

Laikkumätästysmenetelmän kehittäminen Koillismaalla

Eero Kubin, Samuli Kemppainen, Eeva Pudas, Reijo Seppänen,
Anne Tolvanen, Oili Tarvainen ja Veijo Leiviskä



Metsäntutkimuslaitos
Muhoksen toimintayksikkö
Hanke 7162
Loppuraportti
11.12.2007

Sisältö

1. JOHDANTO	3
1.1. TAUSTA.....	3
1.2. TAVOITTEET.....	4
2. HANKKEEN ORGANISOINTI.....	5
2.1. HANKEORGANISAATIO	5
2.2. AIKATAULU.....	5
2.3. BUDJETOINTI.....	5
3. MENETELMÄT	6
3.1. KOEALAT	6
3.1.1. Lepikonperä.....	6
3.1.2. Kurja-aho.....	6
3.2. LAITEKEHITYS.....	8
3.3. KOEJÄRJESTELYIDEN KUVAUS	9
3.3.1. Hakkuu ja maanmuokkaus	9
3.3.2. Taimien alkutilanne.....	10
3.3.3. Taimien istutus ja koejäsenet	11
3.3.4. Taimien inventointi	13
3.3.5. Lämpötilamittaukset.....	14
3.3.6. Kasvillisuusinventoinnit.....	15
3.3.7. Maaperäanalyysit	16
3.3.8. Juuristotutkimus	17
4. TULOKSET	18
4.1. LAITEKEHITYS JA LAIKKUMÄTÄSTYSMENETELMÄN TOIMIVUUS.....	18
4.2. MENETELMÄN TYÖAIKA- JA KUSTANNUSVERTAILU	19
4.3. TAIMIEN MENESTYMINEN	21
4.4. LÄMPÖTILAMITTAUKSET.....	29
4.5. KASVILLISUUSINVENTOINNIT	36
4.6. MAAPERÄ- JA JUURISTOTUTKIMUS.....	38
5. TUTKIMUSTIEDON VÄLITTÄMINEN JA MUU VIESTINTÄ.....	39
5.1. METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ	39
5.2. LEHTIARTIKKELIT	40
5.3. ESITELMÄT, RETKEILYT JA KOULUTUSTILAISUUDET	40
5.4. TUTKIMUSPOLKU	40
6. YHTEENVETO	41
7. KIRJALLISUUS	42
LIITTEET	

1. Johdanto

1.1. Tausta

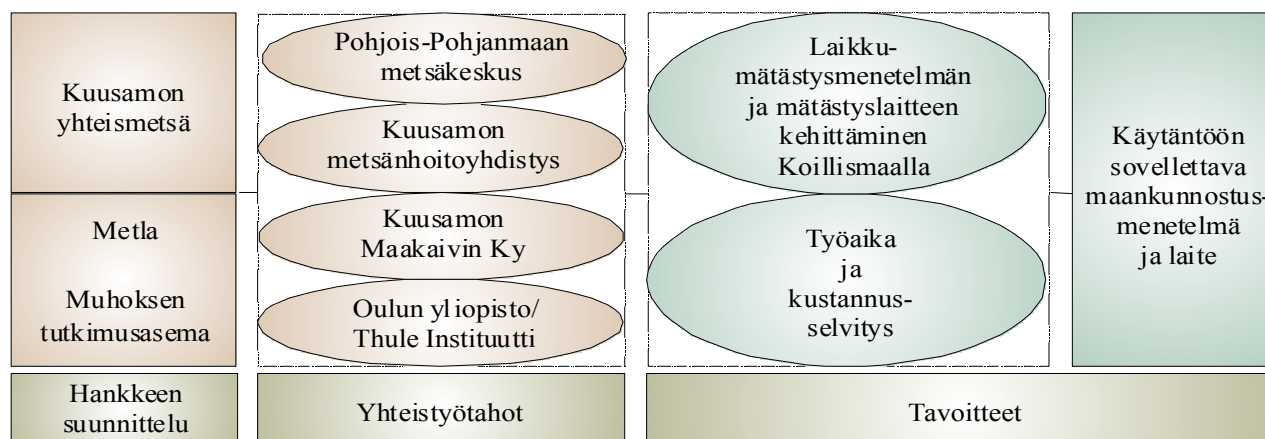
Ympäristöarvoilla on nykypäivän metsätaloudessa entistä suurempi merkitys ja myös metsien eri käyttömuotojen huomioiminen on lisääntynyt (Metsän...1996, Hokajärvi 1997, Metsienhoito-ohje 1998, Hyvän...2001, Hänninen et al. 2000). Metsänuudistamisessa on tästä syystä tärkeää löytää maanmuokkausmenetelmiä, joiden käyttö on sekä ympäristöllisesti että taloudellisesti kannattavaa. Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen toimintayksikkö on tutkinut metsänuudistamista korkeilla alueilla jo 1980-luvulta lähtien. Tällöin perustettiin Kuusamoon useita metsänuudistamisen kenttäkokeita yhdessä Kuusamon yhteismetsän kanssa.

Tutkimustietoa korkeiden alueiden metsien uudistamisesta on jo nykyisin saatavilla runsaasti (Tolvanen ja Kubin 1990, Kubin 1990a, 1990b, Koskela 1998, Kubin 1987a, 1987b, 1988, 1992, Kubin ja Savilampi 1998, Kubin et al. 1997, Savilampi ja Kubin 1996). Ne osoittavat sen, että kyseisillä alueilla luontainen uudistuminen on hidasta ja taimikon vakiintuminen kestää pitkään. On myös havaittu, että maanmuokkaus, eli kivennäismaan paljastaminen on taimien kasvun kannalta erittäin tarpeellinen toimenpide, sillä se parantaa maan kosteus- ja lämpöoloja huomattavasti. Tällöin siementen itäminen paranee ja taimet kasvattavat juurensa suoraan kivennäismaahan, jolloin ne saavat tehokkaasti ravinteita ja vettä käyttöönsä.

Maanmuokkausmenetelmistä vaotus on yleisimmin käytössä Pohjois-Suomessa. Menetelmässä aurataan leveitä ja matalia vakoja, joissa humuskerros on käännetty sivuun ja taimi istutetaan pientareelle tai palteelle. Vaotuksessa rikotun maan osuus voi nousta jopa 80-90 % maa-alasta, mikä edesauttaa ravinteiden huuhtoutumista. Naveromätästyksessä tehdään ojia, joista saatavasta maasta tehdään mättäitä rikkomattomalle maalle kuntan päälle. Taimet istutetaan näille mättäille. Menetelmässä rikotun maan osuus on suuri, jolloin ravinteiden huuhtoutuminen kasvaa ja lisäksi syvät ojat vaikeuttavat maastossa liikkumista.

Metsänhoidon menetelmissä on tapahtunut 1980-luvun jälkeen huomattavaa kehitystä. Tästä syystä on tarpeellista löytää vaihtoehtoisia menetelmiä perinteisille maanmuokkausmenetelmille. Kehitystyön alla on ollut uudentyyppinen laikkumätästyslaite, jonka etuna on huomattavasti pienempi rikotun maa-alan osuus. Tällöin ravinteiden huuhtoutuminen on vähäistä. Laikkumätästyksessä pintamaata käännetään sivuun n. 40 x 40 cm:n kokoiselta alalta pieneksi mättääksi, joka tiivistetään. Taimi istutetaan mättäälle, jossa kivennäismaan alla on kaksinkertainen humuskerros.

Laitekehitys ja menetelmän hiominen tehtiin Koillismaan olosuhteissa, missä erityisesti lämpöolot vaikuttavat taimien menestymiseen. Metsäntutkimuslaitoksen ja Kuusamon yhteismetsän pitkäaikainen yhteistyö loi erinomaisen perustan tälle kehitystyölle ja menetelmän tulosten käytäntöön soveltamiselle. Kuusamon yhteismetsä olikin hankkeessa yhtenä osapuolena (kuva 1). Kokeellinen tutkimus sijoitettiin lähelle Oulun yliopiston Oulangan tutkimusasemaa ja yhteistyö Oulun yliopiston kanssa on ollut tärkeä osa hanketta, sillä sen henkilöstö on esimerkiksi suorittanut mittauksia. Yhteistyöllä on myös tavoitteena, että opiskelijat hyödyntäisivät tässä hankkeessa saatuja tuloksia esimerkiksi opinnäytetöissä, mihin tutkimuksen biologinen osuus antaa hyvän lähtökohdan.



Kuva 1. Hankkeen suunnittelu, yhteistyötahot ja tavoitteet (Hankesuunnitelma 2004).

1.2. Tavoitteet

Hankkeessa kehitettiin kaivinkoneen kauhan tilalle asennettava laite, jolla metsänuudistamisessa tehtävässä maanmuokkauksessa rikotaan maanpintaa huomattavasti vähemmän, kuin perinteisillä menetelmillä. Laikkumätätystysmenetelmässä tavoitteena on ollut, että paljastetun ja liikutetun maan osuus olisi vain noin 10-20 % uudistusalasta.

Uudentyyppisellä laikkumätätystysmenetelmällä tehtävän mättään koon tulee olla sopiva, jotta ympäristövaikutukset jäisivät mahdollisimman pieniksi, mutta mättään tulisi kuitenkin taata vähintään yhtä hyvä taimettuminen ja ravinteiden käyttö, kuin perinteisillä menetelmillä. Tästä syystä hankkeessa tutkittiin myös syväistutusta, jotta taimien juuristo pääsisi suoraan kosketukseen kivennäismaan alla olevan humuskerroksen kanssa.

Laikkumätätystysmenetelmä on ollut käytössä Ruotsissa (esim. Fries et al. 1997) ja sitä on käytetty Suomessakin erityisesti Pohjois-Savossa (esim. Hynönen et al. 2006). Laikkumätätystystä ei ole aikaisemmin kokeiltu korkeiden alueiden olosuhteissa. Hankkeen tavoitteena olikin selvittää, miten laikkumätätystys soveltuu metsänuudistamiseen Koillismaalla verrattuna siellä perinteisesti käytössä oleviin menetelmiin.

Laikkumätätystyslaitteen kehityksen ohella hankkeen tavoitteena oli selvittää menetelmän toimivuus käytännössä vuosittain suoritettavien taimi-inventointien avulla. Taimia istutettiin kolmella eri menetelmällä muokatuille maa-aloille ja sekä niiden kasvua että kuntoa seurattiin ja verrattiin keskenään. Hankkeen tavoitteena oli myös selvittää kehitettävän menetelmän kustannustehokkuus ja siihen vaikuttavat tekijät. Menetelmää verrattiin tältä kannalta myös naveromätätystykseen ja vaotukseen.

2. Hankkeen organisointi

2.1. Hankeorganisaatio

”Laikkumätästysmenetelmän kehittäminen Koillismaalla” –hanke käynnistyi 2.4.2004 ja sen oli määrä päättyä 2.4.2007. Hankkeelle saatiin kuitenkin jatkoaikaa vuoden 2007 loppuun. Hankkeen vetäjänä toimi Metlan Muhoksen toimintayksikön johtaja Eero Kubin ja koordinaattorina Samuli Kemppainen. Hankkeelle perustettiin myös erikseen ohjausryhmä ja tutkimustyöryhmä (taulukko 1). Ohjausryhmän tärkeimpänä tehtävänä oli tukea ja ohjata hankkeen toteuttamista sekä valvoa hankkeen etenemistä ja varainkäyttöä. Tehtäviin kuului myös toimia linkkinä hankkeen sidosryhmien välillä tiedottamalla hankkeen toiminnasta.

Taulukko 1. Hankkeen ohjausryhmän ja tutkimustyöryhmän jäsenet.

Ohjausryhmä	Tutkimustyöryhmä
Eero Kubin, Metla Muhoksen toimintayksikkö	Eero Kubin, Metla Muhoksen toimintayksikkö
Toivo Heikkilä, Kuusamon Yhteismetsä (31.5.2005 asti)	Samuli Kemppainen, Metla Muhoksen toimintayksikkö
Lasse Lahtinen, Kuusamon Yhteismetsä (1.6.2005 alkaen)	Reijo Seppänen, Metla Muhoksen toimintayksikkö
Pekka Kylmänen, Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskus	Anne Tolvanen, Metla Muhoksen toimintayksikkö
Anne Polojärvi, Kuusamon metsänhoitoyhdistys	Olli Tarvainen, Metla Muhoksen toimintayksikkö
Kalevi Hiivala, Pohjois-Pohjanmaan TE-keskus	Veijo Leiviskä, Thule-Instituutti

2.2. Aikataulu

Hankkeen aikataulu sovittiin hankkeen suunnitteluvaiheessa (Hankesuunnitelma 2004, taulukko 2). Lepikonperän esiselvitykset ja alueen hakkuu suoritettiin vuonna 2004. Maanmuokkaus, taimien istutus ja ensimmäinen inventointi suoritettiin puolestaan vuoden 2005 aikana. Vuonna 2006 hankkeelle suunniteltiin internet-sivut ja Lepikonperällä toteutettiin luontopolku. Lisäksi suoritettiin kasvillisuusseuranta ja taimien toinen inventointi. Hankkeen päätösvuonna 2007 tehtiin taimien kolmas inventointi ja raportoitii hankkeen tulokset. Käytössä oli siis taimettumistulokset kolmelta vuodelta. Lokakuun 27. päivänä järjestettiin metsäntutkimuspäivä Kuusamossa. Lisäksi hankkeen kuluessa kehitettiin jatkuvasti laikkumätästyslaitetta sekä suoritettiin juuristotutkimus, lämpötilamittaukset ja maanmuokkausmenetelmien kustannusvertailu.

2.3. Budjetointi

Rahoitussuunnitelmassa julkisen rahoituksen osuus (TE-keskus) hankkeen kustannuksista oli 89,1 %. Yksityisiä rahoittajia olivat Kuusamon yhteismetsä (8,7 %), Pohjois-Pohjanmaan Metsäkeskus (1,3 %) ja Kuusamon metsänhoitoyhdistys (0,9 %).

Taulukko 2. Hankkeen aikataulu (Hankesuunnitelma 2004).

	2004	2005	2006	2007
1. Projektikoordinaattorin valinta	xxx			
2. Hankkeen valmistelu, selvitykset	xxxxxx	xxxxx		
3. Maastokohteiden valmistelu	xxxxx			
4. Laitteen teko ja kokeilu	xxxxx	xx		
5. Maastokohteiden käsittely		xxxx		
6. Kustannusselvitykset	xx	xxxxxxx	xx	
7. Taimettumisen seuranta		xxxx	xxxx	xxxx
8. Tulosten käsittely ja raportointi		xxxx	xxxx xxxx	xxxxxxxxxxx
9. Metsäretkeily ja työnäytökset		xxxx	xxxx	xxxxx
10. Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa				x

3. Menetelmät

3.1. Koealat

3.1.1. Lepikonperä

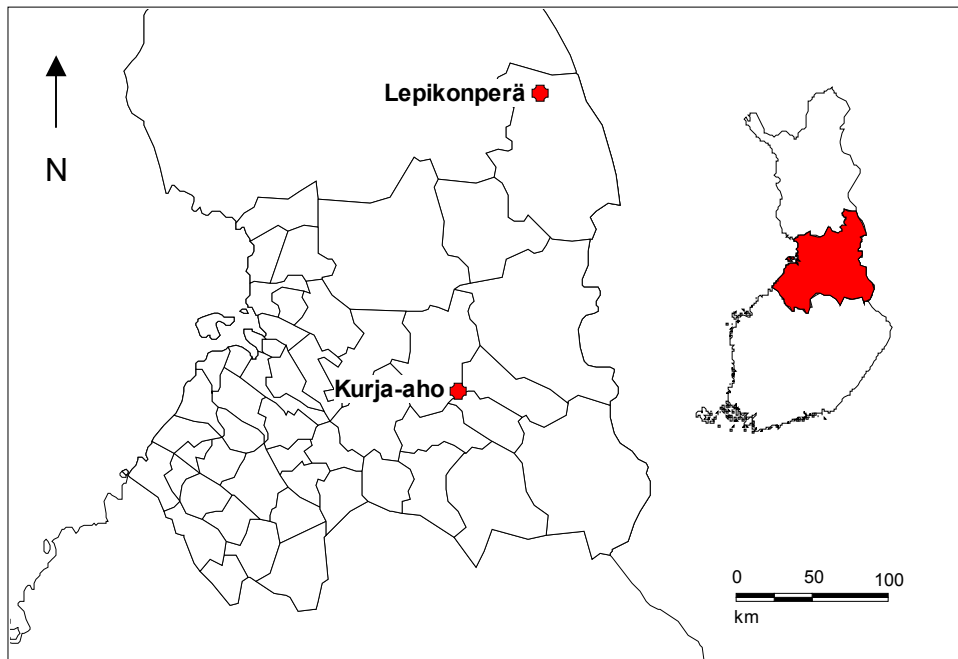
Lepikonperän koeala sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla Kuusamon kunnan alueella noin kolme kilometriä Juumasta pohjoiseen, Oulangan luonnonpuiston kupeessa (kuvat 2 ja 3). Koealan maantieteelliset koordinaatit ovat 66°17'P ja 29°23'I, ja alueen korkeus on 280 metriä merenpinnan yläpuolella. Kallioperältään alue on prekambrista kvartsiittia (Simonen 1960), jonka päälle on muodostunut moreenikerros (Okko 1960). Alueen vuoden keskimääräinen lämpötila normaalikaudella 1970-2000 oli -0,7 °C ja sademäärä 568 mm (Drebs et al. 2002). Termisen kasvukauden pituus normaalikaudella 1931-1960 oli 125-130 vuorokautta ja kasvukauden tehoisa lämpösumma 800-900 d.d. (Helminen 1987).

Lepikonperälle perustettiin hankkeen ensisijainen koeala, joten siellä tehtiin kaikki esiselvitykset ja perustettiin kaikki koejärjestelyt (taulukko 3).

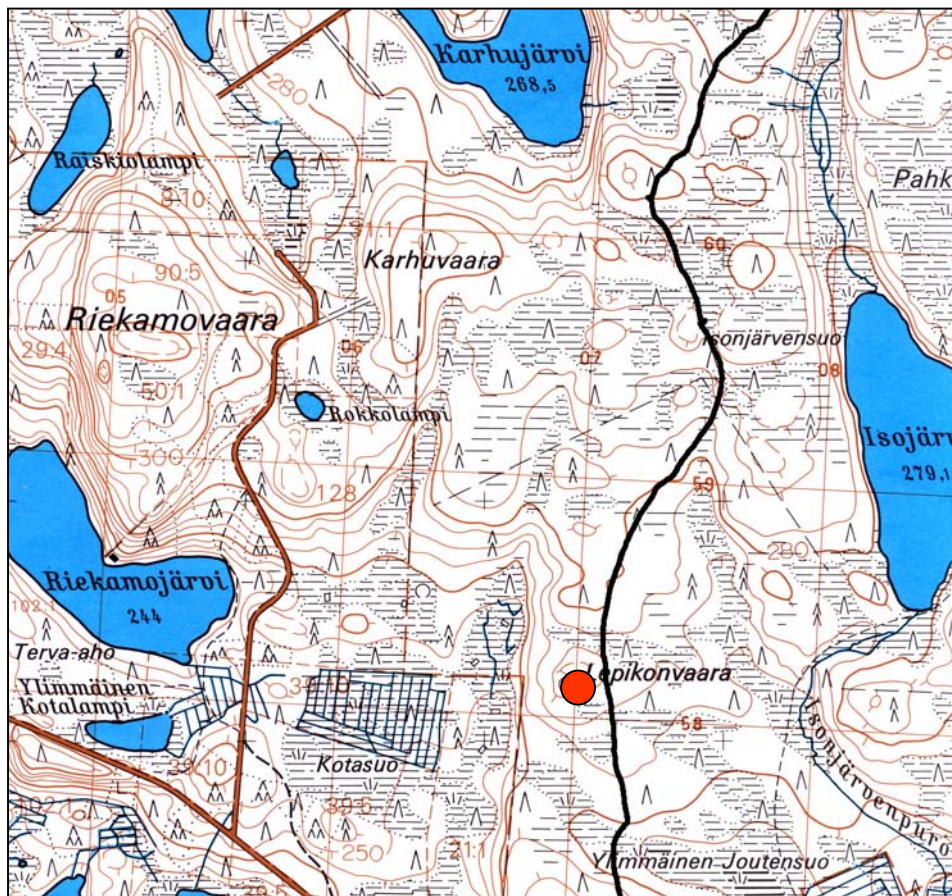
3.1.2. Kurja-aho

Paljakan Kurja-aho sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla Hyrynsalmen kunnan puolella aivan Puolangan rajalla (kuvat 2 ja 4). Tarkempi sijainti on 64°39'P ja 28°01'I, korkeuden ollessa 340 m m.p.y. Kuten Lepikonperälläkin, alueen kallioperä on prekambrista kvartsiittia (Simonen 1960) ja maalajina on moreeni (Okko 1960). Paljakan alueella vuoden keskimääräinen lämpötila normaalikaudella 1970-2000 oli 1,7 °C ja sademäärä 532 mm (Drebs et al. 2002). Termisen kasvukauden pituus normaalikaudella 1931-1960 oli 140-145 vuorokautta ja kasvukauden tehoisa lämpösumma 900-1000 d.d. (Helminen 1987).

Kurja-aho oli Lepikonperän referenssialue, joten siellä tehtiin vain pääasialliset koejärjestelyt, kuten maanmuokkaus sekä taimien istutukset ja inventoinnit (taulukko 3).



Kuva 2. Lepikonperän ja Kurja-ahon koalojen sijainti.



Kuva 3. Lepikonperän koalueen sijainti Kuusamossa.

Taulukko 3. Koejärjestelyt Lepikonperän ja Kurja-ahon koalueilla.

	Lepikonperä	Kurja-aho
Ravinne- ja raesuurusanalyysi	x	
Poistuvan puuaineksen kartoitus	x	
Maanmuokkaus ja taimien istutus	x	x
Kustannusvertailu	x	x
Lämpötilamittaukset	x	
Juuristotutkimus	x	
Taimien inventointi I-III	x	x
Kasvillisuusseuranta	x	



Kuva 4. Kurja-ahon koalueen sijainti Paljakassa.

3.2. Laitekehitys

Hankkeessa oli tavoitteena kehittää laikkumätästyslaite, jolla voitaisiin tehdä ja muotoilla pienikokoisia mätäitä taimien istutuskohteeksi. Laite toimisi vaihtoehtona nykyisin käytössä oleville mätästys- ja vaotuslaitteille.

Itä-Suomessa on viime vuosina tehty laikkumätästystä kymmenillä koneilla. Laitteet ovat olleet mm. kaivinkoneen kauhan tilalle kiinnitettyjä muokkauslaitteita. Laitteiden kehitystyö on tapahtunut koneen omistajien tai kuljettajien ideoimana. Näiden käyttäjäkokemuksien pohjalta hankkeessa lähdettiin kehittämään Koillismaan olosuhteisiin sopivaa laikkumätästyslaitetta. Selvää

oli, että taloudellisesti toimivassa laitteessa on oltava kaksi muokkauslevyä, joita voitaisiin kääntää lähes rajattomasti hydrauliiikan avulla. Laitteen täytyisi toimia sekä vedettäessä koneeseen päin laitetta että työntämällä. Lähtökohtina laitteen kehittämiseksi oli sovittu mättään koko ja istutuskohteiden lukumäärä hehtaarille (Pekka Isopoussun raportti 10.3.2007).

Laikkumätätyslaitteen kehityksestä vastasi yhteistyössä hankkeen ohjausryhmän kanssa Kuusamon Maakaivin Ky. Laite suunniteltiin asennettavaksi Volvo EC140B tela-alustaiseen kaivinkoneen puomiin, jonka ulottuvuus on n. 7,5 metriä. Kaivinkoneen paino on 15 tonnia ja moottoriteho 100 hv.

3.3. Koejärjestelyiden kuvaus

3.3.1. Hakkuu ja maanmuokkaus

Lepikonperällä puusto hakattiin talvella 2004-2005. Samalla määritettiin sekä puiden keskipituus (kuva 5) että poistuva puumäärä lajeittain (taulukko 4). Poistuma ilmoitettiin kuorettoman runkokuun määränä kuutiometreinä hehtaaria kohti. Latvustopeittavuus laskettiin hakkuutähdekasojen pinta-alan perusteella. Lisäksi kantojen lukumäärä laskettiin ja niiden halkaisija määritettiin jokaiselta ruudulta puulajeittain.

Maanmuokkaus tehtiin alkukesällä 2005. Siinä käytettiin kolmea eri menetelmää, jotka olivat vaotus, naveromätätys ja laikkumätätys. Tässä yhteydessä tehtiin myös eri menetelmien työvaiheiden kustannus- ja aikavertailu.

Kurja-ahossa puusto oli hakattu jo vuonna 2001. Maanmuokkaus sen sijaan tehtiin Lepikonperän tavoin alkukesällä 2005. Käytetyt menetelmät olivat vaotus, naveromätätys ja laikkumätätys.



Kuva 5. Puiden keskipituus lohkoittain Lepikonperän koealalla.

Taulukko 4. Puuston hakkuupoistuma (m³) lohkoittain Lepikonperän koealalla.

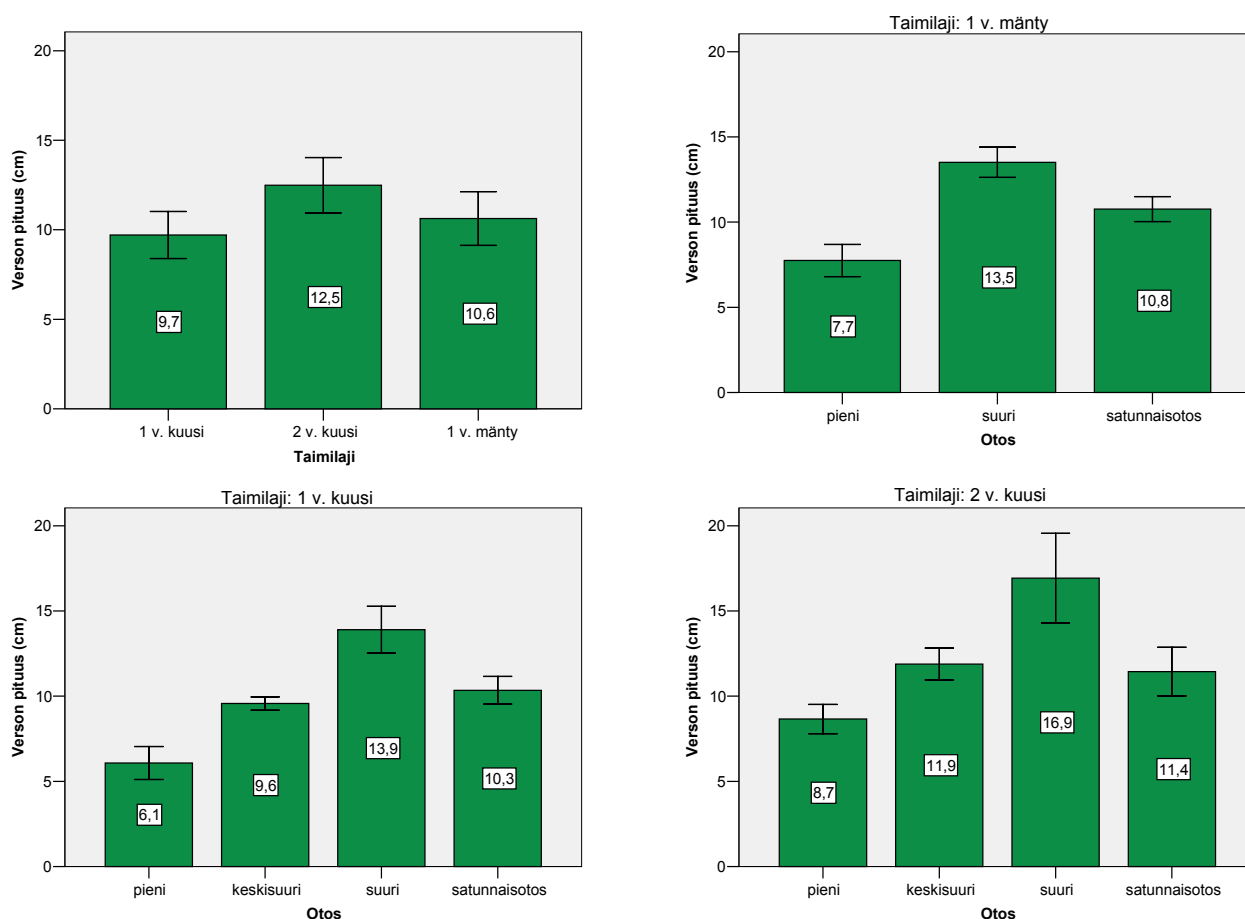
Lohko	Mänty	Kuusi	Koivu	Yhteensä
1	54	52	15	121
2	54	48	12	114
3	36	46	14	96
4	12	71	15	98
5	31	81	19	131

3.3.2. Taimien alkutilanne

Taimien alkutilanne kartoitettiin Lepikonperälle istutettavista männyn ja kuusen taimista. Taimen pituudella on merkitystä erityisesti kuusen syväistutuksissa. Tässä tutkimuksessa käytetyt 1- ja 2-vuotiaat kuusen taimet eivät eronneet pituutensa puolesta merkittävästi toisistaan (kuva 6). Taimen sopeutumiseen istutuksen jälkeen vaikuttaa kuitenkin myös juuriston kehitys. Tästä syystä myös taimien juuret tutkittiin.

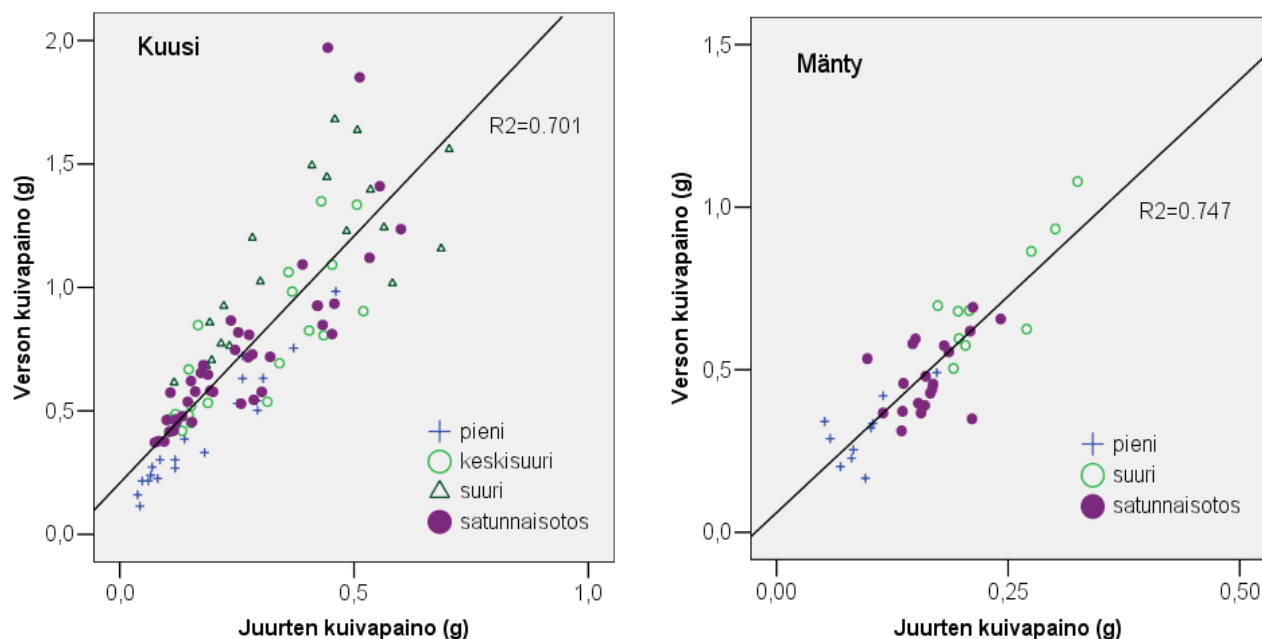
Taimet pilkottiin ensin verso- ja juuriosiin. Versoista mitattiin pituus sekä eroteltiin neulaset ja ranka kuivapainomäärityksiä varten. Juuret jaettiin pääjuureen sekä hienoituksiin. Hienoituksista tarkasteltiin lähemmin pääjuuresta haarautuvien juurten paksuutta ja valittiin systemaattisesti kolme haarautunutta juurta tarkempiin mittauksiin.

Juurista punnittiin erikseen pääjuuren kuivapaino, tarkemmissa mittauksissa olleiden juurten kuivapaino sekä loppujen juurten kuivapaino. Rangan ja neulasten kuivapainot laskettiin yhteen, samoin juurten yhteispaino laskettiin. Lopuksi laskettiin vielä taimen kokonaispaino ja juuri-verso – suhde, eli juurten kuivapaino / verson kuivapaino.



Kuva 6. Kuusen ja männyn taimien versojen pituuden keskiarvo, sekä myös otoksittain eriteltynä kullekin taimilajille erikseen.

Juurten painon suhteella verson painoon on merkitystä taimen alkukehityksen aikana. Juuri-versosuhteen lukuarvo kasvaa juurten osuuden kasvaessa. Tässä tutkimuksessa käytetty taimimateriaali havaittiin laadultaan yhteneväiseksi (kuva 7). Yksi- ja 2-vuotiaat kuusen taimet erosivat toisistaan hieman. Kaksivuotisten taimien juuristo oli kehittyneempi, mutta toisaalta versojen pituus ei ollut merkittävästi suurempi kuin 1-vuotiaiden taimien. Molemmilla taimityypeillä yhteyttävien neulasten paino oli suorassa suhteessa ravinteita ja vettä ottavien juurten painoon. Mäntyjen juuret olivat hieman paremmin kehittyneet kuin vastaavan ikäisten kuusen taimien juuret. Kuitenkin neulasten ja juurten painot kasvoivat myös suorassa suhteessa toisiinsa.



Kuva 7. Kuusen 1- ja 2-vuotiaiden taimien sekä männyn 1-vuotiaiden taimien juurten ja versojen suhde.

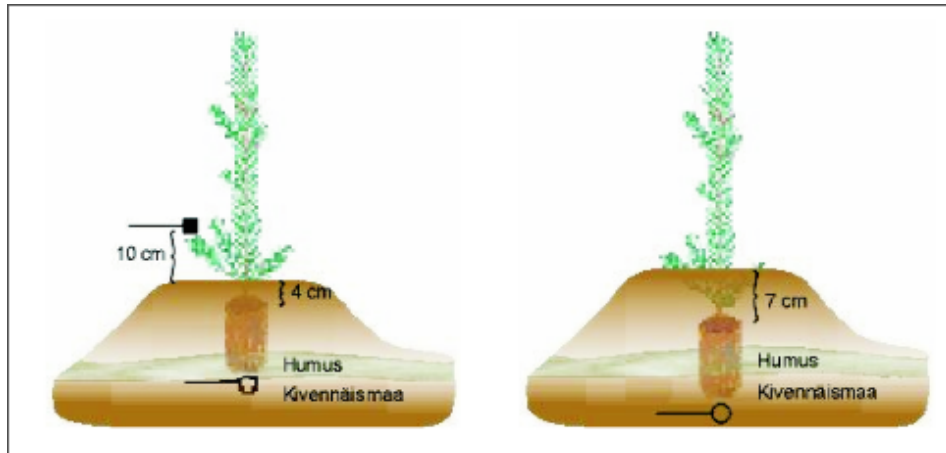
3.3.3. Taimien istutus ja koejäsenet

Lepikonperän koelalla istutuksiin käytetty taimimateriaali sisälsi sekä 1- ja 2-vuotiaita kuusen taimia, että 1-vuotiaita männyn taimia. Kukin taimilaji oli samaa siemenalkuperää ja samasta kylvöerästä. Ennen istutusta taimista mitattiin niiden lähtöpituus ja juuri-verso –suhde.

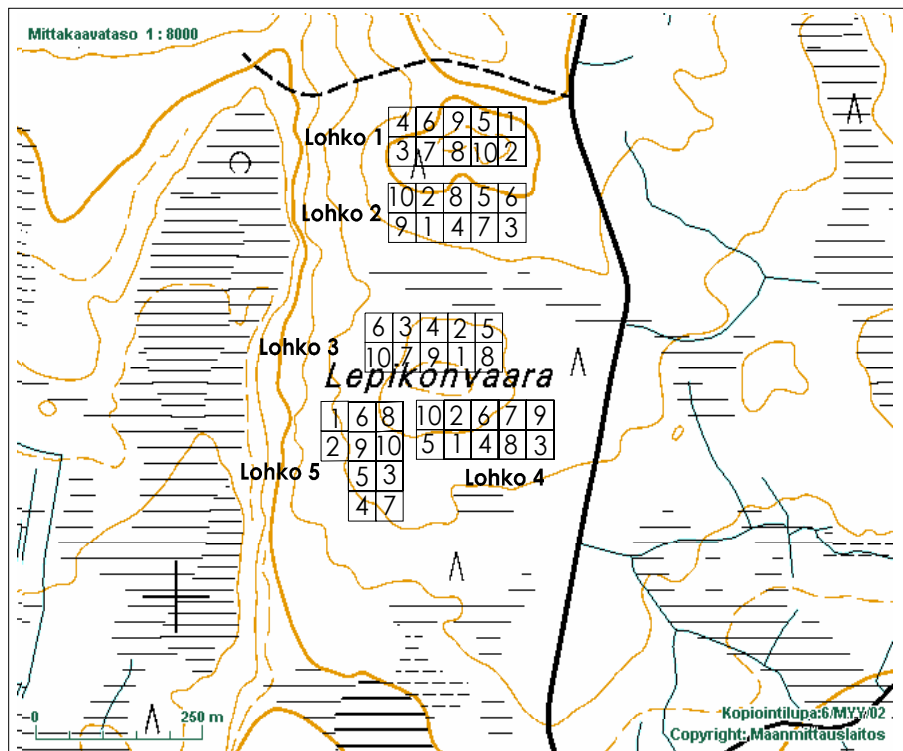
Koelan istutustavat olivat tavallinen istutus ja syväistutus (kuva 8). Tavallisessa istutuksessa juuripaakun päälle tuli 2-4 cm kivennäismaata. Syväistutuksessa juuripaakku upotettiin siten, että sen päälle tuli n. 7 cm kivennäismaata. Tämän istutustavan etuina oli sekä taimen parempi kiinnittyminen maahan että ravinteiden parempi saatavuus, ja myös paremmat kosteusolosuhteet juuripaakun ulottuessa syvemmälle humuskerrokseen.

Lepikonperän koelalla kullekin viidestä lohokosta perustettiin kymmenen 40 x 40 metrin kokoista ruutua. Jokainen ruutu vastasi yhtä koejäsentä, joissa vaihdeltiin sekä maanmuokkaustapaa, puulajia, istutustapaa että istutettavan taimen ikää (kuva 9). Käytetyt maanmuokkaustavat olivat vaotus, naveromätästys ja laikkumätästys. Kaikissa näissä muokkaustavoissa uudistaminen tehtiin

männyn ja kuusen tavallisen istutuksen lisäksi käytettiin kuusen syväistutusta navero- ja laikkumätästysruuduilla. Syväistutuksessa käytettiin sekä 1- että 2-vuotiaita taimia. Koejäsenten sijainti lohkoilla päätettiin arpomalla.



Kuva 8. Tavallinen istutus (vasen) ja syväistutus (oikea).



Koejäsenet:

- | | |
|---|--|
| 1 = Vaotus, kuusi, tavallinen istutus | 6 = Laikkumätästys, kuusi, tavallinen istutus |
| 2 = Vaotus, mänty, tavallinen istutus | 7 = Laikkumätästys, kuusi, syväistutus, 1v. taimi |
| 3 = Naveromätästys, kuusi, tavallinen istutus | 8 = Laikkumätästys, mänty, tavallinen istutus |
| 4 = Naveromätästys, kuusi, syväistutus, 1v. taimi | 9 = Naveromätästys, kuusi, syväistutus, 2v. taimi |
| 5 = Naveromätästys, mänty, tavallinen istutus | 10 = Laikkumätästys, kuusi, syväistutus, 2v. taimi |

Kuva 9. Lepikonperän koejäsenet ja niiden sijainti lohkoilla.

Paljakan Kurja-ahoon perustettiin viisi lohkoa ja kullekin niistä kahdeksan koejäsentä (kuva 10). Tämä siitä syystä, että mänty ei menesty Paljakan olosuhteissa. Perustetut ruudut olivat kooltaan 30 x 30 metriä ja niissä vaihdeltiin maanmuokkaustapaa, istutustapaa ja istutettavan taimen ikää. Koejäsenten sijainti lohkoilla arvottiin.



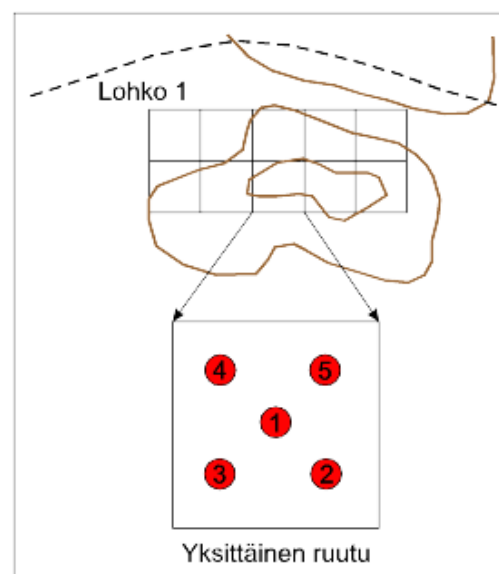
Kuva 10. Kurja-ahon koejäsenet ja niiden sijainti lohkoilla.

3.3.4. Taimien inventointi

Taimet inventoitiin sekä Lepikonperän että Kurja-ahon koealoilla ensimmäistä kertaa syksyllä 2005, eli jo istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa. Toinen inventointi tehtiin syksyllä 2006 ja kolmas syksyllä 2007.

Inventointien tavoitteena oli selvittää eri maanmuokkausmenetelmien, istutustapojen ja -paikkojen vaikutuksia yksi- ja kaksivuotiaina istutettujen kuusen taimien sekä yksivuotiaiden männyn taimien kasvuun ja kehitykseen. Inventoinnit suoritettiin kullakin ruudulla viideltä ympyräkoealalta, jotka oli sijoitettu koeruudulle säännöllisesti (kuva 11). Ympyrän säde oli 5,64 m.

Istutettujen taimien kasvua ja kehitystä seurattiin mittaamalla taimien kokonaispituus sekä vuotuinen kasvu. Lisäksi seurannan kohteena oli taimien terveydentila. Terveydentila määriteltiin taimien kunnan, tuhojen ja tuhon aiheuttajien perusteella. Ensimmäisen



Kuva 11. Taimien inventoinnissa käytettyjen ympyräkoealojen sijainti ruudulla.

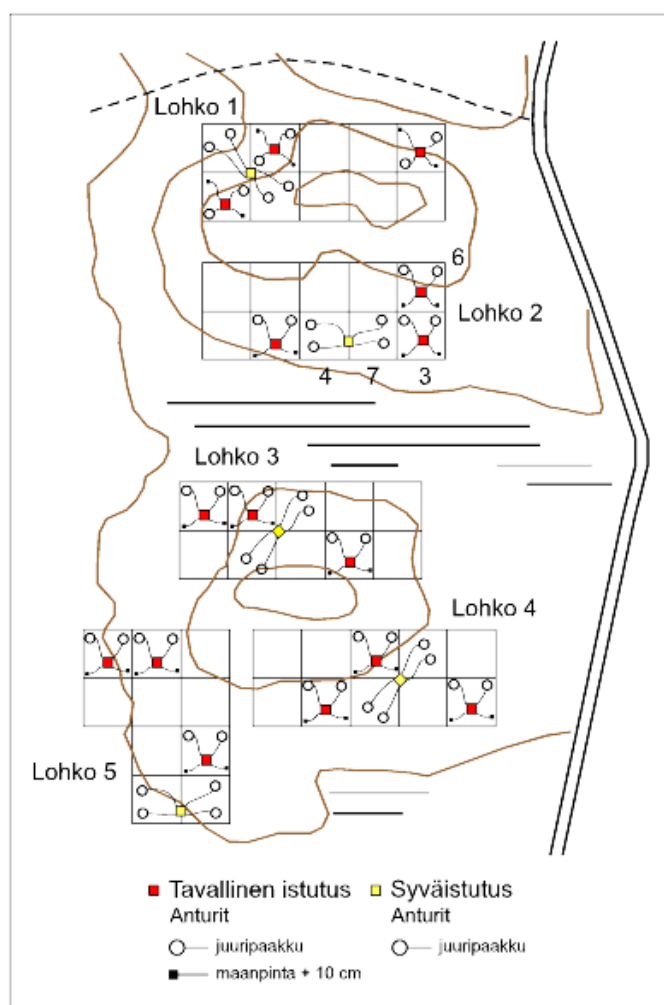
inventoinnin yhteydessä kirjattiin myös laikun pituus ja leveys, taimen etäisyys humuksesta sekä laikun kivennäismaan paksuus.

Istutettujen taimien lisäksi seurattiin ympyräkoelaloille syntyvien luontaisten taimien määrää ja niiden keskimääräistä pituutta. Luontaisesti syntyneet taimet mitattiin ympyräkoelalan sisällä olevien istutettujen taimien ympäriltä 0,5 m säteeltä.

3.3.5. Lämpötilamittaukset

Lämpösummalla on taimien selviytymisen ja kasvun kannalta suuri merkitys erityisesti Pohjois-Suomessa korkeilla alueilla. Maanmuokkaus vaikuttaa maan lämpöoloihin niitä kohottavasti. Lämpötilamittausten avulla voitiin verrata muokkaus- ja istutustavan vaikutusta maan lämpötilaan.

Lämpötilamittaukset tehtiin ainoastaan Lepikonperän koealalla. Lämpötila mitattiin jokaisella lohkoilla kullakin maanmuokkausmenetelmällä niillä koejäsenillä, jossa oli kuusen tavallinen istutus (kuva 12). Jokaiselle valitulle koejäsenelle tuli kaksi toistoa, sillä lämpötila mitattiin sekä 10 cm korkeudelta säteilysuojaa käyttäen (kuva 13) että juuripaakun alapuolelta. Lisäksi kullekin lohkolle tuli kuusen syväistutusruudulle kaksi toistoa, jossa mitattiin lämpötila taimen juuripaakun kohdalta. Mittauslaitteistoksi valittiin Hobo:n lämpötila-anturit ja 4-kanavaiset tallennusloggerit.



Kuva 12. Lämpömittareiden sijoittuminen Lepikonperän koealalla.

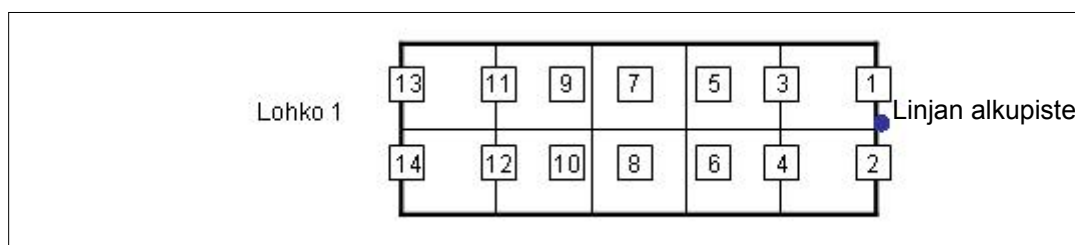


Kuva 13. Lämpötilamittauksissa käytetty säteilysuoja. Kuva: Samuli Kempainen.

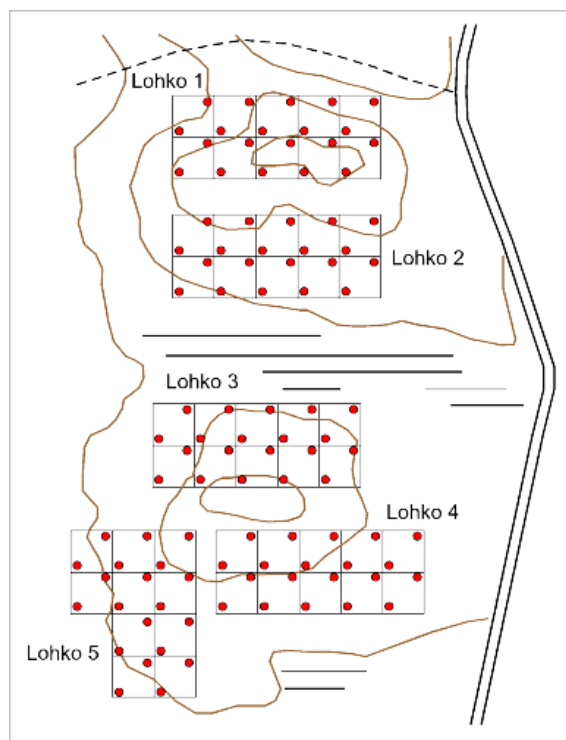
3.3.6. Kasvillisuusinventoinnit

Lepikonperän koelan kasvillisuus inventoitiin ensimmäisen kerran elo-syyskuussa 2004, ennen hankkeen koejärjestelyiden vaatimaa maanmuokkausta. Kasvillisuusruutujen sijoittamista varten maastoon vedettiin jokaiselle lohkolle keskilinja (kuva 14), jonka pituus oli 200 m. Kasvillisuusruutujen etäisyydet linjan alkupisteestä lähtien olivat 0, 40, 70, 100, 130, 160 ja 200 m. Itse kasvillisuusruudut sijoitettiin jokaisesta arvioidusta pisteestä n. 20 m:n etäisyydelle keskilinjan molemmiin puolin, eli kasvillisuusruutujen lukumäärä kullakin lohkollla oli 14 (kuva 14). Yhteensä kasvillisuuden inventointiruutuja oli siis koko koelalla 70 kappaletta ja ruudun koko oli 1 x 1 m. Kasvillisuusruudun kaikki kenttä- ja pohjakerroksen kasvilajit määritettiin ja niiden peittävydet arvioitiin asteikolla 0,5, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40...75, 80, 85, 90, 93, 95, 97, 98, 99, 100.

Maanmuokkauksen jälkeinen kasvillisuusinventointi suoritettiin Lepikonperän koelalla elokuussa 2006. Inventoinnin tavoitteena oli tutkia, kuinka nopeasti ja millä tavoin muokattu kasvillisuuskehitys kehittyi kohti suljettua kasvillisuutta. Vertailukohteina olivat sekä eri maanmuokkaustavat että eri pinnat (taulukko 5). Istutustapaa tai puulajia ei huomioitu seurannassa, sillä niillä ei oletettu olevan suurta vaikutusta kasvillisuuteen ainakaan lähitulevaisuudessa.



Kuva 14. Esimerkkinä lohkon 1 kasvillisuusruutujen sijoittuminen keskilinjan molemmille puolille.



Kasvillisuusinventoinnit suoritettiin kaikilla viidellä lohkolta jokaisella koejäsenellä kahdessa eri kulmassa (koilliskulma ja lounaiskulma) (kuva 15). Yhteensä näitä inventointipisteitä oli siis 100 kappaletta. Lisäksi kasvillisuus määritettiin jokaisessa inventointipisteessä eri pinnoilta, jotka vaihtelivat maanmuokkaustavan mukaan (taulukko 5). Kasvillisuuden peittävyys arvioitiin pistefrekvenssimenetelmällä käyttäen 0,5 x 0,5 metrin kehikkoa, jossa oli yhteensä 50 pistettä. Lomakkeelle oli merkitty 23 kenttäkerroksen ja 24 pohjakerroksen kasvilajia.

Kuva 15. Kasvillisuuden inventointipisteiden sijoittuminen Lepikonperän koealalla.

Taulukko 5. Lepikonperän kasvillisuusinventoinnissa seurattavat maanmuokkaustavat ja pinnat.

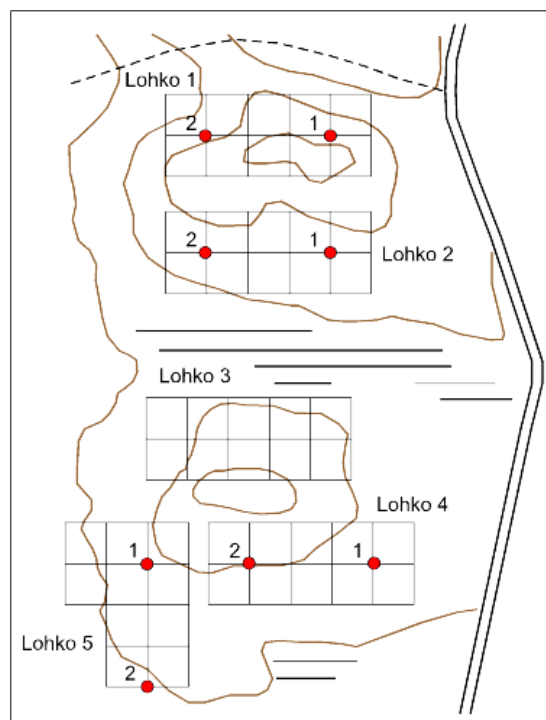
Maanmuokkaustapa	Seurattavat pinnat		
Laikkumätästys	Käsittelemätön kasvillisuus	Laikku	Mätäs
Naveromätästys	Käsittelemätön kasvillisuus	Vako	Mätäs
Vaotus	Käsittelemätön kasvillisuus	Vako	Piennar Palle

3.3.7. Maaperäanalyysit

Lepikonperän koealan maaperästä tehtiin raesuuruusanalyysi ennen varsinaisten koejärjestelyiden aloittamista. Maalajien määrittelyn avulla varmistettiin alueen maaperän samankaltaisuus eri lohkojen välillä.

Raesuuruusanalyysiä varten otettiin kaksi kokoomanäytettä kultakin lohkolta ja nämä näytteet otettiin samoista pisteistä, kuin ensimmäinen ja neljäs ravinneanalyysinäyte (kuva 16). Kukin kokoomanäyte koostui viidestä osanäytteestä, jotka kerättiin sekä keskipisteestä että metrin etäisyydeltä siitä kaikkiin päilmansuuntiin. Maalajinäytteitä kerättiin siis yhteensä 40 kappaletta.

Maanäytteistä määriteltiin raekokojakaumat ja analyysit tehtiin Metlan Muhoksen tutkimusasemalla. Partikkelikoon ollessa suurempi kuin 0,06 mm menetelmänä käytettiin seulontaa. Pienempien partikkeleiden osuuksien määrittelymenetelmänä käytettiin pipetointia.



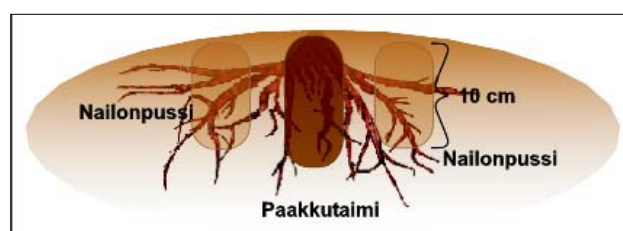
Kuva 16. Maalajimäärittysten näytteidenottoaikat Lepikonperän koealalla.

3.3.8. Juuristotutkimus

Lepikonperän koealalla seurattiin juuriston kehitystä kasvukolonnimenetelmällä (kuva 17) vaottamalla ja laikkumätästämällä muokatuilla koeruuduilla. Tavoitteena oli tutkia muokkaus- ja istutustapojen vaikutusta taimien juuriston kehitykseen. Kokeessa seurattiin hienojuurten kasvua taimen muokatulla ja muokkaamattomalla puolella. Taimesta noin 10 cm vastakkaisiin suuntiin kairattiin halkaisijaltaan 6 cm ja paksuudeltaan 10 cm maapötkö. Tämä maa siirrettiin nailonpussiin ja upotettiin istutussyvyteen. Tässä kokeessa tutkittiin vain eläviä juuria ja kokeen tarkoituksena oli selvittää kuusen ja männyn taimien juurten kasvunopeutta eri istutusmenetelmissä eri tavoin muokatuilla metsänuudistusmailla.

Kasvukolonnit upotettiin maahan kesäkuussa 2005 ja otettiin pois heinäkuussa 2007. Seurannassa oli yhteensä 75 yksivuotiaista kuusen ja männyn tainta. Kokeeseen oli valittu viisi käsittelyä, joita olivat metsänuudistamiskokeen koejäsenet 1, 2, 6, 7 ja 8.

Istutuksen yhteydessä ja kokeen lopussa mitattiin taimen pituus. Männyn/kuusen sekä muiden kasvien elävät juuret eroteltiin maapötköistä. Männyn ja kuusen juurista selvitettiin ektomykorritsatyypit, niiden frekvenssi, sekä juurten haarautumisindeksit.



Kuva 17. Kasvukolonnimenetelmän periaate.

4. Tulokset

4.1. Laitekehitys ja laikkumätätystymenetelmän toimivuus

Laikkumätätystyslaite koostuu vaakapalkista ja sen päihin liittyvistä kahdesta pystyasentoisista ja lievästi kaarevista laipoista (kuvat 18 ja 19). Laippojen leveys on 55 cm ja pituus 100 cm. Laippojen etäisyys toisistaan sisäreunasta mitattuna on 145 cm ja laitteen kokonaisleveys on 255 cm. Laitteella on mahdollista tehdä kaksi mätästä yhtä aikaa, joko vetämällä tai työntämällä. Puomia voidaan vaakatasossa kallistaa, mikä mahdollistaa myös yksittäisten mätäiden teon kannon tai kiven estäessä molempien levyjen samanaikaisen käytön.

Laikutus tapahtuu painamalla laipat maahan 10-20 cm syvyyteen ja vetämällä sen jälkeen laitetta kaivinkoneen runkoa kohti tai päinvastoin työntämällä kaivinkoneesta poispäin. Syntyneen mätään humuskerros tulee vastakkain maanpinnan humuskerroksen kanssa ja mätäs tiivistetään painamalla sitä laipoilla.

Laitekehitys eteni siten, että kesällä 2005 laitteen liikeratoja parannettiin, jotta laikkumätäs voitiin tehdä molempiin suuntiin. Kesän 2006 aikana alkuperäistä laitetta muutettiin kaventamalla mätätyslevyjä 10 cm ja lisäämällä toinen levy pari puomin vastakkaiselle puolelle.

Laitteen kustannustehokkuutta voidaan kuitenkin edelleen parantaa. Menetelmästä saatiin kilpailukykyinen aikaisemmin kehitettyjen kaivinkoneisiin kiinnitettävien laitteiden kanssa. Kaivinkonepohjaiset muokkausmenetelmät eivät kuitenkaan pysty kilpailemaan taloudellisesti jatkuvan muokkauksen laitteiden kanssa (vaotus, äestys). Jatkuvan muokkauksen haitat ovat kuitenkin selvät. Tarpeeton pinnan rikkominen ja siitä seuraavat ekologiset ja sosiaaliset haitat.



Kuva 18. Hankkeessa kehitetty laikkumätätystyslaite. Kuva: Samuli Kempainen.



Kuva 19. Laikkumätätyslaite ja sen avulla tehdyt mätätät. Kuvat: Eeva Pudas ja Samuli Kempainen.

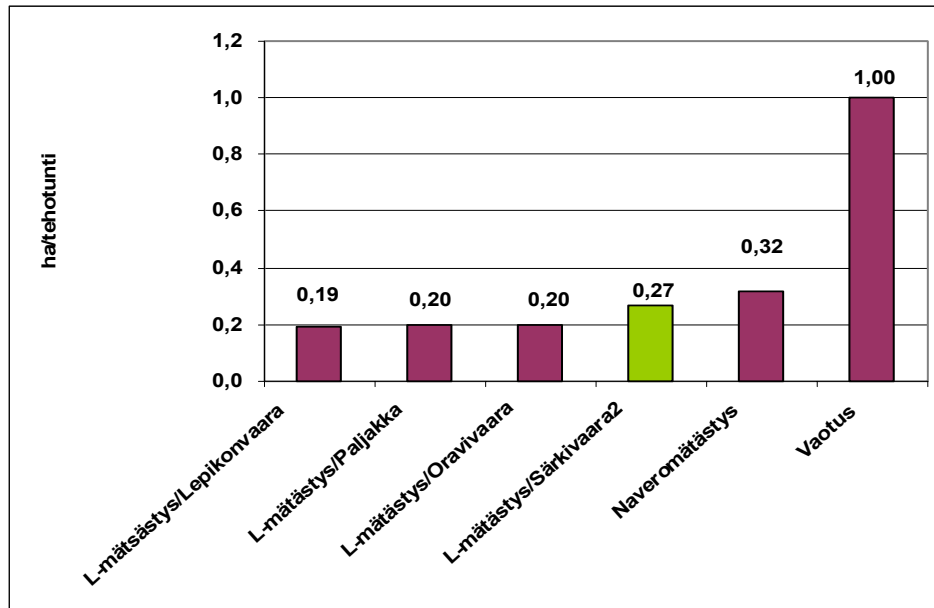
4.2. Menetelmän työaika- ja kustannusvertailu

Laikkumätätysmenetelmän kustannustehokkuutta tutkittiin maanmuokkauksen yhteydessä kesäkuussa 2005 sekä Lepikonperän että Kurja-ahon koealoilla. Laitekehityksen myötä tutkimusta jatkettiin vielä kesällä 2006 suuremmilla koealoilla Kuusamon Oravivaarassa ja Särkiluomassa. Oravivaaran koeajot tehtiin vuoden 2005 laitteella ja Särkiluomassa käytettiin uutta parannettua laikkumätätyslaitetta (Leiviskä et al. 2007).

Leiviskän et al. (2007) tutkimuksessa tarkasteltiin laikkumätätysmenetelmän tuotosta ja kustannuksia, sekä vertailtiin niitä naveromätätystykseen ja vaotukseen. Laikkumätätystyksen työvaiheita olivat kaivinkoneen siirtyminen, hakkuutähteen siirto tarvittaessa, mätätän teko ja mätätän tiivistäminen. Hankkeessa kehitetty laikkumätätyslaite teki kaksi mätätstä yhtä aikaa.

Laikkumätätyskoeruuduilta mitattiin aluksi hakkuutähteen peittävyys ja laskettiin kantojen lukumäärä, sillä näillä tekijöillä pyrittiin selvittämään laikkumätätystyksen tuotoksen vaihtelua. Hakkuutähteen peittävyys lisäsi hakkuutähteen siirtelyyn kuluvaan aikaa (korrelaatio + 0.38), mutta hakkuutähteen määrän vaikutusta työvaiheiden kokonaisaikaan ei havaittu. Videonauhoituksesta mitattu laikkumätätän tiivistysvaiheen osuus kokonaisajasta oli noin viidennes.

Lepikonvaaran vuoden 2005 kenttäkokeissa laikkumätätystyksen tehotuntituotos oli 306 laikkumätätstä/tunti (vaihteluväli 242 – 374). Hehtaareina mitattu laikkumätätystyksen tuotos riippuu siitä, kuinka suuri laikkumäärä hehtaarin alalle katsotaan riittäväksi. Jos riittävä laikkumäärä on 1600 laikkua/hehtaari, oli kesän 2006 tuotos 0,19 ha/tunti (kuva 20). Laikkujen määrä oli keskimäärin 1164 mätätstä/ha. Paljakan koealueella laikkumätätystyksen tehotuntituotos oli 324 laikkumätätstä/tunti (vaihteluväli 287 – 380). Laikkuja oli keskimäärin 1517 kappaletta hehtaarilla. Tehotuntituotokseksi Paljakassa saatiin 0,20 ha/tunti. Suuremmalla koealueella (Oravivaara) laikkumätätystyksen tehotuntituotos (315 mätätstä tehotunnissa) ei juuri muuttunut kesän 2005 tuloksista, vaikka muokattavana oli koeruudun asemesta suurempi (0,66 ha) yhtenäinen alue. Kun laikkumätätyslaitteeseen lisättiin toinen pari mätätstyslevyjä ja laikkuja pystyttiin tekemään kaksisuuntaisesti, parani tuotos Särkiluoman koealueella 43 % kesän 2005 Lepikonvaaran keskiarvotulokseen verrattuna ollen 439 laikkumätätstä tehotunnissa. Tuottavuutta paransi myös uusi



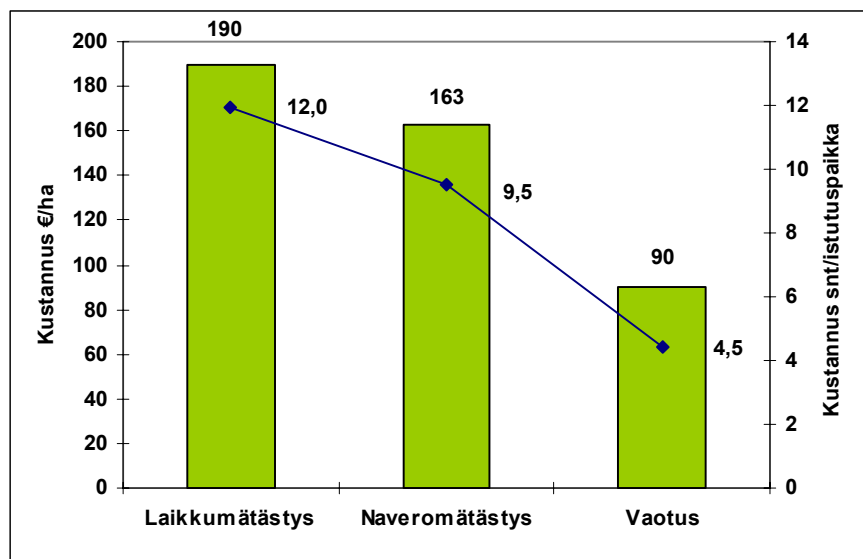
Kuva 20. Kenttäkokeissa testattujen eri maanmuokkausmenetelmien tehotuntituotokset (keskiarvo, ha/h) (Leiviskä et al. 2007).

työskentelytapa. Muokkauskoneen kuljettaja teki laikkuja kaksisuuntaisesti, sekä konetta kohti (taaksepäin 46 %) että koneesta pois (eteenpäin 54 %). Tuotoksen lisäyksen merkitystä nosti edelleen se, että Särkiluoman koalueen hakkuukertymä oli 1,7-kertainen verrattuna Lepikonvaaran hakkuukertymään, ja tästä syystä hakkuutähteen määrä Särkiluoman koalueella oli huomattavasti korkeampi kuin Lepikonvaaran koalueella. Hakkuutähteen siirtelyn osuus ajanmenekistä oli Särkiluomassa 19 %, kun se Lepikonvaarassa oli noin 10 %.

Naveromätästykseen tuotokseksi saatiin 0,50 ha/tunti, kun navero-ojan määrä 40 m x 40 m koeruudulla oli 500 m/ha. Koeruudun 40 metrin leveys ei soveltunut tavanomaiselle 15 metrin ojavälille, kun kaivurin puomin ulottuvuus oli 7,5 m. Tästä syystä kuvion reunoille jäi katvealueita. 15 metrin ojavälillä laskettuna naveromätästykseen tuotos oli 0,32 ha/tunti. Vaotuksen tuotos oli 1,0 ha/tunti, kun vakojen väli oli 5 metriä.

Laikkumätästykseen kustannukseksi tehotuntia kohti laskettuna saatiin (alv 0%) 190 €/ha (kuva 21). Naveromätästykseen kustannus oli 15 metrin ojavälillä laskettuna 162 €/ha. Vaotus on menetelmästä edullisin eli 90 €/ha. Lepikonvaarassa tehdyn taimi-inventoinnin mukaan istutettujen taimien määrä oli laikkumätästyskoaloilla 1587 kpl/ha, naveromätästyskoaloilla 1709 kpl/ha ja vaotusaloilla 2027 kpl/ha. Laikkumätästystä oli noin 33 % suuruudeltaan sellaisia, että mättäälle tai laikkumätästään teon yhteydessä kunnasta vapautuneelle alueelle mahtui kaksi tainta. Istutettujen taimien määrän perusteella yhden istutuspaikan kustannus oli laikkumätästyksessä 12 senttiä, naveromätästyksessä 9,5 senttiä ja vaotuksessa 4,5 senttiä.

Käytännössä todelliset maanmuokkauskustannukset ovat tapauskohtaiset ja perustuvat urakkakilpailuun. Kustannuksiin vaikuttavat mm. kohteiden sijainti (koneiden siirtokustannukset, päivärahat, matkakustannukset), työkohteiden pinta-ala (suuret/pienet käsittelyalat), maasto-olot (soistunut, kivinen jne.) ja koneiden hankintakustannukset.

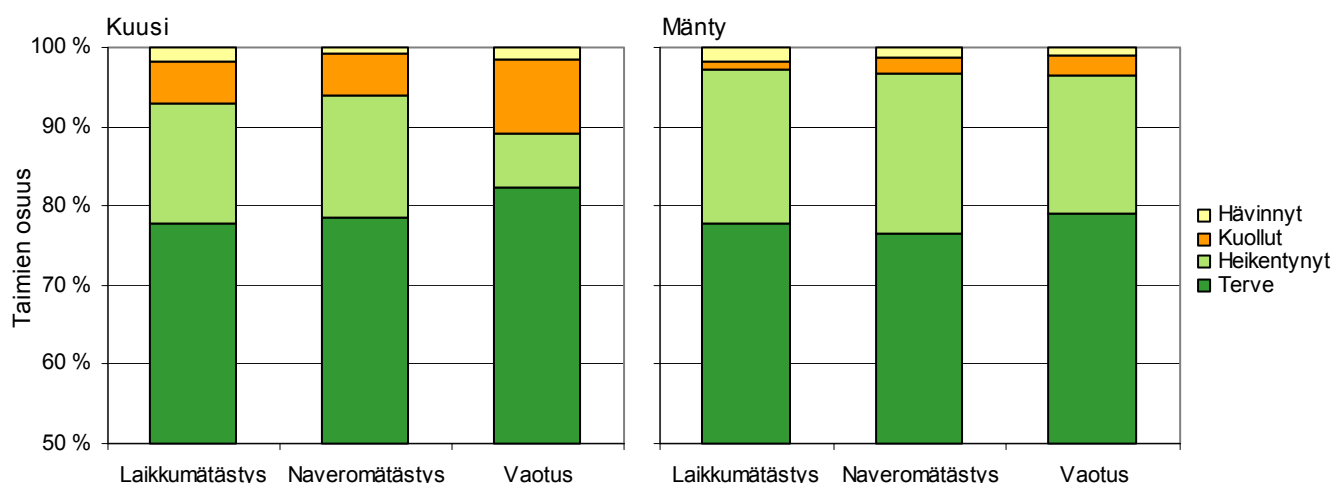


Kuva 21. Maanmuokkausmenetelmien hehtaarikustannukset ja taimi-inventoinnin mukaan laskettu istutuspaikan kustannus (ilman alv:a) (Leiviskä et al. 2007).

4.3. Taimien menestyminen

Lepikonperän koealan aineistosta vertailtiin kuusen ja männyn taimien menestymistä eri tavoin. Kurja-ahon aineisto käsitti ainoastaan kuusen.

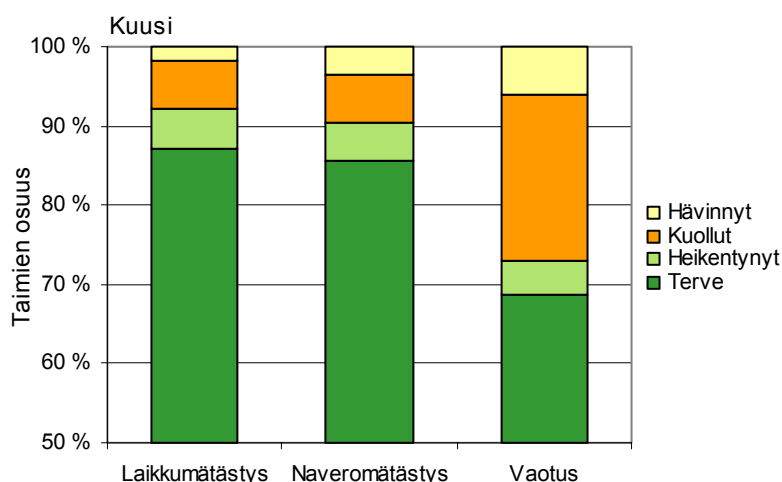
Lepikonperällä eri maanmuokkausmenetelmät eivät eronneet toisistaan merkittävästi (kuva 22). Kuusella terveiden taimien osuus oli suurin vaotuksessa (82 %), mutta toisaalta myös kuolleisuus oli selvästi suurempaa kuin laikku- tai naveromätästyksessä. Männyllä eroja ei ollut käytännössä lainkaan.



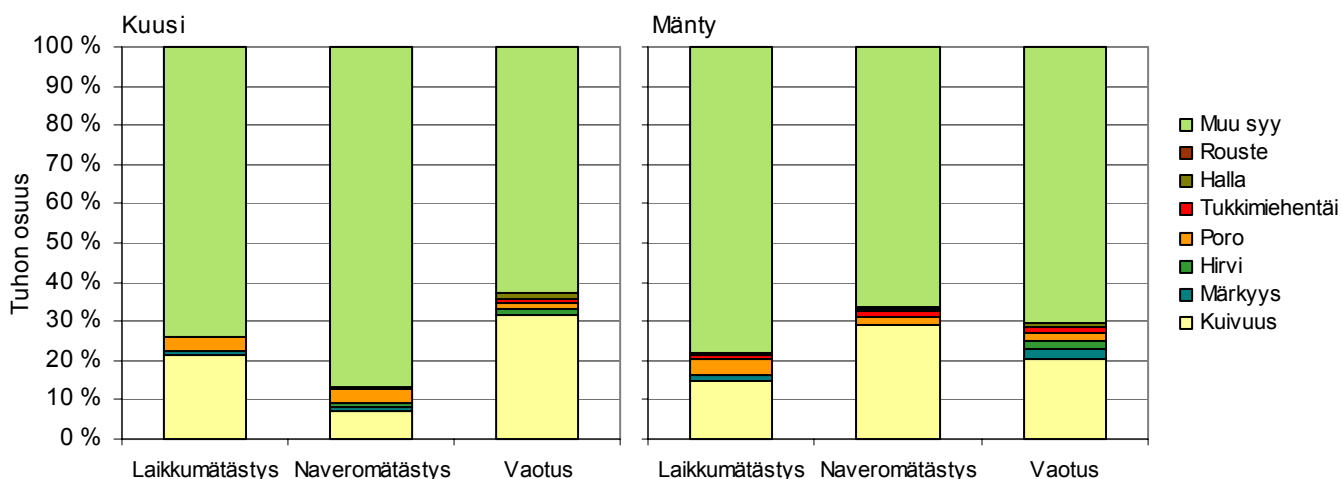
Kuva 22. Kuusen ja männyn taimien kunto Lepikonperän koealalla kasvukauden 2007 jälkeen (tavallinen istutus).

Kurja-ahossa sekä terveiden että elävien (terveet ja heikentyneet) taimien osuus oli huomattavan pieni vaottamalla uudistetuilla koealoilla (kuva 23). Niiden osuus oli alle 70 prosenttia, kun taas laikku- ja naveromätästyksessä terveitä taimia oli yli 85 %. Sitä myötä vaotuksen kuolleisuus oli myös suuri (21 %).

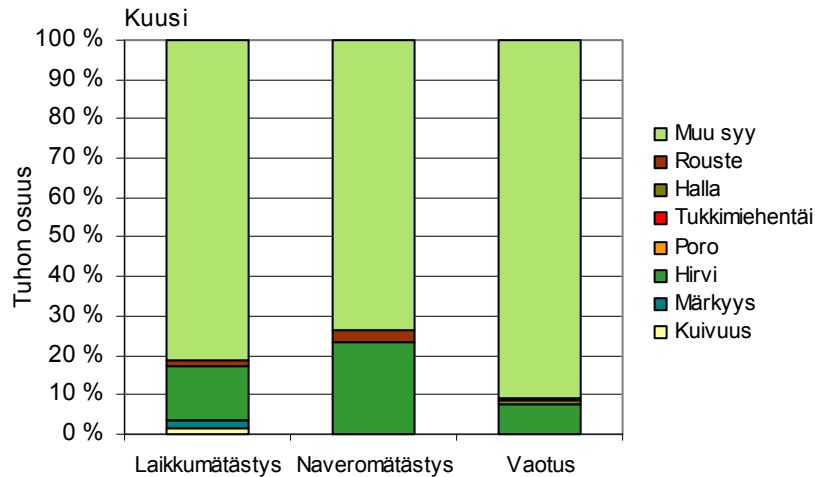
Kuolleiden ja heikentyneiden tuhon syy jäi suureksi osaksi selvittämättä sekä Lepikonperällä (kuva 24) että Kurja-ahossa (kuva 25). Lepikonperän koealalla määritetyistä tuhon syistä kuusen taimia vaivasi eniten kuivuus, varsinkin vaottamalla uudistetuilla koeruuduilla. Myös männyllä kuivuus oli suuri syy tuhoihin, mutta erot eri maanmuokkausmenetelmien välillä olivat pienemmät. Kurja-ahon koealalla hirvituhot olivat merkittävin selvitetty syy kuusen taimien heikentymiseen tai kuolleisuuteen, varsinkin naveromätästyksessä.



Kuva 23. Kuusen taimien kunto Kurja-ahossa kasvukauden 2007 jälkeen (tavallinen istutus).



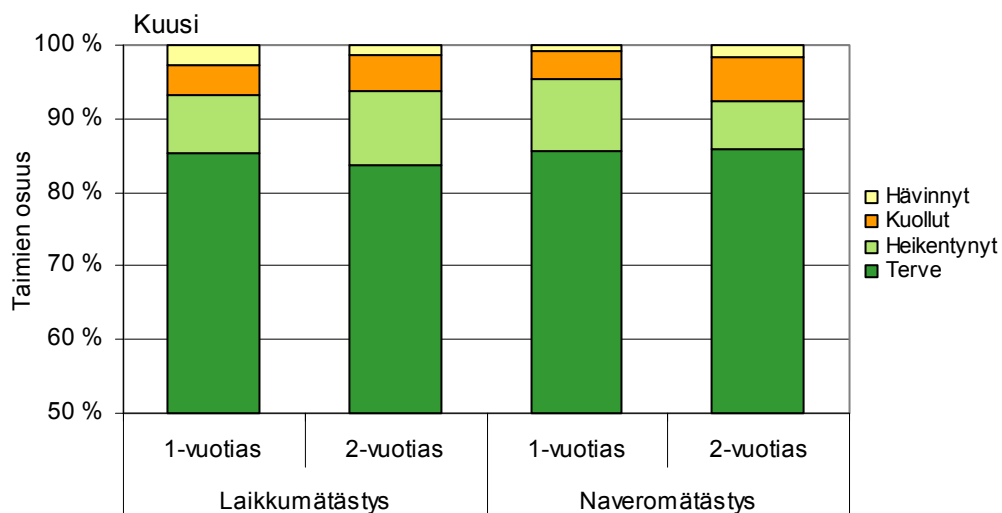
Kuva 24. Kuolleiden ja heikentyneiden, tavallisesti istutettujen taimien tuhon syy Lepikonperän koealalla.



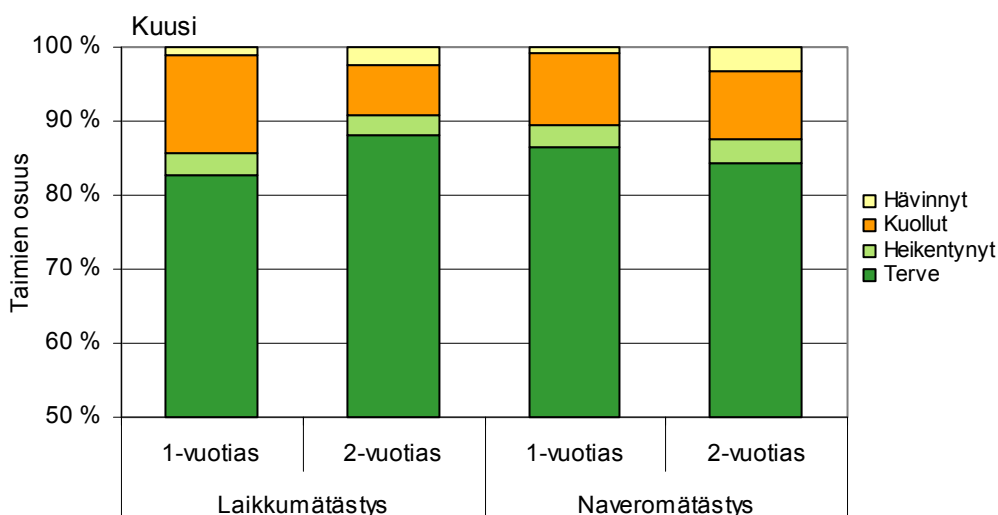
Kuva 25. Kuolleiden ja heikentyneiden, tavallisesti istutettujen kuusen taimien tuhon syy Kurja-ahon koealalla.

Laikku- ja naveromätästyksen erot olivat mitättömän pienet, kun vertailtiin syväistutettujen 1- ja 2-vuotiaiden kuusen taimien kuntoa vuoden 2007 kasvukauden jälkeen Lepikonperän koealalla (kuva 26). Yksivuotiaat taimet olivat menestyneet hieman kaksivuotiaita paremmin, mutta molemmat olivat menestyneet hyvin kuolleisuuden ollessa vain viiden prosentin luokkaa.

Sen sijaan Kurja-ahon koealalla samassa vertailussa olevat kuusen taimet olivat menestyneet heikommin (kuva 27). Tosin täysin terveiden taimien osuus oli suurempi, mutta vastaavasti kuolleita taimia oli noin 10 %. Laikkumätästyksessä 2-vuotiaat taimet olivat menestyneet selvästi 1-vuotiaita paremmin, mutta naveromätästyksessä taas elävien 1-vuotiaiden taimien osuus oli hieman suurempi.



Kuva 26. Syväistutettujen kuusen taimien iän ja kunnon vertailu kasvukauden 2007 jälkeen Lepikonperän koealalla.

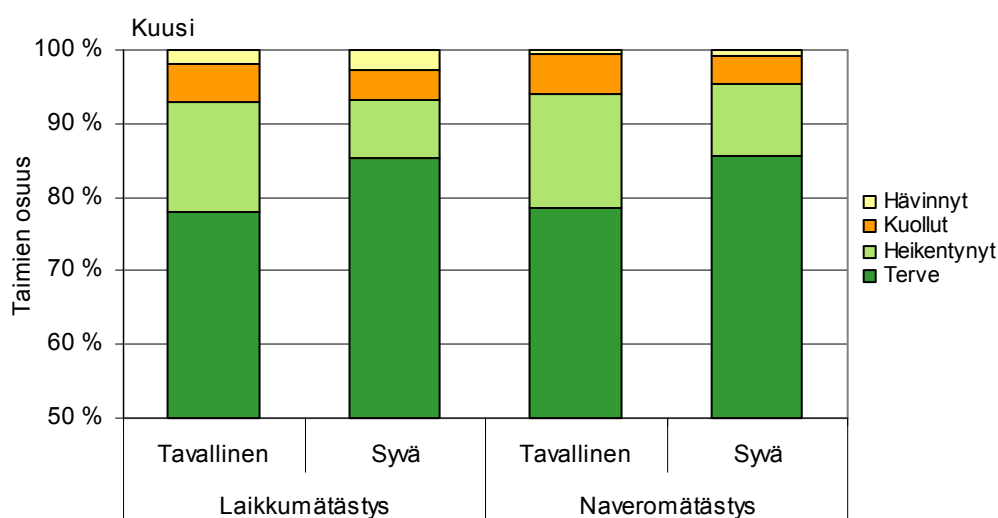


Kuva 27. Syväistutettujen kuusen taimien iän ja kunnon vertailu kasvukauden 2007 jälkeen Kurja-ahon koealalla.

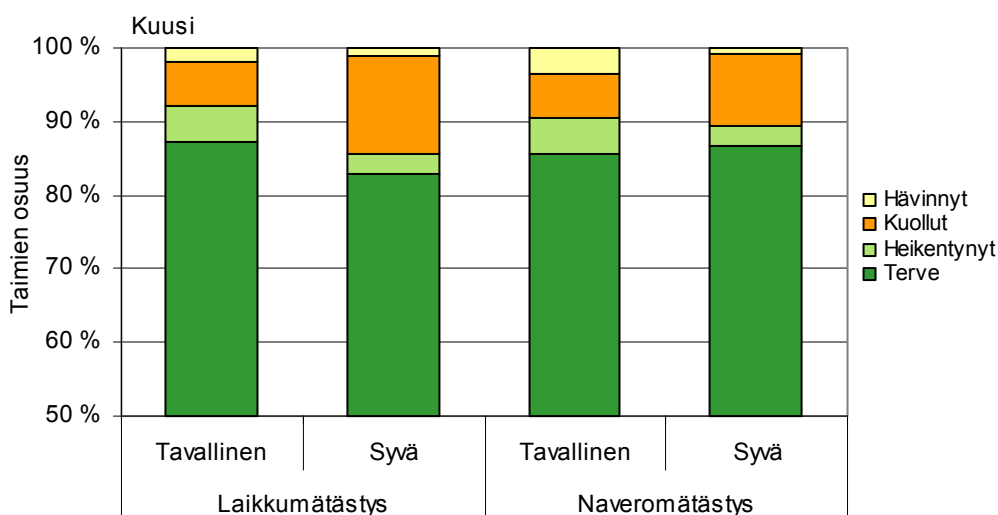
Vertailtaessa tavallista istutusta ja syväistutusta Lepikonperän 1-vuotiaiden kuusen taimien kunnon perusteella elävien taimien osuus oli suurin piirtein yhteneväinen laikku- ja naveromätästyksessä (90-95 %) (kuva 28). Täysin terveiden taimien perusteella syväistutus oli kuitenkin parempi istutustapa molempien maanmuokkausmenetelmien osalta. Terveiden taimien osuus oli alle 80 prosenttia tavallisessa istutuksessa ja noin 85 % syväistutuksessa.

Kurja-ahossa tilanne oli jossain määrin päinvastainen (kuva 29). Syväistutuksessa kuolleisuus oli sekä laikku- että naveromätästyksessä yli kymmenen prosentin luokkaa, kun se tavallisessa istutuksessa jäi noin viiteen prosenttiin.

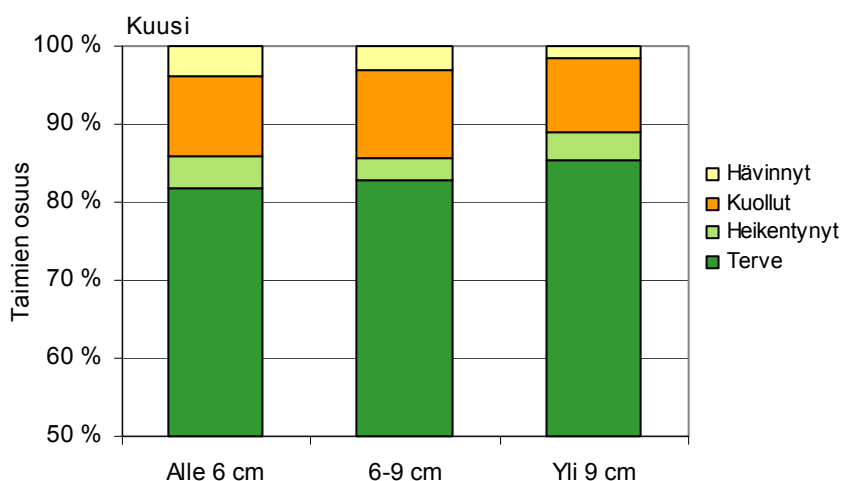
Taimien alkupituudella ei näyttänyt olevan suurta vaikutusta taimien menestymiseen Kurja-ahossa (kuva 30).



Kuva 28. 1-vuotiaiden kuusen taimien istutustavan ja kunnon vertailu kasvukauden 2007 jälkeen Lepikonperän koealalla.

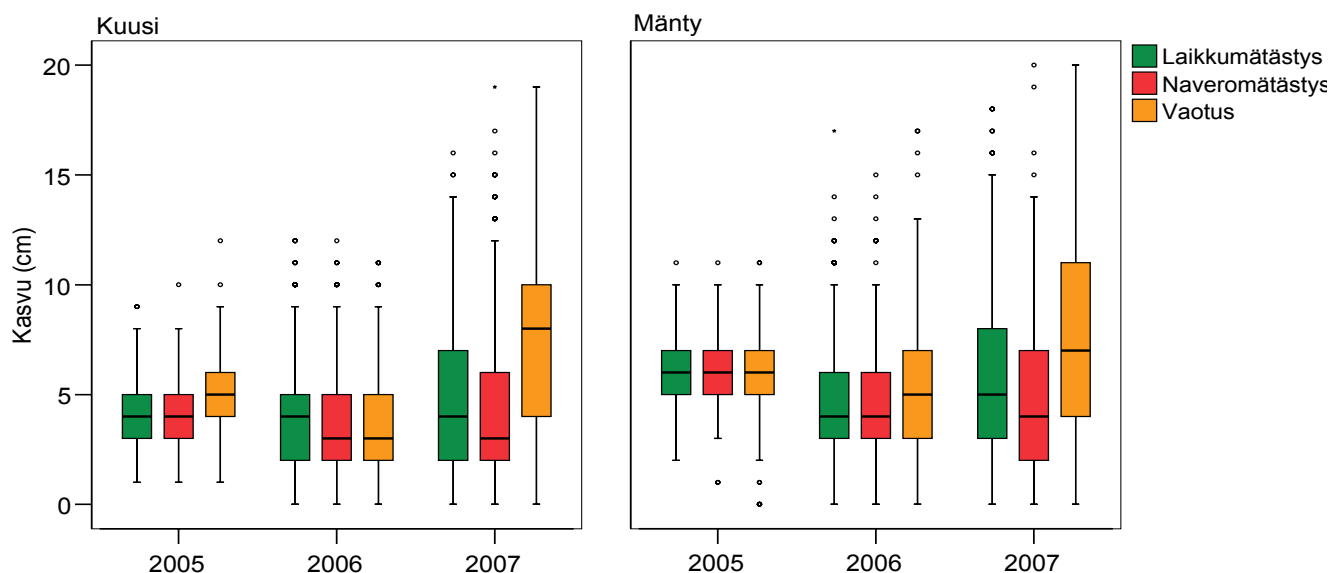


Kuva 29. 1-vuotiaiden kuusen taimien istutustavan ja kunnon vertailu kasvukauden 2007 jälkeen Kurja-ahon koealalla.

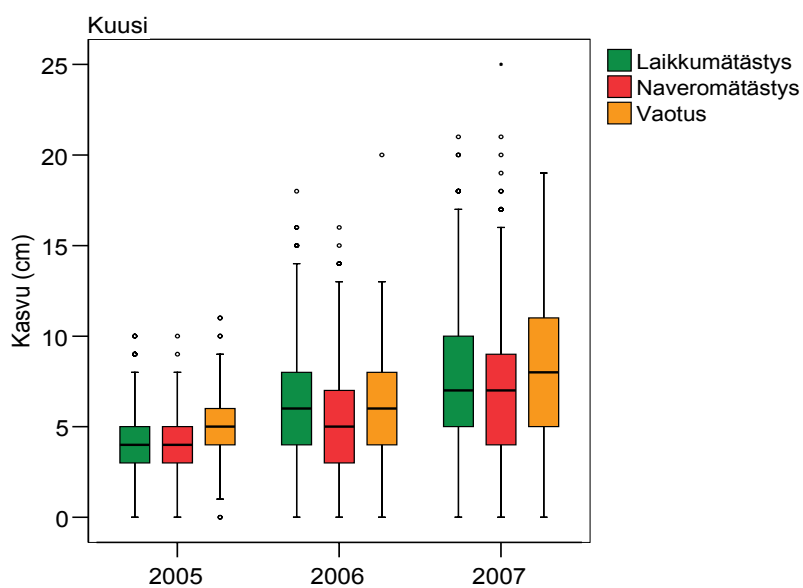


Kuva 30. Kuusen taimien alkupituuden vaikutus niiden kuntoon vuoden 2007 kasvukauden jälkeen Kurja-ahon koealalla.

Lepikonperällä vaottamalla uudistetulle maalle istutetut taimet kasvoivat vuonna 2007 paremmin vertailussa navero- tai laikkumätästykseen (kuva 31). Tosin kasvutiedot olivat vasta kolmelta ensimmäiseltä kasvukaudelta, joten tilanne saattaa muuttua muutaman seuraavan vuoden kuluessa. Tilanne oli samanlainen sekä kuusella että männällä. Sen sijaan Kurja-ahossa erot eri maanmuokausmenetelmien välillä olivat pienet (kuva 32).

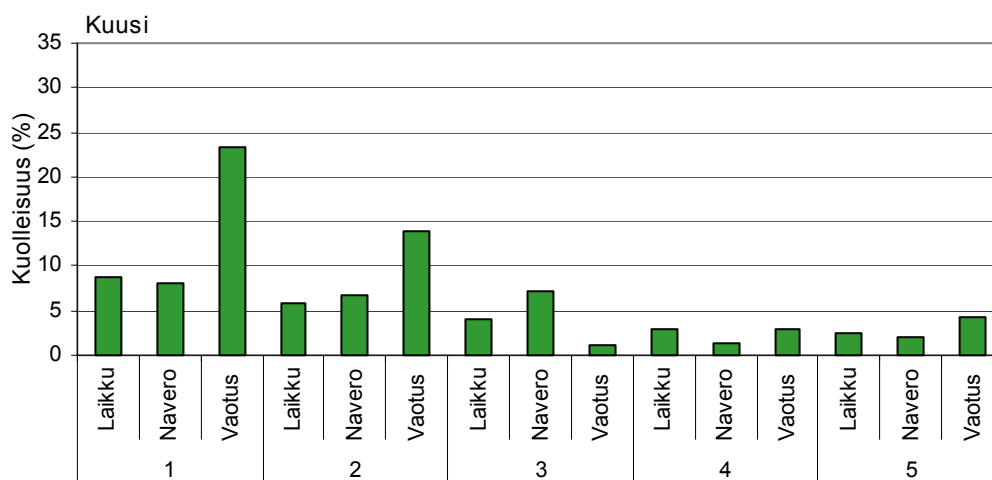


Kuva 31. Taimien kasvu vuosittain ja uudistusmenetelmittäin Lepikonperän koealalla.

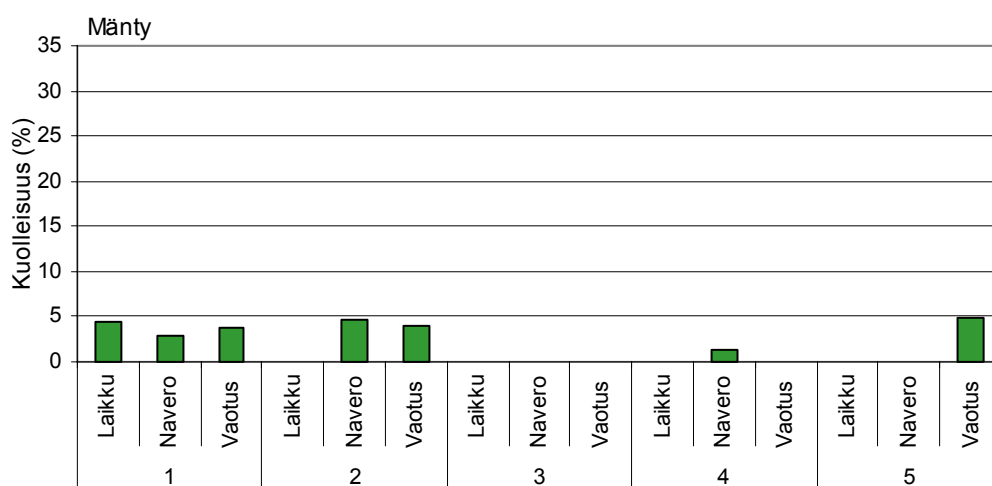


Kuva 32. Kuusen taimien kasvu vuosittain ja uudistusmenetelmittäin Kurja-ahon koealalla.

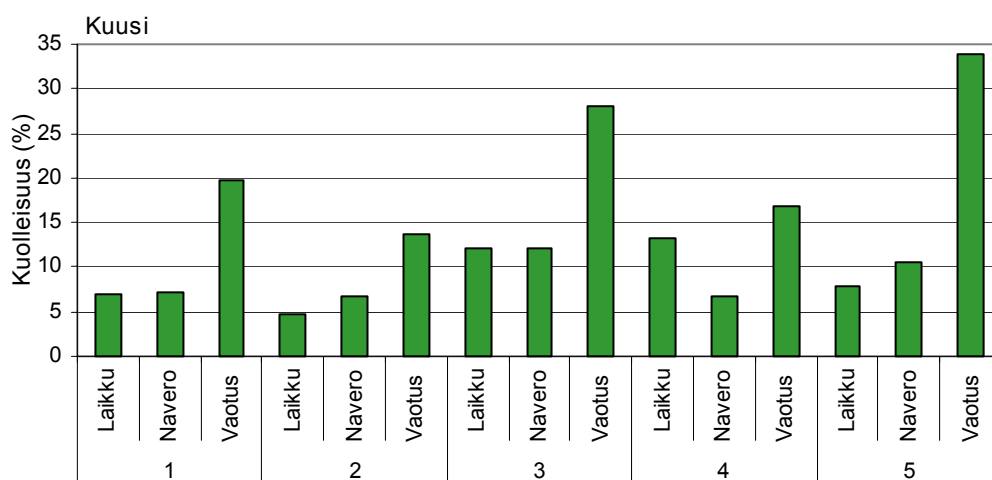
Kolmen kasvukauden jälkeen kuolleisuus oli kuusella huomattavasti suurempaa kuin männyllä (kuvat 33-38). Kurja-ahossa puolestaan kuolleisuus oli voimakkaampaa kuin Lepikonperällä, varsinkin vaottamalla uudistetuilla ruuduilla.



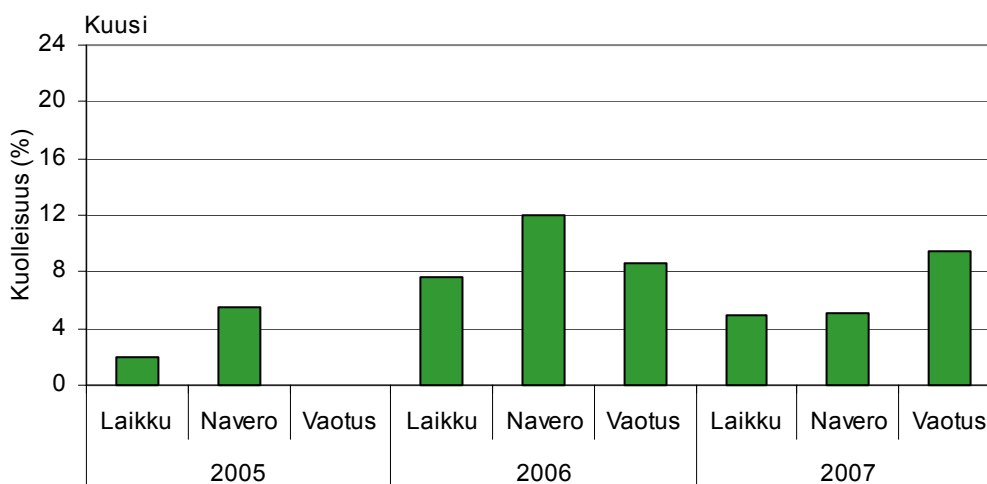
Kuva 33. Kuusen taimien kuolleisuus lohkoittain Lepikonperän koealalla.



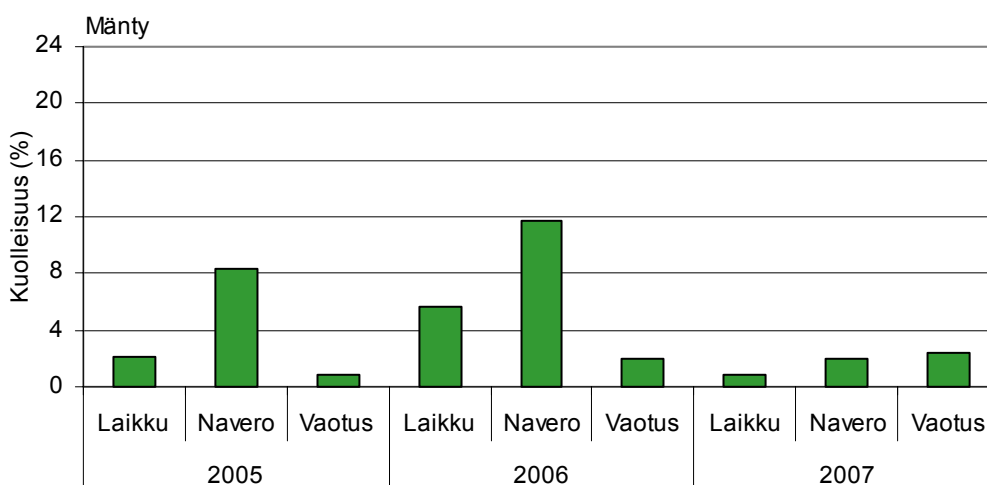
Kuva 34. Männyn taimien kuolleisuus lohkoittain Lepikonperän koealalla.



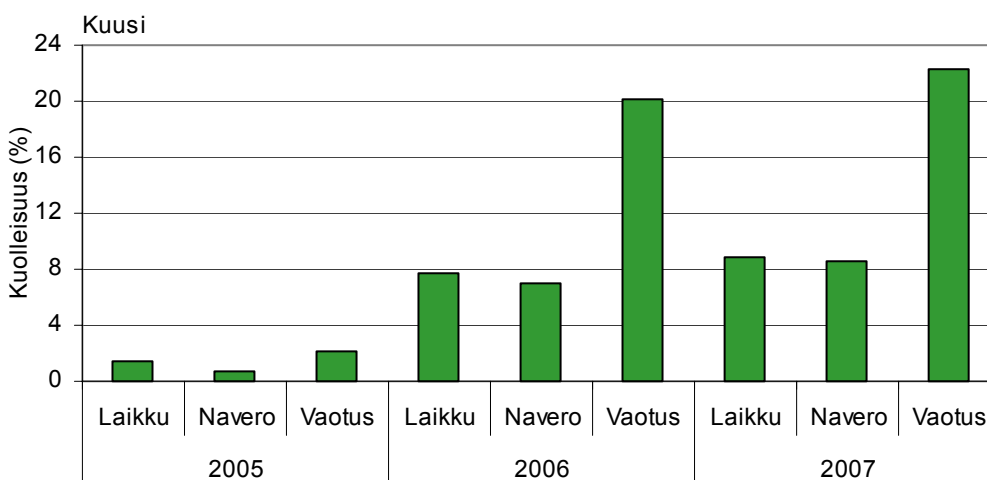
Kuva 35. Kuusen taimien kuolleisuus lohkoittain Kurja-ahon koealalla.



Kuva 36. Kuusen taimien kuolleisuus vuosittain Lepikonperän koelalla.



Kuva 37. Männyn taimien kuolleisuus vuosittain Lepikonperän koelalla.

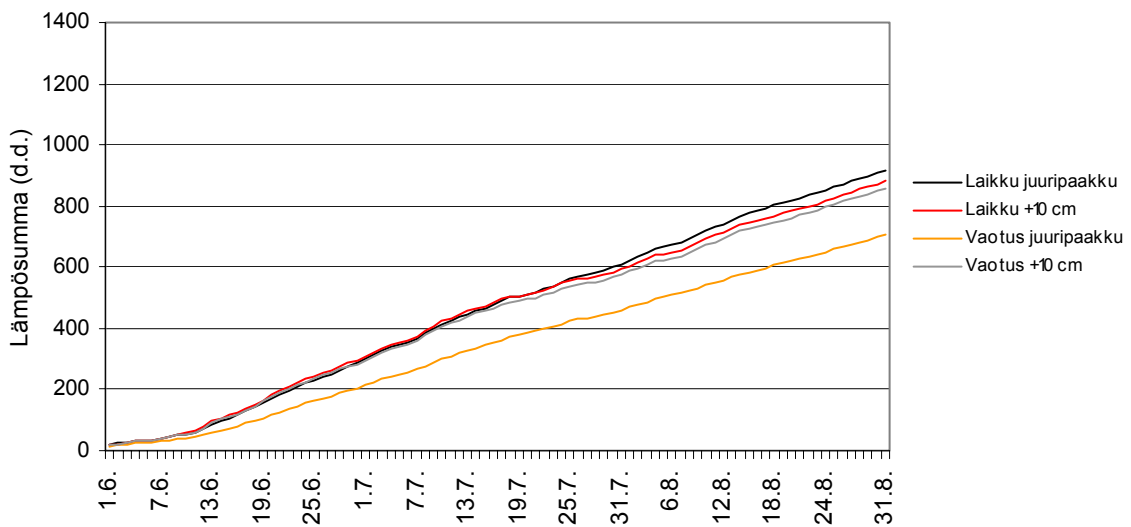


Kuva 38. Kuusen taimien kuolleisuus vuosittain Kurja-ahon koelalla.

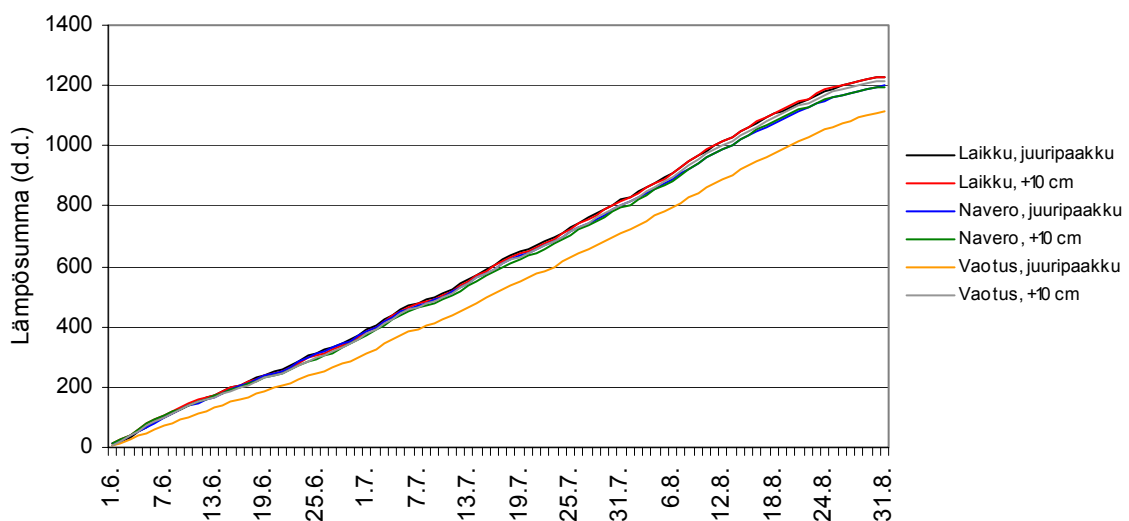
4.4. Lämpötilamittaukset

Lepikonperällä lämpösumma nousi kesällä 2007 noin 1100-1200 vuorokausiasteeseen (d.d.). Summa oli selvästi korkeampi kuin vuonna 2006 (kuvat 39 ja 40). Vuonna 2007 hajonta eri maanmuokkausmenetelmien välillä oli vähäisempää, mutta vaotuksen juuripaakku erosi molempina vuosina selvästi muista lämpötilan mittauspaikeista.

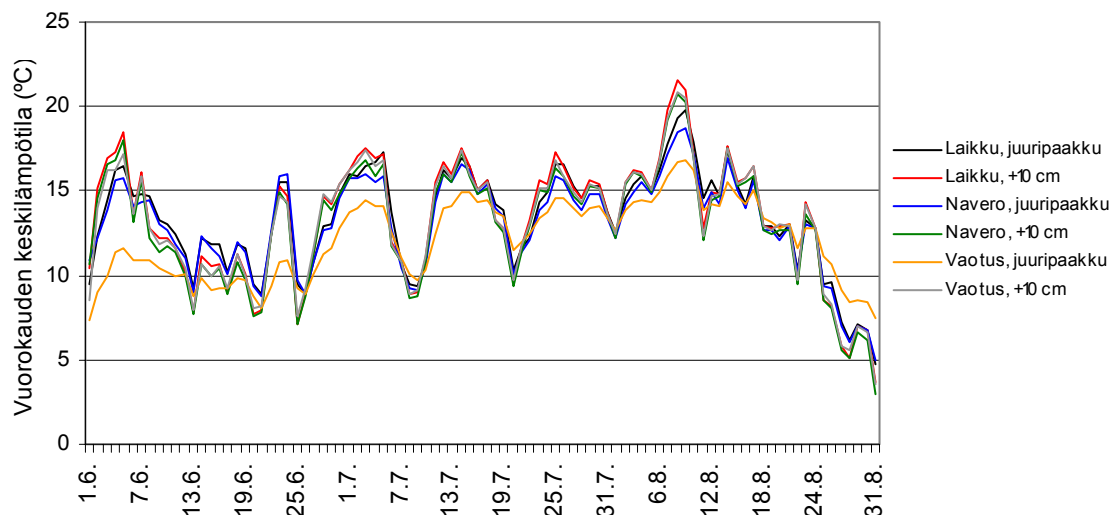
Vuoden 2007 kasvukauden vuorokautisten lämpötilojen suhteen oli sama ilmiö (kuva 41). Laikku- ja naveromätästyksen juuripaakku sekä kymmenen senttimetrin korkeudessa olevan lämpötilanturi kaikilla maanmuokkausmenetelmillä mittasi lähes yhteneväisiä lämpötiloja, mutta vaotuksen juuripaakku erosi näistä selvästi. Vaotuksen juuripaakku erosi muiden menetelmien juuripaakuista myös siinä suhteessa, että alkukesästä sen lämpötila pysyy alhaisempana pidempään, mutta loppukesästä taas korkeampana.



Kuva 39. Lämpösumma vuonna 2006 Lepikonperän koealalla.



Kuva 40. Lämpösumma vuonna 2007 Lepikonperän koealalla.

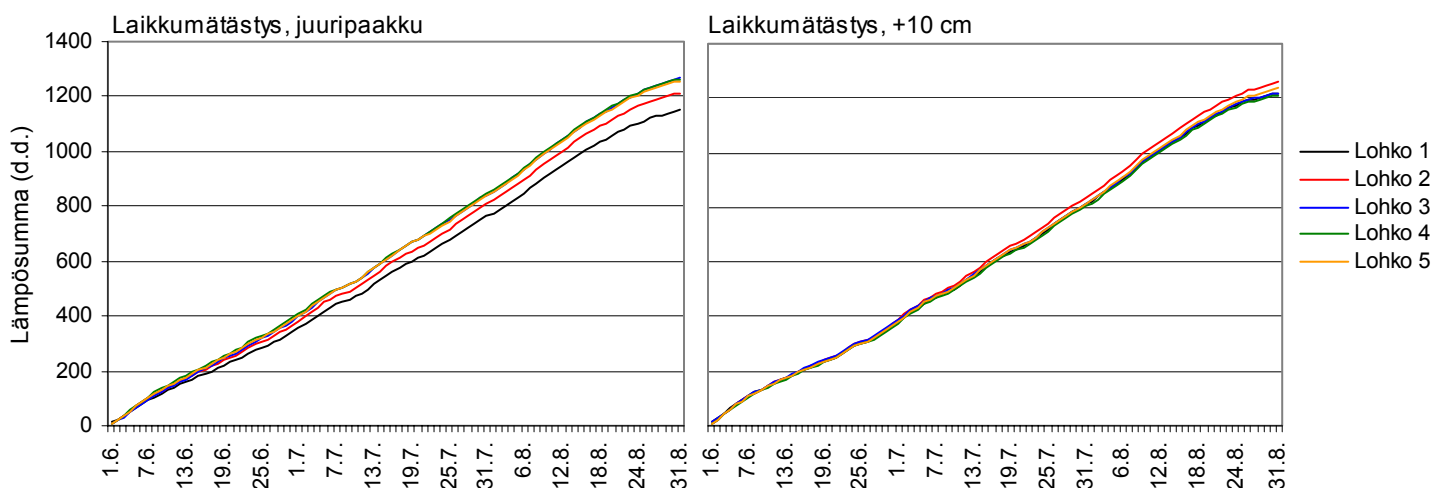


Kuva 41. Vuorokauden keskilämpötilat vuonna 2007 Lepikonperän koealalla.

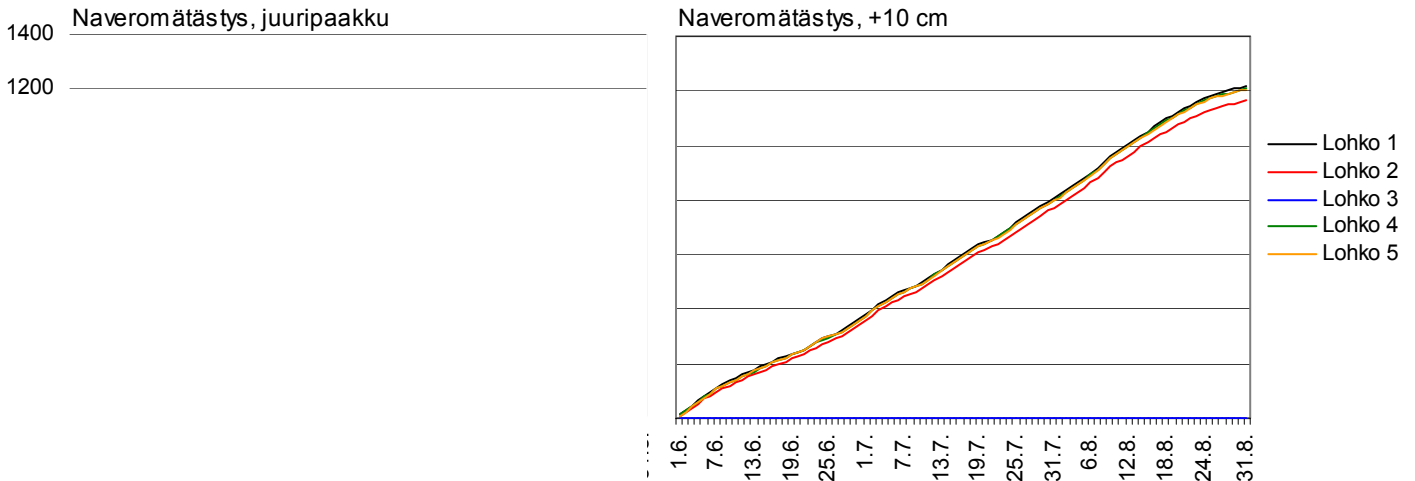
Lohkoittaisessa lämpösumatarkastelussa ei ollut suuria eroja (kuvat 42, 43 ja 44). Laikku- ja naveromätästyksessä lohkot 1 ja 2 erosivat hieman muista lohkoista sekä vaotuksessa lohko 2.

Kuukausittaisessa tarkastelussa noin puolet kesän 2007 lämpösommasta Lepikonperällä kertyi kesä-heinäkuussa ja puolet elokuussa (kuva 45). Kesäkuun osuus oli noin 15 % ja heinäkuun noin 35 %. Sen sijaan eroja eri maanmuokausmenetelmien välillä ei juurikaan ollut.

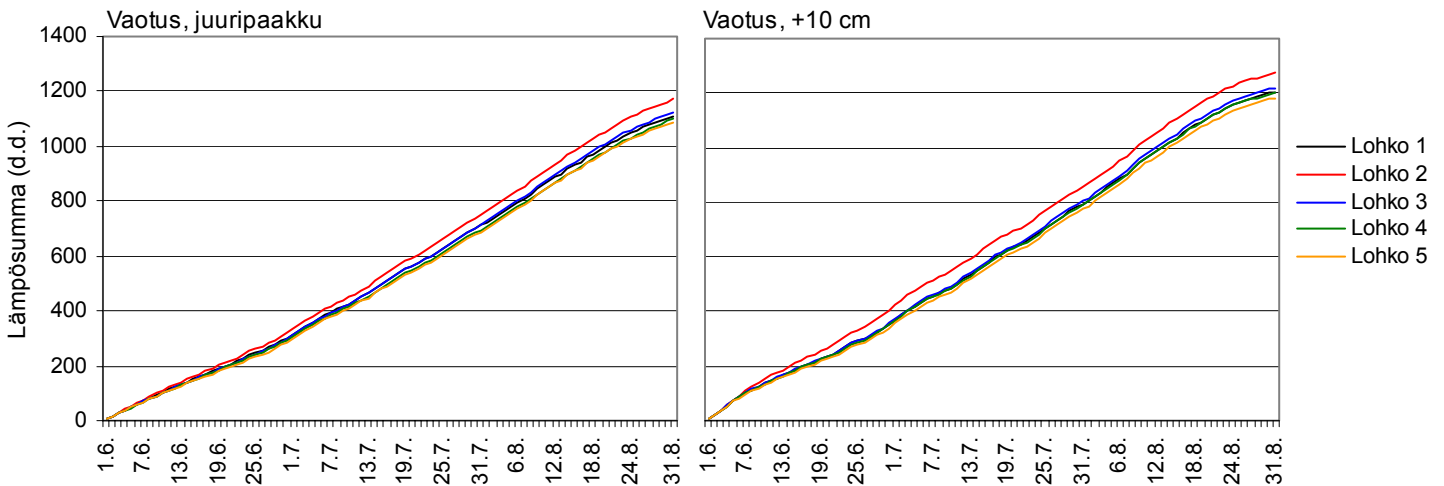
Vuorokautisten lämpötilojen tunnittaisessa tarkastelussa kesällä 2007 erot olivat laikku- ja naveromätästysjuuripaakkujen välillä hyvin pienet. Sen sijaan vaotuksen juuripaakku erosi näistä, sillä sen vuorokauden sisäinen vaihtelu oli selvästi pienempää. Kymmenen senttimetrin korkeudella olevien lämpötilojen ero oli pientä kaikkien maanmuokausmenetelmien välillä (kuvat 46-58).



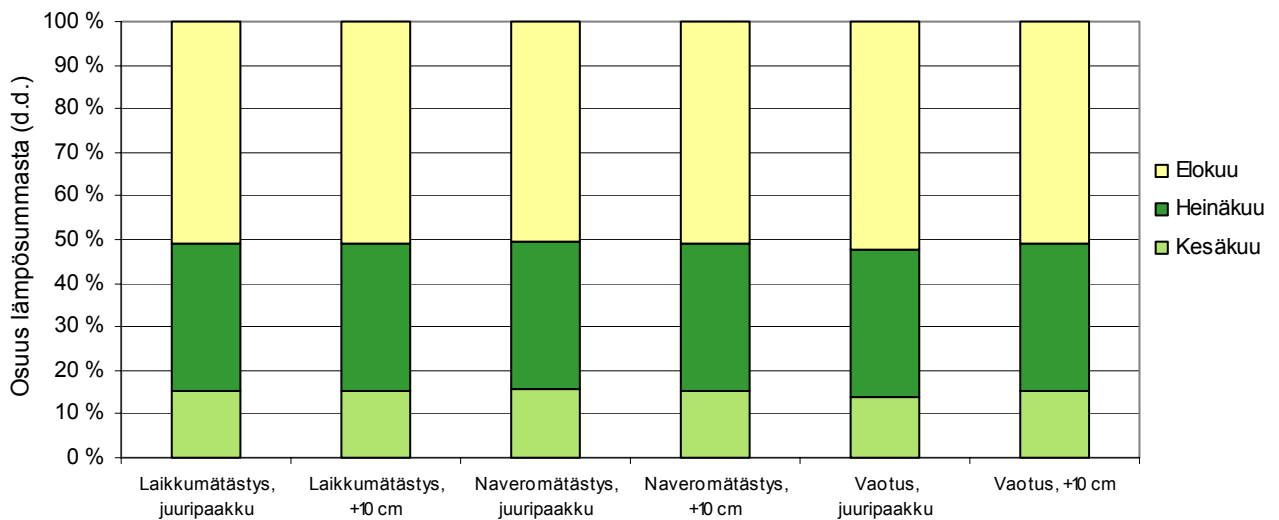
Kuva 42. Laikkumätästämällä uudistettujen ruutujen lämpösomma lohkoittain vuonna 2007 Lepikonperän koealalla.



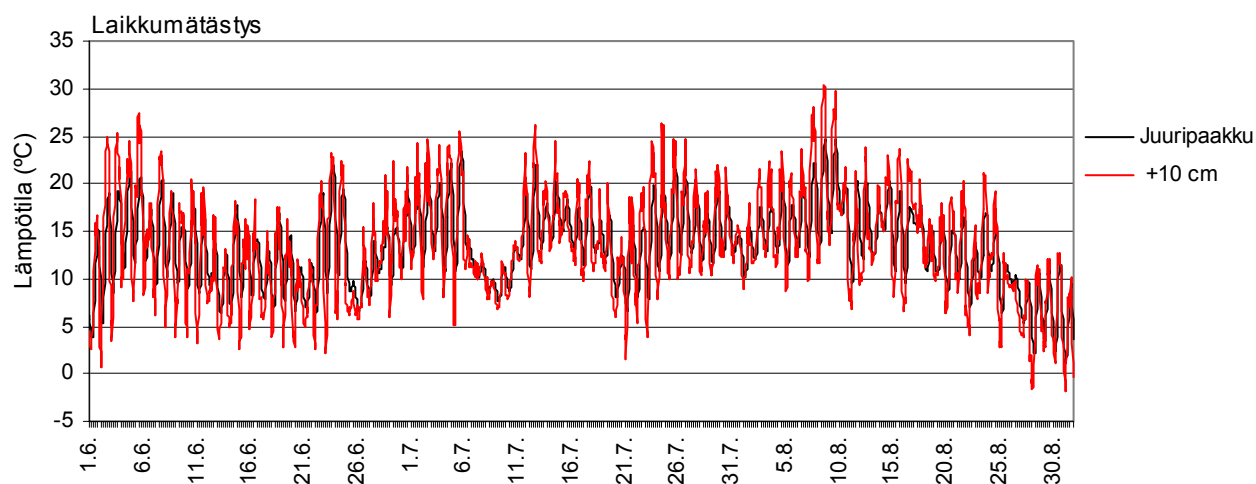
Kuva 43. Naveromätästämällä uudistettujen ruutujen lämpösomma lohkoittain vuonna 2007 Lepikonperän koealalla.



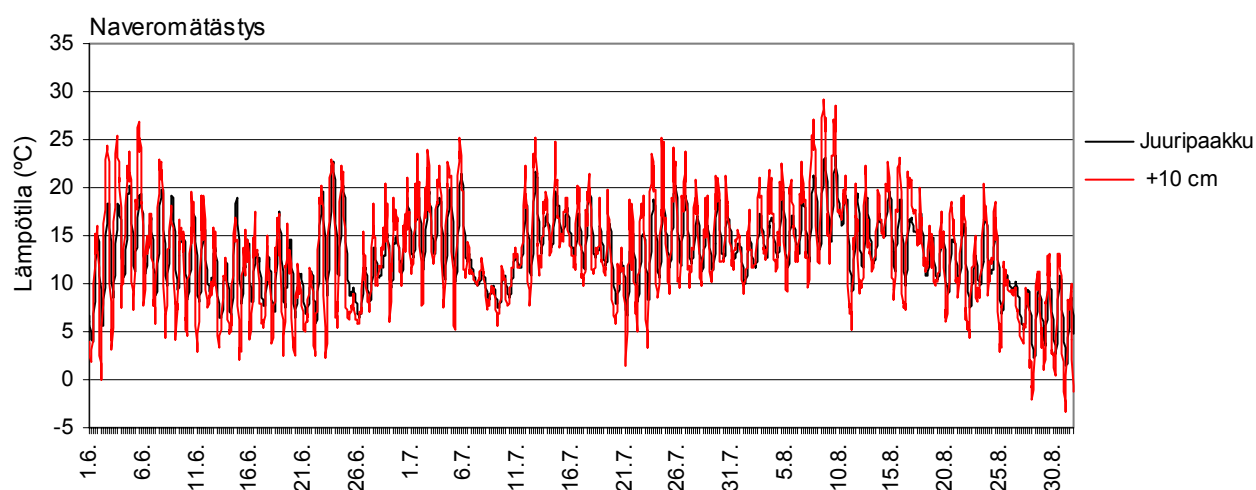
Kuva 44. Laikkumätästämällä uudistettujen ruutujen lämpösomma lohkoittain vuonna 2007 Lepikonperän koealalla.



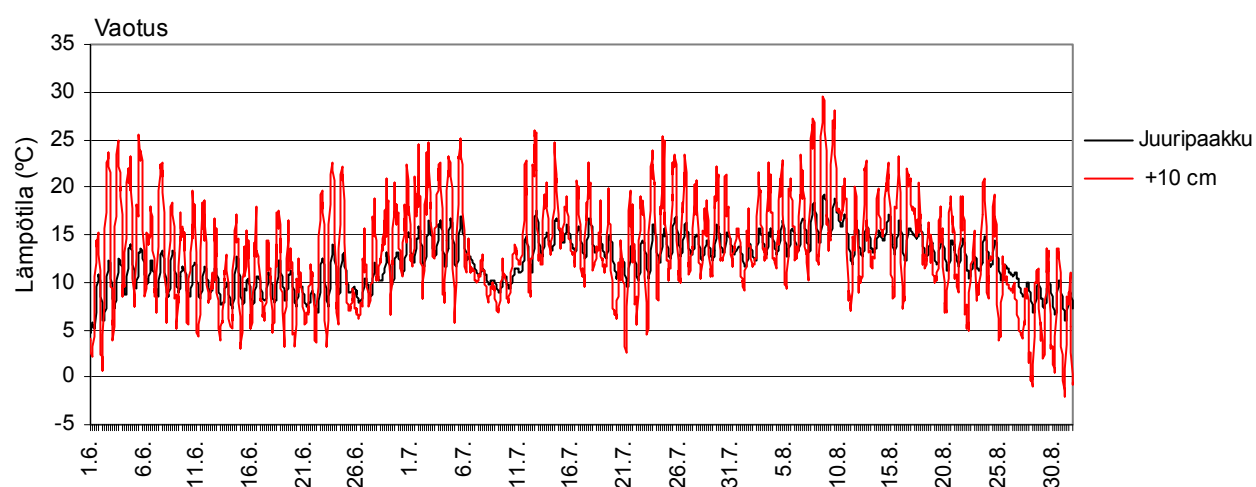
Kuva 45. Kuukausittaiset osuudet kesän 2007 lämpösommasta Lepikonperän koealalla.



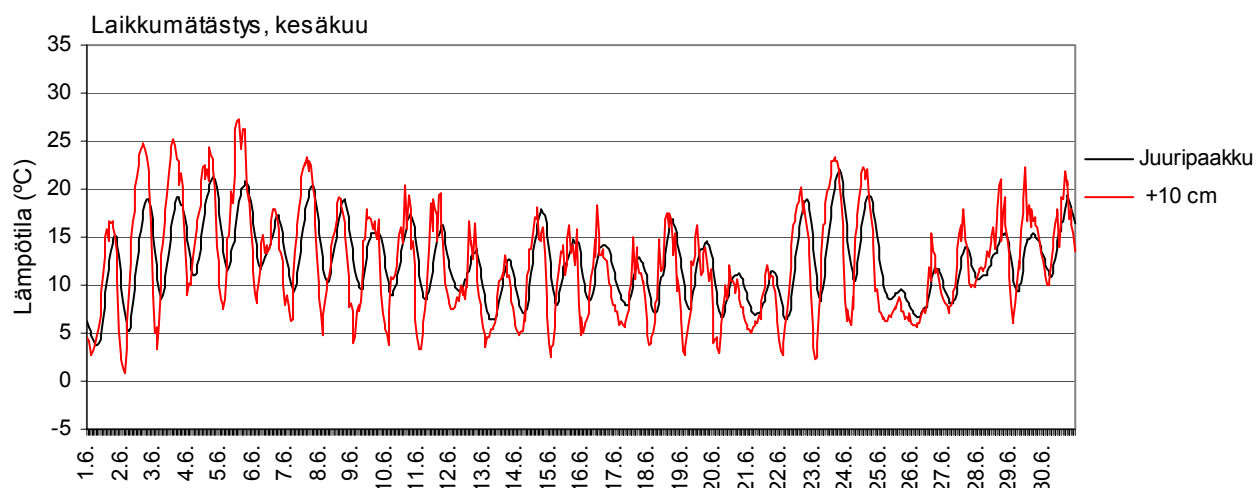
Kuva 46. Laikkumätästettyjen ruutujen tunnitaiset lämpötilat vuonna 2007 Lepikonperän koealalla.



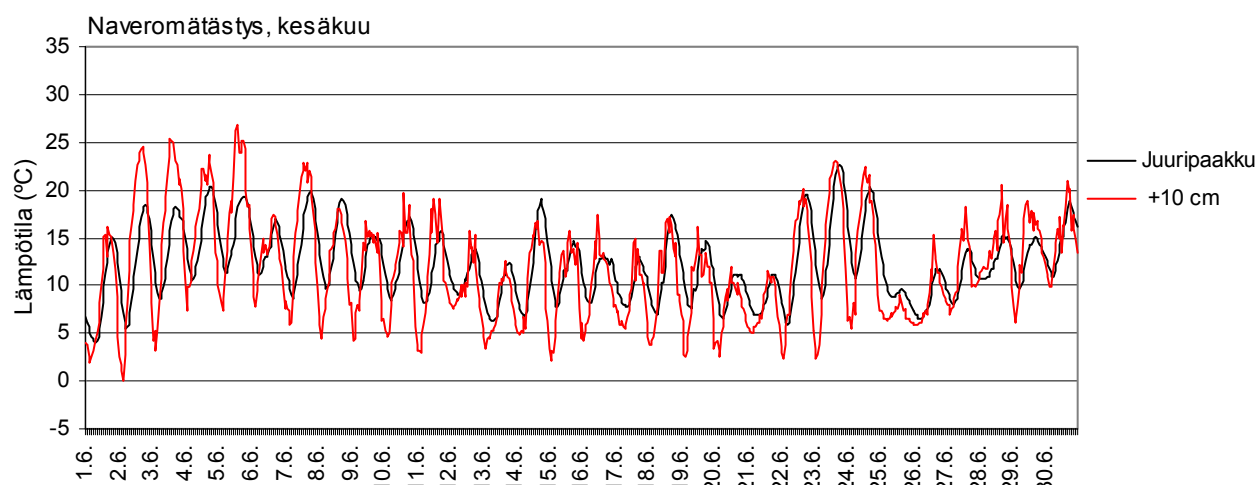
Kuva 47. Naveromätästettyjen ruutujen tunnitaiset lämpötilat vuonna 2007 Lepikonperän koealalla.



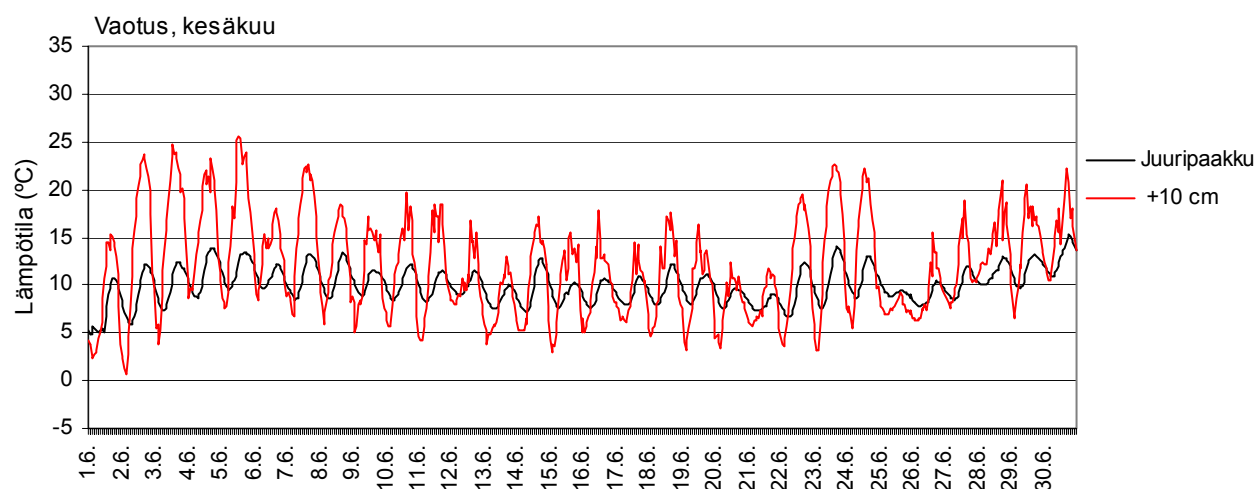
Kuva 48. Vaotettujen ruutujen tunnitaiset lämpötilat vuonna 2007 Lepikonperän koealalla.



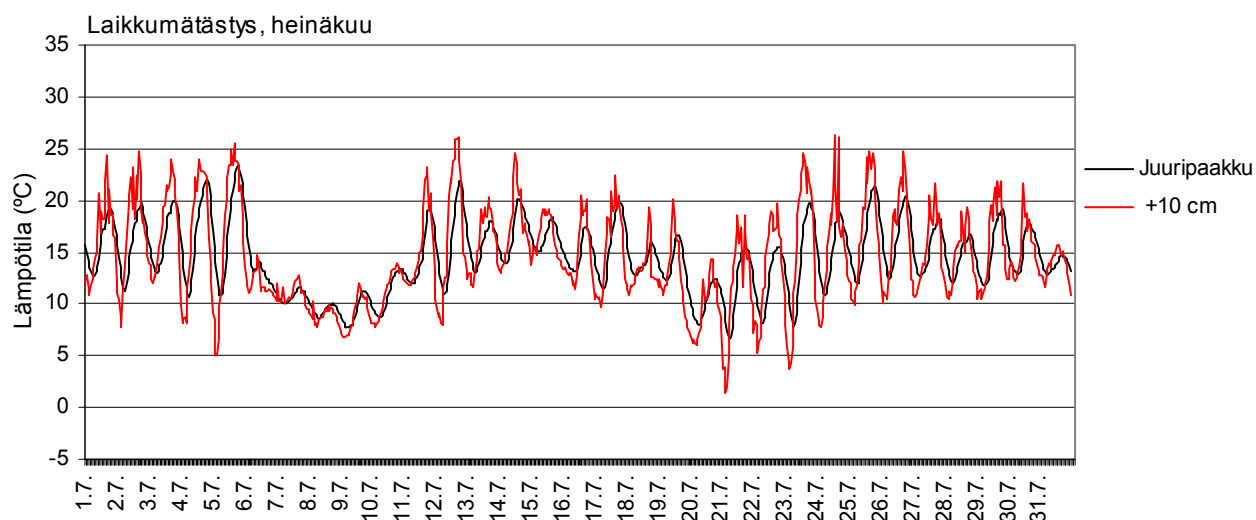
Kuva 49. Laikkumätästettyjen ruutujen tunnitaiset lämpötilat kesäkuussa 2007 Lepikonperän koealalla.



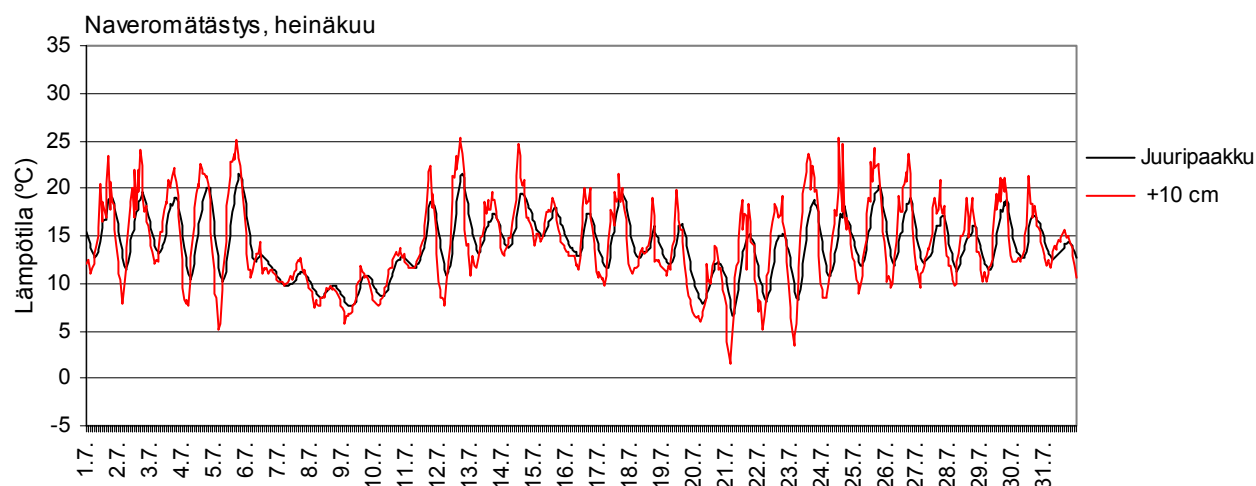
Kuva 50. Naveromätästettyjen ruutujen tunnitaiset lämpötilat kesäkuussa 2007 Lepikonperän koealalla.



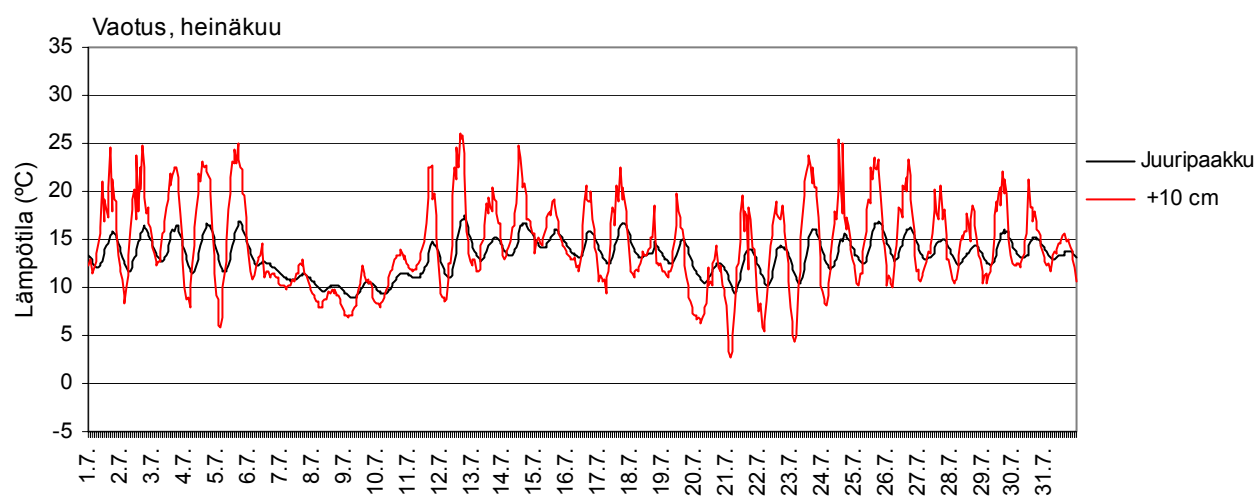
Kuva 51. Vaotettujen ruutujen tunnitaiset lämpötilat kesäkuussa 2007 Lepikonperän koealalla.



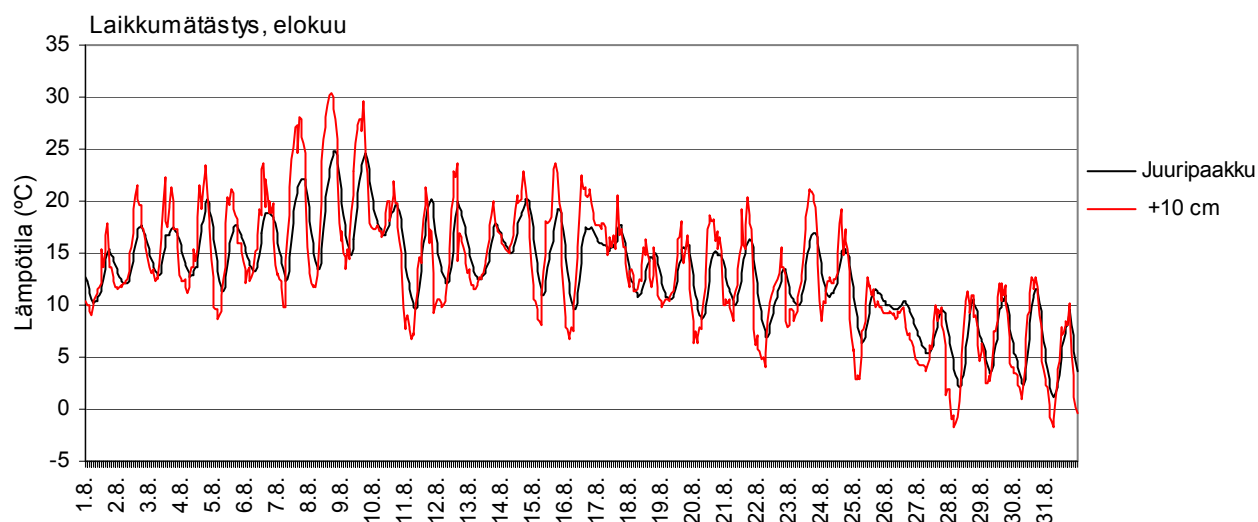
Kuva 52. Laikkumätästettyjen ruutujen tunnitaiset lämpötilat heinäkuussa 2007 Lepikonperän koelalla.



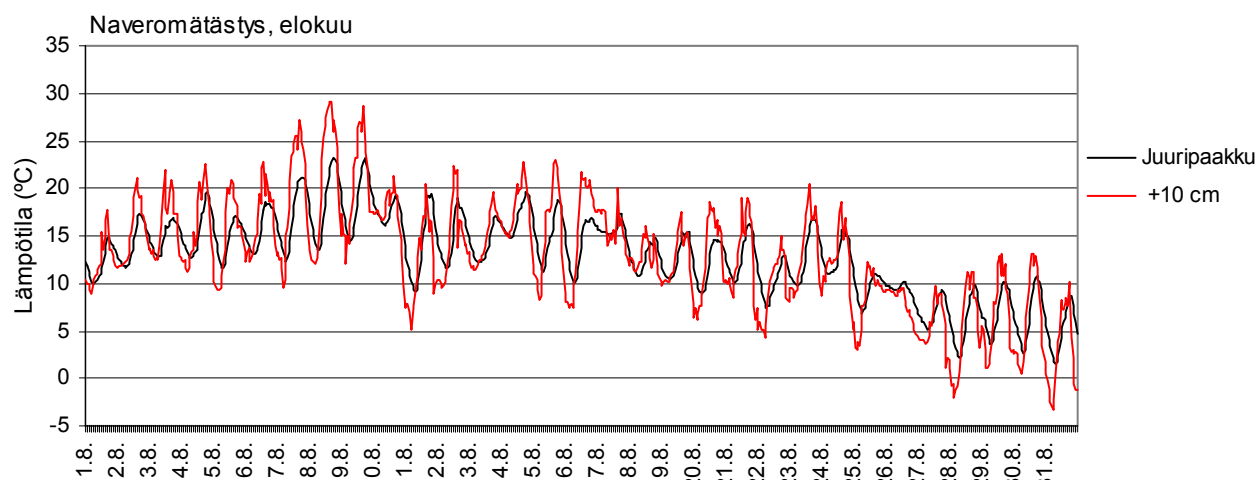
Kuva 53. Naveromätästettyjen ruutujen tunnitaiset lämpötilat heinäkuussa 2007 Lepikonperän koelalla.



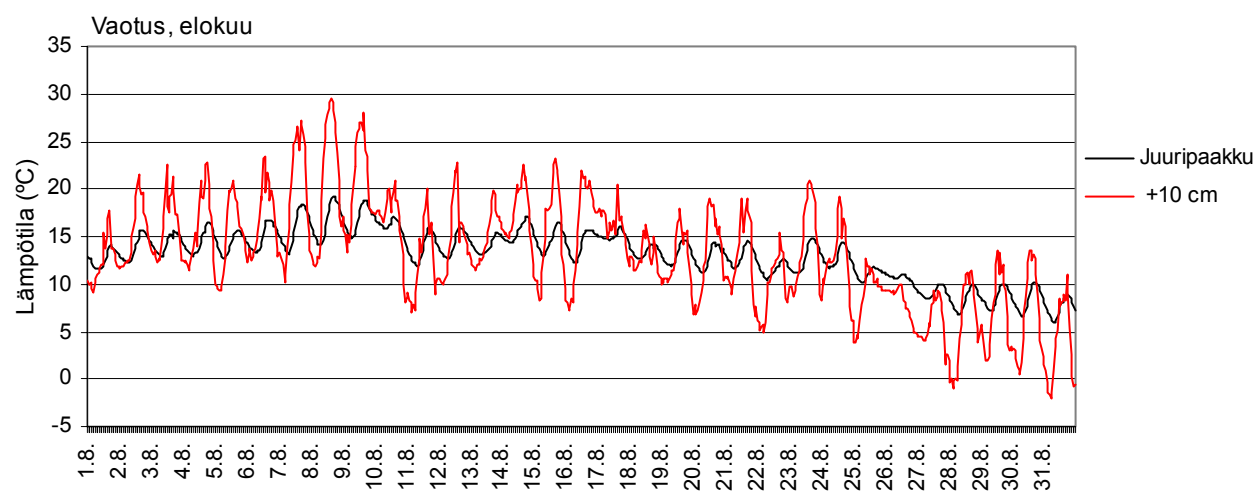
Kuva 54. Vaotettujen ruutujen tunnitaiset lämpötilat heinäkuussa 2007 Lepikonperän koelalla.



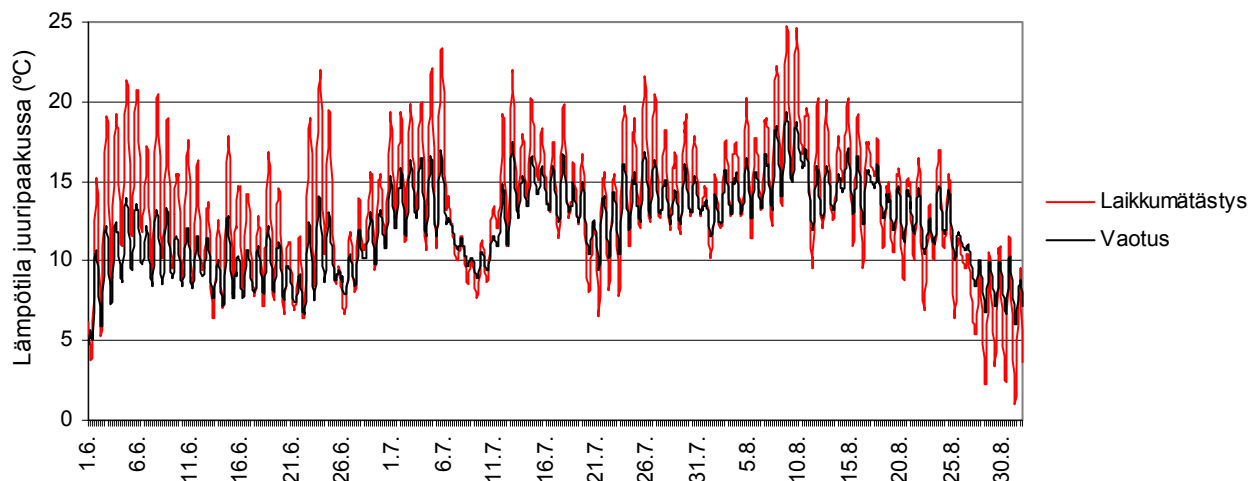
Kuva 55. Laikkumätästettyjen ruutujen tunnitaiset lämpötilat elokuussa 2007 Lepikonperän koealalla.



Kuva 56. Naveromätästettyjen ruutujen tunnitaiset lämpötilat elokuussa 2007 Lepikonperän koealalla.



Kuva 57. Vaotettujen ruutujen tunnitaiset lämpötilat elokuussa 2007 Lepikonperän koealalla.



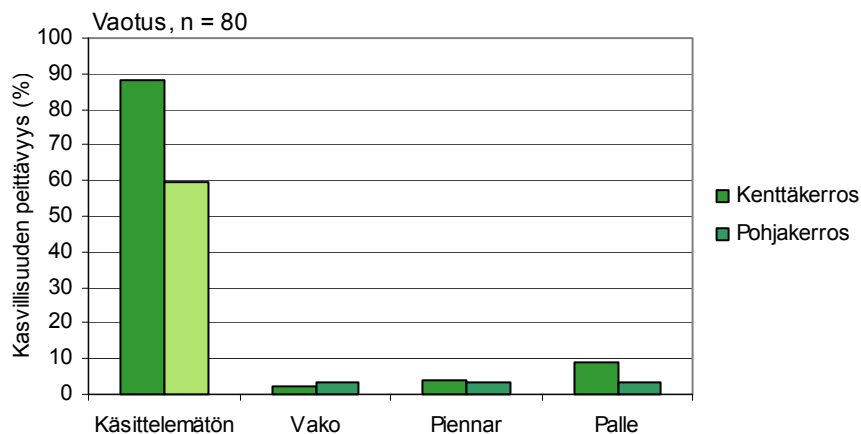
Kuva 58. Laikkumätästysten ja vaotuksen juuripaakkujen tunnitteiset lämpötilat kesällä 2007 Lepikonperän koealalla.

4.5. Kasvillisuusinventoinnit

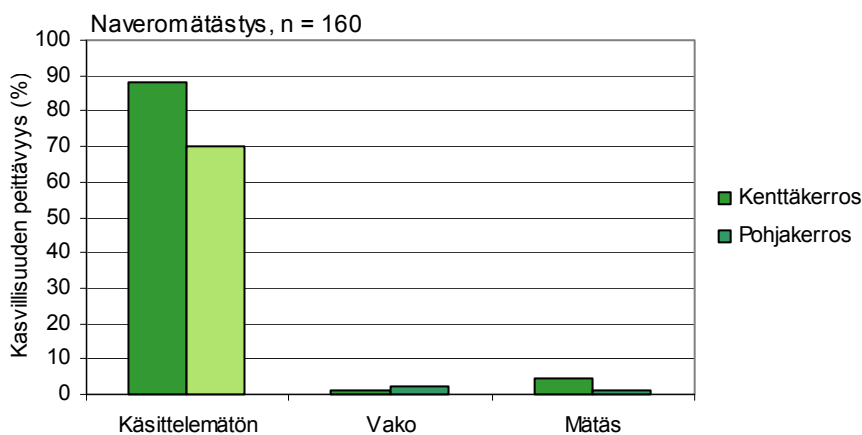
Maanmuokkausta edeltävän kasvillisuuskartoituksen tulos oli se, että Lepikonperän tutkimusalueella esiintyi yhteensä 40 kasvilajia, joista 18 esiintyi kenttäkerroksessa ja 23 pohjakerroksessa. Kenttäkerroksen valtalajena olivat mustikka (*Vaccinium myrtillus*), puolukka (*V. vitis idaea*), variksenmarja (*Empetrum nigrum*), suopursu (*Ledum palustre*) ja metsälauha (*Deschampsia flexuosa*). Kenttäkerroksen valtalajeista metsävarvut mustikka ja puolukka esiintyivät yleisinä kaikilla lohkoilla, kun taas rämeisyyttä indikoivien suopursun ja variksenmarjan yleisyys oli hieman korkeampi lohkoilla 3, 4, ja 5 kuin lohkoilla 1 ja 2. Pohjakerroksen valtalajeina olivat seinäsammal (*Pleurozium schreberi*), kerrossammal (*Hylocomium splendens*) ja korpikarhunsammal (*Polytrichum commune*). Kaikki pohjakerroksen valtalajit esiintyivät yleisinä kaikilla lohkoilla. Kaikki lohkot olivat keskenään suurin piirtein vertailukelpoisia.

Maanmuokkauksen jälkeisen kasvillisuusinventoinnin aineistosta laskettiin kasvilajien peittävyys erikseen jokaiselle pinnalle jokaisen inventointipisteen aineistosta. Koejäsenet jaettiin kolmeen osaan maanmuokkausmenetelmän mukaan. Aineistossa mukana olevat kasvilajit jaettiin kahteen kategoriaan, joita olivat kenttäkerros ja pohjakerros. Karike ja maa jäivät tämän jaottelun ulkopuolelle.

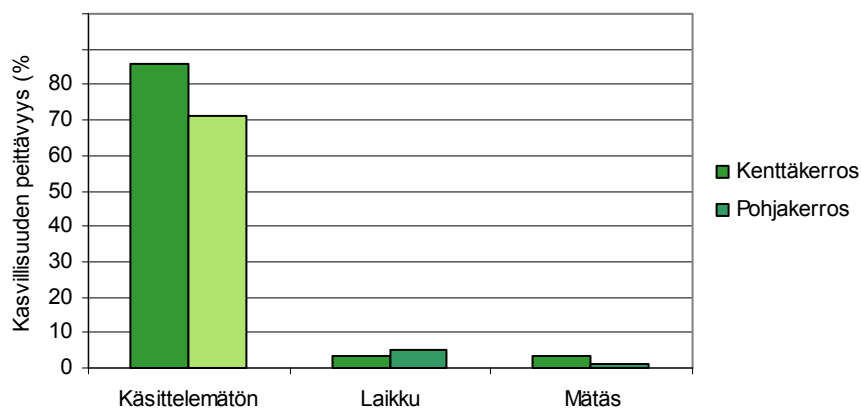
Kasvillisuusinventoinnin tulos oli kaikilla maanmuokkausmenetelmillä samankaltainen. Käsittelemättömän kasvillisuuden peittävyys oli luonnollisestikin suurin ja muilla pinnoilla taas vähäinen (kuvat 59, 60 ja 61). Kaikissa tapauksissa käsittelemättömän kasvillisuuden peittävyys kenttäkerroksessa oli suurempi kuin pohjakerroksessa. Koejärjestelystä johtuen toistojen lukumäärä oli vaotuksessa alhaisempi ($n = 80$), kuin naveromätästyksessä ($n = 160$) tai laikkumätästyksessä ($n = 160$). Tuloksista selviää, että koealue oli hyvin homogeeninen ja kasvillisuuden lähtötilanne eri maanmuokkausmenetelmien osalta oli samanlainen. Tulevaisuudessa selviää, että millä menetelmällä muokatuilla koealoilla kasvillisuus palautuu kaikkein nopeimmin.



Kuva 59. Kasvillisuuden peittävyys kenttä- ja pohjakerroksessa vaottamalla uudistetuilla ruuduilla Lepikonperän koealalla 2006.



Kuva 60. Kasvillisuuden peittävyys kenttä- ja pohjakerroksessa naveromätästämällä uudistetuilla ruuduilla Lepikonperän koealalla 2006.



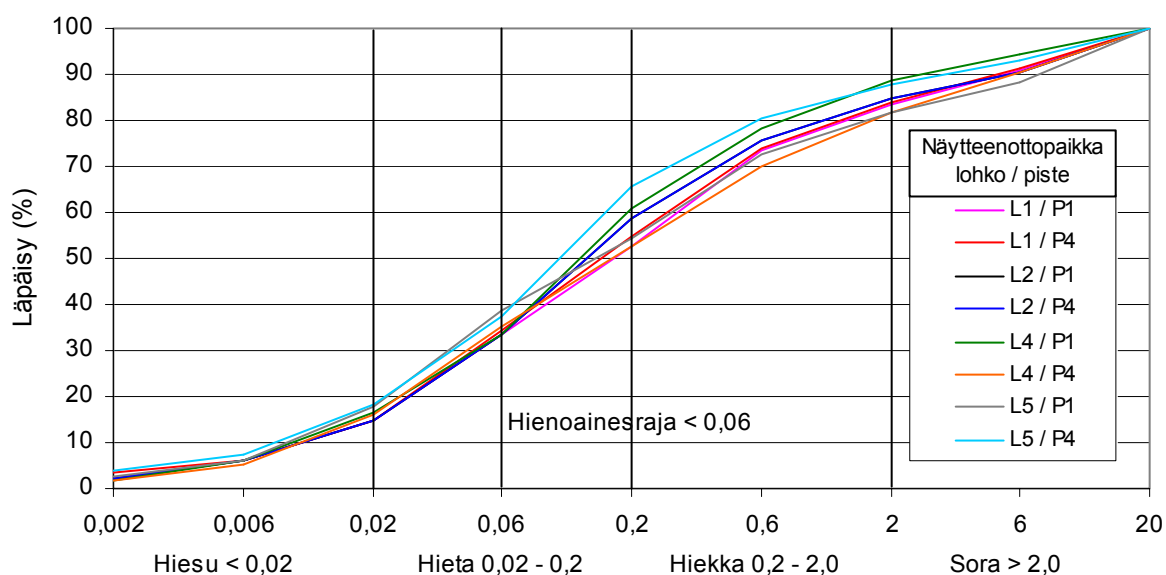
Kuva 61. Kasvillisuuden peittävyys kenttä- ja pohjakerroksessa laikkumätästämällä uudistetuilla ruuduilla Lepikonperän koealalla 2006.

4.6. Maaperä- ja juuristotutkimus

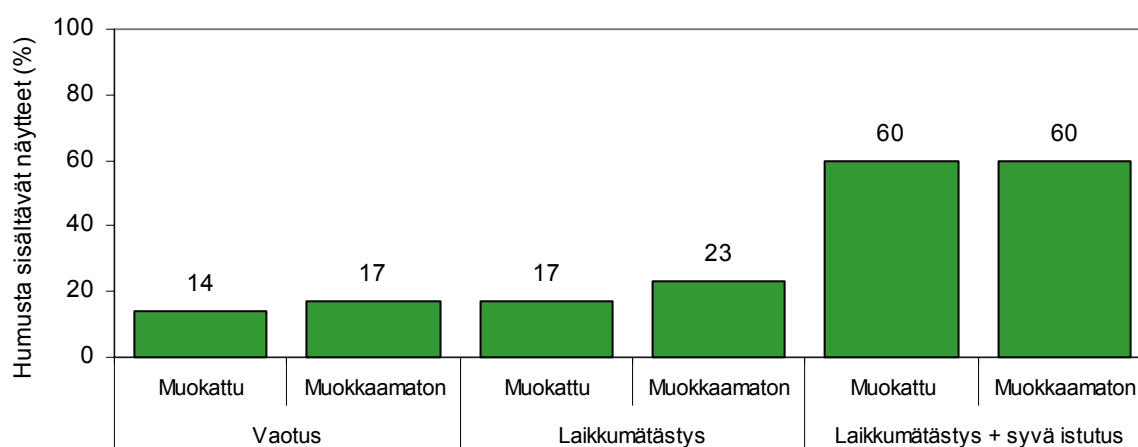
Lepikonperän koealan näytteistä tehdyn raesuurusanalyysin tulokset osoittivat maalajin olevan joko hiekkainen hietamoreeni (HkHtMr) tai hietamoreeni (HtMr) (kuva 62).

Juuristotutkimuksen alustavat tulokset valmistuvat vuoden 2008 alussa. Näytteet säilytetään mahdollisia jatkotutkimuksia varten toistaiseksi.

Kasvukolonnien purkamisen yhteydessä mitattiin humuskerroksen osuus koko maapötköstä. Vaotus ja laikkumätästys eivät eronneet tässä suhteessa toisistaan merkittävästi (kuva 63). Vaotetuilla koealoilla humusta oli maapötkön yläosassa keskimäärin puoli senttiä. Saman verran humusta oli laikkumätästetyillä koealoilla maapötkön alaosassa. Ainoastaan syväistutus poikkesi neljästä muusta koejäsenestä, mutta näilläkin koealoilla humuskerroksen paksuus oli keskimäärin 2 cm. Kasvukolonnin sijainnilla eli suhteella muokattuun pintaan ei ollut merkittävää vaikutusta näytteessä olleen humuksen määrään.



Kuva 62. Kooste Lepikonperän koealan raesuurusanalyysistä.



Kuva 63. Humuskerroksen osuus kasvukolonniin maapötköstä Lepikonperän koealalla.

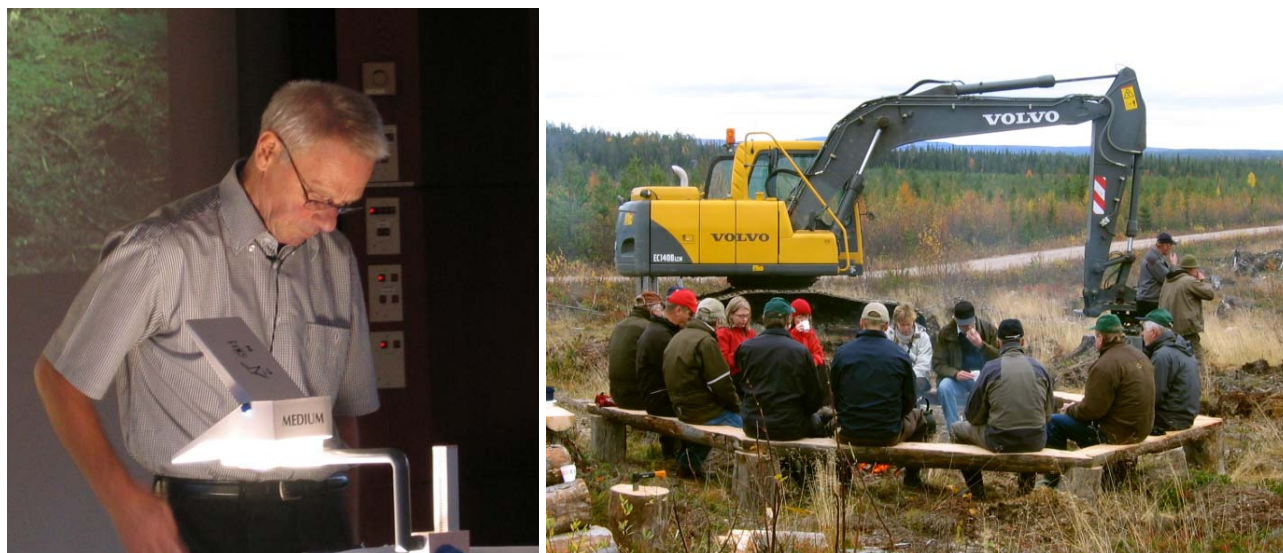
5. Tutkimustiedon välittäminen ja muu viestintä

5.1. Metsäntutkimuspäivä

Metlan Muhoksen yksikkö järjesti 27. syyskuuta 2007 Kuusamossa metsäntutkimuspäivän, jonka teemana oli ”Metsänuudistamisen uudet haasteet”. Metlan Muhoksen yksikkö on järjestänyt Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun alueella metsäntutkimuspäiviä vuosittain jo yli 30 vuoden ajan ja ne on havaittu yhdeksi tehokkaimmista keinoista välittää uusinta tutkimustietoa paikallisille toimijoille, metsäalan organisaatioille ja metsänomistajille. Tänä vuonna mukana oli kotimaisten esitelmöitsijöiden lisäksi kaksi metsäalan asiantuntijaa Ruotsista.

Tutkimuspäivän ohjelma oli rakennettu laikkumätästyshankkeen ympärille siten, että siinä keskityttiin maanmuokkausmenetelmien kehittämisen ja metsänuudistamisen lisäksi ilmastonmuutoksen vaikutuksiin Pohjois-Suomessa. Kutsuttuja esitelmöitsijöitä olivat Jan-Erik Lundmark (Skogstyrelsen, Ruotsi) (kuva 64), Hannu Ilvesniemi (Metla), Raino Heino (Ilmatieteen laitos), Ari Keskimölo (Lapin Metsäkeskus), Pirkko Siikamäki (Oulangan tutkimusasema) ja Veijo Leiviskä (Thule-Instituutti). Iltapäivällä järjestettiin retkeily Lepikonperälle ja siellä koekenttiä sekä tuloksia esittelivät Eero Kubin, Samuli Kemppainen ja Eeva Pudas (Metla), ja Hans Winsa (Sveaskog, Ruotsi). Lisäksi Kuusamon Maakaivin Ky järjesti tutkimuspäivän osallistujille hankkeessa kehitetyn laikkumätästyslaitteen työnäytöksen.

Metsäntutkimuspäivän työryhmään kuuluivat Eero Kubin, Samuli Kemppainen, Reijo Seppänen, Sirpa Kotikangas-Venäläinen ja Eeva Pudas. Työryhmä vastasi tutkimuspäivän ohjelmasta ja muista järjestelyistä. Tutkimuspäivän internet-sivu löytyy osoitteesta <http://www.metla.fi/hanke/7162/7162-mtpaivat2007.htm>.



Kuva 64. Jan-Erik Lundmark (vas) ja metsäntutkimuspäivän osallistujia retkeilykahvilla Kuusamossa (oikea). Kuvat: Eeva Pudas.

5.2. Lehtiartikkelit

- Kempainen S. ja Kubin E. 2006. Maan muokkausala pienentyä uudella menetelmällä. Laikkumätästystä seurataan Koillismaalla. Sanomalehti Kaleva, Metsäikkuna 17.5.2006.
- Laikkumätästys uudistaa metsän pehmeästi. Koillissanomat Leikko-liite 9/06. 20.9.2006
- Tutkija epäilee bioenergian käytön lisäämistä. Sanomalehti Kaleva 28.9.2007.
- Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa metsänhoitoon. Koillissanomat 28.9.2007.
- Kaksi mätästä samalla kertaa. Metsälehti 19/2007.
- Uusi istutustekniikka. Ylä-Kainuu 4.10.2007.
- Kubin, E., Pudas, E. & Kempainen S. 2007. Metsänuudistamisen haasteita Koillismaalla. Sanomalehti Kaleva, Metsäikkuna 17.11.2007.

5.3. Esitelmät, retkeilyt ja koulutustilaisuudet

Esitelmät:

Metsäiltamat Kuusamossa 13.4.2007

Retkeilyt:

Kuusamon metsänhoitoyhdistyksen metsänomistajaretkeily 19.6.2006

Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 27.9.2007

Koulutustilaisuudet:

Helsingin yliopiston metsäylioppilaiden Pohjois-Suomen kurssi, 2005-2007

Hyvän metsänhoidon koulutus, Kuusamo 2006

Hyvän metsänhoidon koulutus, Paljakka 29.5.2007

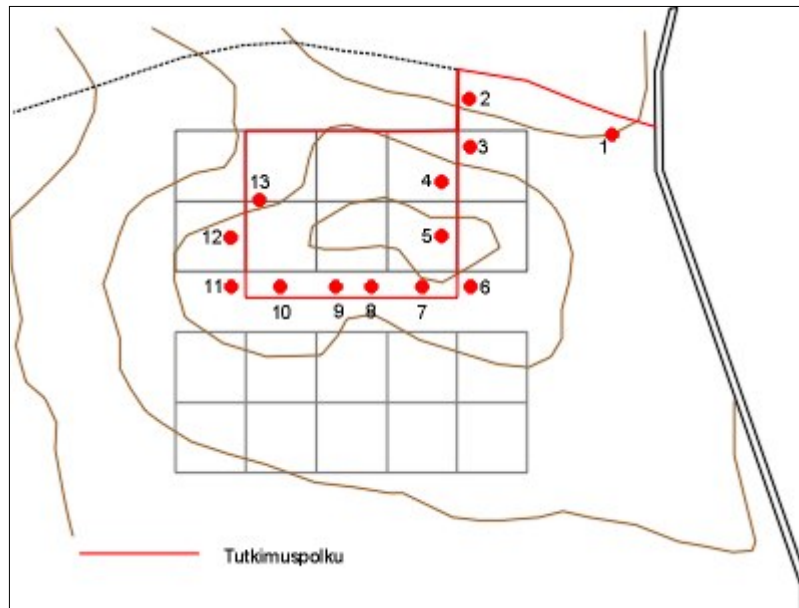
Metsänhoidon tutkijoiden neuvottelu- ja retkeilypäivät 14.-15.09.2006.

5.4. Tutkimuspolku

Lepikonperän koealueelle perustettiin tutkimuspolku, jonka avulla on mahdollisuus tutustua alueella tehtävään tutkimukseen ja sen tuloksiin (kuva 65). Merjo Laine suunnitteli esittelytaulut kesällä 2006 ja ne asetettiin koealueen lohkolle 1. Tutkimuspolun taulut löytyvät Metlan internet-sivuilta osoitteesta <http://www.metla.fi/hanke/7162/7162-tutkimuspolku.htm>

Esittelytaulujen otsikot:

1. Metsänuudistusmenetelmien vertailukoe
2. Metsänuudistaminen
3. Vaotus
4. Ojitus- eli naveromätästys
5. Laikkumätästys
6. Maankunnostuksen tuotos- ja kustannusvertailu
7. Taimi-inventoinnit ja taimien lähtötilanne
8. Juurten kasvukolonnimenetelmä
9. Metsäntutkimus
10. Kasvillisuuskartoitukset
11. Wanhän ajan metsätalous
12. Maalajimääritykset ja hakkuupoistuma
13. Lämpötilamittaukset ja istutustavat Lepikonvaaran kokeessa



Kuva 65. Lepikonperän tutkimuspolun ja sen esittelytaulujen sijainti.

6. Yhteenveto

Metsänuudistamisessa on tärkeää käyttää maanmuokkausmenetelmiä, joiden käyttö on sekä ympäristöllisesti että taloudellisesti kannattavaa. Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen toimintayksikkö on tutkinut metsänuudistamista jo 1980-luvulta lähtien korkeilla alueilla, jossa luontainen uudistuminen on hidasta ja taimikon vakiintuminen kestää pitkään.

Metsänhoidon menetelmissä on tapahtunut viime aikoina huomattavaa kehitystä. Onkin tarpeellista löytää vaihtoehtoisia menetelmiä perinteisille maanmuokkausmenetelmille, kuten vaotukselle. ”Laikkumätätystysmenetelmän kehittäminen Koillismaalla” –hankkeessa kehitettiin uudentyypinen laikkumätätystyslaite, jonka etuna on vähäinen rikutun maan osuus. Tavoitteena oli selvittää menetelmän toimivuus käytännössä vuosittain suoritettavien taimi-inventointien avulla. Taimia istutettiin kolmella eri menetelmällä muokatuille maa-aloille ja sekä niiden kasvua että kuntoa seurattiin ja verrattiin keskenään. Hankkeen tavoitteena oli myös selvittää kehitettävän menetelmän kustannustehokkuus ja siihen vaikuttavat tekijät. Menetelmää verrattiin tältä kannalta myös naveromätätystykseen ja vaotukseen.

Hankkeessa kehitetty laikkumätätystyslaite koostuu vaakapalkista ja sen päihin liittyvistä kahdesta pystyasentoisista ja lievästi kaarevista laipoista. Menetelmästä saatiin kilpailukykyinen aikaisemmin kehitettyjen kaivinkoneisiin kiinnitettävien laitteiden kanssa, mutta tällaiset muokkausmenetelmät eivät kuitenkaan pysty kilpailemaan taloudellisesti esimerkiksi vaotuksessa käytettävien jatkuvan muokkauksen laitteiden kanssa. Laikkumätätystyslaitteen kustannustehokkuutta voidaan kuitenkin edelleen parantaa.

Alustavien tulosten perusteella hankkeen kenttäkokeissa istutetut taimet olivat menestyneet pääpiirteissään hyvin ensimmäisten kolmen vuoden jälkeen. Kuolleisuus oli

maanmuokkausmenetelmästä riippumatta 5-10 prosentin luokkaa, poikkeuksena Kurja-ahossa tehty vaotus, jossa kuolleisuus oli huomattavan suurta. Tuhon syy jäi suurimmassa osassa tapauksista selvittämättä. Suurta eroa ei ollut siinä, oliko istutettu taimi yksi- vai kaksivuotias, tai istutettiin se tavalliseen syvyyteen vai käytettiinkö syväistutusta. Myöskään taimen alkupituudella ei ollut merkitystä taimen menestymisen kannalta. Kolmannen kasvukauden jälkeen, varsinkin Lepikonperällä, vaottamalla uudistetuille ruuduille istutetut taimet olivat kasvaneet vauhdikkaimmin laikku- tai naveromätästykseen verrattuna.

Lämpötilamittausten perusteella vaottamalla uudistetulle ruudulle istutetun taimen juuripaakussa vuorokauden keskilämpötilat olivat suhteellisen vakaat, mutta kasvukauden aikainen lämpösumma ei noussut yhtä korkeaksi, kuin laikku- tai naveromätästyksessä. Vaotuksen juuripaakussa vuorokautiset keskilämpötilat pysyivät alkukesästä pidempään alhaisempina, kun taas loppukesästä se piti lämmön sisällään pidempään.

Kasvillisuusinventointien tulokset osoittivat, että maanmuokkaustavalla ei ole ensimmäisten vuosien aikana suurta merkitystä kasvillisuuden palautumisen suhteen. Kenttä- ja pohjakerroksen lajit käyttäytyivät samalla tavalla, myöskään eroa ei ollut eri pintojen välillä. Juuristotutkimuksen perusteella vaotuksella ja laikkumätästyksellä ei ollut merkittävää eroa kasvukolonniassa olevan humuskerroksen osuuden suhteen. Mättäisiin syväistutetut taimet erosivat tavallisesti istutetuista siten, että niiden juuristossa oleva humuskerros oli paksumpi. Kasvukolonnin sijainnilla suhteessa muokattuun pintaan ei ollut merkittävää vaikutusta humuksen määrään.

7. Kirjallisuus

- Drebs, A., Nordlund, A., Karlsson, P., Helminen, J. & Rissanen, P. (2002) Tilastoja Suomen ilmastosta 1971-2000. Ilmastotilastoja Suomesta 2002: 1.
- Fries, C., Johansson, O., Pettersson, B. & Simonsson, P. (1997) Silvicultural models to maintain and restore natural stand structures in Swedish boreal forests. *Forest Ecology and Management* 94: 89-103
- Hankesuunnitelma (2004) Laikkumätästysmenetelmän ja mätästyslaitteen kehittäminen Koillismaalla. Metsäntutkimuslaitos. Muhoksen toimintayksikkö.
- Helminen, V. A. (1987) Lämpöolot. Suomen kartasto 131.
- Hokajärvi, T. (toim.) (1997). Metsänhoito-ohjeet. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 10. 58 s.
- Hynönen, T., Helle, R., Hiltunen, J. & Granander, M. (2006) Pohjois-Savon alueellinen metsäohjelma 2006-2010. Metsäkeskus Pohjois-Savo. 41 s.
- Hyvän metsänhoidon suositukset (2001). Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 59 s.
- Hänninen, E., Kärhä, S. & Salpakivi-Salomaa, P. (2000). Metsätalous ja vesiensuojelu. Metsätehon opas. Helsinki. 23 s. 5. painos.
- Koskela, K. (1998). Metsänkäsittelyn vaikutus kenttä- ja pohjakerroksen kasvilajistoon lakialueella. Pro gradu –tutkielma. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos. 62 s.
- Kubin, E. (1987a). Puulajien vertailukokeet Koillismaalla. Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 255: 1-17.
- Kubin, E. (1987b). Metsänuudistamisen ja taimikonhoidon koekentät Kuusamon yhteismetsän Oulangan palstalla. Summary: The experiments of artificial regeneration and of cleaning of sapling stands in the forest management area of Oulanka in the collective forest of Kuusamo. Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema. Moniste. 22 s.

- Kubin, E. (1988). Tuloksia metsänuudistamisen ja taimikonhoidon kokeista Kuusamossa. Muhoksen tutkimusasema. Moniste. 17 s.
- Kubin, E. (1990a). Lumi-, routa- ja lämpöolot eri tavoin muokatussa metsämaassa Kuusamossa. Abstract: The effect of site preparation on snow, soil frost and temperature conditions at a site near Kuusamo. *Silva Fennica* 24 (1): 35-45.
- Kubin, E. (ed.). (1990b). Proceedings of the SNS Seminar on "Stress in Nature" held at Oulanka, Finland, on September 11-14, 1989. *Aquilo Series Botanica* Tom. 29. 90 s.
- Kubin, E. (1992). Tutkimustuloksia korkeiden alueiden metsänuudistamisen ekologiselta koekentältä Kuusamosta. Julkaisussa: Valtanen, J., Murtovaara, I. & Moilanen, Merja. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 419: 66-85.
- Kubin, E., Pasanen, J. & Savilampi, P. (1997). Korkeiden alueiden metsien uudistaminen Kainuussa ja Koillismaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 666. 36 s.
- Kubin, E. & Savilampi, P. (1998). Rauduskoivun viljelyn onnistuminen poronhoitoalueella. Julkaisussa: Hyppönen, M., Penttilä, T. & Poikajärvi, H. (toim.). Poron vaikutus metsä- ja tunturiluontoon. *Tutkimusseminaari Hetassa 1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 678: 92-98.
- Leiviskä, V., Kemppainen, S. & Kubin, E. (2007). Laikku- ja naveromätästyksen sekä vaatuksen työaika- ja kustannusvertailu. *Metsäntutkimuslaitos. Muhoksen toimintayksikkö.*
- Metsienhoito-ohje. (1998). *Metsien uudistaminen. Enso Metsä.* 24 s.
- Metsän uudistaminen. (1996). *UPM-Kymmene Metsä.* 64 s.
- Okko, V. (1960). Kivennäismaalajit. *Suomen kartasto 1960. Suomen Maantieteellinen Seura. Helsinki.*
- Savilampi, P. & Kubin, E. (1996). Korkeiden maiden metsänuudistamismenetelmän valinnasta. Julkaisussa: Piironen, M.-L. & Väärä, T. (toim.). *Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 598: 95-106.
- Simonen, A. (1960). *Suomen kallioperä. Suomen kartasto 1960. Suomen Maantieteellinen Seura. Helsinki.*
- Tolvanen, A. & Kubin, E. (1990). The effect of clear felling and site preparation on microclimate, soil frost and forest regeneration at elevated sites in Kuusamo. Julkaisussa: Kubin, E. (ed.). Proceedings of the SNS Seminar on "Stress in Nature" held at Oulanka, Finland, on September 11-14, 1989. *Aquilo Series Botanica* Tom. 29:77-86.

Muokkaustapa (11)	Puulaji (12)	Taimen ikä (13)	Istutustapa (14)
1 = vaotus	1 = kuusi	1 = 1-vuotinen	1 = tavallinen
2 = navero	2 = mänty	2 = 2-vuotinen	2 = syväistutus
3 = laikku			

Taimen sijainti ruuduilla (15-20)
suunta koealan keskipisteestä/astetta (15-17)
etäisyys koealan keskipisteestä/cm (18-20)

Taimen paikka (21)
1 = mättäällä
2 = laikussa

Taimen pituus/cm (22-24)	Mittausvuoden kasvu/cm (25-26)
---------------------------------	---------------------------------------

Taimen terveydentila (27-30)			
1 kunto (27)	2 tuhon ilmiasu (28)	3 tuhon syy (29)	4 taimen väri (30)
1 = terve	1 = irronnut	1 = kuivuus	1 = valkea vihreä
2 = heikentyneä	2 = kalkernut	2 = märkyys	2 = tumman vihreä
3 = vakava vaurio	3 = puussa lohota	3 = hirvi	
4 = kuoleva	4 = runkovaurio	4 = poro	
5 = kuollut	5 = oksavaurio	5 = tukkimiehenäi	
6 = hävinnyt	6 = neulias/ehtivaurio	5 = muu eläin	
		6 = hällä	
		7 = muu syy	

Laikun koko (31-34)
pituus, cm (31-32)
leveys, cm (33-34)

Taimen etäisyys humukseen/ cm (35-36)
--

Laikun kivennäismaan paksuus /cm (37-38)

Luontaisia taimia	Luontaisien taimien keskipituus/cm (57-74)
KPL/koepiste (39-56)	mänty (57-59)
mänty (39-41)	kuusi (60-62)
kuusi (42-44)	hieskoivu (63-65)
hieskoivu (45-47)	rauduskoivu (66-68)
rauduskoivu (48-50)	haapa (69-71)
haapa (51-53)	muu lehtipuu (72-74)
muu lehtipuu (54-56)	

Suunta mitataan kompassilla ja merkataan lomakkeelle kahden asteen tarkkuudella

Mitataan taimen kokopituus sentin tarkkuudella
Mitataan mittausvuoden kasvu sentin tarkkuudella

Laikun pituus mitataan kuopan reunasta pois päin sentin tarkkuudella
Laikun leveys mitataan leveimmältä kohdalta sentin tarkkuudella

Mitataan, kuinka kaukana humuksen reunasta taimi sijaitsee

Kaivetaan pieni reikä laikkuun ja mitataan kivennäismaan paksuus mahdollisimman läheltä tainta

Luontaisien taimien lukumäärä lasketaan:
Laikkumätästysruuduilla 0,5 m säteellä taimen ympäriltä
Naveromätästysruuduilla 0,5 m säteellä taimen ympäriltä
Vaotusruuduilla 0,5m säteellä taimen ympäriltä
Luontaisien taimien keskipituus mitataan silmämääräisesti "keskipituudesta" taimesta