



Uudistushakkualojen kulotusten ja säästöpuuryhmien polttojen kustannustehokkuuden vertailu

Antti Nurminen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021

Metsätalous

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalousinsinööri

NURMINEN, ANTTI:

Uudistushakkuualojen kulotusten ja säästöpuuryhmien polttojen
kustannustehokkuuden vertailu

Opinnäytetyö 43 sivua
Kuukausi 2021

Viime vuosisadan aikana metsäpalot ovat vähentyneet Suomessa merkittävästi, kuten myös hallittu tulen käyttö metsissä. Kulotuksien tavoitteet olivat ennen metsänhoidollisia. Kulotuksilla pyrittiin parantamaan metsän uudistumista. Nykyisin kulotuksilla on lähes aina myös luonnonhoidollinen tavoite. Uudistusalojen kulotuksien lisäksi nykyisin tehdään myös säästöpuuryhmien polttoja. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla uudistusalojen kulotuksilla ja säästöpuuryhmien poltoilla saatavia tuloksia ja niiden kustannustehokkuutta. Kustannustehokkuudella tarkoitetaan tässä työssä kulotuksella saatavan hiiltyneen puunpinnan määrää pinta-alana suhteutettuna kulotuksen kustannukseen. Tutkimus toteutettiin mittaamalla ja arvioimalla hiiltyneen puun määrä kolmella uudistusalan kulotuksella ja kolmella säästöpuuryhmän polttokohteella. Palaneen puunpinnan määrän arviointiin käytettiin tutkimusta varten kehitettyä arviointiasteikkoa.

Uudistushakkuualojen kulotuksilla saadaan tämän tutkimuksen mukaan huomattavasti enemmän palanutta puupintaa kuin säästöpuuryhmien poltoilla kustannustehokkuutta ajatellen. Uudistusalojen kulotuksilla hiiltynyttä puupintaa sai keskimäärin n. 1000 cm²/€, kun säästöpuuryhmän poltolla vastaava luku oli n. 400 cm²/€.

Tutkimuksen tuloksista ei voi kuitenkaan tehdä suuria johtopäätöksiä, koska tutkimuksen toteutuksessa ilmeni ongelmia, joiden vuoksi tulokset eivät ole tarkkoja. Tutkimuksen aineisto jäi liian pienikokoiseksi. Mittaustyössä ongelmaksi osoittautui säästöpuiden kuoren irtoaminen, joka hankaloitti mittaustyötä merkittäväällä tavalla johtaen epätarkkoihin tuloksiin. Tämä johti todennäköisesti palaneen rungonosan määrän aliarviointiin. Hiiltyneen puunosan pinta-ala laskettiin lieriön vaipan kaavalla. Säästöpuiden osalta ongelma oli siinä, että tämä kaava ei ota huomioon puun ohenemista johtaen siihen, että hiiltyneen osan pinta-ala on tuloksissa liian suuri. Kantojen osalta ongelma tässä kaavassa on se, että se ei ota huomioon juurenniskoja, jotka erityisesti järeiden kuusien kannoilla muodostivat merkittävän osan palaneesta puupinnasta. Tämä johti palaneen puunpinnan aliarviointiin kantojen palaneisuuden laskennassa.

Asiasanat: uudistushakkuualan kulotus, säästöpuuryhmän poltto, hiiltynyt puupinta, kustannus, kustannustehokkuus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme of Forestry

NURMINEN, ANTTI:

Comparison of Cost Effectiveness in Controlled Burning of Clear-cut Areas and Controlled Burning of Retention Tree Groups

Bachelor's thesis 43 pages
May 2021

Over the last century the amount of forest fires and controlled burnings has substantially decreased in Finland. The objective of controlled burnings used to be the improvement of regeneration in clear-cut sites. Nowadays controlled burnings have also another goal, increasing diversity. In addition to controlled burning in clear-cut areas, controlled burning of only the retention tree groups in clear-cut sites is an option. The objective of this study was to compare the cost effectiveness of these two types of controlled burning. In this study cost effectiveness refers to the amount of charred wood created in controlled burning compared to average cost of the type of controlled burning that was used. The study was implemented by measuring and estimating the amount of charred wood in six areas where controlled burning had been used, three of which were clear-cut sites and three were retention tree groups in clear-cut sites.

The results of this study propose that the cost effectiveness of controlled burning in clear-cut sites is substantially better than controlled burning of retention tree groups. In controlled burning of clear-cut sites, the amount of charred wood created was approximately 1000 cm²/€. In controlled burning of retention tree groups, the amount of charred wood created was approximately 400 cm²/€.

However, the results of this study cannot be used to draw much conclusions because of problems that occurred during the study. These problems affected the results significantly. One of the issues was the fact that the research material was not comprehensive enough. Other major issue was that the bark of the retention trees had started to fall off in all six areas making accurate measurements impossible.

Key words: controlled burning of clear-cut sites, controlled burning of retention tree groups, charred wood, cost, cost effectiveness

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TULI SUOMALAISSA METSISSÄ.....	6
	2.1 Metsäpalojen ja kulotusten historia Suomessa	6
	2.2 Kulotustavat	7
	2.2.1 Uudistushakkuualan metsänhoidollinen kulotus	7
	2.2.2 Uudistushakkuualan luonnonhoidollinen kulotus	8
	2.2.3 Säästöpuuryhmän poltto.....	8
	2.2.4 Ennallistamispolto ja paahdeympäristöjen hoitopolto	9
	2.3 Sertifikaattien vaikutus kulotusten toteuttamiseen	9
	2.4 Kulotuksia toteuttavat toimijat	10
	2.5 Kulotuksen kustannukset	10
	2.6 Kulotuskohteen valinta	11
	2.7 Uudistushakkuualan kulotuksen valmistelu	12
	2.8 Kulotuksen ekologiset vaikutukset	13
	2.9 Kulotuksesta hyötyvät lajit.....	16
	2.9.1 Esimerkkejä palonvaatijalajeista	18
3	TUTKIMUKSEN ESITTELY	19
	3.1 Tutkimuksen lähtökohta	19
	3.2 Aineiston keräys.....	19
	3.3 Tutkimusmenetelmän esittely.....	19
	3.4 Kulotus- ja polttokehtien esittely.....	22
	3.4.1 Uudistushakkuualojen kulotuskohteet	22
	3.4.2 Säästöpuuryhmien polttokehtet	25
4	TULOKSET	28
	4.1 Uudistushakkuualojen kulotuskohtien mittaustulokset	28
	4.1.1 Koonti uudistushakkuualojen kulotusten tuloksista.....	30
	4.2 Säästöpuuryhmien polto	32
	4.2.1 Säästöpuuryhmien polttojen tulosten koonti	34
	4.3 Kustannustehokkuuden vertailu	34
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	37
	LÄHTEET.....	41

1 JOHDANTO

Metsäpalot ja metsien kulotukset ovat vähentyneet Suomessa viimeisen vuosisadan aikana merkittävästi. Metsänhoidollisia kulotuksia käytettiin vielä 1950- ja 60-luvuilla metsänuudistamisen parantamiseksi merkittävässä määrin, mutta niiden suosio on laskenut siihen pisteeseen, että niitä tehdään enää vain muutamien satojen hehtaarien verran vuosittain. Tämä on johtanut palon vaurioittamia metsiä ja/tai lahopuuta vaativien lajien uhanalaistumiseen. Kulotuksia tehdään nykyään pääosin metsäsertifikaattien edellytysten vuoksi. Nykyisin kulotuksilla on lähes aina myös luonnonhoidollinen tavoite: tuottaa palon vioittamaa puuainesta, joka houkuttelee esim. palon vaurioittamaa puuta vaativaa hyönteislajistoa. Kulotukset tuottavat myös merkittävän määrän lahopuuta, mikäli säästöpuustoa on jätetty tarpeeksi. Näin ollen kulotuksesta hyötyvät muutkin kuin palanutta puuta hyödyntävät lajit. Luonnonhoidollisia kulotuksia tehdään talousmetsissä joko kokonaisen uudistusalan kulotuksena tai sitten pelkän uudistusalan säästöpuuryhmän polttoina.

Tämän opinnäytetyön aiheena on uudistushakkuualojen kulotusten vertailu säästöpuuryhmien polttoihin. Työn tavoitteena on selvittää näillä kulotustavoilla saatavia hyötyjä ja niiden kustannustehokkuutta. Kustannustehokkuudella tarkoitetaan tässä työssä kulotuksella saatavan palaneen puupinnan määrää pinta-alana suhteutettuna kustannukseen. Työhön valikoitui kolme uudistushakkuualan kulotusalue ja kolme uudistushakkuualan säästöpuuryhmän poltto. Kaikki kulotusalueet sijaitsevat Pirkanmaalla. Metsäpaloja ja kulotuksia on tutkittu Suomessa paljon, mutta uudistushakkuualojen kulotuksilla ja säästöpuuryhmien poltoilla saatavien hyötyjen vertailua ei mitä ilmeisemmin ole aikaisemmin tehty.

2 TULI SUOMALAISSA METSISSÄ

2.1 Metsäpalojen ja kulotusten historia Suomessa

Metsäpalojen vuosittaisista määristä ja pinta-aloista on tilastoitua tietoa valtion metsistä 1860-luvulta lähtien. Keskimääräinen metsäpaloala valtion omistamissa metsissä oli 1800-luvun lopulla noin 10 000 hehtaaria vuodessa. 1920- ja 1930-luvuilla vuosittainen metsäpaloala oli 10 000-20 000 hehtaaria (Lindberg, Saaristo & Nieminen 2018, 5).

Vuosittaisessa metsäpalojen määrässä on ollut suurta vaihtelua. Vähäisimmillään paloalat olivat vuosittain muutaman sadan hehtaarin luokkaa. Suurpalovuosina, jotka toistuivat vielä 1930-luvulla keskimäärin kerran kymmenessä vuodessa, metsäpaloala oli kymmeniä tuhansia hehtaareja nousten toisinaan lähelle sataa tuhatta hehtaaria. Vielä 1800-luvun lopulla ja 1900-luvun alussa metsäpalojen määrää nostivat kasket, joita poltettiin Itä-Suomessa. (Lindberg, Saaristo & Nieminen 2018, 5).

Sotien jälkeisillä vuosikymmenillä metsäpalot vähenivät nopealla tahdilla ja jo 1970-luvulla metsäpaloala vakiintui nykyiseen luokkaan, joka on alle tuhat hehtaaria vuodessa (Lindberg, Saaristo & Nieminen 2018, 6). Syitä metsäpalojen vähenemiseen on useita. Keskimääräinen metsikkökuvio on pienikokoinen, metsäautotieverkosto on tiheä, vesistöjä on runsaasti sekä metsäpalojen valvonta ja torjunta ovat tehokkaita. Myös tasaikäisrakenteinen metsänkasvatus on vähentänyt metsäpaloja, koska tasainen latvuserros haittaa tulen leviämistä latvapaloksi varttuneissa metsissä (Viiri 2020, 4). Metsäpalojen kokonaispinta-ala on pysynyt suunnilleen yhtä suurena tai laskenut jonkin verran viimeisinä vuosikymmeninä. Nykyinen vuosittainen metsäpaloala on viidensadan hehtaarin tienoilla ja keskimääräisen metsäpaloalan koko on alle puoli hehtaaria (Lindberg, Saaristo & Nieminen 2018, 6).

Metsänuudistaminen tulta hyödyttäen aloitettiin kylvämällä puiden siemeniä kaskialoille. Kaskeamisen loputtua tulta käytettiin pelkästään parantamaan metsän uudistumisen parantamiseksi. 1920- ja 1930-luvuilla kulotettiin

keskimäärin 5000-10 000 hehtaaria vuodessa (Lindberg, Saaristo & Nieminen 2018, 6).

Avohakkuiden yleistyttyä 1950-luvulla myös kulotusalojen määrä nousi. Vuosina 1950-1966 kulotettiin keskimäärin noin 20 000 hehtaaria vuodessa ja useina vuosina kulotusala oli kokonaisuudessaan yli 30 000 hehtaaria. 1960-luvulla kulotuksen suosio kuitenkin romahti muutaman vuoden kuluessa alle tuhanteen hehtaariin eikä tilanne juurikaan muuttunut 1970-luvulla (Lindberg, Saaristo & Nieminen 2018, 6). Kulotuksen suosion romahdus johtui mekaanisen maanmuokkauksen käyttöönotosta 1960-luvun alussa (Saksa 2019, 8). 1980-luvulla kulotusalojen määrä nousi hieman, keskimäärin lähes kahteentuhanteen hehtaariin vuodessa. Vuosina 1985-1990 keskimääräinen kulotusala oli yli 3000 hehtaaria vuodessa. Kulotusten suosio laski uudestaan 1990-luvulla. 2000-luvulla uudistushakkuualojen kulotusten määrä on laskenut noin 1000-2000 hehtaaria vuodessa. Uudistushakkuualojen kulotusten lisäksi vuosittain tehdään joitain kymmeniä säästöpuuryhmien polttoja, paahdeympäristöjen hoitopoltoja muutamia hehtaareja vuodessa, sekä ennallistamispoltoja 50-150 hehtaaria vuodessa (Lindberg, Saaristo & Nieminen 2018, 6).

2.2 Kulotustavat

Nykyisin tehdään monentyyppisiä kulotuksia. Uudistushakkuualan kulotukset voidaan jakaa kahteen tyyppiin: metsänhoidollinen kulotus ja luonnonhoidollinen kulotus. Usein uudistushakkuualan kulotuksessa tavoitellaan kuitenkin niin metsänhoidollisia kuin luonnonhoidollisia hyötyjä. Säästöpuuryhmien polttojen lisäksi tehdään ennallistamispoltoja ja paahdeympäristöjen hoitopoltoja.

2.2.1 Uudistushakkuualan metsänhoidollinen kulotus

Uudistushakkuualoilla tapahtuvilla metsänhoidollisilla kulotuksilla tavoitellaan metsän uudistumisen parantumista. Kulotuksella vaikutetaan maapohjan ravinne- ja lämpötalouteen. Humuskerroksen ohentumisen seurauksena

kivennäismaan lämpötila nousee. Puut voivat hyödyntää tuhkan ravinteet ja tuhka myös laskee maan happamuutta (Viro 1969, 15, 22, 35).

2.2.2 Uudistushakkuualan luonnonhoidollinen kulutus

2000-luvulla uudistushakkuualojen kulotukset ovat kehittyneet suuntaan, jossa uudistushakkuualan kulotuksilla pyritään edistämään myös luonnon monimuotoisuutta jättämällä hakkuualalle säästöpuustoa, joka vaurioituu kulotuksessa hyödyttäen etenkin sieni- hyönteislajistoa. Säästöpuut ovat erittäin tärkeitä kulotuksen luonnonhoidollisten tavoitteiden onnistumisen kannalta, ja niitä tulisivikin jättää uudistushakkuussa kulotusalueelle huomattavasti enemmän kuin tavallisesti, jotta kulotuksella saadaan aikaan monipuolinen lahopuujatkumo (Suominen 2018, 15). Luonnonhoidollisessa kulotuksessa tavoitteena on saada myös palanutta maaperää, joista hyötyvät palaneella maalla elävät kasvit ja sienilajit (Rahko 2005, 50). Myös kantojen hiiltynyt puupinta on monimuotoisuudelle tärkeää, sillä monet kääpäälajit elävät hiiltyneillä kannoilla (Suominen 2018, 15).

2.2.3 Säästöpuuryhmän poltto

Uudistushakkuualoilla poltetaan myös pelkkiä säästöpuuryhmiä. Tällaisten kulotusten tavoitteena on lähes poikkeuksetta luonnon monimuotoisuuden lisääminen. Säästöpuuryhmien poltoissa tavoitteena on saada palosta vaurioitunutta puuainesta, jolla pyritään saamaan paikalle palaneesta puuaineksesta hyötyvää hyönteis- ja sienilajistoa. Säästöpuuryhmän polton etuna on toteutuksen käytännön helppous, sillä säästöpuuryhmät ovat pienialaisia ja niitä voidaan toteuttaa myös hakkuualoilla, joista hakkuutähteet on kerätty pois. (Lindberg, Saaristo & Nieminen 2018, 7). Etuna on myös se, että säästöpuuryhmän polton kustannus on huomattavasti pienempi, kuin useimmiten monen hehtaarin kokoisen uudistushakkuualan kulotuksen kustannus. Säästöpuuryhmien polttojen on esitetty korvaavan perinteisiä kulotuksia ja menetelmää on muutenkin tuotu voimakkaasti esiin viime vuosina. Tämä näkyy esimerkiksi siinä, että vuonna 2016 Metsähallitus Metsätalous Oy luopui

perinteisistä kulotuksista ja siirtyi pelkkien säästöpuuryhmien polttoon (Lindberg, Punttila & Vanha-Majamaa 2021, 4).

2.2.4 Ennallistamispoltot ja paahdeympäristöjen hoitopoltot

Luonnonsuojelualueilla toteutetaan ennallistamispolttoja, joilla pyritään puiden vaurioittamisen ja palolajien esiintymisen turvaamisen lisäksi aloittamaan luonnonsukcessioita talousrakenteisissa metsissä. Paahdeympäristöissä toteutetaan paahdeympäristöjen hoitopolttoja, joilla pyritään ohentamaan sammal- ja humuskerrosta, paljastamaan maanpintaa ja vähentämään biomassaa (Lindberg, Saaristo & Nieminen, 2018, 8).

2.3 Sertifikaattien vaikutus kulotusten toteuttamiseen

Kulotuksia tehdään pääosin metsäsertifikaattien vaatimusten vuoksi. PEFC-sertifikaatti vaatii, että luonnonhoidollisia kulotuksia toteutetaan vähintään 1 kpl/vuosi/200 000 hehtaaria. Näihin kulotuksiin lasketaan säästöpuuryhmien ja paahderinteiden poltot, uudistushakkuualojen kaskeamiset ja kulotukset, yli viiden hehtaarin metsäpalot sekä suojelualueilla toteutetut ennallistamispoltot (PEFC 2014, 22). PEFC-sertifikaattiin kuuluu yli 90% Suomen talouskäytössä olevista metsistä (PEFC 2019).

Kulotukset kuuluvat myös FSC-sertifikaatin vaatimukseen. FSC-sertifikaatti vaatii suurmetsänomistajilta (vähintään 10 000 hehtaaria) metsäpaloista riippuvaisten lajien elinympäristöjen ylläpitämistä kulotuksilla ja poltoilla. Kriteerin täytyminen edellyttää, että vuosittainen kulotuspinta-ala on vähintään 3% kulotukseen soveltuvien kohteiden uudistushakkuupinta-alasta viisivuotiskaudella. Kriteerillä tavoitellaan vähintään 20 palon vioittaman rungon tuottamista hehtaarille. Kriteerin täyttymiseen lasketaan uudistushakkuualojen ja paahderinteiden kulotukset sekä säästöpuuryhmien poltot. (FSC 2011, 27). Suomessa FSC-sertifioitua metsää oli vuonna 2019 2 062 000 hehtaaria (FSC 2020).

2.4 Kulotuksia toteuttavat toimijat

Suomessa kulotuksia toteuttavat useat toimijat. Metsänhoitoyhdistykset tarjoavat asiakkailleen uudistushakkuualojen kulotuksia, säästöpuuryhmien polttoja ja ennallistamiskulotuksia (MHY n.d). Suurista metsäyhtiöistä Metsä Group toteuttaa uudistushakkuualojen kulotuksia ja säästöpuuryhmien polttoja Finsilva Oy:n omistamilla metsätiloilla (Metsä Forest 2018). UPM toteuttaa niin metsänhoidollisia kuin luonnonhoidollisia kulotuksia sekä paahderinteiden polttoja omistamissaan metsissä (UPM 2021). Stora Enso tekee asiakkailleen luonnonhoidollisia säästöpuuryhmien polttoja (Stora Enso 2019). Metsähallitus toteuttaa suojelualueiden ennallistamispolttoja, paahdeympäristöjen hoitopolttoja, sekä säästöpuuryhmien polttoja hallinnoimillaan mailla (Metsähallitus 2020b). Yksityinen metsänomistaja tai muu taho voi toteuttaa luonnonhoidollisia kulotuksia myös Metsäkeskuksen kautta. Metsäkeskus suunnittelee luonnonhoidollisia kulotuksia, joille on haettu kestävän metsätalouden määräaikaisen rahoituslain 21 §:n mukaista luonnonhoitohanketukea (Metsäkeskus 2021).

2.5 Kulotuksen kustannukset

Uudistushakkuualojen kulotusten kustannukset koostuvat hyvin pitkälti henkilöstökuluista. Kulotuksen suunnittelu, valmistelu, itse kulotus ja jälkivartiointi vievät työaikaa. Muita mahdollisia kustannuksia ovat kaivinkonetyöt ja sammuksen jakaminen. Kustannuksiin vaikuttaa merkittävästi kulotusalueen koko ja kulotusalueen jälkivartiointin kesto (Laurila & Vierula 2018, 33).

Uudistushakkuualojen kulotuskustannukset ovat nousseet 2000-luvulla merkittävästi. Vielä vuosituhaten alussa keskimääräiseksi kulotuskustannukseksi arvioitiin n. 350 euroa/hehtaari. Vuonna 2007 kustannukseksi esitettiin 500-800 euroa/hehtaari. Vuonna 2018 Etelä-Suomessa toteutettavien alle viiden hehtaarin kulotusaloilla yleinen hintataso on 1500-2000 euroa/hehtaari. Uudistushakkuualan monimuotoisuutta edistävän kulotuksen hinnaksi on arvioitu kulotus-hankehaun kokeilussa 2400 euroa/hehtaari (Lindberg, Saaristo & Nieminen 2018, 13).

Säästöpuuryhmän polton keskimääräisestä kustannuksesta ei löydy juurikaan tietoa. Eräs säästöpuuryhmien polttoja toteuttava toimija teki kymmenen vuotta sitten niitä hinnalla 603 €/kpl (Lindberg, 2013). Tuoreemman arvion mukaan säästöpuuryhmän polton kustannus on Metsähallituksen kohteilla n. 1172€/kpl (Oksala, 2021).

2.6 Kulotuskohteen valinta

Metsänhoidolliseen uudistushakkuualan kulotukseen soveltuvat ainoastaan kivennäismaalla sijaitsevat kohteet, sillä turvemaalla kyttee pitkään ja on hankala sammuttaa. Ravinteisuudeltaan sopivimmat kohteet ovat kuivahkoissa tai tuoreissa kangasmetsissä. Lehdot ja lehtomaiset kankaat eivät sovellu metsänhoidolliseen uudistusalan kulotukseen nopean ravinnekierroksen vuoksi. Kuivilla ja karuilla kankailla on liian ohut humuskerros, jonka vuoksi ne eivät sovellu metsänhoidolliseen uudistushakkuualan kulotukseen. Kulotettavan kohteen vesitalouden on oltava kunnossa, sillä kostealla maaperällä kulotuksesta ei ole hyötyä. (Laurila & Vierula 2018, 9-10).

Kulotuskohteen tulisi sijaita joko tien vieressä tai vähintään lähellä tietä, jolloin kulotuksen toteutus helpottuu ja sammutuskalusto saadaan riittävän lähelle. Erityisen hyvin kulotukseen sopivat kohteet, jotka rajautuvat esim. vesistöön tai peltoon, jolloin riski palon leviämiseksi kulotusalueen ulkopuolisiin metsiköihin pienenee huomattavasti (Laurila & Vierula 2018, 10).

Uudistushakkuualan kulotuksen suunnittelussa yleissääntönä voidaan pitää, että kulotettavalla alueella on vähintään 200 m³/ha havupuustoa. Uudistushakkuualalta ei saa kerätä hakkuutähteitä, sillä poltettavaa hakkuutähdettä on oltava riittävästi. Hakkuutähteet kannattaa jakaa tasaisesti kulotettavalle alueelle (Saaristo & Vanhatalo 2015, 93; Laurila & Vierula 2018, 9).

Valittavalla kulotuskohteella ei saa olla tärkeitä luontokohteita, kuten metsälain 10 §:n erityisen tärkeitä elinympäristöjä tai vesistöjen suojelun kannalta tärkeää aluetta. Alueella ei myöskään saa olla uhanalaisten lajien esiintymiä, pois lukien

paloriippuvaiset lajit. Kulotusalueen tulisi sijaita riittävän kaukana asutuksesta savuhaittojen välttämiseksi (Laurila & Vierula 2018, 10).

2.7 Uudistushakkuualan kulotuksen valmistelu

Tuleva kulotus on huomioitava jo uudistushakkuun ja lähikuljetuksen aikana. Hakkuutähteet on puitava tasaisesti uudistushakkuualueelle, välttämällä kuitenkin puiden karsimista kulotettavan alueen rajan läheisyyteen. Hakkuutähteet tulisi sijoittaa 5-15 metrin päähän kulotettavan alueen rajasta, jotta saadaan hakkuutähteistä vapaa palokäytävä. Hakkuutähteiden tallomista tulisi välttää hakkuun ja lähikuljetuksen aikana. Leimikon suunnittelussa on huomioitava säästöpuuryhmien sijoittelu. Säästöpuut on sijoitettava ryhmiin, eikä niitä saa olla kulotusalueen rajan läheisyydessä (Laurila & Vierula 2018, 11-12). Luonnonhoidollisessa uudistusalan kulotuksessa säästöpuita tulee jättää alueelle reilusti normaalia enemmän (Suominen 2018, 15).

Paras ajankohta kulotukselle on heikkotuulisena ja kuivana aikana. Hyviä tapoja kuivuustilanteen arvioimiseen ovat hakkuutähdekasojen tunnustelu: kasojen täytyisi olla kuivia, eikä kostean tuntuisia. Kuivuutta voi arvioida myös sammaleen avulla. Mikäli sammal murenee kämmenten välissä, on kulotusajankohta käsillä. Jos sammal rullautuu kämmenten välissä, ei kulotuksen aika ole vielä ajankohtainen. Paras kulotusaika on yleensä toukokuun puolenvälin ja juhannuksen välisenä aikana (Laurila & Vierula 2018, 26). Säästöpuuryhmien polttoja tehdään myös muina vuodenaikoina, jopa syksyllä ja talvella (Puukila 2019). Polton toteuttaminen syksyllä tai talvella on luonnonhoidollisesta näkökulmasta kyseenalaista, sillä poltto ei usein onnistu yhtä hyvin kuin kesällä eivätkä palohyönteiset lennä siihen aikaan.

Kulotusalue on rajattava tekemällä alueen reunalle palokujia ja vesikuoppia. Palokuja tehdään kaivinkoneella. Kaivinkone kaivaa kivennäismaata paljastaen 2-3 metriä leveän yhtenäisen kujan. Onnistuneesti tehty palokuja estää kulon leviämisen alueen ulkopuolelle maapalon muodossa. Mikäli mahdollista, niin palokuja voidaan yhdistää hiljattain kaivettuun ojaan. Palokujien teon yhteydessä alueelle kaivetaan vesikuoppia. Vesikuoppia tehdään tasaisesti ja riittävästi koko

alueelle, sijoittaen ne palokujalle tai ojan pohjiin alavaan kohtaan. Veden riittävyys vesikuopissa varmistetaan tekemällä niistä riittävän suuria. Vesikuopat tehdään myös loivareunaisiksi, etteivät eläimet jää niihin ansaan. Vedenottoaikoiksi sopii myös padotut ojat tai lähivesistöt. Vettä voidaan tuoda paikalle myös esim. kuorma-auton säiliöllä. Pääasia on, että vettä on riittävästi saatavilla (Laurila & Vierula 2018, 13).

Ennen kulotuksen toteuttamista on tehtävä ilmoitus kulotettavan alueen pelastuslaitokselle pelastuslain (2011/379) mukaisesti: ”Kulotuksen suorittajan tulee ilmoittaa kulotuksesta ennakolta pelastuslaitokselle.”

Koska kulotukset tehdään useimmin keväällä/alkukesällä, on kulotusalue syytä tarkastaa linnunpesien varalta. Mahdolliset pesät suojataan poistamalla hakkuutähteet pesän ympäristöstä. Pesän ympäristö myös kastellaan riittävältä leveydeltä. Maapesät voidaan suojata kuivilla sammaleilla. Kuivan sammalkerroksen päälle laitetaan märkiä sammalia. Yksi keino pesien suojaamiseen on suojakangas, joka poistetaan mahdollisimman nopeasti kulotuksen jälkeen (Laurila & Vierula 2018, 16-17).

Muurahaispesät voidaan suojata kaivamalla niiden ympärille palokuja ja kastelemalla voimakkaasti pesä ja sen ympäristö. Kuten linnunpesät, niin myös muurahaispesät voidaan suojata kestäväällä kankaalla (Laurila & Vierula 2018, 17).

2.8 Kulotuksen ekologiset vaikutukset

Kulotuksen avulla maaperän ravinne- ja lämpöolot paranevat. Kulotuksessa palavista hakkuutähteistä ja humuskerroksesta vapautuu ravinteita ja maaperän happamuus vähenee vuosien, jopa vuosikymmenien ajaksi. Humuskerros ohenee, joten maaperän lämpöarvo paranee. Pintakasvillisuus tuhoutuu kulotuksessa täysin, mutta muutaman vuoden kuluessa pintakasvillisuuden määrä alueella kasvaa nopeasti (Viro 1969, 15,18, 28).

Havupuista kuusi on hyvin herkkä paloille. Ohuen kuorensa vuoksi kuusi voi kuolla hyvinkin lievässä maastopalossa. Maapalosta kuusi voi selvitä, mutta latvapalo polttaa neulaset tappaen puun välittömästi. Mänty sen sijaan kestää paksun kuorensa ja vahvan juuristonsa ansiosta voimakkaankin maapalon. Myös mänty kuolee latvapalossa. Lehtipuut kuolevat hyvinkin lievissä paloissa, mutta palonjälkeisen voimakkaan vesomisen ansiosta erityisesti koivu, leppä, pihlaja ja pajut tuottavat alueelle alle kymmenessä vuodessa tiheän puuston (Tukia 2001, 22).

Kulotuksen vaikutukset pintakasvillisuudelle ovat alkuun negatiivisia, etenkin jäkälille ja sammaleille. Myös käävät kärsivät aluksi kulotuksesta. Syy niiden katoamiselle on ilmeinen, sillä ne tuhoutuvat palossa. Osittainen syy niiden häviämislle on myös lahopuiden tuhoutumisessa palossa ja sitä edeltäneessä hakkuussa. 2-3 vuotta kulotuksen jälkeen puolet pohjakasvillisuuden lajeista ilmestyy takaisin alueelle (Vanha-Majamaa ym. 2007, 85). Pitkällä aikavälillä palon negatiiviset vaikutukset pintakasvillisuuteen voivat kääntyä positiivisiksi. Myös kääpien osalta kulotuksen vaikutus on pitkällä aikavälillä positiivinen johtuen siitä luultavammin lahopuun määrän kasvusta (Penttilä ym. 2013; Suominen ym. 2015, teoksessa Heikkala 2016, 7-8). Suominen (2018, 15) mukaan myös hiiltyneet kannot ovat arvokkaita: niillä elää kymmeniä kääpälajeja, joista monet ovat uhanalaisia.

Metsät muodostavat tärkeimmän uhanalaisten lajien elinympäristön. Ensisijaisesti metsissä eläviä uhanalaisia lajeja on 833, joka on 31,2% kaikista uhanalaisista lajeista. Metsälajien uhanalaistumisen syynä on mm. vähentynyt lahopuun ja kuloalueiden määrä. Viimeisimpien uhanalaisuusarviointien mukaan metsäpaloista riippuvaisten uhanalaisten lajien määrä on 3% kaikista uhanalaisista metsälajeista (Hyvärinen ym. 2019, 42, 47). Palolajisto on taantunut voimakkaasti Etelä-Suomessa. Syynä palolajien häviämiseen on useimmiten liian pitkä aika edellisestä palosta. Palaneen puuston nopealla korjuulla hävitetään esim. sukcession alkuvaiheeseen erikoistunut lajisto (Tukia 2001, 22).

Kulotuksella pystytään luomaan huomattava määrä lahopuuta. Tuli lisää säästöpuiden kuolleisuutta merkittävästi ja mitä enemmän säästöpuita on

kulotusalueella, sitä monimuotoisempi lahopuujatkumo kulotuksella syntyy. Kulotusalueen säästöpuut kuolevat nopeammin, kun säästöpuuston määrä on matala. Lisäämällä säästöpuuston määrää saadaan enemmän eloon jääviä säästöpuita, joka johtaa pitkällä aikavälillä monimuotoiseen lahopuujatkumoon. Kulotuksen jälkeinen puiden kuolleisuus on suurimmillaan välittömästi kulotuksen jälkeen (Heikkala 2016, 14-16). Palon vioittamien puiden kuolleisuus kuitenkin jatkuu useita vuosia kulotuksen jälkeen, sillä tulen vioittamat puut ovat herkkiä hyönteistuhoilta, sairauksille ja kuivuudelle. Heikkalan (2016, 16) mukaan Dixon ym. (1984); Harrington (1993, 1996) & Rasmussen ym. (1996) toteavat, että vakavasti vaurioituneet puut kuitenkin kuolevat parin vuoden sisällä kulotuksen jälkeen. Säästöpuiden nopea kuoleminen nostaa lahopuuston määrää hakkuun jälkeisenä aikaisen sukkessiovaiheen aikana luoden monimuotoisia elinympäristöjä puilla eläville lajeille.

Kulotusalueella tulen vaurioittamat säästöpuut kaatuvat keskimäärin nopeammin, kuin kulottamattomilla alueilla. Osasyinä tähän on juuriston tuen heikentyminen. Tuli paahtaa pintakasvillisuuden ja humuskerroksen sekä mahdollisesti jopa pintajuuriston heikentäen juuriston tukea. Säästöpuina kulotusalueelle jätetyt männyt pysyvät myös kuolleina pystyssä muita puulajeja pidempään (Heikkala ym. 2016, teoksessa Heikkala 2016, 16-17).

Toistuvasti palon vioittamista ja pihka-aineksen kyllästämistä männyistä kehittyvät palokoroisia ja pitkäikäisiä kilpikaarnamäntyjä. Hitaan kuoleamisen seurauksena kehittyviä ja pitkään pystyssä pysyviä kelomäntyjä ei synny ilman tulen vaikutusta (Keto-Tokoi 2018, 119).

Säästöpuuryhmien polttojen ekologisista vaikutuksista, menetelmän toimivuudesta ja niiden tarkasta toteutusmäärästä ei ole juuri lainkaan tutkimustietoa. Säästöpuuryhmän poltot ovat kooltaan pienialaisia, useimmiten 0,1 ha-0,2 ha, jolloin paloalue ja palossa vioittuvan puun määrä on hyvin pieni verrattuna uudistushakkuualan kulotuksiin. Kannot ja palavat hakkuutähteet ovat uudistushakkuualojen kulotuksilla merkittävä paloresurssi säästöpuiden lisäksi. Säästöpuuryhmien poltoilla saadaan tällä hetkellä aikaan pinta-alaltaan ja ekologiselta vaikuttavuudeltaan pieniä palolaikkuja, jollaisia suurin osa

metsäpaloista nykyään Suomessa on (Lindberg, Punttila & Vanha-Majamaa 2021, 4).

Lieksassa vuonna 1999 perustettu kenttäkoe on osoittanut, että luonnontilaisissa palon jälkeisissä nuorissa metsissä on hyvin rikas lajisto. Metsän polttaminen ilman hakkuita luo lajistoltaan hyvin omalaatuisen metsikön. Tutkimuksessa on todettu myös, metsäpalojen ja säästöpuiden yhdistämisellä saadaan pitkäaikaisia vaikutuksia, joilla voidaan edistää uhanalaisen lajiston säilymistä talousmetsissä. Tulosten mukaan hakattujen metsien polttaminen hyödyttää uhanalaista kovakuoriaislajistoa aina. Lisäksi palo ja säästöpuusto vaikuttavat kääpäälajien esiintymään. Vaikutus tapahtuu tosin viiveellä, sillä säästöpuuston kääpäälajistoon vaikutus käy ilmi vasta noin kymmenen vuotta palon jälkeen säästöpuuston kuolleisuuden edettyä (Kouki 2013, 4, 13, 16-17).

2.9 Kulotuksesta hyötyvät lajit

Kulotukset ja metsäpalot luovat poikkeuksellisia elinympäristöjä, joita niihin erikoistuneet lajit hyödyntävät. Kulospesialistien osuus esimerkiksi kulotuksia hyödyntävistä kovakuoriaislajeista on kuitenkin pieni. Myös jotkin metsien yleislajit esiintyvät huomattavan runsaana metsäpaloalueilla verrattaessa lähialueiden talousmetsiin ja vanhoihin metsiin (Muona & Rutanen 1994; Tukia 1998; teoksessa Tukia 2001, 16).

Metsäpaloista jollain tasolla hyötyvät lajit voidaan jakaa kolmeen luokkaan. Kaikista vaativin ja samalla pienikokoisin luokka on palonvaatijat. Suurin osa lajeista kuuluu palonsuosijoihin tai paloista hyötyviin lajeihin (Ennallistamistyöryhmä 2003, 54).

Palonvaatijat esiintyvät paloalueella 0-5 vuotta palon jälkeen. Näihin kuuluu esim. noin 20 kovakuoriaislajia. Ravintonaan useimmat näistä lajeista käyttävät palon vioittamilla puilla kasvavia kotelosieniä (Ascomycetes) tai vaillinaissieniä (Deuteromycetes). Suurin osa palolajeista on hyviä leviämään. Palohyönteislajit kykenevät löytämään paloalueita kymmenien kilometrien päästä herkkien infrapunasensoreiden ja savun hajun aistimiensa avulla. Nämä lajit ovat

pienikokoisia ja tulevat toimeen pieniläpimittaisella puulla. Lajien elintapojen vuoksi metsäpalojen esiintymisvälin pitäisi olla maksimissaan viisi vuotta (Ennallistamisryhmä 2003, 54-55).

Palonsuosijoihin kuuluvat lajit hyödyntävät paloaluetta 5-25 vuotta, kunnes alueelle syntyvä taimikko sulkeutuu. Suosijoihin kuulu lajeja, jotka hyötyvät muistakin metsiköiden laajoista häiriöistä, kuten myrskytuhoista, tulvametsistä ja jopa hakkuukoista. Tähän luokkaan kuuluvista kovakuoriaislajeista useat käyttävät ravintonaan lahoavan puuta tai käävökkäiden (Aphylopholares) itiöemiä ja rihmastoja. Palonsuosijat vaativat lähes aina järeitä isäntäpuita, jotka sijaitsevat mahdollisimman paahteisessa ympäristössä (Ennallistamistyöryhmä 2003, 55).

Suomesta löytyy myös paloalueisiin erikoistunut putkilokasvi, huhtakurjenpolvi. Kasvin siemenet aktivoituvat metsäpalon jälkeen (Väre & Laine 2016, 109). Paloista hyötyviin kasveihin kuuluu myös hämeenkylmänkukka, joka vaatii avoimen kasvupaikan lisäksi aukkoisen maanpinnan kasvillisuuden (Metsähallitus 2020a).

On olemassa myös paloista hyötyviä sienilajeja. Palosieniin kuuluu joitain kymmeniä kanta- ja kotelosienilajeja. Palosienet ovat erikoistuneet elämään palaneella maalla tai palaneella puulla (Rahko 2005, 50). Paloista hyötyvät kasvilajit ja merkittävä osa sienilajeista tarvitsee palaneen puuaineksen sijasta palanutta maapohjaa. Näihin lajeihin kuuluvista monet säilyvät humuskerroksen alla siemen- ja itiöpankissa vuosikymmeniä ja aktivoituvat maanpinnan palamisen ja lämpötilan nousun seurauksena. Näiden lajien leviämiskyky ei usein ole yhtä hyvä kuin hyönteislajeilla (Keto-Tokoi 2018, 118).

Kovakuoriaiset havaitsevat paloalueita kaukaa ja niiden määrä kasvaa paloalueella nopeasti verrattuna kulottamattomiin alueisiin. Myös harvinaiset, lajien punaiselta listalta löytyvät lajit esiintyvät runsaina paloalueilla. On myös lahopuusta riippuvaisia selkärangattomiin kuuluvia lajeja, jotka suosivat avoimia alueita lisääntyneen auringonvalon ja resurssien vuoksi. Näiden joukossa on useita harvinaisia tai vaarantuneita lajeja (Vanha-Majamaa ym. 2007, 84.)

2.9.1 Esimerkkejä palonvaatijalajeista

Palolatikka (*Aradus angularis*) on palaneissa metsiköissä elävä erittäin harvinainen ludelaji, joka käyttää ravintonaan palaneilla puilla eläviä lahottajasieniä. Palonvaatijalajina palolatikka siirtyy kuloalueilta toiselle, eikä elä samalla alueella kuin muutamia vuosia. Lajin selviämisen edellyttää riittäväällä tiheydellä tapahtuvia metsäpaloja. (Ilmonen J, Rytteri T & Alanen A 2001, 151).

Havuhuppukuoriainen (*Stephanopachys linearis*) on lähes yksinomaan palaneissa metsiköissä tavattava kovakuoriaislaji, joka elää sekä männyllä että kuusella. Laji on luokitukseltaan silmälläpidettävä. Laji on taantunut voimakkaasti viime vuosikymmeninä ja nykyisin sitä tavataan ainoastaan Suomen pohjoisosissa (Ilmonen J, Rytteri T & Alanen A 2001, 143-144).

Kulonyhäkäs (*Corticaria planula*) on kovakuoriaislaji, jonka elintavoista ei ole juurikaan tietoa. Lajia on Ruotsissa tavattu tulen vaurioittamista raidoista ja koivuista, joiden osittain irtonaisen kuoren alla se todennäköisesti elää. Suomessa on tehty kaksi havaintoa, eivätkä ne liity metsäpaloihin (Ilmonen J, Rytteri T & Alanen A 2001, 127). Laji luokitellaan Suomessa nykyään hävinneeksi (Suomen lajitietokeskus n.d).

3 TUTKIMUKSEN ESITTELY

3.1 Tutkimuksen lähtökohta

Tutkimuksessa pyritään vertailemaan uudistushakkuualojen kulotusten ja säästöpuuryhmien kulotusten kustannustehokkuutta. Tehokkuudella tarkoitetaan kulotuksella saatavan hiiltyneen puupinnan määrää suhteutettuna kulotuksen kustannukseen. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään hiiltyneen puupinnan määrää pinta-alana. Lisäksi arvioitiin palaneen maaperän määrää. Tutkimukseen oli tarkoitus kerätä viisi uudistushakkuualan kulotuskohdetta ja viisi säästöpuuryhmän polttoa, mutta lopulta tutkimus toteutettiin kolmella uudistushakkuualan kulotuskohteella ja kolmella säästöpuuryhmän poltolla.

3.2 Aineiston keräys

Tutkimukseen sopivia kohteita etsittiin Pirkanmaan alueelta. Kohteiden etsintä toteutettiin kyselemällä kulotuksia toteuttavilta toimijoilta tietoja muutaman vuoden sisällä tehdyistä kulotuksista. Kulotuksia tai polttoa toteuttavia toimijoita Pirkanmaalla ovat isoista metsäyhtiöistä ainakin Metsä Group ja UPM. Lisäksi kulotuksia tai polttoa tekevät metsänhoitoyhdistykset ja Metsähallitus. Lisäksi Metsäkeskus osallistuu luonnonhoitohankkeina toteutettavien kulotuksien suunnitteluun.

Sopivien kohteiden löytäminen Pirkanmaalta osoittautui hankalaksi. Kulotuksia toteutetaan sen verran vähän, että riittävän tuoreita kulotusaloja oli varsin vaikea löytää ja tutkimukseen jouduttiinkin ottamaan kohteita, joiden kulotus oli tapahtunut 3-4 vuotta sitten. Tavoitteena oli, että tutkimukseen otettavien kohteiden kulotus olisi ollut enintään kaksi vuotta sitten.

3.3 Tutkimusmenetelmän esittely

Uudistushakkuualojen kulotuskohteilla hiiltyneen puupinnan määrää mitattiin ympyräkoelalla, jonka säde on kymmenen metriä. Tällöin yhden koelan pinta-ala on 300m². Koealalinjat sijoitettiin kompassin avulla joko etelä-pohjoissuuntaan tai itä-länsisuuntaan riippuen kohteesta. Uudistushakkuualan kulotuskohteiden pinta-alasta mitattiin koealoilla kymmenen prosenttia. Jokaiselta koealalta mitattiin kaikista kannoista läpimitta sekä korkeus, sekä arvioitiin hiiltyneisyyttä silmämääräisesti tutkimusta varten kehitetyllä asteikolla. Koealojen lisäksi jokaiselta kulotusalalta mitattiin kaikki säästöpuut. Niistä mitattiin korkeus, läpimitta ja nokeentumiskorkeus, mikäli se oli mahdollista. Nokeentumiskorkeus arvioitiin silmämääräisesti, mikäli kuoren irtoamisen vuoksi mittaus ei ollut mahdollista. Nokeentumiskorkeuden lisäksi arvioitiin hiiltyneen rungonosan määrä silmämääräisesti. Tätäkin kuoren irtoaminen vaikeutti paikoin merkittävästi. Kohteilta mitattiin myös mahdolliset maapuut, joiden läpimitta oli vähintään kymmenen senttiä.



KUVA 1. Kuusen hiiltynyt kanto Lempäälän uudistushakkuualan kulotuskohteelta.

Säästöpuuryhmien polttokohteilta mitattiin jokaisen säästöpuun korkeus ja läpimitta sekä määriteltiin puulaji. Tutkimuksen kohteiden puusto oli jo alkanut katkeilemaan ja kaatuilemaan, mikä hankaloitti tarkkojen tulosten saantia. Nokeentumiskorkeus mitattiin, mikäli se oli mahdollista. Mikäli nokeentumiskorkeutta ei voinut mitata, niin se arvioitiin silmämääräisesti.

Hiiltyneen rungonosan määrä arvioitiin silmämääräisesti hiiltyneisyysasteikolla. Lisäksi mitattiin kaikki yli kymmenen senttiä läpimitaltaan olevat maapuut sekä kulotuksessa mahdollisesti hiiltyneet kannot.



KUVA 2. Kulotuskohteen säästöpuita, joista on kuori irronnut.

Kantojen, säästöpuiden ja maapuiden hiiltyneisyyttä arvioitiin silmämääräisesti. Arvioinnissa käytettiin hiiltyneisyysasteikkoa, jossa on kuusi tasoa (taulukko 1). Hiiltyneen osuuden pinta-alan laskemiseen käytettiin lieriön vaipan pinta-alan kaavaa niin kantojen, säästöpuiden kuin maapuidenkin osalta. Tuloksena saatu pinta-ala kerrottiin hiiltyneisyysasteikon mukaisella kertoimella.

Myös maaperän palaneisuutta arvioitiin niin uudistushakkuualojen kulotuskohteilla kuin säästöpuuryhmien poltoissa. Uudistushakkuualojen kulotusalueilla maaperän palaneisuutta arvioitiin jokaisella koelalla hiiltyneisyysasteikon mukaisesti (taulukko 1). Säästöpuuryhmien poltokohteilla arvioitiin palaneisuutta koko pinta-alalla, sillä kohteet olivat sen verran pieniä.

TAULUKKO 1. Hiiltyneisyysasteikko.

Ei ollenkaan palanut	0%
Erittäin lievä	20%
Lievä	40%
Voimakas	60%
Erittäin voimakas	80%
Palanut kokonaan	100%

3.4 Kulotus- ja polttopahtteiden esittely

Tutkimukseen valikoitui lopulta yksi Metsäkeskuksen suunnittelema ja Hämeen ammattikorkeakoulun toteuttama uudistushakkuualan kulotuskohde Lempäälästä. Kaksi uudistushakkuualan kulotuskohdetta löytyi Kurusta Metsä Groupin toteuttamana. Kaikki kolme säästöpuuryhmän polttopahtetta on toteuttanut Metsähallitus ja ne sijaitsivat Kurussa.

3.4.1 Uudistushakkuualojen kulotuskohdet

Ensimmäinen uudistushakkuualan kulotuskohde sijaitsee Lempäälässä. Kulotuksen suunnitteluun on osallistunut Metsäkeskus. Kulotuksen toteutuksesta vastasi Hämeen ammattikorkeakoulu. Kulotus on tehty keväällä 2019. Kohde on pinta-alaltaan kolme hehtaaria. Kohde oli puustoltaan kuusivaltainen. Sekapuuna kohteella on koivua. Puusto on ollut tutkimuksen uudistushakkuualan kulotuskohdeista vaihtelevin kokonsa suhteen; järeiden kantojen seassa on läpimitaltaan pienempiä kantoja muita kohteita enemmän. Yhdellä ympyräkoealalla oli keskimäärin 22 kantoa.

TAULUKKO 2. Kohteen 1 säästöpuusto.

Puulaji	Kappalemäärä	Tilavuus
Koivu	29	n. 9 m ³
Kuusi	18	n. 4 m ³
Haapa	5	n. 5 m ³

TAULUKKO 3. Kohteen 1 säästöpuuston kuolleisuus.

Puulaji	Eläviä puita	Kuolleita puita
Kuusi	0	18
Koivu	1	28
Haapa	3	2
Kaikki puulajit yhteensä	4	48

Kohteen säästöpuina on koivujen ja kuusten lisäksi muutama iso haapa, joista osa oli mittausten toteutusajankohtana heinäkuussa 2020 vielä elossa (taulukko 3). Säästöpuista oli alkanut kuori irtoilemaan, mikä hankaloitti hiiltymisen arviointia merkittävästi (taulukko 2). Maaperä on kohteella palanut pääosin voimakkaasti tai hyvin voimakkaasti alueen reunoja lukuun ottamatta, jossa palaneisuus ei ole ollut yhtä voimakasta.



KUVA 3. Lempäälän uudistushakkuualan kulotuskohde.

Toinen uudistushakkuualan kulotuskohde sijaitsi Kurussa. Kohteen kulotuksen on toteuttanut Metsä Group. Kohde on pinta-alaltaan viisi hehtaaria ja kulotus oli toteutettu keväällä 2019. Kohteen puusto on ollut pääosin kuusi- ja mäntyvaltaista. Puusto oli ollut huomattavasti tasarakenteisempaa kuin Lempäälän kohteella. Yksittäisellä ympyräkoelalla oli keskimäärin 24 kantoa.

TAULUKKO 4. Kohteen 2 säästöpuusto.

Puulaji	Kappalemäärä	Tilavuus
Kuusi	8	n. 3 m ³
Koivu	5	n. 1 m ³
Mänty	1	n. 0,8 m ³

TAULUKKO 5. Kohteen 2 säästöpuuston kuolleisuus.

Puulaji	Eläviä puita	Kuolleita puita
Kuusi	8	0
Koivu	5	0
Mänty	1	0
Kaikki puulajit yhteensä	13	0

Kulotetulla alueella oli säästöpuuryhmä, joka ei ole kulotuksessa palanut ollenkaan (taulukko 5). Mittaukset kohteella suoritettiin syksyllä 2020.

Kolmas uudistusalankulotuskohde oli myös Metsä Groupin toteuttama ja sijaitsee Kurussa. Kohteen pinta-ala on kymmenen hehtaaria. Kulotus on toteutettu keväällä 2019. Puusto on ollut kuusi- ja mäntyvaltaista. Kohteen puusto oli ollut samankaltaista, kuin toisellakin Metsä Groupin kohteella. Yksittäisellä ympyräkoealalla oli keskimäärin 25 kantoa.

TAULUKKO 6. Kohteen 3 säästöpuusto.

Puulaji	Kappalemäärä	Tilavuus
Kuusi	76	n. 45 m ³
Mänty	32	n. 22 m ³
Koivu, tekopötkkelö	48	n. 7 m ³

TAULUKKO 7. Kohteen 3 säästöpuuston kuolleisuus.

Puulaji	Eläviä puita	Kuolleita puita
Kuusi	0	76
Mänty	2	30
Kaikki puulajit yhteensä	2	106

Kulotetulla alueella oli yksi säästöpuuryhmä ja lisäksi paljon yksittäisiä säästöpuita sekä koivusta tehtyjä 3-4 metriä korkeita tekopökölöitä (taulukko 6). Kaksi säästöpuumäntyä oli elossa. Mittaukset toteutettiin syksyllä 2020.

3.4.2 Säästöpuuryhmien polttokohteet

Säästöpuuryhmien polttokohteet sijaitsivat Kurussa valtion mailla. Ensimmäinen kohde oli kulotettu vuonna 2018.

TAULUKKO 8. Kohteen 4 säästöpuusto.

Puulaji	Kappalemäärä	Tilavuus
Kuusi	28	n. 4 m ³
Mänty	16	n. 9 m ³
Koivu	9	n. 5m ³

TAULUKKO 9. Kohteen 4 säästöpuuston kuolleisuus.

Puulaji	Eläviä puita	Kuolleita puita
Kuusi	0	28
Mänty	9	7
Koivu	0	9
Kaikki puulajit yhteensä	9	44

Säästöpuuryhmä on kuusivaltainen, mutta seassa on myös mäntyä ja joitain koivuja. Kuuset olivat keskikooltaan pieniä (taulukko 8). Osa ryhmän kuusista ja koivuista oli alkanut katkennut tai kaatunut, sekä kuori oli alkanut irtoilemaan. Osa ryhmän männyistä oli vielä elossa. Mittaukset toteutettiin syksyllä 2020.

Toinen säästöpuuryhmän kulotus oli toteutettu 2017. Koska kulotuksesta oli tutkimushetkellä mennyt kolme vuotta, oli monet säästöpuut jo katkenneet tai kaatuneet.

TAULUKKO 10. Kohteen 5 säästöpuusto.

Puulaji	Kappalemäärä	Tilavuus
Kuusi	27	n. 7m ³
Mänty	1	n. 0,6 m ³

TAULUKKO 11. Kohteen 5 säästöpuuston kuolleisuus.

Puulaji	Eläviä puita	Kuolleita puita
Kuusi	0	27
Mänty	0	1
Kaikki puulajit yhteensä	0	28

Säästöpuuryhmän puut ovat suurimmaksi osaksi kuusia (taulukko 10). Puuston mittaus osoittautui hankalaksi, kuten myös hiiltyneisyyden arvioiminen kuoren irtoamisen vuoksi. Mittaukset toteutettiin syksyllä 2020.

Kolmas säästöpuuryhmän kulutus oli toteutettu 2016. Tämänkin kohteen puusto oli jo alkanut katkeilemaan ja kaatuilemaan.

TAULUKKO 12. Kohteen 6 säästöpuusto.

Puulaji	Kappalemäärä	Tilavuus
Kuusi	32	n. 4 m ³
Mänty	7	n. 5 m ³
Koivu	1	n. 0,5 m ³

TAULUKKO 13. Kohteen 6 säästöpuuston kuolleisuus.

Puulaji	Eläviä puita	Kuolleita puita
Kuusi	0	32
Mänty	2	5
Koivu	0	1
Kaikki puulajit yhteensä	2	38

Puusto on suurimmaksi osaksi kuusta, joiden seassa on muutama mänty ja yksi koivu (taulukko 12). Kuuset olivat pääosin pieniä. Kohde on palanut reunoilta paremmin kuin keskeltä. Kohteella oli kaksi elossa olevaa mäntyä, jotka eivät olleet palaneet käytännössä ollenkaan (taulukko 13). Myös kuoren irtoaminen oli

tällä kohteella palaneisuuden arviointia hankaloittava tekijä. Mittaukset toteutettiin syksyllä 2020.

4 TULOKSET

Tuloksissa esitellään ensiksi jokaisen uudistushakkuualan kulotuskohteen tulokset ja niiden koonti, jonka jälkeen säästöpuuryhmien polttokohteet esitellään samalla tavalla. Lopuksi vertaillaan kulotustapojen kustannustehokkuutta.

4.1 Uudistushakkuualojen kulotuskohteiden mittaustulokset

Ohessa on koonti uudistushakkuualojen kulotuskohteilla saaduista mittaustuloksista. Hiiltyneen puuaineksen määrä esitellään kokonais määränä jokaiselta kohteelta. Uudistushakkuun kulotusalan säästöpuiden osalta ilmoitetaan myös tilavuus. Lisäksi ilmoitetaan, miten hiiltynyt puuaines oli jakautunut kantojen ja säästöpuiden kesken. Tuloksissa ilmoitetaan myös palaneen maaperän määrä pinta-alana.

TAULUKKO 14. Koonti tuloksista kohteesta 1.

Hakkuuala	
Pinta-ala	3 ha
Hiiltynyttä puuainesta kannoissa	n. 270 m ²
Hiiltynyttä puuainesta maapuissa	n. 30 m ²
Palaneen maan pinta-ala	n. 2,2 ha
Säästöpuuryhmät ja yksittäiset säästöpuut	
Säästöpuuryhmien pinta-ala	n. 0,2 ha
Hiiltynyttä puuainesta pystypuissa	n. 100 m ²
Hiiltynyttä puuainesta maapuissa	n. 20 m ²
Palaneen maan pinta-ala	n. 0,2 ha
Koko kulotusala	
Hiiltyneen puuaineksen pinta-ala yhteensä	n. 420 m ²
Palaneen maan pinta-ala yhteensä	n. 2,4 ha

Kohteella 1 kannot muodostavat suurimman osan hiiltyneestä puupinnasta. Kohde oli myös ainut uudistushakkuualan kulotuskohde tutkimuksessa, jossa alalle oli jätetty yksittäisiä pollejä hakkuussa paloaineksi. Säästöpuut olivat

palaneet kohteella ilmeisen hyvin, joskin hiiltyneisyyden arviointia vaikeutti monin paikoin kuoren irtoaminen. Maaperä on kohteella palanut pääosin voimakkaasti tai hyvin voimakkaasti lukuun ottamatta alueiden reunoja (taulukko 14).

TAULUKKO 15. Koonti tuloksista kohteesta 2.

Hakkuuala	
Pinta-ala	5 ha
Hiiltynyttä puuainesta kannoissa	n. 850 m ²
Hiiltynyttä puuainesta maapuissa	0 m ²
Palaneen maan pinta-ala	n. 4 ha
Säästöpuuryhmät ja yksittäiset säästöpuut	
Säästöpuuryhmien pinta-ala	n. 0,1 ha
Hiiltynyttä puuainesta pystyissa	0 m ²
Hiiltynyttä puuainesta maapuissa	0 m ²
Palaneen maan pinta-ala	0 ha
Koko kulotusala	
Hiiltyneen puuaineksen pinta-ala yhteensä	n. 850 m ²
Palaneen maan pinta-ala yhteensä	n. 4 ha

Kohteessa 2 ei ollut ollenkaan palaneita maapuita. Kohteen säästöpuuryhmä sijaitsi kosteassa painanteessa eikä näin ollen ollut palanut ollenkaan. Kohteella ei ollut myöskään yksittäisiä säästöpuita. Maaperä oli palanut kohteella pääosin hyvin voimakkaasti, kohteen reunoja ja säästöpuuryhmää lukuun ottamatta (taulukko 15).

TAULUKKO 16. Koonti tuloksista kohteesta 3.

Hakkuuala	
Pinta-ala	10 ha
Hiiltynyttä puuainesta kannoissa	n. 1800 m ²
Hiiltynyttä puuainesta maapuissa	0 m ²
Palaneen maan pinta-ala	n. 8 ha
Säästöpuuryhmät ja yksittäiset säästöpuut	
Säästöpuuryhmien pinta-ala	n. 0,2 ha
Hiiltynyttä puuainesta pystypuissa	n. 180 m ²
Hiiltynyttä puuainesta maapuissa	n. 20 m ²
Palaneen maan pinta-ala	n. 0,1 ha
Koko kulotusala	
Hiiltyneen puuaineksen pinta-ala yhteensä	n. 2000 m ²
Palaneen maan pinta-ala yhteensä	n. 8,1 ha

Kohteessa 3 oli yhden pienialaisen säästöpuuryhmän lisäksi paljon yksittäisiä säästöpuita sekä koivusta tehtyjä tekopökökelöitä. Kannot muodostavat tässäkin kohteessa merkittävimmän hiiltyneen puuaineksen lähteen. Maaperän palaneisuus on ollut pääosin hyvin voimakasta, joskin säästöpuuryhmässä vain osittaista (taulukko 16).

4.1.1 Koonti uudistushakkuualojen kulotusten tuloksista

Koontiosiossa esitetään hiiltyneen puupinnan määrä m²/ha muodossa. Lisäksi esitetään hiiltyneen puupinnan määrän jakautuminen kantojen ja säästöpuiden kesken. Osiossa on myös koonti maaperän keskimääräisestä palaneisuudesta kohteilla.

TAULUKKO 17. Hiiltyneen puupinnan määrä kannoissa ja maapuissa eri kulotuskohteilla.

Kohde	Kulotusvuosi	Pinta-ala	Hiiltynyttä puupintaa
Kohde 1	2019	3 ha	n. 100 m ² /ha
Kohde 2	2019	5 ha	n. 170 m ² /ha
Kohde 3	2019	10 ha	n. 180 m ² /ha

TAULUKKO 18. Hiiltyneen puupinnan määrä säästöpuissa eri kulotuskohteilla.

Kohde	Kulotusvuosi	Pinta-ala	Säästöpuuston tilavuus	Hiiltynyttä puupintaa
Kohde 1	2019	3 ha	n. 6 m ³ /ha	n. 40 m ² /ha
Kohde 2	2019	5 ha	n. 1 m ³ /ha	0 m ² /ha
Kohde 3	2019	10 ha	n. 7 m ³ /ha	n. 20 m ² /ha

Hiiltynyttä puupintaa kannoissa ja maapuissa oli eniten kohteessa 3 (taulukko 17). Kohteessa 1 kantojen läpimitassa oli enemmän hajontaa. Järeiden puiden seassa oli ollut pienikokoista puustoa. Kohteissa 2 ja 3 puusto oli ollut tasarakenteisempaa. Toisaalta kohteessa 1 oli eniten hiiltynyttä puupintaa säästöpuustossa (taulukko 18). Kohteessa 2 säästöpuita oli kulotusalueella varsin vähän, eivätkä ne olleet hiiltyneet ollenkaan. Kohteilla oli säästöpuita yleisestikin melko vähän ottaen huomioon sen, että kulotusaloille suositellaan säästöpuita jätettävän selvästi enemmän kuin tavalliselle uudistushakkuualalle.

TAULUKKO 19. Hiiltyneen puupinnan määrän vertailu kulotusalueella yhteensä.

Kohde	Kulotusvuosi	Pinta-ala	Hiiltynyttä puupintaa
Kohde 1	2019	3 ha	n. 140 m ² /ha
Kohde 2	2019	5 ha	n. 170 m ² /ha
Kohde 3	2019	10 ha	n. 200 m ² /ha

Hiiltyneen puupinnan määrä säästöpuustossa ei kuitenkaan vaikuttanut tuloksiin merkittävästi, sillä hiiltynyttä puupintaa oli yhteensä eniten kohteessa 3 (taulukko 19). Kohteessa 2 oli hiiltynyttä puupintaa yhteensä enemmän kuin kohteella yksi, vaikka hiiltynyttä puupintaa ei säästöpuissa ollutkaan käytännössä ollenkaan.

TAULUKKO 20. Hiiltyneen puupinnan jakautuminen prosentteina.

Kohde	Kulotusvuosi	Pinta-ala	Hiiltynyttä puupintaa kannoissa	Hiiltynyttä puupintaa säästöpuissa
Kohde 1	2019	3 ha	n. 70%	n. 30%
Kohde 2	2019	5 ha	100 %	0%
Kohde 3	2019	10 ha	n. 90%	n. 10%

TAULUKKO 21. Maaperän palaneisuuden vertailu uudistushakkuualojen kulotuskohteilla.

Kohde	Kulotusvuosi	Pinta-ala	Maaperän palaneisuuden
Kohde 1	2019	3 ha	80 %
Kohde 2	2019	5 ha	80 %
Kohde 3	2019	10 ha	80 %

Uudistushakkuualojen kulotuskohteilla maaperän palaneisuutta arvioitiin silmämääräisesti jokaisella koealalla, sekä etsittiin alueelta mahdollisia palamattomia alueita. Lähtökohtaisesti kaikilla uudistusalan kulotuskohteilla maaperän palo on ollut joko voimakasta tai hyvin voimakasta (taulukko 21) kulotusalueen reunoja lukuun ottamatta. Arviointia hankaloitti paikoittain pohjakerroksen kasvillisuus, joka oli lähtenyt hyvään kasvuun.

4.2 Säästöpuuryhmien poltot

Säästöpuuryhmien poltoista ilmoitetaan hiiltyneen puupinnan kokonaismäärä kohteittain. Myös hiiltyneen puupinnan jakautuminen pystypuiden ja maapuiden välillä esitetään. Lisäksi esitetään arvio palaneen maaperän määrästä.

TAULUKKO 22. Koonti tuloksista kohteesta 4.

Säästöpuuryhmän poltto	
Pinta-ala	n. 0,2 ha
Hiiltynyttä puupintaa pystyissa	n. 55 m ²
Hiiltynyttä puupintaa maapuissa	n. 15 m ²
Hiiltynyttä puupintaa yhteensä	n. 70 m ²
Palaneen maan pinta-ala	n. 0,1 ha

Kohde 4 oli poltettu vuonna 2018. Kohteen säästöpuista oli muutama mänty vielä elossa. Kuolleet puut olivat alkaneet jo katkeilemaan, jonka vuoksi osa kohteen hiiltyneestä puupinnasta on maapuuta. Kohde oli palanut voimakkaasti, mutta sisälsi myös lievemmin palaneita alueita (taulukko 22).

TAULUKKO 23. Koonti tuloksista kohteesta 5.

Säästöpuuryhmän poltto	
Pinta-ala	n. 0,2 ha
Hiiltynyttä puupintaa pystyissa	n. 10 m ²
Hiiltynyttä puupintaa maapuissa	n. 20 m ²
Hiiltynyttä puupintaa yhteensä	n. 30 m ²
Palaneen maan pinta-ala	n. 0,1 ha

Kohteen 5 poltto oli tehty vuonna 2017. Kohteen säästöpuusto oli jo hyvin pitkälti kaatuillut ja katkeillut, jonka vuoksi kohteen hiiltyneestä puupinnasta suurin osa on maapuissa (taulukko 23).

TAULUKKO 24. Koonti tuloksista kohteesta 6.

Säästöpuuryhmän poltto	
Pinta-ala	n. 0,2 ha
Hiiltynyttä puupintaa pystyissa	n. 10 m ²
Hiiltynyttä puupintaa maapuissa	n. 10 m ²
Hiiltynyttä puupintaa yhteensä	n. 20 m ²
Palaneen maan pinta-ala	n. 0,1 ha

Kohteen 6 poltto oli tehty vuonna 2016. Kohteen säästöpuista kaksi mäntyä oli säästynyt ilman lähes minkäänlaisia palovaurioita. Kohde oli palanut

voimakkaasti ainoastaan alueen reunoilta ja keskellä palaneisuus oli lievää tai paikoin jopa olematonta (taulukko 24).

4.2.1 Säästöpuuryhmien polttojen tulosten koonti

Säästöpuuryhmien polttojen osalta tulosten koonnissa esitetään hiiltyneen puupinnan kokonaismäärä säästöpuuryhmässä. Säästöpuuryhmit olivat pinta-alaltaan samankaltaisia. Säästöpuuryhmien puuston tilavuus ilmoitetaan myös koonnissa. Tutkimukseen valikoituneilla kohteilla ei ollut kantoja, jotka olisivat hiiltyneet poltossa. Kohteilla olevat maapuut (kulotuksen jälkeen katkenneet/kaatuneet puut) on laskettu mukaan säästöpuuston tilavuuteen.

TAULUKKO 25. Koonti palaneen puupinnan määrästä säästöpuissa ja maapuissa säästöpuuryhmien polttokohteilla.

Kohde	Kulotusvuosi	Pinta-ala	Säästöpuuston tilavuus	Hiiltynyttä puupintaa
Kohde 4	2018	n. 0,2 ha	n. 18 m ³	n. 70 m ²
Kohde 5	2017	n. 0,2 ha	n. 8 m ³	n. 30 m ²
Kohde 6	2016	n. 0,2 ha	n. 9 m ³	n. 20 m ²

TAULUKKO 26. Maaperän palaneisuus säästöpuuryhmän polttokohteilla.

Kohde	Kulotusvuosi	Pinta-ala	Maaperän hiiltyneisyys
Kohde 4	2018	n. 0,2 ha	n. 60 %
Kohde 5	2017	n. 0,2 ha	n. 60%
Kohde 6	2016	n. 0,2 ha	n. 40%

Säästöpuuryhmien polttojen osalta maaperän palaneisuudessa oli enemmän hajontaa, kuin uudistushakkuualojen kulotuskohteilla (taulukko 26). Kohteessa 6 palo oli ollut voimakasta ainoastaan alueen reunoilla ja keskellä oli puita, joissa ei ollut käytännössä minkäänlaisia palovaurioita.

4.3 Kustannustehokkuuden vertailu

Kustannustehokkuuden laskemisessa käytettiin uudistushakkuualan kulotuksien osalta kohteiden toteuttajilta saatuja kustannustietoja. Kohteen 1 kulotuksen kustannus oli 2000€/ha, jolloin kokonaiskustannus oli 6000 euroa. Kohteen 2 kulotuksen kustannus oli n. 1800€/ha, jolloin kokonaiskustannus oli n. 9000 euroa. Kohteen 3 kulotuksen kustannus oli n. 1450€/ha, jolloin kokonaiskustannus oli n. 14500 euroa.

Säästöpuuryhmän polton osalta keskimääräisen kustannuksen selvittäminen osoittautui hankalaksi, sillä aiheesta ei löydy juurikaan tietoa. Kustannuksena käytettiin arviota, jonka mukaan Metsähallituksen säästöpuuryhmän polttokohteilla keskimääräinen kustannus on n. 1172€/kpl (Oksala, 2021). Kustannustehokkuuden vertailusta käy ilmi, että paljonko kullakin kulotustavalla saa hiiltynyttä puupintaa yhdellä eurolla. Kustannustehokkuus esitetään muodossa $\text{cm}^2/\text{€}$.

TAULUKKO 27. Uudistushakkuualojen kulotusten kustannustehokkuus.

Kohde	Kulotusvuosi	Pinta-ala	Hiiltynyttä puupintaa
Kohde 1	2019	3 ha	n. 700 $\text{cm}^2/\text{€}$
Kohde 2	2019	5 ha	n. 1000 $\text{cm}^2/\text{€}$
Kohde 3	2019	10 ha	n. 1300 $\text{cm}^2/\text{€}$

Kohteessa 3 oli tutkimuksen mukaan paras kustannustehokkuus (taulukko 27). Kustannustehokkuutta olisi voitu parantaa kaikilla kohteilla merkittävästi jättämällä hakkuualoille enemmän säästöpuustoa. Tulokseen vaikutti huomattavasti kulotuksen hehtaarikohtainen kustannus, joka oli kohteessa 1 kaikista suurin ja kohteessa 3 kaikista pienin.

TAULUKKO 28. Säästöpuuryhmien polttojen kustannustehokkuus.

Kohde	Kulotusvuosi	Pinta-ala	Hiiltynyttä puupintaa
Kohde 4	2018	n. 0,2 ha	n. 600 $\text{cm}^2/\text{€}$
Kohde 5	2017	n. 0,2 ha	n. 300 $\text{cm}^2/\text{€}$
Kohde 6	2016	n. 0,2 ha	n. 200 $\text{cm}^2/\text{€}$

Kohteella 4 puuston tilavuus oli isoin ja myös hiiltynyttä puupintaa oli enemmän kuin muilla kohteilla. Ero hiiltyneen puun määrässä ja kustannustehokkuudessa

on huomattava, sillä kohteessa 4 oli hiiltynttä puupintaa yli kaksi kertaa enemmän kuin muilla kohteilla (taulukko 28). Tuloksissa on kuitenkin huomioitava, että kaikkien säästöpuuryhmien puista oli kuori irtoillut, jolloin jouduttiin turvautumaan hiiltyneisyyden suurpiirteiseen arviointiin.

TAULUKKO 29. Uudistusalojen kulotusten ja säästöpuuryhmien polttojen keskimääräisen kustannustehokkuuden vertailu.

Kulotustapa	Hiiltyneen puupinnan määrä
Uudistushakkuualan kulotus	n. 1000 cm ² /€
Säästöpuuryhmän poltto	n. 400 cm ² /€

Tutkimuksen mukaan uudistushakkuualan kulotuksella saadaan kustannustehokkuuden kannalta huomattavasti enemmän hiiltynttä puupintaa, kuin säästöpuuryhmän poltolla (taulukko 29).

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän tutkimuksen mukaan uudistusalan kulotuksilla saadaan huomattavasti parempia tuloksia kustannustehokkuuden kannalta. Tutkimuksen mukaan säästöpuut eivät uudistushakkuukulotusaloilla muodosta kovin merkittävää osaa hiiltyneestä puupinnasta, kun katsotaan hiiltyneen puupinnan kokonaismäärää. Uudistushakkuualojen kulotuskohteille suositellaan jätettäväksi reilusti säästöpuuta, mutta tutkimuskohteilla säästöpuustoa oli kuitenkin suhteellisen vähän. Tulokset olisivat todennäköisesti olleet erilaisia, mikäli kohteiden joukossa olisi ollut ainakin yksi kulotusala, jossa säästöpuuta olisi ollut reilusti. Uudistushakkuualan kulotuksen kustannustehokkuutta voidaankin parantaa merkittävästi jättämällä paljon säästöpuuta. Uudistushakkuualan kulotusten hehtaarikohtaisissa kustannuksissa oli myös merkittävää vaihtelua, joka vaikutti tuloksiin.

Uudistushakkuualan kulotuksen etuna säästöpuuryhmän polttoon luonnonhoidollisia vaikutuksia ajatellen on se, että uudistushakkuualan kulotuksessa syntyy enemmän osin palanutta pieniläpimittaista puuainesta hakkuutähteestä, jota monet palohyönteiset voivat hyödyntää (Ennallistamistyöryhmä 2003, 54-55). Toinen merkittävä etu uudistushakkuualojen kulotuksissa on syntyvä hiiltynyt puuaines kannoissa, jota Suomisen (2015, 15) mukaan useat kymmenet kääpäälajit voivat hyödyntää. Näiden lajien joukossa on useita uhanalaisia kääpälajeja.

Tämän tutkimuksen mukaan uudistushakkuualojen kulotuksilla saadaan maapohja palamaan paremmin, kuin säästöpuuryhmien poltoilla. Yksi säästöpuuryhmän polttokohde oli palanut muita huonommin, mutta ero palaneisuudessa oli muutenkin uudistushakkuualojen kulotusten hyväksi. Mahdollinen selitys tälle on se, että säästöpuuryhmien poltot ovat pienialaisia, eikä maapohja pala yhtä kauan kuin tai yhtä tehokkaasti kuin laajoilla uudistushakkuualojen kulotuksilla. Toinen mahdollinen syy on toteutusajankohdassa. Säästöpuuryhmien polttoja tehdään myös muina vuodenaikoina, jolloin polttaminen ei välttämättä onnistu yhtä hyvin, kuin parhaaseen kulotusaikaan touko-kesäkuussa. Myös maapohjan palaneisuuden arviointia ajatellen olisi hyvä saada tuoreita kulotuskohteita. Kaikissa kohteissa

aluskasvillisuudella oli ollut yli vuosi aikaa lähteä kasvuun ja maapohja oli paikoin peittynyt aluskasvillisuudesta.

Jättämällä uudistushakkuualan kulotusalueelle runsaasti säästöpuustoa saadaan aikaan monimuotoinen lahopuujatkumo (Suominen 2018, 15). Tulen vaurioittamat, mutta elossa olevat säästöpuut tarjoavat erilaisen elinympäristön kuin kuolleet palon vaurioittamat puut. Esimerkiksi havuhuppukuoriainen käyttää palosta vioittuneita, mutta vielä elossa olevia puita (Ilmonen, Rytteri & Alanen 2001, 143). Näin ollen tulen vaurioittamat säästöpuut tarjoavat lajeille erilaisia elinympäristöjä kuin hiiltyneet kannot. Kannot myös jäävät muutaman vuoden kuluessa pintakasvillisuuden varjostamiksi luultavasti vaikuttaen niillä eläviin lajeihin.

Johtopäätöksenä tästä tutkimuksesta voidaan vetää se, että palanutta puupintaa saadaan huomattavasti enemmän uudistusalojen kulotuksilla kuin säästöpuuryhmien poltoilla. Kantojen ja maapuiden osuus palaneesta puupinnasta on merkittävä. Tutkimus ei ottanut huomioon uudistushakkuualoille jätettyä pieniläpimittaisia hakkuutähteitä, joita säästöpuuryhmien poltokohteilla on kokonaisuutena vähemmän. Myös palaneen maaperän pinta-ala on suurempi ja se on palanut voimakkaammin uudistushakkuualojen kulotuksilla kuin säästöpuuryhmien poltoilla. Näin ollen myös kulotuksilla perinteisesti tavoiteltu maaperän ravinnetalouden parantaminen ja happamuuden vähentäminen onnistuu paremmin uudistushakkuualojen kulotuksilla, tosin säästöpuuryhmien poltoissa ei näitä maaperään liittyviä metsänhoidollisia tavoitteita ole.

Tutkimuksessa on palaneen puupinnan määrän arviointiin liittyen useita tekijöitä, joiden vuoksi tuloksia ei voida pitää kovin tarkkoina. Suurin ongelma tutkimuksessa on aineiston pieni koko. Molempien kulotustyyppien kohteita täytyisi olla enemmän, jotta tuloksista voitaisiin vetää merkittäviä johtopäätöksiä. Kulotuskohteita tulisi etsiä laajemmalta alueelta, koska kohteita etsiessä kävi ilmi, ettei riittävän tuoreita kulotuskohteita löydy tarpeeksi Pirkanmaan alueelta. Mahdollisia jatkotutkimuksia ajatellen kohteiden etsintää voisi laajentaa koskemaan koko Etelä-Suomea. Ideaalitulanteessa tutkimukseen olisi päätyntä myös laajempi joukko kulotuksen toteuttajia, sillä kulotusten toteutustavassa on luultavasti vaihtelua eri toimijoiden kesken.

Toinen merkittävä ongelma tutkimuksessa oli kulotuskohteiden säästöpuuston kuoren irtoaminen, joka hankaloitti merkittävästi puiden hiiltyneisyyden mittausta ja arviointia. Mittaukset toteutettiin kesän ja syksyn 2020 aikana, jolloin tutkimuksen tuoreimpien kulotuskohteiden (kolme uudistusalan kulotusta) poltosta oli kulunut reilu vuosi. Jo näillä kohteilla säästöpuiden kuori oli alkanut irtoilemaan paikoin siten, ettei hiiltyneisyyttä voinut mitata tai arvioida luotettavalla tavalla (kuva 2). Säästöpuuryhmien kulotukset oli toteutettu 2018, 2017 ja 2016. Näillä kohteilla kuoren irtoaminen, säästöpuiden katkeaminen ja kaatuminen hankaloittivat puuston mittausta ja hiiltyneisyyden arviointia. Tämä aiheutti merkittävää mittausrvirhettä, jossa hiiltyneen puuaineksen määrä arvioitiin luultavimmin alakanttiin. Mikäli aihetta tutkitaan lisää jatkossa, tulisi kulotuskohteiden olla mieluiten samana kesänä toteutettuja, jotta vältytään tältä ongelmalta.

Hiiltyneen puupinnan mittaamiseen ei löytynyt sopivaa tapaa, vaan hiiltyneisyys arvioitiin silmämääräisesti tutkimusta varten kehitetyllä hiiltyneisyysasteikolla. Samaa asteikkoa käytettiin myös maaperän palaneisuuden arviointiin. Asteikko soveltui riittävän hyvin hiiltyneen puupinnan arviointiin, mutta maaperän palaneisuuden arvioinnissa se ei toiminut yhtä hyvin. Uudistushakkuualojen kulotuksilla maaperän palaneisuutta arvioitiin 300 m² pinta-alan ympyräkoealoilla, joten arvioitava pinta-ala oli verrattain suuri, eikä asteikon soveltaminen tarkasti aina onnistunut. Mahdollisia jatkotutkimuksia varten olisi hyvä kehittää luotettavampi mittaustapa/arviointitapa.

Hiiltyneen puupinnan pinta-ala laskettiin lieriön vaipan pinta-alan kaavalla niin säästöpuiden, kantojen kuin maapuiden osalta. Pystypuiden osalta ongelmana lieriön vaipan pinta-alan kaavan käytössä palaneen puupinnan määrän selvittämisessä on puun oheneminen, jota se ei ota huomioon. Hiiltyneen puunosan korkeus oli useimmiten muutamia metrejä, jolloin rungon ohenemista ehtii tapahtua jonkin verran. Tämä aiheuttaa laskentavirheen, jossa palaneen puuaineksen määräksi saadaan liian suuri pinta-ala. Toisaalta kuoren irtoamisen vuoksi tuli myös mittausrvirhettä, jonka vuoksi palaneen puuaineksen määrää todennäköisesti aliarvioitiin. Mahdollisia jatkotutkimuksia ajatellen lieriön vaipan

pinta-alan kaava on käyttökelpoinen, mikäli tiedossa olisi hiiltyneen rungonosan tarkka pituus sekä läpimitat hiiltyneen rungonosan molemmista päistä.

Kantojen mittauksen osalta kaavan ongelmana on juurenniskat, joita se ei huomioi. Varsinkin järeillä kuusilla juurenniskat olivat hiiltyneet ja muodostivat merkittävän osan kannon hiiltyneestä pinnasta (kuva 1). Kantojen osalta mittausten laskentavirhe on negatiivinen, eli todellisuudessa palaneen puupinnan määrä kannoilla on suurempi kuin mitä tutkimuksen tuloksissa saatiin.

Tutkimuksessa käytettiin uudistushakkuualan kulotuskustannuksina kohteiden toteuttajilta saatuja kustannustietoja. Säästöpuuryhmien polttojen osalta käytettiin arviota keskimääräisestä polton kustannuksesta Metsähallituksen toteuttamilla kohteilla, mutta tarkka kustannustieto jokaiselta kohteelta olisi tutkimuksen kannalta parempi vaihtoehto.

LÄHTEET

Dixon, W.N., Cornell, A.J., Wilinon, R.C., Foltz, J.L. (1984). Using stem char to predict mortality and insect infestation of fire-damaged slash pines. *Southern Journal of Applied Forestry* 8: 85-88.

Ennallistamistyöryhmä. 2003. Ennallistaminen suojelualueilla. Ennallistamistyöryhmän mietintö. *Suomen Ympäristö* 618.

FSC 2011. Suomen FSC-standardi. Luettu 15.5.2021. <https://fi.fsc.org/fi-fi/sertifiointi/metssertifiointi/suomen-fsc-standardi>

FSC 2020. FSC numeroina. Luettu 15.5.2021. <https://fi.fsc.org/fi-fi/tietoa-fscst/fsc-numeroina>

Harrington, M.G. (1993). Predicting pinus ponderosa mortality from dormant season and growing-season fire injury. *International journal of wildland fire* 3: 65-72.

Harrington, M.G. (1996). Fall rates of prescribed fire-killed ponderosa pine. USDA forest service, intermountain research station, research paper INT-RP-489.

Heikkala, O. 2016. Emulation of natural disturbances and the maintenance of biodiversity in managed boreal forests: the effects of prescribed fire and retention forestry on insect assemblages. *Dissertationes Forestales* 222, 1-46.

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s.

Ilmonen, J., Rytteri, T. & Alanen, A. Luontodirektiivin kasvit ja selkärangattomat eläimet. Suomen Ympäristökeskus. *Suomen ympäristö* 510.

Keto-Tokoi, P. 2018. Tutkimustietoon perustuvia suosituksia vastuullisen metsänhoidon kehittämiseksi. WWF Suomen raportteja 37.

Kouki, J. 2013. Nuoret luonnonmetsät metsien hoidon ja suojelun mallina: uusia mahdollisuuksia metsäluonnon suojeluun talousmetsissä. *Luonnon tutkija* 117: 1/2, s. 4-19.

Laurila J. & Vierula J. 2018. Kulutusopas. Metsäkeskus.

Lindberg, H. 2013. Kulotuskustannusmuistio. Julkaisematon muistio.

Lindberg H., Punttila P. & Vanha-Majamaa I. 2021. Metsien monimuotoisuuden ylläpitämiseksi tarvitaan kulotusta ja metsäpaloalueiden suojelua. *Metsätieteen aikakauskirja* 2021-10523.

Lindberg H., Saaristo L. & Nieminen A. 2018. Tuli takaisin metsiin – kulotuksiin kannustamisen perusteet, tavoitteet ja tukeminen. Tapio Oy. Tapion raportteja nro 30.

Metsähallitus. 2020a. Hämeen kylmäkukan hoito Paahde-LIFE-hankkeessa. Päivitetty 20.7.2020. Luettu 14.5.2021. <https://www.metsa.fi/projekti/paahde-life-hanke/hameenkylmankukan-hoito-paahde-life-hankkeessa/>

Metsähallitus. 2020b. Lahopuu. Päivitetty 28.10.2020. Luettu 24.5.2021. <https://www.metsa.fi/projekti/metsabiotalouden-nayteikkuna/lahopuu/>

Metsänhoitoyhdistys. N.d. Kulotus on vanha hyvä keino metsänuudistamisessa. Luettu 15.5.2021. <https://www.mhy.fi/metsanhoito/metsan-monimuotoisuus/kulotus-vanha-hyva-keino-metsanuudistamisessa>

Metsäkeskus. N.d. Luonnonhoitohankkeet. Luettu 16.5.2021. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsatalouden-tuet/kemera-tuet/luonnonhoitohankkeet>

Metsä Forest, 2018. Kulotus vaatii oikeat olosuhteet ja osaamisen. Julkaistu 12.9.2018. Luettu 15.5.2021. <https://www.metsaforest.com/fi/Yritys/Tiedotteet/Pages/Tiedote.aspx?EncryptedId=3C86045C4EE14B78&Title=Kulotusvaatiioikeatolosuhteetjaosaamisen>

Muona, J. & Rutanen, I. 1994: The short-term impact of fire on the beetle fauna in boreal coniferous forest. – *Annales Zoologici Fennici* 31:109–121.

Oksala, T. metsänhoitoesimies. 2021. Kysymys säästöpuuryhmien polton kustannuksista. Sähköpostiviesti. Luettu 29.5.2021.

PEFC. N.d. PEFC numeroina. Luettu 15.5.2021. <https://pefc.fi/pefc-numeroina/>

PEFC. 2014. PEFC-metsäsertifiointin kriteerit. Luettu 15.5.2021. http://pefc.fi/wp-content/uploads/2016/09/PEFC_FI_1002_2014_Metsaertifiointin_kriteerit_20141027.pdf

Pelastuslaki 29.4.2011/379.

Penttilä, R., Junninen, K., Puntila, P., Siitonen, J. 2013. Effects of forest restoration by fire on polypores depend strongly on time since disturbance – A case study from Finland based on a 23-year monitoring period. *Forest Ecology and Management* 310, 508-516.

Puukila T. 2019. Kuusi kysymystä kulotuksesta. *Metsälehti*. Luettu 25.5.2021. <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/kuusi-kysymysta-kulotuksesta/#ecea0f64>

Rahko, T. 2005. Palaneen maan sienet. *Julk.: Salo, P., Niemelä, T., Nummela-Salo, U. & Ohenoja, E. (toim.) 2005. Suomen helttasienten ja tattien ekologia, levinneisyys ja uhanalaisuus. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 769: 5054.*

Rasmussen, L., Amman, G., Vandygriff, J., Oakes, R., Munson, S., Gibson, K. (1996). Bark beetle and wood borer infestation in the Greater Yellowstone area

during four postfire years. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Research paper INT-RP-487.

Saaristo, L. & Vanhatalo, K. (toim.) 2015. Metsänhoidon suositukset talousmetsien luonnonhoitoon, työopas. Tapio Oy. Tapion julkaisuja.

Saksa, T. 2019. Maanmuokkauksen historia ja kehitys. Julkaisussa: Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.). Metsämaan muokkaus: kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyteen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 8–9.

Suominen, M. 2018. Harvested and burned forests as habitats for polypore fungi. Dissertations forestales 267.

Suominen M., Junninen K., Heikkala O., Kouki J. 2015. Combined effects of retention forestry and prescribed burning on polypore fungi. Journal of Applied Ecology 52(4): 1001-1008.

Suomen Lajitietokeskus. N.d. Kulonyhäkäs. Luettu 24.5.2021.
<https://laji.fi/taxon/MX.194518>

Stora Enso. 2019. Monet metsälajit huumaantuvat kuumasta, savunhajuisesta kulotuskohteesta. Julkaistu 14.6.2019. Luettu 15.5.2021.
<https://www.storaensometsa.fi/monet-metsalajit-huumaantuvat-kuumasta-savunhajuisesta-kulotuskohteesta/>

Tukia, H. 1998: Liesjärven kansallispuiston luonnonhoidolliset kulotukset ja niiden ekologiset vaikutukset kovakuoriaislajistoon ja kasvillisuuteen. – Käsikirjoitus, Metsähallituksen Etelä-Suomen luontopalveluiden arkisto, Vantaa. 80 s.

Tukia, H. 2001. Metsien ennallistamisen ekologiaa. Metsähallitus. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A No 124.

UPM. N.d. Kulotus. Luettu 15.5.2021. <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/tietoartikkelit/kulotus/>

Vanha-Majamaa, I., Lilja, S., Ryömä, R., Kotiaho, J.S., Laaka-Lindberg, S., Lindberg, H., Puttonen, P., Tamminen, P., Toivanen, T. & Kuuluvainen, T. 2007. Rehabilitating boreal forest structure and species composition in Finland through logging, dead wood creation and fire: The EVO experiment. Forest Ecology and Management 250: 77-88.

Viiri H. (2020). Parantaako vai heikentääkö metsänhoito metsien kestävyttä metsätuhoja vastaan? Metsätieteen aikakauskirja 2020-10505. Tieteen tori: Metsien terveys nyt ja tulevaisuudessa. 8 s.

Viro, P. J. 1969. Prescribed Burning in Forestry, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 67.

Väre, H. & Laine, J. 2016. Metsäkasvio. Helsinki: Metsäkustannus Oy.