

HIILENSIDONNAN HUOMIOINTI KAUPUNGIN VIHERALUEIDEN SUUNNITTELUSSA

CASE: CARBON LANE DEMONSTRAATIOALUE, HYVÄNTOIVONPUISTO



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Lepaa, rakennetun ympäristön koulutus

kevät, 2020

Minja Koivunen

Rakennetun ympäristön koulutus
Lepaa

Tekijä	Minja Koivunen	Vuosi 2020
Työn nimi	Hiilensidonnän huomiointi kaupungin viheralueiden suunnittelussa	
Työn ohjaaja	Outi Tahvonen	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella kaupungin viheralueiden hiilensidontaan ja hiilivarastojen kehittymiseen vaikuttavia tekijöitä. Rakennettu ympäristö on päästöjen osalta merkittävässä roolissa ja monilla kaupungeilla on kunnianhimoisia tavoitteita saavuttaa hiilineutraalius lähivuosina.

Opinnäytetyössä taustoitetaan erilaisia mahdollisuuksia, joiden avulla suunnittelija voi edistää ilmastotietoista suunnittelua ja rakentamista viheralueilla. Osa työn materiaaleista on tehty Carbon Lane -hankkeen aikana ja työn tilaajana on hankkeesta vastannut Aalto-yliopiston Muotoilun laitos.

Työssä esitetään alueen alkuperäisen suunnitelman lisäksi puistossa toteutunut demonstraatioalueen suunnitelma sekä kaksi luonnostasoista suunnitelmaa. Vertailuluvussa on käsitelty eri suunnitteluratkaisujen vaikutuksia laskemalla rakenteille hiilijalanjälki, biohiilililäyksen vaikutus sekä arvioimalla puuston hiilensidontapotentiaalia i-Tree-ohjelmiston avulla.

Rakennettujen viheralueiden merkitys hiilensidonnassa näyttöytyy kokonaiskuvassa melko pienenä, mutta ilmaston lämpenemisen ja sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä merkitys tulee korostumaan. Vaikka hiilensidontaan vaikuttavista tekijöistä ei tiedetä vielä kaikkea, on olemassa tietoa, jota suunnittelijan on jo mahdollista hyödyntää työssään.

Avainsanat Hiilensidonta, hiilivarasto, hiilijalanjälki, rakennettu viheralue, maisemasuunnittelu

Sivut 42 sivua

Degree Programme in Landscape Design and Construction
Lepaa

Author	Minja Koivunen	Year 2020
Subject	Taking into consideration the carbon sequestration in urban green space design	
Supervisor	Outi Tahvonen	

ABSTRACT

The aim of the thesis was to study the factors influencing carbon sequestration and the development of carbon stocks in urban green areas. The built environment plays a significant role in terms of emissions, and many cities have ambitious goals to achieve carbon neutrality in the coming years.

The thesis explores the different solutions that a designer can use to promote climate-conscious design and construction in urban green areas. Some of the material for the thesis was produced during the Carbon Lane project and the thesis is commissioned by the Department of Design at Aalto University.

In addition to the original plan, the thesis presents the plan of the demonstration site and two sketches for the area. The comparison chapter addresses the effects of different design solutions by calculating the carbon footprint of the structures, the effects of biochar addition and by estimating the carbon sequestration potential of the trees using i-Tree software.

The role of urban green spaces in carbon sequestration appears to be quite small in the overall picture, but as global warming and extreme weather events increase, their importance will grow. Although all the factors affecting carbon sequestration are not yet known, the identified means should already be utilized by designers.

Keywords Carbon sequestration, carbon stocks, carbon footprint, urban green spaces, landscape design

Pages 42 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	HIILENSIDONTA KAUPUNGIN VIHERALUEILLA	2
2.1	Hiilen huomiointi eri vaiheissa	3
2.1.1	Maankäyttö ja muutoksen vaikutukset.....	3
2.1.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	4
2.1.3	Viheralueiden suunnittelu ja suunnittelun työkalut	5
2.2	Hiilensidontan mahdollisuudet ja hiilivarastot	7
2.2.1	Maaperä	7
2.2.2	Kasvillisuus.....	8
2.2.3	Materiaalit.....	10
2.3	Kunnossapidon vaikutukset	12
3	SUUNNITTELUALUEEN KUVAUS	14
3.1	Jätkäsaari ja Hyväntoivonpuisto.....	14
4	VERTAILUSSA OLEVAT SUUNNITELMAT	16
4.1	Suunnitteluprosessi.....	16
4.2	Alueen alkuperäinen suunnitelma V0.....	17
4.3	Carbon Lane demonstraatioalue V1	18
4.4	Vaihtoehtoinen suunnitelma V2	19
4.5	Vaihtoehtoinen suunnitelma V3	20
5	VAIKUTUKSIEN VERTAILU	21
5.1	Maaperä	24
5.2	Kasvillisuus	26
5.3	Materiaalit.....	34
5.4	Kunnossapito.....	36
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	37
	LÄHTEET	39

1 JOHDANTO

Suomen tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Monet kaupungit ovat asettaneet tavoitteekseen saavuttaa hiilineutraaliuden jo ennen tätä. Rakennetun ympäristön osuus Suomen energiankulutuksesta ja kasvihuonekaasupäästöistä on merkittävä. Rakennettujen viheralueiden merkitys hiilensidonnassa näyttäytyy kokonaiskuvassa melko pienenä, mutta ilmaston lämpenemisen ja sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä merkitys tulee korostumaan. Viheralueiden kasvillisuudella on välillisesti huomattavasti suurempi vaikutus kuin pelkän kasvillisuusalueisiin sitoutuneen hiilen kautta tarkasteltuna.

Tutkimus ja toimenpiteet hiilensidonnassa edistämiseksi ovat keskittyneet suurelta osin vaikutukseltaan merkittävimpiin alueisiin kuten metsiin ja maatalousmaihin. Rakennettujen viheralueiden suunnittelussa ei ole vielä kiinnitetty kovinkaan paljon huomiota hiilensidontaan tai viheralueiden hiilivarastojen säilyttämistä ja kehittymistä edistäviin tekijöihin. Ratkaisevimmat päätökset tehdään usein jo maankäytön suunnittelussa, eivätkä ne tiivistyillä kaupunkialueilla ole aina edullisimpia olemassa olevien hiilivarastojen säilyttämisen kannalta. Hiilensidonnassa huomointi suunnittelussa vaatii kokonaisvaltaista ajattelua, laajaa yhteistyötä eri tahojen välillä ja asian huomointia aikaisessa suunnitteluvaiheessa.

Kasvillisuuden kasvu on edellytys hiilidioksidin sitomiseen ilmakehästä. Tiiviisti rakennetussa kaupunkiympäristössä kasvuolosuhteet ovat usein haasteellisia, joita rankkasateiden ja helleaaltojen lisääntyminen haastaa entisestään. Vettä läpäisemättömien pintojen lisääntyminen heikentää veden ja ravinteiden luonnollista kiertoa vaikuttaen myös maaperän hiilivaraston kehittymiseen. Kestävän kehityksen mukaisilla valinnoilla ja hyödyntämällä kiertotalouden mahdollisuuksia voidaan edistää ilmastotietoista suunnittelua ja rakentamista sekä säästää luonnonvaroja. Viheralueiden puiden tuottamien ekosysteemipalveluiden, kuten hiilensidonnassa, tai esimerkiksi hiiltä sitovien rakennusmateriaalien kautta kaupungit voivat pyrkiä myös kompensoimaan muita rakentamisesta syntyviä päästöjä. Samalla taataan riittävän viherrakenteen säilyminen kaupunkiympäristöissä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä rakennettuihin viheralueisiin hiilensidonnassa näkökulmasta ja selvittää miten suunnittelulla voidaan vaikuttaa viheralueen hiilitaseen parantamiseen. Suunnittelualueena on Helsingin Jätkäsaarella sijaitsevan Hyväntoivonpuiston puisto-osio. Vaikuttavuuden vertailua varten työssä esitetään alueen alkuperäisen suunnitelman lisäksi kolme luonnostasoista suunnitelmaa puistoalueesta. Kaksi opinnäytetyössä vaihtoehtona esitettyä suunnitelmaa on tehty Carbon Lane -hankkeen aikana, toisena näistä esitetään puistossa toteutunut demonstraatioalue. Kolmannessa ja neljännessä suunnitelmassa esitetyt suunnitteluratkaisut ovat alkuvaiheen suunnitelman tyyppisiä, joiden

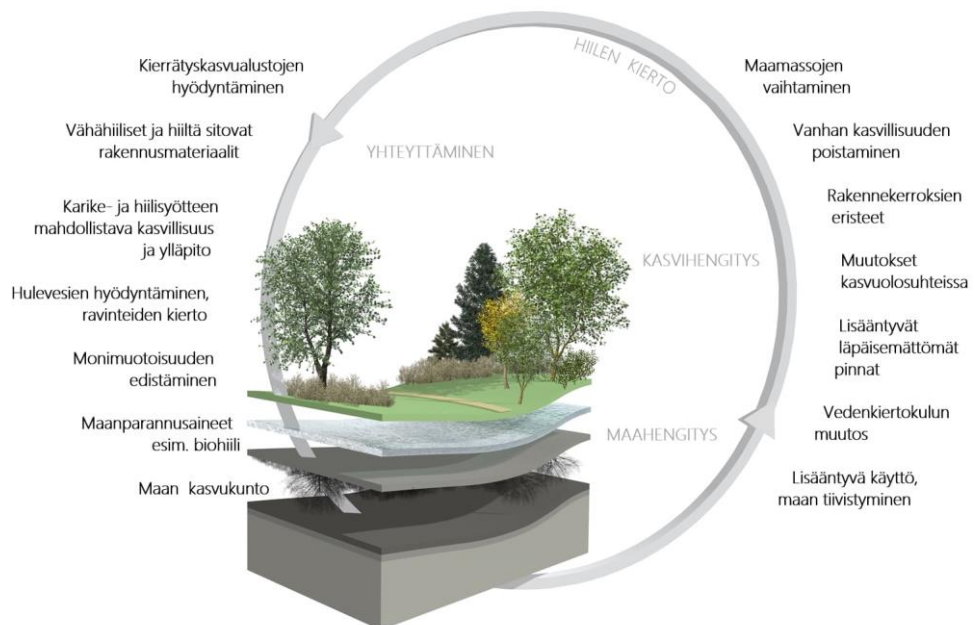
kautta arvioidaan myös erilaisten materiaalivalintojen vaikuttavuutta. Hankkeen työpajoilla on ollut tärkeä merkitys vaihtoehtoisten suunnitelmien luomisessa.

TUTKIMUSKYSYMYKSIÄ

- Miten viherrakennuskohteen hiilijalanjälki rakentuu ja miten toteutus- suunnittelun ratkaisut voivat siihen vaikuttaa?
- Millaisilla valinnoilla suunnittelija voi pienentää viherrakentamisesta kaupungille syntyvää hiilijalanjälkeä sekä edistää hiilensidontaa viheralueilla?

2 HIILENSIDONTA KAUPUNGIN VIHERALUEILLA

Ihmiskunnan tuottamista kasvihuonekaasuista merkittävin ilmastollinen lämmittäjä on hiilidioksidi. Sen pitoisuus ilmakehässä on kasvanut teollistumisesta edeltäneestä ajasta noin 40 % ja kasvu jatkuu edelleen. Luonnossa hiili kiertää eri varastojen välillä ja hiilidioksidiä sitoutuu ilmakehästä hiilenä kasvillisuuteen ja maaperään. (Ilmasto-opas, n.d.) Kuvaan 1. on koottu maankäytön muutoksesta aiheutuvia seurauksia sekä muita tekijöitä, joiden avulla voidaan vaikuttaa hiilensidonnassa edistämiseen ja hiilivarastojen kehittämiseen kaupunkien viheralueilla.



Kuva 1. Viheralueilla hiiltä on sitoutuneena kasvillisuuteen, maaperään sekä hiiltä sitoviin materiaaleihin. (Koivunen, 2020)

2.1 Hiilen huomiointi eri vaiheissa

2.1.1 Maankäyttö ja muutoksen vaikutukset

Hiilensidonnan ja hiilivarastojen huomioiminen suunnittelussa antaa yhden näkökulman lisää kestäväälle yhdyskuntasuunnittelulle. Ohjaamalla maankäyttöä mahdollisuuksien mukaan niille alueille, jotka ovat hiilivarastojen kannalta kasvupotentiaaliltaan heikoimpia voidaan turvata merkittävimpien hiilinielujen ja varastojen säilyminen. Tiivis ja eheä yhdyskuntarakenne tehostaa maankäyttöä ja tarve metsämaiden rakennuskäyttöön ottamiseen pienenee. (Känkänen & Rasinmäki, 2014a, s. 3, 45–46)

Maankäyttö tiivistyvillä kaupunkialueilla muuttuu usein joka tapauksessa, ja mahdollisuudet hiilen sidontaan ja varastointiin tulisi huomioida jo aikaisessa suunnitteluvaiheessa. Kaupunkirakenteen tiivistyessä rakentaminen lisääntyy myös alueilla, joiden on katsottu olevan rakentamiseen heikosti soveltuvia. Kun maankäyttö suunnataan alueille, joissa muutos vaatii massiivisia pohjatöitä, vähenevät suunnittelijan mahdollisuudet säilyttää olemassa olevat hiilivarastot tai suosia vähähiilisiä rakenneratkaisuja.

Muuttuva maankäyttö vaikuttaa myös veden luonnolliseen kiertokulkuun ja kaupunkirakenteen tiivistyminen heikentää syntyvien hulevesien laatua (Sillanpää, 2013). Lisääntyneet läpäisemättömät pinnat kasvattavat valuntaa ja tiiviillä alueella hulevesiä saatetaan johtaa ennemmin hulevesiverkostoon kuin muilta toiminnoilta tilaa vaativiin näkyviin hulevesien hallintaratkaisuihin. Jos syntyviä hulevesiä ei ole mahdollista imeyttää maaperään, niitä voidaan viivyttää esimerkiksi rakennusten viherkatoilla. Viherakenteiden huomiointi kattopinnoilla voidaan tiivistyvillä kaupunkialueilla määritellä jo korttelitasolla kaavassa.

Erityyppisen maankäytön vaikutuksista kaupunkien viheralueiden hiilitaseeseen antaa käsityksen Kuntien hiilitasekartoitus -hankkeen julkaisu (2014). Hankkeen selvityksen mukaan kaupungissa tai kunnassa viheralueisiin sitoutuneen hiilen määrä on sitä suurempi mitä enemmän alueella on luonnonmukaisia kasvillisuusalueita, erityisesti rehevien kasvupaikkojen metsiä. Selvityksessä rakennetut viheralueet sijoittuvat hiilitaseeltaan kasvillisuusalueiden alhaisimpaan luokkaan.

Kun arvioidaan erilaisten maankäytön muutosten vaikutuksia esimerkiksi hiilivaraston suuruuteen, on tarkasteltavan aikajänteen valinta loppupäätelmien kannalta ratkaisevan tärkeää (Heinonsalo, 2020, s. 11). Erilaisilla muutoksilla voi olla sekä suoria että välillisiä vaikutuksia, ne voivat olla vain lyhytaikaisia tai niiden vaikutukset voivat ilmetä vasta pidemmän ajan kuluessa.

2.1.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Kun maaperän kantavuutta halutaan parantaa, pohjanvahvistusmenetelmänä käytetään useimmiten massanvaihtoa, jossa heikosti kantava maa-aines korvataan esimerkiksi kivilouheella (Liikennevirasto, 2011, s. 10, 15). Rakennettavuuden kannalta heikosti kantavimpia maa-aineksia ovat hienorakeiset maalajit eli siltti ja savi sekä eloperäiset maalajit. Ne ovat rakenteeltaan huokoisia, helposti routivia ja painuvat kasaan kuormituksen lisääntyessä. Huokoiselle maaperälle voidaan rakentaa vahvistamalla pohja esimerkiksi paaluttamalla tai vaihtamalla maan pintakerros kantavaan pohjamaahan asti. (Johansson, n.d.) Pintamaan eloperäisen eli hiilirikkaan maan poistaminen ja korvaaminen ”kuolleella” mineraalimaalla heikentää maan kasvukuntoa, eikä maaperän hiilivarasto enää kehity vastaavalla tavalla esimerkiksi asfalttipinnan alla (Setälä, 2020).

Massojen vaihdoista ja kuljetuksista aiheutuu merkittäviä ympäristöhaittoja, jotka on tiedostettu kaupungeissa hyvin ja esimerkiksi Helsingin kaupungilla on ollut oma massakoordinaattori vuodesta 2014 lähtien. Vuosien 2014–2017 välillä Helsingin kaupunki säästi kaivuumaiden uudelleenkäytön avulla hiilidioksidipäästöissä 13 400 tonnia, säästöt polttoaineissa oli 5,3 miljoonaa litraa ja kustannussäästöt 37 miljoonaa euroa (Suominen, 2019). Kuljetuksista aiheutuvien päästöjen ja kustannuksien lisäksi maa-massojen kierrättämistä ja hyötykäyttöä ajaa luonnon kiviainesvarantojen hupeneminen. Soranottoapaikat ovat siirtyneet yhä kauemmaksi kasvukeksuksista ja kiviaineksia pyritään korvaamaan esimerkiksi lähellä syntyvän purkujätteen, kuten betonimurskeen, käytöllä.

Rakentamisen aikaiset hulevedet poikkeavat laadullisesti siitä mitä ne tulevat olemaan rakentamisen valmistuttua. Paljas kasvipeitteetön maanpinta lisää pintavaluntaa ja eroosion kautta työmaavedet voivat kuormittaa vesistöjä kiintoaineella ja ravinteilla sekä rakentamisesta syntyvillä haitta-aineilla. Jos rakennettavalle alueelle on suunniteltu hulevesirakenteita, niitä on mahdollista hyödyntää myös työmaa-aikaisten vesien hallinnassa. Tällöin tulee varmistaa, että ne kestävät rakentamisen aikaisen kuormituksen ja ovat puhdistettavissa rakentamisen päätyttyä. (Rakennustieto Oy, 2016)

Viheralueiden kasvualustavalinnoilla voidaan vaikuttaa viherrakentamisen ympäristövaikutuksiin alueiden perustamisvaiheessa. Ympäristövaikutuksia voidaan pienentää esimerkiksi käyttämällä fossiilisten komponenttien, kuten turve, tilalla biohiiltä tai kompostia (Jalas ym., 2019b, s. 16). Jos rakennuspaikalla on mahdollista hyödyntää kierrätyskasvualustoja, saavutetaan ympäristöhyötyjen lisäksi kustannussäästöjä. Hyödynnettävässä maaperässä säilyy myös siihen sitoutunut hiili, maaperäeliöstö ja siemenpankki, kun maaperää käsitellään tai säilytetään varastoituna mahdollisimman vähän (Elo & Regårdh, 2019, s. 9).

2.1.3 Viheralueiden suunnittelu ja suunnittelun työkalut

Suunnittelun lähtökohtia ovat usein käytettävyys ja turvallisuus sekä muun muassa helppo kunnossapito. Tiiviissä kaupunkirakenteessa viheralueet toimivat usein kevyen liikenteen kulkuväylinä, jonka lisäksi niiden tulisi tarjota monia toimintoja ja palvella erilaisia käyttäjäryhmiä. Päästötöntä liikumista edistetään monessa kaupungissa suunnittelemalla yhtenäisiä verkostoja muodostavia pyöräilyn laatubaanoja, jotka kulkevat usein viheralueiden läpi. Baanat ovat pääsääntöisesti asfalttipintaisia ja kaistojen erotelu tehdään usein maalaamalla merkinnät tien pintaan.

Viheralueiden hiilivarastot koostuvat pääasiassa kasvillisuuteen ja maaperään sitoutuneesta hiilestä. Hiilensidontaan ja varastojen kehittymiseen vaikuttavat monet tekijät kuten maaperän laatu, ilmasto-olosuhteet, kasvillisuuden ikä, kasvutiheys ja nopeus, hoidon intensiteetti sekä maaperän karikesyöte. Suunniteltavan viheralueen hiilitasetta voidaan parantaa muun muassa kasvillisuuden ja puurakentamisen lisäämisen avulla. (Jalas ym., 2019b, s. 11–12; Känkänen & Rasinmäki, 2014a, s. 11–12, 47)

Viheralueiden rakenneratkaisut vaativat harvoin esimerkiksi paaluttamista, mutta huokoisen maaperän routivuus voi aiheuttaa ongelmia muun muassa kulkuväylillä. Tiiviisti rakennetuilla alueilla on yleensä huomioitava muiden kulkuväylien lisäksi pelastustiet, joiden mitoitukset ja painovaatimukset voivat rajoittaa viheralueiden suunnitteluratkaisuja. Rakenteiden vaatimat eristekerrokset ja lisääntyvät läpäisemättömät pinnoitteet vaikuttavat puolestaan maaperän hiilivarastojen kehittymiseen ja muutokset kasvuolosuhteissa voivat tuoda haasteita säilytettävän kasvillisuuden selviytymiselle. Vanhan hyväkuntoisen kasvillisuuden säästäminen parantaisi kuitenkin viheralueen hiilitasetta ja vastaavan tilan saavuttaminen uuden kasvillisuuden avulla voi kestää vuosikymmeniä.

Rakennuspaikasta tai muusta läheisestä rakennuskohteesta syntyviä maamassoja voidaan hyödyntää viheralueiden tilalliseen muotoiluun. Maan muotoilulla voidaan huomioida myös hulevesien hyödyntäminen kasvillisuuden käyttöön sekä edistää merien ja muiden vesiekosysteemien kannalta kestävää suunnittelua. Hyödyntämällä luontopohjaisia ratkaisuja hulevesien hallinnassa voidaan vähentää hulevesien aiheuttamaa kuormitusta vesistöille ja turvata niiden tuottamat ekosysteemipalvelut (Weckman, 2018, s. 22). Hulevesiä voidaan ohjata esimerkiksi rakennetuille kosteikkoalueille, jotka muiden ympäristöhyötyjen lisäksi voivat toimia hiilinieluina (Känkänen & Rasinmäki, 2014b, s. 49).

Suunnittelun työkalut

Ympäristövaikutusten arviointia voidaan käyttää suunnittelutyössä päätöksenteon tukena, kun halutaan edistää ympäristövastuullista rakentamista. Ympäristövaikutuksia arvioidessa hyödynnetään elinkaariarviointia eli LCA-menetelmää. Täydellinen elinkaariarviointi sisältää raaka-aineiden

tai materiaalien hankinnan luonnosta, tuotteen valmistuksen, kuljetukset eri vaiheissa, käytön, huollon, uudelleenkäytön, kierrätyksen sekä hylkäämisen. Kattavan elinkaariarvioinnin tekeminen vaatii paljon lähtötietoja ja työtä, joten usein arvioinnissa käytetään suppeampaa yksinkertaistettua menetelmää. (Antikainen ym., 2017, s. 10)

Hiilijalanjälki on erillinen indikaattori, joka pohjautuu elinkaariarviointiin ja ekologiseen jalanjälkeen. Hiilijalanjäljellä on useita erilaisia määritelmiä riippuen siitä mihin tarkastelu rajataan, mitkä kasvihuonekaasut huomioidaan ja mitkä elinkaarivaiheet sisällytetään menetelmiin rajauksessa. (Antikainen, 2010, s. 63). Vertailtaessa yksittäisten materiaalien tai rakenteiden ympäristövaikutuksia laskennassa on helpompi käyttää pelkkää materiaalin hiilijalanjälkeä. Toisaalta, jos valinnat perustuvat pelkkään hiilijalanjälkeen voi käydä niin, että merkittävimmät ympäristövaikutukset jäävät huomioimatta tai valinnoista seuraa haitallisten ympäristövaikutusten lisääntymistä muissa luokissa (Antikainen & Seppälä, 2012, s. 56).

Hiilijalanjäljen rinnalle on kehitetty hiilikädenjäljen konsepti, joka korostaa myönteisiä ilmastovaikutuksia. Hiilikädenjälkeä voi luoda esimerkiksi yritys tai yksittäinen ihminen tuottamalla asiakkaalle muun muassa palveluita, joiden avulla asiakkaan on mahdollista alentaa omaan hiilijalanjälkeään. (Sitra, n.d.) Suunnittelija voi hyödyntää menetelmää tekemällä esimerkiksi ilmastomyönteisiä raaka-ainevalintoja ja pienentää viherrakentamisesta kaupungille syntyvää hiilijalanjälkeä.

Muita suunnittelun eri tasoilla hyödynnettäviä laskureita ovat esimerkiksi erilaiset hulevesilaskurit, maankäytön muutoksen arviointiin tarkoitettu hiilitaselaskuri ja tonttikohtaisen vihertehokkuuden edistämiseksi kehitetty viherkerrointyökalu (Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas, n.d.).

Viherkerrointyökalua on pilotoitu useissa kaupungeissa ja muutamassa kaupungissa vihertehokkuutta edellytetään asemakaavassa. Laskennan avulla kaupungeissa tavoitellaan erityisesti ilmaston muutokseen sopeutumista hulevesien osalta sekä riittävän viherrakenteen ja muun muassa ekosysteemipalveluiden turvaamista. Työkalulla edistetään hiilensidontaa puiden ja muun kasvillisuuden lisäämisen kautta, mutta toistaiseksi työkalu ei suoraan huomioi olemassa olevan kasvillisuuden tai maaperän säilyttämistä. (AriLuoma & Hautamäki, 2020, s. 7–8)

Puiden tuottamia ekosysteemipalveluita voidaan arvottaa i-Tree-ohjelmiston avulla. Ohjelmiston kansainvälinen versio Eco soveltuu myös suomalaisiin olosuhteisiin. Ohjelma huomio ilmasto-olosuhteet tietyin rajoituksin, valikosta valitun sääaseman perusteella löytyvien tietojen pohjalta. Työkalun avulla voidaan analysoida puuston hiilen sidonnan ja varastoinnin lisäksi vaikutuksia muun muassa hulevesien hallintaan ja ilmanlaatuun sekä joissakin tapauksissa myös rakennusten energiatehokkuuteen.

2.2 Hiilensidonnan mahdollisuudet ja hiilivarastot

2.2.1 Maaperä

Maaperä on merkittävä hiilivarasto, jonka arvioidaan varastoivan yhteensä 1500–2400 gigatonnia hiiltä ylipäähän 1–2 metrin paksuiseen kerrokseen. Se on noin kolminkertainen määrä hiiltä koko ilmakehään verrattuna. Maaperän hiilipitoisuus määräytyy maahan tulevan ja sieltä poistuvan hiilen erotuksena. Hiilen määrä maassa kasvaa eloperäisen aineksen sekä esimerkiksi orgaanisten lannoitteiden myötä, hiiltä poistuu eloperäisten aineiden hajotessa ja muun muassa eroosio seurauksena. (Heinonsalo, 2020, s. 4, 8)

Maaperän orgaaninen eli eloperäinen aines kostuu kasveista, mikrobeista sekä eläimistä peräsin olevasta kuolleesta aineksestä. Eloperäisen aineksen massasta noin puolet muodostuu siihen sitoutuneesta orgaanisesta hiilestä, joka on päätynyt alun perin maahan kasvien fotosynteesin kautta. Orgaaninen aines voidaan luokitella hajoamisnopeutensa perusteella labiiliksi eli nopeasti hajoavaksi tai stabiiliksi eli jopa satoja vuosia maassa pysyväksi orgaaniseksi ainekseksi (ääripäät). Stabiilia muotoa suojaavat hajoamiselta orgaanisten ja kivennäisaineiden välille syntyneet kemialliset sidokset sekä maan mururakenne. Kun halutaan kasvattaa maaperän hiilivarastoa, pysyvä stabiili aines on keskeisessä roolissa. (Heinonsalo, 2020, s. 8–10)

Labiili aines toimii ravintona lukuisille maan eliöille, jotka taas vapauttavat orgaaniseen ainekseen sitoutuneita ravinteita kasvien käyttöön hajotustoiminnan seurauksena. Aktiivinen eliötoiminta on eduksi maan rakenteelle, ja mikrobitoiminnan kautta maamurut voivat stabiloitua parantaen muun muassa maaperän kestävyttä. (Heinonsalo, 2020, s. 8–10)

Maanviljelyn puolella tutkitaan parhailaan monimuotoisuuden, mikrobien ja hiilensidonnan yhteyttä, jotta niiden välinen prosessi ymmärrettäisiin paremmin (Välimäki, 2019). Välimäen (2019) mukaan Saksan Jenassa tehdyissä kenttäkokeissa todettiin maan mikrobiomin, etenkin sienten monimuotoisuuden kasvavan, kun kasvilajistoa kasvatettiin yli seitsemään lajiin. Kokeissa todettiin, että monimuotoisuuden lisääntyessä maahan sitoutui myös hiiltä enemmän kuin sieltä poistui.

Viljelymailla hiilisyötettä maaperään voidaan tehostaa esimerkiksi lisäämällä kasvillisuuden kokonaisbiomassaa ja syväjuuristen lajien käyttöä sekä pitämällä viljelymaat kasvipeitteisinä ympäri vuoden. Voimakas maaperän muokkaus puolestaan lisää hajotustoimintaa muun muassa maan lämpötilan nousun kautta. (Heinonsalo, 2020, s. 5–6)

Rakennetuilla viheralueilla maaperän muokkaus on satunnaisempaa kuin viljelymailla, mutta ajoittaiset kaivuutyöt esimerkiksi maanalaiseen infraan liittyen voivat olla merkittäviä. Näiden viheralueilla tehtävien maaperän

käsittelyiden voidaan ajatella myös tarjoavan tilaisuuden uusille toimintatavoille, kuten biohiilisyöksille, joiden avulla voidaan sitoa ja varastoida hiiltä sekä samalla parantaa kasvuolosuhteita viheralueilla (Carbon Lane -hanke, 2019).

2.2.2 Kasvillisuus

Sopeutumista muuttuviin olosuhteisiin kestävätkä parhaiten lajistoltaan monimuotoiset ekosysteemit. Monimuotoisuuden lisäämisen vaikutukset hiilensidontaan tunnetaan vielä heikosti, mutta viljelymailla lajiston lisäämisen on todettu edistävän hiilensidontaa sekä auttavan hiilen kulkeutumista eri syvyksiin maaperässä. (Baltic Sea Action Group, n.d.)

Kaupunkipuiden tehokas yhteyttäminen ja mahdollisimman pitkä elinikä varmistetaan luomalla hyvät kasvuolosuhteet ja valitsemalla olosuhteisiin sopivat puulajit (Jalas ym., 2019a, s. 8). Yksittäisen kaupunkipuun keskimääräinen elinkaari vaihtelee 50–150 vuoden välillä. Elinikää voivat lyhentää merkittävästi kasvualustojen puutteet, joiden on arvioitu aiheuttavan jopa 80 % kaupunkipuille myöhemmin tehtävistä hoito- ja ylläpitotoimista (Liski ym., 2014, s. 25, 28).

Puulajien valinnassa monet kaupungit soveltavat ns. Santamourin mallia, jolla pyritään edistämään monimuotoisuutta ja lajiston monipuolistumisen avulla välttämään suurimittaisia puutuhoja. Mallin mukaan laajalla viheralueella saa olla samaa lajia enintään 10 %, samaa sukua enintään 20 % ja samaan heimoon kuuluvia puita enintään 30 % (Weckman, 2018, s. 44).

Puusto sitoo hiilidioksidia ilmakehästä tehokkaimmin kasvuvaiheessa. Kasvunopeuteen sekä myös kariketuottoon vaikuttavat merkittävästi puuston ikä (Känkänen & Rasinmäki, 2014a, s. 12) ja valitut puulajit. Valinnoilla voidaan tehostaa viheralueiden hiilensidontaa suosimalla esimerkiksi nopeasti kasvavia tai isokokoisia puita (Jalas ym., 2014a, s. 10–11). Nopeasti kasvavia puulajeja ovat esimerkiksi *Alnus*, *Betula*, *Salix* ja *Ulmus*, suuriksi kasvavia esimerkiksi *Acer*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus* ja *Quercus*. Suurten puiden ja suuren kasvimassan avulla hiilensidonta tehostuu yhteyttävän lehtipinta-alan lisääntyessä. Suuri monikerroksellinen kasvillisuus tuottaa yleensä myös runsaamman määrän kariketta ja näin ollen mahdollistaa sen jättämisen maahan.

Suosimalla sopivissa paikoissa monikerroksellista kasvillisuutta laajojen nurmialueiden ja yksittäisten puiden sijaan, voidaan lisätä myös puistoalueen tilallista kiinnostavuutta sekä luoda intiimejä tiloja puistoalueella oleskeluun. Kasvillisuuden rytmittelyllä voidaan saada puistoalue myös tuntuun suuremmalta, kun ympäristössä on enemmän kerroksellisuutta ja katsottavaa puistossa liikkuville ihmisille. (Kingsbury & Oudolf, 2005, s. 62–63) Aurinkoisina hellepäivinä suuri kerroksellinen kasvillisuus tarjoaa viileämpiä paikkoja oleskeluun, pitäen samalla myös maaperän viileämpänä ja kosteampana.

Maan syviin kerroksiin ja hitaasti kiertävän hiilen varastoon saadaan kulkeutumaan juurimassaa ja juurieritteitä syväjuurisen kasvillisuuden avulla (Heinonsalo, 2020, s. 5). Isokokoiset ja syväjuuriset puulajit vaativat kuitenkin paljon kasvutilaa, joten niiden sijoittaminen tiiviille kaupunkialueelle voi olla haasteellisempaa kuin hidas- tai pienikasvuisten lajien. Suunnittelussa tulisi huomioida myös käytettävissä olevat kunnossapidon resurssit sijoitettaessa suuria puita, sillä ne voivat vaatia enemmän hoitoa ahtailla alueilla. Puistojen lisäksi suurten, tilaa vaativien puulajien lisääminen voisi olla helpommin toteutettavissa esimerkiksi kaupunkien laita-alueilla. Nopeasti kasvavat puulajit ovat usein lyhytikäisempiä ja laita-alueilla myös niistä aiheutuvat mahdolliset riskit olisivat paremmin hallittavissa kuin kovassa käytössä olevilla alueilla. (Jalas ym., 2019a, s. 8, 10) Lyhytikäisinä ne myös palauttavat sitomansa hiilen takaisin kiertoon nopeammin, mutta toisaalta voivat vielä lahotessaan edistää monimuotoisuutta ja auttaa useita eliölajeja.

Laajojen nurmialueiden tarjoamat edut kaupunkialueilla, kuten monikäyttöisyys ja avoimen näkyvyyden kautta syntyvä turvallinen kaupunkikuva, selittävät niiden käytön suosimista viheralueilla. Nurmialueet myös kestävät melko hyvin kulutusta ja tarjoavat kaupunkilaisille mahdollisuuden monenlaiseen oleskeluun. Haittapuolena voi kuitenkin olla maaperän tiivistyminen kovan kulutuksen alueilla, jolloin juuristojen kehittyminen sekä nurmikon peittävyys heikkenee (Jalas ym., 2019a, s. 9–10). Maan pakkautuessa juuristot eivät välttämättä pysty tunkeutumaan maan läpi ja varsinkin syväjuuristen lajien kasvu kärsii (Alakukku ym., 2014, s. 7). Avoimilla alueilla, joissa on vaarana nurmen kasvualustan liiallinen tiivistyminen, haittoja voitaisiin ehkäistä käyttämällä kantavaa kasvualustaa myös nurmialueilla (Jalas ym., 2019a, s. 10).

Intensiivisesti hoidettujen nurmialueiden lajisto on usein monotonista ja lajiston lisäämisellä voisi olla positiivisia vaikutuksia myös hiilensidonnan kannalta. Lajistoa voitaisiin monipuolistaa esimerkiksi korvaamalla tavanomaisia nurmialueita matalakasvuisilla lajeilla, jolloin myös leikkuutarvetta ja leikkuutyöstä aiheutuvien päästöjen määrää saataisiin pienennettyä (Jalas, ym., 2019a, s. 11). Laajoja nurmialueita voidaan rikkoa myös esimerkiksi luonnonmukaisemmilla niittyistutuksilla, jolloin näkyvyys puistoalueella säilyy, mutta tila jäsentyy rytmittelyn ansiosta suurempana ja kiinnostavampana (Kingsbury & Oudolf, 2005, s. 62–63). Niityt mahdollistavat yleensä monipuolisemman kasvilajiston käytön sekä mahdollisuuden lisätä myös syväjuurisia kasveja avoimille viheralueille. Kuitenkin rakennetuilla viheralueilla käytettävien eri lajien vaikutus hiilensidontaan ja maaperän hiileen tunnetaan vielä heikosti, eikä myöskään tietoa eri lajien juuristoista ole kaikilta osin saatavilla. (Jalas ym., 2019a, s. 10, 17)

Kasvillisuutta voidaan lisätä kaupunkiympäristöihin myös viherkatoilla, joiden merkitys hulevesien hallinnan, monimuotoisuuden ja esimerkiksi pölyttäjien kannalta voi olla hyvin merkittävä. Lisäksi viherkatoilla voi olla vaikutusta myös rakennusten energiatehokkuuteen. Esimerkiksi Torontossa

saaduissa tuloksissa viherkatto alensi yksikerroksisen rakennuksen viilenykseen käytettyä energiankulutusta 25 % kasvipeitteettömän katon kesäaikaiseen energiankulutukseen verrattuna (Dunnett & Kingsbury, 2008, s. 73).

2.2.3 Materiaalit

Uuden kasvillisuuden vaikutuksia nopeammin ja helpommin rakenteilla olevan viheralueen hiilitaseeseen voidaan vaikuttaa materiaalivalintojen kautta. Suosimalla hiiltä sitovia materiaaleja, kuten puuta, voidaan kasvatata hiilivarastoja jo rakennusvaiheessa. Valintojen vaikutus korostuu, kun matalan tai negatiivisen hiilijalanjäljen omaavia materiaaleja käytetään korvaamaan rakennusmateriaaleja, joiden hiilijalanjälki on korkea (Jalas ym., 2019a, s. 12). Ottamalla materiaalien merkitys huomioon jo aikaisessa vaiheessa, suunnitteluratkaisut voidaan tehdä niin, että ne mahdollistavat vähähiilisten materiaalien käytön.

Puunkäyttö korvaavana rakenteena ei kaikissa tapauksissa ole yhtä pitkäikäinen kuin esimerkiksi teräs- tai betonirakenteet. Kestoon voidaan kuitenkin vaikuttaa huomioimalla käytettävän puun laatu, materiaalin ominaisuudet sekä huoltamalla rakenteita riittävän usein ja sopivilla menetelmillä. Puulajien välillä on huomattavia eroja ominaisuuksissa jopa saman lajin sisällä, johtuen muun muassa materiaalin alkuperästä. Valitsemalla käsittelemättömiä ja luontaisesti hyvän säänkeston omaavia puulajeja sekä suosimalla luonnollisia pintakäsittelyaineita voidaan varmistaa, ettei materiaaleista myöskään liukene ympäristölle haitallisia aineita käytön aikana. Puunkäytön etuihin ympäristörakentamisessa voidaan laskea myös materiaalin hyvä kierrätettävyyden sekä muihin massiivisiin rakenteisiin verrattuna rakenteiden helpompi muunneltavuus. Jos rakennettu puustotila ei vastaakaan käyttötarpeisiin tai tarpeet muuttuvat lyhyessäkin ajassa, puurakenteita voidaan muunnella tai korvata toisenlaisilla ratkaisuilla. Parhaassa tapauksessa ilman rakenteellisia pohjatöitä ja aiemmat rakenteet uusiokäyttämällä.

Betonijätettä syntyy Suomessa arviolta 1,5 miljoonaa tonnia vuodessa ja sitä on hyödynnetty murskeena tie- ja katurakenteissa parin vuosikymmenen ajan. Uusiokäytön avulla vähennetään luonnonkiviainesten louhintatarvetta ja rakennusjätteen sijoitustarvetta kaatopaikoille sekä pienennetään maarakentamisesta syntyviä päästöjä lyhyempien kuljetusmatkojen ansiosta. (Dettenborn & Forsman, 2019, s. 2–3) Betonimurskeen käyttö sisältää kuitenkin riskin, että murskeesta pääsee liukenemaan ympäristöön haitallisia aineita, ja käyttö edellyttää useimmissa tapauksissa ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaista ympäristölupaa. Jätteiden hyödyntämistä, kiertotaloutta ja sitä kautta luonnonvarojen kestävämpää käyttöä edistämään on tehty valtioneuvostossa asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017) eli niin sanottu MARA-asetus. Betonimurske sisältyy asetuksen soveltamisaloihin kuuluviin jätteisiin, eikä

murskeen hyödyntäminen vaadi ympäristölupaa, jos MARA-asetuksen mukaiset vaatimukset täyttyvät.

Maailmalta on tutkimuksia, joiden mukaan betonin valmistuksessa vapautuneesta hiilidioksidista voi sitoutua merkittävä osa takaisin betonirakenteisiin karbonatisoitumisen avulla. Ilmiö vaatii rakenteen olemista koskeuksissa ilmaan, joten kierrätetyn betonimurskeen kasvanut reaktiopinta-ala voi lisätä hiilidioksidin sitoutumisnopeutta. Tutkimustulosten soveltuvuutta suomalaisissa olosuhteissa tutkitaan parhaillaan CO₂crete-hankkeessa, jossa selvitetään betonirakenteisiin sitoutuneen hiilen määrää käyttövaiheen ja kierrätyksen aikana sekä viisaita kierrätystekniikoita. (Suomen ympäristökeskus, 2019)

Betonimurskeen lisäksi muita kierrätettäviä materiaaleja, joita on mahdollista hyödyntää muun muassa läpäisykykyä vaativissa kasvualustoissa ovat esimerkiksi tiilimurske ja vaahtolasi. Vaahtolasi on kierrätyslasista valmistettua kevyttä kiviainesta, joka ei sisällä valmistusprosessin myötä orgaanista ainesta. Kasvualustan maanparannuksen lisäksi sitä voidaan käyttää esimerkiksi kevennysmateriaalina, routasuojauksessa ja kattorakentamisessa. Tavanomaisissa käyttökohteissa vaahtolasista ei haihdu tai liukene ympäristölle haitallisia aineita. (Juhanoja, Salo & Tuhkanen, 2014, s. 24–25). Vaahtolasin hiilijalanjälki on 0,31 kg CO₂/kg ja keveyden ansiosta sitä on mahdollista kuljettaa suurempia määriä kivimurskeeseen verrattuna (Uusioaines Oy n.d.).

Materiaalien kierrättäminen ja uudelleenkäyttö edistää ilmastotietoista suunnittelua ja rakentamista. Vältettyjen päästöjen ja syntyneiden säästöjen lisäksi tarvitaan myös keinoja sitoa hiiltä pitkäaikaisesti. Biohiilen käyttö viheralueiden tai esimerkiksi viherkattojen kasvualustoissa on yksi mahdollisuus lisätä hiilivarastoja kaupunkiympäristöissä sekä tehostaa kasvillisuuden hiilensidontaa parempien kasvuolosuhteiden avulla. Biohiili toimii lähes aina hiilen nettositojana, mikäli raaka-ainevalinnoissa ja tuotannon eri vaiheissa siihen pyritään (Riikonen, 2019, s. 3). Tuotannossa voidaan hyödyntää esimerkiksi metsien hoitohakkuista saatavaa puutavaraa, kierrätettyä puutavaraa tai kaupungissa syntyvää muuta jätebiomassaa.

Biohiiltä tuotetaan pyrolyysiprosessissa, jossa erilaisia bioraaka-aineita kuumennetaan vähähappisissa olosuhteissa. Käytetyt raaka-aineet sekä pyrolyysiolosuhteet, kuten lämpötila ja kesto, vaikuttavat biohiilen ominaisuuksiin sekä sen stabiiliuteen maaperässä. Kemialliselta luonteelta biohiili on tyypillisesti hiilirikas materiaali, joka sisältää aromaattisia yhdisteitä. Hiilensidonnassa sen etu perustuu stabiiliuteen ja hitaasti hajoavana biohiili voi säilyä maaperässä satoja tai jopa tuhansia vuosia. Muita maanparannuskäyttöön liittyviä etuja ovat biohiilen korkea vedenpidätyskyky ja katationinvaihtokapasiteetti, jotka ovat riippuvaisia muun muassa käytetyn biohiilen hiukkaskoosta ja huokoisuudesta eli pinta-alasta. Lisäksi biohiili voi aktivoida maan mikrobeja ja tehostaa siten myös ravinteiden kiertoa maaperässä. (Jalas, ym., 2019b, s. 9–10)

Erilaisten biohiilien ominaisuudet täytyy huomioida ja valita biohiili käyttökohteen mukaan, jotta lisäyksellä olisi mahdollista saavuttaa toivottuja etuja. Käyttämällä puhtaita (sertifioituja) biohiiliä ja valitsemalla esimerkiksi valuma-alttiin kohteisiin vähäravinteisia biohiiliä voidaan ehkäistä myös biohiilen lisäyksestä aiheutuvia mahdollisia haittavaikutuksia. (Riikonen, 2019, s. 3, 45)

Biohiilen avulla saavutettavat ilmastohyödyt ovat paremmat, jos tuotantoon on yhdistetty esimerkiksi prosessissa tuotetun energian sekä lämmön talteenotto ja hyödyntäminen (Riikonen, 2019, s. 34). Tuotantoprosessissa syntyy myös pyrolyysinesteitä, joiden käytölle etsitään vaihtoehtoja muun muassa kasvinsuojeluaineena. Lisäksi biohiilestä on valmistettu erilaisia tiiliä ja muurikiviä, joita olisi mahdollista hyödyntää viherrakentamisessa, mutta toistaiseksi näitä ei ole valmistunut yleisille markkinoille asti.

Tavanomaisen betonin käyttöä olisi myös mahdollista korvata joissakin soveltuvissa viherrakentamisen kohteissa hiiltä sitovilla betoninkaltaisilla rakennuselementeillä, joita valmistaa esimerkiksi Orbix terästeollisuuden sivuvirroista Belgiassa.

2.3 Kunnossapidon vaikutukset

Kuntien hiilitasekartoituksessa tehdyssä laskennassa viheralueiden hoitoluokka vaikutti erityisesti maaperän hiilivarastoista tehtyihin arvioihin. Kun hoitoluokka valitaan niin, että se mahdollistaa suuren karikesyötteen maaperään, sillä voidaan vaikuttaa maaperän hiilivaraston kehittymiseen. (Känkänen & Rasinmäki 2014a, s. 14)

Kaupunkien viheralueita usein hallitsevien laajojen nurmialueiden kunnossapito vaatii paljon resursseja kaupungilta ja niiden leikkuutyöt tuottavat ison osan kunnossapidosta aiheutuvista päästöistä (Jalas ym., 2019a, s. 8). Leikkuusta aiheutuvan työkoneiden polttoainekulutuksen merkitys jää kuitenkin nurmikon perustamis- ja hoitovaiheiden kokonaisympäristövaikutuksiin nähden melko pieneksi (Niemeläinen & Silvanus, 2015). Työkoneiden päästöjä voi olla mahdollista myös alentaa esimerkiksi korvaamalla fossiilisia polttoaineita biopolttoaineilla tai vaihtamalla polttoainekäyttöiset koneet akkukäyttöisiin.

Nurmialueet luokitellaan useimmiten A2-hoitoluokkaan, jossa nurmi pidetään Viherympäristöliiton (2015) VHT'14-julkaisun mukaan välillä 4–12 cm. Sääolosuhteista riippuen tämä tarkoittaa yleensä noin 15–20 leikkausta per kasvukausi. A1 hoitoluokassa leikkuujäte korjataan kokonaan pois alueelta ja A2 luokan alueelta poistetaan häiritsevä leikkuujäte. Niittyalueilla leikkuutarve on huomattavasti vähäisempää ja yleensä niitot tehdään kerran tai muutaman kerran kasvukauden aikana, riippuen niittyalueelle määritellyistä hoitoperiaatteista. B2 luokan käyttöniityiltä poistetaan niittojäte vain, jos se häiritsee alueen visuaalista ilmettä, käyttöä tai kasvustoa.

Leikkuuvälien pidentäminen tai nurmen jättäminen pidemmäksi leikkuun jälkeen voi osaltaan auttaa juuriston kehittymistä vahvemmaksi ja syvemmäksi. Tällä on positiivinen vaikutus monimuotoisuuden sekä maan hiilivarausten kehittymisen kannalta. Hyvin kasvava juuristo käyttää myös saatavilla olevia ravinteita tehokkaasti ja estää siten niiden kulkeutumista eteenpäin vesistöihin. (Jalas ym., 2019a, s. 8)

Lehtikarikkeen tai pitkänä pidetyn nurmialueen kokeminen hyväksyttynä hoidetuilla puistoalueilla vaatisi kuitenkin perehdytystä ja yleisen tietoisuuden lisäämistä. Pitkän nurmen ja lehtikarikkeen esiintyminen puistoissa tulisi nähdä positiivisena muutoksena ympäristössä, eikä alentuneen hoidon tasosta kertovana tai yleisenä epäsiisteytenä. Suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota myös siihen mihin pitkänä pidetyt nurmialueet sijoitetaan. Pitkä nurmi saattaa edesauttaa epätoivottua punkkien esiintymistä alueella, joten yleisiin kulkuväyliin tulisi pitää riittävä etäisyys. (Jalas ym., 2019a, s. 8–9, 14–15)

Kunnossapidosta aiheutuvia mahdollisia haittoja luonnon ekosysteemeille voidaan ehkäistä suosimalla orgaanisia lannoitteita ja maanparannusaineita sekä käyttämällä epätoivottujen lajien torjunnassa ympäristöystävällisiä menetelmiä. Tavanomaiset tiukkaan rajatut istutusalueet, jotka ovat lajistoltaan yksipuolisia voivat vaatia paljon työtä, jotta alueet saadaan pidettyä suunnitellun mukaisina. Dynaamiset istutusalueet poikkeavat tässä suhteessa tavanomaisista istutuksista ja alkuvaiheen hoidon jälkeen istutusalueen voidaan antaa kehittyä ja muuttua luonnollisten prosessien myötä. Dynaamisilla istutusalueilla kuolleet kasvin osat pyritään jättämään maan pinnalle.

Kaupunkipuita hoidetaan niiden eliniän aikana monenlaisilla toimenpiteillä, kuten kastelulla, lannoituksilla, tuennoilla ja leikkauksilla. Varsinkin katupuille on tarpeen tehdä hoito- ja rakenneleikkauksia, jotta puun rakenne kehittyisi kaupunkiolosuhteisiin sopivaksi. Puistopuiden hoito on usein helpompaa ja myös niiden tavoiteikä on hieman korkeampi kuin katupuilla. Kaupunkiympäristöissä tehdään jatkuvasti muita kunnossapitotöitä, joista voi aiheutua puiden elinikään vaikuttavia vaurioita. Erityisen vahingollisia ovat esimerkiksi talvikunnossapidosta tai nurmikoneleikkauksesta aiheutuneet rungon tyvivauriot sekä kaivuutöistä aiheutuneet juuristovauriot. Nuorille puille voi koitua kohtaloksi esimerkiksi rungon lähellä tehtävät siimaustyöt, jos siimauksesta aiheutunut vaurio pääsee yltämään koko rungon ympäri. Käyttämällä puiden ympärillä katetta tai maanpeitekasveja vähennetään tarvetta työskennellä rungon lähetyillä koneiden kanssa. Parhaiten kaupunkipuilla aiheutuvia vaurioita ehkäistään kuitenkin perehdyttämällä ja ohjeistamalla kunnossapidon henkilöstöä työskentelemään puiden lähellä huolellisesti. (Liski ym., 2014, s. 31–32; Tajakka, 2019, s. 33–39)

3 SUUNNITTELUALUEEN KUVAUS

Suunnittelualueena on Helsingin Jätkäsaarella sijaitsevan Hyväntoivonpuiston puisto-osio.

3.1 Jätkäsaari ja Hyväntoivonpuisto

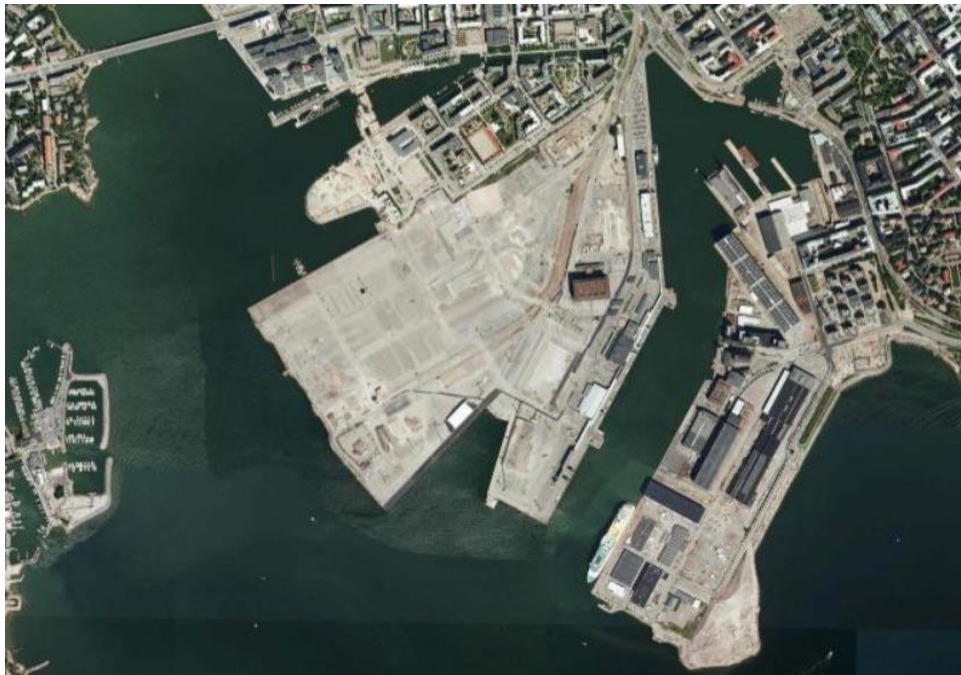
Nykyisen Jätkäsaaren alueen rakentaminen tavarasatamaksi aloitettiin vuonna 1913. Alueen alkuperäiset saaret (kuva 2.) tasattiin ja liitettiin yhteen täyttömailla satama- ja teollisuuskäyttöä varten. Ennen tavarasatamaa saarilla oli lähinnä virkistyskäyttöä ja kesähuviloita. (Jaakkola-Kivinen ym., 2006, s. 11)



Kuva 2. Jätkäsaaren alue ennen maatäyttöä vuonna 1909. (Helsingin kaupunki, 2020a)

Jätkäsaaren alue ehti toimia satama- ja teollisuuskäytössä lähes sata vuotta ennen kuin alueen rakentaminen asuinkäyttöön aloitettiin vuonna 2010. Satama- ja teollisuuskäytössä ollut alue muodostui lähes kokonaan kovasta pinnasta, eikä alueella ollut juurikaan kasvillisuutta (kuva 3.).

Jätkäsaaren asuinalue on noin sadan hehtaarin kokoinen ja rakenteilla olevan alueen on määrä valmistua vuoteen 2030 mennessä. Asuinalue on kaavailtu noin 21 000 asukkaalle ja lisäksi alueelle on tulossa työpaikkoja 6000 ihmiselle. Ennen rakentamista aluetta on valmisteltu ruoppaamalla rantoja, meritäytöillä, puhdistamalla pilaantuneita maa-aineksia sekä syvätiivistämällä maata. (Helsingin kaupunginkanslia, 2019b)



Kuva 3. Jätkäsaaren alue ennen asuinalueen rakentamisen aloitusta vuonna 2009. (Helsingin kaupunki, 2020b)

Jätkäsaaren alueesta on kaavailtu kaikkiaan noin viidennes viheralueiksi, joista alueen halkova Hyvätoivonpuisto on suurin. Valmis puisto tulee olemaan noin kilometrin mittainen ja 88 metriä leveä. Puistoalueen suunnittelun lähtökohdaksi on mainittu muun muassa helppo kunnossapito, jolla pyritään vaikuttamaan alueen viihtyisyyteen sekä pitkäikäisyyteen. Puisto on suunniteltu kumpuilemaan loivasti, poikittaiset ja pitkittäiset näkymät ovat tärkeitä, eikä puistoon ole suunniteltu korkeaa pensaskasvillisuutta ollenkaan. (Helsingin kaupunginkanslia, 2019a) Puiston rakentamisessa kaupunki hyödyntää Länsisataman projektialueella muodostuneita kaivuumaita noin 450 000 m³, joista kapseloituna hyötykäytettävien pilaantuneiden maa-ainesten osuus on 100 000 m³. Hyödyntämällä kaivuumaita Helsingin kaupungin säästöt ovat 410 tonnia hiilidioksidipäästöjen osalta sekä kustannuksissa 8,3 miljoonaa euroa. (Suominen, 2019)

Koska puiston alla sijaitsee muun maanalaisen infran lisäksi pysäköintitiloja, jätteenkeräysasema ja pilaantuneita maa-aineksia, rakenteissa on käytetty eristekerroksia. Asuinrakennusten välissä polveilevan puiston läpi kulkee asfalttipäällysteinen pyöräilyn laatubaana, jonka lisäksi puistoalueella on useita poikittaisia kulkuväyliä. Istumapaikat ovat sijoitettu pääsääntöisesti kulkuväylien laiduille ja vapaamman oleskelun mahdollistavia nurmialueita löytyy lähes koko puiston matkalta. Erilaisia toimintoja, kuten leikki- ja liikuntakenttiä, on useampia. Puisto rajautuu eteläisessä päässä Itämereen ja puiston hulevesiä ohjataan maanalaisiin sadevesiviemärihin.

4 VERTAILUSSA OLEVAT SUUNNITELMAT

Tässä luvussa käydään läpi ensin suunnitteluprosessin kulkua ja sen jälkeen esitetään vertailussa olevien suunnitelmien ratkaisuja. Tarkastelussa Hyväntoivonpuiston suunnitteluratkaisuja ei ole huomioitu kokonaisuutena, vaan tarkastelu keskittyy kokonaiskuvaan nähden pieneen osioon puistosta.

4.1 Suunnitteluprosessi

Suoritin asiantuntijaharjoitteluni tutkimusapulaisena Aalto-yliopistolla Carbon Lane -hankkeessa ja opinnäytetyön aineistot on tehty suurimmaksi osaksi hankkeen aikana. Suunnitteluprosessi alkoi tutustumalla suunnittelukohteeseen, kohteen tausta-aineistoihin, hiilensidontaan liittyviin aineistoihin ja biohiileen. Tässä opinnäytetyössä jatkoin suunnitelmien tekemistä hankkeen päätyttyä tavoitteena luoda muutama vertailukelpoinen vaihtoehto, jotta voisin arvioida eri suunnitteluratkaisujen vaikuttavuutta rinnakkain.

Carbon Lane -hankkeessa etsittiin käytännön ratkaisuja hiilensidontaan kaupunkien viheralueilla ja selvitettiin niiden tieteellistä taustaa sekä muun muassa taloudellista kannattavuutta. Hankkeesta vastasi Aalto-yliopisto yhteistyössä Helsingin yliopiston ja Helsingin kaupungin kanssa. Hankkeessa suunniteltiin Hyväntoivonpuistossa sijaitsevalle puisto-osiolle demonstraatioalue biohiilipohjaisille kasvualustoille. (Carbon Lane -hanke, 2019)

Vaihtoehtoisena suunnitelmana on tässä työssä esitetty Carbon Lane -hankkeen aikana tehty demonstraatioalueen suunnitelma nimellä V1. Carbon Lane -työryhmä suunnitteli ensimmäisen luonnoksen demonstraatioalueen koejärjestelyistä, joka esitettiin Helsingin kaupungille hankkeen toisessa työpajassa. Sen jälkeen koejärjestelyiden suunnittelua jatkettiin yhteistyössä Helsingin kaupungin sekä maisema-arkkitehtien kanssa. Luonnosta muokattiin useita kertoja projektin aikana ja lopullinen koejärjestely syntyi kompromissina pyrkien huomioimaan olemassa olevat resurssit koealueen toteutumista ajatellen. Tutkimukseen sisältyy noin 80 puuta ja biohiilipohjaisia kasvualustoja on yhteensä viideltä eri kasvualustatoimittajalta. Helsingin kaupunki toteutti demonstraatioalueen rakentamisen kasvualustojen osalta hankkeen aikana marraskuussa 2019 ja koealueen puut on tarkoitus istuttaa keväällä 2020.

Vaihtoehtoisena suunnitelmana nimellä V3 tässä työssä esitetään hankkeen aikana tekemäni luonnostasoinen suunnitelma. Hankkeen aikana järjestettiin kolme työpajaa, joihin osallistui asiantuntijoita useista eri organisaatioista ja yrityksistä. Työpajoissa esille nousseiden huomioiden pohjalta tehdyssä ideakarttatyyppisessä suunnitelmassa on huomioitu hiilensidontaa edistäviä ratkaisuja ja työpajojen ideoita on jatkojalostettu

suunnitelman muotoon. Lisäksi muutamia muita työpajoissa esille nousseita hiilensidontaa edistäviä ideoita on käyty läpi opinnäytetyön aiemmissa kappaleissa.

Vaihtoehto V2 on tehty opinnäytetyön aikana ja suunnitelman tavoitteena on ollut luoda vaihtoehtoa V3 kevyempiä suunnitteluratkaisuja sisältävä luonnos. Valituilla ratkaisuilla pyritään parantamaan esimerkiksi nurmialueen kulutuksen kestävyyttä ja sitä kautta edistämään maaperän kasvukuntoa.

4.2 Alueen alkuperäinen suunnitelma V0

Suunnittelualueeksi valitun alueen kokonaispinta-ala on noin 3100 m², josta liikuntakentän osuus on noin 700 m². Alue rajautuu kolmelta sivulta asfalttipäällysteisiin kevyenliikenteen väyliin ja neljännellä sivulla (kuva 4. yläkulma) pelastustienä toimivaan läpäisevään sorapohjaiseen niittyalueeseen.



Kuva 4. Suunnittelualueen sijainti Hyväntoivonpuistossa, Malagankadun ja Hyväntoivonkadun välissä. Sinisellä merkitty väylä on pyöräilybaana. (Carbon Lane -hanke, 2019)

Suunnittelualueen rajojen sisäpuolella on kaikkiaan lähes sata puuta, jotka ovat Helsingin kaupungilla yleisesti käytössä olevia katu- tai puistopuulajeja. Istutettavina lajeina metsälehmus (*Tilia cordata*), lehtosaarni (*Fraxinus excelsior*), metsätammi (*Quercus robur*), pilvikirsikka (*Prunus pennsylvanica*) ja purppuraomenapuu (*Malus x purpurea*). Suunnittelualueella ei ole pensaskerrosta, pinta-alasta on nurmea noin 1320 m² ja niittyä 620 m². Asfaltin osuus rajatulla alueella on noin 390 m². Lehtosaarnet istutetaan kantavaan kasvualustaan asfalttialueelle ja puiden ympärökset katetaan soralla. Viheralueen hoitoluokat ovat A2 ja A3.

Liikuntakenttää ympäröi betoniperusteinen aita, jonka osittaisista levenyksistä muodostuu istuskelupaikkoja kentän laidalle. Betoniperustan päällä on 2600 mm korkea teräsverkkorakenne. Liikuntakenttä on turvalustapäällysteinen ja kentältä vesi ohjataan kaivoihin. Kulku kentälle on Hyväntoivonkadun puolelta olevasta portista.

4.3 Carbon Lane demonstraatioalue V1

Demoalueen ratkaisut eivät ole vaikuttaneet alueen maisemasuunnitelmaan, suunnitelmaan on lisätty biohiilipohjaisia kasvualustoja puisto- ja katupuille. Biohiilipohjaisilla kasvualustoilla pyritään edistämään hiilensidontaa, lisäämään maaperän hiilivarastoa sekä parantamaan kasvuolosuhteita ja sitä kautta helpottamaan myös viheralueen hoitoa. Tutkimuksessa mukana olevia biohiilipohjaisia kasvualustoja ja kontrollikasvualustoja on yhteensä noin 1400 tonnia.

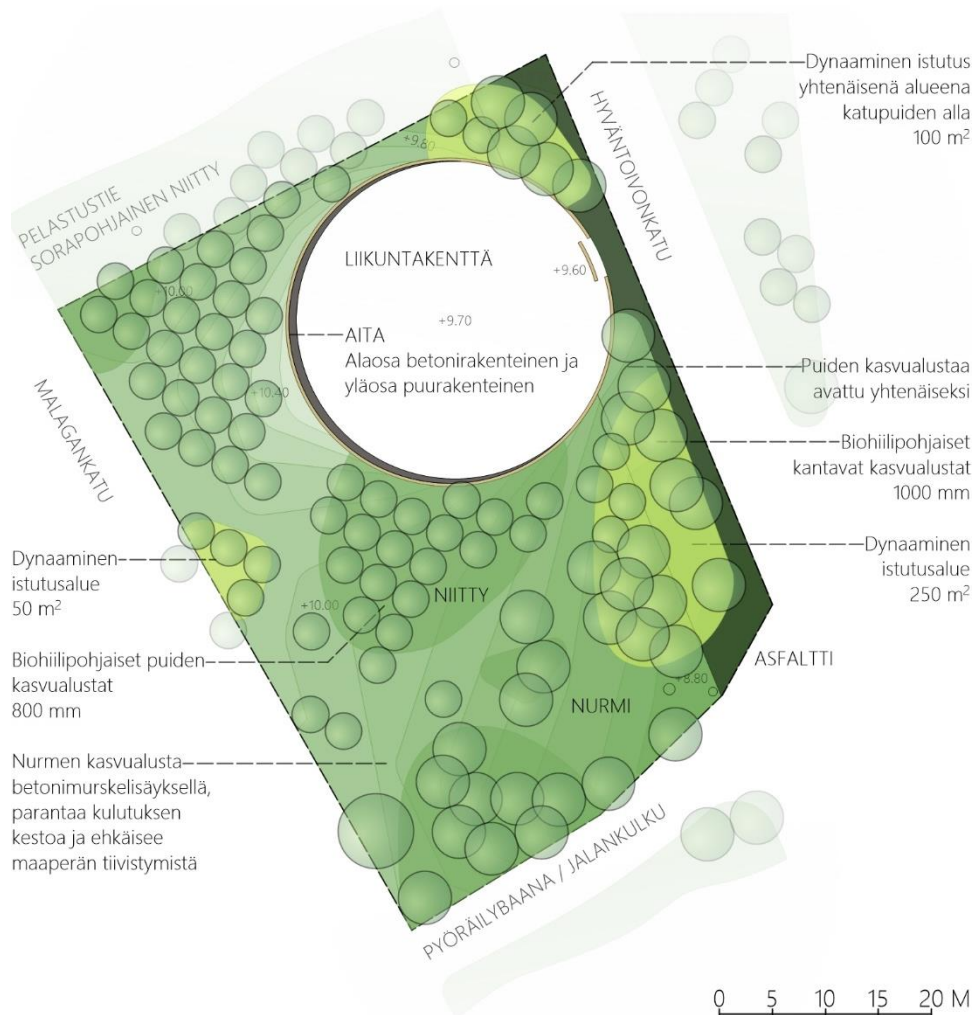


Kuva 5. Carbon Lane demonstraatioalueen layout. Karttaan merkitty biohiilipohjaiset kasvualustat. (Muokattu kuvasta Koivunen, 2019)

4.4 Vaihtoehtoinen suunnitelma V2

Suunnitelma V2 noudattelee alkuperäistä suunnitelmaa, alueen korkoihin ei ole tehty muutoksia. Hyväntoivonkadun puolelta puiden istutusalue on avattu yhtenäiseksi. Puiden aluskasvillisuudeksi on lisätty dynaamiset istutusalueet, joiden monilajinen ja kerroksellinen kasvillisuus mukailee luonnon kasviyhdyiskuntia. Näiden ja kolmannen Malagankadun puoleisen dynaamisen alueen koko on yhteensä 400 m². Niittyjen osuus on yhteensä 620 m², nurmen 1120 m² ja asfalttipintaa 145 m². Hyväntoivonkadulta sadevesiä voidaan ohjata dynaamisille istutuksille kasvillisuuden käyttöön.

Puiden kasvualustoilla on biohiililisäys ja nurmialueelle on lisätty kantava kasvialusta. Nurmen kantavassa rakenteessa voisi hyödyntää kierrätettyä betonimurskettä ja ehkäistä maaperän tiivistymisestä aiheutuvia haittoja (Jalas ym., 2019a, s. 15). Kulutuksen lisääntyessä alueella maaperän kasvukunto pysyisi parempana, eikä nurmialueelle pääsisi muodostumaan niin helposti paljaita laikkuja. Liikuntakentän betoniperustus on säilytetty, mutta perustuksen päälle tulevan aidan materiaali on vaihdettu teräksestä massiivipuuhun.



Kuva 6. Vaihtoehtoisen suunnitelman V2 luonnos. (Koivunen, 2020)

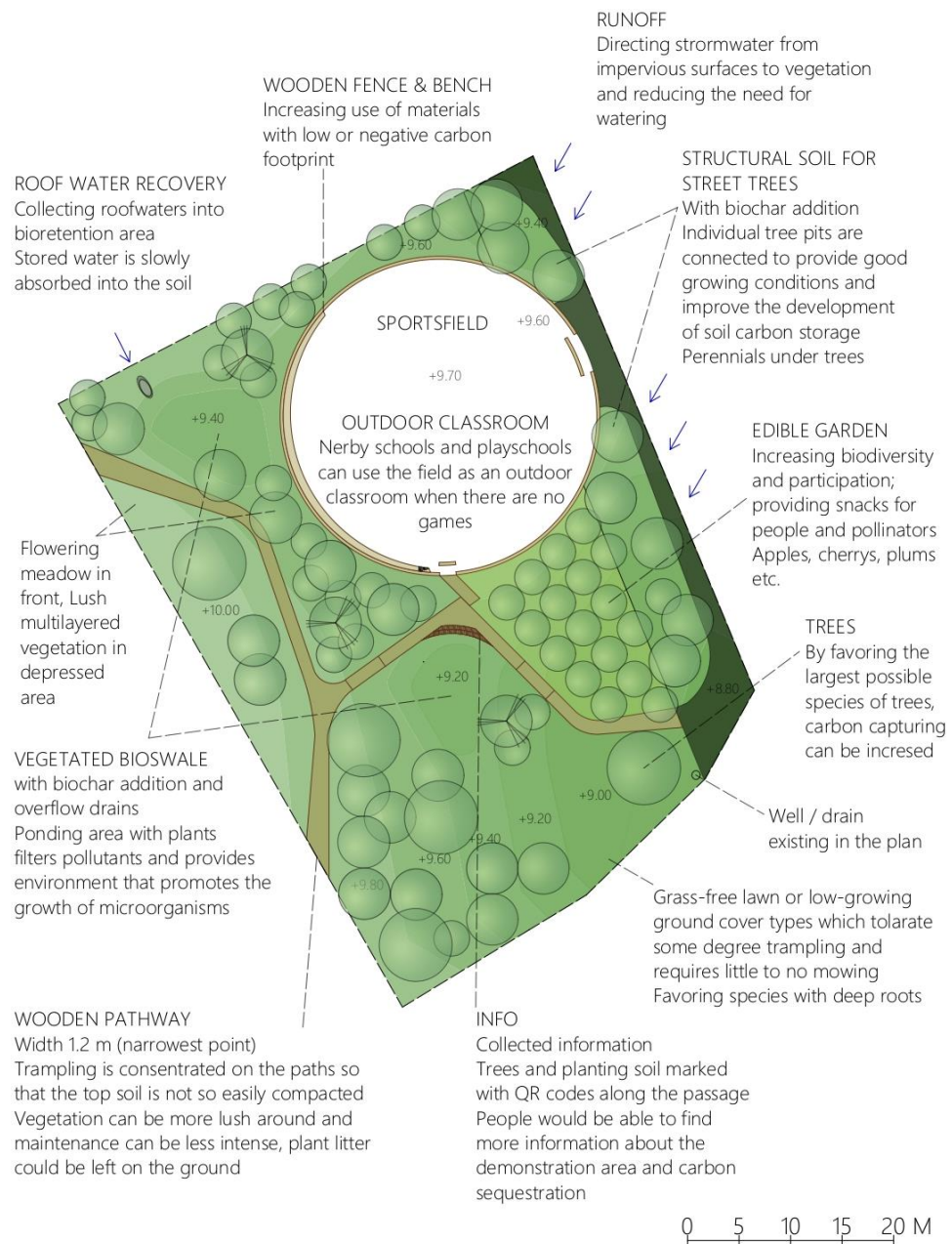
4.5 Vaihtoehtoinen suunnitelma V3

Vaihtoehtoisessa suunnitelmassa kumpuilevaa maastoa on muokattu olemassa olevan suunnitelman maanmuotoilua alemmaksi. Maanpinnan alentaminen mahdollistaa liikuntakentän ympärillä olevan rakenteen betoniperustuksen vaihtamisen toisenlaiseen rakenteeseen. Luonnoksen aita on kokonaan massiivipuinen ja rakenteesta muodostuu kentän laidalle samantyyppinen istuskelupaikka kuin alueen alkuperäisessä suunnitelmassa. Aitaan on lisätty kulkuaukko puiston puolelle, jotta liikuntakentän istuskelupaikkaa voisi käyttää myös ulkoluokkana esimerkiksi kouluryhmien perehtyessä hiilensidontaan Hyväntoivonpuistossa.

Kulkua alueen sisällä on ohjattu puisille poluille, jotta kasvillisuus voisi olla rehevämpää ympärillä eikä maaperä pääsisi tiivistymään kulutuksen lisääntyessä. Avoimet alueet koostuvat ruohottomasta koristenuurmesta (grass-free lawn), jonka leikkuutarve on huomattavasti vähäisempi kuin tavanomaisen A2-hoitoluokkaan perustetun nurmialueen. Ruotsalaisissa tutkimuksissa (Ignatieva, 2017) on testattu tämäntyyppisissä istutuksissa lajeina esimerkiksi rusolaukkaneilikkaa (*Ameria maritima*), kevätetikkoa (*Primula veris*), keto-orvokkia (*Viola tricolor*), tuoksuorvokkia (*Viola odorata*), kaunokaista (*Bellis perennis*), niittyhumalaa (*Prunella vulgaris*), keto-neilikkaa (*Dianthus deltoides*) ja kangasajuruohoa (*Thymus serpyllum*).

Matalakasvuisen koristenuurmen lisäksi suunnitelmassa on niittyalueita ja painanteeseen sekä syötävään puutarhaan on lisätty myös pensaskerros. Rehevämmän kasvillisuuden on ajateltu mahdollistavan runsaamman kasvilajiston sekä lisäävän karike- ja hiilisyötettä maaperään. Suunnitelmassa puiden lukumäärä on sama kuin muissa vaihtoehdoissa. Samoja lajeja metsälehmus (*Tilia cordata*), lehtosaarni (*Fraxinus excelsior*), metsätammi (*Quercus robur*) ja pilvikirsikka (*Prunus pensylvanica*). Näiden lisäksi painanteen luona tervaleppä (*Alnus glutinosa*) ja mustakuusi (*Picea mariana*), laidalla metsävaahtera (*Acer platanoides*) sekä syötävässä puutarhassa omena, luumu ja päärynä.

Hulevesiä on suunnattu kasvillisuuden käyttöön ja kulkuväylien pinnantasoja alemmaksi on lisätty kaksi biopidätysaluetta, joihin johdettaisiin hulevesiä viereisen kerrostalon katolta. Kantavalla kasvualustalla sijaisevien katupuiden istutusalueita on avattu yhtenäiseksi yksittäisten asfaltilla päällystettyjen istutuskuoppien sijaan. Sorakatteet puiden ympäriltä on vaihdettu perennaistutusalueisiin ja hulevesiä on suunnattu kadulta yhtenäisille istutusalueille.



Kuva 7. Vaihtoehtoisen suunnitelman luonnos. (Koivunen, 2019)

5 VAIKUTUKSIEN VERTAILU

Luvussa vaikutusten vertailu on tarkasteltu eri suunnitteluratkaisujen vaikutuksia suunnittelualueen hiilitaseeseen. Vaikutuksia käsitellään alla olevan taulukon (taulukko 1.) jälkeisissä kappaleissa tarkemmin materiaalien, maaperän, kasvillisuuden ja kunnossapidon osalta.

Taulukko 1. Vaikutuksien vertailu

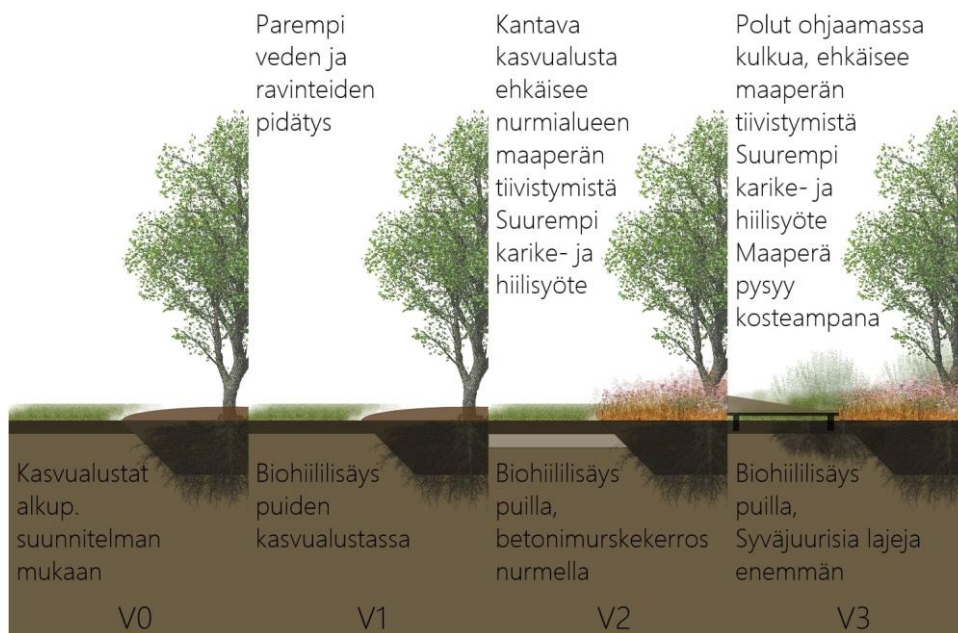
	V0	V1	V2	V3
Maankäytön muutos	Jätkäsaaren alue on muodostunut merialueesta ja yksittäisistä saarista ennen satama- ja teollisuusalueen rakentamisen aloitusta vuonna 1913. Referenssitasona ennen alueen rakentamista asuinalueeksi voisi pitää myös teollisuusaluetta, joka oli muodostunut lähes kokonaan kovista ja läpäisemättömistä pinnoista, vanhaa kasvilisuutta ei ole juurikaan ollut. Jätkäsaaren asuinalueesta viheralueiksi on kaavailtu kaikkiaan noin viidennes.			
Rakentaminen	Hyväntoivonpuiston rakentamisessa on hyödynnetty Länsisataman projektialueen ylijäämämaita ja sitä kautta säästetty hiilidioksidipäästöissä yhteensä 410 tonnia, polttoaineessa mitattuna 165000 litraa (Suominen 2019).			
Materiaalit *1)	Aitarakenteet 27502 kg/CO ₂ e	Aitarakenteet 27502 kg/CO ₂ e	Aitarakenteet 20840 kg/CO ₂ e	Aitarakenteet -4630 kg/CO ₂ e Puinen polku -2367 kg/CO ₂ e
Maaperä *2)	Kasvualustat alkuperäisen puiston suunnitelman mukaan ilman biohiililisäystä.	Biohiililisäys -52300–60700 kg/CO ₂ Parempi veden ja ravinteiden pidätys.	Biohiililisäys -52300–60700 kg/CO ₂ Parempi veden ja ravinteiden pidätys.	Biohiililisäys -52300–60700 kg/CO ₂ Parempi veden ja ravinteiden pidätys. Lisätty biopidätysaltaat
Kasvillisuus *3)	Nurmi ja niitty	Nurmi ja niitty	Lisätty kenttäkerroksen kasvillisuutta	Lisätty pensas- ja kenttäkerroksen kasvillisuutta
Puut 95 kpl				
Taimikoossa (rym 8-14)	Hiilivarasto 115 kg/C Sidonta/v 33 kg/C	Hiilivarasto 115 kg/C Sidonta/v 33 kg/C	Hiilivarasto 115 kg/C Sidonta/v 33 kg/C	Hiilivarasto 155 kg/C Sidonta/v 38 kg/C
Puusto noin 30 vuoden ikäisenä	Hiilivarasto 6482 kg/C Sidonta/V 324 kg/C	Hiilivarasto 6482 kg/C Sidonta/V 324 kg/C	Hiilivarasto 6482 kg/C Sidonta/V 324 kg/C	Hiilivarasto 7825 kg/C Sidonta/V 357 kg/C
Puusto noin 50 vuoden ikäisenä	Hiilivarasto 18098 kg/C Sidonta/V 590 kg/C	Hiilivarasto 18098 kg/C Sidonta/V 590 kg/C	Hiilivarasto 18098 kg/C Sidonta/V 590 kg/C	Hiilivarasto 21410 kg/C Sidonta/V 641 kg/C
		Biohiililisäyksen mahdollisia vaikutuksia puuston kasvuun ei ole huomioitu laskennassa	Biohiililisäyksen mahdollisia vaikutuksia puuston kasvuun ei ole huomioitu laskennassa	Biohiililisäyksen mahdollisia vaikutuksia puuston kasvuun ei ole huomioitu laskennassa

Kunnossapito	Nurmialueilla leikkuu noin 15–20 kertaa /kasvukausi, häiritsevä leikkuujäte korjataan pois. Niittyalueilla leikkuu kerran tai muutaman kerran/v.	Nurmialueilla leikkuu noin 15–20 kertaa /kasvukausi, häiritsevä leikkuujäte korjataan pois. Niittyalueilla leikkuu kerran tai muutaman kerran/v.	Nurmialueilla leikkuu noin 15–20 kertaa /kasvukausi. Niittyalueilla leikkuu kerran tai muutaman kerran/v. Dynaamiset alueet vaativat alkuvaiheessa hoitoa, kuolleet kasvinosat jätetään maahan.	Avoimilla alueilla leikkuu muutaman kerran/v. Leikkuujäte voidaan jättää kasvillisuusalueille. Istutusalueet vaativat alkuvaiheessa hoitoa, voidaan antaa kehittyä ja muuttua.
Toteuttamiskelpoisuus	Alueen alkuperäinen suunnitelma	Alueella toteutunut suunnitelma. Lisättävissä helposti jo olemassa olevaan suunnitelmaan ilman vaikutusta alueen maisemasuunnitteluun. Lisäkustannuksia biohiilestä kasvualustoissa.	Alkuvaiheen suunnitelma, toteutettavissa ilman suuria lisäinvestointeja rakennusvaiheessa. Puuidan rakenteet vaativat tiuhempaa huoltoväliä.	Alkuvaiheen suunnitelma, Hulevesien imeyttäminen maaperään biopidätysalueiden avulla voi olla haasteellista täytömailla rakennetulla alueella sekä maanalaisen infran takia.

* Lähteet

- 1) Materiaalien hiilijalanjälki laskettu VTT:n Carbon footprint for building products raportissa esitettyjen arvojen perusteella (Ruuska, 2013 s. 23–24)
- 2) Laskettu Carbon Lane DEL02 raportissa esitettyjen arvojen perusteella (Jalas ym. 2019b s. 22–23)
- 3) Laskettu i-Tree- ohjelmalla (2019 & 2020)

5.1 Maaperä



Kuva 8. Suunnitelmien erot ja vaikutus maaperään. (Koivunen, 2020)

Maan muotoilulla voidaan vaikuttaa muun muassa rakennusmateriaalien valintaan, kulunohjaukseen sekä veden- ja ravinteiden kiertoon viheralueella. Suunnitelmissa korot on säilytetty samanlaisina, lukuun ottamatta suunnitelmaa V3, jossa maanpintaa on paikoitellen madallettu reilusti. Kaikissa vaihtoehtoisissa suunnitelmissa kasvualustaan on lisätty biohiiltä, jonka on ajateltu lisäävän maaperän hiilivarastoa ja tehostavan hiilen sidontaa parantuneen kasvien kasvun kautta. Biohiilen määrä kasvualustoissa perustuu opinnäytetyössä tehtyyn arvioon. Laskuissa ei ole huomioitu puistoalueen rakentamisesta syntyneitä päästöjä, eikä biohiilipohjaisten kasvualustojen kuljetuksista syntyneitä päästöjä.

Laskennassa on arvioitu biohiiltä olevan kasvualustassa 8–9 % ja biohiilipohjaisten kasvualustojen määräksi yhdessä suunnitelmassa on arvioitu noin 700 m³. Biohiilen osuus kasvualustoissa olisi tällöin 56–63 kuutiota per suunnitelma. Kuution biohiiltä on arvioitu painavan 300 kg ja kilon biohiiltä poistavan nettona 3,11 kg hiilidioksidia ilmakehästä (vähennetty tuotannosta aiheutuneet CO₂ päästöt). Käytetyillä arvoilla tulokseksi saadaan, että kuutio biohiiltä poistaa ilmakehästä 933 kg/CO₂. Kun saatu arvo kerrotaan kuutiomäärällä saadaan tulokseksi, että yhdessä suunnitelmassa biohiililisäys poistaa ilmakehästä noin 52 300–60 700 kg/CO₂.

Tuotantotavat ja muun muassa käytetyt raaka-aineet vaikuttavat biohiilen elinkaarianalyysiin, joten laskennalliset arvot vaihtelevat eri biohiilien välillä. Hiilen pitkäaikaisen varastoinnin lisäksi biohiilellä on muita ominaisuuksia, joiden kautta biohiililisäys voi vaikuttaa hiilensidonnan tehostumiseen tai vesiekosysteemien toiminnan turvaamiseen. Tiiviisti rakennetuilla

alueilla syntyvien hulevesien laatua voidaan parantaa suodattamalla hulevedet biohiilipohjaisissa filttereissä ja estää haitta-aineiden kulkeutumista vesistöihin.

Suunnitelmaan V3 on lisätty kaksi biopidätysaluetta, joissa syntyneet hulevedet voitaisiin käsitellä biohiilen ja kasvillisuuden avulla. Kasvipeitteisinä altaat lisäävät myös ympäristön vaihtelevuutta ja kiinnostavuutta sekä edistävät maaperäeliöstöjen toimintaa. Suunnittelualaue on Itämeren ympäröimä, joten hulevesien laadullinen hallinta olisi tärkeää. Suunnitelmaan on lisätty puiset polut ohjaamaan kulutusta, jolloin maaperä ei pääsisi tiivistymään kulun keskittyessä pääasiassa poluille. Rehevampi kasvillisuus ympärillä mahdollistaa paremman hiilisyötteen maaperään sekä suuremman vaihtelevuuden lajiston käytössä. Valinnassa olisi helpompi suosia myös syväjuuristen lajien lisäämistä alueella.

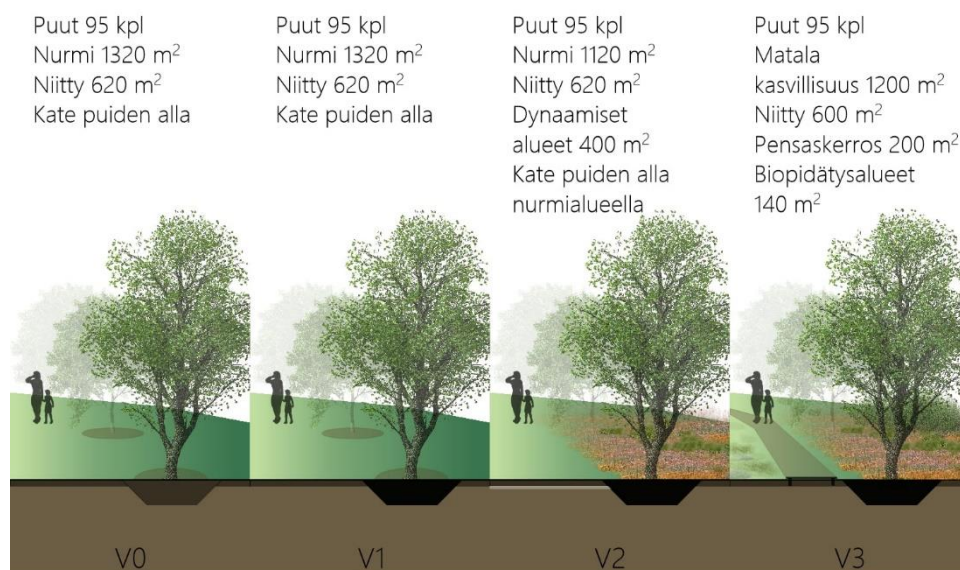
Hyväntoivonpuiston rakentamisessa on käytetty täyttömaita, eikä istutusalueiden maa-aines sisällä juurikaan savea (Jalas ym., 2019b, s. 24). Alueella on myös paljon maanalaista infraa ja eristettyjä rakenteita, joten hulevesien viivyttäminen ja imeyttäminen pintamaan läpi saattaisi olla haasteellista.

Hiilensidontaa voitaisiin edistää korvaamalla viheralueilla käytettyä orgaanista katemateriaalia kasvillisuudella, kuten esimerkiksi lisäämällä perennojen käyttöä puiden alla. Vielä ei kuitenkaan tiedetä kumpi olisi edullisempi vaihtoehto hiilivarastojen kannalta, jos ajatellaan kokonaisvaikutuksia. (Jalas ym., 2019a, s. 11) Toisaalta, jos yksittäiset katealueet korvattaisiin yhtenäisillä kasvillisuusalueilla ja lajivalinnoilla pyrittäisiin edistämään hiilensidontaa, voisi kokonaisvaikutuksen kuvitella olevan positiivinen.

Suunnitelmaan V2 on lisätty dynaamisia istutusalueita, joiden avulla voidaan lisätä alueen monimuotoisuutta ja parantaa maaperän hiilisyötettä jättämällä kuolleet kasvinosat maan pinnalle. Suunnitelmassa nurmialueen kantavuutta on parannettu betonimurskeella, koska lisääntyvä käyttö saattaa tiivistää avoimien nurmialueiden kasvualustaa ja heikentää maaperän kasvukuntoa. Kantava rakenne voi vähentää tarvetta ilmastaa nurmikkoa myöhemmin.

Betonimurske on voimakkaan alkalista ja sen lisäys voi vaikuttaa kasvualustaan pH:ta nostavasti. Koska nurmen pH-vaatimus on melko korkea, murskeen käyttö voisi toimia nurmialueen kasvualustassa kulutuksen kestoja parantavana tekijänä. Betonimurske tulisi lisätä kasvualustan pintakerroksen alle erillisenä kerroksena, ettei murske pääse nousemaan nurmikon pintaan. (Juhanoja, Salo & Tuhkanen, 2014, s. 24)

5.2 Kasvillisuus



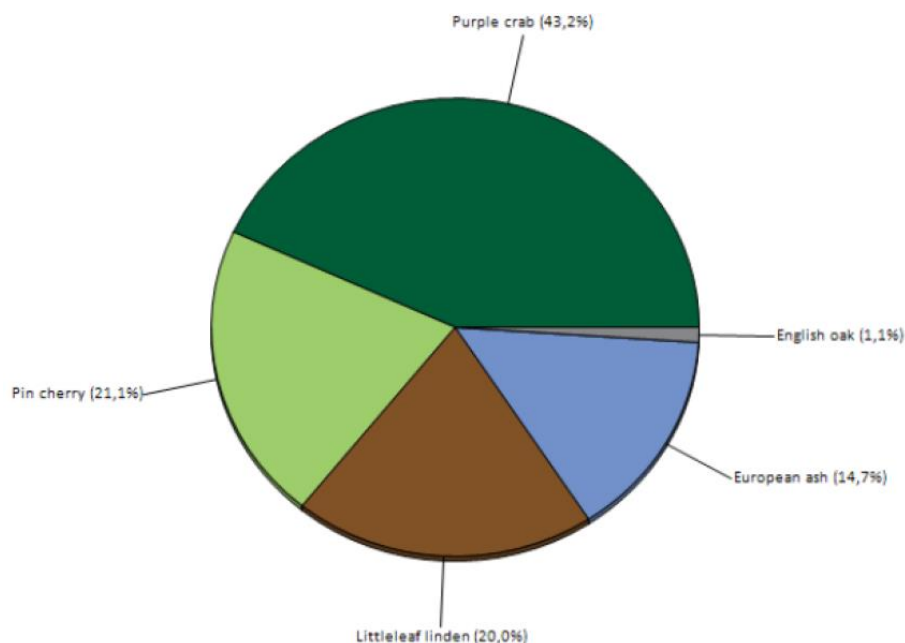
Kuva 9. Suunnitelmien erot kasvillisuusalueiden osalta. (Koivunen, 2020)

Hyväntoivonpuiston suunnittelun lähtökohdiksi on mainittu avoimet alueet ja pitkittäiset näkymät, jotka toteutuvat parhaiten alueen alkuperäisen suunnitelman lisäksi suunnitelmassa V1. Suunnitelmat V2 ja V3 sisältävät kerroksellista kasvillisuutta, joka saattaa suureksi kasvaessaan rajata näkyyttä. Avoimet alueet ja pitkät näkymät luovat turvallisuutta sekä auttavat hahmottamaan puiston ja alueen kokonaisuutena. Rehevämpi kasvillisuus puistossa voidaan kokea näitä heikentävänä tekijänä ja saatetaan liittää myös hoitamattomaan tai epäsiistiin kuvaan alueesta.

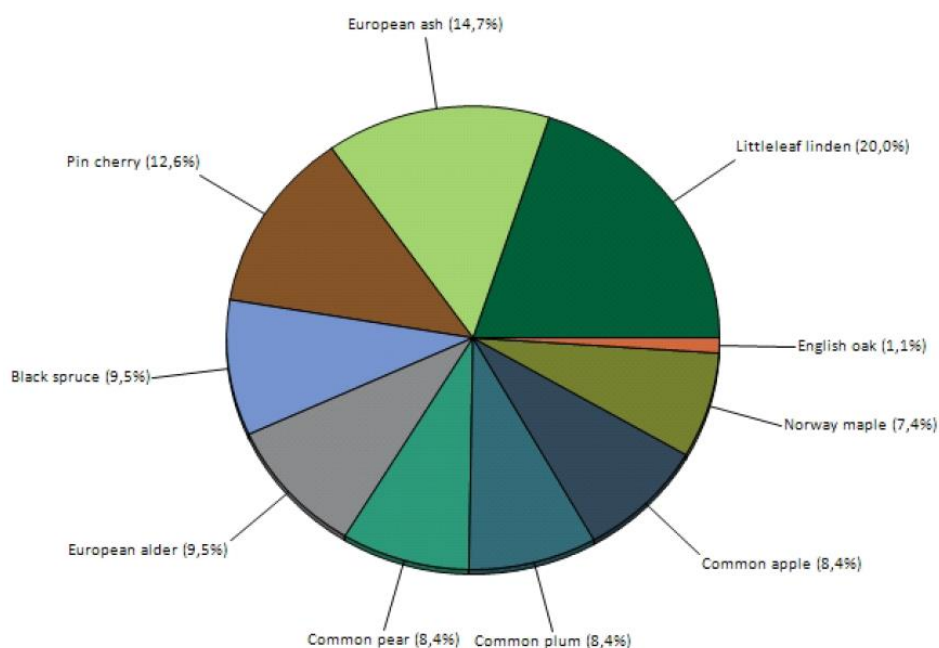
Vaihtoehdon V3 monikerroksellisen kasvillisuuden avulla puistoon voidaan luoda myös suojaisia paikkoja, joita muun lajiston lisäksi kaipaavat monet ihmiset. Tuulensuojan ja varjopaikkojen lisäksi hektisessä kaupunkiympäristössä tarvitaan paikkoja rauhoittumiselle.

Kasvillisuuden osalta puuston hiilivarastoja ja hiilensidontapotentiaalia (kuvat 12–23) on laskettu käyttäen i-Tree-ohjelmiston Eco 6 -versiota. Ohjelmaan on syötetty arvioitu puiden koko suunnitelmissa olleiden puulajien perusteella (kuvat 10 & 11). Ohjelman minimivaatimusten eli lajitietojen ja rungon läpimittojen lisäksi tietoihin on syötetty taimikokojen kohdalla arvioitu puun kokonaiskorkeus. Istutettavien taimien rym 8–14 cm.

Tarkempia arvioita tehdessä ohjelmaan tulisi lisätä esimerkiksi latvuksen tiedot, puiden istutusväli ja etäisyys rakennuksiin sekä mahdollinen kenttäkerroksen kasvillisuus. Tiivistä istutettuna tai ahtailla kasvupaikoilla puun latvus ei välttämättä kehity lajille tyypilliseen muotoon, joka saattaa vaikuttaa puuston hiilensidontaan yhteyttävän lehtipinta-alan jäädessä pienemmäksi. Kasvillisuuden osalta tässä työssä ei ole huomioitu istutusalueiden perustamisen kokonaisvaikutuksia tai puuston hoidosta aiheutuvia päästöjä, eikä biohiilen mahdollisia vaikutuksia puuston kasvuun.

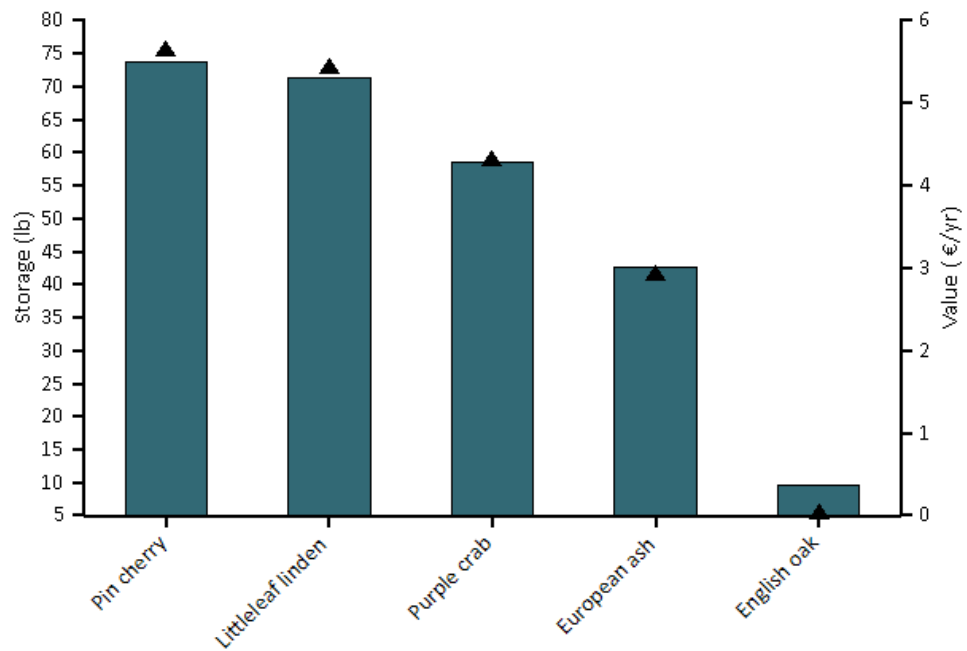


Kuva 10. Puulajien jakauma suunnitelmissa V0, V1 ja V2. (i-Tree, 2019)

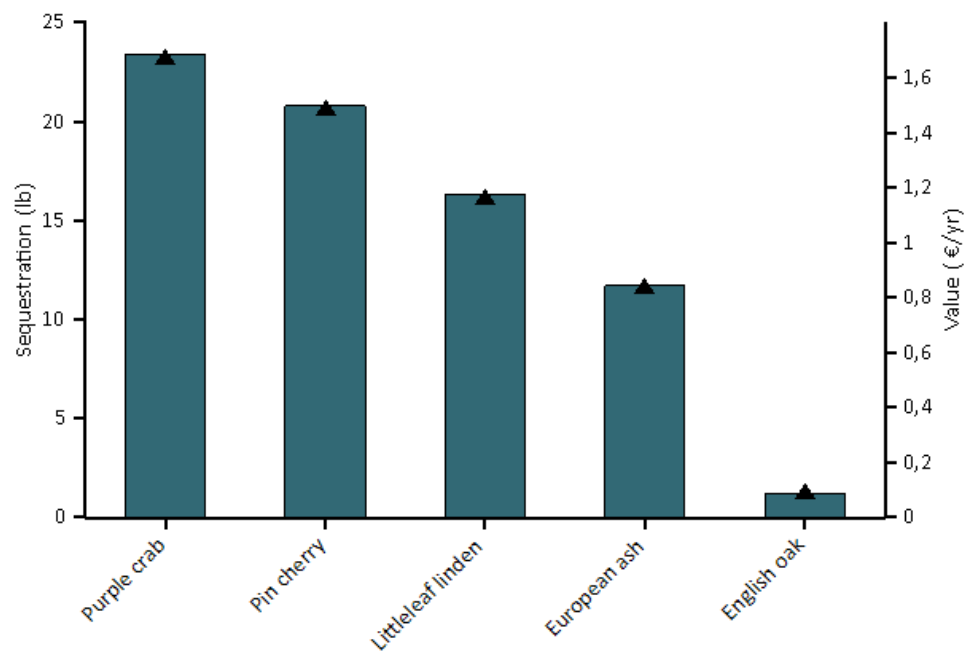


Kuva 11. Puulajien jakauma suunnitelmassa V3. (i-Tree, 2020)

Yhdessä suunnitelmassa puita on yhteensä 95 kpl. Ohjelmaan syötetyt taimien koot vaihtelevat hieman eri lajien välillä, joten lajien vertailu keskenään ei kuvaa välttämättä todellisia eroja eri lajien osalta. Toisaalta pienempi taimikoko viittaa usein myös pienempikasvuiseen lajiin. Ohjelmaan syötettyjen tietojen ja lajien perusteella kaikista tehokkain puulaji hiilensidonnalta oli näissä suunnitelmissa taimikoon perusteella metsävaahtera.

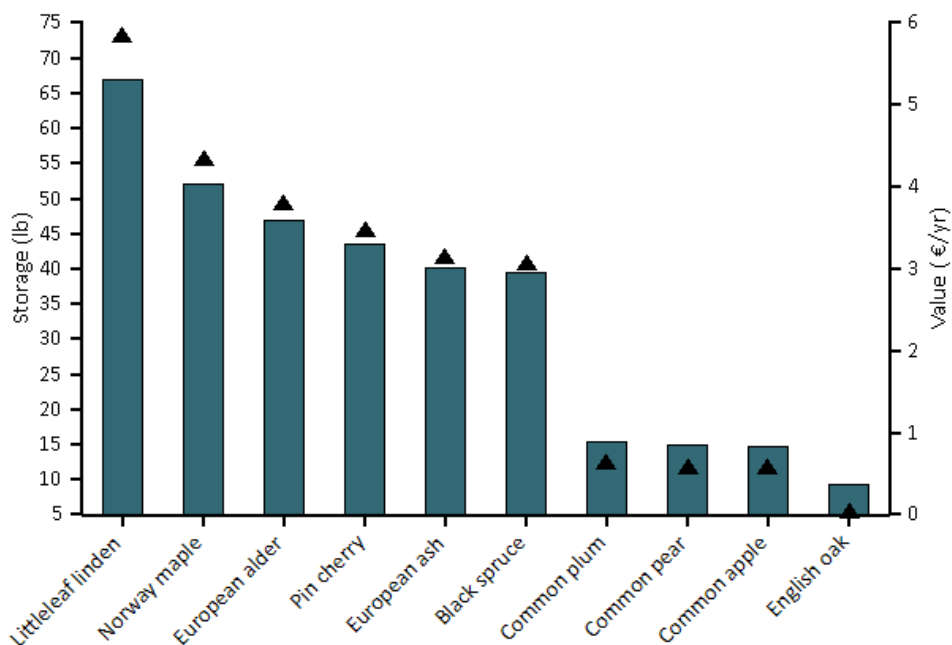


Kuva 12. Taimikoon arvioitu puuston hiilivarasto ja jakautuminen eri lajien osalta suunnitelmissa V0, V1 ja V2. (i-Tree, 2020)

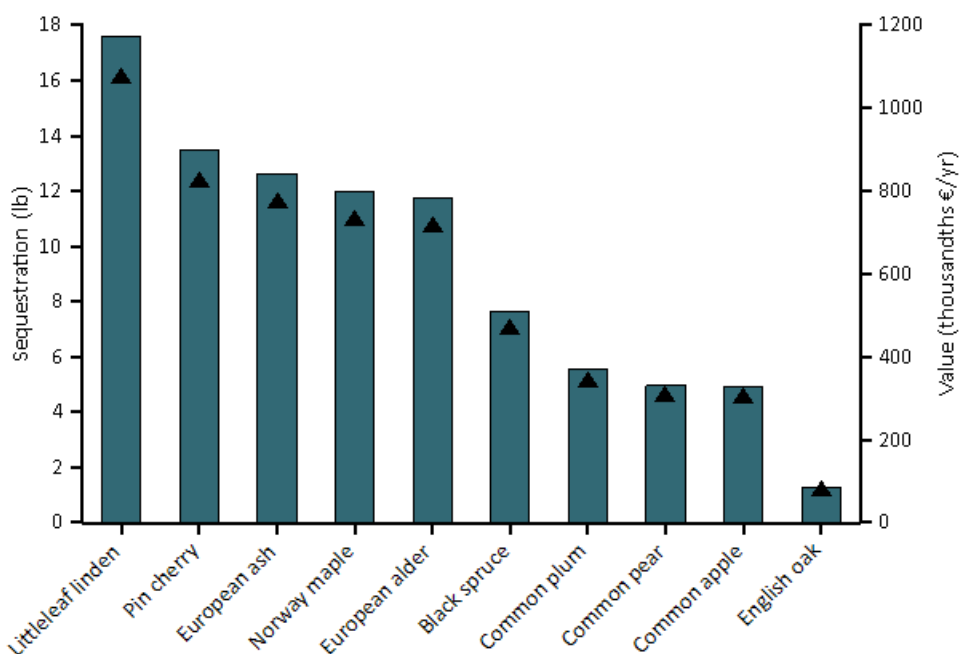


Kuva 13. Arvioitu puuston vuotuinen hiilensidonta (bruttona) ja jakautuminen eri lajien osalta taimikoossa. (i-Tree, 2020)

Suunnitelmissa V0, V1 ja V2 puiden hiilivaraston koko ohjelmaan syötettyjen tietojen perusteella on yhteensä 115 kg/C ja vuotuinen hiilensidonta puiden osalta 33 kg/C. Kun puulajien määrät suhteutetaan saatuihin tuloksiin tehokkain puulaji hiilensidonnassa ja hapen tuoton kannalta on näissä suunnitelmissa metsätammi.



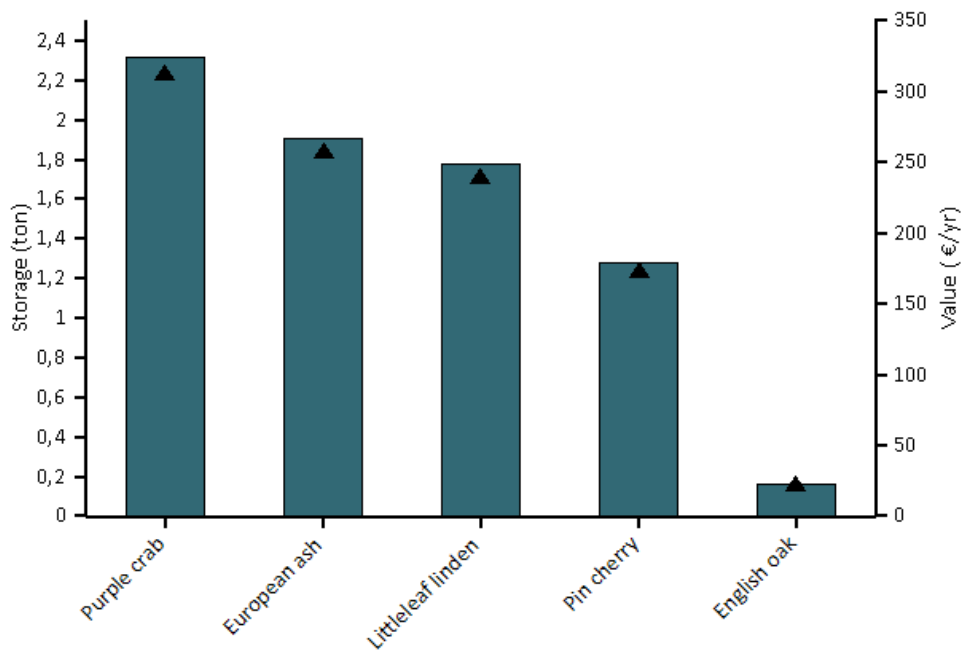
Kuva 14. Arvioitu puuston hiilivarasto ja jakautuminen eri puulajien välillä suunnitelmassa V3. (i-Tree, 2020)



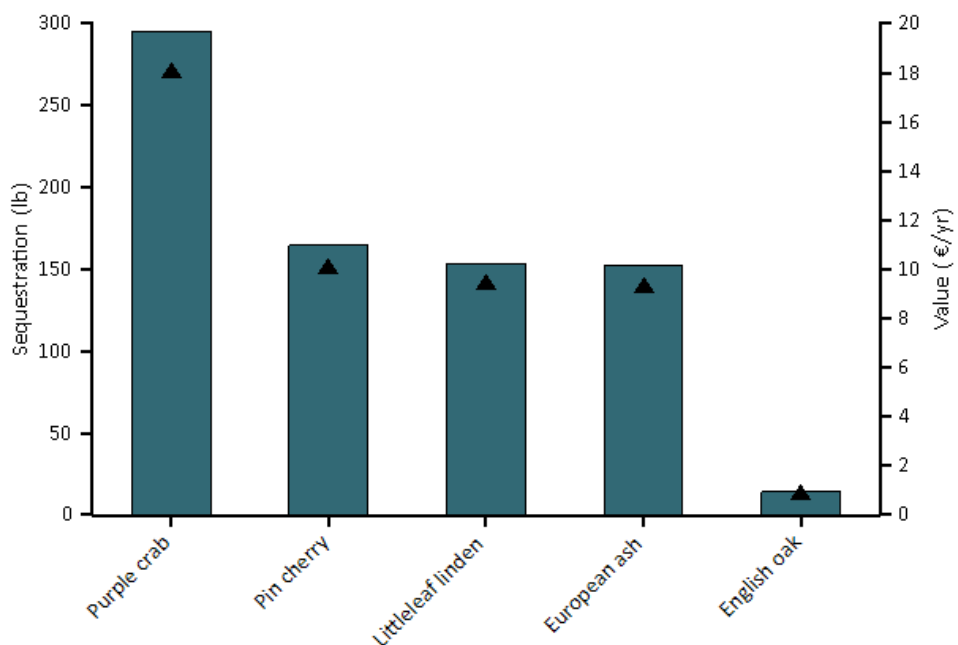
Kuva 15. Arvioitu puuston vuotuinen hiilensidonta (bruttona) ja jakautuminen eri lajien osalta suunnitelmassa V3. (i-Tree, 2020)

Suunnitelmassa V3 puiden hiilivaraston koko ohjelmaan syötettyjen tietojen perusteella on 155 kg/C. Puuston arvioitu vuotuinen hiilensidonta olisi 38 kg/C taimikoossa. Puulajien määrä suhteutettuna saatuihin tuloksiin hiilensidonnan ja hapen tuoton kannalta paras puulaji suunnitelmassa V3 on metsävaahtera. Toisena tervaleppä ja kolmantena metsätammi (taimikoko pienempi). Tervaleppä parantaa myös maaperän typensaantia sitomalla ilmakehästä vapaata typpeä.

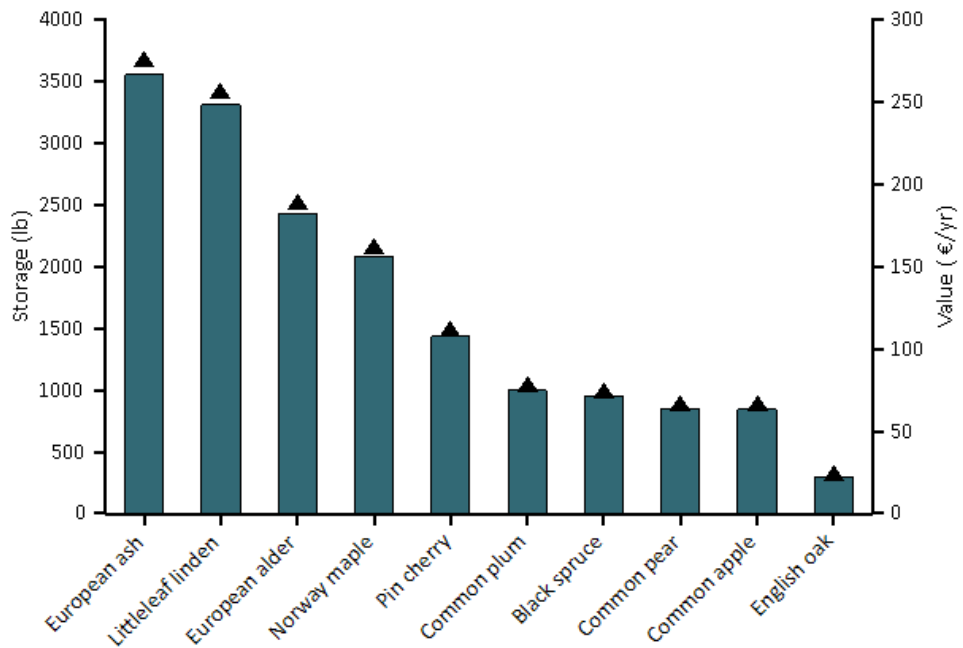
Alla on esitetty puuston hiilivaraston ja vuotuisen sidonnan kehittymistä ajallisesti. Puuston kokoa on arvioitu tanskalaisessa artikkelissa (Kristoffersen & Larsen, 2002) esitettyjen lehmüksien rungon läpimittojen avulla. Ohjelmaan syötetyt puun rungon läpimitat vaihtelevat välillä 16–23 cm puuston ollessa noin 30 vuoden ikäinen (kuvat 16–19).



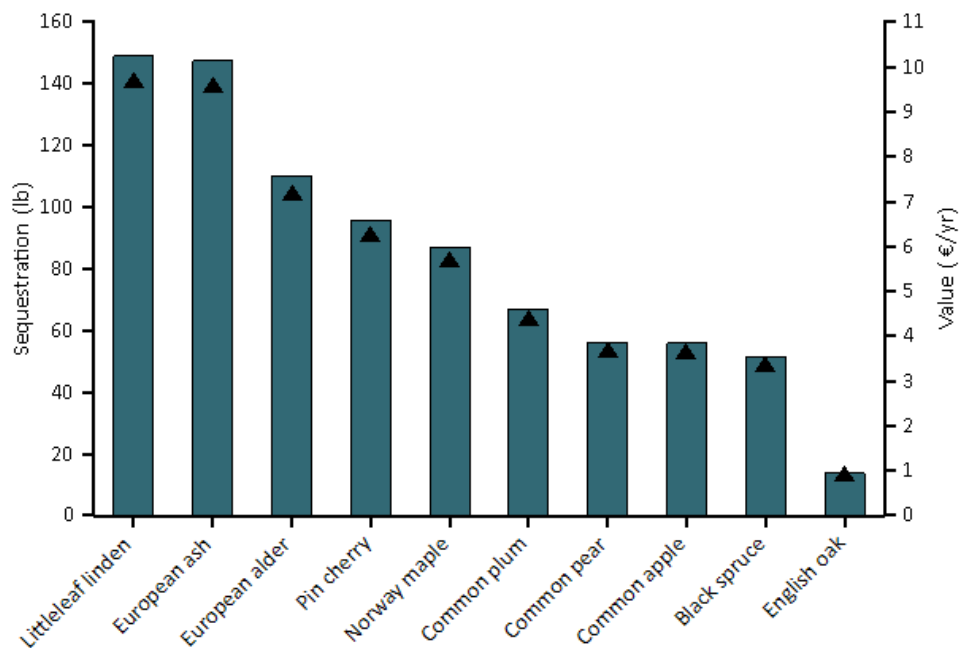
Kuva 16. Arvioitu puuston hiilivarasto koko ja jakautuminen eri lajien välillä suunnitelmissa V0, V1 ja V2. (i-Tree, 2020)



Kuva 17. Arvioitu puuston vuotuinen hiilensidonta (brutto) ja jakautuminen eri lajien osalta suunnitelmissa V0, V1 ja V2. (i-Tree, 2020)



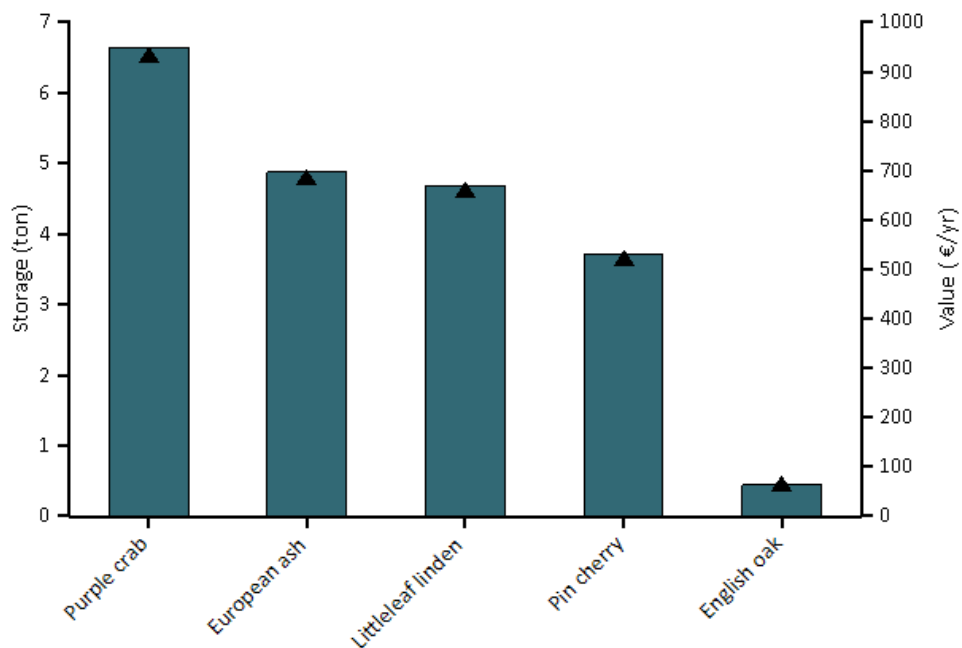
Kuva 18. Arvioitu puuston hiilivarasto koko ja jakautuminen eri lajien välillä suunnitelmassa V3. (i-Tree, 2020)



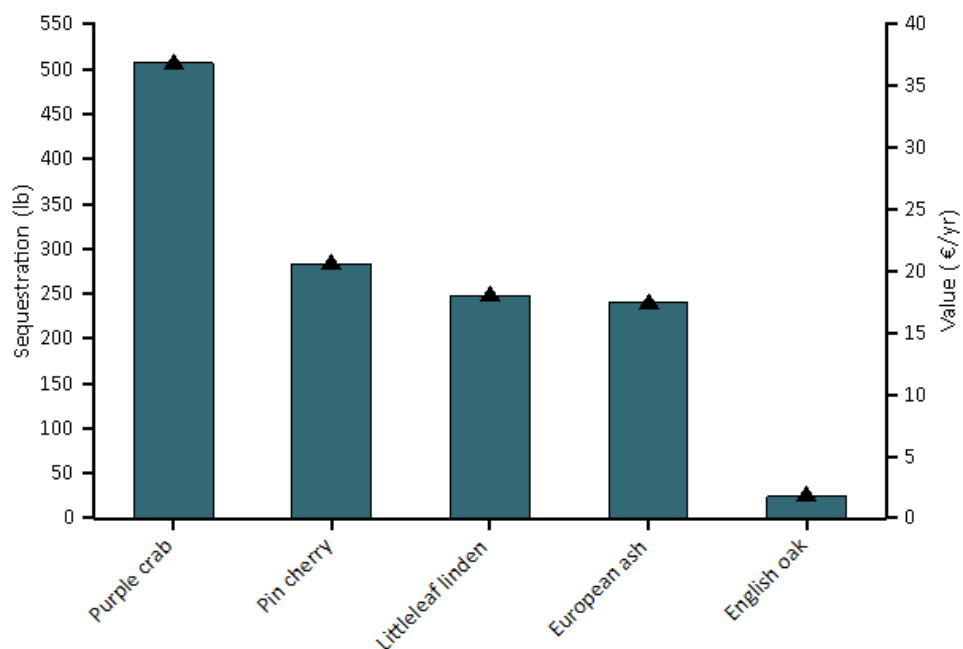
Kuva 19. Arvioitu puuston vuotuinen hiilensidonta (brutto) ja jakautuminen eri lajien osalta suunnitelmassa V3. (i-Tree, 2020)

Puuston ollessa 30 vuoden ikäinen hiilivaraston koko suunnitelmassa V3 olisi noin 7825 kg/C eli 1343 kg/C suurempi kuin muissa suunnitelmissa. Tehokkain hiilensitoja oli metsätammi, jonka vuotuinen bruttosidonta olisi tässä vaiheessa 5,9 kg/C.

Puuston ollessa noin 50 vuoden ikäinen (kuvat 20–23) ohjelmaan syötetyt puun rungon läpimitat vaihtelevat välillä 25–35 cm.



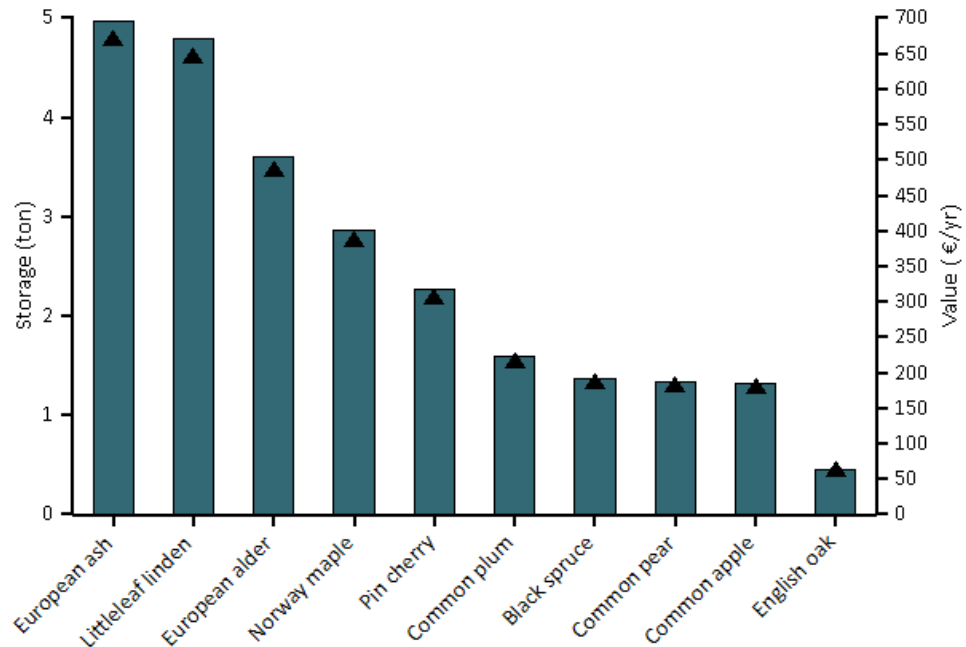
Kuva 20. Arvioitu puuston hiilivarasto koko ja jakautuminen eri lajien välillä suunnitelmissa V0, V1 ja V2. (i-Tree, 2020)



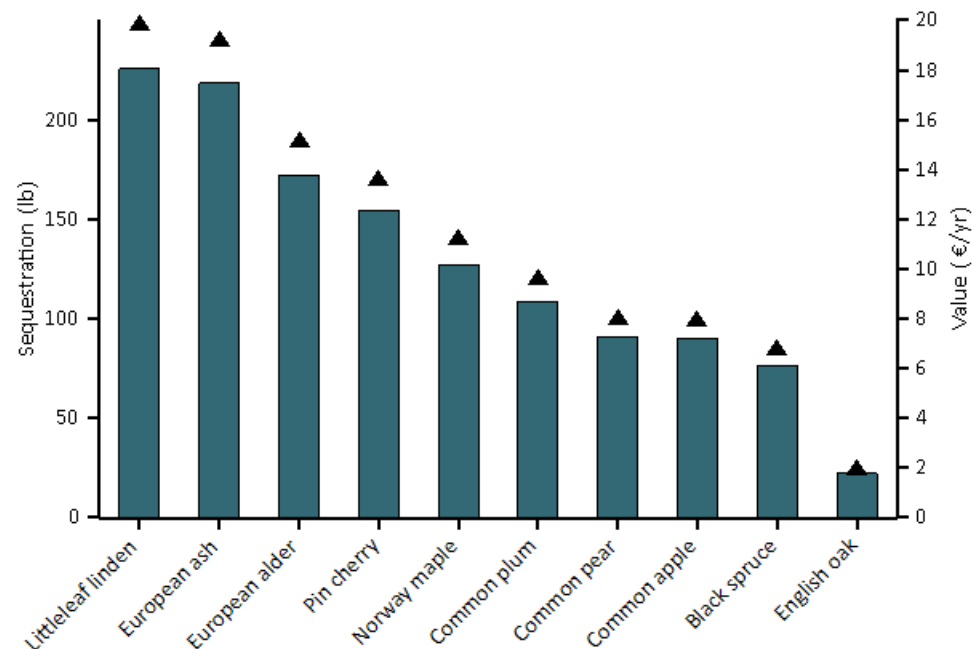
Kuva 21. Arvioitu puuston vuotuinen hiilensidonta (brutto) ja jakautuminen eri lajien osalta suunnitelmissa V0, V1 ja V2. (i-Tree, 2020)

50 vuoden iässä puuston hiilivarasto olisi suunnitelmissa V0, V1 ja V2 18 098 kg/C. Hiilidioksidiksi muutettuna (noin 66 420 kg/CO₂) hiilivaraston koko on lähes samaa luokkaa kuin työssä esitetty arvio biohiililisäyksestä.

Lisäksi puustolle tulisi huomioida vuotuinen hiilensidonta 50 vuoden ajalta. 50 vuoden kohdalla yksittäisen puun vuotuinen bruttosidonta vaihteli 5,6–11 kg/C välillä. Edelleen tehokkain hiilensitoja olisi metsätammi. Syöte-tyissä tiedoissa pilvikirsikan rungon läpimitta oli noin 10 cm pienempi kuin lehmuksella, mutta vuotuinen hiilensidonta hieman enemmän.



Kuva 22. Arvioitu puuston hiilivarasto koko ja jakautuminen eri lajien välillä suunnitelmassa V3. (i-Tree, 2020)



Kuva 23. Arvioitu puuston vuotuinen hiilensidonta (brutto) ja jakautuminen eri lajien osalta suunnitelmassa V3. (i-Tree, 2020)

Puuston ollessa 50 vuoden ikäinen hiilivaraston koko suunnitelmassa V3 olisi noin 21 410 kg/C eli 3312 kg/C suurempi kuin muissa suunnitelmissa.

Lisäämällä viheralueille kasvimassaa saadaan yhteyttävää lehtipinta-alaa kasvatettua, mutta lajivalintojen tulisi perustua myös monimuotoisuuden edistämiseen. Maanviljelyn puolella on osoitettu monimuotoisuuden lisääntymisen edistävän maaperän hiilivarastojen kehittymistä. Myös rakennettujen viheralueiden suunnittelulla ja lajivalinnoilla voidaan pyrkiä siihen.

5.3 Materiaalit

Materiaalien menekit ovat rakennepiirustusten perusteella laskettuja ja suuntaa antavia. Betonirakenteen laskennat on tehty valmiiden elementtien mittojen mukaan, eivätkä laskut sisällä betoniraudoituksen osuutta. Teräsaidan laskuissa on huomioitu rakenteen vaaka- ja pystyjuoksut, ei teräsverkon osuutta. Puuaidan materiaalien menekki on laskettu tehtyjen piirustusten perusteella juoksumetreinä, eikä laskenta sisällä tarvittavia kiinnikkeitä tai perustukseen tarvittavia materiaaleja.

Betonin (V0, V1, V2) menekiksi on arvioitu 87 m³. Materiaalin ominaispainona on käytetty 2400 kg/m³ ja hiilijalanjälki on laskettu arvolla 120,5 CO₂e g/kg (pre-cast concrete 20/25 Europe). Aidan betoniperusteisen osan hiilijalanjälki on näillä arvoilla laskettuna yhteensä 25 160 CO₂e/kg.

Teräksen (V0, V1) menekiksi on arvioitu pysty- ja vaakajuoksujen osalta yhteensä 355 jm. Putken halkaisija on 48,3 mm ja seinämävahvuus 3,3 mm. Menekiksi on laskettu 0,08 m³ ja ominaispainona käytetty 7750 kg/m³ ja hiilijalanjälki on laskettu arvolla 3778 CO₂e g/kg (cold rolled stainless steel). Teräsaidan hiilijalanjälki on näillä arvoilla laskettuna yhteensä 2342 CO₂e/kg.

Kokonaan massiivipuorakenteisen aidan (V3) puutavaran menekiksi on laskettu 1690 jm. Laskennassa käytetyn puutavaran koko on 45x95 mm, väli 95 mm. Istuiosassa puutavara on käännetty lappeelleen. Menekiksi on laskettu yhteensä 7,2 m³. Puutavaran ominaispainona on käytetty 420 kg/m³ ja hiilijalanjälki laskettu arvoilla 108,1 CO₂e g/kg ja sidonta -1638,7 CO₂ g/kg (suomalainen kuivattu mänty, kosteus 10,7%). Kun sidonta huomioidaan laskuissa, kokonaan puisen aidan hiilijalanjälki on näillä arvoilla laskettuna yhteensä -4630 CO₂e/kg.

Betoniperusteisen puuaidan (V2) hiilijalanjäljeksi on laskettu yhteensä 20840 CO₂e/kg. Puurakenteiden osalta laskuista on poistettu penkin osuus noin 0,5 m³ puutavaran kokonaismenekistä.

Puisten polkujen (V3) puutavaran menekiksi on laskettu yhteensä 3,7 m³. Laskennassa käytetyn puutavaran koko on 28x120 mm ja väli 10 mm. Puisten polkujen hiilijalanjäljeksi on laskettu yhteensä -2376 CO₂e/kg.

Maan muotoilu mahdollistaa erilaisen rakenteen ja materiaalien käytön liikutakenttää ympäröivässä aidassa. Puun käyttö aitarakenteessa

pienentää rakentamisesta syntyvää hiilijalanjälkeä. Betonin ja teräksen elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen ollessa huomattavasti suurempia kuin puumateriaalien vastaavien lukemien, vaikuttavuus näiden materiaalien välillä on moninkertainen. Jos ajateltu betoni-teräsrakenne korvattaisiin kokonaan massiivipuuisella rakenteella ja korvaaminen huomioitaisiin laskuissa, kokonaisvaikutus olisi -32 132 kg CO₂e. Laskennassa käytettyjen aitarakenteiden havainnekuvat alla.



Kuva 24. Vasemmalla vastaavanlainen rakenne kuin laskennassa käytetty, mutta teräsverkko on korkeampi ja betonireunus on osittain leveämpi. Oikealla puuaidan havainnekuva. (Koivunen, 2019)

Jotta puurakenne kestäisi mahdollisimman pitkään, tulisi aita perustaa riittävän irti maasta, jolloin puu ei ime maasta kosteutta itseensä. Useimmiten perustus tehdään teräspilarien varaan, joita näissä laskuissa ei ole huomioitu. Myös betoniperustuksen laskuista on jätetty pois betoniraudoituksen osuus sekä teräksen osalta verkon osuus, joten ne kompensoivat teräspilarien ja kiinnikkeiden puuttumista laskelmista. Vaikka laskennalliset arvot perustuvat materiaalien elinkaaren aikaisiin arvoihin, oletettavasti puurakenne vaatisi kuitenkin korjaus- ja uusimisinvestointeja ennen betoni-teräsrakennetta.

On myös luontaisesti kosteutta hyvin kestäviä puulajeja (esim. Robinia) sekä modifioituja puumateriaaleja (esim. Accoya®), joita voidaan käyttää rakenteissa myös niin että rakenne on kosketuksissa maahan. Accoyaa® maahantuova Novenberg antaa puumateriaalille 25 vuoden takuun maakosketuksessa ja 50 vuoden takuun ilman maakosketusta. Accoya® on myrkyttömästi käsiteltyä puuta, eikä sen käyttö ympäristörakentamisessa vaadi erillistä pintakäsittelyä (Novenberg Oy, 2020). Käytettäessä vastaavanlaisia puumateriaaleja säästöjä voidaan laskea myös huoltotyöstä ja pintakäsittelyaineista, eikä käytössä tarvitse huolehtia, että materiaalista liukenisi ympäristölle haitallisia aineita. Ympäristövaikutusten arvioinnista materiaalin pidemmät kuljetusmatkat täytyy huomioida materiaalien vertailussa.

5.4 Kunnossapito

Monikerroksellinen kasvillisuus mahdollistaa suuremman karikesyötteen ja sen jättämisen maahan paremmin kuin siistinä pidetty nurmialue. Myös kunnossapidon aiheuttamat päästöt laskevat, kun viheraluetta ei tarvitse hoitaa niin intensiivisesti koneilla. Suunnitelmassa V3 ei ole tavanomaisesti perustettua nurmea ollenkaan, joten leikkuutarve vähenee 0–2 kertaan kasvukauden aikana.

Joissakin kaupungeissa on jo pyritty pienentämään merkittävästi työkoneiden aiheuttamia päästöjä siirtymällä polttoaineesta biodieselin käyttöön. Koneiden päästöjä voidaan alentaa myös siirtymällä akkukäyttöisiin koneisiin. Näiden lataamista varten voisi olla mahdollista sijoittaa viheralueille esimerkiksi aurinkoenergialla toimivia latauspisteitä. Markkinoille on tullut viheralueille tarkoitettuja pöytiä, joissa voi ladata puhelinta ja kuunnella musiikkia. Samaa tekniikkaa voisi olla mahdollista hyödyntää myös työko-
neiden lataamiseen.

Suunnitelmaan V2 lisättyjen dynaamisten istutusalueiden on ajateltu helpottavan kunnossapidon tarvetta. Myös suunnitelman V3 matalaa koristenurmea voitaisiin hoitaa dynaamisen istutuksen periaattein. Dynaamiset istutukset muovautuvat ajan myötä luonnon kasviyhdyskuntien tapaan ja ovat sopeutuvaisempia erilaisiin muutoksiin. Alkuvaiheessa istutusalueet vaativat asianmukaista hoitoa, mutta saattavat myöhemmässä vaiheessa pärjätä ilman hoitoakin.

Oikeanlaisen hoidon avulla huolehditaan myös puuston kunnosta ja voidaan lisätä kaupunkipuiden elinikää. Puuston hoitotoimista aiheutuu kuitenkin päästöjä, jotka tulisi huomioida laskettaessa puuston nettohyötyjä. Puuston vaikutuksia hiilen nettositojana voidaan pidentää hyödyntämällä poistetut puut pitkäikäisissä puutuotteissa. Samalla voidaan kompensoida myös hoidosta aiheutuneita päästöjä, jotka joissakin tapauksissa saattavat muuten kääntää puuston hyödyt hiilen lähteeksi. (Luley, Nowak, Sisinni & Stevens, 2002, s. 113, 120)

Puiden eliniässä on huomattavaa vaihtelua eri lajien ja yksilöiden välillä. Vaikka huolellisen hoidon avulla voidaan pidentää puiden elinikää, saate-
taan kaupunkialueilla joutua poistamaan hyväkuntoisiakin puita ennen biologisen eliniän päättymistä. (Tajakka, 2019, s. 23) Hoidon vaikutuksia puuston kuntoon tai mahdollisia puiden poistamisia ei ole tässä työssä huomioitu puuston hiilivaraston ja hiilensidonnin kehittymistä kuvaavissa arvioinneissa. Tarkasteltavalla suunnittelualueella on suhteellisen paljon puita puistoalueeksi, joten on mahdollista, että puustoa saatetaan harven-
taa jossain vaiheessa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Toistaiseksi toimenpiteet hiilensidonnan edistämiseksi ovat keskittyneet vaikutuksiltaan merkittävimpiin alueisiin. Todennettua tietoa esimerkiksi maanviljelyn keinoista lisätä ja edistää hiilen pysymistä maaperässä on kuitenkin mahdollista soveltaa myös rakennetuilla viheralueilla. Suunnittelussa näihin tekijöihin ei ole kiinnitetty vielä kovin paljon huomiota, vaikka monet tavoitteet tähtäävät hiilensidonnan huomiontiin. Hulevesien luonnonmukaisella hallinnalla, turvaamalla ekosysteemien tuottamia palveluita ja lisäämällä monimuotoisuutta voidaan tehostaa myös hiilensidontaa sekä edesauttaa maaperän hiilivarastojen kehittymistä. Samalla voidaan parantaa alueiden kykyä sopeutua muuttuviin olosuhteisiin.

Merkittävin osa viherrakennuskohteen ympäristövaikutuksista syntyy alueiden perustamisvaiheessa. Jos rakentaminen aloitetaan poistamalla maamassat sekä vanha kasvillisuus kokonaan, saatetaan menettää myös alueelle sitoutunut hiili lähes kokonaan. Viherrakennuskohteen hiilijalanjälki muodostuu rakentamisen aikana syntyvistä päästöistä sekä rakentamiseen käytetyistä materiaaleista ja muun muassa kasvualustoista. Kun kokonaisympäristövaikutukset huomioidaan, hiilen nettosidonta uuden kasvillisuuden avulla saattaa alkaa vasta vuosikymmenien kuluttua alueen perustamisesta.

Perustamisen aikaisten päästöjen lisäksi puistoalueiden kunnossapito tuottaa jatkuvasti jonkin verran uusia päästöjä. Suunnitteleamalla viheralueista helppohoitoisia pidennetään niiden elinikää sekä säästetään kaupungin resursseja kunnossapidon osalta. Helppohoitoinen viheralue voi olla myös runsaslajinen ja monikerroksellinen. Lisäämällä kasvilajistoa ja -massaa voidaan edistää hiilen sitoutumista sekä samalla parantaa kaupunkitalan viihtyisyyttä.

Luonnollisia prosesseja tulisi hyödyntää kaupunkivihreän osana. Ilmaston muuttuessa viheralueilla tulisi miettiä asfalttipinnan tarpeellisuutta ja määrää aiempaa tarkemmin. Maapintaa voitaisiin säästää nykyistä enemmän toiminnalliselle maaperälle ja edistää maaperän kasvukuntoa kaupunkialueilla. Hellekausina suuret avoimet pinnat eivät välttämättä palvele myöskään käyttäjiä parhaalla mahdollisella tavalla.

Suurikokoisten puiden avulla voidaan tehostaa hiilensidontaa, mutta niiden sijoittaminen kaupunkialueille on usein haasteellista. Tässä työssä i-Tree-ohjelmistolla tehdyissä arvioinneissa pilvikirsikan vuotuinen hiilensidonta oli parempi kuin lehmuksella, vaikka ohjelmaan syötetyissä tiedoissa lehmus oli kooltaan suurempi. Rakennetuilla viheralueilla käytettävästä kasvillisuudesta tarvittaisiin vastaavanlaista (tutkittua) tietoa lisää, jotta suunnittelija pystyisi tekemään hiilensidontaa edistäviä valintoja suunnittelukohteeseen sopivalla tavalla.

Helpoimmin todennettavia keinoja, joiden avulla suunnittelija voi luoda hiilikädenjälkeä ovat raaka-ainevalinnat. Vaikka materiaalille laskettu hiilijalanjälki on vain osa monimutkaista kokonaisuutta, sitä voidaan hyödyntää viheralueiden suunnitteluvaiheessa. Massiivipuun suosiminen rakenteissa pienentää viheralueen hiilijalanjälkeä, varsinkin kun käytöllä korvataan ympäristövaikutuksiltaan raskaita rakenteita. Vaikka työssä esitettyihin laskelmiin liittyy paljon epävarmuuksia, ne antavat kuitenkin mahdollisuuden vertailla eri valintojen vaikuttavuutta. Jos materiaalien korvaamisella vältetyt päästöt huomioidaan laskuissa, ero esimerkiksi suunnitelmien V0 ja V3 välillä olisi materiaalien ja biohiililisäyksen osalta yhteensä noin 95 t/CO₂. Työssä tarkastellun alueen osuus koko Hyväntoivonpuistosta on pinta-alallisesti laskettuna muutaman prosentin luokkaa.

Lisäämällä puun käyttöä viheralueista voidaan tehdä myös luonnollisen oloisia ja akustiikaltaan miellyttävämpiä puistotiloja. Massiivipuun käytöllä voidaan rauhoittaa kaupunkiympäristöjen äänimaailmaa ja luoda rauhoittumiselle sopivia tiloja myös paikkoihin, joihin niitä ei ole kasvillisuuden avulla mahdollista toteuttaa. Tulevaisuuden hiilipuistoissa voitaisiin käyttää niissä kasvanut puumateriaali puiston rakenteisiin uusimisten yhteydessä tai hyödyntää poistetut puut biohiilenä paikallisesti. Lajivalintojen perusteena voisi olla tehokkaan hiilensidonnan ja monimuotoisuuden edistämisen lisäksi pyrkimys kasvattaa hyvän säänkeston omaavia puulajeja kaupungin käyttöön.

Vaikka suunnittelun lähtökohtana ja valittujen ratkaisujen perusteena olisi käytetty eri ekosysteemipalvelujen arvottamista, sillä ei ole suurta painoarvoa, jos tämä ei näyttäydy käyttäjille merkityksellisenä tai alue koetaan muuten toimimattomaksi. Myös hiilensidontaa tulee edistää käyttäjille mielekkäällä tavalla.

LÄHTEET

Alakukku, L., Gustafsson, M., Koppelmäki, K., Känkänen, H., Mylly, M. & Palojärvi, A. (2014). *Juuristotietopaketti -juuristot maanrakenteen parantajina*. Ravinnehuhtoutumien hallinta (RaHa). Haettu 18.10.2019 osoitteesta https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/103454/ely%20juuristotieto_LR.PDF

Antikainen, R. (2010). *Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2010. Haettu 29.01.2020 osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/39822>

Antikainen, R., Holma, A., Judl, J., Leskinen, P., Myllyviita, T., Niemistö, J. & Sironen, S. (2017). *Elinkaariajattelu pk- ja startup-yritysten ympäristövaikutusten arvioinnissa ja tuotekehityksen tukena*. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 34/2017. Haettu 29.01.2019 osoitteesta https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/228240/SY-KEra_34_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Antikainen, R. & Seppälä, J. (2012). *Elinkaarimenetelmät yrityksen päätöksenteon tukena*. FINCLA-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskus 10/2012. Haettu 29.01.2020 osoitteesta https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38711/SY_10_2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Ariluoma, M. & Hautamäki, R. (2020). Vihertehokkuus ohjaa korttelivihreää yhä useammassa kaupungissa -Kuinka viherkerroin on toiminut? *Kuntatekniikka* 1/2020. s. 6–9. Haettu 18.02.2020 osoitteesta <https://kuntatekniikka.fi/lehtiarkisto/01-2020/10-52>

Baltic Sea Action Group. (n.d) Twinwin-hanke. Carbon action. Haettu 6.2.2020 osoitteesta <https://carbonaction.org/twinwin-hanke/>

Carbon Lane -hanke. (2019). Muotoilun laitos, Aalto yliopisto. Haettu 21.10.2019 osoitteesta <https://www.aalto.fi/fi/carla>

Dettenborn, T. & Forsman, J. (2019). *Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa*. Ohje 4/2019. Helsinki, Espoo, Tampere, Turku, Vantaa. Haettu 18.02.2020 osoitteesta http://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/2019_04_Betonimurske_kaupunkien_julkisessa_marakentamisessa.pdf

Dunnett, N. & Kingsbury, N. (2008). *Planting green roofs and living walls*. Portland: Timber Press Inc.

Elo, M. & Regårdh, E. (2019). *Kierrätysmaiden käyttö viherrakentamisen kasvualueilla*. Kestävän ympäristörakentamisen mukainen ohje 2019. Viherympäristöliitto. Haettu 06.02.2020 osoitteesta https://www.vyl.fi/site/assets/files/3060/kierra_tyskasvualusta-ohje_2019.pdf

Heinonsalo, J. (2020). *Hiiliopas -Katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljelyn perusteisiin*. Carbon Action. Baltic Sea Action Group. Haettu 29.01.2020 osoitteesta <https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/01/BSAG-hiiliopas-1.-painos-2020.pdf>

Helsingin kaupunginkanslia. (2019a). Hyväntoivonpuisto. Haettu 20.10.2019 osoitteesta <https://www.uuttahelsinkia.fi/fi/jatkasaari/erityista-alueella>

Helsingin kaupunginkanslia. (2019b). Jätkäsaari. Haettu 20.10.2019 osoitteesta <https://www.uuttahelsinkia.fi/fi/jatkasaari/rakentaminen>

Helsingin kaupunki. (2020a). Helsingin opaskartta 1909. Karttapalvelu, Helsingin kaupunki. Haettu 1.2.2020 osoitteesta <https://kartta.hel.fi/#>

Helsingin kaupunki. (2020b). Helsingin ortoilmakuva 2009. Karttapalvelu, Helsingin kaupunki. Haettu 1.2.2020 osoitteesta <https://kartta.hel.fi/#>

Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas. (n.d.) Raportit ja työkalut. Haettu 29.01.2020 osoitteesta <https://ilmastotyokalut.fi/raportit-ja-tyokalut/>

Ilmasto-opas. (n.d.). Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. Haettu 6.4.2020 osoitteesta <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/1e92115d-8938-48f2-8687-dc4e3068bdbd/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku.html>

Jaakkola-Kivinen, M., Kaijansinkko, M., Kivelä, M., Laakso, K., Lahti, K., Laitinen, T., Mikkola-Tikkanen, T., Mäkelä, P., Rantama, K., & Tarkkala, J. (2006). *Jätkäsaari, osayleiskaava selostus*. Helsingin kaupunginsuunnitteluvirasto. Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://www.hel.fi/static/kv/Tilakeskus/jatkasaari/osayleiskaava.pdf>

Jalas, M., Koivunen, M., Passi, S. & Salo, E. (2019a). *Report on concept designs for carbon drawdown*. Deliverable 1 of Carbon Lane project (ID 190365). Haettu 3.3.2020 osoitteesta <https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2020-02/Report%20on%20concept%20designs%20for%20carbon%20drawdown.pdf>

Jalas, M., Koivunen, M., Passi, S., Riikonen, A., Salo, E., Salonen, A-R., Soronen, P., Tammeorg, P. & Tikka, S. (2019b). *Design support for the carbon drawdown demonstration area in Jätkäsaari, Helsinki*. Report on principles

of urban demonstration areas for carbon sequestration. Deliverable 2 of Carbon Lane project. Haettu 3.3.2020 osoitteesta <https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2020-02/Plan%20for%20the%20Hyv%C3%A4ntoivonpuisto%20demonstration%20area.pdf>

Johansson, P. (n.d.) *Maaperän käyttöominaisuudet, maaperä rakennus-alustana*. Haettu 21.10.2019 osoitteesta http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_046_pages_183_184.pdf

Juhanoja, S., Salo, T. & Tuhkanen, E-M. (2014). *Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen viherrakentamisen kasvualustoissa ja rakenteissa*. MTT. Haettu 28.01.2020 osoitteesta <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/484572>

Kingsbury, N. & Oudolf, P. (2005). *Planting design -Gardens in time and space*. Portland: Timber Press Inc.

Kristoffersen, P. & Larsen, F.K. (2002). Tilia's physical dimensions over time. *Journal of Arboriculture* 28(5): 209–214. September 2002. Haettu 6.4.2020 osoitteesta <https://pdfs.semanticscholar.org/42db/8a6ef6432ef98c57603be45aa98fc0ae54bb.pdf>

Känkänen, R. & Rasinmäki, J. (2014a). *Kuntien hiilitasekartoitus osa 1*. Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/2014. Haettu 20.10.2019 osoitteesta https://ilmastotyokalut.fi/files/2014/06/hiilitase_osa-1_julkaisu_ymk_2014.pdf

Känkänen, R. & Rasinmäki, J. (2014b). *Kuntien hiilitasekartoitus osa 2*. Hiilitaselaskuri ja toimenpidevalikoima. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 10/2014. Haettu 21.10.2019 osoitteesta https://ilmastotyokalut.fi/files/2014/06/hiilitase_osa2_julkaisu_ymk_2014.pdf

Liikennevirasto. (2011). *Massanvaihdon suunnittelu*. Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet. Liikenneviraston ohjeita 11/2011. Haettu 21.10.2019 osoitteesta https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf

Liski, M., Perälä, T., Peurasuo, P., Saarikko, J., Tegel, S., Terho, M. & Ylikotila, T. (2014). *Rakennusviraston kaupunkipuuseelvitys -Taustaselvitys ja nykytilan kuvaus*. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2014:4. Haettu 6.2.2020 osoitteesta https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2014/kaupunkipuu/taustaselvitys_web_osa1.pdf

Luley, C.J., Nowak, D.J., Sisinni, S.M. & Stevens, J.C. (2002). Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide. *Article in Journal of Arboriculture* 28(3):113–122. 1/2002. Haettu 6.4.2020 osoitteesta

https://www.researchgate.net/publication/282054057_Effects_of_urban_tree_management_and_species_selection_on_atmospheric_carbon_dioxide

Niemeläinen, O. & Silvanius, F. (2015) Kierrätysmateriaalien käytöllä kasvualustassa voidaan pienentää viherrakentamisen ympäristövaikutuksia. *Viherympäristö 4/15*, s. 45–46. Haettu 30.01.2020 osoitteesta <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/lcainlandscaping/Julkaissut/Viherymp%C3%A4rist%C3%B6%20juttu%20elokuu%202015.pdf>

Novenberg Oy. (2020) Accoya® -Huoltovapaa ja ekologinen vaihtoehto kaikkeen rakentamiseen. Haettu 3.3.2020 osoitteesta <https://novenberg.fi/accoya/>

Orbix. (2018). Materials -For use in infrastructure and construction. Haettu 29.01.2020 osoitteesta <https://www.orbix.be/en/materials>

Riikonen, A. (2019). *Biohiili ja sen käyttömahdollisuudet viherrakentamisessa*. Helsingin kaupunki, Kaupunkiympäristön julkaisuja 2019:9. Haettu 3.3.2020 osoitteesta <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-19-19.pdf>

Rakennustieto Oy. (2016). *Rakennustyömaan hulevesien hallinta*. Tilaajan ohje. RT 89-11230. RT-ohjekortti. VL/1/elokuu 2016/Rakennustieto Oy.

Ruuska, A. (2013). *Carbon footprint for building products*. ECO2 data for materials and products with the focus on wooden building products. VTT. Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/T115.pdf>

Setälä, H. (2020). Kaupunkivihreän ekosysteemipalvelut euroissa. Luento 12.2. Viherpäivät, Jyväskylä.

Sillanpää, N. (2013). *Effects of suburban development on runoff generation and water quality*. Väitöskirja. Aalto University publication series 160/2013. Haettu 28.01.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5374-5>

Sitra. (n.d.). Tulevaisuussanasto, Hiilikädenjälki. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra. Haettu 6.4.2020 osoitteesta <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/hiilikadenjalki/>

Suomen ympäristökeskus. (2019). Canemure osahankkeet. Rakennustuoteteollisuus: Betonirakenteiden hiilinielun maksimointi. Haettu 29.01.2020 osoitteesta [https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Canemure/Osahankkeet/Rakennustuoteteollisuus_RTT/Rakennustuoteollisuus_Betonirakenteide\(49510\)](https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Canemure/Osahankkeet/Rakennustuoteteollisuus_RTT/Rakennustuoteollisuus_Betonirakenteide(49510))

Suominen, M. (2019). Helsingin kierrätysmaat. CircVol Oulu, 14.2.2019. Haettu 20.10.2019 osoitteesta <https://docplayer.fi/128608705-Helsingin-kierratysmaat-circvol-oulu-kaupungin-massakoordinaattori-mikko-suomen.html>

Tajakka, H. (2019). *Kaupunkipuiden arvonmääritysmalli KAM'19 -OPAS*. Viherympäristöliiton julkaisu nro 66. Viherympäristöliitto ry. Haettu 7.4.2020 osoitteesta https://www.vyl.fi/site/assets/files/1504/kam_opas_web2.pdf

Uusioaines Oy. (n.d.) Foamit-vahtolasimurske on monipuolinen uusiomateriaali. Haettu 29.01.2020 osoitteesta <https://foamit.fi/tuotteet/>

Valtionneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017. Haettu 21.10.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>

Viherympäristöliitto. (2015). *Viheralueiden hoito VHT'14*. Hoidon laatuvaatimukset. 2. painos. Viherympäristöliiton julkaisu nro 55.

Välimäki, K. (2019). Maaperä ilmastotalkoissa. Puheenvuoroja Ympäristötiedon tilaisuudesta 2/2019. Haettu 21.10.2019 osoitteesta https://www.ymparistotiedonfoorumi.fi/wp-content/uploads/2019/08/puheenvuoroja_2-19.pdf

Weckman, E. (2018). *Kestävän ympäristörakentamisen toimintamalli*. Toimintaperiaatteet kestävän kehityksen toteuttamiseksi ympäristörakentamisen hankkeissa. Viherympäristöliitto ry. Haettu 28.01.2020 osoitteesta https://www.vyl.fi/site/assets/files/2319/kesy_toimintamalli_web_1_26_4_2018.pdf

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Haettu 21.10.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2014/20140527?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojelulaki>