kasvu 5 cm:stä eteenpäin kasvatti heinien peittoa vahvasti. Viherkaton koon muuttuessa suuremmaksi heinien peitteisyys alkoi laskea 2 %:sta lähes 0 %:iin, kun taas katon korkeuden kasvaessa 4 m:stä eteenpäin heinämäisyys lisääntyi 0 %:sta yli 5 %:iin. (Gabrych ym. 2016.)

Maksaruohoisten viherkattojen kasvualustojen pH-arvot olivat 7 ja orgaanisen aineksen osuus 11 %. Niittymäisempien viherkattojen kasvualustojen pH-arvot olivat 7 ja orgaanisen aineksen osuus kasvualustasta oli 17 %. (Gabrych ym. 2016.)

2.3.2 Opinnäytetyö viherpeitteisyyden muutoksesta asennuksen jälkeisinä vuosina viherkatoilla

Susanna HUUHTANEN on tehnyt syksyllä 2016 opinnäytetyön *Ekstensiiviset viherkatot*. Siinä tavoitteena on ollut tutkia Suomessa 2012 saatavilla olevia viherkattotuotteita ja niiden menestymistä jyrkillä kattokulmilla. Leppäälle rakennettujen näyteviherkattojen viherpeitteisyyden muutoksista vuosina 2012–2016 saatiin myös laskettuja tuloksia. Tutkimuksessa perehdyttiin 1:3 (18 astetta) jyrkissä kattokulmissa ja ääriolosuhteissa oleviin kylmiin viherkattoihin, joiden alla ei ollut eristeitä (Huuhtanen 2016.) Opinnäytetyössä ei eritelty erikseen, mitä kasvilajikkeita viherkatoilla kasvoi, mutta siitä käy ilmi, että viherkatot sisälsivät maksaruoholajikkeita, samalta ja heiniä.

Tutkimus tehtiin käyttäen kvalitatiivista tutkimusmenetelmää kuva-aineistoa havainnoimalla. Viherpeitteisyyden laskemisessa käytettiin kvantitatiivista tutkimusmenetelmää.

Tutkimustuloksista nähdään, että jyrkillä kattokulmilla kasvuolosuhteet muuttuvat vuosien saatossa sammalleille otollisemmaksi. Tämä kasvattaa kokonaisviherpeitteisyyden osuutta huomattavasti. Maksaruohot näyttivät kasvattavan viherpeitteisyyttä hankalien alkuvuosien jälkeen, mutta tämä edellytti ohjeistuksien mukaista hoitoa. Viherpeitteisyys vaihteli 16–88 % välillä. (Huuhtanen 2016.)

Kasvualustoina käytettiin erilaisia markkinoilla olevia viherkatoille soveltuvia kasvualustoja. Testauksessa oli Kekkilän Viherix-kattomulta, joka sisälsi poltettua savirouhetta. Yksi kasvualusta oli kierrätysmateriaalia, jossa oli

lasivillaa, kompostimultaa ja kivennäismaata. Osassa viherkattoja oli kasvualustana turvemultaa ja turvehuopamattoa. (Huuhtanen 2016.) Kasvualustojen merkityksestä viherpeitteisyyteen ei ollut erikseen tehty vertailua.

3 TUTKIMUSALUE- JA MENETELMÄT

3.1 Tutkittava viherkatto

Sijainti

Tämän opinnäytetyön tutkimuskohde sijaitsee Helsingin yliopiston perustamalla koeviherkatolla Hollolassa (60.99° N, 25.41° E) Rakennusbetoni- ja Elementti Oy:n teollisuushallin katolla (kuva 2). Katon pinta-ala on 84 m² ja sen kaltevuus on 1:100. (Kuoppamäki & Hagner 2016.)



Kuva 2. Ilmakuva viherkatosta (Hallikainen Sami).

Koeasetelman rakenne

Koeviherkatto on perustettu syyskuussa 2016 Helsingin yliopiston toimesta. Viherkaton rakenne koostuu kasvualustasta, järviruo'osta, huovasta ja muovikatteesta (kuva 3).



Kuva 3. Viherkaton rakenne (Kuoppämäki Kirsi).

Koeala sisältää 25 kpl erillistä koelaatikkoa, joiden koko on 1,6 m x 2,1 m. Laatikot ovat numeroitu ja niihin kasvualustat on valittu satunnaisessa järjestyksessä (kuva 4). Laatikoiden kasvualustoina on kolme erilaista kasvualustaa (kuva 5). Laatikoista 20 kpl on kevytsorabetonikasvualustalla ja näistä puolet sisältää biohiiltä. Laatikoista 5 kpl on tiilimurskaisella kasvualustalla. Näihin on istutettu astiataimina kahdeksan eri kasvilajia ja kylvetty 13 lajin siemenet (taulukko 2). Taimien istuttamisessa on käytetty viisi erilaista istutussuunnitelmaa (liite 1). Kasvien järjestys satunnaistettiin niin, että viisi erilaista kasvijärjestystä arvottiin kuhunkin kasvualustaan. Jokaiseen laatikkoon on istutettu 48 tainta ja siemenkylvö on tehty taimien väliin. Kasvilajit jakaantuivat laatikoihin niin, että ketoneilikkaa, ahomansikkaa, mäkimeiramia ja kangasajuruohoa istutettiin kutakin lajia 8 kpl. Rantalaukkaneilikkaa, niittyhumalaa, keltamaksaruohoa ja mäkitervakkoa istutettiin 4 kpl jokaiseen laatikkoon.

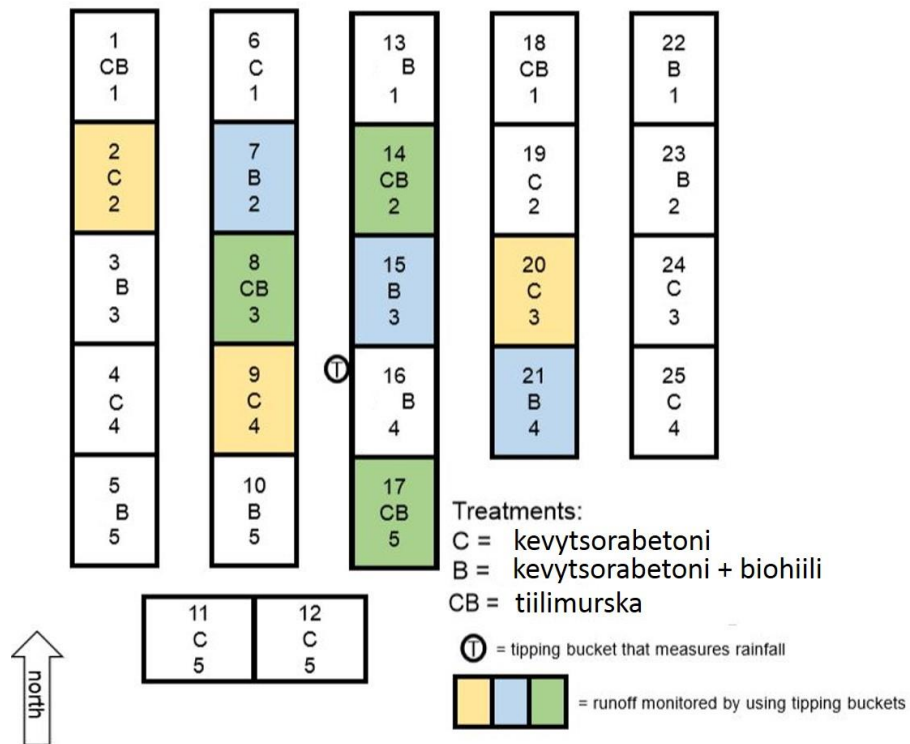
Taulukko 2. Käytetyt kasvilajit

Taimet

rantalaukkaneilikka - <i>Armeria maritima</i>	4 kpl / laatikko
ketoneilikka - <i>Dianthus deltoides</i>	8 kpl / laatikko
ahomansikka - <i>Fragaria vesca</i>	8 kpl / laatikko
mäkimeirami - <i>Oreganum vulgare</i>	8 kpl / laatikko
niittyhumala- <i>Prunella vulgaris</i>	4 kpl / laatikko
keltamaksaruoho - <i>Sedum acre</i>	4 kpl / laatikko
kangasajuruoho - <i>Thymus serpyllum</i>	8 kpl / laatikko
mäkitervakko - <i>Viscaria vulgaris</i>	4 kpl / laatikko

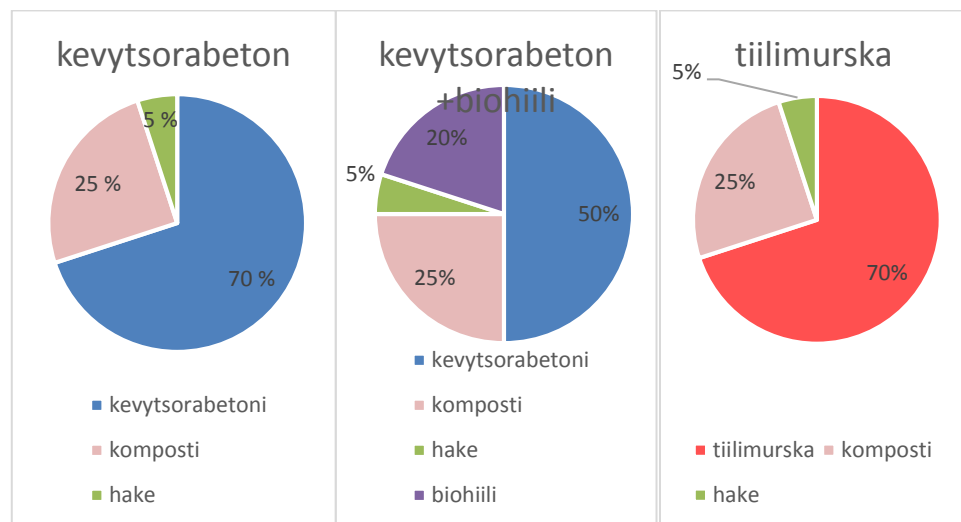
Siemenet

nurmiorilli - <i>Agrostis capillaris</i>	lampaannata - <i>Festuca ovina</i>
peurankello - <i>Campanula glomerata</i>	keltamatara - <i>Galium verum</i>
kissankello - <i>Campanula rotundifolia</i>	isomaksaruoho - <i>Hylotelephium telephium</i>
ahdekaunokki - <i>Centaurea jacea</i>	päivänkakkara - <i>Leucanthemum vulgare</i>
hietaneilikka - <i>Dianthus arenarius</i>	puna-ailakki - <i>Silene dioica</i>
neidonkieli - <i>Echium vulgare</i>	jänönäpila - <i>Trifolium arvense</i>
	keto-orvokki - <i>Viola tricolor</i>



Kuva 4. Laatikoiden numerointi ja niissä olevat kasvualustat.

Kevytsorabetonisessa kasvualustassa on kevytsorabetonia 70 %, kompostia 25 % ja haketta 5 % (kuva 5). Näitä laatikoita on 10 kpl. Kasvualustan pH-arvo oli alussa 11,6, mutta vuoden päästä pH oli enää reilu 9 (Hagner 2018). Biohiililisätyssä kasvualustassa kevytsorabetonin määrä on 50 %, biohiilen määrä on 20 % ja kompostia 25 % + haketta 5 % (kuva 5). Tätä kasvualustaa olevia laatikoita on 10 kpl ja maan pH-arvo on 11,4. Tiilimurskapohjaisia laatikoita on 5 kpl. Tiilimurskaisessa kasvualustassa on 70 % tiilimurskaa, 25 % kompostia ja 5 % haketta (kuva 5). Tämän kasvualustan pH-arvo on 8,7.



Kuva 5. Kasvualustojen koostumukset.

Kevytsorabetoni on Rakennusbetoni- ja elementin tuotannosta syntyvä sivutuote, joka sisältää kevytsoraa, sementtiä ja vähän hiekkaa. Komposti on Biolanin hevosen lantaa. Hake on männyn kuorta ja haketta. Biohiili on Biolanin tuotantoa, jonka raaka-aineena on käytetty lehtipuuta (haapa, leppä, koivu ym.) ja se on valmistettu hidaspölyyksi prosessilla noin 450 C:ssa. (Hagner 2018.)

Viherkaton hoito

Tutkimuksessa olevaa viherkattoa ei hoideta ollenkaan. Vuosien ajan seurannassa halutaan tutkia, kuinka kasvit menestyvät ilman mitään hoitoa ja mitä kasveja tulee ympäristöstä.

3.2 Tutkimusmenetelmät

Laatikoihin oli siis sekä istutettu astiataimia että kylvetty siemeniä, jotta saatiin heti kasvillisuutta ja kylvöksillä kasvilajirunsautta. Astiataimien kasvilajien menestymistä tutkittiin kasvilajien inventoimisella kesäkuun ja syyskuun alussa. Havainnointi kirjattiin kolmella eri asteikolla; 1 = elossa, 0,5 = heikko ja 0 = kuollut (kuva 6). Samassa laatikossa kasvaa useampia samaa kasvilajia olevia taimia, joten jokaisen kasvin arvosta laskettiin kasvilajille keskiarvo kustakin laatikosta (liite 2). Samassa kasvualustassa kasvavien kasvilajien arvoista laskettiin vielä keskiarvo. Tällöin saatiin kunkin astiataimen menestymisestä kuvaaja, josta voidaan päätellä kasvin menestyminen erikseen talvesta ja kasvukaudesta eri kasvualustoissa. Kuvaajaan lisättiin myös keskihajonta. Jos arvoksi saatiin 1, niin enintään 5 % oli kuollut tai enintään 10 % oli heikkoja. Jos arvo oli 0,5, niin enintään 55 % oli kuollut tai enintään 90 % oli heikkoja. Jos arvoksi saatiin 0, niin enintään 5 % oli elossa. Syyskuun alussa tehdyn inventoinnin yhteydessä arvioitiin silmä määräisesti myös kasvien kukinnan jälkeisten lehtien kunto. Lehdet jaoteltiin huonokuntoisiksi tai hyväkuntoisiksi ja mahdollinen ruska kirjattiin myös.

0,5Origanum0,5	0,5 Thymus 0,5	0,5Dianthus 1	1 Thymus 0,5	1 Dianthus 1	1 Viscaria 1	9.6.2017 0=kuollut 0,5=heikko 1=elossa
1 Dianthus 1	1 Dianthus 1	0,5Origanum 0	1 Dianthus 1	0,5 Thymus0,5	0,5 Prunella 1	
0,5Origanum0,5	1 Prunella 1	1 Sedum 1	0 Origanum 0	0 Origanum 0	1 Armeria 1	
1 Sedum 1	1 Fragaria 1	0,5 Thymus 0,5	0,5 Prunella 1	0,5 Thymus 0,5	1 Fragaria 1	6.9.2017 0=kuollut 0,5=heikko 1=elossa
1 Fragaria 1	1 Armeria 0,5	0,5Thymus 0,5	1 Sedum 1	1 Fragaria 1	0 Origanum 0	
0 Prunella 1	0,5 Dianthus 1	1 Fragaria 1	0Origanum 0	1 Armeria 1	1 Dianthus 1	
0 Viscaria 0	1 Sedum 1	1 Armeria 1	1 Viscaria 1	1 Dianthus 1	1 Fragaria 1	
0 Thymus 0	0,5Origanum 0	0,5 Thymus 0,5	1 Fragaria 1	1 Fragaria 1	0 Viscaria 0	

Kuva 6. Esimerkki yhteen laatikkoon tehdystä inventointimenetelmästä 9.6.17 ja 6.9.17.

Viherpeitteisyys laskettiin jokaisesta laatikosta kehikon sisältä, jonka koko oli 0,5 x 1 m (kuva 7). Kehikon asettelusta koelaatikkoon sovittiin niin, että






se asetellaan aina keskelle ja laatikon pohjoisreunalta 30 cm päähän. Viherpeitteisyys arvioitiin suoraan ylhäältä päin mittaa apuna käyttäen niin, että sekä astiataimien että kylvettyjen taimien peittämät pinta-alat laskettiin yhteen ja summaa verrattiin kehikon kokonaisalaan. Koska kasvit saattoivat olla hieman päällekkäin tai lomittain, niin kasvilajikohtaiset peittävydet ovat suuntaa antavia eikä kovin tarkkoja. Kaikki laatikot inventoitiin samalla periaatteella, joten tulokset ovat kuitenkin vertailukelpoisia (liite 3, 4 ja 5). Peittävyysprosenttiskaalana käytettiin samaa kuin Helsingin yliopistolla käytössä ollut eli 0.2, 0.5, 1, 2, 3, ... 98, 99, 100 %. Alle 1 % saaneet pyöristettiin joko 0.2, 0,5 tai 1 %. Yli 1 % arvoksi saaneet pyöristettiin kokonaiseen prosentteihin. Kasvilajikohtaisissa peittävydessä laskettiin myös mittaamalla yhden astiataimen peittävyys kehikon sisältä ja sitä verrattiin kehikon kokonaisalaan. Kehikon sisällä oli siis 8 tainta ja siinä saattoi olla useampi taimi samaa lajia. Tällöin yhden taimen peittävyys saatiin laskeamalla pinta-aloista keskiarvo ja vertaamalla sitä kehikon kokonaisalaan (kuva 8). Ahomansikka saattoi saada tiilimurskaisissa laatikoissa peittävydeksi 5 %, 3 %, 5 %, 5 % ja 3 %. Näistä prosenteista laskettiin vielä keskiarvo. Tällöin saatiin jokaisesta astiataimien peittävydestä eri kasvualustassa kuvaaja, jossa jokaisen astiataimen osuus kehikon sisällä oli 12,5 % istutetuista taimista (kuva 17). Siementaimista laskettiin niiden kokonaispeitteisyys laskemalla kaikki saman lajin pienten taimien peitteisyys yhteen ja verrattiin sitä kehikon kokonaispinta-alaan. Sammaleen peitteisyys arvioitiin silmämääräisesti 10 x 10 cm alueelta.

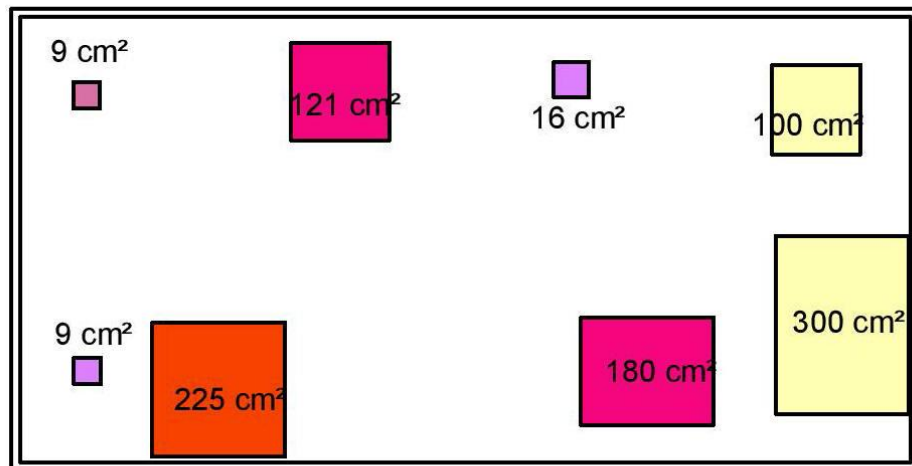
Kustakin kasvualustasta tehtiin myös kuvaajat, joista näkee viherpeitteisyydet kaikissa kyseisissä olevissa laatikoissa (kuva 22, 23 ja 24). Kunkin kasvualustan viherpeitteisyyksistä laskettiin vielä keskiarvo, jolloin saatiin vertailu kasvualustojen viherpeitteisyyksistä (kuva 25).



Kuva 7. Kehikko, jonka sisältä laskettiin viherpeitteisyys (Rantanen 2017)

YHDEN ASTIATAIMEN PEITTÄVYYS:

	ahomansikka yhteensä 400 cm ² , keskiarvo 200 cm ² = 4 %
	mäkimeirami 25 cm ² , keskiarvo 12,5 cm ² = 0,25 %
	ketoneilikka 301 cm ² , keskiarvo 150,5 cm ² = 3 %
	niittyhumala 9 cm ² = 0,18 %
	mäkitervakko 225 cm ² = 4,5 %



Laatikon pinta-ala 0,5 m²= 5000 cm²

Kuva 8. Esimerkki astiataimen peittävyyslaskennasta.

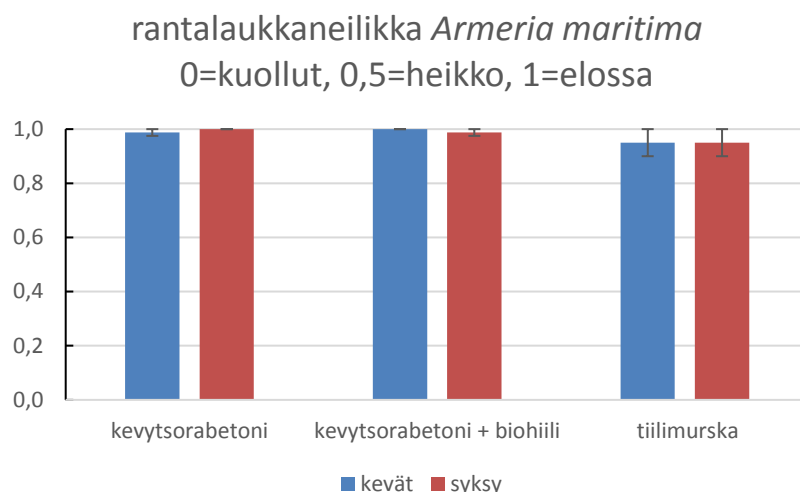
4 TULOKSET

4.1 Astiataimien inventointitulokset

Rantalaukkaneilikka *Armeria maritima*

Rantalaukkaneilikka selviytyi talvesta oikein hyvin. Syksyllä kukinnan jälkeen kasvustot näyttivät hyväkuntoisilta muutamaa yksilöä lukuun ottamatta.

Kasvualustasta ei näyttänyt olevan merkitystä rantalaukkaneilikan selviytymiseen talvesta ja kasvukaudesta. Tiilimurskaisessa kasvualustassa oli yksi kuollut taimi (kuva 9).

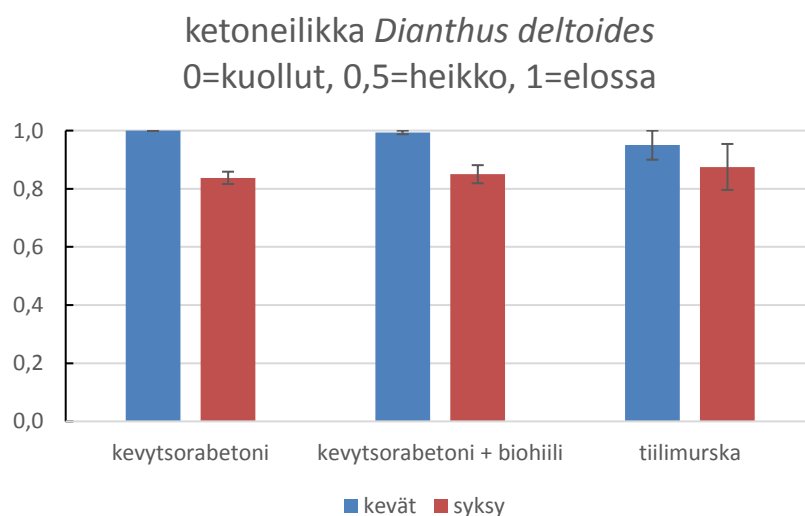


Kuva 9. Rantalaukkaneilikan menestyminen eri kasvualustoissa ja tulosten keskihajonta.

Ketoneilikka *Dianthus deltoides*

Keväällä ketoneilikka näytti hyväkuntoiselta eikä talvi ollut vaurioittanut sitä. Ainoastaan tiilimurskaisessa kasvualustassa löytyi yksi kuollut taimi. Syksyllä oli kuitenkin huomattavissa pientä heikkoutta kasvussa (kuva 10). Muutamia yksilöitä lukuun ottamatta lähes jokaisella yksilöllä oli huonokuntoisuutta, joka ilmeni lehdistön osittaisella ruskettumisella.

Koska syksyllä ketoneilikassa lähes joka laatikossa oli havaittavissa kasvussa huonokuntoisuutta, niin kasvualustalla ei näyttänyt olevan suurta merkitystä menestymiseen.

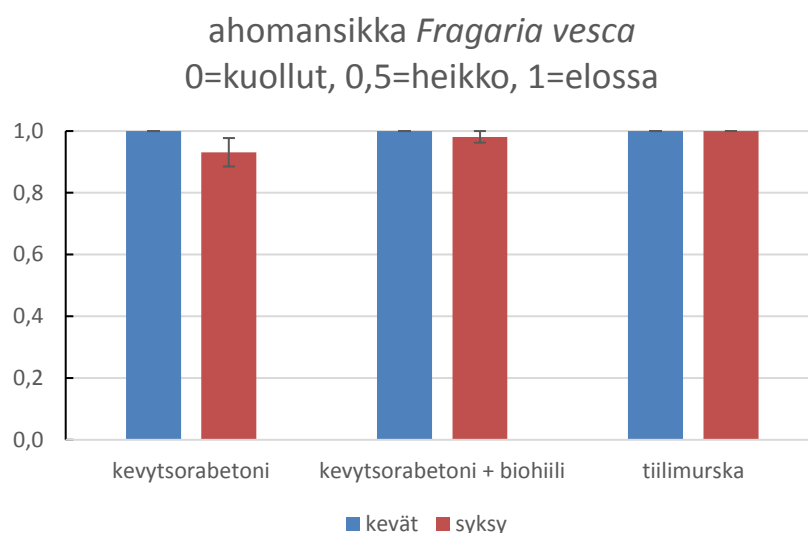


Kuva 10. Ketoneilikan menestyminen eri kasvualustoissa ja tulosten keskihajonta.

Ahomansikka *Fragaria vesca*

Ahomansikka oli talven jäljiltä hyväkuntoinen (kuva 11). Ei ollut nähtävissä mitään vaurioita, kuten ei myöskään syksyllä. Vain muutaman taimen kasvustossa oli pientä huonokuntoisuutta, joka ilmeni lehtien ruskettumisella. Kukinnan päätyttyä lehdet pysyivät myös hyväkuntoisina ja syyskuun alussa oli havaittavissa pientä ruskaa.

Ahomansikka näytti menestyvän jokaisessa eri kasvualustassa. Kevytsora-betonisissa laatikoissa oli nähtävissä muutamien ahomansikoiden kasvu-kauden huonokuntoisuus.



Kuva 11. Ahomansikan menestyminen eri kasvualustoissa ja tulosten keskihajonta.

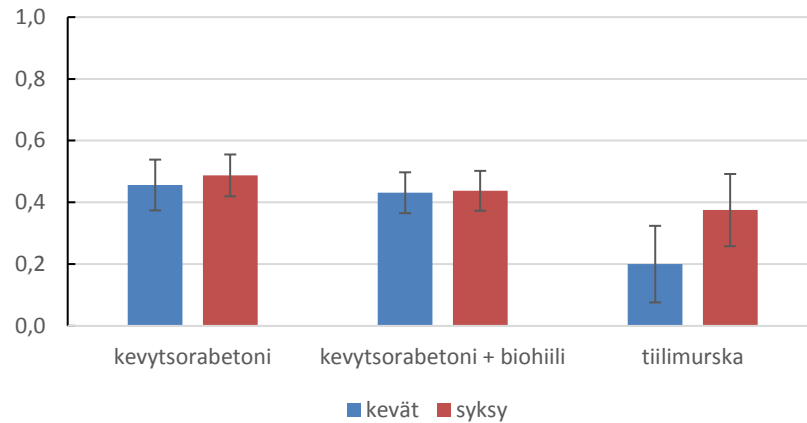
Mäkimeirami *Origanum vulgare*

Useammassa laatikossa kesäkuun alussa mäkimeiramit näyttivät kuolleilta, mutta syksyllä muutamissa taimissa oli alkanut kasvua (kuva 12). Osa huonokuntoisista elpyi kasvukauden aikana hyväkuntoisiksi. Syyskuun alussa useimmissa taimissa oli havaittavissa lehtien syysväritystä.

Kasvualustoista tiilimurskapohjaisesta oli talven jäljiltä kuollut eniten mäkimeiramin taimia, mutta kasvukauden edetessä huonokuntoiset taimet voimistuivat. Mäkimeirami menestyi kevytsorabetonisessa kasvualustassa paremmin kuin tiilimurskaisessa kasvualustassa. Biohiilen lisäys näytti vaikuttavan negatiivisesti kasvuun, mutta ei kuitenkaan merkittävästi.

mäkimeirami *Origanum vulgare*

0=kuollut, 0,5=heikko, 1=elossa



Kuva 12. Mäkimeiramin menestyminen eri kasvualustoissa ja tulosten keskihajonta.

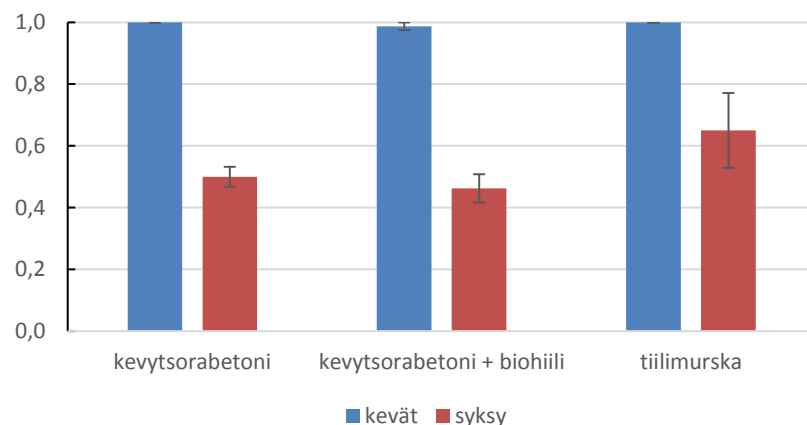
Niittyhumala *Prunella vulgaris*

Kesäkuun alussa jokaisessa kasvualustassa niittyhumalan kasvu näytti hyvältä, mutta vastaavasti syyskuussa kaikissa kasvualustoissa kasvusto oli huonokuntoista (kuva 13). Huonokuntoisissa taimissa lehdet olivat rusketuneet lähes kokonaan.

Tiilimurskaisissa kasvualustoissa kasvusto ei ollut mennyt ihan niin paljon ruskeaksi kuin kevytsorabetonisissa kasvualustoissa.

niittyhumala *Prunella vulgaris*

0=kuollut, 0,5=heikko, 1=elossa

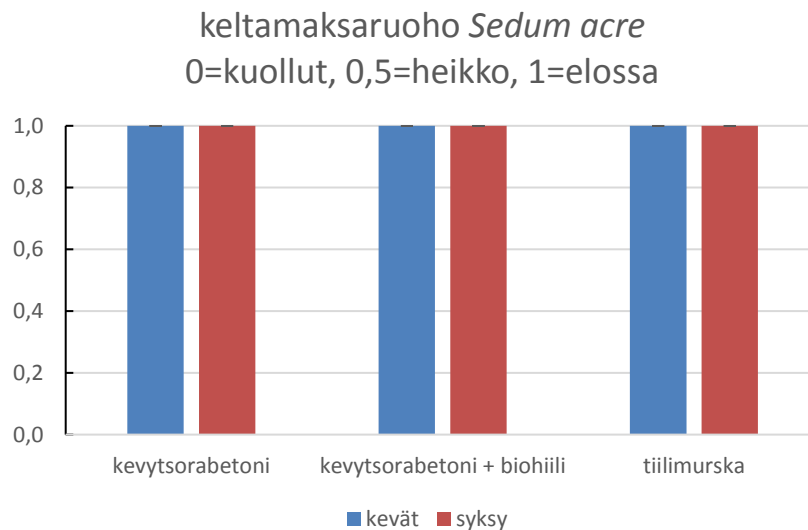


Kuva 13. Niittyhumalan menestyminen eri kasvualustoissa ja tulosten keskihajonta.

Keltamaksaruoho *Sedum acre*

Keltamaksaruoho oli hyväkuntoinen sekä kesäkuun että syyskuun alussa (kuva 14). Kukinnan jälkeen lehdistö oli myös hyväkuntoista. Syyskuun alussa lehdistö oli saanut kellertävää syysväriä.

Kasvualustalla ei ollut merkitystä taimien menestymiseen.

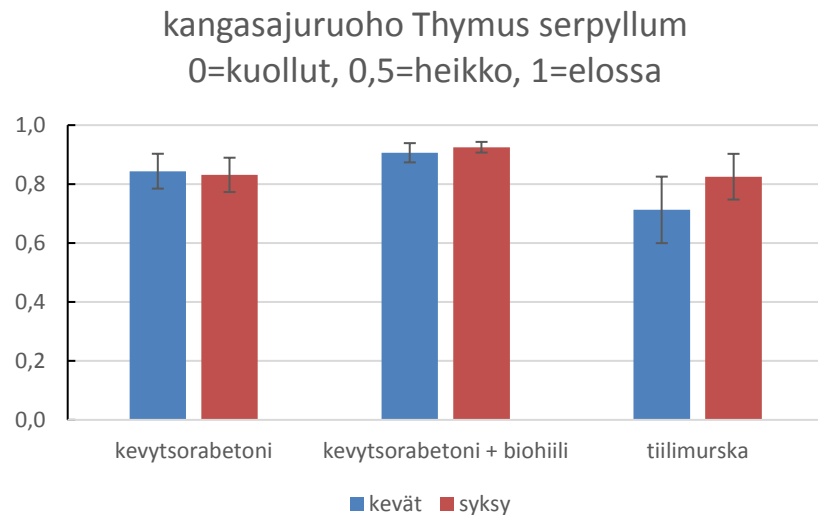


Kuva 14. Keltamaksaruohon menestyminen eri kasvualustoissa ja tulosten keskihajonta.

Kangasajuruoho *Thymus serpyllum*

Osasta kangasajuruohon taimista oli havaittavissa talven jäljiltä huonokuntoisuutta (kuva 15). Pienet ikivihreiden lehtien ruskettumiset saattoivat tehdä kasvustosta vähän kuivan näköisiä. Syyskuussa taimet näyttivät kuitenkin hyvin elinvoimaisilta, vaikkakin ikivihreät lehdet olivat hieman kellertävät.

Pientä taantumaa oli havaittavissa laatikoissa, joissa kasvualustassa oli tiilimurskaa. Menestymisen heikkous näissä laatikoissa näkyi jo keväällä talven jäljiltä. Kangasajuruoho näyttäisi hyötyvän biohiilen lisäyksestä kasvualustaan.

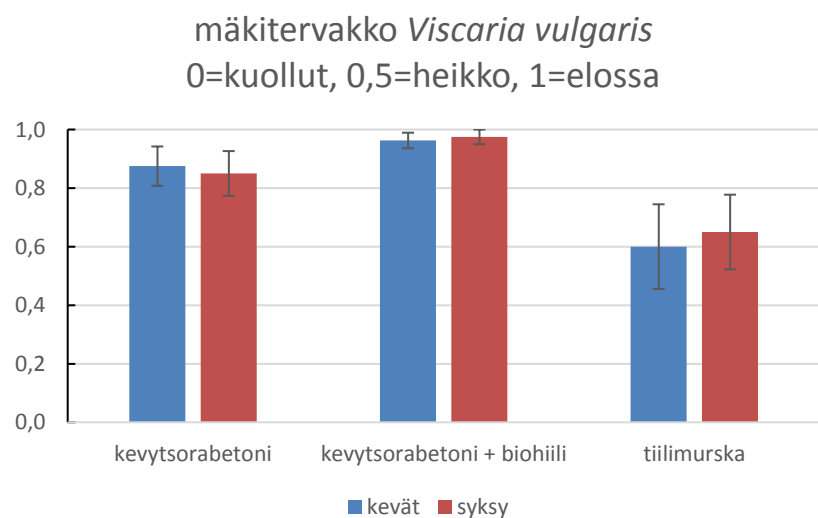


Kuva 15. Kangasajuruohon menestyminen eri kasvualustoissa ja tulosten keskihajonta.

Mäkitervakko *Viscaria vulgaris*

Osa mäkitervakoista kesäkuun alussa näytti huonokuntoiselta (kuva 16). Niiden lehdistä osa oli ruskeita. Näistä taimista osa vahvistui kuitenkin kasvukauden edetessä. Talvesta säilyneet kasvit säilyttivät kauniin lehtimäsänsä myös kukinnan jälkeenkin ja olivat hyväkuntoisia.

Talven huonosti kestäneitä taimia oli eniten tiilimurskapohjaisessa kasvualustassa, vaikkakin kasvu hieman voimistui kasvukauden edetessä. Mäkitervakko näyttäisi hyötyvän biohiilen lisäyksestä kasvualustaan selviytyessään talvesta ja kasvukaudesta.



Kuva 16. Mäkitervakon menestyminen eri kasvualustoissa ja tulosten keskihajonta.

4.2 Astiataimikohtaiset viherpeitteisyydet

Rantalaukkaneilikan kasvustot peittivät kasvualustaa hitaasti. Yhden taimen peitteisyys oli 1,5–2,0 %. Kasvualustalla ei näyttänyt olevan suurta merkitystä rantalaukkaneilikan peitteisyyteen. Tiilimurskaisella kasvualustalla rantalaukkaneilikka peitti hieman enemmän kuin kevytsorabetonisissa kasvualustoissa (kuva 17). Biohiilen lisäyksellä ei näyttänyt olevan merkitystä rantalaukkaneilikan viherpeitteisyyteen.

Ketoneilikan yhden kasvukauden peittävyys oli 1,3–2,3 %. Biohiilisessä kasvualustassa ketoneilikan peittävyys oli muita kasvualustoja huonompi (kuva 17). Ketoneilikka peitti kasvualustaa tiilimurskaisessa kasvualustassa parhaiten.

Ahomansikan jokaisesta taimesta oli lähtenyt useampia pieniä rönsyjä, josta oli havaittavissa ahomansikan nopea leviäminen. Ahomansikan peitteisyys oli 3,0–5,6 %. Tiilimurskaisessa kasvualustassa ahomansikan peittävyys oli huomattavasti suurempi kuin muissa kasvualustoissa (kuva 17). Biohiilen lisäyksellä ei näyttänyt olevan vaikutusta ahomansikan peitteisyyteen.

Mäkimeiramin pensasmainen, pysty ja harva kasvutapa ei peittänyt kasvualustaa tehokkaasti. Peittävyys oli 0,4–1,1 %. Kasvualustojen merkityksen vertailussa mäkimeirami peittävyys oli hieman huonompi biohiilisessä kasvualustassa kuin muissa kasvualustoissa (kuva 17).

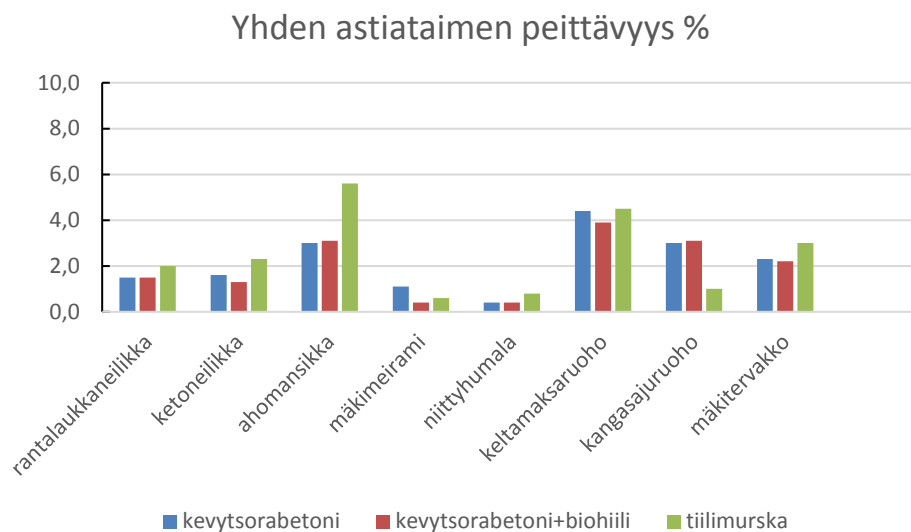
Maanpäällisillä rönsyillä ja siementämällä niittyhumala peitti kasvukaudella kasvualustaa tehokkaasti, mutta syyskuun peittävyyslaskennassa ruskeaksi menneet lehdet laskivat niittyhumalan peittävyttä runsaasti. Peittävyys oli 0,4–0,8 %. Tiilimurskaisessa kasvualustassa peittävyys oli hieman parempi kuin kevytsorabetonisissa kasvualustoissa (kuva 17). Biohiilellä ei näyttänyt olevan vaikutusta niittyhumalan peitteisyyteen.

Keltamaksaruohon kasvu näytti olevan rehevää ja se ehti hyvin myös leviämään. Leviämisen helppoutta kertoi myös se, että pieniä siementaimia löytyi polulta, jossa oli pelkästään muovia ja kiviä. Keltamaksaruohon peittävyys oli 3,9–4,5 %. Pientä eroavaisuutta näytti olevan biohiilisessä kasvualustassa, jossa oli hieman pienempi peittävyys (kuva 17).

Maanmyötäisillä juurehtivilla rönsyillä leviävä kangasajuruoho peitti kasvualustaa 1,0–3,1 %. Kangasajuruohon peittävyys tiilimurskaisessa kasvualustassa oli huomattavasti huonompi kuin muissa kasvualustoissa. (kuva 17). Biohiili näyttäisi lisäävän kangasajuruohon viherpeitteisyyttä.

Mäkitervakon lehtiruusuke näytti hyvin samanlaiselta koko kasvukauden, joten sen kasvualustan peittävyys näytti melko hitaalta. Viherpeitteisyys mäkitervakolla oli 2,2–3,0 %. Tiilimurskaisessa kasvualustassa mäkitervakon peittävyys oli suurempi kuin kevytsorabetonisissa kasvualustoissa

(kuva 17). Biohiilen lisäyksellä kasvualustaan ei näyttänyt olevan juurikaan vaikutusta mäkitervakon viherpeitteisyyteen.

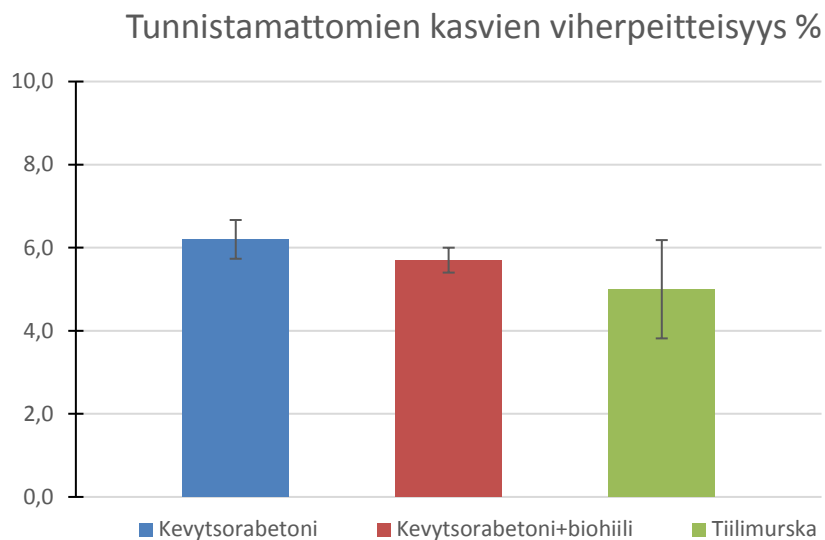


Kuva 17. Yksittäisten astiataimien viherpeitteisyysprosenttien keskiarvot eri kasvualustoissa.

4.3 Kylvetyt siemenet

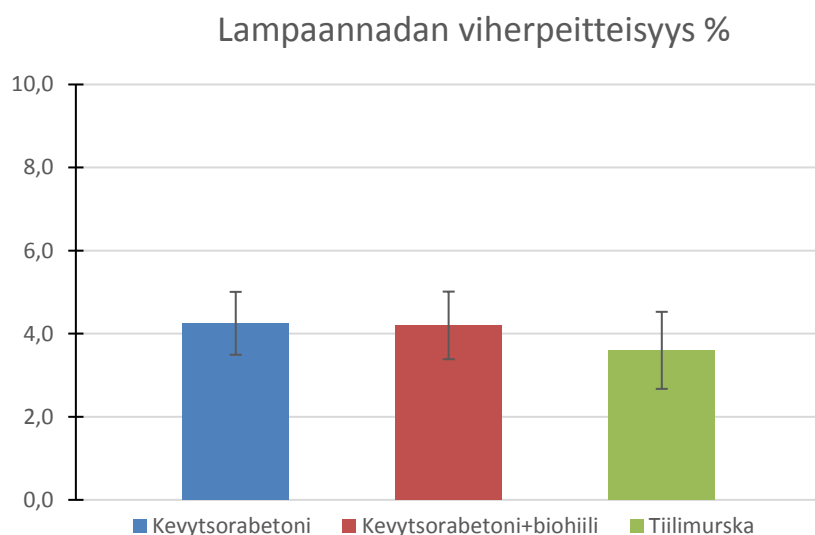
Syksyllä 2016 siemenestä kylvetyistä 13 kasveista kesäkuun alussa ei ollut vielä havaittavissa kasvua. Syyskuun alussa laatikoista löytyi kylvetyistä siemenistä tunnistettavasti seitsemää eri kasvilajia.

Nopeimmat siemenistä kasvavista lajeista olivat puna-ailakki ja lampaan-nata. Näistä oli havaittavissa kymmeniä taimia kehikon sisällä. Yksittäisiä tunnistettavia taimia löytyi kehikon sisältä myös päivänkakkarasta ja isomaksaruohosta. Keltamatarasta ja keto-orvokista löytyi vain yhdet taimet. Nurmirölliä löytyi muutaman kehikon sisältä muutama taimi. Kooltaan keskimäärin 0,3–0,5 cm kokoisia tunnistamattomia pieniä taimia oli kehikon sisällä runsain määrin. Ne peittivät kasvualustaa 5,0–6,2 %. Kasvualustan merkityksestä pienten taimien määrään oli havaittavissa, että tiilimurskai-sessa kasvualustassa niitä oli vähiten (kuva 18).



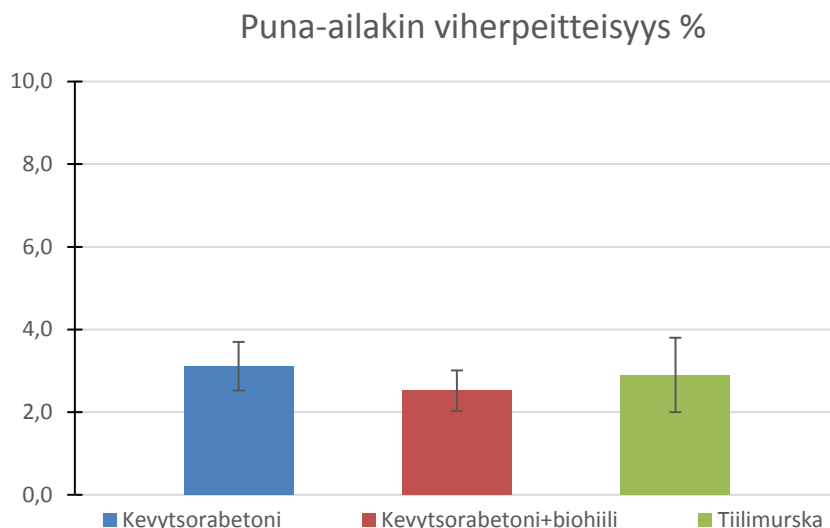
Kuva 18. Pienten tunnistamattomien kasvien viherpeitteisyyksien keskiarvot.

Lampaannadan kasvuunlähtöön eri kasvualustat eivät näyttäneet vaikuttavan suurempia eroja (kuva 19). Viherpeitteisyys oli 3,6–4,3 %. Lampaannadan taimia oli muutamaa laatikkoa lukuun ottamatta runsain määrin. Tiilimurskaisissa kasvualustoissa viherpeitteisyys oli hieman alhaisempi kuin muissa kasvualustoissa.



Kuva 19. Lampaannadan viherpeitteisyys eri kasvualustoissa.

Puna-ailakin viherpeitteisyys oli 2,5–3,1 % (kuva 20). Puna-ailakista oli myös havaittavissa runsas taimien määrä. Isohkot tyvilehdet peittivät kasvualustaa hyvin. Biohiili näytti laskevan hieman puna-ailakin viherpeitteisyyttä.

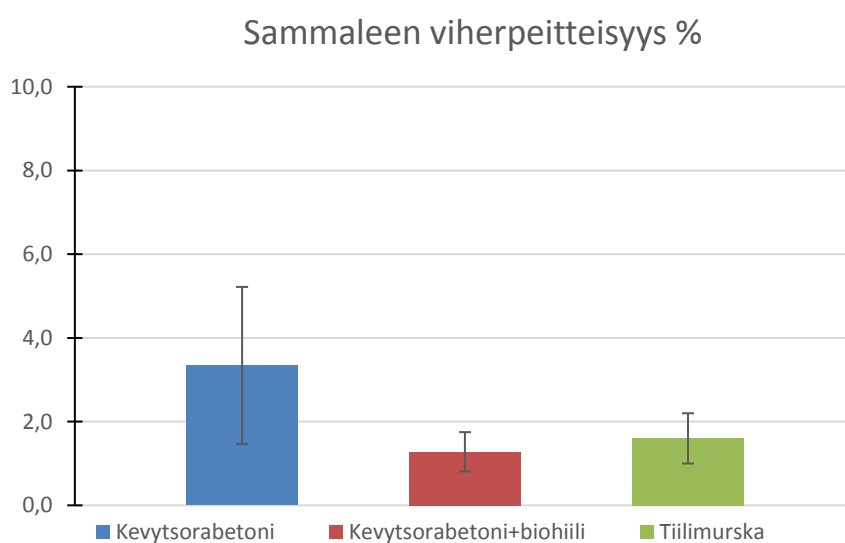


Kuva 20. Puna-ailakin viherpeitteisyys eri kasvualustoissa.

4.4 Rikkaruohot ja sammaleet

Joissakin laatikoissa oli havaittavissa yksittäisiä kasveja, joita ei ollut istutettu tai kylvetty. Sikurikasvi-, apila- ja horsmalajista oli yksittäiset taimet nähtävissä. Saunakukasta ja hevонhierakasta oli myös yhdet taimet havaittavissa. Kymmenestä laatikosta keuhkon sisältä löytyi myös sienilaji.

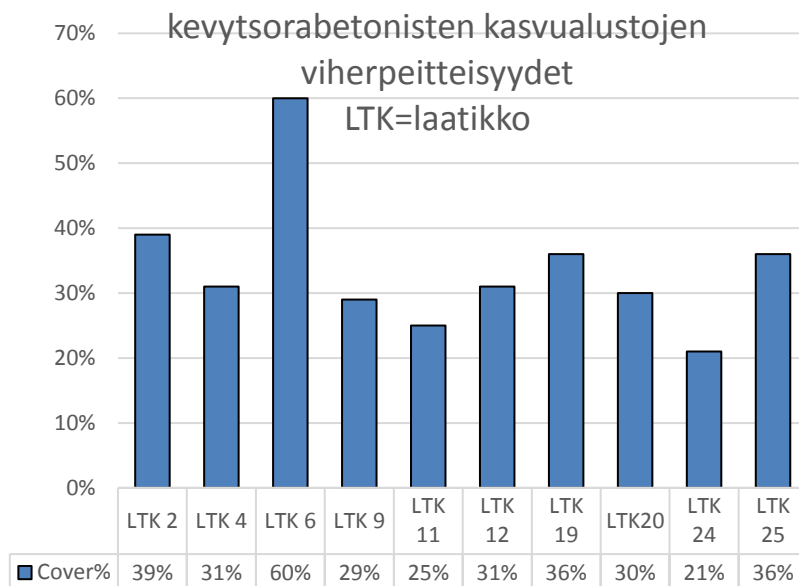
Sammaleen viherpeitteisyys oli 1,3–3,3 %. Biohiilisessä kasvualustassa oli sammalta vähemmän kuin kahdessa muussa kasvualustassa ja kevytsorabetonisessa kasvualustassa viherpeitteisyys oli korkein (kuva 21) .



Kuva 21. Sammaleen määrä eri kasvualustoissa.

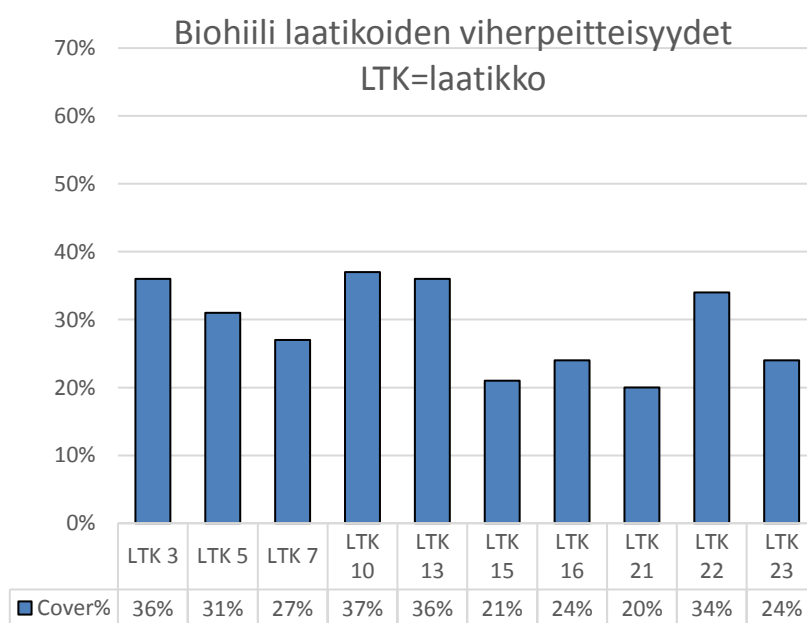
4.5 Kasvualustojen viherpeitteisyys

Kevytsosementin kasvualustojen viherpeitteisyydet vaihtelivat 21–60 % välillä (Liite 3). Laatikossa numero 6 viherpeitteisyyttä nosti runsas sammaleen määrä. Tämä antaa hieman vääristyvää kuvaa viherpeitteisyysprosenttien kokonaishajonnasta. Jos kyseistä laatikkoa ei huomioida, niin vaihteluväli on 21–39 % välillä (kuva 22).



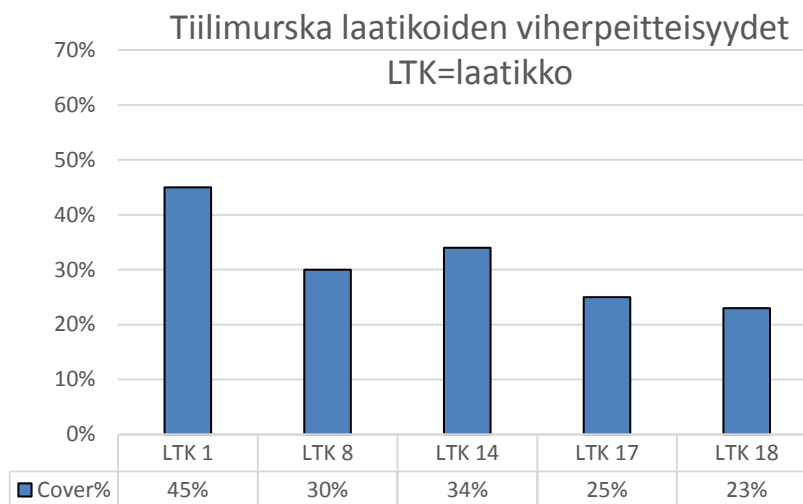
Kuva 22. Kevytsosementin kasvualustojen viherpeitteisyydet.

Biohiilipohjaisissa kasvualustoissa viherpeitteisyys koostui astiataimista, kylvetyistä taimista, sammaleesta ja muutamasta rikkaruohosta (Liite 4). Viherpeitteisyydet vaihtelivat 20–37 % välillä (kuva 23).



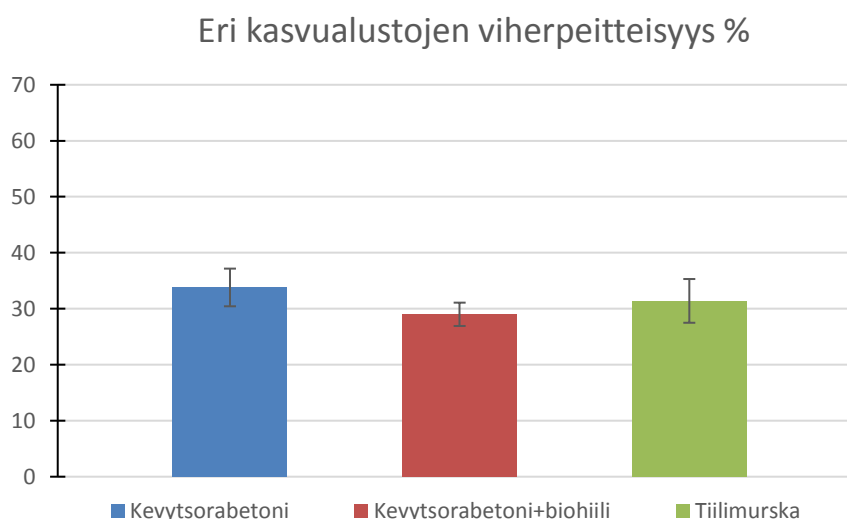
Kuva 23. Biohiilipohjaisten kasvualustojen viherpeitteisyydet.

Tiilimurskaisten kasvualustojen viherpeitteisyys koostui astiataimista, kylvetyistä taimista, sammaleesta ja muutamista rikkaruohoista (Liite 5). Tiilimurskapohjaisissa kasvualustoissa viherpeitteisyydet vaihtelivat 23–45 % välillä (kuva 24). Kaikki havainnot ja laskelmat laatikosta numero 1 olivat parempia kuin muista laatikoista saadut tulokset.



Kuva 24. Tiilimurskapohjaisten kasvualustojen viherpeitteisyydet

Viherpeitteisyyden lopputuloksista (kuva 25) voidaan päätellä, että kevytsorabetonisissa kasvualustoissa ilman biohiiltä on hieman runsaampaa viherpeitteisyyttä (33,8 %) kuin tiilimurskaisessa (31,4 %) ja biohiilisessä kasvualustoissa (29 %).



Kuva 25. Eri kasvualustojen viherpeitteisyysprosenttien keskiarvot.

5 TULOSTEN TARKASTELO

Tämän tutkimuksen päätuloksina ovat mäkimeiramin huono talvenkestävyys, niittyhumalan kasvuston ruskettuminen ja muun kasvillisuuden hyvä menestyminen viherkatolla. Päätulokset kasvualustojen merkityksestä kasvien menestymiseen ovat huono kasvien talvehtiminen tiilimurskaisuudessa kasvualustassa, hyvä kasvien menestyminen kevytsorabetonisessa kasvualustassa ja vähäinen biohiilen vaikutus kasvien kasvuun.

Inventoinnissa havainnointiasteikkona tässä tutkimuksessa käytettiin siis 0, 0,5 ja 1. Pyöristettynä vähän paremmin menestyjä sai saman arvon kuin vähän huonommin menestyjä. Pienistä eroista voi helposti tehdä väärää johtopäätöksiä.

Maaperän ominaisuudet vaikuttavat kasvien kasvuun ja menestymiseen. Se, millainen veden ja ravinteiden pidätyskyky ja pH-arvo kasvualustalla on vaikuttaa kasvien kasvuun. Tiilimurskainen kasvualusta on punertavan värinen, kun kevytsorabetoninen kasvualusta on harmahtava. Kasvualustan värillä voi olla myös vaikutuksensa kasvualustan lämpenemiseen. Tumman värinen maaperä on todettu olevan tuottavampi ja sitovan vettä enemmän kuin vaaleanvärinen (Eldor 2007). Suurena kysymysmerkkinä on kevytsorabetonisen ja tiilimurskaisen kasvualustojen pH-arvojen vaihtelut. Mittausten mukaan ne ovat niin korkeat, ettei kasvien kuuluisi menestyä niin korkeissa pitoisuuksissa. Puutarhakasvit viihtyvät parhaiten kasvualustassa, jonka pH-arvo on 6–6,5 (Kalkitusyhdistys 1999). Kun pH-arvo laskee, kasvien tärkeiden ravinteiden saanti vähenee. Toisaalta maan pH-arvon nousu myös vaikeuttaa kasvien tiettyjen ravinteiden saamista. (Soini 2002, 147.) pH-arvot olivat kylläkin Hagnerin (2018) mukaan laskemaan päin, joten nähtäväksi jää, miten pH muodostuu vuosien varrella.

Yksi tuloksiin vaikuttavista tekijöistä on sääolosuhteet. Lahden Launeen sääasemalla tehtyjen säähavaintojen mukaan talvi 2016–2017 oli hieman keskiarvoja lämpimämpi. Huhti-elokuun 2017 keskilämpötilat olivat Lahden Launeella keskimäärin 1,5 astetta vuosien 1981–2010 keskiarvoja kylmemmät. (Ilmatieteen laitos n.d.) Ilmatieteenlaitoksen säähavaintojen mukaan vuosi 2017 oli Etelä-Suomessa paikoin harvinaisen sateinen (Tynkynen 2018). Lahden 2017 vuoden sademäärä oli 713 mm, kun vuoden 2016 sademäärä oli puolestaan 556 mm (Ilmatieteen laitos n.d.). Näiden sääolosuhteiden vuoksi voi olla, että jotkut kasvit näyttivät huonommalta syyskuussa kuin kesäkuun alussa. Tämä voi vaikuttaa myös viherpeitteisyyteen. Jos kasvukaudessa olisi ollut kyseisille kasveille otollisemmat sääolosuhteet, tulokset olisivat voineet olla paljonkin erilaisemmat. Toisaalta sateinen sää edesauttoi taimien kasvuunlähtöä ja siementen itävyyttä. Kuiva ja kuuma kesä olisi haitannut menestymistä.

Ensimmäisen laatikon sijainti oli paikallisilmastollisesti suojaisessa nurkassa, jossa sitä reunusti itä- ja eteläsuuntaan rakennuksen tumma seinä.

Tämä suojasi tuulelta ja sitoi lämpöä itseensä. Tässä tiilimurskapohjaisessa laatikossa kasvillisuus oli kaikkein rehevintä. Tämä voi osoittaa tuulisuudella ja ilman lämpötilalla olevan vaikutusta kasvien menestymiseen viherkatolla. Poikkeava tulos tietysti vääristää hieman tutkimustuloksia sekä menestymisessä että viherpeitteisyydessä.

Sekä kesäkuun että syyskuun alussa tehty inventointi tehtiin saman päivän aikana ja se kesti n. 2,5 h. Sovimme siis, mitkä kasvit kuuluvat silmämääräisesti 0, 0,5 ja 1 luokkaan. Silmämääräisesti havainnoinnissa on aina omat riskinsä (Kankaanpää 2013, 48), jotka voivat vaikuttaa tuloksiin.

5.1 Kasvien menestyminen ja peittävyys

Rantalaukkaneilikkaa voidaan selvästikin suositella sekä kevytsorabetoni- että tiilimurskapohjaisen viherkaton kasviksi talven kestävyiden ja erilaisissa kasvualustoissa menestyjän vuoksi. Rantalaukkaneilikan istuttaminen tukee luonnonmonimuotoisuutta, koska sen luonnonvarainen kanta on vähentynyt ja kukat houkuttelevat kimalaisia (Luontoportti 2018). Lehtimätäs pysyy myös kauniina kukinnan päätyttyäkin. Tosin sitä tulee istuttaa tiheästi hitaasti mätästävien taimien takia (Forsblom 2004, 22). Tällöin kasvualustaa saadaan peitettyä nopeammin. Englannissa tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että rantalaukkaneilikan määrä kasvaa paremmin 100 mm:n kasvualustassa kuin 200 mm:n kasvualustassa (Dunnett, Nagase & Hallam 2008). Tällöin tutkimuksemme 100 mm:n kasvualusta on sopiva rantalaukkaneilikan kasvuille. Biohiilen lisäämisellä kyseiseen kasvualustaan ei näyttänyt olevan merkitystä rantalaukkaneilikan kasvuun.

Ketoneilikka menestyy kyseisellä viherkatolla myös hyvin. Ketoneilikan mätästämäinen kasvutapa ja voimakas kylväytymällä leviäminen tekevät peittävydestä nopeaa. Ketoneilikka menestyy kuivahkossa, niukkaravinteisessa kasvualustassa kivikkokasvina. (Forsblom 2004, 32.) Tosin ketoneilikan on havaittu leviävän paremmin 200 mm:n kasvualustassa kuin 100 mm:n kasvualustassa viherkatoilla (Dunnett ym. 2008). Tumman vihreä lehdistö säilytti kasvin ulkonäön myös kukinnan jälkeenkin kauniina, joka puoltaa ketoneilikan käyttöä viherkatolla. Hyvin sateinen kesä saattoi johtaa siihen, että monessa laatikossa ketoneilikan kasvu näytti syyskuun alussa huonommalta kuin kesäkuun alussa. Tämä vaikutti myös negatiivisesti ketoneilikan viherpeitteisyyteen ja saattaa antaa väärän tuloksen peittävydestä. Toisaalta biohiilellä ja tiilimurskalla on hyvä vedenpidätyskyky. Kysymykseksi jää, pysyykö kasvualusta näiden ansiosta liian kosteana ketoneilikalle. Tässä tutkimuksessa käytetyn kevytsorabetonin vedenpidätyskyvystä ei ole vielä tarkempaa tietoa. Tuloksista ei voida päätellä, onko biohiilellä vaikutusta ketoneilikan kasvuun ja viherpeitteisyyteen, koska erot olivat niin pieniä.

Ahomansikka voidaan luetella menestyjien joukkoon. Sitä kannattaa istuttaa kevytsorabetoni- ja tiilimurskapohjaisille viherkatoille nopean peittävyiden ja hyvän talven kestävyiden vuoksi. Ahomansikka on vähentynyt

Suomen luonnossa (Luontoportti 2018), joten sen käyttö viherkatoillakin on siinäkin mielessä perusteltua. Pieni notkahdus menestymisessä näkyi kevytsorabetonisessa kasvualustassa kasvukauden aikana. Ahomansikan viherpeitteisyys oli runsasta jokaisessa kasvualustassa, mutta kuitenkin runsainta tiilimurskaisessa kasvualustassa. Yhdysvaltalaisessa julkaisussa todetaan, että ahomansikka peittää kasvualustaa paljon, pitää pienestä kosteudesta ja viihtyy varjossakin hyvin (Scott & McMahan 2011). Tästä voidaan päätellä, että tiilimurskaisella kasvualustalla saattaa olla ahomansikalle paremmat kosteusolosuhteet viherkatolla kuin betonimurskapohjaisilla kasvualustoilla. Biohiilen lisäyksellä kasvualustaan ei näyttänyt olevan merkitystä menestymiseen ja viherpeitteisyyteen. Biohiilen lisäyksellä mansikkaviljelmillä on kuitenkin saatu tuloksia, jossa mansikan taudinkestävyys on parantunut (Harel, Rav-David, Borenstein, Shulchani, Lew & Graber 2012). Oman kokemuksen mukaan ahomansikka peittää kasvualustaa nopeasti pelkän puunkuorikkeen päälläkin. Tämä todistaa sen, että ahomansikka voisi menestyä vieläkin pienemmällä kasvualustalla kuin 100 mm, mutta toisaalta riittävä kosteus tulisi säilyä.

Inventoinnissa havaittu selvästi häviö oli mäkimeirami. Vaikka mäkimeiramin istutus tukee luonnon monimuotoisuutta ja kestävä kehitystä (Suomen luonnonsuojeluliitto n.d.), sitä ei tulosten kannalta kannata istuttaa ainakaan betoni- tai tiilimurskapohjaisille kasvualustoille viherkatolle. Pahin uhka sille näytti olevan talvi. Vaikka useampi taimi alkoi syksyyn mennessä näyttämään vähän elpymisen merkkejä, niin kasvualustaa se kuitenkin peitti vain vähän. Englannissa tehdyn tutkimuksen mukaan mäkimeirami ei lisääntynyt niin hyvin 100 mm:n kasvualustassa kuin 200 mm:n kasvualustassa (Dunnett ym. 2008), joten kenties syvempi betonimurskainen kasvualusta voisi olla mäkimeiramille perusteltua. Biohiilen lisäyksestäkin kasvualustaan ei näyttänyt olevan hyötyä. Se voi olla jopa haitaksi, koska yksittäisen mäkimeiramin viherpeitteisyys biohiilissä kasvualustassa oli pienin verrattuna yksittäisen mäkimeiramin viherpeitteisyyteen tiilimurskaisessa ja ilman biohiiltä olevassa kevytsorabetonisessa kasvualustassa.

Niittyhumala talvenkestävyytensä vuoksi ja luonnon monimuotisuuden ylläpitäjänä (Luontoportti 2018) olisi hyvä vaihtoehto kevytsorabetonisen viherkaton kasvillisuudeksi, mutta syyskuun alun ruskettuneet kasvustot eivät olleet esteettisesti kauniita. Vaikka kasvukauden aikana peittävyys oli hyvää, niin syksyn ruskettuneen kasvuston vuoksi sitä ei kannata laittaa kevytsorabetoniselle tai tiilimurskapohjaiselle viherkatolle. Niittyhumala suosii hapanta kasvualustaa (Plants For A Future 2012). Kasvualustojen pH-arvot olivat korkeita, joten tämä voi olla yksi syy niittyhumalan kasvuston ruskettumiseen. Biohiilestä ei näyttänyt olevan hyötyä niittyhumalan kasvulle. Syksyn inventoinnissa niittyhumalan kasvusto ja viherpeitteisyys tiilimurskaisella kasvualustalla näytti tulosten perusteella hieman paremmalta kuin muissa kasvualustoissa.

Keltamaksaruoho kuuluu voittajiin sekä talven kestävyden, että peittävyden vuoksi. Sitä kannattaa istuttaa betoni- ja tiilipohjaisille kasvualustoille viherkatolle. Nopean leviämisen ansiosta se peittää kasvualustaa hyvin jopa aivan minimaalisen paksuisessa kasvualustassa. Biohiilellä ei tunnut olevan vaikutus kasvin menestymiseen. Kuten edellä Helsingin yliopiston aikaisemmasta kasvitutkimuksesta kävi ilmi (Gabrych ym. 2016), niin keltamaksaruohon viherpeitteisyys väheni vanhemmiten, jos kasvualusta oli 5 cm tai enemmän. Tästä voidaan päätellä, että tämän hetkinen 10 cm kasvualusta ei tue keltamaksaruohon kasvavaa viherpeitteisyyttä. Gabrych (2016) sai keltamaksaruohon peittävyudeksi n. 3,5 % nuorelta katoilta. Tässä tutkimuksessa keltamaksaruoho peitti 3,9–4,5 %. Dunnetin (2008) tutkimuksen mukaan keltamaksaruohon leviäminen hidastui myös 100 mm:ssä kasvualustassa vuosien saatossa. Keltamaksaruoholla tulisi olla vain 2 cm kasvualustaa tai jopa vähemmän (Gabrych ym. 2016), koska alkuja näkyi kasvavan koelaatikoiden hiekkaisella polulla ilman mitään kasvualustaa. Susanna Huuhtasen (2016) tekemän opinnäytetyön mukaan maksaruohot vahvistuivat muutamien vuosien jälkeen. Tässäkin tapauksessa vuodet näyttävät, miten keltamaksaruoho menestyy näissä kasvualustoissa. Keltamaksaruoholla voi olla ainakin potentiaalia toimia nuoren viherkaton pioneerilajina, joka peittää kasvualustaa nopeasti ja tekee viherkatosta vihreän. Myöhemmin se voi korvautua osin muilla lajeilla, jotka lähtevät hitaammin kasvuun.

Kangasajuruohon käyttö viherkattokasvillisuutena sopii hyvin sen talvenkestävyyden, ikivihreiden lehtien ja maanmyötäisten juurehtivien rönsyjen vuoksi. Suomalaisessa tutkimuksessa kangasajuruoho pärjäsi viherkatolla vaativissakin kasvuolosuhteissa (Halonen 2012, 59). Kangasajuruoho tukee myös luonnon monimuotoisuutta houkutellen perhosia ja kimalaisia voimakkaasti mausteisella tuoksunnalla (Luontoportti 2018). Maan pH-arvon tulisi olla kangasajuruoholla neutraali-emäksinen (Gardenia 2018). Kaikissa kasvualustoissa oli siis reilusti emäksinen kasvualusta. Kangasajuruohon kasvualustana kannattaa käyttää biohiilen lisäystä, koska niissä laatikoissa sekä talven että kasvukauden jälkeen kasvu oli runsaampaa ja viherpeitteisyys hieman parempaa. Halosen (2012, 63.) mukaan kangasajuruoho viihtyy syvässä kasvualustoissa ja kaltevilla katoilla, joten kasvualustan nykyinen paksuus ei ainakaan saisi pienentyä. Tiilimurskaisessa kasvualustassa kangasajuruoho ei selvästikään menestynyt yhtä hyvin kuin betonimurskaisessa kasvualustassa.

Mäkitervakko on vähentynyt Suomen luonnossa 2000-luvulla (Luopioisten kasvisto 2018). Mäkitervakon käyttö viherkattokasvillisuutena näissä kasvualustoissa tarvitsee lisäseurantaa. Kohtuullisen monen taimen huonosti talvesta selviäminen ei ainakaan puolla kyseisen kasvin käyttöä näillä kasvualustoilla. Toisaalta biohiili näytti hieman edesauttavan mäkitervakon menestymistä ja puoltaa kevytsorabetonisen kasvualustan käyttöä. Hyvin säilyneissä kasvustoissa oli kukinnan jälkeen syyskuun alussa edelleen kauris lehdistö. Mäkitervakkoa ei tulosten perusteella kannata istuttaa aina-

kaan tiilimurskaiselle kasvualustalle, koska talvenkestävyys oli tässä kasvualustassa huonoa. Tiilimurskaisen hyvä vedenpidätyskyky (Tuhkanen ym. 2014) voi olla syynä tähän. Tosin kasvukauden aikana viherpeitteisyys kasvoi tiilimurskaisessa kasvualustassa jopa nopeammin kuin muissa kasvualustoissa. Biohiili ei vaikuttanut mäkitervakon viherpeitteisyyteen. Luonnossa mäkitervakko esiintyy hyvin kuivilla alueilla (Luontoportti 2018), joten 10 cm kasvualusta voi olla liikaa mäkitervakolle.

Siemenistä kylvettyjen lampaannadan ja puna-ailakin runsas esiintyminen jo ensimmäisenä kasvukautena puoltaa niiden käyttöä näissä kasvualustoissa viherkattokasvillisuutena. Siementaimien osuus laatikoiden viherpeitteisyyksistä oli noin kolmasosa, joten siemenien käyttö astiataimien kanssa nostaa viherpeitteisyyttä nopeammin kuin pelkästään käyttämällä astiataimia. Siementen käyttö viherkatoilla auttaa kasviyhteisöjä selviytymään paremmin ja tällä tuetaan dynaamista ekosysteemiä (Sutton 2015, 153). Kylvämällä saadaan helposti ja edullisesti monia lajeja, vaikka kaikki niistä ei välttämättä menestyisikään. Pienten itävien alkujen määrä tiilimurskaisessa alustassa oli hieman pienempi kuin muissa kasvualustoissa, mutta tiilimurskasta ei tuntunut kuitenkaan olevan merkitystä lampaannadan ja puna-ailakin kasvulle. Tällöin ei saada selviä näyttöjä siitä, onko näillä eri kasvualustoilla merkitystä siementen itävyyteen. Kasvualustan kasvattaminen 100 mm:stä 200 mm:iin näyttäisi kasvattavan lampaannadan taimien määriä (Dunnett ym. 2008). Gabrychin (2016) mukaan heinien peitteisyys kasvoi myös kasvualustan paksuuden kasvaessa. Tämä tarkoittaa, että kasvualusta lampaannadalle voisi olla paksumpi kuin 100 mm.

Tulosten perusteella sammal ei näyttäisi viihtyvän biohiillisessä kasvualustassa. Gabrychin (2016) mukaan sammaleen määrä loivilla maksaruohokatoilla suureni vuosien kuluessa. Sammaleen viherpeitteisyys oli 8 cm:n kasvualustassa noin 0,2 % (Gabrych 2016). Tässä tutkimuksessa sammaleen peittävyys oli 1,3–3,3 %. Huuhtasen (2016) mukaan sammaleen määrä nousi myös ekstensiivisillä viherkatoilla ajan kuluessa.

5.2 Kasvualustojen merkitys menestymiseen ja niiden viherpeitteisyydet

Kevytsorabetonisen kasvualustalaatikko 6:n viherpeitteisyyttä (60 %) nosti runsaasti sammal, joka voi vääristää hieman kevytsorabetonisten laatikoiden kokonaisviherpeitteisyyden tulosten tarkastelua. Viherpeitteisyys vaihteli 21–60 % välillä. Ilman laatikkoa numero 6, viherpeitteisyys vaihteli 21–37 % välillä. Kevytsorabetonisten laatikoiden viherpeitteisyyksien keskiarvo oli 33,8 %. Tämä oli korkeampi verrattuna kevytsora-biohiili- ja tiilimurskapohjaiseen kasvualustaan. Vaikka useimpien yksittäisten astiataimien viherpeitteisyys kevytsorabetonisissa laatikoissa oli matalampi kuin tiilimurskaisissa laatikoissa, niin kevytsorabetonilaatikoiden viherpeitteisyyttä nosti pienten taimien ja sammaleen määrä. Vaikka kasvien kasvu ja menestyminen eivät olleet mitenkään huonoa tässä kasvualustassa, niin ei voida tulosten perusteella vielä tehdä johtopäätöksiä kevytsorabetonisen kasvualustan merkityksestä kasvien kasvuun ja menestymiseen. Tosin,

verrattuna tiilimurskaiseen kasvualustaan, useampi kasvilaji selvisi talvesta kevytsorabetonilaatikoissa paremmin. Talvimärkyys on syynä useimpien kasvien menehtymiseen talven jälkeen, joten tässä herää kysymys, että pysykö tiilimurskainen kasvualusta liian kosteana myös talvella. Kuten Tuhkanen ym. (2014) kirjoittaa, betonin käyttöä viherrakentamisessa tulee tutkia edelleen, jotta sitä voidaan turvallisesti käyttää viherrakentamiseen.

Biohiilen lisäys kevytsorabetoniseen kasvualustaan viherkattokasvillisuudessa on hieman kyseenalaista kokonaisviherpeitteisyyden ollessa vähän huonompi kuin kevytsorabetonilaatikoissa ilman biohiiltä. Biohiilestä viherkattokasvualustassa on kylläkin saatu hyviä tuloksia sen kevyen rakenteen ja hyvän vedenpidätyskyvyn ansiosta (Cao, Farrell, Kristiansen & Rayner 2014). Jopa usean yksittäisen taimen viherpeitteisyys oli pienempi biohiilisessä kasvualustassa kuin kevytsorabetonisissa ilman biohiiltä ja tiilimurskaisissa kasvualustoissa. Näiden tulosten perusteella biohiilen lisäyksellä kevytsorabetoniseen kasvualustaan ei vielä tässä vaiheessa ole nähtävissä suuria hyötyjä tai haittoja kasvillisuuden menestymisen kannalta. Toisaalta biohiili vaikuttaa sen, että ravinnepitoisuudet hulevedessä pienenevät (Kuoppamäki ym. 2016). Biohiili pidättää myös vettä ja ravinteita (Vuori ym. n.d). Tämä ominaisuus ei välttämättä kosteana ja ensimmäisenä kesänä vielä anna etua kasveille.

Tiilimurskaisen kasvualustojen viherpeitteisyys vaihteli 23–45 % välillä. Keskiarvo tästä oli 31,4 %, joka oli vähän parempi kuin biohiiltä sisältävässä kasvualustassa, mutta huonompi kuin pelkässä kevytsorabetonisessa kasvualustassa. Monet astiataimilajit peittivät kasvualustaa tehokkaammin tiilimurskaisessa kasvualustassa. Vähäisempi pienten taimien määrä laskee kuitenkin tiilimurskaisen kasvualustan viherpeitteisyyttä. Tiilimurskaisessa kasvualustassa oli myös eniten talvesta kärsiviä kasveja, mutta kasvu kuitenkin elpyi kasvukauden aikana. Näiden tulosten perusteella ei voida päätellä, miten kyseiset kasvit menestyvät tiilimurskaisessa kasvualustassa viherkatolla. Kasvien menestymisestä on kyllä saatu aikaisemmin hyviä tuloksia tiilimurskaisissa kasvualustoissa (Molineux, Gange, Connop & Newport 2015, 15), mutta nämä tulokset eivät ole Suomesta vaan Iso-Britanniasta.

Huuhtasen (2016) mukaan pistokkaista rakennetun viherkaton viherpeitteisyys ensimmäisenä kasvukautena oli noin 17–30 % välillä. Turpeeseen kylvettyjen heinien siemenet itivät niin, että peittävyys oli ensimmäisen kasvukauden jälkeen 80–100 % välillä (Huuhtanen 2016). Tämän tutkimuksen viherpeitteisyydet vaihtelivat 20–60 % välillä. Vaikka kevytsorabetonilaatikoiden viherpeitteisyys oli hieman korkeampi kuin muiden, niin erot eri kasvualustojen viherpeitteisyyksissä eivät olleet suuria. Seuranta tarvitaan edelleen, jotta voidaan vertailla näiden eri kasvualustojen merkitystä kasvien kasvuun ja menestymiseen.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yhden kasvukauden aikaisesta tutkimuksesta saatujen tulosten perusteella mäkitervakko ja rantalaukkaneilikka menestyvät viherkatolla. Jos näistä halutaan laajoja kasvustoja, niin istutusetäisyydet tulee olla pieniä, jotta kasvusto peittää kasvualustaa hyvin. Kangasajuruoho ja ketoneilikka ovat myös suositeltavia viherkatoille, vaikka viherpeitteisyys ei vielä yhden kasvukauden aikana kasvanut paljon. Ahomansikka ja keltamaksaruoho viihtyvät viherkatolla hyvin ja niiden peitteisyys kasvaa myös nopeasti. Näitä kasveja viherkatolle voidaan suositella. Niittyhumalan ruskettuminen kasvukaudella ja mäkimeiramin huono talven kestävyys eivät anna perusteita näiden kasvien menestymiseen viherkatolla. Tulosten perusteella myös hidas peittävyys kasvu ei vakuuta näiden käyttöä viherkattokasvillisuutena. Puna-ailakki ja lampaannata itivät nopeasti ja niitä löytyi kasvualustasta runsaasti. Näitä kasveja sisältävää siemenseosta kannattaa kylvää viherkatoille. Astiataimien ja kylvösten samanaikainen käyttö kannattaa, koska tällöin saadaan heti kasvillisuutta ja kylvöksillä monipuolisempi ja peittävämpi kasvilajisto.

Mäkimeiramia ja niittyhumalaa lukuun ottamatta kaikki tutkitut kasvit menestyivät hyvin kolmessa eri kasvualustassa. Suurimmat erot olivat tiilimurskaisessa ja kevytsorabetonisessa kasvualustassa. Tiilimurskapohjaisessa kasvualustassa kasvit selvisivät huonommin talvesta kuin kevytsorabetonipohjaisessa kasvualustassa. Niinpä tämän tutkimuksen perusteella mäkimeiramin, kangasajuruohon ja mäkitervakon istuttamista tiilimurskaiseen kasvualustaan viherkatolle ei voida suositella. Koska kevytsorabetonisessa kasvualustassa kasvit menestyivät hyvin, sen käyttöä voidaan suositella viherkaton kasvualustana. Biohiilen vaikutus kasvien menestymiseen kevytsorabetonisessa kasvualustassa ei tullut yhden kasvukauden aikana vielä kunnolla näkyviin, joten tätä täytyy seurata ja tutkia lisää, ennen kuin sen käyttöä tässä kasvualustassa suositellaan. Erot kasvualustojen vaikutuksesta kasvien kasvuun olivat pieniä. Seuranta ja tutkimusta tarvitaan edelleen, jotta näiden kasvualustojen vaikutuksesta voidaan tehdä johtopäätöksiä.

Tämän opinnäytetyön aikana saatu oppi tuo lisätietoa ja vahvistusta omalle suunnittelutyölle. Vaikka koelaatikot olivat viherkatolla, niin vastaavaa tietoa voidaan käyttää myös muualla viherrakentamisessa ja -suunnittelussa. Toivottavasti tulevaisuudessa saamme Suomeen enemmän viherkattoja, jossa saatuja tietoja kasvivalikoimista ja kasvualustasta voimme hyödyntää. Mistä kasveista saadaan nopeasti peittävyttä ja mitkä kasvit ovat talvenarkoja viherkatolla, ovat tietoja, joita tarvitaan viheralan tulevaisuuden haasteisiin. Ilmastonmuutos tuo meille suomalaisille myös omat muutoksensa. Kukaan ei voi tietää, kuinka nopeasti ja miten Suomen kasvillisuus tulee muuttumaan aikojen saatossa. Tästä syystä, kasvillisuuden seuranta tulisi tehdä jatkuvasti, jotta uudet haasteet viheralueilla osataan ottaa huomioon.

LÄHTEET

- Betoniteollisuus ry (n.d.) Miten betoni tuli Suomeen. Viitattu 22.1.2018 <http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betonin-historia/miten-betoni-tuli-suomeen/>
- Biolan (2017). Seosaineet ja ravinnetäydennys kompostoinnissa. Viitattu 23.1.2018. <https://www.biolan.fi/artikkelit/kompostointi/seosaineet-ja-ravinnetaydennys-kompostoinnissa>
- Cao, C., Farrell, C., Kristiansen, P. & Rayner, J. (2014) Biochar makes green roof substrates lighter and improves water supply to plants. *Ecological Engineering* 71, 368-374. Viitattu 19.2.2018 <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.06.017>
- Dunnett, N., Nagase, A. & Hallam, A. (2008) The dynamics of planted and colonising species on a green roof over six growing season 2001-2006: influence of substrate depth. *Urban Ecosyst* 11, 373-384. Viitattu 19.2.2018 <https://search-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/docview/226846107>
- Earth matter (n.d.) Short History of compost. Viitattu 22.1.2018 <https://earthmatter.org/wp-content/uploads/2014/04/History-of-Compost.pdf>
- Eklund, S & Mentu, S. (2004). Tiilen historiaa Suomessa. Museovirasto. Viitattu 22.1.2018 <http://www.nba.fi/tiili/index.htm>
- Eldor, A. Paul (2007). *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*. USA: Elsevier. Viitattu 15.3.2018 <http://csmi.issas.ac.cn/upload-files/Soil%20Microbiology,%20Ecology%20&%20Biochemistry.pdf>
- Forsblom, J. (2004). *Puutarhan perennat*. Helsinki; Puutarhaliitto.
- Gabrych, M., Kotze, J. & Lehvävirta, S. (2016). Substrate depth and roof age strongly affect plant abundances on sedum-moss and meadow green roofs in Helsinki, Finland. *Ecological Engineering* 86, 95-104. Viitattu 20.12.201 <https://doi-org.ezproxy.hamk.fi/10.1016/j.ecoleng.2015.10.022>
- Gardenia (2018). *Thymus serpyllum*. Viitattu 19.2.2018 <https://www.gardenia.net/plant/thymus-serpyllum-creeping-thyme>
- Hagner, M. (2018). Biohiili. Sähköpostiviesti tekijälle 25.1.2018.
- Halonen, M.(2012) *Viherkatot korvaavina elinympäristöinä – Uhanalaisten ja harvinaisten kasvilajien esiintyminen pääkaupunkiseudun viherka-*

toilla. Pro gradu-tutkielma. Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta. Helsingin yliopisto. Viitattu 19.2.2018 <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/36215/Halonen.pdf?sequence=1>

Harel, y., Elad, y., Rav-David, D. Borenstein, M., Shulchani, R., Lew, B. & Graber, E. (2012) Biochar mediates systemic response of strawberry to foliar fungal pathogens. *Plant and Soil* 357, 245-257. Viitattu 19.2.2018. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-012-1129-3>

Huhtanen, S. (2016). *Ekstensiiviset viherkatot; Viherpeitteisyyden muutos tuotteistetuilla viherkatoilla asennuksen jälkeisinä vuosina*. Opinnäytetyö. Puutarhatalouden koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.11.2017 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016120318928>

Häkkinen, M. (2017). *Biohiili ja valkoinen pelletti; Biohiilen tulevaisuuden näkymät*. Opinnäytetyö. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Centria-Ammattikorkeakoulu. Viitattu 30.12.2017 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201704024037>

Ilmatieteen laitos (n.d.) Kuukausitilastot. Viitattu 10.1.2018. <http://ilmatieteenlaitos.fi/huhtikuu>

International Biochar Initiative (2014). Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in Soil. Viitattu 22.1.2018 http://www.biochar-international.org/sites/default/files/IBI_Biochar_Standards_V2%200_final_2014.pdf

Kalkitusyhdistys (1999). *Puutarhurin kalkitusopas*. Helsinki: Kalkitusyhdistys

Kankaanpää, O. (2013). *Kasvillisuustutkimus digitaalisten valokuvien ja segmentointiin perustuvan kuva-analyysin avulla*. Maisteritutkielma. Maataloustieteiden laitos. Helsingin yliopisto. Viitattu 17.2.2018 https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39415/OutiKankaanpaa_maisterintutkielma_ok.pdf?sequence=1

Kuoppamäki, K. (2017). Opinnäytetyön aihetta. Sähköpostiviesti tekijälle 10.2.2018.

Kuoppamäki, K. & Hagner, M. (2016). Tutkimusta viherkatoilla. Helsingin Yliopisto. Viitattu 9.1.2018 <https://drive.google.com/file/d/0B1d9b9p-Sq-aeHQtU0J0dmJrWEU/view>

Kuoppamäki, K., Hagner, M., Lehvävirta, S. & Setälä, H. (2016). Biochar amendment in the green roof substrate affects runoff quality and quantity. *Ecological Engineering* 88, 1-9. Viitattu 20.1.2018 <https://doi-org.ezproxy.hamk.fi/10.1016/j.ecoleng.2015.12.010>

Lalli, T. (2016). *Viherkattorakenteiden toiminta Suomen ilmastossa*. Diplomityö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 23.1.2018 <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/24183/lalli.pdf?sequence=1>

Laurila, S., Jyrkänkallio-Mikkola, J., Mesimäki, M., Kallio, P., Kuoppamäki, K., Nieminen, H. & Lehvävirta, S. (n.d.) *Normeja viherkatoille – perusteita kehittämiseen*. Helsingin Yliopisto Koulutus- ja kehittämiskeskus Palmenia. Viitattu 23.1.2018 https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/normeja_viherkatoille_-_perusteita_kehittamiseen.pdf

Lemola, R. (2018). Viherkattoa Rakennusbetonilta. Sähköpostiviesti tekijälle 22.1.2018.

Luke (2014). Suomalaiset laatutaimet ja FinE-tavaramerkki. Viitattu 17.2.2018 <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/palvelutuotteet/testaus-ja-tuotantopalvelut/fine>

Luontoportti (2018). Ahomansikka. Viitattu 25.1.2018. <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/kukkakasvit/ahomansikka>

Luontoportti (2018). Kangasajuruoho. Viitattu 25.1.2018. <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/kukkakasvit/kangasajuruoho>

Luontoportti (2018). Laukkaneilikka. Viitattu 25.1.2018 <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/kukkakasvit/laukkaneilikka>

Luontoportti (2018). Mäkitervakko. Viitattu 25.1.2018. <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/kukkakasvit/makitervakko>

Luontoportti (2018). Niittyhumala. Viitattu 19.2.2018 <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/kukkakasvit/niittyhumala>

Luopioisten kasvisto (2018). Mäkitervakko. Viitattu 19.2.2018 <http://www.luopioistenkasvisto.fi/Sivut/Kasvilajit/Makitervakko.html>

Mikkonen, M. (2017). Ilmatieteen laitos: heinäkuu näin kylmä kerran 10 vuodessa - alin lämpötila 1,6 astetta pakkasta. *Yle Uutiset*. Julkaistu 1.8.2017. Viitattu 10.1.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-9751100>

Molineux, C., Fentiman, C. & Gange, A. (2009). Characterising alternative recycled waste materials for use as green roof growing media in U.K. *Ecological Engineering* 24, 1507-1513. Viitattu 23.1.2018. Saatavissa <https://doi-org.ezproxy.hamk.fi/10.1016/j.ecoleng.2009.06.010>

Molineux, C, Gange, A, Connop, S. & Newport, D. (2015) Using recycled aggregates in green roof substrates for plant diversity. Royal Holloway University of London. Viitattu 19.2.2018

<http://roar.uel.ac.uk/4365/1/EcolEng%20Mnuscrypt%20with%20revisions.pdf>

Nurmi, V., Votsis, A., Perrels, A. & Lehvävirta, S. (2013). Cost-benefit analysis of green roofs in urban areas: case study in Helsinki. *Ilmatieteen laitos* 2013:2. Viitattu 17.2.2018. https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/green_roof_cost_benefit_analysis_raportteja_2-2013.pdf

Plants For A Future (2012). *Prunella vulgaris*. Viitattu 19.2.2018 <https://www.pfaf.org/user/plant.aspx?LatinName=Prunella+vulgaris>

Rakennusbetoni- ja elementti Oy (2017). Ympäristöraportti. Viitattu 22.1.2018 http://www.akowall.eu/application/files/8014/9060/8686/ymparistoraportti_2017_1.pdf

Rakennustieto Oy (2016). RT 85-11204. Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, kasvillisuus ja kasvualusta. Helsinki: Rakennustieto

Romar, Ali. (2016). *Kasvialustan vaikutus kasvien menestymiseen kansiphoilla Helsingissä ja Espoossa*. Opinnäytetyö. Puutarhatalouden koulutusohjelma. Hämeen Ammattikorkeakoulu. Viitattu 15.1.2018 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605259657>

Scott, j. & McMahan, L. (2011). Wild strawberry plants can cover a lot of ground. *Oregon State University Extension Service*. Viitattu 19.2.2018 <http://extension.oregonstate.edu/gardening/wild-strawberry-plants-can-cover-lot-ground>

Soini, T. (2002). *Viherrakentajan käsikirja*. Helsinki: Viherympäristöliitto ry

Suomalainen taimi (2013). Kalkitus. Viitattu 25.1.2018. <http://suomalaintaimi.fi/kalkitus>

Suomen kuntaliitto (2012). Hulevesiopas. Viitattu 13.3.2018 shop.kunnat.net/download.php?filename=uploads/hulevesiopas-2012.pdf

Suomen luonnonsuojeluliitto (n.d.) Luonto alkaa omalta pihalta. Viitattu 25.1.2018. <https://www.sll.fi/mita-sina-voit-tehda/omalla-pihalla/puutarha>

Suomen ympäristökeskus SYKE (2016). Suomen kaupungeissa on paljon viheralueita. Viitattu 13.3.2018 [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Yhdyskuntarakenne/Suomen_kaupungeissa_on_paljon_viheraluei\(28644\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Yhdyskuntarakenne/Suomen_kaupungeissa_on_paljon_viheraluei(28644))

Sutton, R. (2015). *Green roof ecosystem*. Switzerland: Springer International Publishing

Tuhkanen, E., Juhanoja, S. & Salo, T. (2014). Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen viherrakentamisen kasvualustoissa ja rakenteissa. MTT Raportti 161. Viitattu 22.1.2018. <http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/484572/mttraportti161.pdf>

Tynkkynen, J. (2018). Vuosi 2017 oli normaalia lämpimämpi-paitsi Itä-Lapissa. *Yle Uutiset*. Julkaistu 2.1.2018. Viitattu 10.1.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-10002348>.

Vartiainen, J. (2016). *Betonin, asfaltin, tiilen ja biotuhkan uusiokäyttö maarakentamisessa*. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Savonia-Ammattikorkeakoulu. Viitattu 15.1.2018 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201605188532>

Vuori, E. & Kangas, N. (n.d.) Ihmeaine BIOHIILI. Puutarha & Kauppa. Viitattu 22.1.2018. <http://www.puutarhakauppa.fi/index.php/uusinjuttu/79-ihmeaine-biohiili>

Young, T., Cameron, D., Sorrill, J., Edwards, T. & Phoenix, G. (2014). Importance of different components of green roof substrate on plant growth and physiological performance. *Urban Forestry & Urban Greening* 13, 507-516. Viitattu 10.2.2018 <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.04.007>

Koelaatikoissa käytetyt istutussuunnitelmat

Origanum	Thymus	Dianthus	Thymus	Dianthus	Viscaria
Dianthus	Dianthus	Origanum	Dianthus	Thymus	Prunella
Origanum	Prunella	Sedum	Origanum	Origanum	Armeria
Sedum	Fragaria	Thymus	Prunella	Thymus	Fragaria
Fragaria	Armeria	Thymus	Sedum	Fragaria	Origanum
Prunella	Dianthus	Fragaria	Origanum	Armeria	Dianthus
Viscaria	Sedum	Armeria	Viscaria	Dianthus	Fragaria
Thymus	Origanum	Thymus	Fragaria	Fragaria	Viscaria

1

Dianthus	Origanum	Dianthus	Viscaria	Thymus	Thymus
Sedum	Viscaria	Thymus	Prunella	Fragaria	Dianthus
Armeria	Dianthus	Prunella	Origanum	Thymus	Fragaria
Origanum	Thymus	Origanum	Fragaria	Origanum	Armeria
Thymus	Fragaria	Sedum	Dianthus	Viscaria	Prunella
Prunella	Sedum	Armeria	Origanum	Fragaria	Dianthus
Fragaria	Origanum	Viscaria	Thymus	Dianthus	Fragaria
Dianthus	Armeria	Sedum	Fragaria	Origanum	Thymus

2

Sedum	Fragaria	Thymus	Prunella	Thymus	Fragaria
Fragaria	Armeria	Origanum	Thymus	Dianthus	Sedum
Viscaria	Origanum	Dianthus	Origanum	Thymus	Thymus
Fragaria	Armeria	Viscaria	Fragaria	Sedum	Origanum
Dianthus	Fragaria	Origanum	Prunella	Dianthus	Prunella
Prunella	Armeria	Fragaria	Origanum	Viscaria	Dianthus
Origanum	Thymus	Fragaria	Sedum	Armeria	Origanum
Dianthus	Thymus	Dianthus	Thymus	Dianthus	Viscaria

3

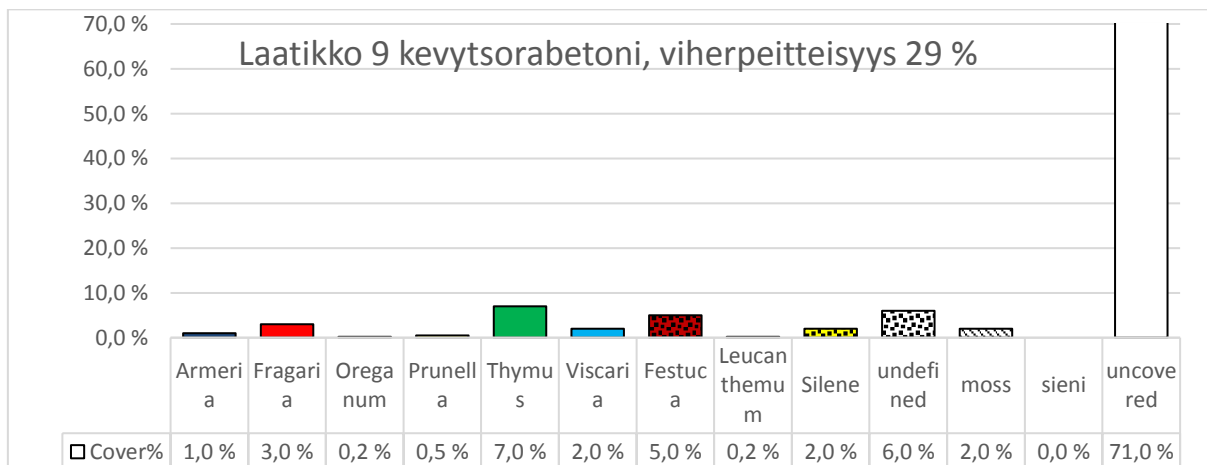
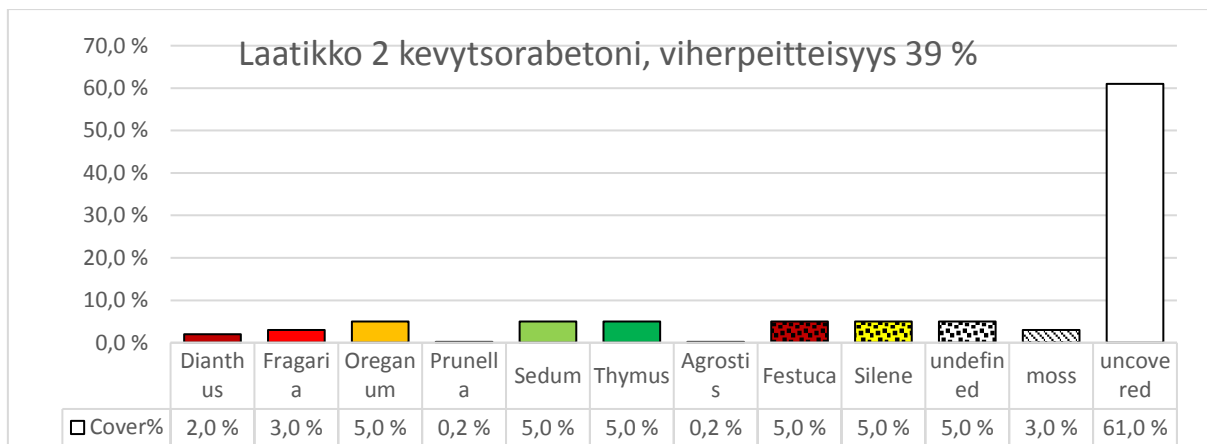
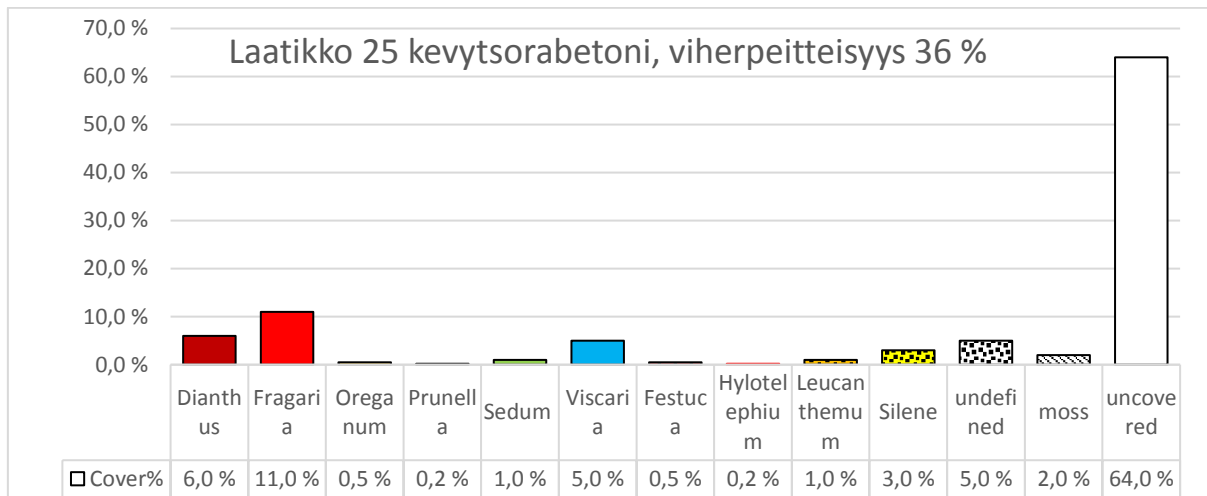
Fragaria	Thymus	Viscaria	Armeria	Thymus	Origanum
Thymus	Origanum	Fragaria	Fragaria	Dianthus	Thymus
Viscaria	Thymus	Origanum	Dianthus	Armeria	Sedum
Prunella	Fragaria	Dianthus	Viscaria	Sedum	Dianthus
Origanum	Dianthus	Prunella	Origanum	Fragaria	Sedum
Sedum	Fragaria	Thymus	Prunella	Thymus	Fragaria
Dianthus	Dianthus	Fragaria	Viscaria	Dianthus	Prunella
Origanum	Armeria	Origanum	Thymus	Origanum	Armeria

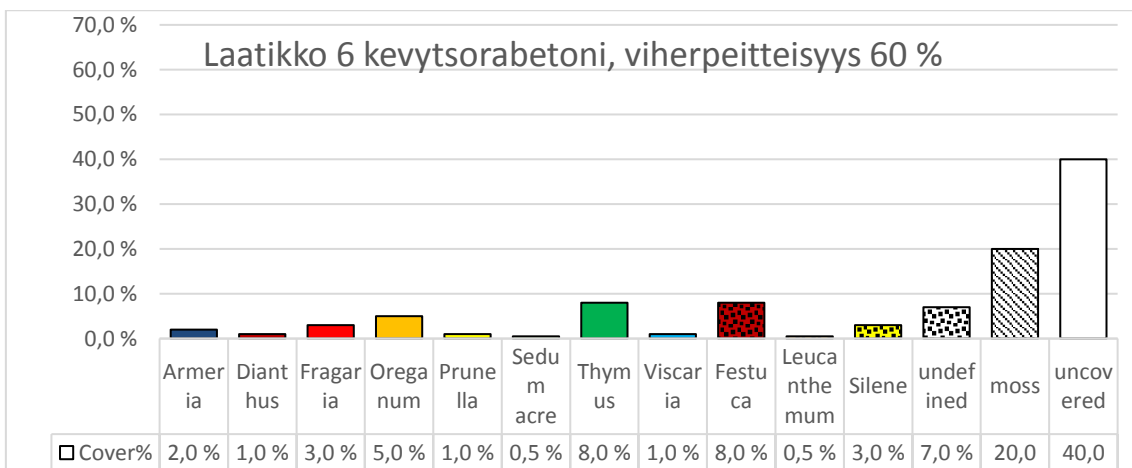
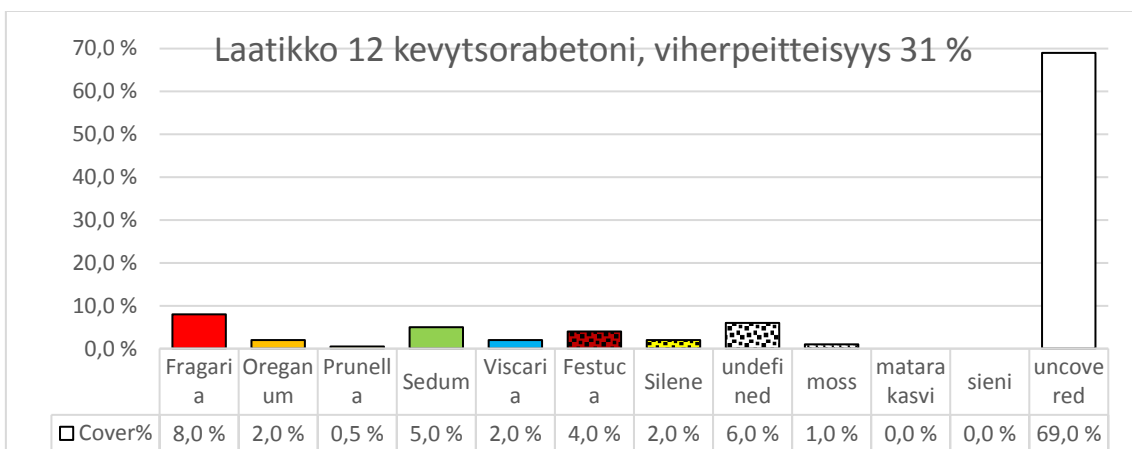
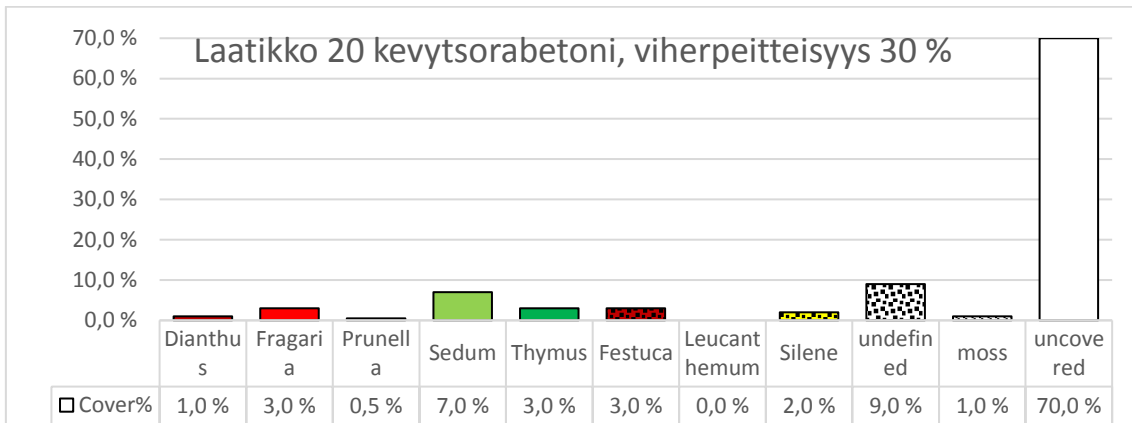
4

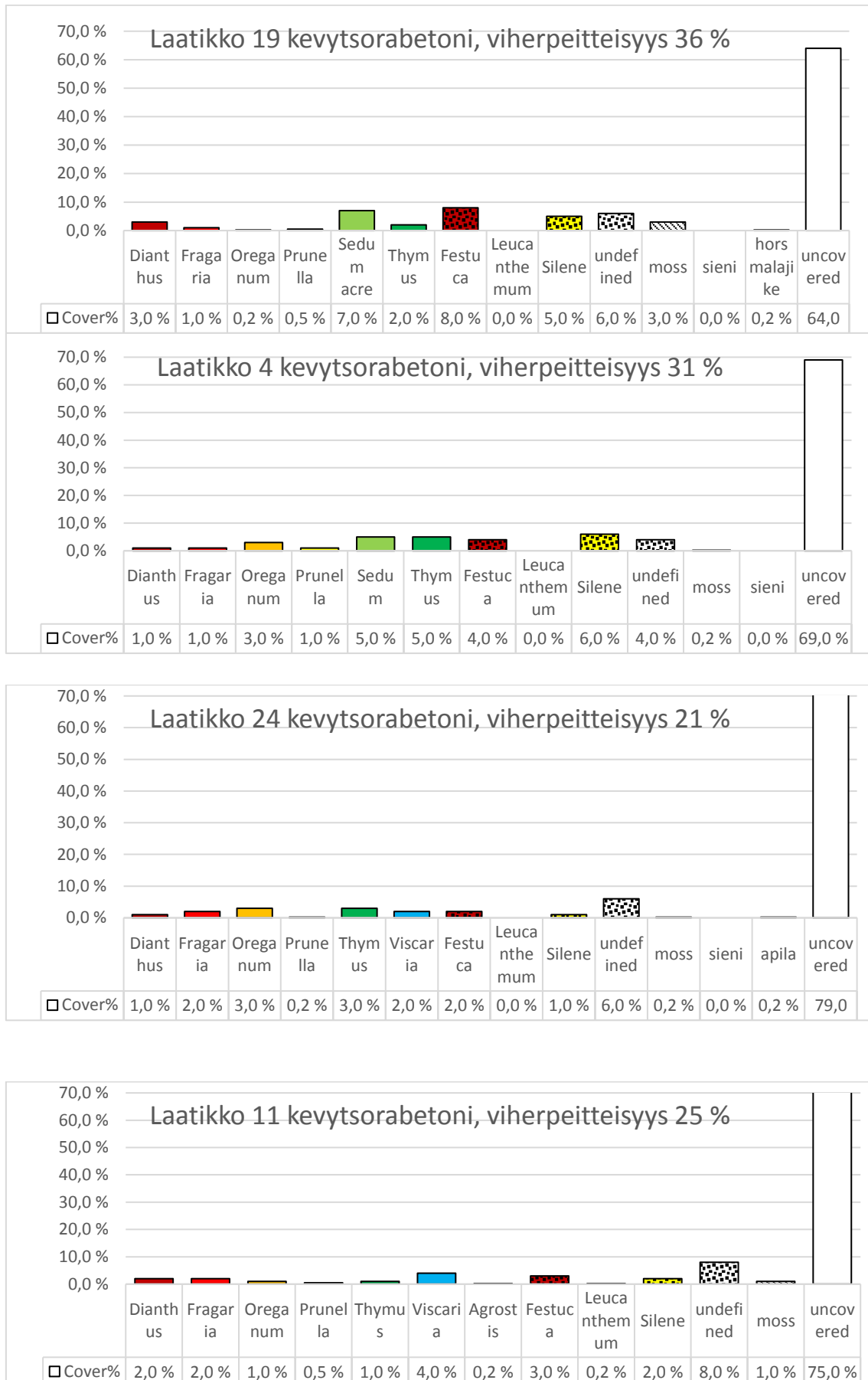
Thymus	Origanum	Prunella	Viscaria	Fragaria	Thymus
Prunella	Dianthus	Fragaria	Origanum	Armeria	Dianthus
Armeria	Sedum	Origanum	Armeria	Dianthus	Origanum
Sedum	Fragaria	Thymus	Prunella	Thymus	Fragaria
Fragaria	Dianthus	Viscaria	Thymus	Dianthus	Sedum
Viscaria	Thymus	Armeria	Sedum	Fragaria	Origanum
Dianthus	Origanum	Fragaria	Dianthus	Thymus	Prunella
Origanum	Thymus	Dianthus	Fragaria	Origanum	Viscaria

5

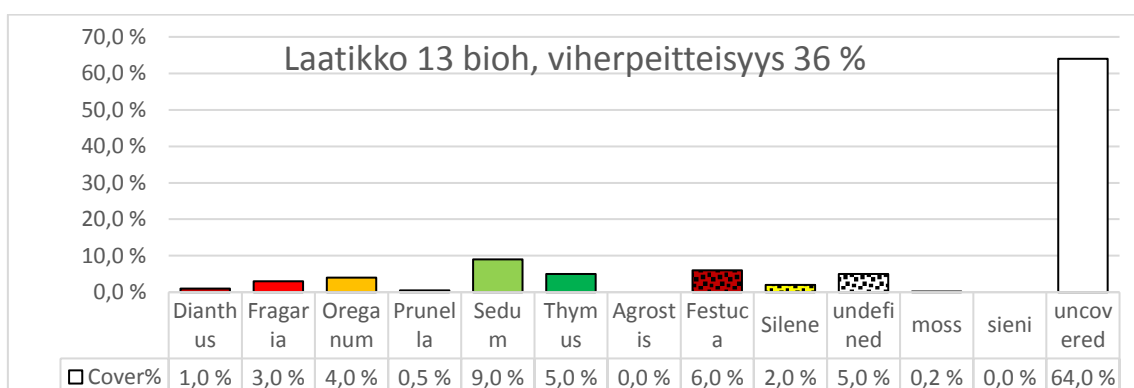
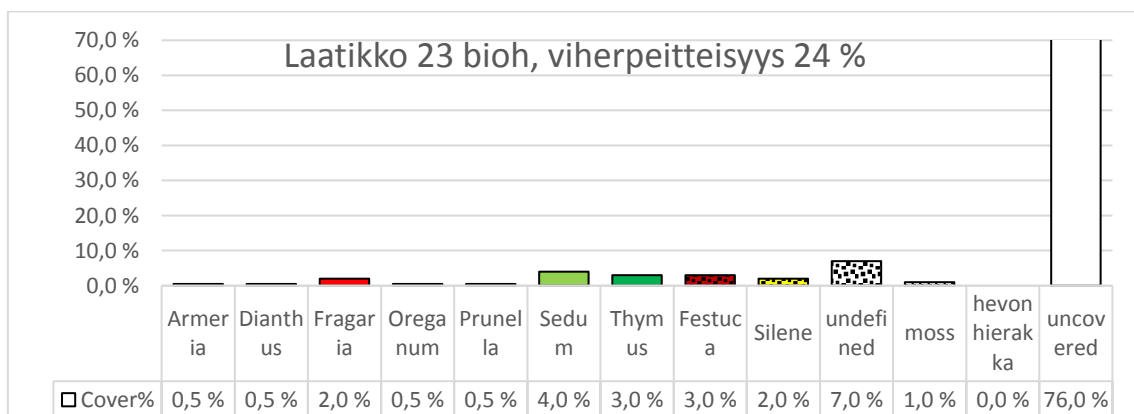
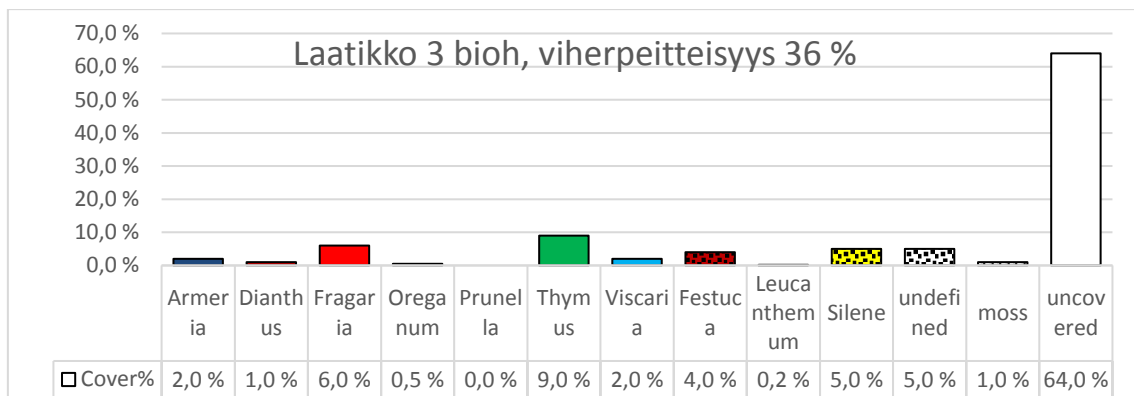
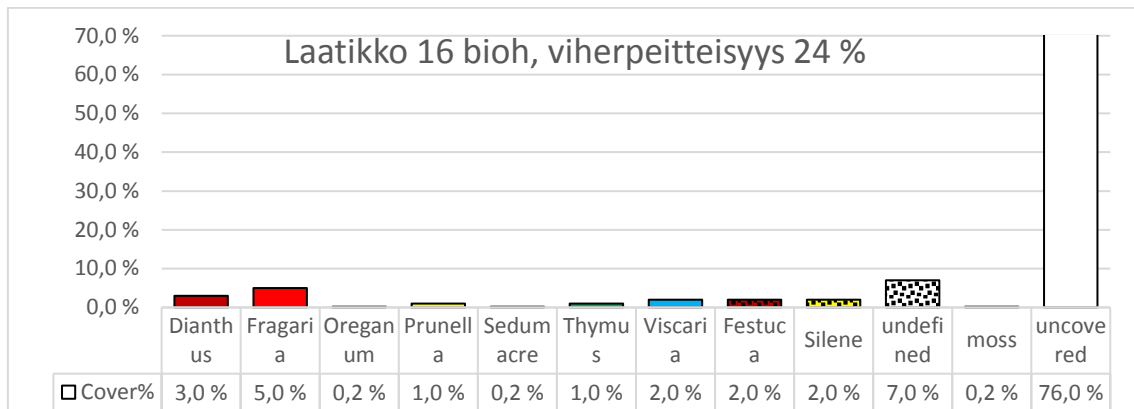
Kevytsoorabetonisten kasvualustojen kasvillisuudesta koostuvat viherpeitteisyydet

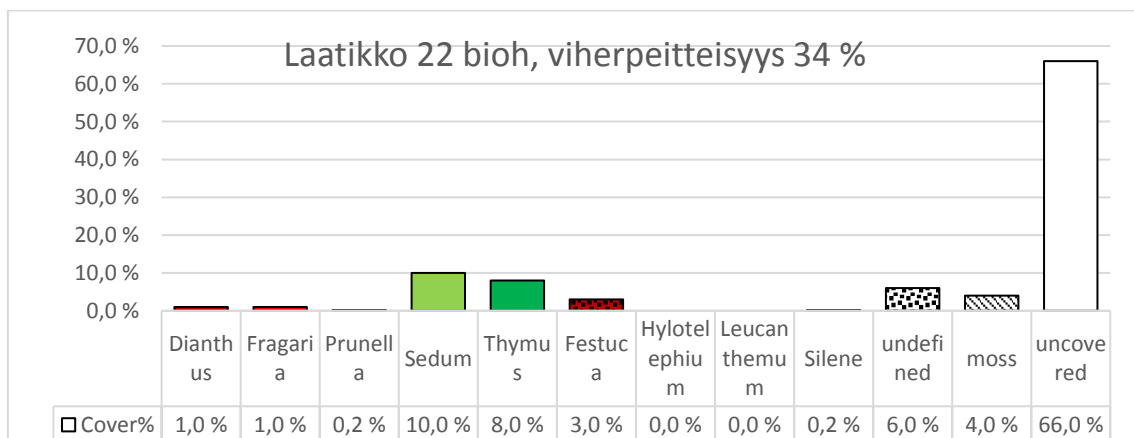
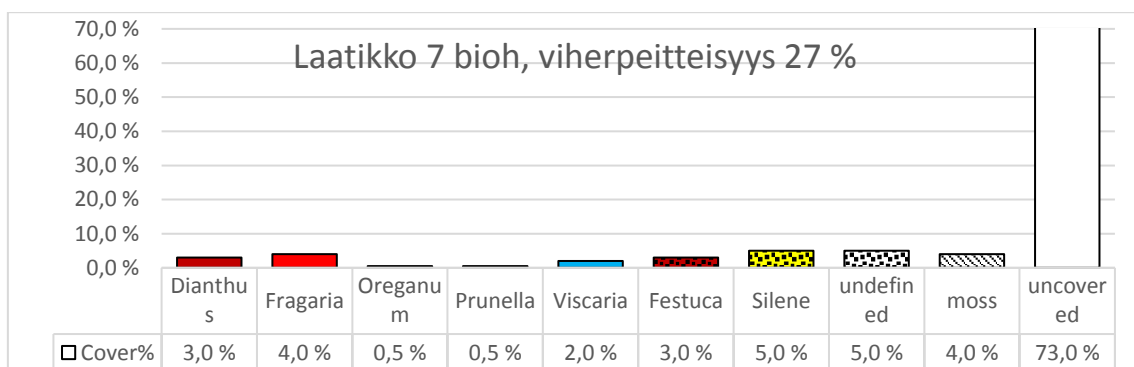
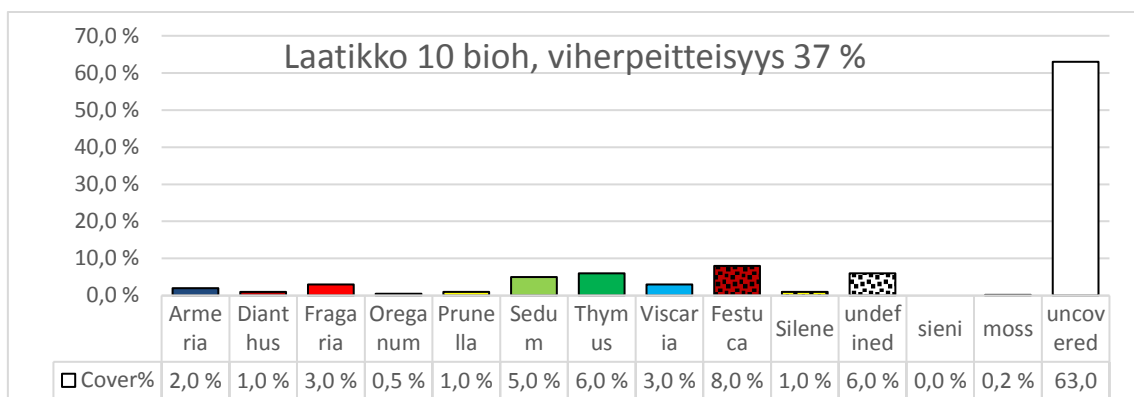
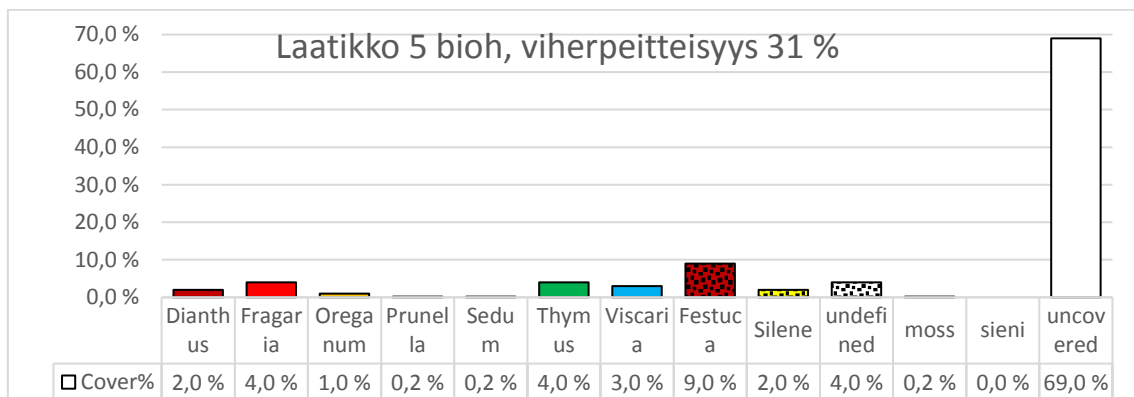


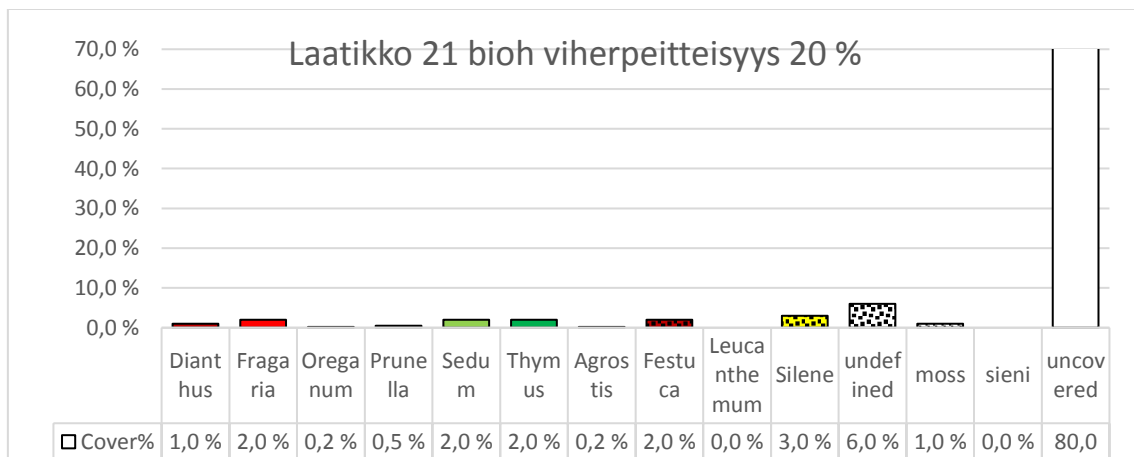
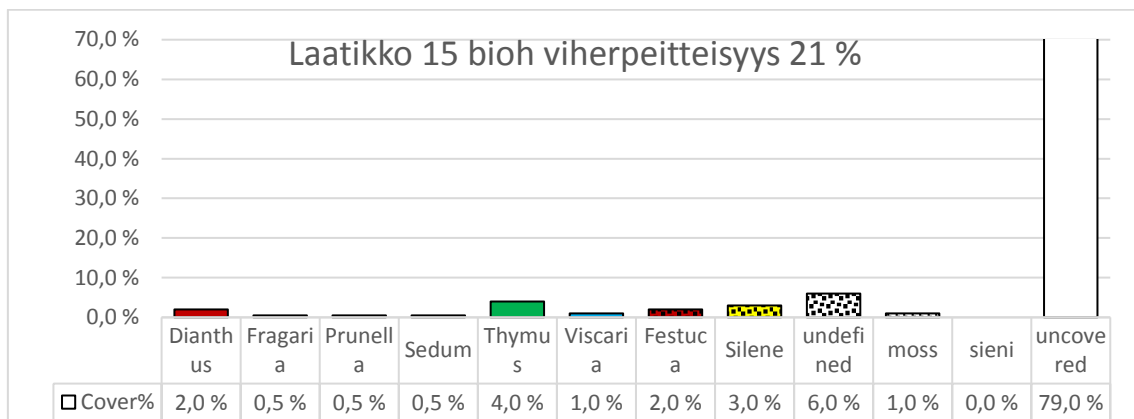




Kevytsorabetoni + biohiilikasvualustojen kasvillisuudesta koostuvat viherpeitteisyydet







Tiilimurskaisten kasvualustojen kasvillisuudesta koostuvat viherpeitteisyydet

