

# HALLAN VAIKUTUS PUOLUKAN KUKINTAAN JA MARJA- SATOON

Agroforestry in Barents Region

Nuortimo Tiina

Opinnäytetyö

Metsätalous  
Metsätalousinsinööri (AMK)

2020

Metsätalous  
Metsätalousinsinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Tiina Nuortimo	Vuosi	2020
<b>Ohjaaja</b>	Juho Haveri-Heikkilä		
<b>Toimeksiantaja</b>	Agroforestry in Barents Region		
<b>Työn nimi</b>	Hallan vaikutus puolukan kukintaan ja marjasatoon		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	39 + 17		

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin hallan vaikutusta puolukan kukintaan ja marjasatoon. Opinnäytetyö tehtiin Agroforestry in Barents Region -hankkeelle.

Tavoitteena tässä tutkimuksessa oli selvittää, onko hallalla selkeää vaikutusta puolukan marjojen kehitykseen. Tutkimusta varten ennalta valitulle alueelle perustettiin koealat ja puolukan kukinnalle suoritettiin hallakokeet kukinta-aikana ke-säkuun lopussa käyttämällä hallaa simuloivia kylmälaitteita. Tämän jälkeen elokuussa koeruuduista laskettiin raakileet ja syyskuun alussa kypsät marjat. Tuloksia verrattiin lopuksi kontrolliruuduista saatuihin tuloksiin.

Tutkimuksissa käytettiin kolmea eri lämpötilaa: 0, -3 ja -5°C. Käsittelyajat jokaisessa lämpötilassa olivat yksi, kolme, viisi ja kymmenen tuntia. Kokeellisissa tutkimuksissa nousi ongelmaksi se, että kylmälaitteita oli vain kolme, jolloin jokaista käsittelyaika- ja lämpötilayhdistelmää kohden saatiin tehtyä vain yksi koe, eikä näin voitu verrata saman käsittelyajan ja -lämpötilan tuloksia keskenään.

Kokeissa selvisi, että pidempiaikainen altistus hallalle vaikutti heikentävästi puolukan marjankehitykseen. Lisäksi hallakäsittelyä saaneet koeruudet tuottivat paljon epäkehittyneitä ja epätasalaatuisia marjoja. Halla aiheutti myös vaurioita puolukkavarvustoon, esimerkiksi tuhoten kukkia ja lehtiä. Tuloksista voi päätellä, että kukinta-aikaan tapahtuva, etenkin pitkäjaksoinen halla voi heikentää tulevaa puolukkasatoa.



## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 PUOLUKKA .....	8
2.1 Ulkonäkö ja yleistietoa .....	8
2.2 Kasvupaikat ja levinneisyys .....	11
2.3 Merkitys ekosysteemille ja ekosysteemipalvelut .....	12
3 HALLA .....	15
3.1 Määritelmä .....	15
3.2 Vaikutukset .....	15
4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS .....	17
4.1 Kylmälaitteet .....	17
4.3 Koepaikka ja koealat .....	19
4.4 Kokeiden toteutus .....	22
5 TULOKSET .....	25
5.1 Tulosten esittäminen .....	25
5.2 Tulosten vertailu .....	26
5.3 Hallavauriot .....	29
5.4 Johtopäätökset .....	32
6 POHDINTA .....	36
LÄHTEET .....	38
LIITTEET .....	40

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Agroforestry in Barents Region -hanketta opinnäytetyöni mahdollistamisesta.

Lisäksi haluan antaa erityiskiitokset seuraaville henkilöille:

- Petri Mujelle, joka mahdollisti pääsyni hankkeeseen ja sitä kautta opinnäytetyön alulle saamisen
- Juho Haveri-Heikkilälle, joka auttoi aiheen ideoinnissa ja ohjasi opinnäytetyöni
- Kari Moilaselle, joka tiimeineen valmisti kylmälaitteet ja opasti niiden ja tarvittavien oheislaitteiden käytössä
- Aki Rannalle, joka auttoi koepaikkojen etsinnässä, kylmälaitteiden testauksessa sekä oli mukana puolukan raakileiden ja kypsien marjojen laskennassa
- Luonnonvarakeskuksen Outi Manniselle, joka antoi ideoita kylmäkokeiden, opinnäytetyön sisällön sekä tulosten esittämisen suhteen
- Luonnonvarakeskuksen Rainer Peltolalle, joka auttoi kylmäkokeiden valmistelussa ja toteutuksessa
- Lapin ammattikorkeakoulun Jouko Teeriaholle, joka auttoi tulosten esittämisen ja taulukoiden laatimisen kanssa.

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Agroforestry in Barents Region -hankkeelle. Hankkeen päätavoite on metsien monikäytön korostaminen Barentsin alueella. Agrometsätalouden tarkoituksena on yhdistää maa- ja metsätaloustekniikat ja luoda mahdollisuuksia ei-puuperäisten tuotteiden tuotannolle, jollaisia ovat esimerkiksi metsämarjojen ja -sienten viljely, paikallinen hunajantuotanto sekä luonnonvaraisten yrttien hyödyntäminen. Agroforestry in Barents Region -hankkeen pää toteuttajana toimii Lapin ammattikorkeakoulu Oy. Hankkeen yhteistyökumppaneita ovat Northern (Arctic) Federal University, Luonnonvarakeskus ja NIBIO. (Agroforestry in Barents Region 2018.)

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan hallan vaikutusta puolukan kukintaan ja marjasatoon. Hallankestävyystudkimus tukee Lapin korkeakoulukonsernin globaalin arktisen vastuun strategiaa, joka pitää sisällään arktisen ympäristön sosiaaliset, tuotannollisteknologiset ja ekologiset muutokset sekä kestävän kehityksen, joissa konsernin tavoitteena on olla kansainvälisesti tunnettu asiantuntija (Lapin ammattikorkeakoulu 2020). Tutkimusta varten ennalta valitulle alueelle perustettiin koealat ja puolukan kukinnalle suoritettiin hallakokeet kukinta-aikana kesäkuun lopulla. Kokeissa käytettiin erikseen koetta varten rakennettuja kylmälaitteita, jotka simuloivat hallaa. Käsittelylämpötilat olivat 0, -3 ja -5°C ja koeajat olivat yksi, kolme, viisi ja kymmenen tuntia. Koeruutuja perustettiin yhteensä viisitoista, joista kolme oli kontrolliruutuja, joihin hallakäsittelyä ei tehty.

Elokuussa koeruuduista laskettiin raakileet ja syyskuun alussa kypsät marjat. Kypsät marjat myös kerättiin ja punnittiin. Tuloksia verrattiin lopuksi kontrolliruuduista saatuihin tuloksiin. Ruutujen kuntoa tarkasteltiin myös silmämääräisesti heti hallakokeiden jälkeen sekä raakileiden ja kypsien marjojen laskennan yhteydessä. Tulokset kirjattiin kokeiden jokaisesta vaiheesta ylös ja ruutuja valokuvattiin koko tutkimuksen ajan.

Hallalla on tutkittu olevan vaikutusta joidenkin kasvien ja puiden kehitykseen (Seppänen & Perälä 1999, 2). Puolukan hallanarkuudesta ei löydy aiempaa tutkimusaineistoa, jota tässä tutkimuksessa olisi voinut hyödyntää. Hallaan liittyvää tutkimusaineistoa oli muutenkin niukasti saatavilla, joka osaltaan luo haasteita

tämänkaltaisen tutkimuksen tekemiselle. Näiden syiden vuoksi hallan vaikutusten tutkiminen on ajankohtainen aihe ja se luo pohjaa myös mahdollisille uusille tutkimuksille aiheeseen liittyen.

Puolukan kukinta sijoittuu kesällä sellaiseen aikaan, jolloin hallaa harvemmin esiintyy. On mahdollista, että hallan aiheuttama raskaus puolukan kukinnolle ja marjasadolle voi olla suuri, sillä halla ei tavallisesti ole uhkana puolukalle kukinta-aikana. Tutkimuksen kannalta tärkeää onkin selvittää, minkälaisia mahdolliset hallan aiheuttamat vahingot ovat ja kuinka suuri vaikutus kukinnan aikaisella hallalla on marjan kehitykseen.

Puolukka on Suomelle kaupallisesti tärkein luonnonmarja (Ruokavirasto 2019, 16). Kukinnan onnistuminen on tärkeää tulevan sadon kannalta. Tutkimuksen tarkoituksena on ollut tarkastella puolukan hallanarkuutta ja saada tietoa hallan mahdollisista vaikutuksista puolukan kehitykseen, jotta näitä tietoja voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa, kun puolukan sadon onnistumista ennustetaan.

## 2 PUOLUKKA

### 2.1 Ulkonäkö ja yleistietoa

Puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*) on kanervakasvien (*Ericaceae*) heimoon kuuluva, monivuotinen varpu. Puolukan kukinta ajoittuu tavallisesti kesä-heinäkuulle, ja raakileet ilmaantuvat tästä muutaman viikon kuluttua. Marjat ovat kypsiä syyskuussa. (Piippo 2010, 133; Väre & Laine 2016, 79; Luontoportti 2020.)

Puolukka on maavarrellinen, laajoja kasvustoja muodostava 5–30 senttimetriä korkea varpu. Puolukan varret ovat niukasti haarovia, puutuneita ja pystyjä (Kuvio 1). (Piippo 2010, 133; Väre & Laine 2016, 79; Luontoportti 2020.)



Kuvio 1. Puolukan varsi

Puolukan suipot, talvehtivat lehdet ovat päältä kiiltävän tumman vihreät, alta hailakanvihreät ja pilkukkaat (Kuvio 2). Lehden pinta on nahkea. Lehdet ovat kooltaan 8–20 millimetriä ja niistä voi helposti erottaa sivusuonet. (Piippo 2010, 133; Väre & Laine 2016, 79; Luontoportti 2020.)



Kuvio 2. Puolukan lehden alapinta

Puolukan kukat ovat kooltaan 5–8 millimetriä pitkiä ja ne kasvavat tertuissa varvun latvassa (Kuvio 3). Kukat ovat kellomaisia ja 4-liuskaisia, väriltään valkoisia tai vaaleanpunertavia. Emiö on 1-luottinen, ja se työntyy kukasta esiin. (Piippo 2010, 133; Väre & Laine 2016, 79; Luontoportti 2020.)



Kuvio 3. Puolukan kukat

Puolukan marjat ovat pallomaisia, kooltaan 5–8 millimetriä. Raakileen väri on vihertävä (Kuvio 4). (Piippo 2010, 133; Väre & Laine 2016, 79; Luontoportti 2020.)



Kuvio 4. Puolukan raakileita

Kypsä marja on väritään punainen (Kuvio 5). Marja on kiiltävä ja mehukas, jonka maku on makea ja hapan. (Piippo 2010, 133; Väre & Laine 2016, 79; Luontoportti 2020.)

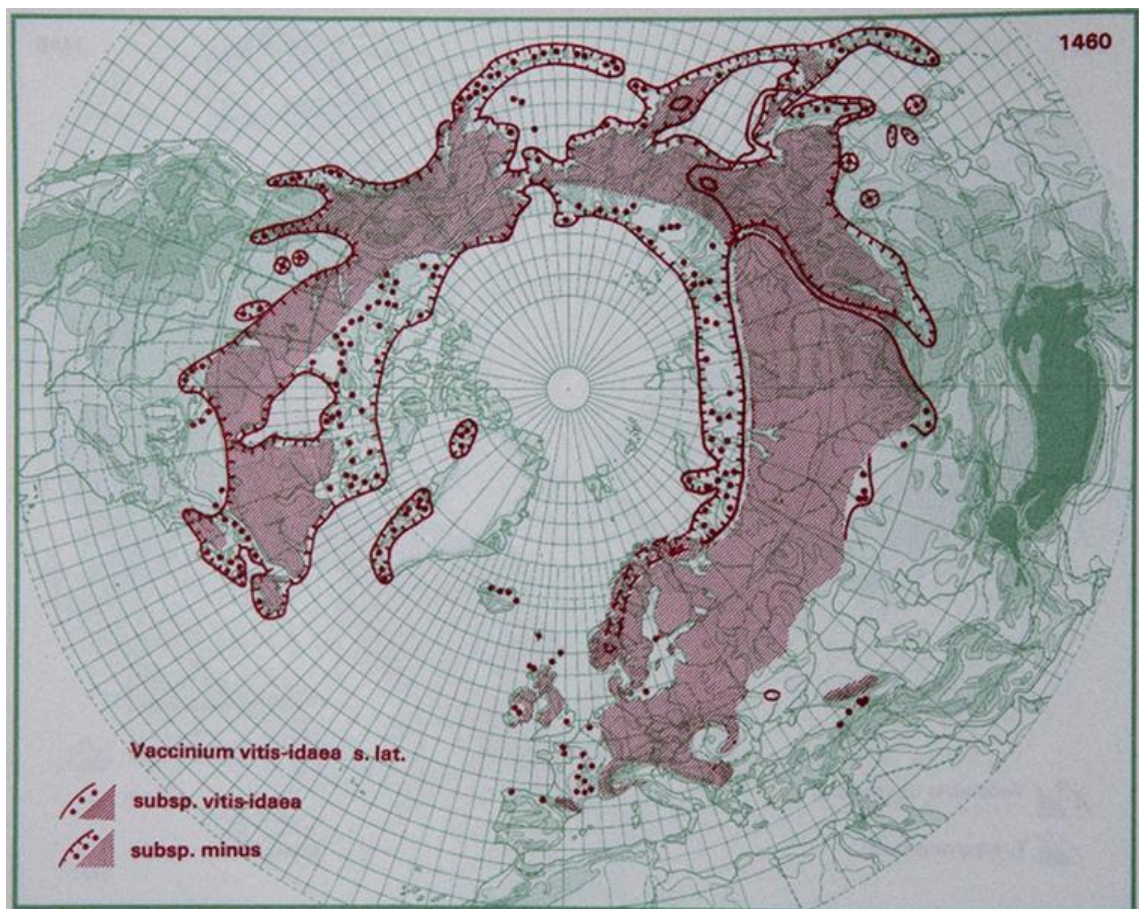


Kuvio 5. Puolukan kypsiä marjoja

Puolukan lisääntyminen tapahtuu pääasiallisesti kasvullisesti maavarren silmuista. Valon ja lämmön lisääntyessä, esimerkiksi uudistushakkuun jälkeen, varvusto voimistuu ja voi tuottaa suuren sadon. (Piippo 2010, 133; Väre & Laine 2016, 79; Luontoportti 2020.)

## 2.2 Kasvupaikat ja levinneisyys

Puolukkaa esiintyy Pohjois-Amerikassa, Pohjois- ja Keski-Euroopassa sekä Pohjois-Aasiassa (Kuvio 6). Puolukka on hyvin yleinen koko Suomessa. Puolukka on runsas etenkin kuivahkoissa, valoisissa kangasmetsissä, mutta sitä esiintyy jonkin verran myös soilla, tuntureilla, kuivissa lehdoissa ja pellonreunoissa. (Luontoportti 2020; Piippo 2010, 133.) Puolukka on kuivahkojen kankaiden indikaattorilaji, ja sen mukaan on myös nimetty metsätyyppi VT, eli *Vaccinium*-tyyppi (Hontanen, Nousiainen, Mäkipää, Reinikainen, & Tonteri 2013, 140).

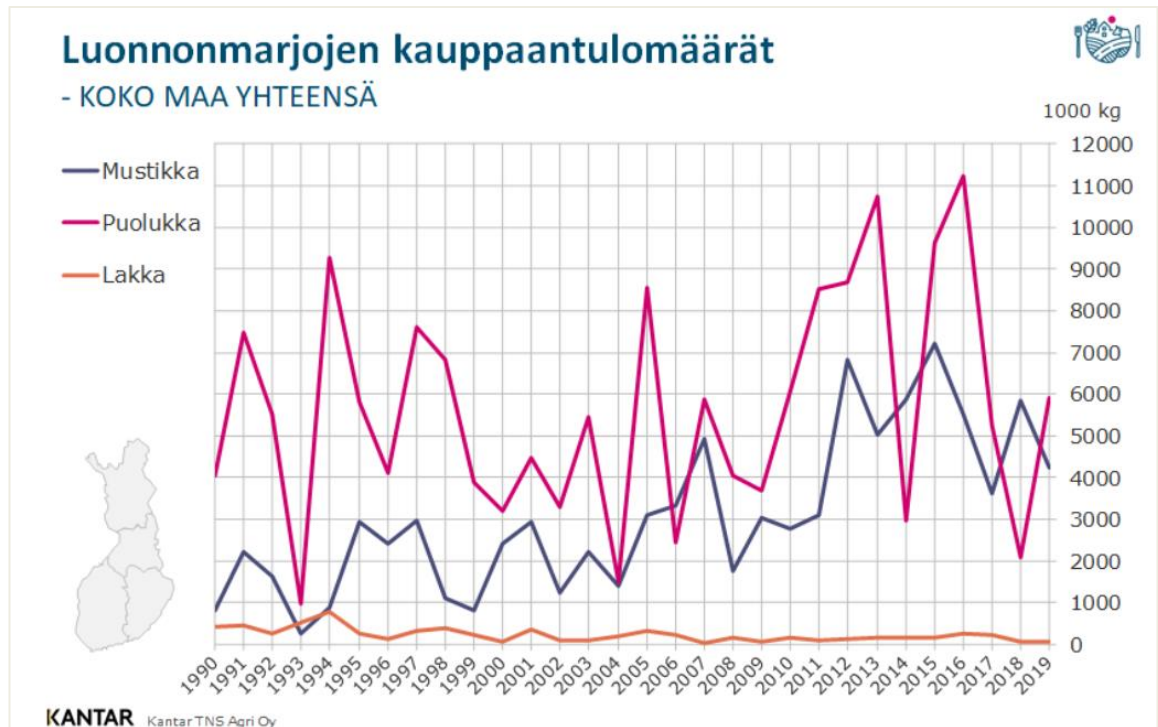


Kuvio 6. Puolukan levinneisyys (IOS Press Content Library 2019)

### 2.3 Merkitys ekosysteemille ja ekosysteemipalvelut

Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan luonnon ihmiselle tarjoamia aineellisia ja aineettomia hyötyjä. Ekosysteemipalvelut luokitellaan joko niiden tuottajien tai niistä saatavan hyödyn mukaan. Palvelut voidaan luokitella abioottisiin ja bioottisiin palveluihin, eli fysikaalisten ja kemiallisten prosessien aikaansaamiin ja eliöiden tuottamiin hyötyihin. Toinen tapa on luokitella palvelut saatavan hyödyn mukaan ylläpito-, tuotanto-, sääntely- ja kulttuuripalveluihin. Ylläpitopalveluihin kuuluvat ravinteiden kierrätys, fotosynteesi ja maaperän muodostus, tuotantopalveluihin vesi, ravinto, rakennus- ja lääkeaineet, sääntelypalveluihin veden ja ilman puhdistus ja ilmaston sääntely ja kulttuuripalveluihin virkistyskäyttö, esteettisyys ja innoitus. (Tuominen 2018, 1; Opetushallitus 2020.)

Puolukka on kerätyin ja myös kaupallisesti Suomen tärkein luonnonmarja, joka on erittäin terveellinen ja monipuolinen raaka-aine (Kuvio 7). Marjastus on tärkeä metsänkäyttömuoto ja joillekin myös merkittävä lisätulonlähde. Puolukka on maukas marja, joka on ruoanlaitossa hyvin monikäyttöinen. Puolukkaa voidaan nauttia sellaisenaan, tai siitä voidaan valmistaa keittoja, soseita, hilloja, hyytelöitä, puuroa ja mehuja, lisäksi sitä käytetään myös maustamiseen esimerkiksi erilaisissa leivonnaisissa. Puolukan sisältämän bentsoehapon ansiosta puolukka säilyy erinomaisen hyvin. (Arktiset Aromit ry 2005, 6–7; Lindqvist-Niemelä 2006, 72–73; Havenith 2016, 94.)



Kuvio 7. Luonnonmarjojen kauppantulomäärät (Ruokavirasto 2019, 16)

Puolukka sisältää paljon vitamiineja ja sillä on paljon terveyttä edistäviä vaikutuksia. Näiden ominaisuuksien vuoksi puolukka on ollut suosittu kansanlääkinnässä. Puolukasta voidaan hyödyntää marjat ja lehdet. Puolukan lehdet sisältävät hydrokinonia ja arbutiinia, joilla on virtsateitä desinfioiva vaikutus. Näin ollen niitä on käytetty esimerkiksi virtsateiden ja munuaisaltaan tulehduksien hoitoon. Arbutiinin on todettu hillitsevän myös IV-typin allergioita, kuten nikkeliallergiaa, lisäksi arbutiinilla on verensokeria alentava vaikutus. Puolukan lehdillä on joitain tulehduslääkkeitä voimistava vaikutus. Ne vähentävät veren virtsahappopitoisuutta. Puolukan lehtien on todettu myös helpottavan reumaattisia oireita ja esimerkiksi Venäjällä puolukanlehtiteetä käytetään reuma- ja kihtisairauksien hoidossa. (Sankelo & Siivari 2003, 82–85; Piippo 2010, 133–137.)

Puolukan marjat edistävät sapen, maksan ja vatsan toimintaa, edistävät suoliston terveyttä sekä hivenaineiden ja raudan imeytymistä. Puolukassa on suuri flavonoidi- ja lignaanipitoisuus. Lignaanit ovat fenolisia kasviestrogeeneja, joilla on esimerkiksi hormoniperäisiä syöpiä ehkäisevä vaikutus. Flavonoideilla on antimikrobinen vaikutus, jolloin ne estävät tulehduksia ja alentavat verenpainetta. (Sankelo & Siivari 2003, 82–85; Riihinen 2005, 36; Piippo 2010, 133–137.)

Puolukka on tärkeä osa metsäekosysteemiä ja ravintoketjua. Puolukkaa hyödyntävät ravintonaan monet nisäkkäät ja linnut. Puolukka elää symbioosissa mykorrhizasienien kanssa. Mykorrhizalla on merkittävä osuus puolukan ravinteidenotossa. Puolukan kannalta tärkeimmät pölyttäjät ovat kimalaiset ja mehiläiset. Pölytyksellä on suuri merkitys sadon onnistumisessa. Kylmät ja tuuliset säät puolukan kukinta-aikana heikentävät pölytyksen onnistumista ja alentavat sadon onnistumisen mahdollisuutta. (Rahko 2003; Salo 2015, 121; Tuominen 2018, 27–28; Biopop 2020.)

Puolukka käyttää fenolisia yhdisteitä estääkseen samalle kasvupaikalle muodostuvien rikkakasvien syntyä. Tätä ilmiötä kutsutaan allelopatiaksi. Allelopatialla kasvi vaikuttaa kilpaileviin kasveihin pyrkien häiritsemään niiden kasvua ja kehitystä. Jotkin allelokemikaalit vaikuttavat kilpailevien lajien ravinteiden saatavuuteen. Allelopatiaa hyödyntävät myös muut metsämaalla kasvavat kanervakasvit. (Laitinen 1994, 7; Rahko 2003.)

### 3 HALLA

#### 3.1 Määritelmä

Usein yöpakkasen ja halla sekoittuvat puhekielessä keskenään. Tämän tutkimuksen kannalta onkin tärkeää erottaa nämä kaksi termiä toisistaan. Tärkein ero hallan ja yöpakkasen määrittelyn välillä on, miltä korkeudelta lämpötila mitataan.

Halla tarkoittaa sitä, että kasvukaudella lämpötila on maanpinnan tasolla nollan alapuolella. Ankarasta hallasta puhutaan silloin, kun kasvukaudella lämpötila on maanpinnan tasolla -4 asteen alapuolella. Kasvukausi määritellään siten, että vuorokauden keskilämpötila on yli viisi astetta. Yöpakkasella tarkoitetaan sitä, että kahden metrin korkeudella oleva ilman lämpötila laskee nollan alapuolelle. (Paasonen 2001, 30–31; Hartonen 2008, 53; Jokela 2014.)

#### 3.2 Vaikutukset

Ympäristöstressit, kuten kuumuus, kylmyys ja kuivuus, heikentävät kasvien yhteyttämiskykyä ja näin ollen heikentävät satoa. Hallan aiheuttamat vauriot kasvin yhteyttämiskoneistossa voivat levitessään aiheuttaa peruuttamattomia vahinkoja kasviin, jos kasvi ei pysty korjaamaan vaurioita ajoissa. Hallan vaikutuksia on tutkittu esimerkiksi puihin, perunaan, rapsiin ja rypsiin. Ankaralla hallalla keskeytetään rapsin ja rypsin siementen tuleentumisen, jolloin sadon lehtivihreäpitoisuus ei enää laske. Tämä alentaa siementen käyttölaatua. Perunalla hallavauriot heikentävät yhteyttämiskykyä. (Seppänen & Perälä 1999, 2; Perunantutkimuslaitos 2020; Vilja-alan yhteistyöryhmä 2020.)

Puiden taimiin halla vaikuttaa esimerkiksi hidastaen kehitystä tai jopa estäen sen. Hallavauriot myös heikentävät puun yhteyttämiskykyä. Keväthalla aiheuttaa kuusella uusien kasvaimien paleltumista. Kasvain paleltuu, jos lämpötila laskee alle -3°C:een. Männyllä kasvaimet kestävät keväällä kolme astetta ankaramman hallan kuuseen verrattuna. Toistuvat hallavauriot pilaavat kuusen puuaineksen laadun lisäämällä monilatvaisuutta, oksikkuutta ja poikaoksia. (Uotila, Kasanen & Heliövaara 2015, 189.)

Mänty on kuusta alttiimpi syyshallan aiheuttamille hallavaurioille. Pakkaset voivat aiheuttaa uusien vuosikasvainten tyviosan neulasten kellastumista sekä versojen nilan vioittumista. Taimitarhoilla heikon talveentumisen takia syksyn pakkaset voivat aiheuttaa kuusille latvakasvainten kuolemista. Koivulla tuhot esiintyvät yleensä hallanaroilla, koivulle sopimattomilla kasvupaikoilla. Vahingot esiintyvät taimien latvakasvainten paleltumisena. Taimitarhoilla koivun taimet ovat toisinaan kärsineet isoa vahinkoa syyspakkasten vuoksi. (Uotila ym. 2015, 190.)

## 4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Kokeiden tarkoituksena oli selvittää, onko hallalla mahdollisesti vaikutuksia puolukan kukintaan ja sitä kautta marjojen kehitykseen. Kokeissa hallaa simuloitiin erikseen koetta varten rakennetuilla laitteilla. Kylmäkokeissa käytettiin eri lämpötiloja ja käsittelyaikoja, joiden avulla haluttiin selvittää, onko ajalla tai lämpötilalla vaikutusta mahdollisten vahinkojen suuruuteen. Kokeissa tutkittavia asioita olivat esimerkiksi raakileiden ja kypsien marjojen määrä suhteessa kukkiin, mahdolliset väri- tai kehitysvirheet ja pakkasvauriot.

### 4.1 Kylmälaitteet

Kokeissa käytettiin kolmea kylmälaitetta (Kuvio 8). Laitteet valmistettiin niin, että polyuretaanilevystä tehtiin 1000 x 1000 x 1000 millimetrin kokoiset laatikot, joiden pohja jäi avoimeksi ja päälle tuli kaksi pientä aukkoa. Jokaisen laatikon päällä olevien aukkojen päälle asetettiin kaksi pakastearkkua, joista oli poistettu pohja. Näin pakastearkkujen kylmä ilma pääsi laatikoiden sisälle. Virtaa pakastearkkuihin saatiin aggregaatin avulla. Kylmälaatikot ja muut kokeissa käytetyt oheislaitteet saatiin Lapin ammattikorkeakoululta.



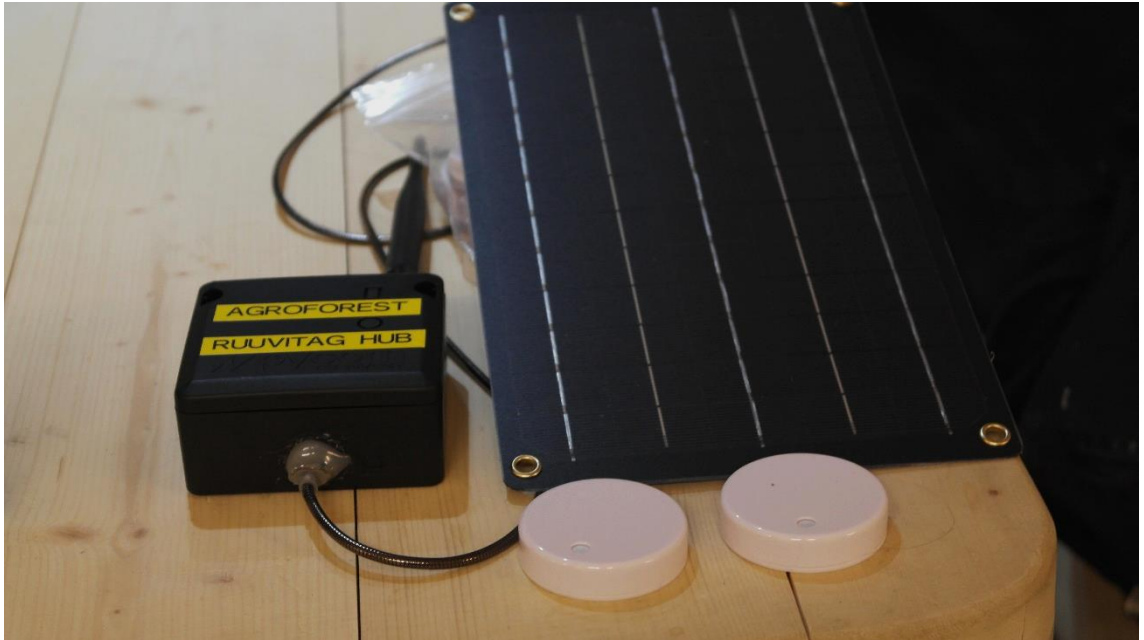
Kuvio 8. Kylmälaitteet ja aggregaatti

Kylmlaitteille asennettiin lämmönsäätölaitteisto, jolla lämpötila saatiin jokaisessa laatikossa pysymään halutulla tasolla (Kuvio 9). Jokaiseen laatikkoon asettiin anturi, joka oli ohjelmoitu joko käynnistämään tai sammuttamaan pakastuksen, jotta lämpötila pysyi halutulla tasolla. T1-anturi oli tarkoitettu  $-5^{\circ}\text{C}$ :een hallakokeelle, ja se oli säädetty niin, että lämpötilan vaihteluväli oli  $-4,5^{\circ}\text{C}$ – $-5,5^{\circ}\text{C}$ . Anturi siis kytki pakastuksen pois, kun lämpötila laski  $-5,5^{\circ}\text{C}$ :seen, ja kytki sen uudestaan päälle, kun lämpötila oli laatikossa  $-4,5^{\circ}\text{C}$ . T2-anturi oli tarkoitettu  $-3^{\circ}\text{C}$ :een hallakokeelle, jossa vaihteluväli oli  $-2,5^{\circ}\text{C}$ – $-3,5^{\circ}\text{C}$ , ja T3-anturi oli  $0^{\circ}\text{C}$ :een hallakokeelle, jossa vaihteluväli oli  $+0,5^{\circ}\text{C}$ – $-0,5^{\circ}\text{C}$ .



Kuvio 9. Lämmönsäätölaitteisto

Lämpötilan seurantaan käytettiin Ruuvitag-antureita, joita laitettiin jokaisen laatikon sisälle kolme kappaletta seuraamaan laatikoiden lämpötiloja sekä yksi jokaisen laatikon ulkopuolelle seuraamaan ulkoilman lämpötilaa. Antureista kerättiin tiedot reaaliaikaisesti tiedonkeruuyksikön avulla, joka tallensi tiedot suoraan pilvipalveluun (Kuvio 10).



Kuvio 10. Kaksi Ruuvitag-anturia (etualalla) sekä tiedonkeruuyksikkö

Kokeiden aikana lämpötiloja oli myös mahdollista seurata Ruuvitag-puhelinsovelluksen avulla. Sovelluksen avulla Ruuvitag-anturit voitiin liittää Bluetoothin kautta puhelimeen ja näin seurata jokaista anturia erikseen.

#### 4.3 Koepaikka ja koealat

Kylmäkokeita varten koealuetta etsittiin aluksi ennakkokartoituksen avulla. Ennakkokartoituksessa käytettiin Forestkit-sovellusta. Rajauksia tehtiin niin, että koealueen tuli olla kasvupaikkatyyppiltään kuivahkoa kangasta, jossa puolukka on yleinen ja puuston kehitysluokaltaan nuorta tai varttunutta kasvatusmetsikköä. Lisäksi koealueen tuli olla helposti saavutettava, jotta sinne pääsi hyvin peräkärryn kanssa ja laitteita ei tarvitsisi kantaa pitkää matkaa.

Ennakkokartoituksen avulla Pöyliövaaran alueelta löytyi kriteereihin sopivia kohteita, jotka tuli käydä vielä maastossa paikan päällä tarkistamassa. Maastokäynnin jälkeen koealueeksi valikoitui jo ennakkokartoituksessakin potentiaalisesti osoittautunut, kuivahkon kankaan (EVT, Empetrum-Vaccinium-tyyppi) varttunut kasvatusmetsä (Hotanen ym. 2013, 143) (Kuvio 11). Koealue oli osittain kuvionumeron 380, osittain 381:n alueella (Liite 6).



Kuvio 11. Yleiskuva koealueesta

Koealueelle perustettiin yhteensä 15 neliön kokoista koeruutua (Kuvio 12). Koeruudut aseteltiin alueelle sattumanvaraisesti kolmen ryhmiin. Ruudut mitattiin ja merkittiin puisilla nurkkakepeillä sekä nimettiin. Koeruutujen reunoihin laitettiin rahkasammalta, jotta kylmä ilma ei pääse karkaamaan laatikon alareunasta.



Kuvio 12. A2-koeruutu

Koeruudun nimessä oleva kirjain kertoo ruudun käsittelyajan pituuden. A-ruuduissa (Liite 1) käsittelyaika oli 10 tuntia, B-ruuduissa (Liite 2) yhden tunnin, C-ruuduissa (Liite 3) 3 tuntia, D-ruuduissa (Liite 4) 5 tuntia. E-ruudut (Liite 5) ovat kontrolliruutuja, joihin hallakäsittelyä ei tehty. Jokaista käsittelyaikaa kohden oli kolme ruutua, jotka käsiteltiin eri lämpötiloilla, eli 0°C:lla, -3°C:lla tai -5°C:lla (Taulukko 1).

Taulukko 1. Koeruutujen käsittelylämpötilat ja -kestot

RUUTU	LÄMPÖTILA	KESTO (h)
A1	0	10
A2	-3	10
A3	-5	10
B1	-5	1
B2	-3	1
B3	0	1
C1	-5	3
C2	-3	3
C3	0	3
D1	-5	5
D2	-3	5
D3	0	5
E1	KONTROLLI	KONTROLLI
E2	KONTROLLI	KONTROLLI
E3	KONTROLLI	KONTROLLI

#### 4.4 Kokeiden toteutus

Ennen varsinaisia kokeita puolukalle, kylmälaitteita testattiin Hirvaalla mustikkakasvustolle. Ennakkotestauksissa selvisi, etteivät laatikot jaksaneet päiväsaikaan jäähtyä lämpimällä ja aurinkoisella säällä haluttuihin lämpötiloihin. Lämpötilat laatioissa saatiin alas vasta illan ja yön aikana, kun ulkoilman lämpötila viileni. Testauksen aikana päivän lämpötila oli yli 20°C ja sää oli hyvin aurinkoinen. Kuviossa 13 näkyvä ulkoilman lämpötilaa kuvastava käyrä hieman vääristää lämpötilaa, sillä Ruuvitag-anturi oli koko ajan suorassa auringonpaisteessa (Kuvio 13).

Aggregaatin bensaäiliön koko oli toinen ongelma, joka tuli testauksen aikana esille. Testauksen aikana huomattiin, ettei bensa riitä kymmenen tunnin koetta varten täysin, vaan aggregaattia oli välillä tankattava. Tämän ajaksi aggregaatti ja kylmälaitteet oli sammutettava. Tankkaus aiheutti aina pienen lämpöpiikin laatioissa (Kuvio 13). Tämän ei ajateltu kuitenkaan häiritsevän koetta niin merkittävästi, että aggregaattiin olisi tehty muutoksia.

Testausvaiheessa huomattiin myös ongelmaksi se, että laatikot jäähtyivät liian kylmiksi, eikä lämpötiloja voitu säätää. Tämän jälkeen laatikoille asennettiin lämmönsäätöjärjestelmä, jonka avulla lämpötilat saatiin pidettyä halutuissa lukemissa.

Seurantakuvaajassa punainen käyrä kuvastaa ulkoilman lämpötilaa, muut kylmälaatikoiden lämpötiloja. Ennen klo 22:ta näkyvä lämpöpiikki johtuu aggregaatin tankkaamisesta, klo 3:n jälkeen bensa on loppunut, jonka vuoksi lämpötila on lähtenyt nousemaan (Kuvio 13).



Kuvio 13. Mustikan testitulokset

Ennakkokartoitus ja koepaikan valinta suoritettiin kesäkuussa 2020, jonka jälkeen 22.6.2020 koeruudut perustettiin koalueen puolukkakasvustoon. Koeruutujen perustamisen yhteydessä kaikista ruuduista laskettiin puolukankukat.

Kokeet tehtiin kesäkuussa 2020 juhannuksen jälkeisellä viikolla. Laitteet vietiin koepaikalle keskiviikkona päiväsaikaan. Ensimmäinen koe suoritettiin keskiviikon 24.6.2020 ja torstain 25.6.2020 välisenä yönä. Kyseessä oli A-koeruuduille tehtävä kymmenen tunnin hallakoe. Viikko oli hyvin aurinkoinen ja lämmin, joten kokeet jouduttiin tästä syystä tekemään yöaikaan, jolloin ilman lämpötila oli viileämpi.

Torstain 25.6.2020 ja perjantain 26.6.2020 välisenä yönä oli tarkoitus tehdä yhden, kolmen ja viiden tunnin kokeet, mutta aggregaatissa ilmenneiden ongelmien vuoksi vain tunnin hallakoe saatiin suoritettua. Aggregaatti tuotiin maastosta pois koululle perjantaiamuna ja saman päivän aikana ongelma oli saatu korjattua. Kokeita päästiin jatkamaan perjantain 26.6.2020 ja lauantain 27.6.2020 välisenä yönä, jolloin sekä kolmen että viiden tunnin kokeet saatiin suoritettua. Lauantaina hallakokeissa käytetyt laitteet tuotiin pois maastosta. Jokaisen kokeen jälkeen koeruudut tarkasteltiin silmämääräisesti mahdollisten vaurioiden varalta.

Elokuun alussa testiruuduista laskettiin raakileet. Samalla ruutujen yleiskunto tarkastettiin. Syyskuussa marjojen kypsyttyä marjat laskettiin kaikista ruuduista ja kerättiin punnitusta varten. Ruutujen kunto tarkastettiin myös tällöin.

## 5 TULOKSET

### 5.1 Tulosten esittäminen

Kaikista ruuduista koottiin tiedot taulukkoon. Taulukkoon merkittiin kaikkien ruutujen kukkien, raakileiden ja kypsien marjojen lukumäärät sekä kypsien marjojen painot. Anturi kuvastaa käytettyä lämmönsäätölaitteistoa ja kokeessa käytettyä käsittelylämpötilaa (Taulukko 2).

Taulukko 2. Koeruutujen tiedot

RUUTU	ANTURI (°C)	KESTO (h)	KUKAT	RAAKILEET	KYPSÄT	PAINO (g)
A1	T3 (0)	10	264	81	59	13
A2	T2 (-3)	10	247	17	13	1
A3	T1 (-5)	10	183	7	7	1
B1	T1 (-5)	1	57	28	32	5
B2	T2 (-3)	1	97	51	28	5
B3	T3 (0)	1	42	4	12	2
C1	T1 (-5)	3	86	0	0	0
C2	T2 (-3)	3	23	1	4	0,5
C3	T3 (0)	3	87	9	11	1
D1	T1 (-5)	5	77	5	5	1
D2	T2 (-3)	5	102	15	16	2
D3	T3 (0)	5	140	40	31	6
E1	KONTROLLI	KONTROLLI	92	18	18	5
E2	KONTROLLI	KONTROLLI	75	39	37	8
E3	KONTROLLI	KONTROLLI	119	29	52	13

Tulosten laatimiseksi, jokaisen ruudun raakileiden ja kypsien marjojen määrää verrattiin saman ruudun kukkien määrään. Seuraavassa taulukossa osuudet on muutettu suhteellisiksi osuuksiksi (Taulukko 3). Raakileiden ja kypsien marjojen osuus kukkien määrästä on saatu jakamalla raakileet kukkien määrällä ja kypsät marjat kukkien määrällä. Yksittäisen marjan paino on saatu jokaisen ruudun kohdalla jakamalla kypsien marjojen paino kypsien marjojen määrällä.

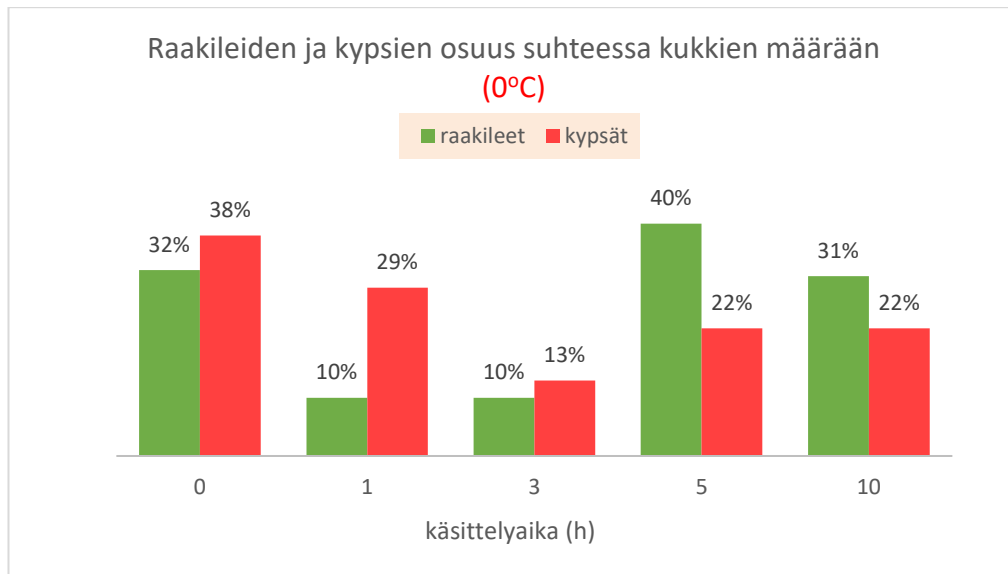
Taulukko 3. Suhteelliset osuudet ja yksittäisten marjojen painot

RUUTU	KESTO (h)	KUKAT	RAAKILEET	KYPSÄT	PAINO (g)
A1	10	100 %	31 %	22 %	0,22
A2	10	100 %	7 %	5 %	0,08
A3	10	100 %	4 %	4 %	0,14
B1	1	100 %	49 %	56 %	0,16
B2	1	100 %	53 %	29 %	0,18
B3	1	100 %	10 %	29 %	0,17
C1	3	100 %	0 %	0 %	0
C2	3	100 %	4 %	17 %	0,13
C3	3	100 %	10 %	13 %	0,09
D1	5	100 %	6 %	6 %	0,20
D2	5	100 %	15 %	16 %	0,13
D3	5	100 %	29 %	22 %	0,19
E1	KONTROLLI	100 %	20 %	20 %	0,28
E2	KONTROLLI	100 %	52 %	49 %	0,22
E3	KONTROLLI	100 %	24 %	44 %	0,25

## 5.2 Tulosten vertailu

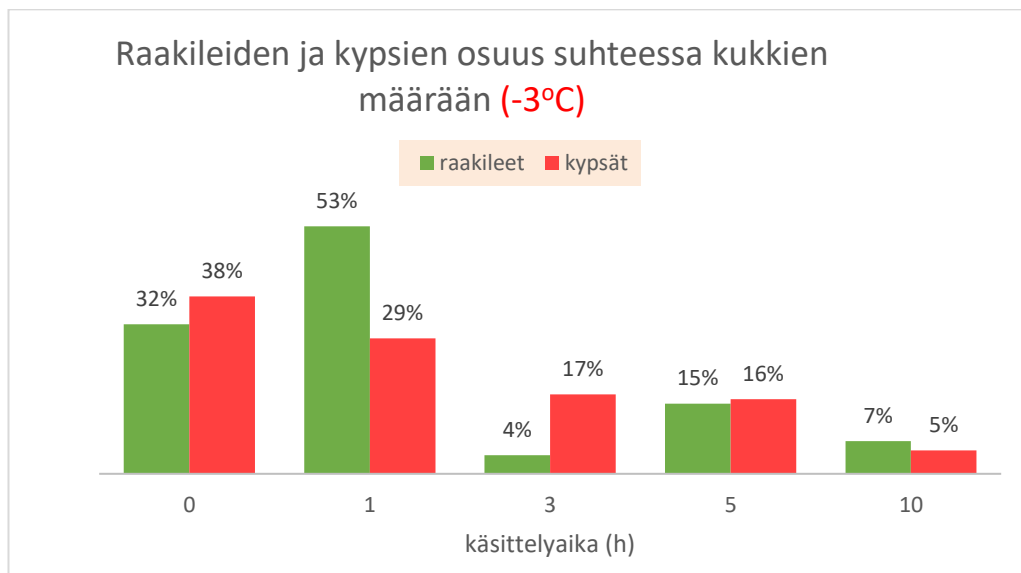
Seuraavissa kuvioissa vertaillaan ruutuja käsittelylämpötilojen mukaan. Ensimmäinen kuvio näyttää 0°C:ssa tehdyn kokeen tulokset, eli raakileiden ja kypsien marjojen osuudet suhteessa kukkien määrään (Kuvio 14). Kuviossa 0 tarkoittaa kontrolliruutuja, joille ei ole tehty käsittelyä. Kontrolliruutujen raakileiden ja kypsien marjojen määrä esitetään kaikissa kuvaajissa keskiarvoina, jossa raakileiden määrä on saatu laskemalla 20 %, 52 % ja 24 % yhteen ja jakamalla tulos kolmella, ja kypsien marjojen määrä laskemalla 20 %, 49 % ja 44 % yhteen ja jakamalla kolmella. Näin ollen kontrolliruutujen raakileiden keskiarvollinen osuus on 32 prosenttia ja kypsien marjojen 38 prosenttia.

Ruutujen tuloksissa ei näy suuria eroavaisuuksia 0°C:ssa tehdyissä kokeissa, lukuun ottamatta kolmen tunnin käsittelyn saaneet ruudut, joissa tulokset olivat jokaisen käsittelylämpötilan kohdalla huonoimmat (Kuvio 14). Tämä saattoi johtua siitä, että C-ruuduissa varvusto oli muita ruutuja harvempaa, jolloin hallan purevuus pääsi vaikuttamaan paremmin varpuihin.



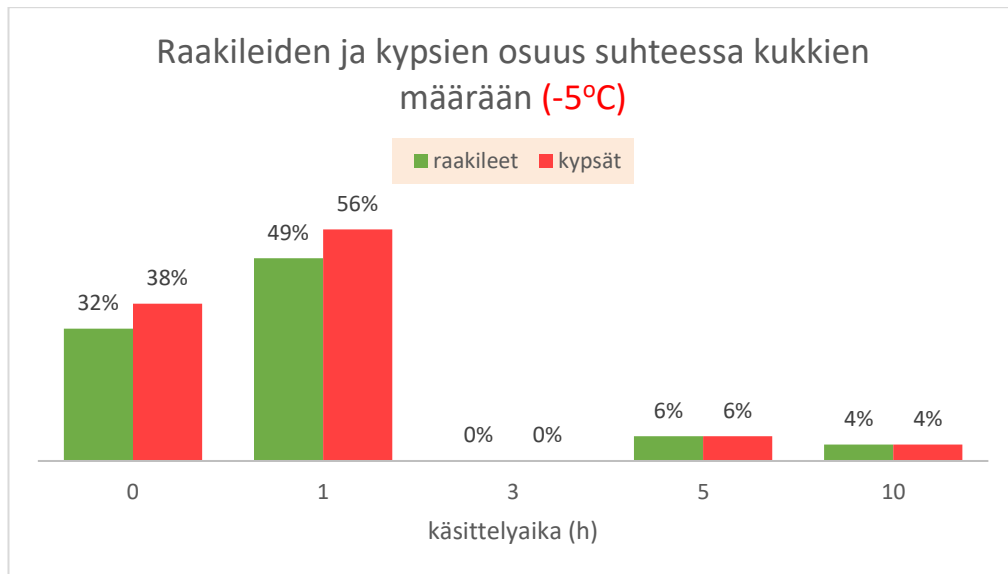
Kuvio 14. 0°C-ruutujen tulokset

Yhden tunnin käsittely ei vaikuttanut raakileiden ja kypsien marjojen määrään -3°C:ssa tehdyissä kokeissa, tulokset olivat jopa kontrolliruutujen keskiarvoja paremmat (Kuvio 15). Pidemmissä käsittelyissä halla oli vaikuttanut heikentävästi tuloksiin.



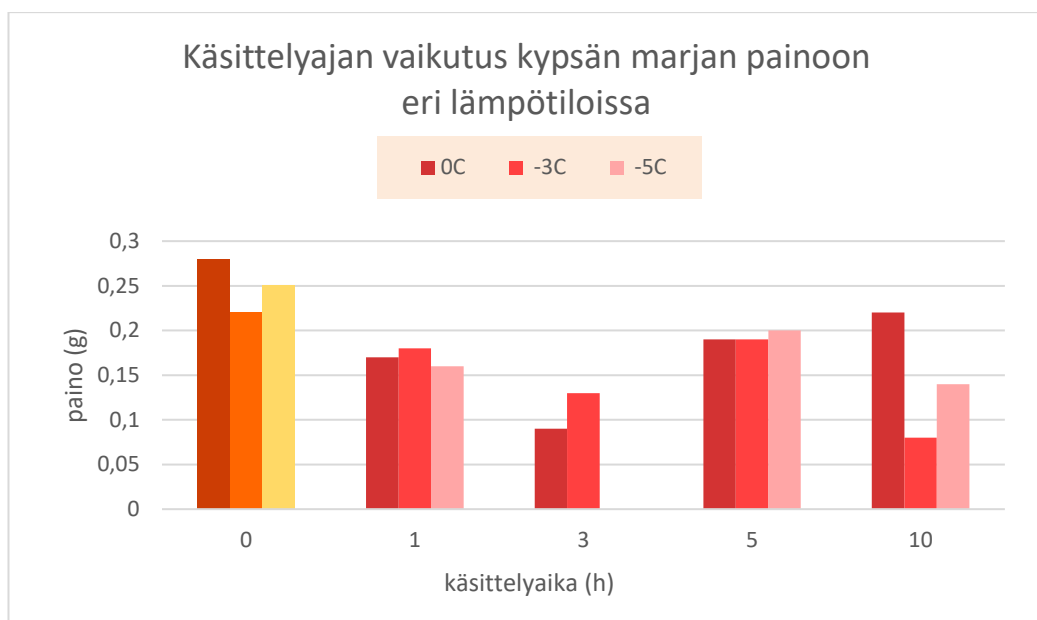
Kuvio 15. -3°C-ruutujen tulokset

Yhden tunnin käsittelyllä ei ole ollut heikentävää vaikutusta marjojen kehitykseen -5°C:ssa tehdyissä kokeissa. Kolmen, viiden ja kymmenen tunnin kokeissa halla on merkittävästi heikentänyt tuloksia (Kuvio 16).



Kuvio 16. -5°C-ruutujen tulokset

Marjojen painoja verratessa kontrolliruutujen marjat olivat selkeästi painavimpia. Seuraavassa kuviossa nähdään yksittäisten marjojen painot vertailtuna (Kuvio 17). Kuviossa 0 kuvaa kontrolliruutujen yksittäisten marjojen painoja.



Kuvio 17. Kypsien marjojen painot

### 5.3 Hallavauriot

Kontrolliruutujen kypsät marjat olivat myös silmämääräisesti tarkasteltuna suurempia kuin muissa ruuduissa, ja ne olivat tasalaatuisia (Kuvio 18). Kontrolliruutujen marjoissa ei ollut havaittavissa epäkehittyneitä yksilöitä.



Kuvio 18. Marjanäyte kontrolliruuduista

Hallakäsittelyä saaneissa ruuduissa oli paljon epäkehittyneitä marjoja, sekä vaurioituneita, huonokuntoisia yksilöitä (Kuvio 19). Yhden tunnin käsittelyn saaneissa ruuduissa vaurioita oli vähemmän kuin pidemmän käsittelyn saaneissa ruuduissa.



Kuvio 19. Marjanäyte hallakäsittelystä ruudusta

Hallakokeiden aikaan ruutujen kuntoa tarkasteltiin ja varvuissa olevia vaurioita tutkittiin silmämääräisesti. Useimmiten vauriot eivät olleet välittömästi kokeen jälkeen havaittavissa, vaan ne näkyivät parhaiten seuraavana päivänä. Kaikissa hallakäsitellyissä ruuduissa oli kokeiden aiheuttamia vaurioita, joista yhden tunnin käsittelyn saaneissa ruuduissa vähiten.

Hallakäsittely tappoi osan koeruutujen kukista. Kukat muuttuivat ruskeiksi ja ne näyttivät lakastuneilta. Tämänkaltaista vauriota esiintyi kaikissa hallakäsittelyä saaneissa ruuduissa (Kuvio 20).



Kuvio 20. Hallan tuhoamia kukkia

Koeruutujen varvuissa oli havaittavissa värivirheitä hallakokeiden jälkeen. Tämä esiintyi usein lehtien tummumisena. Lehtien väri saattoi muuttua kokonaan tai osittain (Kuvio 21). Osassa koeruutujen varvuissa lehdet myös kellastuivat tai muuttuivat harmaiksi. Värimuutoksia esiintyi kaikissa hallakäsitellyissä ruuduissa, mutta suurimmat vauriot olivat kolmen tunnin käsittelyn saaneissa ruuduissa, joissa varvusto oli muita koeruutuja harvempaa.



Kuvio 21. Puolukan lehdissä näkyviä vaurioita

Vahingot saattoivat esiintyä samassa varvussa yhdessä tai erikseen. Osa varvuista näytti käsittelyjen jälkeen normaaleilta, mutta kukat olivat kuolleet, osassa oli havaittavissa vakavia värivirheitä lehdissä, mutta kukat olivat säilyneet elossa (Kuvio 22).



Kuvio 22. Hallavaurioinen varpu

Kaikissa ruuduissa hallavauriot olivat keskittyneet pääosin ruudun keskiosaan, jossa laatikoiden kylmää ilmaa puhaltavat aukot olivat olleet. Reunoissa oli vähemmän vaurioita (Kuvio 23).



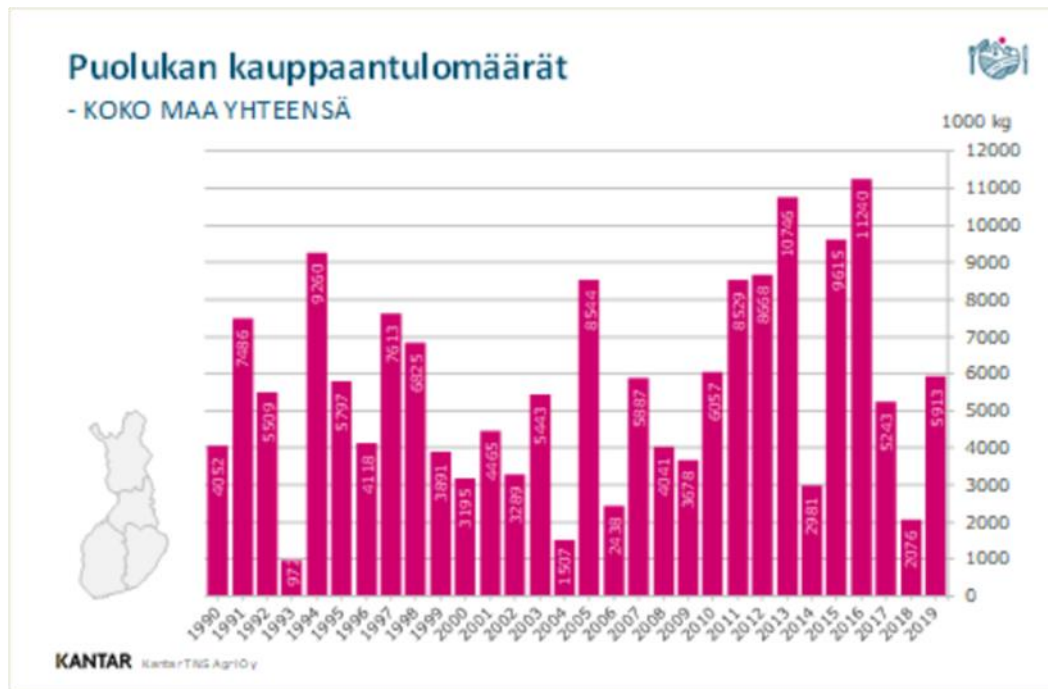
Kuvio 23. Yleiskuva vaurioituneesta koeruudusta

#### 5.4 Johtopäätökset

Puolukan hallanarkuudesta ei löydy aiempaa tutkimusaineistoa, jota tässä tutkimuksessa olisi voinut hyödyntää. Havainnot hallan vaikutuksesta puolukkaan perustuvat näistä kokeista saatuihin tuloksiin. Puolukan kukinta sijoittuu kesällä sellaiseen aikaan, jolloin hallaa harvemmin esiintyy.

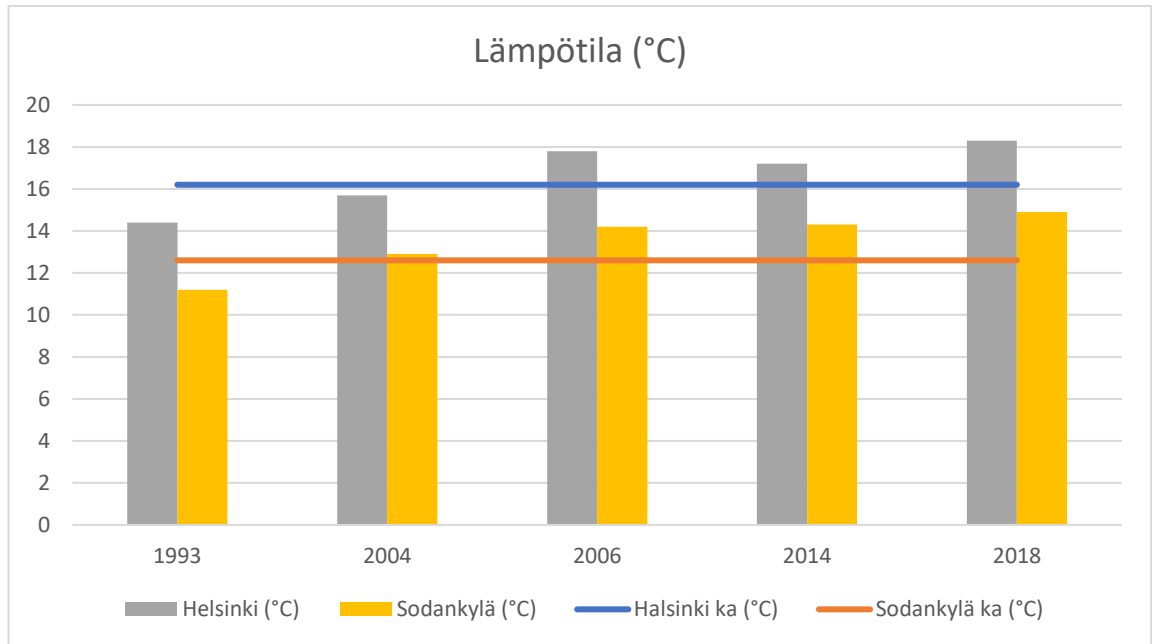
Kokeiden perusteella hallalla oli selkeä vaikutus puolukan kukintaan ja marjojen kehitykseen. Pidempijaksoinen halla-altistus teki suurempaa vahinkoa kuin lyhyt. Harvemmassa varvustossa tuhot olivat suurempia. Kukinta-aikaan tapahtuva halla vaikutti myös tulevien marjojen kokoon. Tässä ei ollut selkeästi havaittavissa lämpötilan tai käsittelyajan vaikutuksen eroja.

Puolukan kauppantulomääriä vuosina 1990–2019 tarkastellessa huonoimmat vuodet olivat 1993, 2004, 2006, 2014 sekä 2018. Puolukan kauppantulomäärät jäivät noina vuosina huomattavasti alle keskiarvon (Kuvio 24). Luonnonmarjojen ja -sienten kauppantulomäärät ilmoitetaan vuosittain Ruokaviraston laatimassa Marsi-raportissa. (Ruokavirasto 2019, 20.)



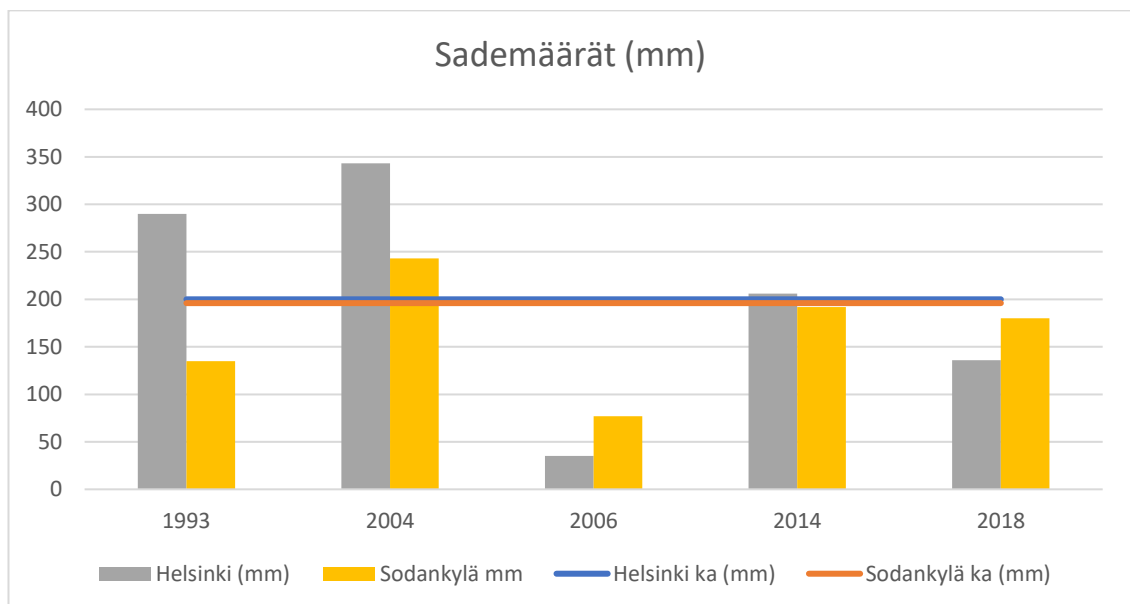
Kuvio 24. Puolukan kauppantulomäärät 1990–2019 (Ruokavirasto 2019, 20)

Ilmatieteen laitoksen kesäsään tilastoissa ei huonojen puolukkavuosien kohdalla näkynyt merkittäviä poikkeamia, jotka suoraan selittäisivät erityisen huonot sadot. Tilastoja tarkastellessa, vuonna 1994 kesän lämpötilat jäivät keskiarvoa alhaisemmaksi. Vuosina 2006, 2014 sekä 2018, lämpötilat olivat taas tilastollista keskiarvoa korkeammat. Tarkasteltavat kaupungit ovat Helsinki ja Sodankylä (Kuvio 25). (Ilmatieteen laitos 2020.)



Kuvio 25. Helsingin ja Sodankylän kesien lämpötiloja (mukaillen Ilmatieteen laitos 2020)

Sademäärissä selkeitä poikkeamia oli havaittavissa vuosina 1993, 2004 ja 2006. Vuonna 1993 Helsingissä kesän keskiarvoinen sademäärä ylittyi reilusti, kun taas Sodankylässä se alittui. Vuonna 2004 sademäärät ylittivät keskiarvon ja vuoden 2006 kesän sademäärät alittivat sen (Kuvio 26). (Ilmatieteen laitos 2020.)



Kuvio 26. Helsingin ja Sodankylän kesien sademääriä (mukaillen Ilmatieteen laitos 2020)

Näistä tilastoista ei voi täysin selkeitä johtopäätöksiä tehdä lämpötilan tai sademäärän vaikutuksesta puolukkasatoihin. Kuitenkin tarkastellessa parhaita puolukkavuosia kauppantulomäärien perusteella, lämpötilat olivat lähempänä tilastollisia keskiarvoja kuin huonoina vuosina. Sademäärissä ei ollut myöskään aivan niin suuria poikkeamia keskiarvoon verrattuna kuin huonojen puolukkavuosien sademäärissä.

## 6 POHDINTA

Tutkimuksessa kävi selkeästi ilmi, että hallalla on merkittävä vaikutus puolukan marjankehitykseen. Puolukan varvustoon syntyi vahinkoja jo lyhytaikaisestakin altistuksesta. Pidempiaikainen altistus kasvatti vahinkojen määrää ja heikensi marjasatoa merkittävästi. Kokeet olivat kaiken kaikkiaan onnistuneet, sillä selkeitä tuloksia saatiin.

Hallakokeiden luotettavuutta alentaa se, että jokaista lämpötila- ja käsittelyaikayhdistelmää kohden tehtiin vain yksi koe. Näin ollen ei voitu vertailla samanaisten kokeiden tuloksia keskenään. Kokeisiin käytettäviä kylmälaitteita oli vain kolme ja kukinta-aika rajallinen, joten näissä puitteissa ei kokeita voitu jatkaa ja ottaa mukaan lisää verrokkiruutuja. Tutkimuksen suppeudesta huolimatta tuloksista voitiin päätellä, että halla vaikuttaa puolukan marjankehitykseen heikentävästi.

Pidempiaikaisten vaikutuksien seuraamiseen koeruudut olisi hyvä inventoida myös tulevina kesinä, jolloin voisi selvittää vaikuttavatko tehdyt hallakokeet myös seuraaviin satoihin. Samalla ruutujen vahinkotilanteen voisi tarkastaa ja katsoa, ovatko varvut toipuneet hallakäsittelystä. Uusia kokeita olisi hyvä tehdä myös erilaisissa kasvupaikoissa, jolloin voisi selvittää, onko kasvupaikalla vaikutusta hallankestävyyteen.

Agroforestry in Barents Region -hankkeen päätavoite on metsien monikäytön korostaminen Barentsin alueella, johon myös metsämarjojen viljely kuuluu (Agroforestry in Barents Region 2018). Puolukan kaupallista viljelyä ei vielä harjoiteta Suomessa, sillä Suomessa tuotanto perustuu luonnosta kerättävään satoon. Pohjois-Amerikassa kaupallinen viljely on intensiivistä peltoviljelyä. Puolukka on suhteellisen helppo viljellä ja viljelyllä voidaan saavuttaa moninkertainen tuottavuus luonnosta kerättyyn satoon verrattuna. (Torikka 2013.) Tuotannolliselta kannalta tarkasteltuna hallan vaikutusten tiedostaminen ja riskinarviointi on merkittävä osa esimerkiksi tulevan sadon ennustamisen kannalta. Mikäli tuotantoa ha-

lutaan kehittää tulevaisuudessa viljelyn kautta ja selvittää esimerkiksi eri puolukkalajikkeiden hallankestävyyttä, tämänkaltaisten tutkimusten tekeminen on tärkeää.

Hanketyöskentely ja tutkimuksen tekeminen ovat mahdollistaneet tutustumisen moniammatillisessa työryhmässä toimimiseen. Työ on kehittänyt organisointikykyä ja itsensä johtamisen taitoja ja näin ollen antanut valmiuksia ammatillisen osaamisen kehitykseen. Tutkimuksen tekeminen on ollut mielenkiintoista ja antoisaa ja opettanut verkostoitumista ja vuorovaikutustaitoja. Tutkimustyö avaa ovia jatkotutkimuksille ja tutkimuksesta saatuja tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa, jos puolukan hallankestävyyttä ja hallan pidempiaikaisia vaikutuksia halutaan tutkia lisää.

## LÄHTEET

Agroforestry in Barents Region 2018. Hankesuunnitelma.

Arktiset Aromit ry 2005. Terveelliset Luonnonmarjat. Kalevaprint Oy.

Biopop 2020. Sisäsienijuuret. Viitattu 20.11.2020 <https://blogs.helsinki.fi/biopop-keskus/materiaalit/mykorritsat-eli-sienijuuret/sisasienijuuret/>.

Hartonen, S. 2008. Sää ympäri vuoden. Helsinki: Kirjapaja.

Havenith, C. 2016. Marjat. Puutarhan ja metsän herkut. Puola: Ullman Publishing.

Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Mäkipää, R., Reinikainen, A. & Tonteri, T. 2013. Metsätyypit – opas kasvupaikkojen luokitteluun. Porvoo: Metsäkustannus Oy.

Ilmatieteen laitos 2020. Kesäsään tilastoja. Viitattu 19.11.2020 <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kesatilastot>.

IOS Press Content Library 2019. Review of botanical characterization, growth preferences, climatic adaptation and human health effects of Ericaceae and Empetraceae wild dwarf shrub berries in boreal, alpine and arctic areas. Viitattu 27.11.2020 <https://content.iospress.com/articles/journal-of-berry-research/jbr190390>.

Jokela, A. 2014. Mitä on halla? Viitattu 13.11.2020 <https://blogi.foreca.fi/2014/06/mita-on-halla/>.

Laitinen, P. 1994. Allelopatia – kasvien ja muiden eliöiden biokemiallinen vuoro vaikutus. Viitattu 12.11.2020 [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/443027/maatut14\\_94.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/443027/maatut14_94.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Lapin ammattikorkeakoulu 2020. LUC strategia 2030. Viitattu 9.12.2020 <https://www.lapinamk.fi/fi/Esittely/LUC-strategia>

Lindqvist-Niemelä, A. 2006. Elämän eliksiirit. Arktiset marjat & yrtit terveytesi ylläpitoon. Fuente Verde.

Luontoportti 2020. Puolukka. Viitattu 10.11.2020 <http://www.luontoportti.com/suomi/fi/kukkakasvit/puolukka>.

Opetushallitus 2020. Ekosysteemipalvelut. Viitattu 14.11.2020 <https://www.oph.fi/fi/oppimateriaali/luovasti-luonnonvaroista/suomen-luonnonvarat/ekosysteemipalvelut>.

Paasonen, S. 2001. Sää. Helsinki: WSOY.

Perunantutkimuslaitos 2020. Keväthalla. Viitattu 21.11.2020 <https://petla.fi/viljelyohjeet/kevathalla/>.

Piippo, S. 2010. Suomalaiset marjat. Kaikki metsän ja puutarhan lajit. Helsinki: Minerva.

Rahko, P. 2003. Puolukka torjuu rikkakasvit fenoleilla. Kaleva 19.5.2003. Viitattu 23.11.2020 <https://www.kaleva.fi/puolukka-torjuu-rikkakasvit-fenoleilla/2077713>.

Riihinen, K. 2005. Phenolic Compunds in Berries. Kuopion yliopisto. Luonnontieteet ja ympäristötieteet. Väitöskirja.

Ruokavirasto 2019. Marsi 2019. Luonnonmarjojen ja -sienten kauppaantulo-määrät vuonna 2019. <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/marsi-2019-raportti.pdf>.

Salo, K. 2015. Metsä: Monikäyttö ja ekosysteemipalvelut. Luonnonvarakeskus.

Sankelo, T. & Siivari, J. 2003. Bioteollisuuteen soveltuvia Lapin erikoiskasveja. Hanke – Luonnosta teolliseen tuotantoon. Kirjallisuus ja tietokantakatsaus. MTT-Rovaniemen tutkimusasema.

Seppänen, M. & Perälä, S. 1999. Hallavauriot heikentävät perunan yhteyttämiskykyä. Viitattu 23.11.2020 <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/446583/mtt-kjak-v56n6s02b.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Torikka, R. 2013. Tutkija: Puolukan viljely on helppoa ja tuottaa hurjia tuloksia. Viitattu 27.11.2020 <https://yle.fi/uutiset/3-6760804>

Tuominen, A. 2018. Puolukan hyönteispölytys ekosysteemipalveluna. Jyväskylän yliopisto. Ympäristötiede ja teknologia. Pro gradu -tutkielma. Viitattu 12.11.2020 <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/59071/URN%3aNBN%3afi%3ajyu-201808023708.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Uotila, A., Kasanen, R. & Heliövaara, K. 2015. Metsätuhot. Metsäkustannus.

Vilja-alan yhteistyöryhmä 2020. Hallan ja lämpöstressin ja kuivuuden vaikutus kasvustojen kehittymiseen. Viitattu 13.11.2020 <https://www.vyr.fi/rypsin-ja-rapsin-viljelyopas/miten-viljelen-kevatrapsia-ja-rapsia/halla-ja-lampostressi/>.

Väre, H. & Laine, J. 2016. Metsäkasvio. Metsäkustannus.

## LIITTEET

- Liite 1. A-koeruudut, valokuvia
- Liite 2. B-koeruudut, valokuvia
- Liite 3. C-koeruudut, valokuvia
- Liite 4. D-koeruudut, valokuvia
- Liite 5. E-koeruudut, valokuvia
- Liite 6. Kartta koepaikasta

Liite 1 1 (3)



Liite 1 2 (3)



Liite 1 3 (3)



Liite 2 1 (3)



Liite 2 2 (3)



Liite 2 3 (3)



Liite 3 1 (3)



Liite 3 2 (3)



Liite 3 3 (3)



Liite 4 1 (3)



Liite 4 2 (3)



Liite 4 3 (3)



Liite 5 1 (3)



Liite 5 2 (3)



Liite 5 3 (3)



## Liite 6

